



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Rui Gonçalo dos Santos Curado

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO
DE *LEAN* NUMA EMPRESA DE CLIMATIZAÇÃO**

VOLUME 1

**Dissertação no âmbito do mestrado, integrado em Engenharia Mecânica no ramo
de Energias e Ambiente orientada pelo Professor Doutor Almerindo Domingues
Ferreira e pelo Professor Doutor Cristóvão Silva.**

Outubro de 2021

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

ESTUDO E AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE LEAN NUMA EMPRESA DE CLIMATIZAÇÃO

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica na Especialidade de Energia e Ambiente

Study and evaluation of the implementation of Lean in a HVAC company

Autor

Rui Gonçalo dos Santos Curado

Orientadores

Almerindo Domingues Ferreira

Cristóvão Silva

Júri

Presidente Professor Doutor António Manuel Mendes Raimundo
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu

Coimbra, outubro, 2021

À minha família.

Agradecimentos

A realização deste trabalho reúne o apoio de inúmeras pessoas das quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento por todos eles.

Gostaria de agradecer ao professor Almerindo Ferreira e ao professor Cristóvão Silva por todo apoio e acompanhamento demonstrado, fundamental na realização desta tese.

À minha mãe Clara, ao meu irmão Filipe, que sempre me apoiaram e me guiaram para ser quem sou hoje.

A ti Rita, que me acompanhas todos os dias.

A todos os meus amigos.

Resumo

A presente dissertação resulta do estudo da possibilidade de implementação de ideologias *Lean* numa empresa de comissionamento e instalação de sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado). Este estudo procura apresentar o possível impacto positivo da implementação de melhoria contínua na empresa em estudo, especificamente na equipa de orçamentação e também na fábrica que esta possui. Deste modo o estudo foi dividido em duas fases e por fim uma breve conclusão.

Na primeira fase, o estudo expõe a metodologia de trabalho da equipa de orçamentação da empresa, sendo feita posteriormente a análise crítica da mesma, deste modo a identificando algumas das imperfeições encontradas no trabalho realizado deste departamento. Por fim são apresentadas soluções para o sistema exposto de modo a colmatar as falhas detetadas e, é feita uma justificação do possível impacto das soluções apresentadas.

Na segunda fase é explorado o sistema produtivo da fábrica da empresa. Aqui é feita a descrição detalhada do funcionamento da mesma, são definidas as funções executadas e por fim, são identificados os problemas associados à produção. Após a análise crítica são apresentadas algumas soluções para melhoraria do chão de fábrica, justificadas de forma breve e apresentando possíveis resultados futuros.

Por último, é feita uma breve discussão abrangendo todos os pontos discutidos ao longo da dissertação. mencionando algumas notas finais relativas à totalidade do trabalho realizado, ao ambiente da empresa e ao estágio realizado na mesma.

Palavras-chave: *Lean*, Melhoria Contínua, AVAC.

Abstract

This dissertation results from the study of the possibility of implementing *Lean ideologies* in a commissioning company and installation of HVAC systems (heating, ventilation, and air conditioning). This study seeks to present the possible positive impact of the implementation of continuous improvement in the company under study, specifically in the budgeting team and also in the factory that it has. Thus, the study was divided into two phases and finally a brief conclusion.

In the first phase, the study exposes the work methodology of the company's budgeting team, and a critical analysis of the company is subsequently made, thus identifying some of the imperfections found in the work performed in this department. Finally, solutions are presented for the exposed system in order to fill the faults found and a justification of the possible impact of the solutions presented is made.

In the second phase, the production system of the company's factory is explored. Here is made a detailed description of how it works, the functions performed are defined and finally, the problems associated with production are identified. After the critical analysis are presented some solutions to improve the shop floor, justified briefly and presenting possible future results.

Finally, a brief discussion is made covering all the points discussed throughout the dissertation. mentioning some final notes relating to the entire work carried out, the company's environment and the internship carried out therein.

Keywords *Lean*, Continuous improvement, HVAC

Índice

Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Simbologia e Siglas	xiii
Simbologia.....	xiii
Siglas	xiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Estrutura.....	3
2. Enquadramento Teórico	5
2.1. <i>Toyota Production System e Lean Manufacturing</i>	5
2.2. Os 5 Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.3. As sete tipologias de desperdício.....	8
2.4. Tipos de <i>Layout</i>	13
2.5. O <i>Lean Manufacturing</i>	15
2.6. Ferramentas e Técnicas do <i>Lean Manufacturing</i>	16
2.6.1. VSM	16
2.6.2. 5S.....	18
2.6.3. Kaizen.....	18
2.6.4. TPM.....	20
2.6.5. <i>SMED</i>	21
2.6.6. Gestão Visual.....	23
2.6.7. Kanban.....	24
3. Apresentação da empresa	26
3.1. Empresa <i>A</i>	26
3.1.1. Vendas e Fornecedores.....	28
4. Orçamentação	30
4.1. Introspeção sobre Orçamentação	30
4.2. Performance da empresa	31
4.3. Fases do processo de Orçamentação.....	32
4.4. Descrição do processo	33
4.4.1. Software usado	33
4.4.2. Exposição do sistema atual.....	36
4.4.3. Obtenção, organização e introdução de dados.....	37
4.5. Finalização do processo	39
4.6. Discussão e crítica do processo	39
5. Processo produtivo da empresa	41
5.1. Organização do sistema de informação	41

5.1.1. Fluxo e conteúdo de informação	42
5.2. Exposição da fábrica.....	42
5.3. Apresentação das peças	44
5.4. Descrição do Processo	44
5.5. <i>Stocks</i> da empresa.....	48
5.5.1. Sede da empresa	49
5.5.2. Fábrica.....	49
5.6. Recolha e análise de dados	50
5.7. Propostas de alteração da empresa <i>A</i>	55
5.7.1. Comunicação interna.....	55
5.7.2. Chão de fábrica.....	55
5.7.3. Controlo de <i>Stocks</i>	56
6. Conclusão	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXO A.....	61
ANEXO B	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Orientação ao processo	14
Figura 2 – Orientação ao produto	15
Figura 3 – Fluxo de informação do VSM.....	17
Figura 4 – Ciclo PDCA	19
Figura 5 – Diagrama Causa-Efeito	20
Figura 6 – Estágios do <i>SMED</i>	22
Figura 7 – Localização da Empresa <i>A</i>	26
Figura 8 – Área da Empresa <i>A</i>	27
Figura 9 – Organigrama Empresa <i>A</i>	28
Figura 10 – Fases da Orçamentação	32
Figura 11 – Exemplo de Desenhos de Projeto.....	33
Figura 12 – Exemplo do caderno de encargos.....	34
Figura 13 – Folha programada usada pela Empresa <i>A</i>	35
Figura 14 – Cabeçalho da folha de orçamentação	36
Figura 15 – Chão de fábrica detalhado	43
Figura 16 – Marcação manual	45
Figura 17 – Marcação manual	45
Figura 18 – Corte manual	46
Figura 19 - Guilhotina	46
Figura 20 - Quinadeira.....	47
Figura 21 – Calandra manual.....	47
Figura 22 – Soldadora de pontos	48
Figura 23 – Caixas de armazenamento.....	50
Figura 24 – Prateleiras de armazenamento e <i>Chiller</i>	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo Desperdício	12
Tabela 2 – Análise do trabalho da Empresa <i>A</i>	31
Tabela 3 – Tabela Referência para Quadros elétricos	39
Tabela 4 – Tempos de Setup	51
Tabela 5 – Uptime dos equipamentos.....	51
Tabela 6 – Tempo de Produção por Produto	52
Tabela 7 – Tempos de processo detalhado	53

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

k – Número de tubos
x – Comprimento do tubo
y – Diâmetro do tubo
z – Comprimento da prancha
w – Largura da prancha

Siglas

JIT – *Just in Time*
DEM – Departamento de Engenharia Mecânica
FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
ERP – *Enterprise Resource Planning*
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*
SMED – *Single-Minute Exchange of Die*
TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtivo Total)
TPS – *Toyota Production System* (Sistema de Produção Toyota)
VSM – *Value Stream Mapping* (Mapeamento do fluxo de valor)
WIP – *Work in Process*
AVAC – Aquecimento, ventilação e ar condicionado
GTC – Gestão técnica centralizada
AQS – Água quente sanitária
FO – Folha de orçamentação
CF – Chefe de fábrica
ASF – Assistente de fábrica
IVA – Imposto sobre o valor acrescentado

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação, advém de um estudo executado, no âmbito do término do mestrado integrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Coimbra, na “Empresa A” (por questões de anonimato). Esta empresa dedica-se ao projeto, orçamentação e instalação de sistemas mecânicos, elétricos e canalização, como os sistemas AVAC. A realização deste estudo é o culminar de um estágio curricular na empresa referida e todos as fotos e dados referentes à empresa A foram recolhidos ou fornecidos juntos da mesma..

1.1. Enquadramento

O bem-estar de uma empresa, na vertente social ou económica, depende das pessoas que fazem parte da mesma, mas acima de tudo do seu sistema, organização e capacidade de adaptação às constantes mudanças.

Para manter a atividade, existe a necessidade de uma carga de trabalho mínima, constante e saudável de modo a conseguir obter sustento financeiro suficiente, não comprometendo a sua capacidade real de trabalho. Esta deve ser suficiente, de forma a combater a constante flutuação inerente à indústria da construção (Pheng & Tan, 1996). Associado a isto existe a ideia de que empresas enraizadas no mercado após décadas de funcionamento acabam por não resistir devido ao facto de assentarem as suas políticas de trabalho em ideologias ultrapassadas. Contudo, apesar de haver uma quota parte de verdade, não se pode generalizar. Ao invés de se considerar que os pensamentos ultrapassados são a causa, deve sim ser considerado, que dentro das ideias ultrapassadas não é tido em conta a constante necessidade de melhoria e adaptação à mudança dos tempos (Rother, 2010).

Uma das realidades vividas na indústria é a constante necessidade manter uma ligação saudável e permanente com a *Supply Chain* (cadeia de fornecimento). Devido à pandemia da COVID-19 houve o fecho de diversas indústrias que causou a falha desde matérias-primas e produtos finais, ao seu transporte e logística, essenciais para a produção. Ao contrário de acontecimentos como terremotos ou tsunamis, cuja recuperação pode

depende de uma questão de semanas, o impacto do COVID-19 quebrou *Global Supply Chains* que demonstravam um elevado nível de robustez e estabilidade contra diversos acontecimentos das últimas décadas, e efetivamente o tempo necessário de recuperação demonstra-se muito superior o que pode mesmo danificar permanentemente toda a sua operação (Xu et al., 2020). Este acontecimento com repercussões a nível mundial leva a mudança de estratégias em todos os setores, preparando assim o impacto de um acontecimento futuro semelhante.

Visto que a atividade da empresa passa pela instalação, comissionamento e manutenção de sistemas AVAC bem como outras instalações, esta opera na dependência das encomendas que tem e do funcionamento da *Supply Chain*. A instabilidade do sector e do próprio mercado culminou na necessidade de procurar combater as constantes dependências externas da empresa procurando explorar com maior rentabilidade os recursos que tem internamente, e assim procurando também reduzir custos associados a necessidades externas. Com intenção de resultados, procura-se introduzir filosofias *Lean* nos processos da empresa e analisar o impacto que estes possam ter em termos económicos a longo prazo.

O investimento na otimização de processos, tendo por base a filosofia *Toyota Production System*, TPS, procura flexibilizar a produção, as ferramentas e técnicas de modo a simplificar os processos, reduzindo assim o desperdício e tendo sempre todos os intervenientes envolvidos.

Dentro do TPS, uma das ferramentas que mais se destaca é o *Just in Time* (JIT). Esta ferramenta define-se com a necessidade de produzir unicamente o que é necessário no momento correto.

1.2. Objetivos

Este trabalho procura fazer uma avaliação crítica da empresa, e apresentar propostas com o objetivo de otimizar e expandir a pequena produção que a empresa tem. Pretende-se que a empresa consiga fornecer parte das necessidades para a execução das empreitadas, reduzindo custo de associados desperdícios e de transporte e intervenientes externos. Também é explorado o sistema interno de trabalho da empresa de modo a identificar possíveis melhorias do mesmo. Em suma é especificamente pretendido:

- Melhorar a comunicação interna
- Reduzir custos da produção
- Melhorar o planeamento da produção
- Otimizar a carga de trabalho entre trabalhadores
- Facilitar acesso à informação
- Otimizar o funcionamento da produção

1.3. Metodologia

Para concretizar este trabalho e tentar alcançar os objetivos definidos, o mesmo foi dividido em duas fases por forma a simplificar o seu desenvolvimento. Deste modo foram efetuadas diversas atividades entre as quais:

- Inclusão no ambiente empresarial e formação interna de modo a conhecer a metodologia de trabalho nas diversas frentes
 - Recolha e avaliação de dados presencial
 - Enquadramento de metodologias Lean com o intuito de melhorar alguns pontos identificados
 - Avaliação e discussão de propostas

1.4. Estrutura

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos.

No capítulo 1 é efetuada uma breve introdução ao tema, feita a sua contextualização e ainda apresentados os objetivos e a metodologia adotada.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica relativa ao tema em questão. Esta é dividida em secções onde estão descritos todos os conceitos abordados no projeto.

No capítulo 3 é feita a apresentação da empresa envolvida, descrevendo com algum detalhe a sua estrutura, o que produz bem como os pedidos dos clientes.

No capítulo 4 é apresentado o primeiro ponto do caso estudo, com a descrição do sistema atual e as melhorias propostas.

No capítulo 5 é apresentado o segundo ponto do caso estudo, com a descrição do sistema atual e as melhorias propostas.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões finais da dissertação.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Ao longo dos anos tem-se vindo a verificar que os modelos de gestão têm um grande impacto no sucesso das empresas deste modo mantendo a sua competitividade na sua área de atuação. De forma a evitar estagnação, as filosofias Lean vieram introduzir a mentalidade necessária para reduzir desperdícios e maximizar o valor acrescentado, isto baseado sempre na vontade e disposição das empresas de alterarem e/ou modificarem o seu sistema de produção.

2.1. *Toyota Production System e Lean Manufacturing*

Henry Ford no início do século XX, com o objetivo de produzir automóveis em grande escala, desenvolveu a produção em massa baseada em linhas de montagem. Este sistema foi amplamente aplicado na indústria visto que era eficaz para longas produções para designs standard, correspondentes a uma menor variedade e maior desgaste nos trabalhadores, mas correspondia a baixos custos para o consumidor. Comparativamente, o *Lean* vem do inverso do método da produção, que requer metade do esforço humano, do espaço de trabalho, das horas de engenharia e investimento no desenvolvimento de produto (Melton, 2005). Deste modo, nos últimos anos tem-se verificado a necessidade de compreender e aplicar modelos ideológicos *Lean*. O nascimento do *Lean* verificou-se no Japão pelas mãos de Taiichi Ohno, executivo da Toyota, com o objetivo de combater os primeiros 7 tipos de Muda, sendo Muda os desperdícios, que identificou motivado pela necessidade de melhorar a produtividade da empresa rentabilizando os seus processos (Womack & Jones., 2003). Assim, do trabalho executado na Toyota surgiu o *Toyota Production System* (TPS), que explora o desejo de produzir continuamente sem a necessidade de longos tempos de produção para ser eficiente, tendo em mente a melhoria continua e o respeito pelos trabalhadores. Sendo TPS baseado no reconhecimento que apenas uma pequena fração do tempo investido na produção era efetivamente valor acrescentado para o cliente final (Melton, 2005). O sistema aplicado pela Toyota procurava simplificar técnicas, ferramentas e processos,

flexibilizando a produção, procurando eliminar ao máximo os desperdícios inerentes a qualquer sistema produtivo e mantendo todos os envolvidos no processo a par de toda e qualquer melhoria na empresa. Mais tarde Womack e Jones desenvolveram a filosofia de *Lean Thinking* que se baseia na evolução do TPS na década de 1990 (Womack, J. P. & Jones & Jones, 1997).

A ideologia do *Lean Thinking* surge como um guia para realização de um projeto de implementação de filosofias *Lean*. Dentro deste projeto existe a realidade da cultura convencional, mais precisamente os hábitos que são mantidos mesmo quando existe a alteração do fluxo de informação ou do layout de uma empresa. Os hábitos existem, seja no trabalho seja na nossa vida pessoal devido ao facto de /(por) resultarem num maior conforto, e com estes é possível realizar trabalho “em piloto automático” (Mann, 2005).

As filosofias *Lean* assentam sobre 5 princípios fundamentais que devem ser analisados como a metodologia para a sua implementação (Womack & Jones., 2003).

2.2. Os 5 Princípios do *Lean Manufacturing*

Value - Este primeiro marco da ideologia procura definir com exatidão valor em termos de produtos e ações. Deve-se identificar o que se procura ou o que se precisa, deste modo correspondendo às necessidades do cliente final em termos de produtos ou serviços. Todo o acréscimo a esta definição dentro de uma empresa, deve ser feito unicamente com o quê ou onde o valor é criado. Toda a definição de valor deve ser composta na perspetiva do cliente, visando o diálogo com o próprio consumidor, o que produz uma resposta mais exata. (Womack & Jones., 2003).

Value Stream – Cadeia de valor, ou *value stream*, corresponde às ações definidas na perspetiva do cliente, como necessárias, em sequência, para o desenvolvimento e criação de produto ou serviço específico. Ao mapear a respetiva cadeia de valor identificada, por base numa ferramenta de VSM, é possível identificar desperdícios.

Para ser mais abrangente, será necessário adereçar todo o processo de criação de um produto, começando no seu conceito e design, até ao primeiro protótipo, a sua produção em massa e entrega e também a análise da produção de matérias-primas até a entrega final ao consumidor. Assim é possível alcançar o *Lean enterprise*. Este corresponde a conferências de todas as entidades envolvidas no processo produtivo para criar um fluxo contínuo de informação resultando numa cadeia de valor, tornando possível a identificação e resolução de falhas ou muda (Womack & Jones., 2003)

Flow – Como principal objetivo, procura-se desenvolver fluxo, com melhor coordenação dos processos, sendo uma sequência de atividades, sem atrasos, sem interrupções e sem retrabalho (Carreira, 2005; Suzaki, 2010).

Com a definição de valor e a cadeia de valor mapeada, com todos os passos desnecessários eliminados, pode-se/(é possível) efetuar a criação de fluxo de valor acrescentado. Por norma, é feita a organização de instituições sob forma de departamentos ou funções, de forma a simplificar a sua gestão e obtendo uma eficiência superior. Diferentes linhas de produção são agrupadas pela tipologia dos produtos, e são produzidos grandes lotes sequenciados. Isto justifica gastos efetuados em equipamentos e mantém uma elevada taxa de ocupação tanto dos equipamentos como dos trabalhadores (Womack & Jones., 2003)

Com a implementação de ideologias *Lean*, devem ser avaliadas as posições de departamentos e funções, sendo que as empresas consigam contribuir ativamente na criação de valor percebendo as necessidades dos trabalhadores em todos os pontos da cadeia para que haja fluxo de valor. Isto inclui tanto a implementação de *Lean enterprise* para cada produto, como também a reavaliação do sistema de funções e carreiras de modo a obter um desenvolvimento sustentável de estratégias *Lean* (Womack & Jones., 2003).

Pull – Este ponto princípio de *Lean* explora a necessidade de conter a habilidade de executar, desde o design de produto, o planeamento das fases de produção, e a entrega do mesmo, aquando do surgimento de necessidade por parte do cliente, quando o cliente o quiser, deste modo limitando as necessidades de previsão de produção. Deste modo é possível reduzir tarefas apenas às impostas pelo cliente. Assim sendo, a ideologia *Pull* laje na capacidade de o cliente puxar o produto do produtor ao invés do produtor

empurrar produtos para o cliente, sendo esta última uma metodologia *Push*, mesmo quando o cliente não possa querer. Deste modo, o feedback final que chega ao cliente, contém apenas o valor que o cliente assim revê no produto. Esta ideologia resulta numa redução do tempo necessário de concepção de produto, englobando todas as fases da produção do mesmo. Isto é, desde o seu desenvolvimento e produção, à sua compra e respetiva entrega (Suzaki, 2010; Womack & Jones., 2003).

Perfection – Com a obtenção do valor, identificando a totalidade da *value stream*, mapeando todo o trajecto, permite aos clientes puxar o valor das empresas. A interação destes pontos culmina na necessidade de constante comunicação entre os mesmos, visto que com a obtenção deste se pode atingir a perfeição. Apesar da afirmação anterior, esta interação pode resultar na identificação de outros desperdícios (*muda*) que necessitam de ser adereçados de modo a manter o sistema *Lean Enterprise* em funcionamento, isto por base na transparência do sistema *lean* a todos os seus intervenientes. Deste modo existe sempre uma maior abertura a melhorias, incrementando a performance da totalidade da estrutura da empresa, incrementando a moral dos trabalhadores resultando num melhor *output* de produto e serviço para o cliente (Suzaki, 2010; Womack & Jones., 2003).

2.3. As sete tipologias de desperdício

Muda ou desperdício, é toda e qualquer atividade que é realizada mas não acrescenta valor, seja de produto ou serviço, do ponto de vista do cliente (Womack & Jones., 2003). Ter a percepção de que efetivamente existem diversas tipologias e causas para a ocorrência de desperdício nos processos produtivos ou na prestação de serviços surge como o primeiro passo para as abordar. Assim Womack & Jones identificam os 7 principais desperdícios na seguinte ordem(Womack & Jones., 2003):

1. Sobreprodução

Considerada a falha com maior impacto em termos de desperdício pela Toyota(Monden, 2012), esta ocorre quando é produzido mais do que aquilo que é necessário.

A sobreprodução aparece sob forma de compensar ou mesmo tentar corrigir erros que ocorrem nas linhas de produção como o não balanceamento da linha, as más previsões e processos mal estruturados. Este excesso significa que se está a produzir o que não é necessário, quando não é necessário e em quantidades desnecessárias (Pinto, 2009). Consequentemente ocorrem quantidades extremamente elevadas dos lotes de produção o que gera stock. Com o incremento da produção muitas vezes é procurado compensar a taxa de defeitos inerente à produção, ainda mais, é procurado rentabilizar o uso de equipamentos, pessoas ou mesmo atividades que não acrescentam valor.

Portanto, a sobreprodução acaba por provocar outros desperdícios como, stocks e produtos defeituosos, afastando a necessidade de melhorias, sendo estas ocultadas pela constante oferta de produto para o cliente.

Para a redução efetiva da sobreprodução, a implementação de ferramentas de produção *Lean* surge como uma a primeira fase de ação. Dentro destas ferramentas inclui-se, o JIT ou *Just-in-Time*, que se traduz na produção das unidades em quantidades necessárias no tempo necessário (Monden, 2012), o SMED, sendo esta a forma mais eficaz de reduzir os tempos de setup (S Shingo, 1985) e o *Kanban*, como tática de conectar os diversos processos de uma linha de produção entre si (Monden, 2012).

2. Esperas

Estagnação devido a esperas, seja por parte de máquinas ou de pessoas, deve ser adereçada como algo a avaliar. Esperas são causadas por falta de peças e/ou material certo, no momento certo nas quantidades necessárias, ou mesmo defeito nas matérias primas quebrando assim a ideologia do *Just-in-Time* (Ohno, 1988). A falta de comunicação, associada a um layout defeituoso com métodos inadequados e setups longos causam esperas, isto também relacionado com produtos defeituosos. Estas esperas reduzem a produtividade global do sistema, atrasando as necessidades reais em curso resultando nas ocorrências de horas extras e em atrasos nas encomendas posteriores (Ortiz, 2006), destabilizando o fluxo de produção, uma das fundações essenciais do *Lean*.

Para colmatar a espera, a alteração do layout e a procura pelo balanço dos postos de trabalho a partir da implementação de SMED demonstra-se eficaz na redução dos lotes de produção e consequentemente dos tempos de espera (Shigeo Shingo, 1989).

3. Transportes

A ocorrência de todo e qualquer movimento relacionado com um produto não acrescenta valor ao mesmo. A disposição do chão de fábrica, o *layout*, tem um dos impactos mais visíveis nos transportes, havendo a necessidade de percorrer longas distâncias com produtos, levando ao não acréscimo de valor ao produto e ainda pode provocar o atraso da própria produção. Este é um dos desperdícios que mais dificilmente se apresenta aos trabalhadores, visto que, na perspectiva deles, as deslocamentos são necessárias para a produção e estão incluídas na mesma. Com uma avaliação do layout, tornando este adequado, estas distâncias devem ser reduzidas drasticamente melhorando o fluxo de produtos e aumentando a produtividade (Carreira, 2005).

De modo a otimizar o transporte, a eliminação de movimentações desnecessárias pela alteração do layout, a sincronização dos processos e o desenvolvimento de sistemas de transportes flexíveis são soluções viáveis para a questão.

4. Processos

A organização e disposição dos processos devem ser as mais eficientes possíveis. A existência de operações desnecessárias ou processos inadequados podem causar, assim como incrementar, a ocorrência de peças defeituosas. Este fenómeno resulta da falta de treino dos trabalhadores ou mesmo da uniformização das suas funções. Visto que todos os processos geram desperdício, existe a necessidade de o reduzir, o que pode ser alcançado pela automação dos processos. O esforço pela implementação de sistemas autónomos, tornando os processos mais eficientes deve ser acompanhada pela formação dos trabalhadores para ser alcançada com sucesso. Também devem ser adereçadas com atenção os tempos de setup visto que causam desperdício e têm impacto no desenvolvimento do processo (Carreira, 2005).

5. Defeitos

A ocorrência da produção de peças que não estão conforme os padrões definidos para as mesmas. A determinação da ocorrência de defeitos representa a perda total de todo o tempo e recursos usufruídos até ao momento, e mesmo a possível necessidade de paragem da linha de produção o que inclui em si custos extremamente elevados. Esta ocorrência leva não só a paragem de uma linha de produção, mas também de outros departamentos da empresa de forma a compensar o erro cometido, isto é, a reprodução de peças de modo a substituir as defeituosas.

O aparecimento de defeitos é justificado pelo erro humano e complementado pela falta de inspeção final após a finalização de um dos processos inerentes à produção do produto. A ausência de padrões de controlo de qualidade ao longo da totalidade dos processos também contribui bastante para o aparecimento de defeitos.

A investigação para encontrar a raiz do problema surge como a primeira necessidade de modo a combater o defeito, isto associado á implementação de operações padronizadas com *Poka-Yoke*, processos equipados com dispositivos à prova de erro, reduz assim a possibilidade de ocorrência de defeitos.

6. Trabalho Desnecessário

Quando são realizadas operações que não representam trabalho útil sobre o produto em desenvolvimento, sendo assim consideradas desnecessárias.

A falta de formação dos trabalhadores surge como uma das causas da ocorrência de operações desnecessárias. Com a falta de formação, a ocorrência de operações isoladas associadas, ou não, a problemas com o layout da empresa revelam um incremento nos custos da produção.

O investimento na formação contínua dos trabalhadores e a promoção da uniformidade das operações nos locais de trabalho reflete um melhor aproveitamento das funções desenvolvidas evitando a necessidade de operações extra e impulsionando o sistema para um fluxo contínuo de produção.

7. Stocks

Tipicamente, stock seria visto como uma forma de colmatar e combater a instabilidade produtiva, fundamentada por tempo de setup elevados e pela procura por clientes. Com a implementação de JIT e SMED a necessidade de acumulação de stock torna-se desnecessária. Stock diz respeito a todo e qualquer armazenamento desnecessário, seja de produtos finais, produtos em fases intermédias de produção ou matérias-primas. Esta acumulação tem implícita a necessidade de ocupação de mais espaço físico e a necessidade de mais manuseamento e transporte. Isto ocorre quando existem falhas no layout adotado para a produção, associado a elevados tempos de setup e a falhas na previsão de necessidades de produção.

Para uma redução dos stocks, a adoção de uma produção *Pull* com lotes de produção de pequena dimensão ajuda a minimizar as necessidades de grandes acumulações

de matéria-prima e a ocorrência de produtos em fases intermédias. Ao controlar melhor os processos, pela equalização e sincronização dos mesmos conseguem limitar ou mesmo eliminar os atrasos nos processos, diminuindo drasticamente os stocks (Shigeo Shingo, 1989).

Pela análise realizada por Chris A. Ortiz, este inclui uma oitava fonte de desperdício, as qualificações e qualidades pessoais. A distribuição de tarefas dentro de uma empresa aos seus trabalhadores pode falhar no facto de não estar a aproveitar o total potencial destes. Isto ocorre quando se destaca um trabalhador uma função para a qual o mesmo não se sente confortável, o que leva à possibilidade de falha, resultando assim em desperdício (Ortiz, 2006).

Deste modo apresenta-se a Tabela 1 com o resumo dos maiores desperdícios:

Tabela 1 - Resumo Desperdício

Fonte - (Carreira, 2005; Monden, 2012; Ohno, 1988; Ortiz, 2006; Pinto, 2009; S Shingo, 1985; Shigeo Shingo, 1989)

Tipologia	Motivação	Soluções
Sobreprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Defeitos de Produção • Stocks 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologias <i>Lean</i> • <i>JIT, SMED, Kanban</i>
Esperas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layout</i> defeituoso • Atrasos de fornecimento • Falta de balanço no fluxo 	<ul style="list-style-type: none"> • Reorganização <i>Layout</i> • <i>SMED</i> • Balancear linhas de produção
Transportes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layout</i> defeituoso • Falha no armazenamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar movimentos desnecessários • Sincronização de processos • Sistemas de transporte flexíveis
Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Falha em standardizar o processo • Falha na formação do pessoal 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatizar e standardizar processos • Formação para os trabalhadores • Melhorar os processos
Defeito	<ul style="list-style-type: none"> • Erro humano • Falha na inspeção 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de operações padrão

	<ul style="list-style-type: none"> Falta de padronização no controlo 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Poka-Yoke</i>
Trabalho Desnecessário	<ul style="list-style-type: none"> Falha no <i>Layout</i> Falta de formação 	<ul style="list-style-type: none"> Formação para os trabalhadores Estandardização de trabalho Fomentar o fluxo
<i>Stock</i>	<ul style="list-style-type: none"> Falha no <i>Layout</i> Tempos de setup elevados Produção antecipada 	<ul style="list-style-type: none"> Produção <i>Pull</i> Reduzir o tamanho dos lotes Melhor controlo das operações
Qualificações e Qualidades Pessoais	<ul style="list-style-type: none"> Falha na atribuição de tarefas 	<ul style="list-style-type: none"> Aproveitar as valências de cada trabalhador

2.4. Tipos de *Layout*

Convencionalmente o layout de produção, com todos os seus intervenientes, são dispostos inicialmente de forma a corresponder com as necessidades imediatas. Ao longo do tempo são feitas melhorias isoladas em cada equipamento ou secção, ou são criados postos de trabalho e implementados equipamentos onde existe espaço disponível. Isto visa otimizar unicamente o ponto de melhoria não tendo em consideração o impacto dessa otimização no panorama global do sistema produtivo (Suzaki, 2010). Este tipo de abordagem gera diretamente instabilidades nas linhas produção, de certo modo mascaradas sobre o efeito pretendido de otimização do processo tornando assim mais difícil a perceção da ocorrência de problemas como a acumulação de stocks ou a falha de coordenação. Deste modo Kiyoshi Suzaki, que explora sistemas produtivos numa perspetiva de casos reais, simplifica a exposição destas falhas pela análise da tipologia de orientação do layout. Um layout orientado por processo, visível na Figura 1, surge como a resposta aparente para a disposição de um chão de fábrica. Sendo este funcional para uma pequena variedade de produtos, agrupando tipologias de equipamentos todos na mesma secção o que leva ao foco total por parte dos trabalhadores na eficiência das suas funções. Isto representa uma dificuldade na gestão na quantidade e no momento correto a produzir, havendo assim uma maior dificuldade na comunicação e na visibilidade do panorama geral do processo (Suzaki, 2010).

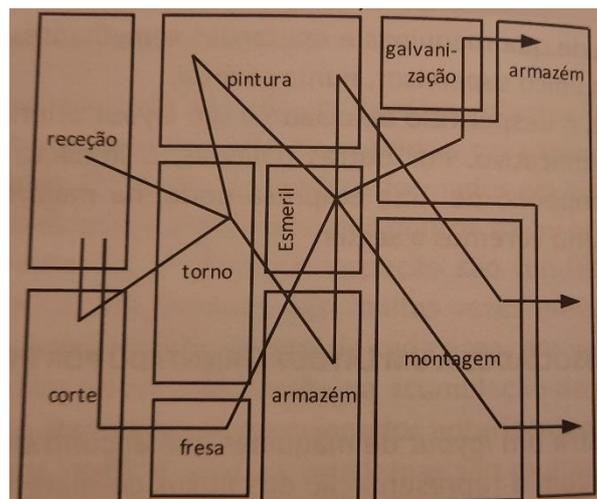


Figura 1 – Orientação ao processo

Fonte – (Suzaki, 2010)

Assim, por observação são identificadas as setes principais falhas associadas a um layout orientado por processo:

1. Difícil planeamento da produção;
2. Desperdício em transportes;
3. Acumulação de WIP;
4. Multiplicação do manuseamento de materiais;
5. *Lead times* superiores;
6. Dificuldade na implementação de standards para fluxos de trabalho;
7. Dificuldade na identificação de problemas e respetiva implementação de melhorias.

Efetivamente, o que Kiyoshi Suzaki descreve aproxima-se dos sete desperdícios descritos por Womack & Jones. Assim, surge a necessidade de fazer uma revisão ao layout que se usa, procurando uma orientação ao produto demonstrado na Figura 2. Esta tipologia de layout ajuda a reduzir drasticamente transportes desnecessários e a acumulação de WIP, diminuindo o múltiplo manuseamento do mesmo material e reduzindo o *lead time*. Revendo assim toda a estrutura do processo produtivo, atualizando o modelo usado e por fim realizando alterações ao layout, facilita a transição de informação e trabalho gerando assim um fluxo estável (Suzaki, 2010; Womack & Jones., 2003).

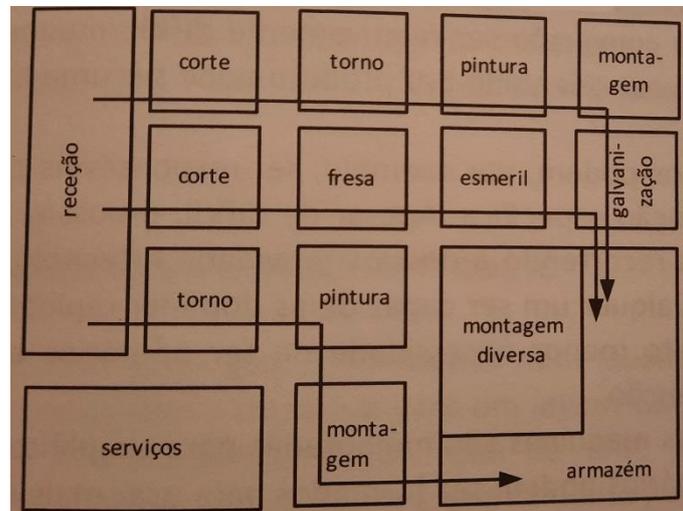


Figura 2 – Orientação ao produto

Fonte – (Suzaki, 2010)

Não só a análise da produção, mas também a implementação de *lean enterprise* em toda a cadeia estrutural da empresa, desde o produto, carreiras e funções, culmina no desenvolvimento de uma estratégia *lean* (Womack & Jones., 2003)

2.5. O Lean Manufacturing

Lean Manufacturing é desenvolvido com base na caracterização do TPS. Este sistema assenta sobre duas metodologias fundamentais, Just in Time e Jidoka sendo cada uma destas uma ferramenta útil. De fato para além destas duas ferramentas, todos os constituintes do TPS funcionam simbioticamente para a obtenção do *Lean Manufacturing*, culminando na redução do lead time, com um baixo custo de produção e melhorando a qualidade do output final, mantendo a motivação e satisfação dos trabalhadores.

Jit ou *Just in time*, as peças necessárias, necessitam de chegar à linha de montagem no momento em que são necessárias, na quantidade em que são necessárias de modo a tentar aproximar a zero o stock em circulação (Ohno, 1988). O termo advém não só da produção relativa a um bom uso de tempo, mas, a concentração unicamente no tempo de entrega pode resultar na tendência de sobre produzir em adiantamento, resultando num

atraso desnecessário e em stock acumulado (Shigeo Shingo, 1989). Na procura de obter este resultado, uma adaptação a um sistema Pull auxiliado por uma técnica de *kanban* ajudam no controlo de pessoas, materiais e informação.

A implementação destes objetivos está assente na manutenção de ideologias que permitem a continuidade de objetivos, sejam estas:

1. Estandardização de métodos e processos

Mantendo os processos simples, evitando grandes esforços, reduzindo a probabilidade de ocorrência de falhas e de uso de equipamentos, promovendo uma redução nos custos dos produtos, e incrementando a qualidade dos mesmos.

2. Flexibilidade

Com flexibilidade, pretende-se ser competitivo, dinamizando a empresa na procura de clientes e na resposta que se produz.

3. Melhoria Contínua

A contínua procura de desenvolvimento interno resulta na melhoria contínua. Esta melhoria deve ser refletida não só em equipamentos e processos, mas também nos trabalhadores da empresa. Com a constante procura de melhoria, facilmente se expõem os problemas reais da empresa permitindo a sua resolução e melhoria.

Jidoka, ou automação, é comum nas empresas. *Jidoka* permite obter autonomia de processos, dotando os equipamentos mecanismos de prevenção, excluindo a necessidade de presença humana permanente. Deste modo é feito um melhor aproveitamento de operários, sendo mais visível o aparecimento de anomalias e rápida a identificação de problema (Suzaki, 2010).

2.6. Ferramentas e Técnicas do *Lean Manufacturing*

O início do processo de design, projeto e implementação de sistemas *lean* é acompanhado por um conjunto de ferramentas a estas inerentes que auxiliam a produção.

2.6.1. VSM

Value Stream Mapping acompanha o início do planeamento e a implementação de um projeto *lean* por via de ferramentas como gráficos, simbologia e conceito auxiliando a identificação de valor. Com isto, facilita-se a implementação de *lean* por via da exposição de desperdício pela visualização de toda a cadeia de valor associada a um produto ou família de produtos. Esta ferramenta pode ser implementada em quatro fases (Seth et al., 2017; Womack & Jones., 2003):

- 1- Identificação da família de produtos em análise;
- 2- Execução do esquema detalhado referente ao sistema atual;
- 3- Execução do esquema da situação ideal que se pretende obter;
- 4- Desenvolvimento de um plano de implementação de alterações.

O VSM é reconhecido nos dias de hoje como uma metodologia industrial importante para melhoria captando com detalhe tanto a nível interno como externo uma visualização a extensão global do processo, desde materiais, fluxo de informação e linha temporal (Seth & Gupta, 2005).

Para sistemas de produção mais simples, como o “*make-to-stock*” a aplicação do VSM é direta e relativamente menos complexa (Braglia et al., 2006).

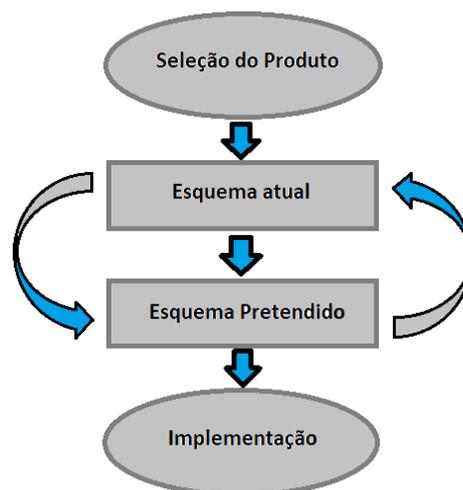


Figura 3 – Fluxo de informação do VSM

2.6.2. 5S

A denominação de “5S” advém das 5 palavras que definem este conceito sendo cada uma dessas, *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Os “5S” são os blocos que sustentam o fluxo de produção, controlo visual, a standardização das operações e outros blocos na procura da obtenção de JIT (Hirano, 2009):

- *Seiri* – O uso equilibrado, organizado e ponderado de materiais, ferramentas, equipamentos, etc;
- *Seiton* - Organização, a importância da necessidade de haver organização de modo a simplificar o uso de materiais e ferramentas;
- *Seiso* - Define a necessidade de reduzir e eliminar resíduos ou elementos desnecessários no local de trabalho. Exprime-se como limpeza do local de trabalho.;
- *Seiketsu* - Conjugação e normalização dos paços anteriores;
- *Shitsuke* - Como a última fase do conceito, exprime-se como o comprometimento do cumprimento de todas as etapas definidas.

Para além dos cinco pontos anteriormente descritos, é também referenciada a existência de um sexto “S” que se demonstra como importante, a segurança. Este sexto “S” deve ser aplicado na implementação de todos os pontos anteriores(Pinto, 2009).

A falha ou uso incorreto de 5S resulta em ineficiência, refletindo falta de disciplina e fraca qualidade, aumentando os custos e ocorrendo falhas no cumprimento de prazos de entrega (Imai, 2012).

2.6.3. Kaizen

É a palavra japonesa que significa melhoria contínua. Esta enfatiza a necessidade de envolvimento de todos os funcionários da empresa, de todos os níveis da organização. Procura-se que os conhecimentos das atividades diárias dos funcionários sejam explorados como a base da busca da melhoria. *Kaizen* é uma peça fundamental para o sucesso de um projeto *Lean* e deve ser realizado de forma periódica para que se mantenha a constante atualização e melhoria (Ortiz, 2006).

Para fazer face ao cumprimento dos objetivos definidos pelo *Kaizen* usa-se o PDCA (*Plan-Do-Check-Act*).

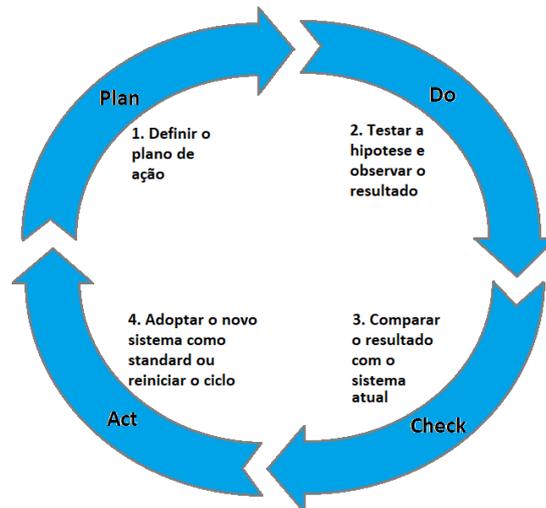


Figura 4 – Ciclo PDCA

O PDCA é um conjunto de 4 passos que permitem um melhor controlo do ambiente de trabalho, melhorando a oferta ao nosso cliente melhorando assim a viabilidade do nosso negócio, sendo os paços os seguintes (Suzaki, 2010):

- *Plan* - Planeamento da ação;
- *Do* - Execução da ação planeada;
- *Check* - Controlo dos resultados;
- *Act* - Analise e ação de acordo com as necessidades,

Também de forma a auxiliar o processo de melhoria contínua, o diagrama causa-efeito ou diagrama Ishikawa, visível na Figura 5, criado pelo professor Dr. Kaoru Ishikawa (1986). O diagrama causa-efeito estrutura visualmente o seguimento de acontecimentos associados a um de seis tópicos, eixo diagonal, cujos acontecimentos culminam na ocorrência de uma falha ou na oportunidade de melhoria, eixo horizontal. Os seis tópicos que são as fontes da análise são os seguintes:

- Matérias-Primas;
- Equipamentos;
- Mão-de-Obra;
- Meio-Ambiente;
- Medições;

- Metodologia.

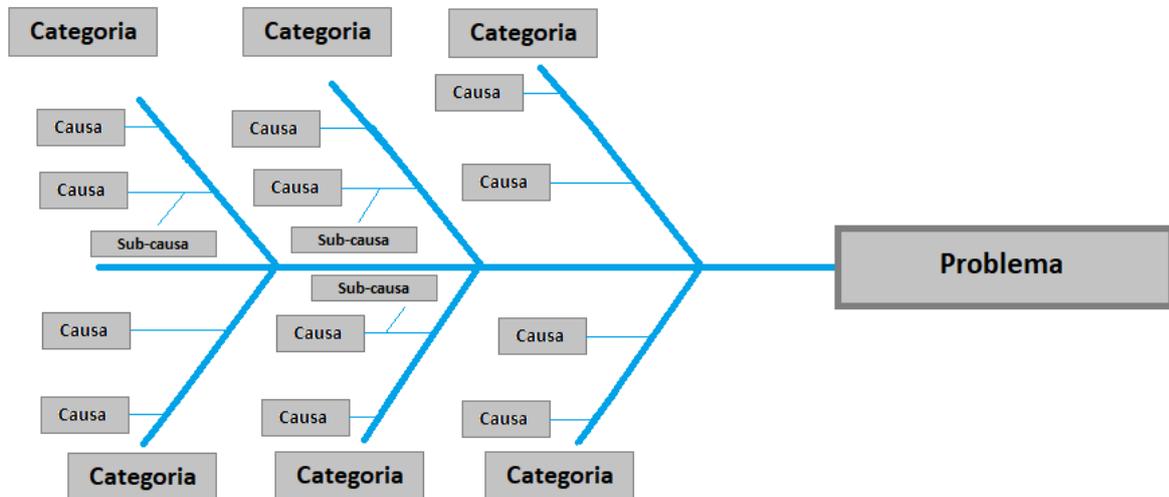


Figura 5 – Diagrama Causa-Efeito

A aplicação desta ferramenta deve ser ponderada e necessita da colaboração de todos os envolvidos no processo produtivo, deste modo devem ser seguidos os passos para a execução do diagrama, sendo o mais claro e sucinto possível de modo a obter o melhor output.

2.6.4. TPM

TPM ou *Total Production Maintenance*, é uma ideologia que também envolve todos os funcionários da empresa. Esta procura atingir a maior eficácia global do sistema por via do envolvimento dos trabalhadores nos processos de manutenção dando ênfase pelo conhecimento e respeito individual. Este envolvimento é fundamental para o sucesso e melhor aproveitamento destas operações que acabam por corresponder às necessidades dos clientes. Assim sendo, TPM surge como uma resposta capaz para a prevenção de avarias inesperadas pela execução de manutenção autónoma por parte dos trabalhadores, levando à otimização dos equipamentos, reduzindo a probabilidade de falha e assim melhorando a qualidade dos produtos e a produtividade global (Suzaki, 2010).

Esta ideologia baseia-se em três fundamentos (Nakajima, 1988):

- 1- Eficácia total

Representa um indicador para a procura da eficiência económica ou rentabilidade.

2- Prevenção Total da Manutenção

Este contém em si o conjunto de manutenção preventiva e prevenção da manutenção. Esta representa o estabelecimento de um plano de manutenção para a totalidade da vida útil dos equipamentos.

3- Participação Total

Representa a manutenção autónoma levada a cabo pelos operadores, pequenos grupos

2.6.5. SMED

Single Minute Exchange of Die (SMED) é uma ferramenta que se aplica com o objetivo de reduzir os tempos de setup inerentes ao funcionamento dos equipamentos. Deste modo, para obter esta redução é realizado um trabalho de análise onde é preparada toda a implementação de metodologias e técnicas de modo a realizar o processo de mudança de ferramentas no menor espaço de tempo possível ou mesmo a eliminação do mesmo (Shigeo Shingo, 1989).

Para se realizar a redução das operações de setup será então necessário efetuar a seguinte análise (Suzaki, 2010):

- De início, é necessário separar o trabalho realizado com a máquina parada, setup interno, do trabalho que pode ser realizado com a máquina em funcionamento, setup externo.
- De seguida, devem ser exploradas metodologias para a redução do setup interno realizando a maioria do trabalho externamente.
- No passo seguinte, o setup interno deve ser otimizado, eliminando ajuste ou acrescentando encaixes, contratando mão de obra para apoiar no processo, etc.
- Por fim o objetivo é reduzir o tempo total de ambas operações, internas e externas.

De modo a reduzir os setups internos, ao analisar os tempos de ajustes necessários, como capazes de reduzir uma grande percentagem do trabalho necessário para o executar. A aplicação de *gabarits* para facilitar o posicionamento das peças ajuda a reduzir o tempo despendido em alinhamentos manuais. O uso de operações paralelas e o auxílio de mais trabalhadores pode também ajudar a diminuir o tempo despendido para a realização do setup isto devido ao facto de diminuir a necessidade de deslocações durante o processo (Suzaki, 2010).

Para reduzir os setup externos, uma das ações fulcrais necessárias para atingir este ponto passa pela organização do local de trabalho. A constante perda de tempo devido à necessidade de procura de ferramentas, moldes e *gabarits* incrementa o tempo necessário do processo e reduz a produtividade. A definição de áreas de armazenamento organizadas por cores, endereços, etc., podem ser uma primeira abordagem. O uso de carrinhos de transporte, com ferramentas e acessórios ajudam a reduzir o tempo de transporte. (Suzaki, 2010).

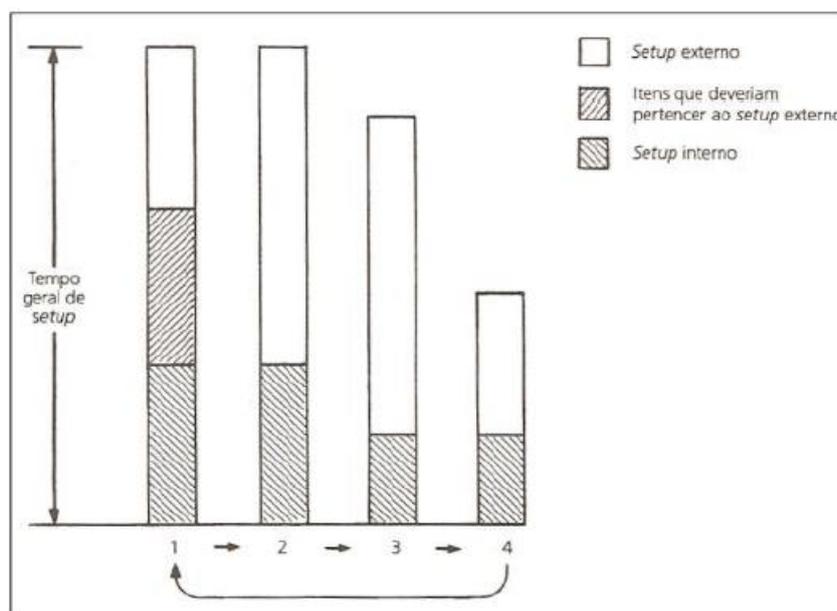


Figura 6 – Estágios do SMED

Fonte: (Shingo, 1985)

Pela análise da Figura 6 é possível referenciar diferentes fases do SMED.

A primeira corresponde à primeira coluna, esta indica a separação de operações internas de externas.

A segunda fase consiste na conversão de operações internas em operações externas, correspondendo à segunda coluna da Figura 6.

Por fim, a última fase corresponde a melhoria contínua de cada operação de setup, tanto em operações internas como externas, sendo visível na terceira e quarta coluna da Figura 6.

Para além destes factos, deve ser mantida a análise e discussão com todos os intervenientes das operações de produção sempre com o foco na melhoria contínua de todos estes processos.

2.6.6. Gestão Visual

Gestão visual permite a todos os presentes entender o estado real do que está a ser desenvolvido no local de trabalho.

Dentro da gestão visual podem ser aplicadas diversas ferramentas para facilitar o controlo das operações. A aplicação de manómetros, termómetros, por exemplo, para controlo de parâmetros de modo a facilitar a identificação de anomalias por parte da manutenção, sinais luminosos e sonoros para compreender o estado dos equipamentos ou da própria produção, ou até mesmo um sistema de cartões, tipo *kanban*, pra indicar níveis de stock ou locais de armazenamento (Suzaki, 2010).

Dentro da gestão visual podem ser identificados quatro pontos fundamentais no seu desenvolvimento (Imai, 2012):

- **Aumentar a visibilidade dos Problemas**

Desmascarar os problemas facilita a sua identificação de modo que possam ser rapidamente detetados e feitas as diligências necessárias.

- **Contato com a Realidade**

Possuir uma visão global, facilita o controlo de tudo o que se está a passar e comunicando mais rapidamente possíveis problemas. De modo a manter estes sistemas, o envolvimento do operador torna-se ainda mais importante. Este deve sentir-se como uma parte integrante do processo, o que facilita todo e qualquer processo de melhoria. Assim é perceptível a importância das ferramentas do 5S, de modo a estabelecer padrões e ao tornar mais visíveis possíveis erros, sendo o primeiro e último passo de um projeto *kaizen*.

- **Standards**

Definindo standards de trabalho auxilia a metodologia da gestão visual. A colocação de folhas informativas em cada posto de trabalho sobre o método standard a executar no mesmo, ajuda o colaborador a manter a sua qualidade de trabalho reduzindo a probabilidade de falhas, como o gestor, na verificação se as tarefas estão a ser executadas conforme o padrão definido.

- **Definir Metas**

Como último tópico da gestão visual, a definição de metas ajuda na procura da melhoria contínua. Com o intuito de instruir os trabalhadores, todas as melhorias efetuadas num posto de trabalho devem ser expostas em forma de gráficos para que possa ser visível a melhoria que tem ocorrido e a meta que se pretende obter.

2.6.7. Kanban

A produção no momento necessário, na quantidade necessária, reflete-se como *Just-In-Time*, JIT. Para isso, o fluxo de artigos dentro da unidade fabril e, vinda dos fornecedores deve ser “ideal”(Suzaki, 2010). De outra forma *Kanban* permite “puxar”, *Pull*, materiais através do processo produtivo, incluindo matérias primas, partes ou componentes, produzidos dentro ou fora da empresa ou de fontes externas (Cimorelli, 2016). *Kanban* significa cartão ou sinal e é o nome dado ao sistema de controlo de inventário usado num sistema *Pull*. Cada cartão identifica uma peça ou unidade de montagem e é indicativo do percurso efetuado até ao momento de leitura e identifica para onde vai. Deste modo todo o processo produtivo fica interligado e conectando todo o *value stream* com a procura do cliente (Team, 2002).

O desenvolvimento do *Kanban* começou nas linhas de produção da Toyota como resposta de Taiichi Ohno as tendências naturais da sobreprodução. A aplicação de *Kanban* gera um sistema de controlo de gestão e melhora fluxos de informação por via de cartões ou outros sistemas visuais de forma a nivelar a produção com a procura. Assim a produção é gerida de acordo com a procura do cliente de modo a ir ao encontro das suas necessidades, correspondendo a um sistema *Pull*, aproximando assim todo o sistema

produtivo a uma ideologia de *Just-In-Time*. Esta é uma das ferramentas mais versáteis, simples e eficazes, resultando num maior controlo de stocks, produção e abastecimento da linha de produção (Gross & McInnis, 2003).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será feita uma breve apresentação da empresa na qual esta dissertação se baseia. Será exposta a história resumida da empresa, a sua área de negócio, instalações e estrutura organizacional.

3.1. Empresa A

A Empresa A, fundada a 12 de fevereiro de 1990, é uma empresa nacional que se foca na realização de projeto, produção, instalação e manutenção de sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado, AVAC. Localizada em Trouxemil, freguesia de Coimbra, Portugal, a Empresa A neste momento conta com o apoio de 54 colaboradores entre equipa de engenharia e técnicos especializados de instalação de sistemas AVAC bem como logística.

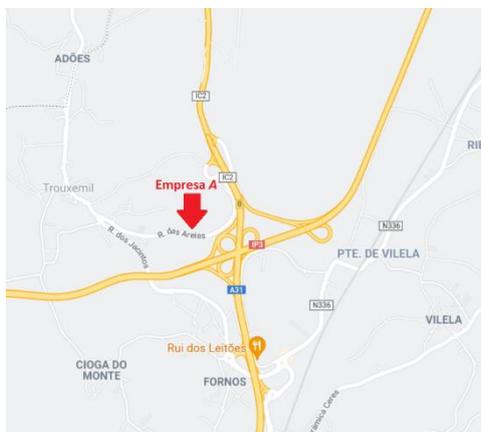


Figura 7 – Localização da Empresa A
Fonte: Google Maps

A Empresa A dedicasse à instalação, projeto e assistência técnica de Sistemas AVAC, possuindo na sua estrutura equipamento próprio para a execução de condutas e acessórios para a área da ventilação e ar condicionado.

A sua área de intervenção abrange as seguintes especialidades:

- Climatização

- Ventilação
- Aquecimento
- Desumidificação e aquecimento de piscinas
- Despoeiramento

No seu portefólio recente aparecem executadas 6 obras de grande dimensão, dados referentes ao ano de 2017, onde se destacam os Hospitais CUF Cascais, Santarém e São João da Madeira bem como o IKEA em Loures, tendo muitas outras em curso e concluídas até aos dias presentes.

Esta empresa é constituída por dois edifícios, sendo um correspondente a escritórios e armazém e outro correspondendo à fábrica contendo também uma área de armazenamento, perfazendo uma área de 1000m², como pode ser visível na Figura 8 estando a empresa disposta a expandir no futuro. Recentemente investiram numa área de carácter social que consiste numa zona de convívio social e para alimentação



Figura 8 – Área da Empresa A
Fonte: Google Maps

Esta empresa projeta, comissiona e executa empreitadas, cumprindo a especificação e prazos requeridos pelo cliente, nunca descurando o elevado nível de qualidade e mantendo sempre a sua competitividade no mercado.

A empresa está organizada da seguinte forma:

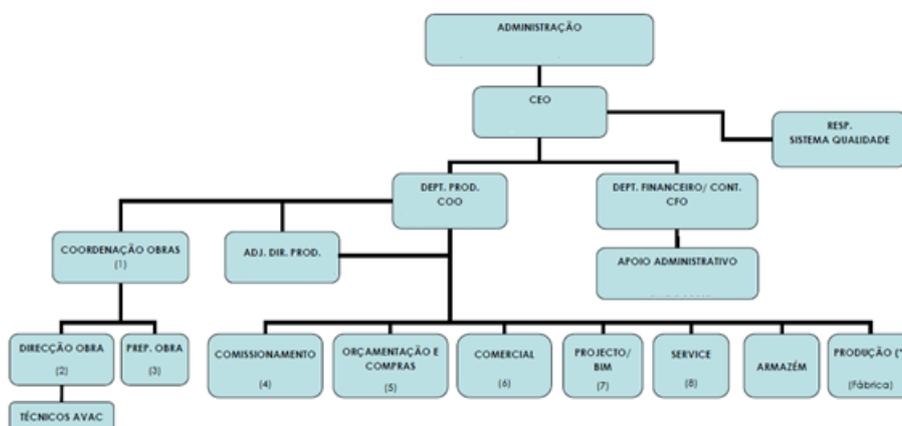


Figura 9 – Organigrama empresa A
Fonte – Documentação da empresa A

Em outubro de 2009 foi executada a implementação de um sistema de qualidade para a conceção e instalação de sistemas de AVAC. Com a execução de auditorias, verificou-se o cumprimento de todos os requisitos da norma NP EN ISSO 0991:2000 tendo assim obtido a certificação.

3.1.1. Vendas e Fornecedores

De forma a competir ativamente com outras empresas, esta procura fomentar relações com alguns fornecedores e marcas, de modo a obter vantagem sobre a concorrência. Para além de outras marcas de equipamentos conceituados no mercado com quem trabalham, quer a nível de instalação, quer de assistência técnica, possui a distinção de ser agente oficial das seguintes marcas:

- Systemair
- Dosopac
- Thermital
- Baxi Roca
- Mitsubishi Electric
- Daikin

Com isto, existe uma maior credibilidade relativa com o trabalho realizado pela empresa, e também preços mais competitivos comparativamente a outras empresas.

Erro! A origem da referência não foi encontrada.

4. ORÇAMENTAÇÃO

No contexto de estágio curricular foram desenvolvidos trabalhos na área da orçamentação de projetos. Neste capítulo é pretendido que se explore o primeiro foco do estágio e que se fique a conhecer a metodologia de orçamentação usada pela empresa. Por questões de querência, será referida a empresa em que o estágio ocorreu como a Empresa A.

4.1. Introspeção sobre Orçamentação

A participação na equipa de orçamentação culminou inicialmente em formação e após esta na execução de dois orçamentos. A descrição seguinte reflete 2 meses de trabalho nesta equipa.

A introdução da equipa resultou numa formação inicial de 3 dias de modo a compreender os softwares usados pela equipa, a maneira como são organizados e introduzidos documentos na base de dados da empresa, como também a forma como são pedidas cotações a empresas externas.

Com a conclusão da formação inicial, no restante tempo na equipa como referido, foram realizados dois orçamentos. A dimensão dos orçamentos é estimada pela tipologia do edifício em estudo sendo atribuído concretamente a dimensão nas fases finais do orçamento, pelo valor acumulado da obra. Por norma é considerada uma obra de grandes dimensões, quando o valor acumulado do orçamento transcende 1 milhão de euros. Assim sendo, ambos os orçamentos realizados no período de 2 meses, sendo um uma residência de estudante em Vila nova de Gaia, e a outro um Hotel de luxo no Porto, compreendiam valores na casa dos 2 milhões e 4 milhões de euros, respetivamente. Isto, em questões de trabalho para o orçamentista, representa um esforço muito elevado, visto que a dimensão final do documento de orçamentação é extremamente extenso e com um grande nível de complexidade.

4.2. Performance da empresa

Em empresas como esta, o sistema de operações segue uma ideologia make to order, o que leva a que o processo de execução de obra esteja sujeito a aprovação do orçamento por parte do cliente. Semanalmente chegam inúmeros pedidos de orçamento, dos quais alguns são executados, mas nem todos são aceites. Para quantificar este fenómeno foi realizada uma avaliação, sendo que a amostra consiste nos processos recebidos entre Julho de 2021 e Setembro de 2021, de modo a fazer o balanço entre o trabalho realizado pela equipa orçamentação, e o que realmente é executado pela empresa como pode ser visível na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise do trabalho da Empresa A

Processos	Tempo de realização(dias)	Execução
1	26	Não
2	25	Não
3	25	Não
4	22	Não
5	7	Não
6	25	Não
7	22	Sim
8	18	Não
9	25	Não
10	15	Não
11	9	Não
12	9	Não
13	16	Não
14	25	Não
15	25	Não
16	7	Não
17	9	Não
18	9	Não
19	8	Não
20	4	Sim
21	18	Não
22	7	Não
23	12	Não
24	19	Não
25	19	Não

Tempo Médio em dias	18
Probabilidade de ganhar a obra:	8%

A tabela apresenta o número de horas necessárias para a execução de 25 processos, com a informação dos que efetivamente foram executados e o tempo médio de execução de cada processo.

4.3. Fases do processo de Orçamentação

O processo de orçamentação usado pela empresa divide-se em três fases.

A primeira fase consiste na avaliação do pedido de orçamentação para uma futura empreitada de modo a compreender a viabilidade económica da mesma e se existe tempo e mão de obra disponível para a possibilidade de execução. Por norma, esta avaliação assenta no arbitramento do chefe de produção em ligação com o quadro de administração.

A segunda fase do processo, após a confirmação de interesse por parte da empresa A, assenta na avaliação do projeto, por via da documentação enviada com o pedido de orçamentação. Esta documentação consiste, por norma, nos desenhos do projeto relativo a AVAC e AQS tendo também, quando é disponibilizado, o sistema de gestão técnica centralizada, GTC. Para além dos desenhos do projeto, é importante a leitura do caderno de encargos da construtora responsável pelo pedido. Com isto é aberto o processo da base de dados da empresa A, onde toda a documentação usada ao longo do processo é atualizada.

A terceira fase consiste no contacto com fornecedores para obtenção de cotações, na apreciação e avaliação de alguns dos itens que por norma não têm quantidades ponderadas e por fim a introdução das cotações recolhidas numa folha pré-programada de EXCEL de modo a obter no final cotações totais para entregar ao cliente. Concisamente, a Figura 10 simplifica as fases descritas.



Figura 10 – Fases da Orçamentação

4.4. Descrição do processo

4.4.1. Software usado

Com a manifestação de interesse no projeto por parte da empresa *A*, é entregue ao orçamentista a documentação relativa ao mesmo, sendo este o responsável pela análise e produção do orçamento que após aprovação pelo quadro de administração é enviado para o cliente.

Nos documentos enviados pelo cliente e entregues ao orçamentista são encontrados os desenhos detalhados do projeto, como podem ser vistos na Figura 11, o caderno de encargos, na Figura 12, e um documento em EXCEL com o descritivo da totalidade dos produtos com as respetivas quantidades. O caderno de encargos tem a descrição detalhada de todos os trabalhos esperados que a empresa realize, sendo que por norma é feita a divisão em duas grandes áreas, AVAC/AQS e GTC. Na maioria das vezes, a descrição contém a especificação dos equipamentos e produtos esperados para a instalação, detalhando marcas e modelos para equipamentos, ou descrições técnicas para isolamentos ou tubagens, a título de exemplo.

De acordo com o referido na segunda e terceira fase, o orçamentista inicia o processo de análise dos desenhos do projeto em sintonia com o caderno de encargos e com a informação disponível no EXCEL dos produtos e quantidades. Esta análise permite perceber a tipologia de sistemas requeridos, os fornecedores necessários e a possibilidade de produção de alguns produtos internamente, permitindo a redução de custos e aumentando a rentabilidade económica para a empresa.



Figura 11 – Exemplo de Desenhos de Projeto
Fonte – Caderno de encargos da empresa A

Seguidamente apresenta-se o quadro de características das eletrobombas:

Designação	Água Quente	Água Refrigerada	Caudal (m ³ /h)	Dp (m.c.a)	Potência Acciona. (kW)	Dupla / Simples	Caudal		Marca e Modelo, ou equivalente
							Fix	Var	
B 1	X	-	114,24	13	7.5	Dupla		X	Marca e Modelo
B 2	-	X		23	7.5	Dupla		X	
B 3	-	X		23	5.5	Dupla		X	
B 4	X	-	114.24	6	4.0	Dupla		X	
B 5	X	-	39.14	10	1.5	Dupla		X	
B 6	X	-	39.14	10	1.5	Dupla		X	
B 7	X	-		22	1.5	Dupla		X	
B 8	X	-		22	1.5	Dupla		X	
B 9	X	-	27.04	6	0.75	Dupla		X	
B 8	X	-	13.00	6	0.33	Simples		X	
B 9	X	-	13.00	6	0.33	Simples		X	

Observações: As alturas manométricas foram obtidas em função do traçado definido em projecto. Caso seja necessário, deverão ser rectificadas pelo Instalador de acordo com o traçado definitivo da tubagem antes da aquisição destas.

As volutas das bombas devem ser isoladas.

Figura 12 – Exemplo do caderno de encargos
Fonte – Caderno de encargos da empresa A

A comparação dos documentos disponíveis permite também perceber se existem falhas na contabilização de equipamentos ou peças necessárias para a instalação que podem ou não estar referenciadas na documentação. Estas falhas, se não forem detetadas, resultam em prejuízo futuro durante a execução da obra. A ocorrência destes lapsos é frequente. Para a minimizar estas ocorrências, é necessário um trabalho exaustivo e um contacto constante, tanto com o cliente, a como com uma terceira entidade responsável pela execução original do projeto.

Na realização do orçamento, a empresa A usa uma página pré-programada de EXCEL que pode ser visível na Figura 13. Para melhor compreensão durante a leitura, esta folha será designada de folha de orçamentação, “FO”. Nesta é introduzida a informação do documento fornecido pelo cliente de modo a haver um encadeamento lógico durante a execução do orçamento e evitando assim a necessidade de introduzir manualmente a totalidade dos produtos requeridos. A FO permite agrupar em tipologias de equipamento ou produtos de acordo com um código interno facilitando a pesquisa dentro do orçamento. Dentro desta, existem células específicas para introduzir o valor atribuído pelo fornecedor, sem IVA, relativo ao produto em questão e automaticamente efetua a multiplicação pela quantidade requerida.

Família Descrição	Família Autômático	Preço	Art	Descrição	Unid.	Qtde.	Qtde. Aparadas	Unidade (U)	Total (U)	Tabela	Extras	Líquido Unit.	Líquido Total	Desc. 1	Desc. 2	Desc. 3	T.U.	T.T.	CUSTO M.O.	DESP.ADM.	MARCA CE	MARCA ORC	OBSERVAÇÕES
VRV	VRV_			Fornecimento e montagem do seguinte equipamento e material, conforme Caderno de Encargos (CE).																			
VRV	VRV_																						
VRV	VRV_		1	Sistemas VRF																			
VRV	VRV_		1.1	Unidades Exteriores, incluindo todos os acessórios e materiais necessários à sua correta instalação, como apoios antivibração, acessórios de fixação, etc.																			
VRV	VRV_		1.1.1	UE01 - Modelo de equipamento VRV																			
VRV	VRV_				Un.	1		1676,00	1676,00	1000,00	826,00	1676,00	1676,00	15,00%			9,00	9,00	0,00	0,00	Daikin		Extra para os derivadores

Figura 13 – Folha programada usada pela empresa A
Fonte – Caderno de encargos da empresa A

Tendo em conta o tempo de resposta por parte dos fornecedores, após a introdução dos produtos e quantidades no EXCEL interno da empresa A, é feito o levantamento dos fornecedores a contactar e inicia-se o contacto, de modo a rentabilizar o tempo. Esta rentabilização é importante pois, como já referido, o tempo de resposta dos fornecedores é inconsistente e é necessário realizar outras avaliações, matemáticas por exemplo estimar internamente alguns itens do orçamento.

Dentro dos itens que são pedidos no imediato, podem ser evidenciados:

- Ventiladores
- VRV, UTA e Split
- Conduitas, Registos e Difusores
- Bombas e Depósitos e tratamento de águas
- Sistemas solares e permutadores
- Válvulas
- Sistemas de GTC

No entanto, restam outros itens que requerem consulta e avaliação interna de modo a serem obtidas as cotações, sendo alguns destes itens os seguintes:

- Tubagem
- Isolamentos
- Quadros eléctricos e respetivas instalações eléctricas

Abaixo da zona do cabeçalho encontra-se a zona descritiva do orçamento possível ver na Figura 13. Nesta zona, como anteriormente já foi referido, são introduzidos os dados enviados pelo cliente com o descritivo detalhado dos produtos. Nas primeiras duas colunas, para cada produto, o orçamentista manualmente escolhe a família a que cada um se enquadra, podendo assim realizar uma rápida pesquisa ao que já está preenchido ou o que falta. As famílias de produtos estão definidas pela empresa A e já estão pré-programados na folha, sendo apenas necessário selecionar a correta.

Da quarta à sétima coluna aparece, o número dos artigos, a descrição de um, a unidade de contagem, sendo estes retirados dos dados enviados pelo cliente.

Da décima coluna à vigésima, são introduzidas as cotações enviadas pelos fornecedores sendo estas os valores para os produtos e extras anexos a estes, de seguida, possíveis descontos existentes para cada item, e por fim, o valor praticado de mão de obra e números de horas necessários para a execução, sendo estes tabelados pela empresa para cada tipologia de produto ou ação a praticar.

Da vigésima primeira coluna à vigésima quarta, são introduzidos dados como, a marca do equipamento ou produto pretendido, ou possível de ser obtido, e observações essenciais á interpretação do que foi introduzido.

Após o preenchimento das duas primeiras folhas, e feita uma revisão, e posteriormente realizada a tabela dinâmica com o somatório das informações das duas primeiras folhas e o documento é submetido para confirmação e é feito, ou não, um ajuste no valor final de acordo com a decisão do quadro de administração.

4.4.3. Obtenção, organização e introdução de dados

4.4.3.1. Tubagem e Isolamento

Como anteriormente detalhado, existem dados que são requeridos a fornecedores. Este, aquando da sua chegada são introduzidos de acordo com a lista de produtos anteriormente introduzida, tendo esta origem no cliente. Com essa introdução, são evidenciados também os valores referentes à mão de obra, sendo estes tabelados pela empresa.

Para além destes, existem outros dados que carecem da avaliação do orçamentista. Esta é feita quer por pesquisa em catálogos internos, quer por avaliações

matemáticas de modo a estimar o valor a praticar para o produto e respetiva mão de obra. De acordo com a descrição feita anteriormente existe um conjunto de 3 itens que necessitam avaliação.

Para analisar as tubagens, em primeiro lugar é feita a análise cuidada do que está previsto em caderno de encargos. Para tubagens não isoladas são consultadas as tabelas internas de modo a extrair a cotação de acordo com o diâmetro de cada uma, e a tipologia do metal especificado. Para tubagens isoladas, o isolamento tem de ser calculado, isto é, isolamento de tubagem é vendido em pranchas quando o diâmetro requerido não é standard. De acordo com o caderno de encargos, tem de ser escolhido o isolamento correto para cada situação, e daí, para a introdução na folha de orçamentação. Como esta faz a leitura de número de metros, ao preço do tubo tem de ser somado o preço do isolamento ao metro e estimada a totalidade de isolamento que é necessário comprar, visto que as pranchas de isolamento são vendidas à unidade. Estas avaliações são executadas de acordo com a seguinte lógica matemática:

$$Preço_{isolamento} = \frac{k * x * y}{z * w} * Preço_{prancha}$$

O resultado quando decimal, é arredondado sempre para o valor inteiro seguinte.

Para a execução de coletores, também é realizada uma avaliação matemática dependente das especificações dadas sobre o coletor e interligadas com o número de picagens necessárias na produção do mesmo, correspondendo às seguintes equações:

$$(Preço_{tubo+isolamento+revestimento} * Comprimento) + (Preço_{picagem} * N^o_{picagens})$$

Relativo á Mão de Obra, MO:

$$(MO_{tubo} * Comprimento) + (N^o_{picagens} * 1_{hora})$$

4.4.3.2. Quadros Elétricos

A avaliação dos sistemas elétricos para a execução do orçamento dos quadros elétricos assenta também, como já anteriormente referido, na avaliação do caderno de

encargos, da folha de descritivo de materiais e dos desenhos do projeto. A avaliação do caderno de encargos em conjunto com a folha descritiva, auxilia na avaliação da totalidade de equipamentos eletrónicos e das respetivas potências dos mesmos de modo a cotar de acordo com especificações dadas pela empresa. Estas organizam os equipamentos por tipologia, função e potência, podendo também agrupar em conjuntos visto que certos disjuntores podem conjugar diversos equipamentos iguais simplificando e reduzindo a dimensão do quadro elétrico e reduzindo custos para o próprio quadro como na mão de obra. De modo simplificado, apresenta-se a Tabela 3, com a ideologia por trás do sistema usado pela empresa.

Tabela 3 – Tabela Referência para Quadros elétricos

Equipamentos de arranque Direto			Equipamentos com proteção térmica, contactor e sinalização	
Tipologia	Preço		Tipologia	Preço
Unidade Externa VRV	174,00 €		UTA	300,00 €
	Até 250kW	Superior a 250kW	Bombas	200,00 €
			Ventiladores	175,00 €
Chiller	249,00 €	599,00 €	RCF	35,00 €
Rooftops	349,00 €	599,00 €	Depositos	74,00 €
Unidades Internas VRV	74,00 €		Outros	
Split	74,00 €		Tipologia	Preço
Caldeiras	74,00 €		Caixa para Quadros	850
Ventiloconvectores	74,00 €	Em conjuntos de 5	Mão de Obra	x1,25

4.5. Finalização do processo

Com o levantamento e avaliação da totalidade das cotações necessárias para o preenchimento do orçamento, este é revisto por outro orçamentista de modo a reduzir a probabilidade de erro. Com a aprovação deste, o documento é submetido para o quadro de administração onde é avaliado. Assim podem ser feitos ajustes finais aos valores praticados conforme o cliente em questão ou de acordo com a dimensão da obra.

Sendo o orçamento aprovado, são retirados destes os totais de acordo com as tipologias de intervenção requeridas e estas informações são introduzidas num *template* que é enviado para o cliente.

4.6. Discussão e crítica do processo

Após algum tempo envolvido na equipa e no processo de orçamentação, é possível verificar que existem pontos em que seria possível melhorar o funcionamento da equipa, e do próprio processo.

O sistema desenvolvido e em utilização pela empresa A é funcional, mas a sua funcionalidade resultou na estagnação do seu desenvolvimento. A FO, supunha a possibilidade de conciliar uma base de dados que continha a informação de todos os catálogos disponíveis pelos parceiros da empresa. Com esta funcionalidade ativa, seria possível reduzir o tempo necessário na pesquisa e introdução de referências e cotações, possibilitando assim, um melhor aproveitamento do tempo. Ainda na análise da FO, como já referido anteriormente, é necessária a realização de alguns cálculos que muitas vezes são realizados manualmente em conjugação com consulta. Isto torna-se num processo moroso e pode resultar em erros evitáveis. Para melhorar a qualidade do trabalho, com a introdução dos cálculos introduzidos na FO resultaria numa tarefa facilmente executada, menos propícia à ocorrência de erros e com uma extração das cotações esperadas num mais curto espaço de tempo necessário, reduzindo assim o tempo total necessário na execução do mesmo.

Por outro lado, ainda acresce a distribuição aleatória de novos projetos sem existir uma avaliação prévia da carga de trabalho que cada um do orçamentista acarreta no momento. Deste modo surgem situações de orçamentistas com três ou quatro projetos ao qual são atribuídos novos projetos, enquanto outros só têm um ou dois em fase final. Com a criação de uma *pool* de acesso aberto com os projetos de cada orçamentista e o seu ponto de progresso de modo a melhorar a comunicação entre quadro de administração e equipa de orçamentação. Esta *pool* também poderia conter novos projetos aceites que seriam atribuídos automaticamente ao orçamentista de acordo com a disponibilidade possível.

5. PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA

Neste capítulo será apresentado o sistema produtivo existente na fábrica da empresa A. Com esta apresentação procura-se explorar o sistema, os problemas identificados nos processos e possíveis melhorias a implementar para o incremento da qualidade e fiabilidade do produto e melhorar a comunicação entre diferentes níveis da organização. A melhoria na comunicação e uma melhor gestão e análise de dados permitem a mensuração do *work in progress*, WIP, na fábrica, resultando numa mais eficaz identificação de problemas e obtenção de soluções para o chão de fábrica.

5.1. Organização do sistema de informação

A produção na fábrica da empresa A advém de obras ganhas pela mesma e da necessidade de peças para a sua montagem. Estas peças são produzidas internamente de modo a reduzir os custos associados a empreitada e evitando a necessidade de necessitar de outras entidades para a realização da mesma. Deste modo, na progressão dos trabalhos no terreno, o responsável da empresa presente na obra faz o levantamento ao longo das diferentes fases da obra das necessidades, reportando de volta para a sede. Nestas instalações, as necessidades são avaliadas pelo chefe da produção que após aprovação, envia a informação para a fábrica.

A informação enviada pelo responsável da obra segue via email para a empresa. O documento que segue contém esboços, produzidos manualmente, com a projeção da peça requerida a produzir e as respetivas dimensões. Este documento é avaliado pelo chefe da produção que conseqüentemente dá a ordem para o envio da informação para a fábrica. Dentro desta, a ordem de produção é recebida pelo chefe de fábrica, “CF” que de acordo com a indicação superior, poderá efetuar a organização das tarefas. Caso contrário, fica à responsabilidade do CF.

5.1.1. Fluxo e conteúdo de informação

Como referido, os responsáveis pelas obras têm a responsabilidade de averiguar necessidades de peças no decorrer das operações, sendo que, devem comunicar o mais breve possível as necessidades a sede para serem processadas. Deste modo estes produzem documentos escritos em papel com esboços das peças e respetivas dimensões necessárias a produzir, como também as quantidades. Com o envio destes para a sede da empresa, o responsável da produção procede a fazer a avaliação do pedido em reunião com o responsável da obra, por chamada telefónica, de modo a perceber a emergência do pedido, o conteúdo do mesmo, e prazos de entrega da mesma. Por fim, são impressos e entregues os esboços em papel ao responsável na fábrica. A localização da fábrica é diferente da localização da sede, como é possível verificar na Figura 6. Devido a esta deslocalização, os documentos são levados pelo responsável de armazenamento da empresa, tendo este de abandonar temporariamente o seu posto de trabalho na sede, e deslocar-se a pé pelo exterior da empresa até a fábrica.

Devido ao facto de ser comum a não existência de material de escritório, como uma digitalizadora, em contexto de obra, todos os esboços e descrições enviadas para a sede são fotografias. Estas muitas vezes não contêm a qualidade necessária para ser perceptível a leitura das mesmas resultando numa dificuldade por parte da fábrica de processar o pedido. Isto causa a necessidade de atrasar o seu processamento até reunir a informação necessária resultando em *backorder*. A transposição deste contratempo envolve chamadas telefónicas por parte dos trabalhadores da fábrica o que resulta na interrupção das tarefas de cada um.

5.2. Exposição da fábrica

A empresa A, para além de executar orçamentos e projetos de sistemas AVAC/AQS, executa a sua instalação. De modo a reduzir os custos associados à execução de uma obra, são produzidos alguns dos produtos e feitas algumas preparações de equipamentos em chão de fábrica, evitando assim *outsourcing* de serviços. Dentro dos trabalhos executados em chão de fábricas nomeiam-se os seguintes:

- Conduatas de diversas tipologias
- Pintura
- Montagem de pequenos sistemas elétricos
- Estruturas para encaixes de equipamentos

A empresa contém em si a produção deste tipo de produtos o que a torna a mais competente e com maior capacidade de resposta num mercado cada vez mais competitivo.

O exercício da produção na fábrica surge da necessidade de repor níveis de stock internos definidos em termos de conduatas, pequenas ligações ou reduções para as mesmas, ou da existência de empreitadas a decorrer que necessitam de matéria-prima para a sua execução.

Para a referida execução, a empresa A possui um edifício onde contém equipamentos usados para a produção de produtos e funciona também como armazém como pode ser evidenciado na Figura 15.

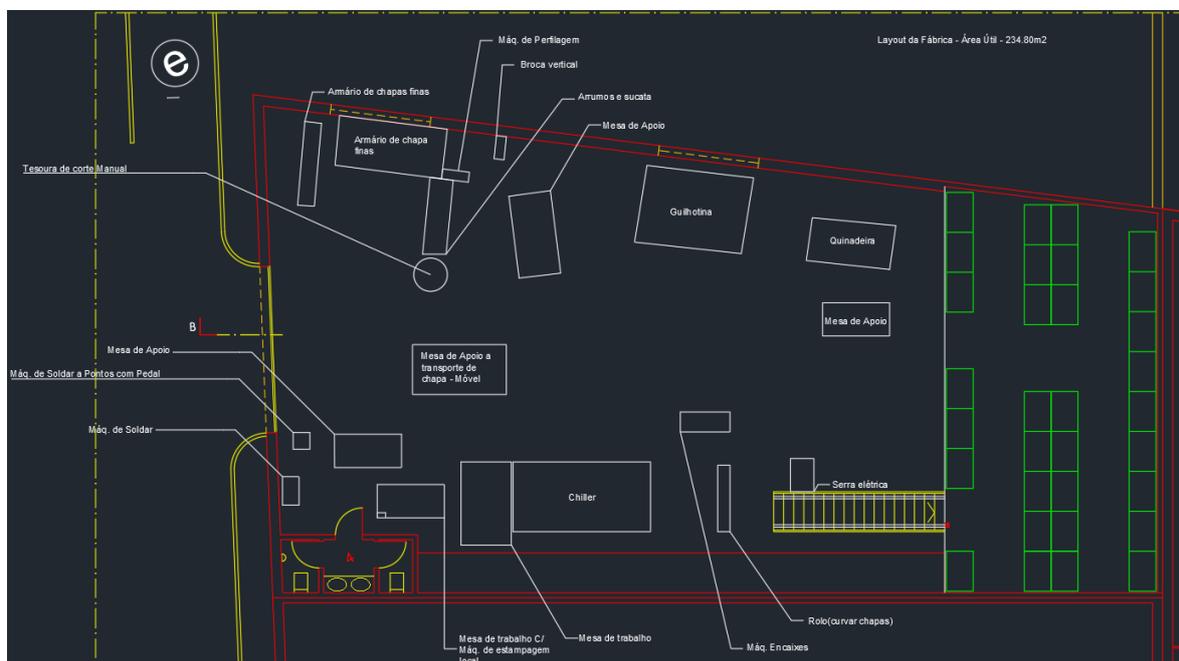


Figura 15 – Chão de fábrica detalhado

Dentro dos equipamentos do armazém, são destacados os seguintes:

- Guillotina
- Quinadeira

- Serrote de Fita
- Máquina de Soldar a pontos
- Calandra Manual e elétrica
- Broca vertical
- Perfiladeira de Chapa

Para além deste, também existem ferramentas de pequenas dimensões, como martelos, ferramentas de corte e ferramentas de rebitagem, sendo todas estas ferramentas importantes para a conclusão da maioria dos processos executados. Para manobrar estes equipamentos, a fábrica conta com 2 trabalhadores, sendo que um destes tem uma vasta experiência de serralharia e fabricação, correspondendo a “CF”, e outro ainda em aprendizagem que corresponde ao seu assistente de fábrica, “ASF”.

5.3. Apresentação das peças

Portanto, como já referido, a empresa A faz uso da sua fábrica para produzir peças à medida, usadas nas empreitadas que efetua. De forma a melhor compreender o que é produzido são apresentados os seguintes exemplos:

- Conduitas retas e curvas
- Transformações de secção retangular para circular, “OG”
- Reduções de secção retas e curvas
- Suportes de equipamentos
- Golas
- Aros e encaixes para conduitas

5.4. Descrição do Processo

Todas as peças requeridas à fábrica são produzidas integralmente na empresa sendo apenas necessário o fornecimento de chapa de aço. Todas as peças

começam sempre a partir de chapa de aço que é marcada e conformada até à obtenção do produto final.

Cada peça final atravessa processos de produção e pode ser constituída apenas por uma, ou por diversas secções separadas que podem ser ligadas por via de processo de soldadura ou de estampagem localizada, e finalizados com martelo manual. No fim da sua produção, estas são aglomeradas por norma em zonas com espaços disponível até serem carregadas por um dos motoristas da empresa e entregues na respetiva obra.

O processo de produção inicia-se pela ordem do chefe de produção já após a entrega da ordem de produção via papel. Para a produção de peças podem então serem caracterizadas as seguintes principais operações:

Operação 1 / 2 - Obtenção e marcação da chapa

O operador usa a mesa de apoio para ir buscar uma chapa de aço e transportar o conjunto para junto da guilhotina. Aqui, manualmente marca a chapa com a planificação de secções ou mesmo de uma peça por inteiro. Estas marcas correspondem à peça, a zonas de corte e a zonas de quinagem.



Figura 16 – Marcação manual



Figura 17 – Marcação manual

Operação 3 – Corte de chapa

Esta operação é realizada na mesa de apoio com uso de pequenas ferramentas de corte manuais ou na guilhotina. Nesta operação de acordo com as marcações, o

operador prepara a chapa para o corte e define a pressão da guilhotina de modo a obter o perfil, ou perfis, da peça e assim ficar pronto para conformar e finalizar.



Figura 19 – Corte manual



Figura 18 - Guilhotina

Operação 4 – Quinagem e / ou calandragem de chapa

A operação de quinagem ou calandragem é a operação que dá a primeira aproximação da forma final da peça e, na empresa A são usados os equipamentos visíveis na Figura 20 e Figura 21. Esta operação para além de dar forma nas peças ou secções serve para formar as zonas de encaixe necessárias para unir as diferentes secções. Em ambas as

operações, se a dimensão da peça for superior a 1.5m de largura, são necessários dois



Figura 20 - Quinadeira

operadores para
tanto a máquina como



preparar a peça e operar
na peça.

Figura 21 – Calandra manual

Operação 5 – Soldadura e estampagem localizada

De modo a fechar os perfis produzidos, as zonas de união são conseguidas a partir de soldadura a ponto ou de estampagem localizada. A estampagem localizada define-se por pressionar localmente duas secções em diversos pontos o que gera a união. Para

secções de grandes dimensões, como já referido, são necessários dois operários para conseguir manobrar a peça.



Figura 22 – Soldadora de pontos

Operação 6 – Finalização das peças

Com o fecho e união das secções das peças, existem rebarbas e zonas de chapa que devem ser dobradas ou cortadas de modo a respeitar as dimensões requeridas para as peças e melhorar a segurança de quem as tem de manobrar no momento da montagem. Este processo por norma usa pequenas ferramentas manuais como martelos, lixadoras e outros equipamentos elétricos de a conseguir completar as peças. No fim, as peças ficam acumuladas em diversos pontos da empresa até que seja realizado o seu levantamento para a obra.

5.5. Stocks da empresa

A empresa A nos espaços que tem, disponibiliza duas zonas de *stock* de peças e produtos. Estes espaços são divididos entre a sede da empresa e a fábrica sendo os dois semelhantes. Ambos são geridos por um funcionário cujo escritório se encontra na zona da sede. Este é o responsável pela receção e despacho encomendas efetuadas a

empresa sendo a principal ponte de ligação entre a fábrica e os pedidos aceites administração.

5.5.1. Sede da empresa

A sede da empresa contém uma zona de armazenamento é constituída por prateleiras onde são armazenados consumíveis frequentes na montagem de equipamentos AVAC, como válvulas, isolamentos, cabelagem elétrica entre outros. Esta zona é partilhada com a doca de cargas e descargas. A doca é constituída por 4 entradas de veículos contém apenas duas a funcionar.

As duas docas em funcionamento, referentes a entradas maiores para veículos, servem para o carregamento e descarregamento de equipamentos pesados com uso de empilhador. Aqui também ficam estacionados alguns veículos da empresa.

As restantes entradas estão desativadas visto que o espaço interior é usado como arrumo de tanto de peças de substituição e equipamentos perdidos, assim como equipamentos defeituosos. Este último espaço também é usado como arrumo de pertences pessoais da administração da empresa.

5.5.2. Fábrica

A zona de armazenamento da fábrica corresponde ao setor interior da fábrica que contém caixas de armazenamento, e toda a lateral inferior que contém prateleiras. Aqui são guardadas tubagens, condutas e ligações de conduta e pequenas ferragens usadas para os trabalhos da fábrica. O que surge neste armazenamento são alguns produtos produzidos no espaço fabril e também, outros encomendados a outras empresas. Neste espaço também é visível um *Chiller* de grandes dimensões armazenado. Este, devido ao seu posicionamento, impede o acesso fácil a uma zona das prateleiras tornando difícil a sua gestão e impossibilitando o uso do empilhador nesta zona.

Visto que o espaço interior da empresa foi projetado para conter um corredor central de forma que se consiga manobrar um empilhador no seu interior, em todos os momentos em que este necessita de intervir no armazenamento da fábrica é necessário

interromper alguns os trabalhos por questões de segurança. Estas intervenções por parte do



Figura 24 – Caixas de armazenamento



Figura 23 – Prateleiras de armazenamento e *Chiller*

empilhador não são previamente programadas.

5.6. Recolha e análise de dados

No exercício das funções dentro da fábrica, foi realizado o levantamento da tipologia de produtos e equipamentos, já apresentados, num período de 3 meses. O objetivo

deste levantamento culmina na procura de ter uma maior compreensão do funcionamento da fábrica.

De modo a melhorar a compreensão da fábrica, foram listados os equipamentos usados, estimando os tempos de *setup* e o *uptime* dos mesmos como pode ser visível nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Tempos de Setup

Código para equipamentos disponíveis:		Tempo de Setup (s)
1	Marcação	-
2	Guilhotina	15
3	Quinadeira	10
4	Serra	-
5	Calandragem	10
6	Perfiladeira	10
7	Broca vertical	-
8	Máquina de impressão de declive	10
9	Tesoura de corte manual	-
10	Máquina de soldar de ponto a pedal	15
11	Máquina de estampagem localizada	10
12	Máquina de soldar Mig-Mag	15
13	Ajustes finais e encaixes	-

Tabela 5 – Uptime dos equipamentos

		Tempo de trabalho de Máquina(h)	Tempo disponível Diário	Disponibilidade
1	Guilhotina	2,5	8	31%
2	Quinadeira	2,5	8	31%
3	Serra	1	8	13%
4	Calandragem	1	8	13%
5	Perfiladeira	1	8	13%
6	Broca vertical	0	8	100%
7	Máquina de impressão de declive	0	8	100%
8	Tesoura de corte manual	1,5	8	19%
9	Máquina de soldar de ponto a pedal	1,5	8	19%
10	Máquina de estampagem localizada	1	8	13%
11	Máquina de soldar Mig-Mag	0	8	100%

No momento que foi realizada a avaliação dos equipamentos, foi avaliado o seu posicionamento no chão de fábrica. A disposição segue uma ideologia em “U” como é perceptível na Figura 15, mas surgem obstáculos no circuito, entre dos quais, algumas zonas de acumulação de peças inacabadas, WIP, e um *Chiller* em pleno chão de fábrica, o que ocupa uma área significativa deste e disturba uma mais suave deslocação entre pontos. Além deste facto o próprio *layout* foi disposto ao longo do tempo de acordo com a aquisição dos equipamentos. Os tempos de *setup* apesar de serem relativamente curtos surgem com um problema associado. Devido ao facto de as ordens de produção não serem previamente organizadas, fica à responsabilidade do CF de organizar as mesmas. Deste

modo, de acordo com a sua avaliação, é dado o início de diversos pedidos à fábrica não prevendo na totalidade, os equipamentos que serão usados e de que modo pode ser aproveitado o seu funcionamento, reduzindo assim os tempos de *setup*. Isto é possível ser analisado em detalhe na Tabela 7.

Portanto, devido à falta de mão de obra no chão de fábrica, o *uptime* dos equipamentos é muito superior. A constante movimentação de ambos os operários pelos diversos postos de trabalho da fábrica, culminam num maior tempo de paragem dos equipamentos ao longo do dia de trabalho.

Com a avaliação dos factos anteriores, deu-se início ao seguimento de todos os pedidos a fabrica. Neste seguimento foram averiguadas as diferentes tipologias das peças. Durante a contagem, foram retirados os tempos despendidos desde o momento em que se começa a projetar a peça, os equipamentos necessários e acabamentos, considerando também todas as deslocações realizadas. Assim todos os dados foram introduzidos em EXCEL de modo a obter tabelas com os dados detalhados de cada produto. As tabelas representam os tempos totais de processamento, visível na Tabela 6, e em detalhe para cada produto de acordo com os processos necessários na Tabela 7.

Tabela 6 – Tempo de Produção por Produto

		Situação Atual	
	Tempos de processamento:		Total(minutos)
A	Condutas		3,666666667
B	Curvas		26,666666667
C	Derivações		-
D	Desvios		-
E	Golas		2,166666667
F	Grelhas		-
G	Juntas Fléxiveis		3,583333333
H	Plenos		18,966666667
I	Registos		-
J	Tamos de Condutas		4,666666667
K	Encaixes e Aros		1,916666667
L	Suportes		8,083333333
M	OG		29,25
N	Transformações		20,583333333
O	Preparação Ventiladores		6,166666667
P	Curvas (superiores a 1.5m)		68,25

Tabela 7 – Tempos de processo detalhado

	Prep.Ventiladores	Conduras	Curvas	Golas	Juntas flexíveis	Plenos	Tampos de conduta	Encaixes e aros	Suportes	OG	Transformações retangulares	Curvas (superiores a 1.5m)
Marcação		1	9	0,25	0,5	3,433333	0,25	0,166666667	0,5	8	1,5	4
Guilhotina		0,16667	4,91667			1,25	0,25	0,166666667	0,5	3		4,91666667
Quinadeira	0,333333333	0,5	1		0,5	4,533333	0,5			5	1,5	31,66666667
Serra						1						
Calandragem			1,75	0,5				0,5				
Perfileira		0,16667	1,5								0,333333333	1,5
Broca vertical												
Máquina de impressão de declive										2,5		
Tesoura de corte manual				0,16667	0,25							
Máquina de soldar de ponto a pedal	0,17			0,16667	0,5	4,416667	1	0,166666667		0,83333		
Máquina de estampagem localizada					0,166666667			0				3
Máquina de soldar Mig-Mag									6			
Ajustes finais e encaixes	1,5833	0,16667	6				0,5			7		8
Deslocações	1	0,91667	1,66667	0,4167	0,916666667	2,833334	0,75	0,416666667	0,66667	1,67		1,5
Setups	0,25	0,75	0,83333	0,66667	0,75	1,5	1,41	0,5	0,4166666	1,25		0,75
Total (minutos)	3,333300033	3,66667	26,6667	2,1667	3,583333333	18,96667	4,66	1,916666667	8,0833336	29,2533	20,58333333	68,2500034

Como referido, a Tabela 7 contém os tempos por processo detalhado, de acordo com o equipamento referido. Também se retira os processos necessários realizar de acordo com a peça em produção. Cada valor total aqui descrito, reflete o tempo necessário em cada equipamento ou momento do processo.

Um dos grandes problemas desta avaliação foi a medição de tempo do *Work-in-progress*, *WIP*. Dentro do chão de fábrica, devido a constante aceitação aleatória de pedidos de trabalho à fábrica, muitos dos trabalhos já iniciados ficavam em *standby* acumulando pilhas em diversas zonas da fábrica. Algumas destas chegariam a permanecer no mesmo local durante 24h até serem adereçadas de novo.

Os dados apresentados na tabela resultam da avaliação de uma média de tempos recolhidos em diversos momentos em que se estavam a produzir estes itens. Cada um destes valores representa o tempo necessário para a execução de uma só peça.

A grande diferença entre a produção de uma unidade e de múltiplas cópias do mesmo, é a primeira fase do desenvolvimento de uma peça, sendo esta a marcação manual da peça requerida em chapa de aço e o tempo necessário para o transporte entre postos, apesar de que para este último ponto, a diferença é menos significativa. Se o objetivo for a produção de diversas peças iguais, a primeira executada já é usada como molde para as outras, isto reduz o tempo de marcação por norma em 90% do tempo inicial, e o transporte, como é efetuado manualmente, depende sempre do volume de produção. Pelos dados recolhidos individualmente a cada um destes produtos, nesta é destacada como referido os tempos de processamento em cada um dos equipamentos ou processos, deste modo

percebendo a motivação para os movimentos realizados e o tempo investido em cada um dos produtos.

Durante a avaliação do processo, foi denotado que existiam diversas deslocações efetuadas pelos trabalhadores que poderiam ser evitadas. De modo a ser compreensível, foram efetuados três diagramas de spaghetti de forma a poder estabelecer um padrão nas deslocações durante os processos decorrentes e os motivos das mesmas. Como é possível ver no ANEXO A, foi traçado o *layout* da fábrica e daí foram seguidos os movimentos dos dois trabalhadores.

Para se tornar mais perceptível o CF é caracterizado pelo traçado a preto, e o ASF a vermelho. Pelo cruzamento dos diagnósticos executados, cada um com durações de 1 hora, denota-se um grande fluxo de movimentos dentro do chão de fábrica por parte do CF.

Sendo o CF o elemento mais experiente, todo o processo de análise de desenhos, marcação e corte de chapa partem deste, sendo que, o ASF por norma assiste todos os processos, mas, principalmente efetuando as montagens e acabamentos dos produtos. Devido à inexistência de mais trabalhadores, não há tempo suficiente para dar formação, culminando assim, numa total dependência do chefe de oficina para o funcionamento da fábrica.

Partindo agora para uma análise diferente, parte dos movimentos visíveis no diagrama, são justificados pela necessidade de transportar peças em construção entre os pontos da oficina ou pela busca por uma nova chapa de aço, que devido às dimensões, ao peso da mesma e do espaço disponível de trabalho, só é possível trabalhar numa de cada vez. Mas muitos destes movimentos podem ser caracterizados como desperdício. Alguns desses conseguem ser descritos como:

- Procura de ferramentas
- Busca por tomadas elétricas disponíveis
- Transporte manual de peças
- Desvio de peças inacabadas espalhadas
- Desvio e interrupção de funções pela entrada do empilhador
- Desvio devido a entrada de carrinha para carregar peças acabadas

Estes pontos referidos poderiam ser evitados por uma reorganização do espaço interior de trabalho bem como da própria disposição das ferramentas necessárias e da organização dos momentos de carregamento e de intervenção nos stocks.

5.7. Propostas de alteração da empresa A

Com a apresentação dos dados recolhidos e análise do mesmo, surgem algumas propostas para incrementar a eficiência do funcionamento da fábrica. Com estas também se procura melhorar a qualidade da comunicação.

5.7.1. Comunicação interna

Na procura de melhorar a receção de pedidos à fábrica culminando numa melhor comunicação interna, estes deveriam ser realizados em documentos *sandard* que continham a tipologia de produto com visualização do mesmo e a descritivo das dimensões do mesmo, possível ser vistos no ANEXO B. Isto seria fulcral para um melhor entendimento dos pedidos, evitando assim a necessidade de comunicação telefónica e via e-mail para entendimento dos mesmos, evitando a necessidade de cessar funções para questionar os pedidos e assim reduzindo o *backorder*. A introdução de um sistema informático na fábrica levaria a uma mais rápida e eficaz transmissão desta informação.

5.7.2. Chão de fábrica

Com a análise de dados anteriormente feita, surgem algumas propostas de modo a melhorar o funcionamento da fábrica, no modo em que está atualmente, e abrindo possibilidades para no futuro existir espaço para melhorar o sistema.

O primeiro ponto a adereçar seria a introdução de um *software* de *Enterprise Resource Planning*, ERP. Este sistema permite gerir o fornecimento da empresa, *supply-chain*, organizar a produção e os pedidos efetuados a mesma como também regular a manutenção e a logística da mesma. Com este sistema seria feita uma melhor gestão dos recursos da fábrica e da empresa, existindo assim uma organização dos pedidos e melhorando o fluxo de informação dentro da empresa. Deste modo seriam afastadas as possibilidades de uma gestão defeituosa do trabalho dentro do chão de fábrica e do armazenamento em ambos os edifícios. Um dos impactos desta gestão seria a redução de

tempos de *setup* repetidos ao longo do horário de trabalho e reduzindo também o *uptime* dos equipamentos. Isto resultaria numa redução ou mesmo no término de WIP ao longo do chão de fábrica e resultaria na melhoria do tempo de processamento.

O segundo ponto laxe na necessidade de organizar e vagar o chão de fábrica.

O *Chiller*, por informação interna, está no chão de fábrica há mais de 5 anos devido a um erro de encomenda. Este representa um uso de espaço necessário à melhoria da qualidade de trabalho dentro das instalações. Com a procura de dar uma segunda vida ao mesmo, seria desocupada uma área significativa. Assim seria possível reorganizar o chão de fábrica. Esta passaria pela alteração da localização de postos de trabalho e pela organização e fixação de ferramentas em cada um destes com acesso a ligações elétricas. Isto resultaria na redução de deslocamentos desnecessários, justificadas pela procura de ferramentas ou pela necessidade de encontrar uma tomada elétrica livre para uso.

A reorganização do espaço teria também em conta o transporte e acumulação de produtos inacabados entre posto. A utilização de caixas poderia facilitar o transporte de alguns elementos mais pequenos evitando assim as “piscinas” efetuadas pelos trabalhadores durante o decorrer das suas funções. A presença destas caixas poderia funcionar também como aviso visual de WIP, assim ajustando o processamento para dar resposta ao atraso.

5.7.3. Controlo de Stocks

De modo a melhorar o uso dos espaços usados para stock de empresa, deveria ser feito o levantamento da totalidade de produtos acumulados dentro da empresa. Em discussão com alguns funcionários da empresa, foi perceptível que os próprios têm a perceção da existência de diversos produtos que já não têm uso, mas que continua em stock.

Assim, a necessidade de fazer o levantamento real da totalidade de produtos em stock resultaria na abertura de espaço útil, reduzindo os custos associados à manutenção dos mesmos nas instalações.

6. CONCLUSÃO

A presente dissertação foi baseada num caso real de contexto industrial. Esta teve como principal objetivo, a análise e avaliação do sistema de trabalho usado nas diferentes áreas da empresa, resultando nuns conjuntos de propostas de melhoria, de modo a otimizar todos os processos realizados.

Na primeira fase foi realizada a exposição e análise do funcionamento do departamento de orçamentação da empresa. O intuito desta análise, foi identificar as principais falhas existentes no sistema e as suas causas. Com a identificação de problemas como falhas de comunicação e da qualidade da mesma, ou na distribuição de trabalho pelos orçamentistas, foram pensadas propostas de modo a colmatar estes problemas.

Numa segunda fase foi apresentada a fábrica da empresa e feita a análise do sistema de produção. Com a identificação dos principais problemas existentes, foram analisados os dados recolhidos, apresentando propostas de forma a melhorar o fluxo de produção, otimizar e simplificar o planeamento de produção, melhorar o acesso e transmissão de informação de qualidade como reduzir o WIP e os stocks.

Infelizmente, não houve interesse por parte da empresa de explorar o teor desta tese e do estágio na mesma realizado. Independentemente desse facto, este projeto enriqueceu fortemente os meus conhecimentos na mentalidade de *Lean*, como em todos os outros conhecimentos transversais a uma organização. Acredito que tenha sido possível fazer uma boa avaliação da empresa A e que tenham sido apresentadas propostas que correspondem aos objetivos definidos para este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braglia, M., Carmignani, G., & Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal of Production Research*, 44, 3929–3952. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*.
- Cimorelli, S. (2016). *Kanban for the Supply Chain: Fundamental Practices for Manufacturing Management, Second Edition*. Taylor & Francis. <https://books.google.pt/books?id=lGXNBQAAQBAJ>
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. AMACOM. <https://books.google.pt/books?id=fR1WvjSIE9gC>
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual Vol2: JIT Manufacturing - WASTE AND THE 5S's*.
- Imai, M. (2012). *Praise for Gemba Kaizen*.
- Mann, D. (2005). Creating a Lean Culture: Tools to Sustain Lean Conversions, Third Edition. In *Creating a Lean Culture: Tools to Sustain Lean Conversions, Third Edition*. <https://doi.org/10.1201/b17563>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time*. New York: Productivity Press.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM* (pp. 1–5).
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System-Beyond Large-Scale Production by Taiichi Ohno*.
- Ortiz, C. A. (2006). Kaizen Assembly. In *Kaizen Assembly*. <https://doi.org/10.1201/9781420006605>
- Pheng, L. S., & Tan, W. C. K. (1996). The influence of workload instability on quality in the construction industry. *International Journal of Quality and Reliability*

- Management*, 13(3), 42–56. <https://doi.org/10.1108/02656719610116072>
- Pinto, J. P. (2009). *PENSAMENTO LEAN - A FILOSOFIA DAS ORGANIZAÇÕES: VENCEDORAS*. LIDEL (BRASIL).
<https://books.google.pt/books?id=iEZQvgAACAAJ>
- Rother, M. (2010). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. New York: McGraw-Hill. McGraw-Hill.
<https://doi.org/10.1036/9780071639859>
- Seth, D., & Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: An Indian case study. *Production Planning & Control - PRODUCTION PLANNING CONTROL*, 16, 44–59.
<https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>
- Seth, D., Seth, N., & Dhariwal, P. (2017). Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production Planning & Control*, 28(5), 398–419.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1300352>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (Andrew P D). Taylor & Francis. <https://books.google.pt/books?id=ooXVVIIfqEQwC>
- Shingo, Shigeo. (1989). Study of Toyota Production System from Industrial Engineering Viewpoint. In *Productivity Press*.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações LEAN : metodologias kaizen para a melhoria contínua* ([pref. Nuno Silva]. (ed.); 1ª ed.-M). LeanOp Press, 2010. - 303, [1] p. : il. ; 21 cm. - Tít. orig.: The new manufacturing challenge.
<http://id.bnportugal.gov.pt/bib/bibnacional/1816989>
- Team, T. P. P. D. (2002). *Kanban for the Shopfloor*. Taylor & Francis.
<https://books.google.pt/books?id=fgTtDwAAQBAJ>
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003), & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womack, J. P., & Jones., D. T. (2003). *Womack, James P, and Daniel T. Jones. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press, 2003.
- Xu, Z., Elomri, A., Kerbache, L., & El Omri, A. (2020). Impacts of COVID-19 on Global

Supply Chains: Facts and Perspectives. *IEEE Engineering Management Review*,
48(3), 153–166. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.3018420>

ANEXO A

Diagrama de spaghetti da fábrica.

Erro! A origem da referência não foi encontrada.
