



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise e Organização de Operações numa Linha de Produção de Revestimento por Projeção Térmica

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

Autor

Diogo Miguel Rodrigues dos Santos

Orientador

Professor Doutor Altino de Jesus Roque Loureiro

Júri

Presidente Professor Doutor **Cristóvão Silva**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogal Mestre **Pedro Coelho**
Assistente Convidado da Universidade de Coimbra

Orientador Engenheiro **A. Alcântara Gonçalves**

Colaboração Institucional



Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A

Coimbra, Julho, 2015

“A qualidade começa pela educação e acaba na educação. Uma empresa que progride em qualidade é uma empresa que aprende, que aprende a aprender”

Kaoru Ishikawa

Aos meus pais

Agradecimentos

A dissertação aqui apresentada e consequente fim do meu percurso académico só foi possível graças à colaboração e ao apoio de algumas pessoas pelo que quero aqui deixar o meu agradecimento.

Ao Professor Altino Loureiro pela disponibilidade, orientação e toda a ajuda despendida ao longo da realização desta dissertação.

Ao Engenheiro Alcântara Gonçalves, Diretor-Geral da empresa TEandM, pela oportunidade de realização do estágio na empresa e ainda pela orientação e acompanhamento ao longo deste trabalho.

Ao Engenheiro Ricardo Ribeiro, Diretor de Produção da empresa TEandM, pela ajuda e esclarecimentos prestados ao longo do estágio.

A todos os colaboradores da TEandM pela ajuda, ensinamentos e boa vontade demonstrada.

Aos meus pais, por todo o apoio, confiança e incentivo que me deram ao longo do meu percurso académico, o meu muito obrigado, porque sem eles não teria chegado aqui.

Resumo

O objetivo da realização desta dissertação resulta do interesse da TEandM, Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A, em analisar e melhorar as suas operações na linha de produção de revestimento por projeção térmica (*Thermal Spraying*).

A análise realizada teve como foco principal as atividades executadas pelos operadores ao longo do processo produtivo na aplicação de revestimento. Através desta análise, foram identificadas várias oportunidades de melhoria na linha de produção de revestimento, sendo duas delas particularmente importantes. A primeira surge da desorganização e desarrumação dos materiais de apoio à projeção o que levou à implementação da metodologia Lean, mais propriamente a ferramenta 5S. A segunda oportunidade de melhoria assenta no problema de planeamento de produção encontrado, mais propriamente o sequenciamento da produção. No seguimento desta análise, foram apresentadas propostas de solução para este problema.

Para além destes estudos, foram realizados outros trabalhos complementares como a mudança do sistema de armazenamento de matéria-prima e algumas alterações de *layout*.

Todas as sugestões de melhoria foram aceites pela empresa e a correta implementação das mesmas deverá promover maior produtividade, eficiência e simplicidade dos seus processos produtivos.

Palavras-chave: Lean, 5S, Planeamento, Produção, Sequenciamento, Projeção Térmica.

Abstract

The purpose of this paper is a consequence of the interest of TEandM, Tecnology and Materials Engineering SA, to analyze and improve his operations in Thermal Spraying production line.

The analysis focused primarily on the activities carried out by operators throughout the production process in the coating application. Through this analysis, we identified several opportunities to improve coating production lines, two of which are particularly important. The first one arises from the clutter and disorder of materials to support the thermal projection which led to the implementation of Lean methodology, more specifically the 5S tool. The second opportunity for improvement based on production planning problem led to more properly scheduling of production line.

Besides these two opportunities for improvement, additional works were performed such as changing the storage system of raw materials and some layout modifications.

All improvement suggestions were accepted by the company and is expected that the correct implementation of these changes promotes increased productivity, efficiency and simplicity of production line.

Keywords Lean, 5S, Planning, Production, Scheduling, Thermal Spraying.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. Introdução	1
1.1. Estrutura da dissertação	1
2. Apresentação da empresa	5
2.1. Processos aplicados.....	6
2.1.1. <i>Atmospheric Plasma Spraying</i>	6
2.1.2. <i>High Velocity Oxygen Fuel</i>	7
2.1.3. <i>Electric Arc Wire Spraying</i>	8
2.2. Procedimento de Trabalho	9
3. Filosofia Lean.....	13
3.1. Metodologia 5S.....	16
3.2. Implementação da metodologia 5S.....	19
3.2.1. Resultado da Implementação da metodologia 5S.....	21
4. Planeamento da Produção.....	23
4.1. Sequenciamento da Produção	24
4.1.1. Máquina Única	25
4.1.2. “Flow Shop”	25
4.1.3. Máquinas Paralelas	25
4.1.4. Job-shop.....	25
4.2. Regras de Prioridade	26
4.2.1. <i>Earliest Due Date</i>	26
4.2.2. <i>Shortest Processing Time</i>	26
4.2.3. <i>First Come First Served</i>	27
4.2.4. <i>Last Come First Served</i>	27
4.2.5. <i>Random</i>	27
4.3. Análise e Proposta de um Método de Sequenciamento	28
5. Outras Atividades Desenvolvidas.....	33
6. Conclusão	38
6.1. Trabalho Futuro	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO A	44
ANEXO B	46
ANEXO C	48
ANEXO D	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Instalações da empresa TEandM.....	5
Figura 2.2. Esquema da tocha APS (Adaptado de Oerlikon Metco).....	7
Figura 2.3. Esquema da tocha HVOF (Adaptado de Oerlikon Metco).	7
Figura 2.4. Esquema da tocha EAWS (Adaptado de Thermocermet).....	8
Figura 3.1. Ilustração da metodologia 5S.	17
Figura 3.2. Área dos equipamentos de apoio à projeção (Estado inicial).	20
Figura 3.3. Área dos equipamentos de apoio à projeção (Estado Final).	21
Figura 4.1. Percentagem dos tempos das várias operações da Obra 19231.	29
Figura 4.2. Percentagem dos tempos das várias operações da Obra 19299.	30
Figura 4.3. Percentagem dos tempos das várias operações da Obra 19191.	30
Figura 5.1. Modo de armazenamento dos sacos de <i>coríndon</i> (Situação Inicial).	34
Figura 5.2. Modo de armazenamento dos sacos de <i>coríndon</i> (Situação Final).	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos sete tipos de desperdício. (Adaptado de Melton,2005)	14
Tabela 2. Taxas de Ocupação das Cabines de Projeção Térmica.....	28
Tabela 3. Tempo de Paragem das Cabines de Projeção.	29

Siglas

APS – *Atmospheric Plasma Spraying*

CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

EAWS – *Electric Arc Wire Spraying*

EDD – *Earliest Due Date*

FCFS – *First Come First Served*

HVOF – *High Velocity Oxygen Fuel*

LCFS – *Last Come First Served*

LVOF – *Low Velocity Oxygen Fuel*

OT – Ordem de Trabalho

PLT – *Production Log Tool*

PT – *Projeção Térmica*

PVD - *Physical Vapour Deposition*

SPT – *Shortest Processing Time*

TEandM – Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório descreve o trabalho desenvolvido na empresa TEandM, Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A ao longo dos últimos nove meses para a obtenção do grau de mestre em Engenharia e Gestão Industrial. Com o objetivo de crescer no mercado nacional e internacional e reforçar os seus níveis de competitividade, a empresa TEandM sentiu a necessidade de analisar as suas operações na linha de produção de revestimento por projeção térmica, para assim melhorar o seu desempenho operacional. Para a prossecução desses objetivos pretende-se aumentar os níveis de produtividade com a consequente redução de custos e aumento dos padrões de qualidade. Esta análise tem como objetivo a identificação de possíveis problemas e oportunidades de melhoria, principalmente numa parte da cadeia e fluxo das operações da linha de produção, mais especificamente na área da preparação e de revestimento das peças e posterior sugestão de propostas e implementação de sugestões para a resolução dos problemas e oportunidades de melhoria identificadas.

A motivação para a realização deste estágio curricular surge da vontade pessoal em experimentar o ambiente industrial e poder contribuir para o melhoramento de uma organização com sugestões e propostas de melhoria.

1.1. Estrutura da dissertação

Este relatório encontra-se dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo é escrita uma breve introdução, seguido de informação relativa à estrutura da dissertação. No capítulo seguinte, são abordados os aspetos relativos à empresa, entre eles, a sua história e apresentação, os processos de revestimento aplicados, bem como o procedimento de trabalho dentro da organização.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia 5S referente à filosofia Lean, a sugestão proposta à organização relativa a este assunto e posterior resultado da implementação da metodologia.

No quarto capítulo é abordado o planeamento da produção, mais concretamente o seu sequenciamento. É realizada uma pequena descrição teórica acerca do planeamento e sequenciamento da produção, mais especificamente os tipos de sistemas produtivos e regras de prioridade, a deteção do problema na linha de projeção térmica e por fim a sugestão apresentada à organização.

No quinto capítulo são descritas actividades realizadas ao longo do estágio curricular na empresa que não se enquadram em nenhum dos temas abordados anteriormente.

Por fim no sexto e último capítulo estão descritas todas as conclusões acerca do trabalho realizado na empresa, ou seja, é feito o balanço das actividades realizadas e do estágio, bem como o trabalho a ser realizado no futuro.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Fundada em 2000 pelo CTCV, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, e Durit – Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Lda, a TEandM, Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A., encontra-se sediada nos lotes 41 e 42 do Parque Industrial de Taveiro, Coimbra, tendo uma área coberta de cerca de 5000m².

A TEandM tem como missão liderar o mercado global na disponibilização de aplicações de materiais avançados, de filmes espessos (PT, Projeção Térmica) e de filmes finos (PVD, *Physical Vapour Deposition*). Em relação à visão, a empresa quer ser reconhecida internacionalmente pela capacidade de desenvolver soluções inovadoras recorrendo a aplicações de materiais avançados, tecnologias de revestimentos e de componentes de geometria complexa. Os seus valores passam por desenvolver soluções inovadoras para as empresas clientes com recurso a novos materiais e tecnologias de revestimentos, estabelecer acordos e parcerias com empresas/instituições nacionais e internacionais de investigação e desenvolvimento, melhoria contínua do Saber e do Saber fazer, lealdade para com os seus clientes e parceiros e promoção do espírito empreendedor dos colaboradores (Tecnologia e Engenharia dos Materiais, S.A).

Em relação às certificações de qualidade, a TEandM é certificada através da *Bureau Veritas Certification* de acordo com a norma NP EN ISO 9001:2008 sem exclusões, pela *Bureau Veritas Certification UK* nas normas de aeronáutica BS EN ISO 9001:2000, EN 9100:2009 e AS9100 Rev. B e ainda pela norma de IDI – Investigação, Desenvolvimento e Inovação, NP 4457:2007.



Figura 2.1. Instalações da empresa TEandM.

2.1. Processos aplicados

Na TEandM são realizados revestimentos nas superfícies das peças com o objetivo de melhorar as características das mesmas, de acordo com as solicitações a que vão estar sujeitas. As peças podem ser novas ou usadas. As solicitações podem ser várias mas destaca-se o desgaste na forma de abrasão, erosão e atrito; oxidação e corrosão; isolamento ou condução eléctrica; condução electromagnética ou térmica. As vantagens da aplicação de revestimentos não são só o melhoramento das peças em relação às suas solicitações mas também o aumento do tempo de vida útil, a produtividade, a qualidade do produto final e o tempo entre manutenções. (Tecnologia e Engenharia dos Materiais, S.A)

Os métodos de aplicação da PT na TEandM são realizados através de APS, *Atmospheric Plasma Spraying*, HVOF, *High Velocity Oxygen Fuel*, e EAWS, *Electric Arc Wire Spraying*, e a Deposição Iónica por PVD, *Physical Vapour Deposition*. Tendo também capacidade para aplicar LVOF, *Low Velocity Oxygen Fuel*, por PT e PACVD, *Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition*, por Deposição Iónica. Nesta dissertação só irá ser mencionado os processos de APS, HVOF e EAWS pois só estes se encontram na área onde foi realizada a análise que esteve na origem desta dissertação.

2.1.1. *Atmospheric Plasma Spraying*

A *Atmospheric Plasma Spraying*, (APS) caracteriza-se pela introdução de matéria-prima na forma de pó no interior de um jato de plasma, para assim fundir e projetar o pó contra o substrato, onde se irá formar um depósito, ou seja, o revestimento. É um processo bastante flexível devido à sua capacidade de desenvolver uma energia suficiente para fundir quase todo o material de revestimento de matéria-prima na forma de pó, tais como materiais de alto ponto de fusão, exemplo disso são os cerâmicos e outros materiais refratários. Na figura 2.2, pode ser visualizado o esquema de uma tocha APS. São usados por norma, nesta tecnologia, gases como: Árgon, Hidrogénio, Azoto, Hélio ou uma combinação de dois ou três gases referidos anteriormente. (Tecnologia e Engenharia dos Materiais, S.A)

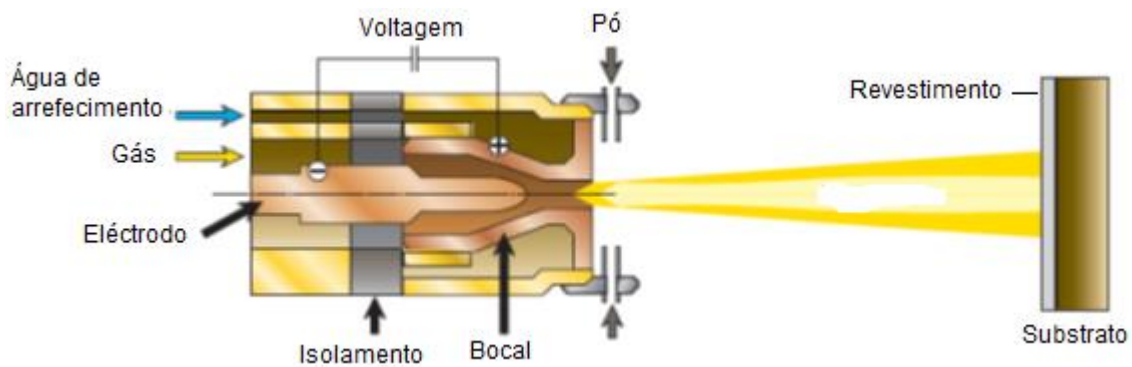


Figura 2.2. Esquema da tocha APS (Adaptado de Oerlikon Metco).

Esta tecnologia é aplicada para revestimento de peças da indústria química, têxtil, automóvel, aeronáutica, petroquímica, entre outras.

2.1.2. High Velocity Oxygen Fuel

A tecnologia de HVOF, *High Velocity Oxygen Fuel*, segundo a Tecnologia e Engenharia dos Materiais, S.A, “baseia-se num processo de combustão contínua de Oxigénio com outro gás combustível (Hidrogénio, Propano)”. Estes entram em combustão numa câmara a altas pressões originando um jato de saída com alta velocidade. Devido às temperaturas elevadas que a chama atinge, o bocal e a câmara de combustão têm que ser constantemente arrefecidos. O pó a projetar encontra-se no alimentador e é injetado no jato através de um gás de transporte que normalmente é azoto, como se pode verificar na Figura 2.3. (Tecnologia e Engenharia dos Materiais, S.A)

A tecnologia HVOF é considerada uma “tecnologia verde” devido a não utilizar banhos químicos, emissões de gases atmosféricos perigosos e um grande volume de água (Thermocermet). Esta tecnologia produz revestimentos com alta qualidade.

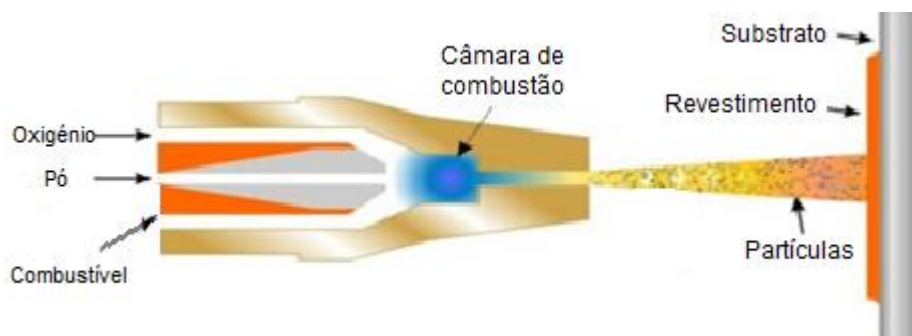


Figura 2.3. Esquema da tocha HVOF (Adaptado de Oerlikon Metco).

2.1.3. *Electric Arc Wire Spraying*

A técnica *Electric Arc Wire Spraying*, (EAWS), utiliza como matéria-prima dois arames metálicos, normalmente com a mesma composição, o que a torna diferente em relação às outras técnicas em que a matéria-prima é em pó. (Thermocermet)

Nesta técnica, os dois arames são ligados a polos elétricos com polaridade oposta. Depois são introduzidos na tocha, para que se estabeleça entre eles um arco elétrico, quando se tocarem. Este arco elétrico vai fundir o material do arame, no meio de um jato de ar, como está representado na Figura 2.4. O ar que flui ao longo da zona do arco elétrico, transporta o metal fundido sob a forma de partículas atomizadas e no estado de fusão, projetando-as contra o substrato. (Thermocermet)

Podem ser usados ao mesmo tempo diferentes arames e as altas taxas de projeção é o que torna esta técnica vantajosa.

Esta tecnologia é mais adequada para revestimentos de grandes componentes, como por exemplo rolos para a siderurgia.

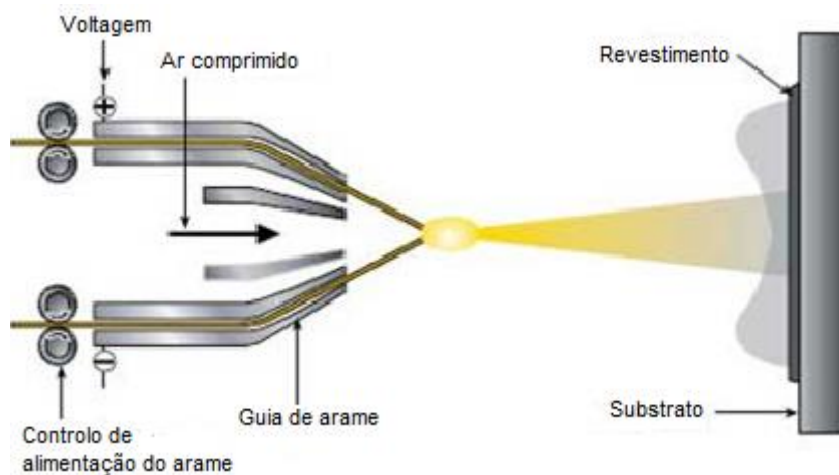


Figura 2.4. Esquema da tocha EAWS (Adaptado de Thermocermet).

2.2. Procedimento de Trabalho

Na empresa é o Departamento de Assistência a Clientes que recepciona as peças, analisa-as e envia para o cliente um orçamento para o trabalho solicitado. Enquanto o cliente analisa a proposta apresentada, as peças aguardam num espaço designado de “Orçamentação”. Após a confirmação de encomenda do cliente, as peças são entregues à produção juntamente com uma *Production Log Tool* (PLT), que não é mais do que uma ordem de trabalho e uma ferramenta para registo de produção.

Cada ordem de trabalho contém informações acerca da identificação do cliente, nome e quantidade dos componentes a serem alvos de intervenção, número das ordens de trabalho que o cliente solicitou anteriormente, tipo de revestimento e materiais a utilizar, dimensões que precisam de controlo e ainda esquemas/desenhos dos componentes. Ao longo do processo de intervenção, as informações relativas à matéria-prima aplicada, à alteração das dimensões ao longo da intervenção, aos tempos operacionais, aos aparelhos de medida utilizados e ainda a data e assinatura dos operadores que realizaram as operações são registadas na PLT.

Geralmente, todas as peças/componentes sofrem a seguinte sequência de operações: preparação da superfície para receber o revestimento, decapagem, pré-aquecimento, revestimento e por fim maquinação de acabamento (retificação e polimento).

Na preparação da superfície são realizadas ações como abertura de caixa, retirar material do componente/peça, que pode ser revestimento aplicado anteriormente ou material do substrato caso nunca tenha sido aplicado qualquer tipo de revestimento, para depois existir espaço para aplicar o revestimento desejado. Nesta fase são usadas máquinas ferramentas como tornos e fresadoras.

Antes da decapagem, as peças têm de ser isoladas para se proteger as zonas que não vão ser revestidas, por isso mantém-se o isolamento durante o revestimento. Só é retirado o isolamento antes das operações de maquinação.

Na decapagem é projetado um abrasivo, Al_2O_3 (*coríndon*), com o objetivo de remover os óxidos da superfície, proporcionar uma limpeza de alto grau e criar a rugosidade necessária para a adesão eficaz do revestimento. As decapadoras são selecionadas tendo em conta o tamanho e geometria das peças, podendo-se optar por decapadoras portáteis, manuais ou automáticas.

Nalgumas aplicações, dependendo do substrato e do tipo de revestimento a executar, as peças necessitam de ter um pré-aquecimento para compensar as diferenças de coeficiente de dilatação térmica entre o substrato e o revestimento e ainda para evitar a fissuração no revestimento ou na interface. Este aquecimento pode ser executado pela tocha de revestimento sem pó a fluir, se for de combustão, plasma, ou em estufas.

Terminada a decapagem, o revestimento deve ser logo aplicado, caso contrário as peças devem ser mantidas num ambiente controlado e isento de humidade.

O revestimento é aplicado com recurso às duas cabines de projeção existentes na TEandM, onde são realizados revestimentos APS, HVOF, LVOF e EAWS.

Quando o revestimento termina as peças passam para a fase de maquinação. Nesta fase, são definidas/ajustadas as dimensões das superfícies assim como o acabamento indicado para haver uma boa funcionalidade do material. A maquinação normalmente é realizada através da retificação.

No fim destes procedimentos, as peças são colocadas na zona da expedição. Antes de serem embaladas, as peças passam por um controlo não destrutivo, que engloba uma observação superficial e verificação dimensional (perfilmetro, máquina tridimensional, paquímetro, micrómetro). Todavia, por vezes é necessário um controlo destrutivo, realizado através de provetes, podendo ser por metalografia, microdureza, macro-dureza e por ensaio de tensão/ adesão.

Em relação ao *layout* fabril da TEandM, o mesmo encontra-se exemplificado no ANEXO A, em que as setas a tracejado vermelho representam o fluxo das peças desde a recepção até à sua expedição. É importante referir que a área de recepção e expedição de peças contém três subáreas com estantes, uma para expedição, outra para as peças que estão para orçamentação ou aguardam a decisão do cliente e uma última para as peças que se encontram em execução, ou seja, serve para as peças aguardarem entre a fase de abertura de caixa e revestimento e também entre a fase de revestimento e retificação.

A área de maquinação é composta por quatro tornos, cinco retificadoras e ainda uma fresadora. Nesta área são realizadas as operações de abertura de caixa para preparação da superfície da peça para posterior revestimento, e ainda de retificação e polimento das peças após o revestimento da superfície das peças. Trabalham nesta área dois colaboradores.

Na área de projeção térmica operam três colaboradores e é composta por duas cabines de projeção, uma cabine de decapagem para peças de grandes dimensões, uma decapadora manual, uma decapadora automática e duas decapadoras móveis.

3. FILOSOFIA LEAN

Com a crise económica que Portugal atravessa e a crescente necessidade das empresas em se manterem competitivas num mercado global exigente, surge a preocupação das mesmas em fatores como a eficiência e a produtividade. Esta preocupação leva as empresas a debruçarem-se sobre a melhoria contínua pois esta faz aumentar a produtividade, a capacidade competitiva e reforça a importância do pensamento Lean.

O termo Lean surge no Japão, pela mão de um executivo da Toyota, Taiichi Ohno, por volta do ano de 1940. Esta filosofia, inicialmente com o nome de Toyota Production System, foi concebida com o desejo de se produzir num fluxo contínuo sem depender de longos ciclos de produção para ser eficiente e com a consciência que no tempo total de processamento de um produto, só uma pequena parte acrescenta valor para o cliente (Melton, 2005). Assim, é necessário definir no processo produtivo quais são as actividades que acrescentam valor e aquelas que levam a um desperdício de tempo e recursos. Segundo Melton, 2005 citando Womack e Jones (1996), o pensamento Lean ajudou-nos a compreender melhor os conceitos de valor e de desperdício.

DESPERDÍCIO

Em relação ao desperdício, os Japoneses chamam-lhe ‘Muda’, existem sete principais tipos tal como se descreve na Tabela 1. Numa fase inicial o desperdício é facilmente identificado e eliminado em todos os processos produtivos o que se traduz em grandes poupanças mas com o melhoramento contínuo dos processos produtivos, a redução de desperdício torna-se mais gradual no processo de eliminação total do desperdício.

Tabela 1. Descrição dos sete tipos de desperdício. (Adaptado de Melton,2005)

Sobreprodução	Este tipo de desperdício está associado à produção de um produto que tem como destinatário nenhum consumidor específico (o produto vai ficar a aguardar na fábrica até ser necessário) ou até mesmo o desenvolvimento de um produto, processo produtivo que não acrescenta nenhum valor ao produto final.
Espera	Representa o tempo que um trabalhador, equipamento ou produto espera para ser processado. Este tempo não acrescenta nenhum valor para o consumidor, ou seja, ao produto final.
Transporte	Congrega todas as movimentações realizadas para os vários locais internamente. É uma atividade que não agrega valor por isso deve ser minimizada. Quando são realizadas alterações de <i>layout</i> consegue-se uma redução das perdas deste tipo de desperdício.
Inventário	Está associado ao armazenamento de produtos inacabados e ou produtos acabados, matéria-prima o que leva a elevados custos monetários. Com a eliminação desta perda, conseguimos expor outros tipos de desperdício que estavam encobertos pela existência de inventário.
Processamento	São perdas ao longo do processo produtivo devido exclusivamente ao menor desempenho dos equipamentos causada por avarias de máquinas. Este desperdício inclui também as perdas causadas pela rejeição de algum material que ainda poderia ser utilizado para a produção.
Movimentação	Aqui são considerados todos os excessos de movimentações realizados pelos trabalhadores dentro da área de trabalho o que leva a que não acompanhem o processo produtivo. É ainda considerado neste tipo de desperdício todas as excessivas movimentações de informação, dados e decisões.
Defeitos	Neste campo são considerados todos os erros durante o processo produtivo que leva à fabricação de produtos não conformes, obrigando a que haja um trabalho adicional ou um re-work.

VALOR

Para que uma organização perdure é necessário que ao longo do tempo crie valor para todos os *stakeholders* e que seja percebido pelos mesmos. Assim, este valor gerado pela empresa leva a uma satisfação de todos os envolvidos desde clientes, colaboradores e accionistas. Por fim, a organização deve concentrar-se nos interesses e necessidades específicas de cada uma das partes envolvidas procurando sempre a eliminação de todo o desperdício.

Para dotar as empresas de capacidade para responder às exigências do mercado, a filosofia Lean apresenta um conjunto de ferramentas e metodologias. Algumas das mais comuns são as seguintes:

- **Single Minute Exchange of Die, SMED** – É uma técnica com o objetivo de reduzir o tempo de troca de uma ferramenta (*changeover*) e utiliza métodos tais como: a conversão de actividades internas em externas (realização de actividades enquanto a máquina está a trabalhar), simplificar as operações internas, eliminar actividades desnecessárias e criar instruções de trabalho padronizadas; (Lean Production)
- **Total Productive Maintenance, TPM** – Foca-se em capacitar o operador da máquina em realizar a manutenção básica do equipamento que opera. Consiste assim numa abordagem de manutenção preventiva para maximizar o tempo operacional do equipamento/máquina; (Lean Production)
- **Kanban** – É um método para regular o fluxo de materiais e ou produtos dentro da fábrica e clientes e fornecedores externos. Baseia-se em etiquetas que indicam a quantidade e o tipo de produto/material necessário no posto de trabalho; (Lean Production)
- **Poke yoke** – Consiste num sistema que elimina todas as causas potenciadoras de erro, ou seja, são sistemas anti-erro; (Lean Production)
- **5S's.**

Esta filosofia tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios existentes, o que leva a um direto aumento da produtividade e eficiência. Para uma correta implementação da filosofia é necessário compreender na perfeição todo o sistema produtivo para assim conseguir perspectivar possíveis melhorias. É ainda importante referir que o Lean pode ser implementado em qualquer tipo de indústria e é considerado uma arma estratégica num mercado competitivo como aquele que se vive nos dias de hoje.

Em seguida procederei à descrição detalhada da metodologia aplicada na empresa, neste caso a técnica 5S.

3.1. Metodologia 5S

A metodologia 5S é uma técnica de melhoria contínua que surgiu no Japão na década de 50, desenvolvida por Kaoru Ishikawa e o seu significado provém de cinco expressões japonesas. Esta técnica visa promover a organização dos postos e áreas de trabalho sempre com o objetivo de aumentar a produtividade, a segurança, a satisfação dos colaboradores e a redução de desperdícios de material. Caracteriza-se por ser uma ferramenta com conceitos simples mas difícil de manter e respeitá-los ao longo do tempo na empresa, estando o sucesso da aplicação desta metodologia dependente do empenho e compromisso dos colaboradores com a mesma.

Assim, pretende-se que o comportamento e hábitos de trabalho se alterem e se respeite a máxima desta ferramenta: tudo deve estar arrumado num local adequado, funcional e limpo. Gupta & Jain, 2013 refere que a metodologia 5S é a ferramenta básica de partida para tornar as empresas limpas e padronizadas.



Figura 3.1. Ilustração da metodologia 5S.

1ºS – SEIRI

Nesta primeira etapa, deve-se separar tudo o que é necessário do desnecessário, ou seja, eliminação dos materiais ou ferramentas desnecessárias. A seleção faz-se com base na utilização dos itens e consequente importância destes na área de trabalho, de modo a que os de maior uso sejam mantidos no local de trabalho ou próximo deste e os de menor uso sejam retirados da área de trabalho, ou seja, tendo em conta uma utilização racional.

O objetivo nesta etapa passa por colocar no local de trabalho todos os itens essenciais para que as deslocações possíveis sejam mínimas.

Os benefícios da seleção são os seguintes: redução da perda de tempo na procura de ferramentas e documentos, eliminação do excesso de materiais e ferramentas na área de trabalho e ainda uma utilização funcional do local de trabalho.

2ºS – SEITON

No 2ºS, a Organização, deve-se procurar colocar todo o material do local de trabalho de uma forma organizada, bem acessível e ainda identificada para que seja reconhecida facilmente por qualquer colaborador, ou seja, deve-se definir áreas para a colocação dos materiais (marcação de áreas no chão-de-fábrica), identificação de cada ferramenta, peça, acessório ou até mesmo documentos. Todos os materiais devem ser

colocados próximo do local onde vão ser utilizados para que os movimentos e esforços dos colaboradores sejam mínimos.

Os benefícios deste senso passam pela rapidez e facilidade na procura de objectos e ou documentos, redução do tempo de processamento através de um melhor *layout* da área de trabalho, uma melhor visualização da área de trabalho, o que pode traduzir-se num melhor fluxo de pessoas e materiais na área de trabalho.

3ºS – SEISO

Neste senso, o da Limpeza, pretende-se que cada trabalhador proceda à limpeza do seu local de trabalho, dos equipamentos bem como da área envolvente para assim poder-se identificar possíveis causas de sujidade e no futuro serem eliminadas. São realizadas limpezas regulares para manter tudo limpo, arrumado e também para não deixar acumular possíveis fontes de sujidade, criando assim desarrumação e confusão. Deve-se criar zonas visíveis para depositar o lixo.

Com este senso, o objetivo passa por preservar um ambiente de trabalho limpo, arrumado e agradável para os seus utilizadores. Os benefícios desta etapa passam pela higiene dos postos e áreas de trabalho, satisfação de quem trabalha nesses espaços, eliminação de potenciais causas de sujidade, desperdício e ainda a conservação de todos os itens, desde equipamentos a ferramentas passando até pelas bancadas de trabalho.

4ºS – SEIKTSU

Nesta fase, na Standarização, deve-se implementar, normalizar todos os 3S's anteriores estabelecendo para isso métodos de trabalho tais como planos e programas de ação (diária, semanal, mensal). Assim, para todos os movimentos frequentes deve existir um procedimento devidamente normalizado.

O objetivo deste senso passa pela criação de instruções, normas e planos de trabalho para que se consiga preservar e manter o controlo sobre os primeiros 3S's. Os principais benefícios da Standarização são um melhor ambiente e condições de trabalho, aumento da satisfação e motivação dos colaboradores no local de trabalho e por fim a padronização de operar no local de trabalho.

5ºS – SHITSUKE

No programa 5S, a etapa final é a Disciplina, em que se assume o compromisso de cumprimento das regras anteriormente estabelecidas, sempre com o pensamento em melhorá-las, ou seja, na melhoria contínua. Este compromisso tem de ser total e envolvente desde as chefias até aos colaboradores nos seus locais de trabalho, sendo estes últimos os principais agentes de mudança nos seus locais de trabalho e nos dos seus colegas.

O objetivo da Disciplina é que todos os colaboradores trabalhem de forma autónoma, fazendo do programa um modo de vida o que vai traduzir-se num aumento da produtividade, da segurança e da qualidade no local de trabalho, bem como nas relações interpessoais entre colaboradores.

3.2. Implementação da metodologia 5S

Durante a análise realizada aos processos na linha de revestimento por projeção térmica, um dos problemas observados foi o facto de os materiais, ferramentas e máquinas de apoio à projeção se situarem todos no mesmo local mas de uma forma desorganizada, desarrumada, ineficiente como se pode verificar na Figura 3.2.

Esta disposição levava a uma acumulação de ferramentas e materiais desnecessários na zona de projeção térmica, congestionamento para a passagem do porta-paletes para a entrada da cabine de decapagem e ainda perda de tempo na procura e movimentações de ferramentas/máquinas para se conseguir obter o material/ferramenta desejada, podendo atingir os quarenta e cinco minutos semanais nesta tarefa, o que se torna incomportável visto que é uma atividade que não acrescenta valor ao produto final.



Figura 3.2. Área dos equipamentos de apoio à projeção (Estado inicial).

Depois de analisado o problema, foi apresentada à empresa uma sugestão para a resolução do mesmo. Esta sugestão consistiu na aplicação da metodologia 5S naquela área de modo a eliminar os materiais, ferramentas e máquinas em excesso, criar um local devidamente definido, sinalizado, limpo e que se torne funcional para os trabalhadores. A escolha recaiu sobre a metodologia 5S devido à obtenção de resultados num curto espaço de tempo e também devido à facilidade de aprendizagem para os trabalhadores. Para esta tarefa procedeu-se à identificação dos materiais naquela zona, a sua relevância para os processos na área em redor e tendo em conta o número de utilizações diárias.

Em seguida, foi explicado aos trabalhadores a importância da correta utilização da metodologia que estava a ser aplicada e apesar de alguma resistência inicial, os trabalhadores mostraram-se colaborantes, contribuindo com ideias, opiniões para a disposição dos equipamentos e os materiais que seriam retirados da área.

3.2.1. Resultado da Implementação da metodologia 5S

Antes da implementação da metodologia 5S, a área em frente à cabine de decapagem encontrava-se como foi descrita na secção anterior (Implementação da metodologia 5S). Após a aplicação da metodologia na área referida anteriormente, verificou-se que as melhorias foram significativas, o que se traduziu em ganhos tais como:

- Melhor organização do espaço;
- Eliminação do material desnecessário;
- Criação de zonas de passagem para o porta-paletes ou peões;
- Boa visualização dos materiais de apoio à projecção;
- Eliminação do desperdício de **quarenta e cinco minutos semanais** só no manuseamento de materiais/paletes naquele espaço específico.

Para a contabilização do tempo de manuseamento dos materiais de apoio à projecção, utilizou-se um cronómetro. Constatou-se que cada operador despendia cerca de um minuto nesta operação e que efectuava em média três movimentações diárias. Tendo em conta que existem três operadores na zona de projecção térmica, o tempo semanal despendido no manuseamento de materiais de apoio à projecção chega aos quarenta e cinco minutos semanais.

Através da Figura 3.3 pode-se observar a área depois de aplicada a técnica de gestão visual sob a forma da metodologia 5S, o que permite fazer uma comparação entre a situação inicial e final da área envolvente à cabine de decapagem.

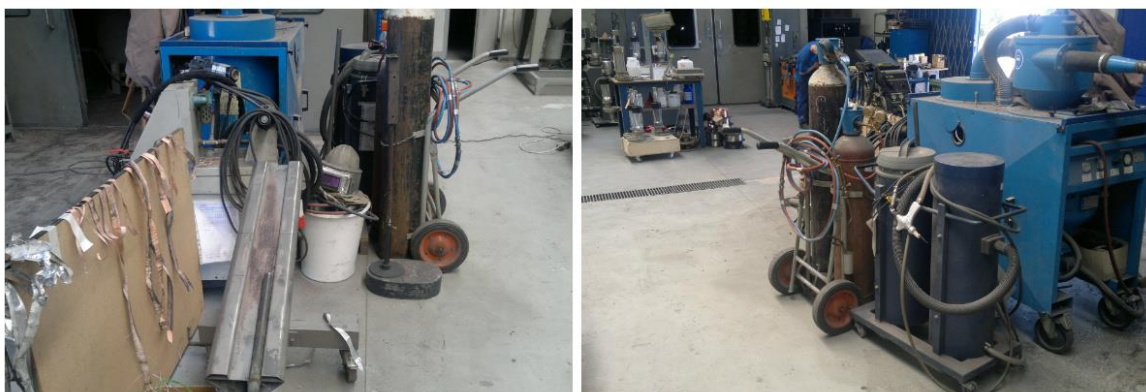


Figura 3.3. Área dos equipamentos de apoio à projecção (Estado Final).

4. PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO

Segundo Teixeira, 1999, o planeamento da produção pode ser definido como o processo de determinar antecipadamente o que deve ser feito e como fazê-lo.

Uma das tarefas do departamento de planeamento da produção passa pelo controlo das operações. Esta implica a monitorização do progresso das ordens de trabalho e por vezes acelerar ordens ou ajustar a capacidade do sistema para garantir que a programação de operações seja cumprida. (Chase, 1995)

Ao conceber-se um sistema de planeamento e controlo da produção, deve-se tomar medidas para um desempenho eficiente das seguintes funções:

- Atribuição de ordens, equipamento e pessoal ao centro de trabalho, ou seja, o planeamento da capacidade a curto prazo;
- Determinação da sequência de realização das ordens de trabalho, isto é, definição de prioridades para as tarefas;
- Lançamento das ordens de trabalho;
- Controlo de produção, ou seja, do processo produtivo;
- Revisão do programa à luz das alterações no estado das ordens.

Atualmente nos sistemas produtivos, as OT são enviadas para o chão-de-fábrica com as respectivas datas de entrega e plano de trabalho (informações acerca da sequência de produção, máquinas que irão ser utilizadas, os tempos de processamento, entre outros). As OT têm de ser realizadas nos postos de trabalho devidamente definidos e com a sequência prevista mas por vezes, o processamento da OT pode ser atrasado por vários motivos entre os quais, o posto de trabalho estar ocupado, a chegada de uma OT com maior prioridade ou urgência, avarias inesperadas de máquinas ou o tempo de processamento ser maior do que o previsto.

Segundo Muda & Hendry, 2002, as pequenas empresas preferem soluções simples para os seus problemas de controlo da produção, não exigindo mais do que uma folha de cálculo.

Na próxima seção abordaremos o sequenciamento da produção, parte muito bastante importante do planeamento da produção.

4.1. Sequenciamento da Produção

O sequenciamento da produção consiste na atribuição de ordens a um determinado posto de trabalho ou máquina de modo a atingir um determinado objetivo, sendo necessária a definição de prioridades para as tarefas e assim determinar a sequência de realização das ordens de trabalho. É ainda necessário satisfazer as restrições que possam existir num determinado centro de trabalho ou máquina.

Cada objetivo traçado pela empresa está associado a uma medida de desempenho, que está intimamente ligada a um ou mais indicadores de desempenho. Os indicadores de desempenho servem para medir a eficácia da tomada de decisão e alguns dos mais utilizados são os seguintes:

- Tempo de fluxo (*makespan*) – tempo total necessário para processar todas as ordens de fabrico;
- Número de ordens atrasadas – quantidade de ordens de trabalho concluídas após a data de entrega;
- Atraso médio;
- Atraso máximo.

A forma como os processos produtivos são organizados depende em grande parte do tipo de produto que a empresa produz, os equipamentos e tecnologia envolvidos na sua produção e ainda do volume de produção. Sendo assim os modelos de sequenciamento podem ser divididos nas seguintes categorias:

- Máquina única;
- “Flow Shop”;
- Máquinas Paralelas;
- Job-shop;

4.1.1. Máquina Única

Este modelo caracteriza-se por todas as ordens de trabalho serem processadas por um único equipamento ou estação de trabalho.

4.1.2. “Flow Shop”

Com este modelo, todas as ordens de trabalho seguem um fluxo contínuo, ou seja, todas as ordens seguem o mesmo percurso sendo processadas sequencialmente em vários equipamentos ou estações de trabalho. Assim sendo, todas as ordens de trabalho têm a mesma sequência de processamento.

Caracteriza-se por ter uma flexibilidade reduzida porque se encontra totalmente adaptado ao produto e qualquer alteração provoca um impacto negativo na linha de produção.

4.1.3. Máquinas Paralelas

Neste caso, para o processamento de uma ordem de trabalho existe um conjunto de máquinas, podendo ser idênticas ou não e a ordem de trabalho pode ser processada em qualquer uma delas.

4.1.4. Job-shop

Neste modelo de sequenciamento existe um conjunto de equipamentos ou postos de trabalho e uma ordem de trabalho pode necessitar de ser processada em todos os postos de trabalho ou só em alguns. Assim, a trajetória efetuada depende do tipo de produto e das operações que o mesmo necessita para o seu processamento.

Na próxima seção abordaremos a definição de regras de prioridade para a atribuição de tarefas às máquinas e ou centros de trabalho.

4.2. Regras de Prioridade

Uma regra de prioridade pode ser considerada uma regra que estabelece a prioridade com que as OT que estão em lista de espera serão processadas nas respectivas máquinas ou centros de trabalho. As regras de prioridade podem ser bastante simples, requerendo apenas que sejam ordenadas de acordo com parte dos dados, por exemplo o tempo de processamento ou a data de entrega (Chase, 1995). No entanto, algumas regras apesar de serem igualmente simples, exigem mais informação para obtermos a sequência de operações pretendida. Algumas das regras mais comuns e usadas no planeamento da produção iremos descrevê-las nos próximos parágrafos.

4.2.1. *Earliest Due Date*

Esta primeira regra, EDD *Earliest Due Date*, tem por base a data de entrega de cada OT e consiste em ordenar todas as OT que estão em fila de espera, da data de entrega mais próxima para a mais distante. Assim, a primeira ordem a lançar para processamento é a que tem a data de entrega mais próxima, ou seja mais cedo.

No entanto, se alguma das ordens exceder a carga limite imposta por um determinado centro de trabalho, essa ordem não é lançada para o chão-de-fábrica e passa-se à ordem seguinte imposta por esta regra, mesmo que a sua data de entrega seja maior que a anterior.

É ainda importante referir que esta regra tende a minimizar o atraso máximo entre as OT que se encontram na fila de espera. No caso de ser máquina única, esta regra encontra o menor atraso máximo.

4.2.2. *Shortest Processing Time*

Esta regra, SPT *Shortest Processing Time*, ordena todas as OT que se encontram na fila de espera pelo seu tempo de processamento. Depois, a primeira OT a ser atribuída a uma máquina ou centro de trabalho, quando este se encontra livre, é a que tem o menor tempo de processamento.

4.2.3. First Come First Served

Com esta regra de prioridade, FCFS *First Come First Served*, a primeira ordem a ser processada é a primeira a chegar à máquina, centro de trabalho ou à fila de espera antes do início de todas as operações. Baseia-se no estilo do primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido.

4.2.4. Last Come First Served

Nesta regra de prioridade, LCFS *Last Come First Served*, a última ordem a chegar ao local de trabalho ou à fila de espera no início do processo produtivo, é a primeira a ser realizada. Esta é uma regra que acontece com bastante frequência num posto de trabalho onde não seja efetuada qualquer programação de produção, pois as ordens vão chegando ao posto de trabalho e o operador realiza sempre a última ordem que chegou ao posto.

4.2.5. Random

Quando se procede à afetação de uma ordem de trabalho a uma máquina ou posto de trabalho escolhe-se aleatoriamente uma OT de entre todas as que se encontram na fila de espera. Normalmente o operador ou a pessoa responsável pelo sequenciamento da produção escolhe o trabalho que lhe dá mais prazer fazer.

Com esta regra não existe nenhum objectivo em otimizar qualquer medida de desempenho.

4.3. Análise e Proposta de um Método de Sequenciamento

O sistema produtivo da TEandM assemelha-se a um sistema “Flow-shop”, já que as operações para as várias peças são sempre idênticas (abertura de caixa, isolamento, decapagem, revestimento e retificação) e seguindo a mesma sequência de trabalho.

Na realização da análise às operações na linha de revestimento por *Thermal Spraying*, foi observado que na zona de projeção térmica o fluxo de trabalho era baixo, bem como as taxas de ocupação das duas cabines de projeção térmica, como se pode verificar na Tabela 2.

Tabela 2. Taxas de Ocupação das Cabines de Projeção Térmica

	Ano 2013	Ano 2014
Cabine 1	14.3%	23.1%
Cabine 2	11.6%	29.1%

As taxas de ocupação que se verificam na Tabela 2 são relativamente baixas devido a vários fatores tais como: a realização de tarefas de preparação pelos operadores das cabines, a introdução das peças na cabine ser uma operação demorada devido ao tamanho e configuração das mesmas e por fim devido à programação *online* dos robots de manipulação das tochas de revestimento realizada para todas as peças pelos operadores das cabines.

Procedeu-se então à procura da causa para os problemas referidos anteriormente na zona de projeção térmica pois na área de maquinação o fluxo de trabalho é bastante superior, fazendo com que as peças aguardem bastante tempo na estante de execução para posterior preparação e revestimento.

Fez-se uma análise profunda à zona de projeção térmica, tendo-se constatado que o posto de trabalho de isolamento das peças e posterior decapagem não estava a seguir uma sequência de trabalho correta pois o trabalho que realizava não considerava as peças que iriam ser revestidas em seguida. Assim, as peças que iriam ser revestidas não estavam

isoladas e decapadas, obrigando o operador da cabine de projeção a mantê-la parada e ir executar todo o trabalho de preparação (isolamento e decapagem).

É ainda importante referir que este problema não acontecia com todas as peças que estavam para revestimento mas constatou-se ser um problema bastante comum. Assim sendo, durante duas semanas procedeu-se à contagem de tempo de paragem das cabines de projeção devido ao problema descrito. Nesta contagem só foram efetivamente contabilizados os tempos em que a cabine estava parada, ou seja, sem estar a revestir e com o seu operador a efetuar tarefas de preparação. Os tempos desta amostragem de duas semanas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Tempo de Paragem das Cabines de Projeção.

Período	Tempo de Paragem
23/03/2015 até 27/03/2015	4 horas e 6 minutos
06/04/2015 até 10/04/2015	4 horas e 25 minutos

Através da visualização da tabela em cima podemos concluir que o tempo perdido dos operadores das cabines em atividades de preparação representa entre 10% a 11% do tempo semanal de trabalho (quarenta horas semanais de trabalho), sendo estes valores elevados já que existe na linha de revestimento por projeção térmica um posto que se dedica exclusivamente às operações de preparação das peças para revestimento.

Com objetivo de quantificar o peso das operações preparação (isolamento e decapagem) numa PLT procedeu-se à decomposição dos tempos de produção de cada uma das operações de uma amostra de três PLT.

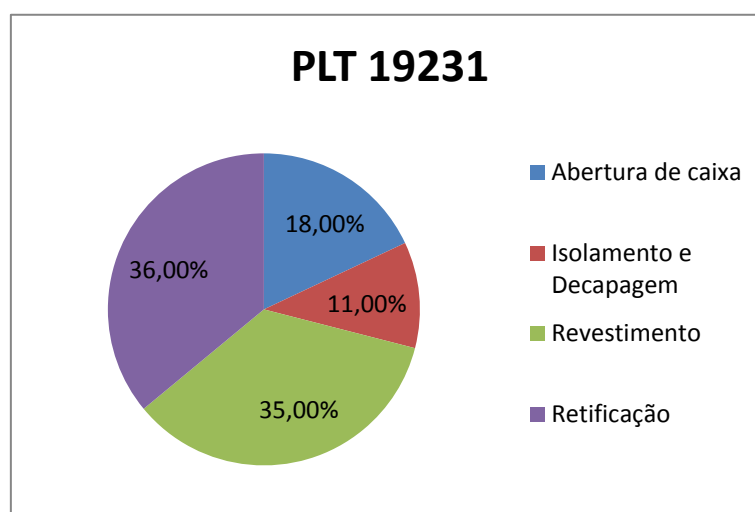


Figura 4.1. Percentagem dos tempos das várias operações da Obra 19231.

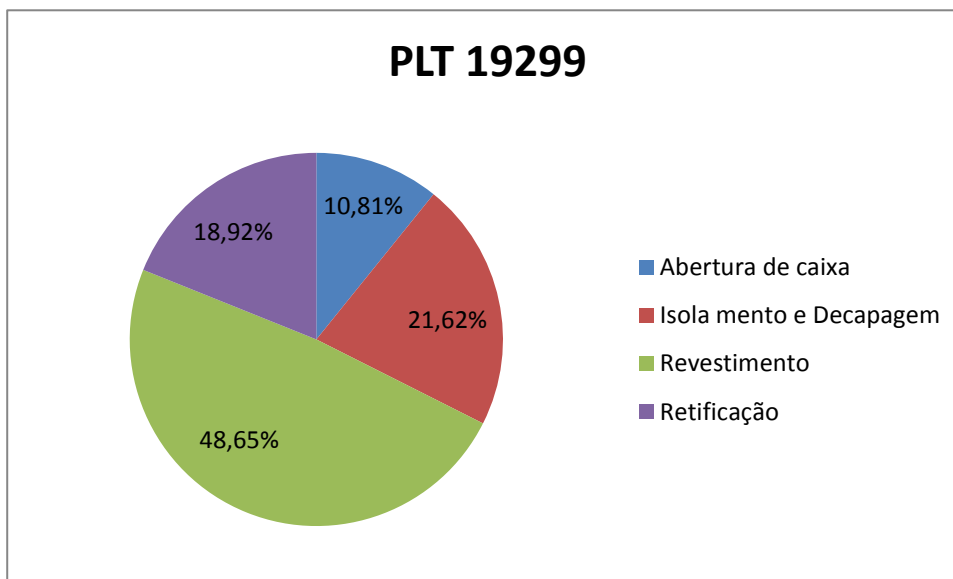


Figura 4.2. Percentagem dos tempos das várias operações da Obra 19299.

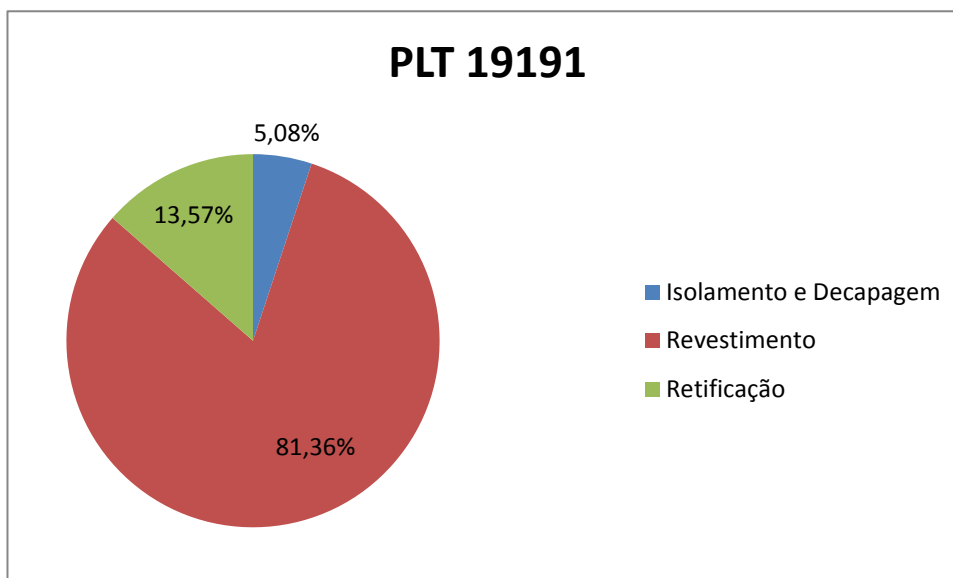


Figura 4.3. Percentagem dos tempos das várias operações da Obra 19191.

Através das figuras anteriores podemos observar que o peso das operações de isolamento e decapagem é variável, indo desde os 5% até aos 20%, o que representa valores consideráveis, fazendo com que as perdas produtivas sejam significativas e se traduzam numas taxas de ocupação das cabines de projeção baixas como vimos anteriormente.

Para propor uma solução para resolução do problema encontrado foi questionada a empresa, mais propriamente o Diretor de Produção, sobre qual o critério em que se baseava e que considerava ser mais relevante para proceder ao sequenciamento. A resposta foi que a maioria das vezes era pela data de entrega, urgências, clientes prioritários e por vezes o tipo de tecnologia utilizada.

Assim, na idealização da solução optou-se por seguir a regra de prioridade EDD por forma a reduzir a quantidade de entregas de obras depois de terminado o prazo de entrega (atrasos na entrega). A escolha desta regra de prioridade deveu-se à especial atenção que a empresa dá aos seus clientes, ao tipo de indústria e produção onde a empresa atua e por no entender da gestão a data de entrega e o seu cumprimento ser um dos aspetos mais importante.

Na solução proposta, todos os postos de trabalho, ou seja, maquinação (abertura de caixa e retificação), isolamento de superfícies, decapagem e por fim o revestimento seguem a regra escolhida, EDD. Numa fase inicial, recorre-se aos diagramas de gantt para planear as tarefas de cada posto de trabalho, ou seja a carga de trabalho para cada posto. Um exemplo de diagrama de gantt encontra-se no ANEXO B para a PLT 19684 com as várias operações a que foi sujeita e a duração das mesmas.

Apesar de a empresa ter concordado na presença deste problema e na resolução apresentada, ainda não foi implementada a solução proposta. Assim, não se encontram resultados disponíveis para se apresentar mas prevê-se que as taxas de ocupação das cabines de projeção aumentem cerca de 7 a 8% só com a implementação da solução proposta. A empresa reconhece a importância da sua implementação no curto prazo.

5. OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Ao longo do estágio, foram sendo desenvolvidas outras atividades para além das enunciadas nos capítulos anteriores. O propósito destas atividades foi de corrigir lacunas existentes na empresa e outros problemas que surgiram entretanto.

Requisição de Matéria-Prima

Durante o estágio na empresa, verifiquei que quando era necessário encomendar matéria-prima, os trabalhadores assinalavam isso em pequenos pedaços de papel de uma folha, podendo ser pautada, lisa ou até mesmo quadriculada, ou seja, sem qualquer uniformização, nem identificação. Logo, torna-se difícil para a pessoa que recepciona o pedido não perder a folha ou até mesmo lembra-se de pedir o material em falta.

Para corrigir este problema foi proposto à empresa um modelo de folha de requisição de material tal como se exemplifica no ANEXO C, colocada num local próximo da área de trabalho dos operadores. Foi também proposto a mudança da responsabilidade de encomenda de matéria-prima, passando do Diretor de Produção para os Serviços de Apoio devido à sobrecarga de trabalho a que o Diretor de Produção está sujeito.

Mudança do sistema de armazenamento de Matéria-prima

Na área de projeção térmica junto à cabine de decapagem na parte lateral situa-se o armazenamento de matéria-prima, neste caso, os sacos de *coríndon*. Para armazenar este material recorria-se a um pequeno contentor de metal, Figura 5.1, onde os sacos eram depositados sem qualquer identificação, rigor, ou seja, diferentes sacos com diferentes granulometrias de *coríndon* eram misturados tornando-se difícil para o operador identificar o tipo de *coríndon* que desejava e também para realizar o controlo de stock desta matéria-prima. Na operação de recolha de um saco para utilizar na decapadora, o tempo de procura, identificação e abertura do mesmo chegava a demorar **dois minutos**, o que se tornava inviável na linha de projecção térmica.



Figura 5.1. Modo de armazenamento dos sacos de *coríndon* (Situação Inicial).

Para resolver este problema foi feita a sugestão à empresa para alterar o sistema de armazenamento, passando de um pequeno contentor para uma estante de armazenamento com as seguintes dimensões Altura = 2438mm, Comprimento = 1841mm e Largura = 468mm. Optou-se pela estante de armazenamento devido à capacidade de carga das suas prateleiras, cada uma possui até 400 Kg de capacidade de carga, e também pela uniformização deste sistema com os restantes já existentes na empresa. Procedeu-se ainda à correta identificação do local da estante para onde foram colocados todos os materiais e o resultado da alteração do modo de armazenamento pode ser visualizado na Figura 5.2. Com esta alteração o operador passou a demorar cerca de **quarenta e cinco segundos** para identificar, escolher e abrir o saco de *coríndon* que deseja, ou seja, traduziu-se numa redução de tempo de 62,5% nesta tarefa.



Figura 5.2. Modo de armazenamento dos sacos de coríndon (Situação Final).

Alteração da posição de um equipamento de suporte

Devido à instalação de uma nova máquina de grandes dimensões entre a área de maquinação e área de projecção térmica, a mesa de soldadura, que serve de apoio à projecção térmica para a construção de suportes para o processo de revestimento, ficava muito próxima do quadro eléctrico da nova máquina. Assim, por uma questão de segurança e funcionalidade para os trabalhadores, foi necessário encontrar um novo local para esta mesa.

Sendo assim, foi proposto à empresa um novo local para esta mesa. A definição do novo local para a mesa teve em conta a proximidade com as cabines de projecção e mesas de trabalho dos operadores para que estes não tivessem que se deslocar em demasia para utilizar a mesa. Optou-se então por mantê-la na área de projecção térmica mas junto da cabine de decapagem, encostada à parede, pois é essencial ter acesso à exaustão, devido à formação de fumos quando se realizam pequenas soldas ou quando é necessário rebarbar alguma peça, e ainda estar próximo de uma tomada eléctrica.

No ANEXO D, pode-se visualizar o *layout* da unidade fabril da TEandM depois de efectuada a mudança da mesa de soldadura e já com a definição da área para os equipamentos resultante da implementação da metodologia 5S, descrita no capítulo Resultado da Implementação da metodologia 5S.

6. CONCLUSÃO

Tal como foi referido anteriormente, esta dissertação incide sobre a análise das operações de revestimento na linha de revestimento por projeção térmica (PT) e implementação de soluções, sendo este o objetivo inicial e motivo de elaboração do presente relatório.

Para cumprimento do objetivo inicialmente proposto foi necessária uma análise detalhada às atividades decorrentes da aplicação de revestimento por PT, e para isso observaram-se os procedimentos realizados pelos operadores ao longo do dia de trabalho. Através da observação conseguiu-se identificar os principais problemas da linha de revestimento por PT. O primeiro problema passava pela desorganização e desarrumação de materiais e ferramentas de apoio à projeção na área envolvente à cabine de decapagem, que se localiza na zona de projeção térmica. Para a análise deste problema utilizou-se uma ferramenta Lean, mais propriamente a metodologia 5S. A implementação correu bem, sendo o seu resultado positivo, tal como é demonstrado ao longo da subsecção 3.2.1.

Outro problema encontrado durante a análise realizada foi o baixo fluxo de trabalho na zona de PT, o que se traduz em baixas taxas de ocupação das cabines de projeção. Para este problema contribuem vários fatores mas a análise realizada recaiu sobre o fato de o sequenciamento nos vários postos de trabalho não ser uniforme o que leva a uma perda de 10% do tempo semanal de trabalho. Assim, idealizou-se uma solução de sequenciamento baseada na regra EDD para corrigir este problema. A solução foi aceite mas não foi implementada em tempo útil, referindo a empresa a importância da sua implementação no curto prazo.

Assim, considera-se que o objetivo principal foi alcançado e permite à empresa ter uma visão detalhada das suas operações na linha de revestimento por projeção térmica.

6.1. Trabalho Futuro

Em relação a sugestões de trabalho futuro a realizar na empresa, seria importante alargar a implementação da metodologia 5S a outras áreas da empresa. Assim, conseguia-se identificar atividades que geram desperdício e valor, simplificava alguns processos e melhorava a produtividade e eficiência.

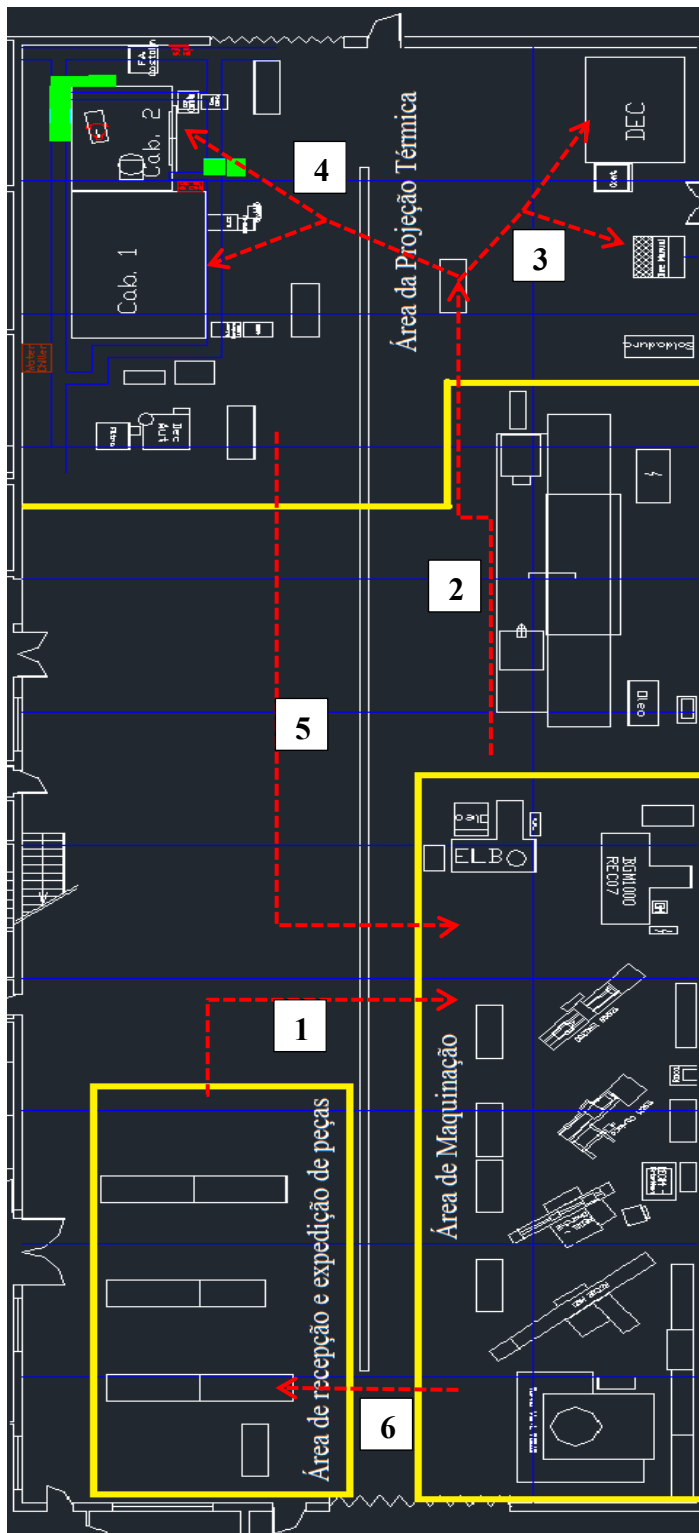
Seria também importante, iniciar a implementação da solução proposta para o problema de sequenciamento de modo a eliminar as perdas produtivas existentes e aumentar as taxas de ocupação das cabines de projeção. Ainda sobre as baixas taxas de ocupação das cabines de projeção, no futuro a empresa deve concentrar-se em eliminar as causas que provocam este problema ou então na impossibilidade de eliminar, tentar reduzi-las para valores mínimos. Uma das medidas que podem vir a ser equacionadas é a passagem da programação *online* dos robots para uma programação *offline*, ou na impossibilidade de isso acontecer, desenvolver medidas para evitar reprogramar os robots sempre que entra uma peça na cabine para revestimento.

Por fim, estas sugestões podem e devem ser adotadas pela TEandM de modo a simplificar e agilizar os seus processos produtivos e manter-se competitiva num mercado global exigente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bunshah, R. F. (2001). *Handbook of Hard Coating*. EUA: Noyes Publications.
- Chase, R. (1995). *Gestão da Produção e das operações: perspectiva do ciclo de vida*. Lisboa: Monitor.
- Costa, J. (2009). Gestão 5S. *GEPRIX*, 1-12.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, pp. 241-249.
- Lean Production*. (s.d.). Obtido em Junho de 2015, de <http://www.leanproduction.com>
- Lingareddy, H., Reddy, G. S., & Jagadeshwar, K. (2013). 5S as a tool and strategy for improvising the workplace. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 28-30.
- Lyons, A. C., Vidamour, K., Jain, R., & Sutherland, M. (2013). Developing an understanding of lean thinking in process industries. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, pp. 475-494.
- Melton, T. (Junho de 2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, pp. 662–673.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2013). A framework for lean manufacturing implementation. *Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal*, pp. 44-64.
- Muda, S., & Hendry, L. (2002). Developing a new world class model for small and medium sized make-to-order companies. *International Journal of Production Economics*, 295-310.
- Oerlikon*. (s.d.). Obtido em 27 de Abril de 2015, de <http://www.oerlikon.com>
- Tecnologia e Engenharia dos Materiais, S.A.* (s.d.). Obtido em Fevereiro de 2015, de <http://www.teandm.pt>
- Teixeira, S. (1999). *Gestão das Organizações*. McGRAW-HILL.
- Thermocermet*. (s.d.). Obtido em 28 de Abril de 2015, de <http://www.thermocermet.com>

ANEXO A



1 – As peças seguem da estante de execução para a área de maquinação, para se realizar a operação de abertura de caixa num dos tornos existentes.

2 – Depois da operação de abertura de caixa, as peças deslocam-se até à zona de projeção térmica, mais propriamente o posto de preparação ao revestimento, onde se realiza o isolamento de superfícies que não serão revestidas.

3 – A seguir ao isolamento, realiza-se a decapagem e para esse efeito é utilizado uma das duas cabines de decapagem, tendo em conta a dimensão das peças. Pode ainda se utilizar as decapadoras móveis se for necessário.

4 – Quando a decapagem está terminada segue-se o revestimento. Este pode ser realizado numa das duas cabines de projeção existentes. A escolha por uma das duas cabines deve-se ao tipo de tecnologia que se irá aplicar no revestimento das peças.

5 – Depois de terminado o revestimento, as peças saem da zona de projeção térmica e voltam para a área de maquinação para a operação de retificação, usando-se uma das várias retificadoras existentes.

6 – Por fim, as peças no final da retificação deslocam-se para a estante de expedição para posterior embalagem e expedição para o cliente.

ANEXO C



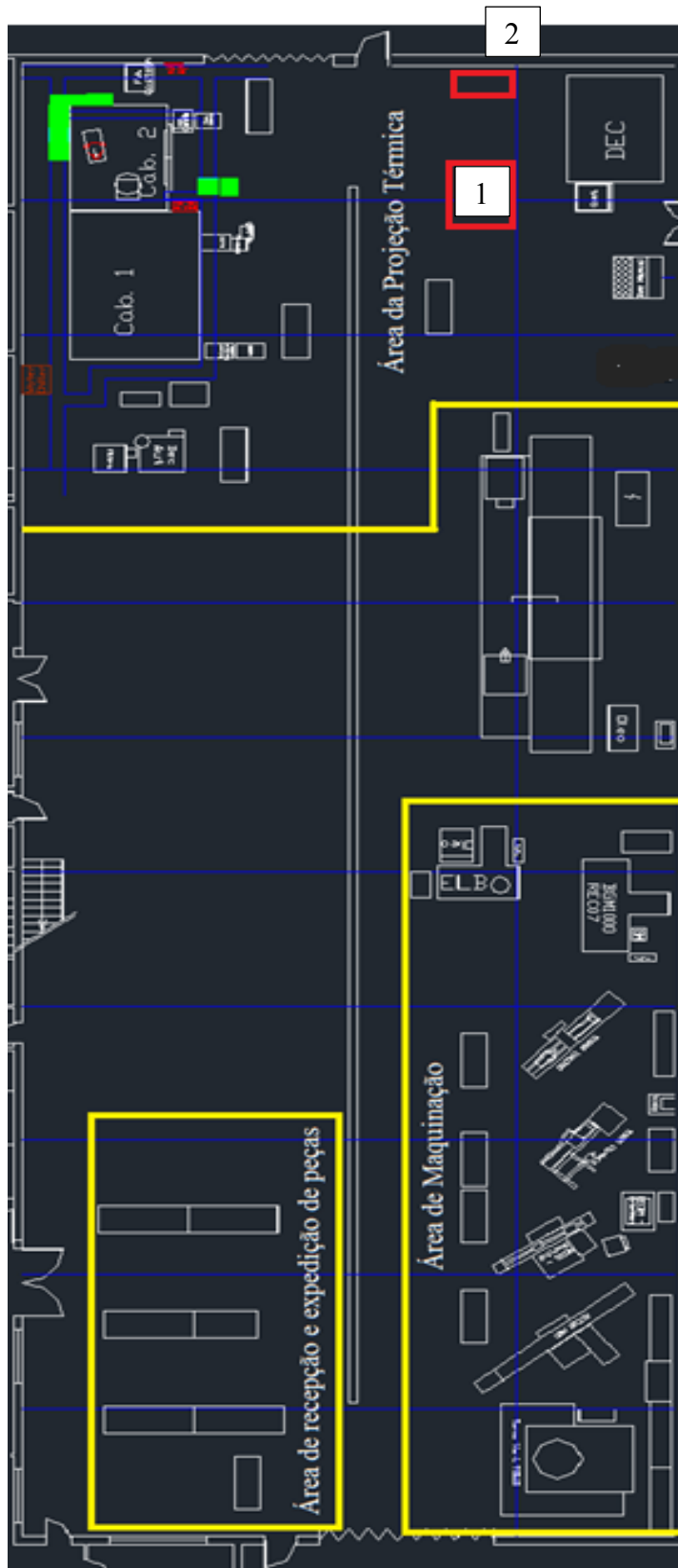
FOLHA DE REQUISIÇÃO DE MATERIAL

TIPO DE MATERIAL	QUANTIDADE

OPERADOR:

DATA:

ANEXO D



1 – Área onde se encontram organizados os equipamentos de apoio à projeção e se implementou a metodologia 5S.

2 – Nova localização da mesa de soldadura para construção de apoios para a projeção térmica.