



Melhoria de Processos utilizando metodologias

Lean e estudo do Layout Industrial

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

João Pedro Santana Ribeiro

Leiria, março de 2023



Melhoria de Processos utilizando metodologias

Lean e estudo do Layout Industrial

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

João Pedro Santana Ribeiro

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação do Professor Doutor Joel Oliveira Correia Vasco.

Leiria, março de 2023

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, no ano letivo 2022/2023, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

*À minha família e namorada, por todo o apoio,
amor e compreensão, ao longo de todos os
momentos da minha vida.*

Agradecimentos

Esta secção serve para expressar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas e entidades que, de forma direta ou indireta, estiveram ligadas ao desenvolvimento deste projeto.

Em primeiro lugar pretendo expressar o meu agradecimento à ESTG por, durante todo o meu percurso no ensino superior, me ter disponibilizado todos os recursos para que conseguisse crescer e aprender diariamente.

À LSI Stone por toda a ajuda para desenvolver o trabalho neste relatório apresentado.

Ao meu orientador científico, Professor Doutor Joel Vasco, pela sua disponibilidade, orientação e também pelas suas sugestões apresentadas.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e me motivaram a continuar a minha formação académica e que me forneceram sempre tudo para que o conseguisse fazer da melhor forma possível.

À minha namorada pelo apoio incondicional mesmo nos momentos mais difíceis.

Resumo

Nos dias de hoje, em que existe uma globalização cada vez maior da economia, e em que se vê um crescimento tecnológico diário e por sua vez uma também superior competitividade dos mercados, é fundamental que dentro das fábricas exista uma otimização muito grande de todos os processos, por forma a eliminar o máximo de desperdícios possível e assim reduzir custos.

Este projeto foi elaborado no âmbito da unidade curricular de projeto, e foi realizado numa empresa de transformação de rochas ornamentais. O estudo em causa teve como objetivo a aplicação de metodologias Lean por forma a conseguir otimizar alguns processos, eliminar desperdícios e aumentar a capacidade de resposta aos pedidos dos clientes. Para além deste objetivo, foi também elaborado um estudo ao *Layout* Industrial instalado na empresa, sendo que para isso foi definido o caminho que cada tipologia de produto faz no chão de fábrica para de seguida, tendo em conta a percentagem que cada tipologia tem em cada produto, tentar chegar ao *Layout* mais próximo do ideal para a empresa.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, *Layout* Industrial, Rochas Ornamentais, Diagrama de Esparguete, SMED.

Abstract

These days, when there is an ever-increasing globalization of the economy, and where one sees daily technological growth and, in turn, a higher competitiveness of the markets, it is fundamental that within the factories there is a very great optimization of all processes, in order to eliminate as much waste as possible and thus reduce costs.

This project was developed within the scope of the project curricular unit, and was carried out in a dimension stone transformation company. The study in question aimed to apply Lean methodologies in order to optimize some processes, eliminate waste and increase responsiveness to customer requests. In addition to this objective, a study was also carried out on the Industrial Layout installed in the company, and for this purpose the path that each type of product takes on the factory floor and then onwards was defined, taking into account the percentage that each type has in each product, try to arrive at the ideal Layout for the company.

Keywords: Lean Manufacturing, Industrial Layout, Ornamental Stones, Spaghetti Diagram, SMED.

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Lista de Figuras	xi
Lista de tabelas	xiv
Lista de siglas e acrónimos	xv
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do Estudo	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Apresentação da Empresa	3
1.4. Estrutura do Projeto	7
2. Estado da Arte	9
2.1. Setor das Rochas Ornamentais	9
2.2. Processo Produtivo	12
2.2.1. Processo de Serragem.....	13
2.2.2. Processo de Polimento	14
2.2.3. Processo de corte	15
2.2.4. Processo de maquinação.....	15
2.2.5. Processo de acabamento manual	16
2.3. Metodologia <i>Lean</i>	16
2.3.1. Princípios.....	17
2.3.2. 3MU's.....	18
2.4. Ferramentas <i>Lean</i>	20

2.4.1.	Ciclo PDCA.....	20
2.4.2.	SMED.....	21
2.4.3.	Metodologia 5S.....	22
2.4.4.	Diagramas de fluxo e de esparguete.....	24
2.4.5.	<i>Standard Work</i>	25
2.4.6.	Kaizen.....	26
2.5.	<i>Layout Industrial</i>.....	27
2.5.1.	Tipos de <i>Layout Industrial</i>	28
3.	Metodologia.....	33
3.1.	Recursos Industriais.....	33
3.2.	Tipologia de Produtos.....	34
3.2.1.	Tipo 1 - Ladrilhos / Revestimentos simples em Calcário.....	36
3.2.2.	Tipo 2 - Ladrilhos / Revestimentos simples em Granito.....	38
3.2.3.	Tipo 3 - Fachada com sistema de fixação em Calcário.....	39
3.2.4.	Tipo 4 – Peças de finas espessuras com acabamentos manuais em Calcário..	40
3.2.5.	Tipo 5 - Peças maquinadas de grossas espessuras com acabamento manual..	41
3.2.6.	Tipo 6 - Revestimentos em Mármore.....	42
3.3.	Técnicas de recolha de dados.....	43
4.	Implementação da Metodologia.....	44
4.1.	Otimização do Processo de Embalamento.....	44
4.2.	Aplicação de metodologia SMED na secção de Maquinação CNC.....	47
4.3.	Implementação da Metodologia 5S na secção de CNC.....	54
4.4.	Aplicação de metodologia SMED na secção de Corte.....	58
4.5.	Estudo do <i>Layout Industrial</i>.....	61
4.5.1.	Diagramas de Esparguete por Tipologia de Produtos.....	63
4.5.2.	Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 1.....	64
4.5.3.	Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 2.....	65
4.5.4.	Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 3.....	66

4.5.5.	Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 4.....	67
4.5.6.	Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 5.....	68
4.5.7.	Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 6.....	69
4.6.	Proposta de melhoria do <i>Layout Industrial</i>	70
5.	Análise e Discussão de Resultados	75
6.	Conclusões.....	82
6.1.	Considerações finais.....	82
6.2.	Propostas de Trabalho Futuro	83
	Bibliografia ou Referências Bibliográficas	84
	Anexo 1	87

Lista de Figuras

Figura 1 – Logotipo LSI Stone.....	3
Figura 2 – Tipos de trabalho feitos na LSI Stone	4
Figura 3 – Diagrama produtivo da empresa LSI Stone	5
Figura 4 – Saldo nacional entre importações e exportações	9
Figura 5 – Exportação do sector das Rochas Ornamentais por mês e ano.....	10
Figura 6 – Exportação da Rocha Ornamental por País	11
Figura 7 - Exportação da Rocha Ornamental por Região.....	11
Figura 8 – Pedreira de calcário	12
Figura 9 – Sequência de Processos.....	13
Figura 10 - Engenho Multilâminas [11]	13
Figura 11 – Multifios [12]	14
Figura 12 - Polidora de Superfície [13]	14
Figura 13 - Máquina de ponte para cortar [14].....	15
Figura 14 - Máquina de Tapete para cortar [15].....	15
Figura 15 - Máquina CNC [16]	16
Figura 16 – 3MU’s	18
Figura 17 – Casa TPS	19
Figura 18 – Ciclo PDCA	20
Figura 19 – Metodologia SMED [30].....	22
Figura 20- Matriz utilidade.....	23
Figura 21 – Exemplo de Diagrama de Esparguete [37].....	25
Figura 22 – Relação entre Tipos de Produção e Tipos Básicos de <i>Layout</i> (Adaptado de [45]).....	28
Figura 23 – <i>Layout</i> por Posição Fixa.....	29
Figura 24 - <i>Layout</i> por Processo.....	29
Figura 25 - <i>Layout</i> por Célula	30
Figura 26 - <i>Layout</i> por Linha.....	31
Figura 27 - Ladrilho [49].....	37

Figura 28 – Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 1	37
Figura 29 – Ladrilho em granito [49].....	38
Figura 30 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 2	38
Figura 31 - Sistemas de Fixação de Furos e Kerfs [50] [51].....	39
Figura 32 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 3	39
Figura 33 – Degraus [49]	40
Figura 34 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 4	40
Figura 35 – Pedra de varanda [49]	41
Figura 36 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 5	42
Figura 37 – Revestimento em Mármore [49]	42
Figura 38 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 6	43
Figura 39 – Diagrama de Esparguete da secção embalagem – Antes	45
Figura 40 – Template da Folha Identificadora de Palete.....	46
Figura 41 - Diagrama de Esparguete da secção embalagem – Depois.....	47
Figura 42 – Representação Gráfica da montagem das peças de maquinaria noturna – Depois	51
Figura 43 – Representação gráfica da instalação das duas origens	53
Figura 44 – Resultados da Auditoria 5S Inicial	55
Figura 45 – Etiqueta <i>RED TAG</i>	56
Figura 46 - Resultados da Auditoria 5S Intermédia.....	57
Figura 47 – Mesa móvel para máquina de ponte.....	60
Figura 48 – <i>Layout</i> Industrial atual da Empresa.....	62
Figura 49 – Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 1	65
Figura 50 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 2	66
Figura 51 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 3	67
Figura 52 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 4.....	68
Figura 53 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 5	69
Figura 54 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 6.....	70
Figura 55 – Diagrama de Pareto referente à faturação em 2022	71
Figura 56 – Proposta de novo <i>Layout</i>	73
Figura 57 – Novos diagramas de esparguete no novo <i>layout</i>	74

Figura 58 – Linha cronológica diária – Antes	76
Figura 59 – Linha cronológica diária – Depois	77
Figura 60 – Evolução mensal do tempo produtivo nos dias uteis.....	78
Figura 61 - Evolução mensal do tempo produtivo nos domingos	79

Lista de tabelas

Tabela 1 – 7 desperdícios.....	18
Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens do <i>layout</i> por Posição Fixa	29
Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens do <i>layout</i> por Processo.....	30
Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens do <i>Layout</i> por Célula	31
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens do <i>layout</i> por Linha	31
Tabela 6 – Lista de Equipamentos	34
Tabela 7 – Melhoria no tempo de Embalamento	47
Tabela 8 – Evidência <i>do bottleneck</i>	48
Tabela 9 – Categorização de atividades	49
Tabela 10 – Tempos relativos ao <i>setup</i> matinal	50
Tabela 11 - Linha de tempo do <i>setup</i> CNC – Antes.....	51
Tabela 12 - Linha de tempo do <i>setup</i> CNC – Depois.....	53
Tabela 13 – Suporte documental à metodologia 5S.....	58
Tabela 14 – Tempos de <i>setup</i> Máquinas de Ponte - Antes.....	59
Tabela 15 - Tempos de <i>setup</i> Máquinas de Ponte - Depois	61
Tabela 16 – Designação dos equipamentos.....	63
Tabela 17 – Deslocamentos totais por tipologia	71
Tabela 18 – Comparação de tempos do corte de 10 chapas	80
Tabela 19 – Deslocamentos totais por tipologia com o novo <i>layout</i>	81

Lista de siglas e acrónimos

5S	<i>Seiton; Seiri; Seiso; Seiketsu; Shitsuke</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CNC	<i>Computerized Numeric Control</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística
JIT	<i>Just-in-time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OMM	Ocupação Mensal da Máquina
PDCA	<i>Plan – Do – Check - Act</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

1. Introdução

Com o passar dos anos é possível assistir a uma evolução constante e muito grande do que é o mundo. A nível tecnológico tem existido um crescimento enorme, em termos de sociedade e do que são as necessidades desta também, e tudo isso leva a que exista uma grande evolução no que são os mercados. Hoje em dia a competitividade é muito grande, é vista à escala global, e no fundo empresas de todo o mundo competem para garantir os mesmos negócios. Desde o início do século XX, o negócio tornou-se muito mais turbulento, rápido e confuso, e se olharmos para o que ocorre atualmente é possível ver isso, mas a uma escala muito superior [1] [2]. Dessa forma a necessidade da eficiência é cada vez mais urgente, pois é necessário fazer mais com menos por forma a que as empresas não fiquem para trás no que ao crescimento do mercado diz respeito [3].

1.1. Enquadramento do Estudo

No caso da LSI Stone, esta é uma empresa referência a nível nacional e internacional da indústria da transformação das rochas ornamentais. Ao longo dos últimos anos o crescimento da empresa tem sido muito acentuado e com isso tem-se assistido a um crescimento constante do número de clientes e de encomendas. Do ponto de vista meramente comercial, este facto é algo extraordinário pois a empresa está a crescer e a ser cada vez mais reconhecida a nível mundial. No entanto, este crescimento traz grandes desafios para o departamento industrial. Apesar de serem adquiridos equipamentos com alguma frequência, e de se ter aumentado a área fabril, este crescimento de recursos não tem sido suficiente para igualar o crescimento das vendas e com isso, vem ao de cima a necessidade de otimizar cada vez mais os processos por forma a eliminar ao máximo os desperdícios e assim tentar cumprir com o que o departamento comercial estabelece com os clientes.

No entanto nem tudo se resume a otimização de processos produtivos, a gestão da informação dentro da empresa é também ela cada vez mais complexa, devido à grande variedade de projetos e à grande variedade de clientes. Cada projeto é diferente, cada projeto tem especificidades diferentes, e tudo isto é muito complexo. O planeamento é outro desafio enorme quando se fala

de uma organização deste tipo. Cada peça tem um tempo produtivo diferente, com caminhos na produção diferentes e outro fator determinante é a matéria prima. A pedra natural, tal como o nome indica, é um produto natural, e com isto vêm grandes problemas do aproveitamento do mesmo. A qualidade do material varia muito e, por vezes, para cortar o mesmo número de metros quadrados é necessário o dobro do material. Pensando no impacto que isto pode ter num planeamento de um projeto, é algo bastante negativo. Contudo, pensando neste facto numa escala de todos os projetos e no impacto que isto pode ter na passagem dos produtos de secção para secção, é algo que se revela verdadeiramente desafiante.

Desta forma, para que a empresa mantenha o seu crescimento e que aumente cada vez mais o reconhecimento nos mercados, é urgente otimizar o processo produtivo e conseguir cumprir com os prazos e metas estabelecidas pelo departamento comercial e pela administração.

Assim, foi sugerido à empresa a realização de um projeto com vista à otimização de alguns processos que se considerem críticos no momento e foi também sugerido um estudo teórico do *Layout* atual por forma a perceber as alternativas que poderiam levar a uma melhoria na dinâmica da empresa no que toca às movimentações dos produtos.

Espera-se com isto reduzir o *lead time* dos produtos para desta forma conseguir entregar as encomendas dentro dos prazos estabelecidos, para ter o processo mais otimizado e a cima de tudo reduzir ao máximo os desperdícios existentes no chão de fábrica.

1.2. Objetivos

Os principais objetivos do estudo em causa é aumentar a capacidade produtiva da empresa através da aplicação de metodologias *Lean* no chão de fábrica, sensibilizar todos os colaboradores da empresa para a urgência de fazer bem à primeira e fazer no menor tempo possível para desta forma aprimorar a sustentabilidade organizacional, potenciar a eficiência informativa e aumentar a capacidade produtiva da fábrica e a capacidade de resposta aos pedidos dos clientes.

Como objetivo adicional, será também dado o pontapé de saída do que será um estudo ao *Layout* Industrial pois, devido ao crescimento abrupto da empresa e à adição de equipamentos sem que tenha sido feita nenhuma análise ao fluxo produtivo, assiste-se atualmente a um *Layout* muito pouco eficiente e com grande margem de progressão. No entanto, alterar o *Layout* todo é algo bastante complexo dada a dimensão e tipologia dos equipamentos, que implicaria um investimento e, implicitamente, um tempo de paragem de produção longo. Portanto, nesta

primeira fase é apenas realizado um estudo teórico para que se avalie e se perceba futuramente quais as melhorias mais impactantes e que valeriam o investimento.

1.3. Apresentação da Empresa

Fundada em 1999, a LSI Stone (Figura 1) começou como INOVOPEDRA, quando os atuais proprietários da empresa, Regina Vitória e Pedro Vazão, uniram forças para combinar a herança das suas famílias e os anos de experiência no setor das rochas ornamentais. As suas instalações estão localizadas no coração das pedreiras de calcário, mais precisamente na zona de Porto de Mós.



Figura 1 – Logotipo LSI Stone

Foi no ano de 2003 que a empresa abriu horizontes e se iniciou na exportação, sendo que esse passo foi apenas o início do que se viria a tornar o principal mercado alvo da empresa. Anos mais tarde, em 2005, avançou com um forte investimento a nível tecnológico por forma a conseguir corresponder aos avanços tecnológicos do setor. Em 2008 procedeu a um *rebranding* da empresa que alterou o seu nome para LSI Stone.

Nos dias de hoje, a LSI Stone é vista como uma empresa referência no setor das rochas ornamentais, não só em Portugal como também além-fronteiras (Figura 2). O seu foco consiste em projetos complexos *Cut-to-size* ou seja, projetos com detalhes personalizados de acordo com os requisitos do Cliente, com mais de 8 projetos com indicações para prémios internacionais e com mais de 500 projetos realizados. Atualmente conta com mais de 50 colaboradores altamente qualificados e também com bastante experiência profissional. No fundo, a empresa tenta a combinação perfeita entre o *know-how*, experiência e tecnologia no processamento da pedra natural.

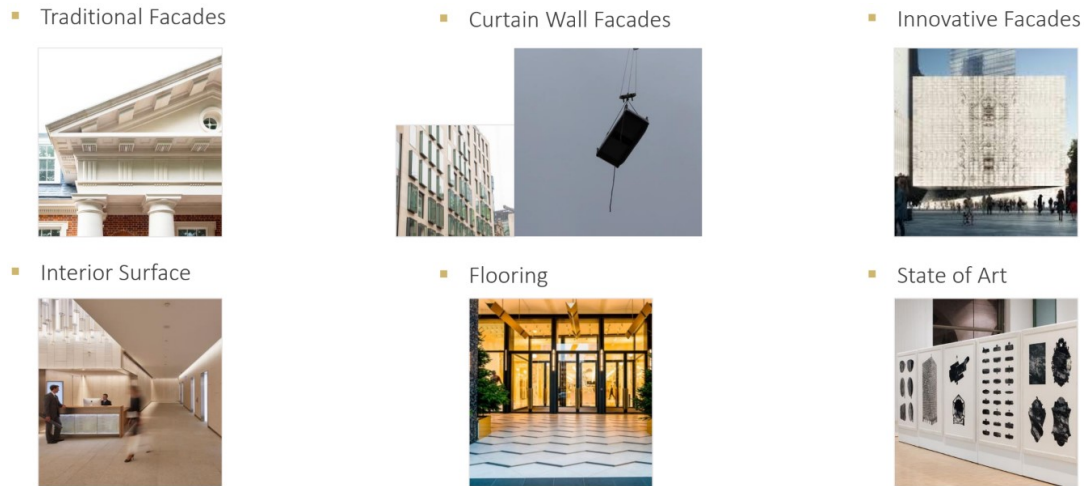


Figura 2 – Tipos de trabalho feitos na LSI Stone

A empresa é também certificada pela norma da Qualidade ISO 9001 e pela norma de Ambiente ISO 14001, sendo que tem sempre como grande objetivo assegurar ao máximo a sustentabilidade em todas as etapas de transformação da pedra, desde a extração até ao embarque do produto acabado. Para isso, procedeu no ano de 2022 à instalação de um elevado número de painéis solares no topo da fábrica com o objetivo de produzir o máximo de energia elétrica para consumir de seguida. Para além disso, a empresa encaminha também todos os resultantes do processo de transformação da pedra, como as lamas e brita, para outras empresas que integram estes resíduos resultantes nos seus processos.

Relativamente à dinâmica da empresa, as operações realizadas na produção da empresa encontram-se ilustradas de forma bastante resumida na Figura 3. Esta figura contempla um fluxograma representativo em que se pretende incluir os vários processos e os possíveis caminhos a percorrer dependendo do produto. Após a apresentação do fluxograma e devido ao facto de este ser bastante complexo e um pouco subjetivo, será feita uma clarificação mais detalhada de cada ponto correspondente a uma fase do processo produtivo.

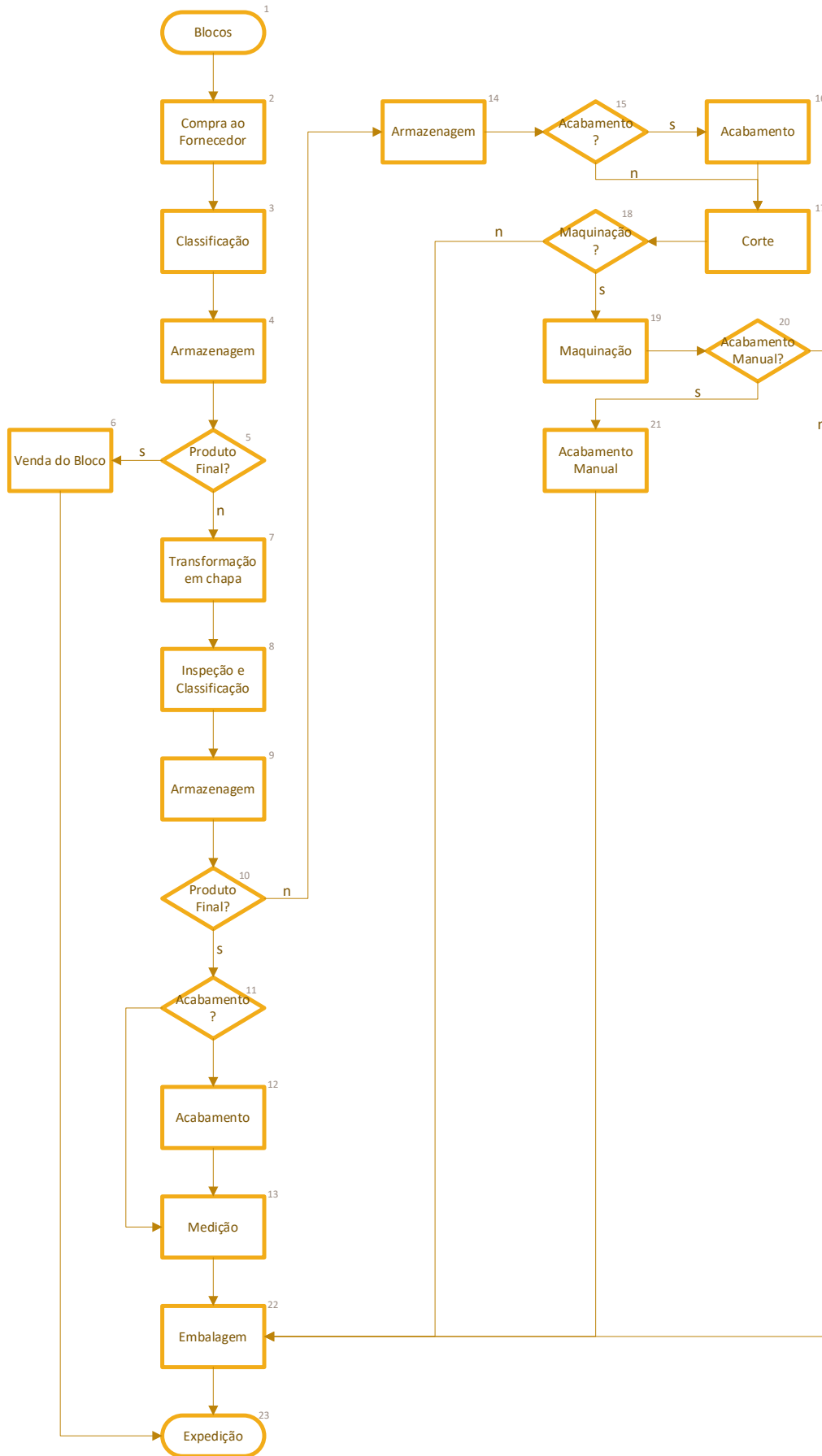


Figura 3 – Diagrama produtivo da empresa LSI Stone

Interpretação do fluxograma do processo produtivo da empresa LSI Stone:

1. Blocos: de acordo com a encomenda do cliente é feito o MRP do projeto e é transmitida essa informação ao responsável pela compra dos blocos visto que a empresa não tem pedreira própria;
2. Compra ao Fornecedor: o responsável pela compra entra em contacto com o cliente, podendo até fazer uma visita à pedreira por forma a escolher os blocos, e procede à compra dos mesmos;
3. Classificação: no momento da receção dos blocos nas instalações da empresa, os blocos são classificados com um número que é escrito no bloco. De seguida são inseridos todos os dados deste em num ficheiro excel referente à receção de blocos;
4. Armazenagem: após feita a classificação é feita a armazenagem do mesmo no espaço indicado para tal;
5. Produto Final?: se sim o bloco segue para o processo de venda; se não o bloco segue para o processo de transformação;
6. Venda do Bloco: o bloco é negociado com o cliente sempre tendo em conta as suas necessidades e as especificidades requeridas para o mesmo;
7. Transformação em chapa: encaminhamento do bloco para a secção de serragem onde o bloco será transformado chapas de uma espessura apropriada para dar seguimento ao processo;
8. Inspeção e Classificação: após serradas as chapas, estas são inspecionadas por forma a analisar algum tipo de não conformidade e são classificadas de acordo com os procedimentos pré-estabelecidos internamente;
9. Armazenagem: as chapas são armazenadas num espaço dedicado ao efeito;
10. Produto Final?: se sim a chapa segue para o processo de venda; se não a chapa segue o processo de transformação;
11. Acabamento?: se sim as chapas seguem para a secção de polimento; se não as chapas seguem diretamente para o processo de medição;
12. Acabamento: encaminhamento das chapas para o processo de polimento onde é dado o acabamento requerido pelo cliente seguindo sempre a amostra aprovada;
13. Medição: as chapas são medidas por forma a que essa informação esteja presente nos documentos a entregar ao cliente;
14. Armazenagem: as chapas são armazenadas num espaço dedicado ao efeito;

15. Acabamento?: se sim as chapas seguem para a secção de polimento; se não as chapas seguem diretamente para o processo de corte;
16. Acabamento: encaminhamento das chapas para o processo de polimento onde é dado o acabamento requerido pelo cliente seguindo sempre a amostra aprovada;
17. Corte: encaminhamento para o processo de corte onde as peças são cortadas já com a medida final do produto, ou com um pouco mais se ainda sofrer algum tipo de maquinação posterior;
18. Maquinação?: se sim as peças seguem para o processo de maquinação; se não as peças passam para a questão relativa ao acabamento manual;
19. Maquinação: as peças são encaminhadas para o processo de maquinação onde é dada algum tipo de forma especial às peças;
20. Acabamento Manual?: se sim as peças seguem para o processo de acabamento manual; se não as peças passam diretamente para a secção de embalagem;
21. Acabamento Manual: encaminhamento das peças para a secção de acabamento manual onde é dado algum tipo de acabamento que não foi possível aplicar na secção de polimento ou então algum tipo de acabamento na face posterior à maquinação;
22. Embalagem: encaminhamento dos produtos finais para a secção de embalagem onde estão caixotes feitos à medida e com o formato indicado para o embalamento do produto;
23. Expedição: após a elaboração de todos os documentos necessários é feita a expedição do material para as instalações do cliente ou para outro local pretendido pelo cliente.

1.4. Estrutura do Projeto

O presente projeto encontra-se dividido em 6 capítulos que de seguida passarão a ser enumerados e descritos.

No Capítulo 1 - Introdução, faz-se um breve enquadramento do projeto realizado, seguido da apresentação dos objetivos do mesmo. Após isso é feita uma apresentação breve da empresa e por fim é feita a apresentação da estrutura do projeto.

O Capítulo 2 - Estado da Arte, é um capítulo que tem como objetivo apresentar todos os conceitos teóricos necessários para o desenvolvimento do projeto em causa. Desta forma é feita uma abordagem ao setor das rochas ornamentais em Portugal e de seguida é descrito de forma genérica o processo produtivo de uma fábrica transformadora de pedra natural. De seguida, são

apresentados conceitos *Lean* e também são apresentadas com maior profundidade as ferramentas *Lean* que serão utilizadas durante o projeto. Por fim, é realizada uma abordagem ao conceito de *Layout* Industrial e aos tipos de *Layout's* conhecidos.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia seguida para o desenvolvimento do projeto, falando das técnicas de recolha de dados e são também apresentados os recursos industriais presentes na empresa e ainda são categorizados os principais tipos de produto que a empresa fornece.

O Capítulo 4 é onde é descrita a implementação da metodologia. Neste capítulo são apresentados todos os projetos desenvolvidos envolvendo o conceito *Lean* e ainda é apresentado o estudo teórico relativo ao *Layout* Industrial instalado na fábrica.

No Capítulo 5 é onde são analisados e discutidos todos os resultados que foram obtidos após o desenvolvimento dos projetos descritos no capítulo 4.

Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do projeto e são descritas propostas para trabalhos futuros a realizar na empresa.

2. Estado da Arte

Neste capítulo é feito um enquadramento teórico das matérias tratadas neste projeto. Inicialmente será feita uma análise ao setor da Rochas Ornamentais. De seguida será explicado de forma genérica o processo produtivo de uma fábrica de transformação de pedra natural. Após isso será feita uma abordagem à metodologia *Lean* definindo os seus conceitos e explanando os pilares em que se baseia a mesma. Depois, serão apresentadas algumas ferramentas que integram esta metodologia, apresentando as suas vantagens e também explicando como as colocar em prática. Por fim será feita uma abordagem relativa aos *layouts* industriais em que serão apresentados os tipos de *layout* mais conhecidos, as suas vantagens e as suas limitações.

2.1. Setor das Rochas Ornamentais

Se olharmos para a história, é possível perceber que a pedra natural é um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem. O fator durabilidade foi um fator determinante para a escolha da mesma na construção de monumentos de grande importância e que ainda nos dias de hoje se consegue ver de pé. Nos dias de hoje são já utilizados muitos outros materiais na construção, no entanto a pedra continua a ter um grande peso no que toca ao setor da construção mundial. Olhando para o setor em Portugal, este é constituído maioritariamente por empresas familiares, Micro, Pequenas e Médias empresas. De acordo com o INE, no final de 2018 era composto por 2.112 empresas (410 de extração e 1.693 de transformação) e 13.380 trabalhadores (3.592 na extração e 9.788 na transformação). No mesmo ano, também segundo o INE, as rochas ornamentais apresentavam um valor bruto na ordem dos 821 milhões de euros sendo que 53,3% se destinaram à exportação. Nesse mesmo ano foram importados 58,2 milhões de euros de rocha ornamental o que levou a um aumento da oferta interna. Olhando para a evolução ao longo dos anos do saldo entre as exportações e as importações (Figura 4) [4], é possível verificar que este saldo se tem mantido estável e sempre positivo, o que é um bom sinal para o Setor nacional.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
EXPORTAÇÕES M€	329	282	306	316	325	342	337	341	330	346	379	427	367
IMPORTAÇÕES M€	75	55	49	47	41	37	38	43	45	53	59	66	67
SALDO	254	227	257	269	284	305	299	298	285	293	320	361	300

Figura 4 – Saldo nacional entre importações e exportações

Relativamente à exportação, no ano de 2022, quando comparado com 2021, existiu um aumento de mais de 492 milhões de euros, o que corresponde a um aumento de 13,01%. Na Figura 5 [4] estão presentes os valores relativos à exportação por mês e por ano. É possível analisar um grande decréscimo no ano de 2020, justificado pelo surgimento da epidemia da Covid-19. Se analisarmos a recuperação pós covid, é possível analisar que logo em 2021 o setor conseguiu atingir valores superiores ao ano anterior à epidemia. Juntando a isso o aumento de aproximadamente 13% em 2022, pode-se concluir que o setor está a fazer uma excelente recuperação e que não só está a conseguir recuperar como ainda está a superar os valores anteriores. Outro facto interessante de analisar é que desde 2016, se excluirmos o ano atípico de pandemia, a tendência tem sido sempre de crescimento no que toca a exportações de Rochas Ornamentais. Significa isto que a pedra portuguesa está cada vez mais a crescer no mundo.

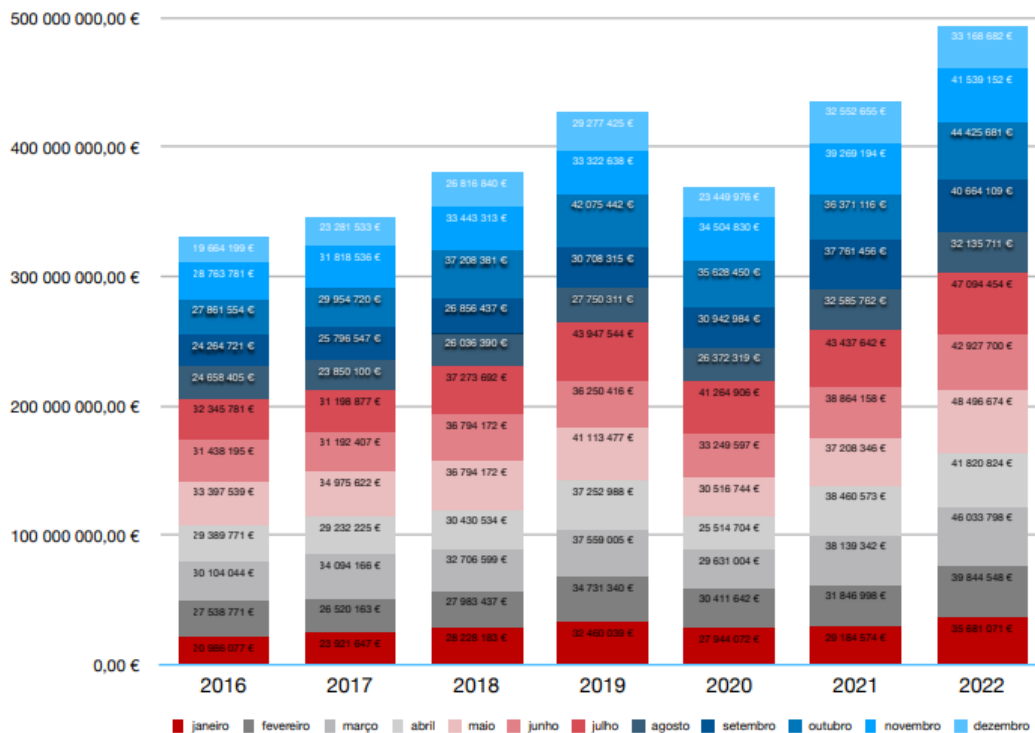


Figura 5 – Exportação do sector das Rochas Ornamentais por mês e ano

Relativamente aos países para onde Portugal exporta Rochas Ornamentais é possível verificar na Figura 6 [4] que a França é o país que lidera, seguido da China e da Espanha. É também interessante verificar a redução drástica que ocorreu no volume de negócios para a China e também para a Arábia Saudita. A justificação para isto pode estar ligada ao aumento dos custos com os contentores. No total o setor já exportou para 118 países em todo o mundo. Já na Figura

7 é possível verificar que a maior parte da exportação é feita para dentro da União Europeia e que representa 57,8% do total exportado.

Outro dado muito interessante para o setor é a valorização do produto em 20,59%, face a 2021. Este pode estar diretamente relacionado com o aumento dos preços em todo o mundo, no entanto não deverá estar apenas relacionado com isso, o que acaba por ser bastante positivo para as empresas portuguesas.

COMERCIO INTERNACIONAL											
MERCADO	2022			2021			VARIÇÕES				
	€	TON	€/TON	€	TON	€/TON	Δ €	%Δ €	Δ TON	%Δ TON	%Δ €/TON
1 França	89 098 504 €	289 004	308 €	80 380 097 €	282 016	285 €	8 718 407,00 €	10,85%	6 988	2,48%	8,17%
2 China	59 306 244 €	459 110	129 €	90 071 292 €	762 801	118 €	-30 765 048,00 €	-34,16%	-303 691	-39,81%	9,40%
3 Espanha	58 850 158 €	440 454	134 €	44 440 510 €	385 029	115 €	14 409 648,00 €	32,42%	55 425	14,40%	15,76%
4 Alemanha	38 462 001 €	192 194	200 €	29 645 293 €	173 019	171 €	8 816 708,00 €	29,74%	19 175	11,08%	16,80%
5 Estados Unidos da América	30 177 040 €	23 081	1 307 €	24 997 665 €	22 090	1 132 €	5 179 375,00 €	20,72%	991	4,49%	15,54%
6 Reino Unido (não incluindo a Irlanda do Norte)	29 167 433 €	78 646	371 €	23 623 113 €	67 118	352 €	5 544 320,00 €	23,47%	11 528	17,18%	5,37%
7 Países Baixos	15 743 854 €	33 156	475 €	13 461 309 €	34 432	391 €	2 282 545,00 €	16,96%	-1 276	-3,71%	21,46%
8 Suécia	15 589 205 €	72 516	215 €	11 111 230 €	60 684	183 €	4 477 975,00 €	40,30%	11 833	19,50%	17,41%
9 Bélgica	14 138 187 €	29 366	481 €	10 073 199 €	24 783	406 €	4 064 988,00 €	40,35%	4 583	18,49%	18,45%
10 Irlanda	11 216 409 €	36 632	306 €	7 524 533 €	23 772	317 €	3 691 876,00 €	49,06%	12 860	54,09%	-3,26%
11 Índia	11 216 047 €	34 172	328 €	6 680 415 €	22 053	303 €	4 535 632,00 €	67,89%	12 118	54,95%	8,35%
12 Luxemburgo	9 258 250 €	40 455	229 €	6 145 685 €	30 026	205 €	3 112 565,00 €	50,65%	10 429	34,73%	11,81%
13 Polónia	8 157 477 €	24 909	327 €	4 520 701 €	19 448	232 €	3 636 776,00 €	80,45%	5 461	28,08%	40,89%
14 Dinamarca	7 666 351 €	36 191	212 €	7 474 098 €	37 544	199 €	192 253,00 €	2,57%	-1 353	-3,60%	6,41%
15 Arábia Saudita	6 750 215 €	14 476	466 €	10 938 052 €	22 109	495 €	-4 187 837,00 €	-38,29%	-7 633	-34,52%	-5,75%

Figura 6 – Exportação da Rocha Ornamental por País

COMERCIO INTERNACIONAL (Valores Agregados)											
MERCADO	2022			2021			VARIÇÕES				
	€	TON	€/TON	€	TON	€/TON	Δ €	Δ TON	%Δ €	%Δ TON	%Δ €/TON
Mundo	492 835 826 €	2 033 844	242,32 €	436 087 192 €	2 170 151	200,95 €	56 748 634 €	-136 308	13,01%	-6,28%	20,59%
Intra União Europeia	284 750 363 €	1 244 153	228,87 €	229 317 591 €	1 121 700	204,44 €	55 432 772 €	122 454	24,17%	10,92%	11,95%
Extra União Europeia	208 085 463 €	789 690	263,50 €	206 769 601 €	1 048 452	197,21 €	1 315 862 €	-258 762	0,64%	-24,68%	33,61%
EFTA	11 142 836 €	49 998	222,87 €	7 504 518 €	41 172	182,27 €	3 638 318 €	8 827	48,48%	21,44%	22,27%
OPEP	22 117 111 €	53 365	414,45 €	21 781 242 €	43 112	505,22 €	335 869 €	10 253	1,54%	23,78%	-17,97%
PALOP	3 633 617 €	8 029	452,57 €	3 983 988 €	9 229	431,69 €	-350 371 €	-1 200	-8,79%	-13,00%	4,84%

Figura 7 - Exportação da Rocha Ornamental por Região

2.2. Processo Produtivo

A produção da Rocha Ornamental pode ser dividida, sumariamente, em duas etapas distintas: extração e a transformação [5] [6]. Relativamente à etapa inicial, a da extração dos blocos primários, esta tem como principais operações a furação, o corte, o derrube, o esartejamento, a extração e o acabamento. O resultado deste processo, e o processo em si, pode variar bastante de acordo com o produto final que se pretende obter. Como é claro, a extração de um bloco de granito terá outras necessidades e processos diferentes da extração de um bloco de calcário. Quer isto dizer que, a descrição de etapas produtivas de extração acima descritas são meramente generalistas [7]. Na Figura 8 está presente uma pedreira de calcário.

Na LSI Stone não existe o processo de extração de blocos. Todos os blocos são comprados a fornecedores não só nacionais como também internacionais. Este tipo de abordagem permite à empresa ter uma flexibilidade muito maior para ir de encontro ao que o cliente pretende para os seus projetos. Caso a empresa tivesse uma pedreira de calcário por exemplo, teria sempre a necessidade de tentar ganhar os projetos com a sua pedra, visto que a esta já estava associado um investimento com a pedreira.



Figura 8 – Pedreira de calcário

Relativamente ao processo de transformação dos blocos, este pode ser dividido em várias etapas: serragem, polimento, corte, maquinaria e acabamento manual [8]. Na LSI Stone existem todos estes processos, que seguem uma ordem lógica genérica, e que são apresentados na Figura 9. Posteriormente os mesmos são detalhados nos tópicos seguintes [9] [10].

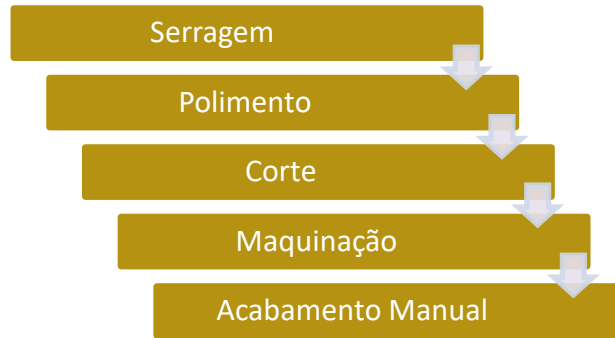


Figura 9 – Sequência de Processos

2.2.1. Processo de Serragem

O processo de serragem consiste em receber o bloco em bruto e transformar este em chapas, chapas essas que deverão ter já uma espessura próxima ou igual à pretendida para o produto final. A serragem pode ser feita através de Engenhos Multilâminas (Figura 10) e, tal como o nome indica, neste tipo de equipamentos a ferramenta de corte são Lâminas. Estes equipamentos permitem ter espessuras muito homogêneas nas chapas que do processo resultam. A desvantagem nestes equipamentos é o seu tempo de *setup* para alterar o espaçamento entre as lâminas, para além da necessidade da técnicos externos à empresa. Para além dos Engenhos, a serragem pode também ser feita através de um Multifios (Figura 11) ou de um Bifio que são equipamentos que procedem à serragem do bloco através de fios diamantados. Estes equipamentos podem serrar tanto finas como grossas espessuras. Por norma as serragens de blocos de granito são feitas nestes equipamentos e os tempos de *setup* destes são muito mais reduzidos quando comparados com o equipamento anterior. A desvantagem é que a espessura ao longo de uma chapa não é tão homogênea podendo dessa forma existirem “lombas” ao longo da chapa podendo levar à necessidade de calibração.



Figura 10 - Engenho Multilâminas [11]

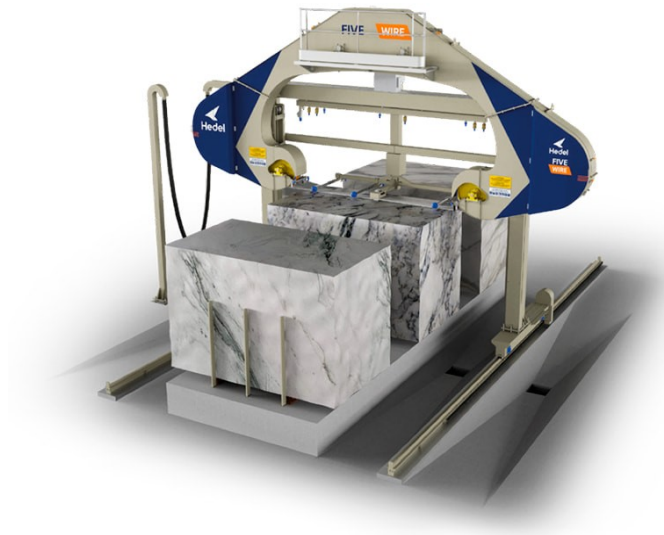


Figura 11 – Multifios [12]

2.2.2. Processo de Polimento

O processo de polimento é o processo em que se dá algum tipo de acabamento à superfície das chapas (Figura 12). Estes acabamentos de superfície podem ser do tipo amaciado, flamejado, polido, bujardado, areado, entre outros. Existem inúmeros tipos de acabamentos de superfície que são obtidos através de choque térmico ou através do impacto mecânico de materiais abrasivos. Estes acabamentos de superfície são fundamentais para conseguir dar uma beleza superior à pedra natural. É também importante referir que nem todos os tipos de acabamento resultam em todos os tipos de pedra. Existem por exemplo materiais que não flamejam, existem outros que com o calor se quebram quase instantaneamente, existem outros materiais aos quais não é possível dar um acabamento areado, entre outros exemplos.



Figura 12 - Polidora de Superfície [13]

2.2.3. Processo de corte

O processo de corte é o processo em que as chapas são cortadas para o tamanho final do produto pretendido ou então para um tamanho próximo. Neste processo podem também existir vários tipos de equipamentos, desde máquinas de ponte tradicionais (Figura 13), até máquinas altamente tecnológicas com a alimentação de tapetes rolantes e que permitem fazer a digitalização de uma chapa e, através do computador, “desenhar” as pedras que serão cortadas nas pedras (Figura 14). Este tipo de equipamentos permite poupar imenso tempo na carga e descarga de material. Relativamente às ferramentas de corte, tal como nos outros processos, existem vários tipos diferentes que variam desde o tipo de material em que é composto até à sua dimensão, sempre de acordo com o produto a cortar.

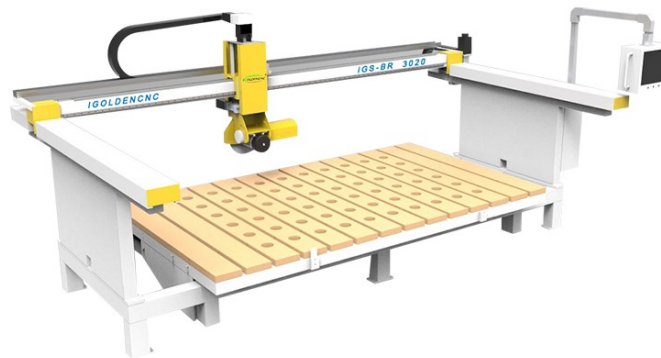


Figura 13 - Máquina de ponte para cortar [14]

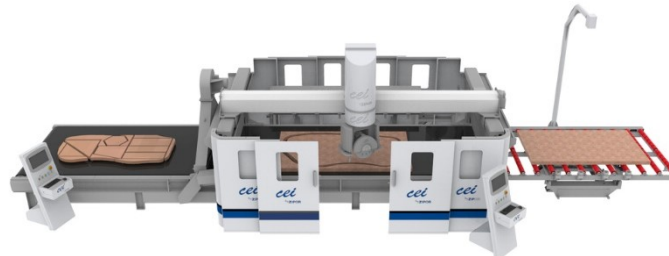


Figura 14 - Máquina de Tapete para cortar [15]

2.2.4. Processo de maquinação

O processo de maquinação é um processo altamente complexo e que nos dias de hoje é quase na sua maioria das vezes feito através de máquinas de controlo numérico computadorizado – CNC (Figura 15). Existem maquinações mais simples que podem também ser realizadas em máquinas de ponte. Para executar maquinações nas pedras podem ser utilizadas desde fresas a discos. Olhando para as fresas e para os discos, existem inúmeras ofertas no mercado que

variam no tamanho e no seu material de composição. Para cada trabalho deve ser avaliado qual a melhor ferramenta a utilizar.



Figura 15 - Máquina CNC [16]

2.2.5. Processo de acabamento manual

Por último o processo de acabamento manual é, tal como o nome indica, o processo em que se dão acabamentos finais às pedras. Esses acabamentos têm que ser feitos à mão ora porque são em faces que foram maquinadas no processo anterior, ou porque são feitos em faces da pedra que não a superfície da mesma. Podem também ser feitas colagens ou outros tipos de trabalho manuais. Este processo é um processo em que é necessário ter um know-how muito elevado e é um processo em que no futuro se prevê uma elevada falta de mão de obra. Acredita-se que estará aqui um grande desafio para o futuro da rocha ornamental. Neste processo podem ser utilizadas diversas ferramentas como a lixa de água, lixadeiras automáticas, cola, mós para polir, entre outras.

2.3. Metodologia *Lean*

Com o aumento da competitividade nos mercados e com o grande aumento dos preços e por consequência dos custos de produção, são muitas as empresas que recorrem ao *Lean* com o objetivo claro que melhorar a performance dos seus sistemas, que poderão ser produtivos ou de serviços [17]. No fundo pode-se assumir que o *Lean* é um sistema de gestão destinado a satisfazer ao máximo os clientes relativamente a tempos de entrega, qualidade e preço e por consequência melhorar a *performance* produtiva. A metodologia *Lean* bem implementada num sistema pode resultar em [18]:

- Maior capacidade de resposta para as necessidades do cliente;

- Maior satisfação do cliente;
- Fluxo operacional mais eficiente;
- Redução do ciclo produtivo;
- Redução de stock e fluxo de caixa;
- Maior capacidade para evitar gastos adicionais;
- Melhores resultados financeiros resultantes de um sistema produtivo mais eficiente;
- Eliminação de bottlenecks nos sistemas;
- Extensão da vida útil dos equipamentos.

Para além de todos os benefícios relativamente a resultados financeiros, satisfação do cliente e fluidez do processo produtivo, também os colaboradores das empresas podem sair muito satisfeitos com a implementação desta metodologia pois levará a processos mais enxutos, possivelmente com menores esforços físicos, e tudo isto poderá levar a uma motivação extra para com a empresa para que surjam novas ideias e mais inovações [19] [20].

2.3.1. Princípios

A metodologia *Lean* tem como base 5 princípios: valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, *pull* e perfeição [21].

Valor: o princípio relativo ao Valor no fundo é o conjunto de características que o cliente pretende no produto. Para isto é fundamental perceber, na produção, tudo o que cria valor ao produto e por sua vez ao cliente, e tudo o que é Muda (termo japonês para desperdício). Desta forma é o cliente que assume um papel determinante ao definir o que lhe traz valor. Depois cabe às empresas eliminar tudo o que não corresponde a valor para o cliente;

Fluxo de Valor: neste princípio é importante analisar de forma exaustiva todos os processos no sistema produtivo, começando nos fornecedores e indo até aos clientes. No fim dessa análise deve ser feita uma comparação com as atividades pelas quais o cliente está disposto a pagar e através disto será mais fácil identificar quais são os Mudanças presentes no processo produtivo;

Fluxo contínuo: este princípio surge após a identificação precisa de qual é a cadeia de valor do produto e pretende acima de tudo definir um fluxo de materiais que deverá ser contínuo. Para que seja contínuo não deverá nunca existir acumulação de stocks nem movimentação desnecessárias;

Pull: neste princípio pretende-se que o sistema de produção corresponda a um sistema Pull, sistema esse que é apenas afetado pelas flutuações da procura e nunca por previsões como

o sistema Push. Isto resultará numa produção sincronizada com os pedidos do cliente, eliminando stocks desnecessários ou quebras de produto resultantes de previsões erradas;

Perfeição: neste princípio é defendido que a perfeição é impossível de ser alcançada e que desta forma é possível existir sempre uma melhoria contínua. No fundo quando se pensa numa melhoria e se atinge a mesma, poderia assumir-se que se tinha alcançado a perfeição, no entanto é nesse preciso momento que a perfeição passa a ser algo que ainda não está alcançado e para o qual se irá trabalhar.

2.3.2.3MU's

O Toyota Production System (TPS) identifica 3 tipos diferentes de fontes de perda. Estas 3 diferentes fontes são designadas por 3MU (Figura 16) [22].



Figura 16 – 3MU's

Muda (Desperdício) – após identificado o que é valor para o cliente, a empresa fica capacitada para perceber o que é desperdício nos seus processos. Olhando de uma forma mais profunda para esses mesmos desperdícios, é possível classificá-los como (Tabela 1):

Tabela 1 – 7 desperdícios

Desperdício	Descrição
Sobreprodução	Produção antes do necessário ou em quantidades exageradas
Tempos de espera	Qualquer espera entre tarefas ou durante as mesmas
Transporte	Movimentações desnecessárias de recursos ao longo do processo
Movimento	Movimentações desnecessárias de pessoas
Stock	Produtos além do necessário
Defeitos	Produto ou serviço fora do especificado
Superprodução	Produção de quantidade ou qualidade superior ao uso imediato

Para além destes 7 desperdícios, nos dias de hoje fala-se também da existência de um 8º desperdício relativo ao talento não utilizado, ou seja, talento existente dentro das organizações e que não está a ser utilizado ou valorizado pelas mesmas.

Mura (Variabilidade) – falta de regularidade num processo produtivo não causado pela variação da procura do cliente, mas sim por falhas no sistema. O sistema *Lean* promove um nivelamento da produção que poderá ser feito por exemplo com a produção de um mix de produtos.

Muri (Sobrecarga) – sobrecarga de equipamentos ou pessoas, exigindo que operem a um ritmo mais intenso, ou mais acelerado, por um período maior do que o que podem suportar. Desta forma o foco deverá incidir na preparação e planeamento dos processos para que desta forma nunca exista uma sobrecarga.

Após apresentar os 5 Princípios do *Lean* e após introduzir as 3 principais fontes de perda, já é possível perceber as linhas mestre pelas quais se rege esta metodologia. No entanto a aplicação de todos estes conceitos não é simples e por forma a resumir toda a informação relativa ao *Lean* a Toyota Production System propõe, um diagrama em forma de uma casa (Figura 17). Este formato serve para que se entenda ainda melhor quais são os conceitos base e os pilares de todo o sistema para que desta forma se consiga criar uma estrutura sólida [23].

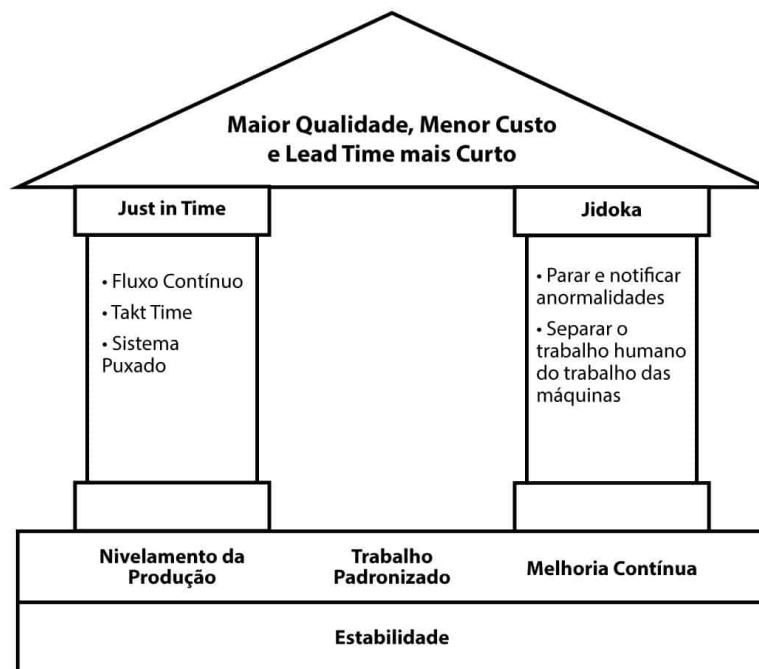


Figura 17 – Casa TPS

2.4.Ferramentas *Lean*

Por forma a cumprir os conceitos base do *Lean Manufacturing*, foram desenvolvidas ao longo dos anos várias ferramentas. Através destas, as organizações conseguem otimizar os seus processos e instaurar uma cultura de melhoria continua que vai certamente garantir vantagens competitivas.

2.4.1.Ciclo PDCA

Este ciclo foi rapidamente utilizado, com bastante sucesso, por empresas japonesas. Este ciclo foi numa fase inicial utilizado como uma ferramenta controladora da qualidade dos produtos, no entanto, mais tarde, seria visto mais como um método para desenvolver melhorias [24].

Nos dias de hoje, este ciclo está completamente associado à melhoria continua e é uma ferramenta base na busca continua de melhores formas de produzir. É também importante referir que aquando da aplicação deste ciclo poderá sentir-se a necessidade da utilização de outras ferramentas da qualidade.

O ciclo PDCA, tal como presente na Figura 18 está dividido em quatro etapas [25]:

- Planear: na primeira fase são identificadas e analisadas as melhorias e priorizadas de acordo com o grau de gravidade ou de conveniência de acordo com o plano de melhorias;
- Fazer: na segunda fase o objetivo é bastante direto. Fazer o que foi definido anteriormente e documentar todos os dados que se possam tirar dessa ação;
- Verificar: na terceira fase são analisados todos os dados e tem-se como objetivo fazer uma comparação entre a situação inicial e atual;
- Agir: na quarta e última fase o objetivo fundamental é desenvolver métodos que visem a padronização. Por fim é necessário repetir o ciclo para que daí saem novos dados que possam ser analisados.



Figura 18 – Ciclo PDCA

2.4.2. SMED

Esta metodologia foca-se essencialmente na análise dos *setups*, no entanto, é necessário antes entender de forma profunda o que se considera um *setup*. O tempo de *setup* é no fundo todo o tempo que passa entre o ultimo produto conforme da produção anterior e o primeiro produto bom da produção seguinte. No fundo traduz no tempo necessário para que se configure uma linha produtiva para executar um produto diferente [26].

Como já falado anteriormente, todas as ações executadas na produção, que não tragam valor ao produto, são desperdício. Desta forma, todos os tempos de *setup* são desperdício e devem ser reduzidos ao máximo. Shingo [27], após criar a definição de *setup*, separou ainda este tempo em 4 fases distintas, sendo elas:

1. Preparação dos materiais e ferramentas (30%);
2. Colocação e remoção de materiais e ferramentas (5%);
3. Medições e ajustes (15%);
4. Ajustes finais (50%).

Outro ponto muito importante antes de se passar à explicação da implementação da metodologia em si é dar a conhecer os conceitos de tarefa interna e externa. Uma tarefa interna é uma tarefa que é feita com a máquina parada, ou seja, o equipamento está parado, sem produzir, e está a ser realizada uma tarefa com vista ao *setup* da mesma. Já a tarefa externa é uma tarefa que é feita quando a máquina ainda está a produzir produtos do lote anterior, sendo assim, o que se pretende é transformar ao máximo as tarefas internas em externas para que desta forma, o tempo não produtivo, seja menor [28].

Para uma correta implementação de SMED devem, portanto, ser seguidas as seguintes etapas: estudo da situação atual, classificação e separação das tarefas internas e externas, transformação das tarefas internas em externas, otimização das tarefas internas e otimização das tarefas externas. Na primeira etapa da metodologia pretende-se fazer um estudo da situação atual, e para tal é necessário recorrer por exemplo a uma câmara de vídeo para filmar e também é necessário fazer um registo exaustivo de todas as ações que ocorrem durante uma mudança de série. Para além de filmar e registar, é importante que os trabalhadores se sintam incluídos na análise e que estejam a par de tudo, para além também de responderem a algumas entrevistas ou questionários no sentido de esclarecer eventuais questões que surjam. Por vezes os trabalhadores já têm por si só ideias de melhorias e essas ideias, vindas de pessoas com elevado know-how nos processos, podem ser bastante úteis. Realizadas todas as filmagens e todas as

entrevistas é necessário proceder à análise de tudo e desconstruir todo o processo de mudança. Essa desconstrução deve ser inserida numa folha de cálculo, em sequência de ações, bem como o respetivo tempo. Apenas com esta desconstrução, já será possível identificar algumas movimentações desnecessárias.

Na segunda fase o objetivo passa por fazer uma correta distinção entre o que pode ser feito antes e o que pode ser feito depois da mudança de série. Realizada esta tarefa, o objetivo passa a ser transformar, sempre que possível, tarefas internas em externas. É, portanto, fundamental perceber ao detalhe todas as tarefas que são feitas para que desta forma se entenda se é possível as executar durante o tempo produtivo ou não [29].

Nas duas últimas etapas o objetivo para por reduzir ao máximo os tempos necessários para realizar as atividades internas e externas. As atividades internas que não se conseguiram transformar em externas devem ter o menor tempo possível para que desta forma se reduza ao máximo o tempo produtivo. Já as atividades externas devem também ser reduzidas ao máximo pois, apesar de não estarem a afetar diretamente a produção, não estão isentas de consumos e recursos. Para executar estas melhorias, quer na etapa três, quer na etapa quatro, poderão ser utilizadas várias ferramentas ou metodologias *Lean*, com o objetivo claro de melhoria continua. Na Figura 19 está resumida a implementação da metodologia:

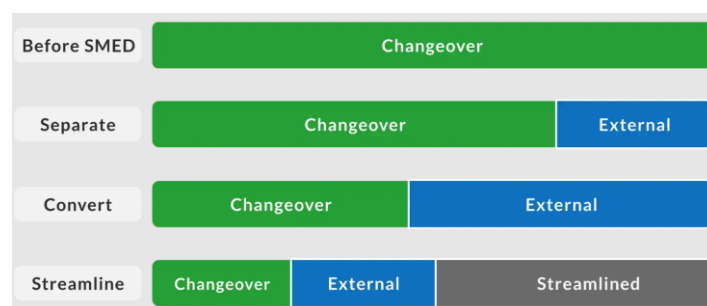


Figura 19 – Metodologia SMED [30]

2.4.3. Metodologia 5S

A finalidade da metodologia 5S passa por aprimorar o ambiente de qualidade de trabalho, melhorar a produtividade, aumentar a eficiência do espaço de trabalho, melhorar a segurança, diminuir os defeitos e os acidentes, aumentar a motivação dos colaboradores, melhorar a imagem corporativa, diminuir as distrações no local de trabalho e diminuir os custos de operação. Em suma, é uma ferramenta que permite implementar ordem, limpeza e classificação

de todos os utensílios usados, permitindo desta forma aumentar a produtividade, segurança, motivação dos colaboradores e conseqüentemente melhoria da competitividade [31].

Pode-se então dizer que os 5S são a base da Qualidade, pois sem os princípios desta metodologia implementados será sempre difícil ter sucesso em outras ferramentas como a Qualidade Total, *Just-in-Time*, *Kaizen*, entre outras [32].

Para implementar esta metodologia, é necessário conhecer e seguir de forma rigorosa as cinco regras que compõem o sistema. Cada regra começa com a letra “S”, na língua japonesa, o que justifica o nome dado. Como primeiro passo aparece a separação (Seiri). Neste senso, o fundamental é a remoção de todo o desperdício e de todos os itens desnecessários ao posto de trabalho. Para este passo é fundamental perceber o que é útil e necessário ter no posto de trabalho para desta forma retirar tudo o que estiver a mais. Para uma melhor aplicação deste passo, poderá utilizar-se uma matriz idêntica à presente na Figura 20 [33]:

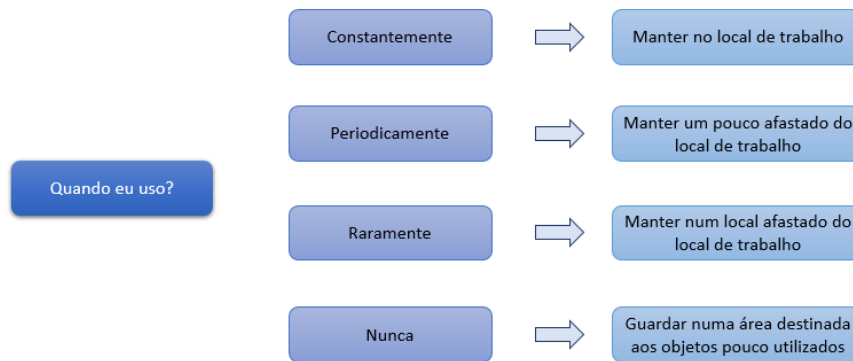


Figura 20- Matriz utilidade

Seguidamente ao senso da separação, vem o senso da arrumação (Seiton). Neste o principal objetivo é colocar os objetos a serem utilizados em locais estrategicamente pensados por forma a simplificar processos. Para isso devem ser colocados em locais de fácil acesso, com locais bem definidos e que seja possível verificar facilmente caso estejam fora do local previamente definido. Com isto, o colaborador irá facilmente encontrar o que pretende e não perderá tempo à procura de algo.

De seguida, após ter o ambiente de trabalho mais organizado e mais desocupado, vem o senso da limpeza (Seiso). Neste passo o objetivo é manter os postos de trabalho organizados e limpos, no entanto o objetivo não passa simplesmente por limpar, passa sim por incutir nos colaboradores o sentido de responsabilidade para executarem os seus trabalhos de uma forma ordeira e limpa.

Após findadas a três primeiras etapas, estão concluídas as fases mais visíveis da metodologia. No entanto o processo está ainda longe de estar concluído. Após separação, arrumação e

limpeza, é hora de se chegar ao senso da padronização (Seiketsu). Nesta etapa o objetivo passa por incutir mudanças no pensamento das pessoas e nas suas rotinas que poderão voltar a criar sujidade e confusão ao posto de trabalho, colocando em risco todas as atividades 5S já desenvolvidas. Desta forma, pode-se dizer que este é o senso mais difícil de aplicar pois envolve todos os trabalhadores e é necessário que todos entendam a necessidade de cumprir o programa de atividades e que reconheçam a importância dos 5S no seu dia-a-dia de trabalho.

Por último chega o senso da autodisciplina (Shitsuke). Neste poderá ser colocado em causa tudo o que se fez anteriormente. Aqui pretende-se que se assuma um compromisso pessoal com o cumprimento dos padrões éticos, morais e técnicos. No fundo é garantir que os colaboradores se responsabilizem e sejam autocríticos relativamente à sua participação e colaboração no projeto 5S [34].

Findadas estas 5 etapas, pode-se dizer que está concluída a implementação da metodologia.

2.4.4. Diagramas de fluxo e de esparguete

O Diagrama de Esparguete é mais uma ferramenta integrada na Metodologia *Lean* e que é utilizada com o objetivo de identificar os movimentos efetuados numa determinada área de trabalho (Figura 21). Esta ferramenta pode ser muito útil para a identificação de desperdícios e também pode ser utilizada como auxílio para estabelecer o *layout* ideal de uma determinada atividade ou processo [35]. No fundo o resultado deste diagrama demonstra todas as movimentações que são necessárias fazer para a execução de um determinado trabalho em estudo.

Outro ponto que pode ser interessante de analisar é por exemplo a possível identificação de uma necessidade de um determinado equipamento ou material num processo. Através desta análise pode-se concluir que é necessário adicionar determinado equipamento ao processo com vista à redução de movimentos ou com vista à eliminação de desperdícios.

Para além da movimentação, que é um claro desperdício, podem também ser identificados outros tipos de desperdício como a duplicação de processos ou outros problemas que possam estar ocultos a olho nu.

Para a execução do Diagrama de Esparguete devem ser seguidos os seguintes passos [36]:

1. Identificar o processo a analisar;
2. Desenhar *layout* fabril e representar fluxos;
3. Analisar os fluxos e encontrar possíveis desperdícios;

4. Escrever todos os acontecimentos estranhos ao processo como paragens ou outros tipos de interrupções;
5. Analisar todos os dados recolhidos;
6. Proceder à melhoria continua com a ajuda de todos os envolvidos.

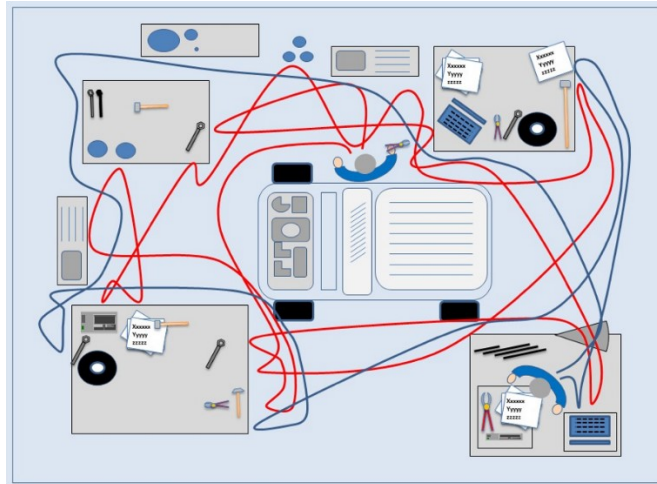


Figura 21 – Exemplo de Diagrama de Esparguete [37]

2.4.5. *Standard Work*

O Trabalho Padronizado, ou *Standard Work* como é originalmente conhecido, nada mais é que a definição de procedimentos específicos que deverão ser realizados pelos operadores num processo produtivo específico. Com isto pretende-se que independentemente do turno, da hora ou do operador o trabalho seja feito da mesma forma e com um período de tempo o mais aproximado possível. Com isto pretende-se ter a forma mais eficiente e segura de executar o trabalho. Desta forma devem ser feitas fichas de instrução de trabalho em que são combinados os materiais, os trabalhadores e as máquinas da forma mais eficiente possível [38].

Para que exista uma operação verdadeiramente padronizada, em primeiro lugar é fundamental criar um ambiente de trabalho que proporcione isso. Se existirem condições de trabalho que são variáveis, isso vai claramente influenciar os movimentos necessários para a execução do trabalho e por sua vez vai influenciar de forma direta o tempo necessário para a execução do mesmo [39]. Para isso pretende-se ter um ambiente de trabalho altamente otimizado e devem ser respondidas as seguintes questões:

- *What?* – Que Produto?
- *Who?* – Que Pessoas e que Máquinas?
- *How?* – Como e qual o Método?

- *Where?* – Onde e em que Espaço?
- *When?* – Quando?

Após respondidas estas questões devem ser executadas tarefas por forma a ser mais eficiente na tarefa de organizar o espaço de trabalho.

Na Toyota os próprios trabalhadores visualizam vídeos seus a efetuar as operações em estudo e daí dão as suas propostas de melhoria. De seguida no processo de elaboração das fichas de trabalho os operadores são também uma peça importantíssima para que se possa fazer uma boa descrição das operações no papel. Por vezes a melhor pessoa para indicar melhorias é mesmo o operador que executa as operações, por isso mesmo devem ser ouvidos e devem ser integrados ao máximo neste processo.

Após ter o posto de trabalho eficiente devem ser criadas instruções de trabalho descritivas para que assim todos os colaboradores saibam como devem cumprir as tarefas em causa. Após todos os operadores serem treinados e serem divulgadas as fichas de trabalho padronizado, passa-se à fase de inspeção em que é avaliado o cumprimento do que está inserido nas instruções de trabalho[40].

2.4.6. Kaizen

Neste processo, é fundamental que todas as pessoas na empresa tenham um pensamento alinhado com a metodologia e que entendam que todos podem e devem admitir os seus erros e aprender com estes, por forma a que existe evolução e que a empresa melhore. Desta forma é necessário que todos os departamentos de uma empresa estejam inteiramente envolvidos [41]. A filosofia Kaizen baseia-se em alguns princípios fundamentais que de seguida serão enumerados e descritos [42]:

- Melhoria contínua: a ideia é que sempre haja espaço para melhorias constantes em todos os aspetos da organização, desde a qualidade do produto até a eficiência do processo;
- Participação de todos: todos os funcionários da organização devem estar envolvidos no processo de melhoria contínua e ser responsáveis por identificar oportunidades de melhoria e implementar soluções;
- Eliminação de desperdício: o Kaizen enfatiza a importância de eliminar todos os tipos de desperdício, incluindo stocks excessivos, movimentos desnecessários e processos ineficientes;

- Respeito às pessoas: a filosofia do Kaizen enfatiza a importância de tratar as pessoas com respeito e valorizar suas contribuições para a organização.
- Padronização: a padronização dos processos é importante para garantir a consistência e a eficiência, além de permitir a identificação de oportunidades de melhoria.

O processo de Kaizen é sistemático e envolve várias etapas, incluindo a identificação de problemas, a análise das causas raiz, a implementação de soluções e a monitorização contínua para garantir a sustentabilidade e estabilidade das melhorias implementadas nas organizações. A filosofia do Kaizen pode ser aplicada em vários contextos, incluindo a produção, a logística, os serviços e a gestão em geral. A ideia é que a busca constante pela melhoria contínua possa levar a organização a um nível mais alto de eficiência, qualidade e satisfação do cliente [43].

2.5. *Layout* Industrial

Dentro do que se considera como uma unidade fabril, podem existir vários tipos de recursos como todas as máquinas, áreas de armazenamento de matérias, estações de trabalho e utilidades. O *Layout* Industrial consiste na forma como estes mesmo recursos existentes estão posicionados e como as tarefas serão alocadas aos mesmos [44]. No fundo pode ser visto como a ciência que converte os elementos industriais e as suas características físicas numa estrutura capaz de atingir os objetivos produtivos, sempre com o objetivo fundamental da otimização de custos. Portanto, a otimização do *layout* é fundamental para se consiga atingir os objetivos, pois um *layout* que não esteja otimizado pode levar a processos mais demorados, operações inflexíveis, um custo superior de produção e filas e perda de tempo produtivo.

O principal motivo que leva a que as empresas alteram o seu *layout* é quando é adicionado um novo equipamento. Muitas vezes o que acontece é a adição desse mesmo equipamento num sítio que seja conveniente e isto pode tornar o *layout* menos eficiente.

De acordo com [45] existem alguns objetivos gerais aquando do planeamento do *layout* industrial:

- a. Reduzir os custos de movimentação de materiais, o tempo associado a isso, a sua frequência e as respetivas distâncias;
- b. Tornar o fluxo simples para os operadores;
- c. Otimizar os espaços nas operações;
- d. Fornecer condições mais seguras para os operadores;
- e. Garantir um *layout* flexível;
- f. Reduzir o leadtime;

g. Assegurar a acessibilidade a todas os recursos.

Olhando para o processo do planeamento de um *layout*, segundo [46] este está dividido em quatro etapas fundamentais: localização, *layout* de blocos, *layout* detalhado e por fim implantação. Do ponto de vista teórico as fases devem seguir esta ordem, no entanto acaba por ser fundamental que elas também se sobreponham umas às outras.

A primeira etapa consiste em determinar ao certo qual será a área que estará disponível para a implantação de um *layout*. Esta área pode ser uma área totalmente nova, pode ser também um rearranjo de uma área atual, ou simplesmente a ocupação de espaços até então livres.

A segunda etapa é a definição das posições entre as diversas áreas do processo. No fundo é dividir o processo produtivo em grupos de tipo de trabalho e depois definir as posições das mesmas no *layout*. Logo de seguida vem a terceira etapa em que é feito o *layout* detalhado de cada recurso dentro da respetiva área.

Por último está a fase da implantação que consiste em executar o que foi planeado até então [47].

2.5.1. Tipos de *Layout* Industrial

A maior parte dos *layouts* industriais são derivados de quatro tipos básicos de *layout*: por posição fixa, por processo, por célula e por linha. Na Figura 22 está explanada a relação entre os tipos de produção e os tipos básicos de *layout*:

Tipos de Produção		Tipos Básicos de Layout
↑ Produção tipo jobbing ↓	Produção por Projeto	Posição Fixa
	Produção por lotes	Processo
↑ Produção em Massa ↓	Produção contínua	Celular
		Linha

Figura 22 – Relação entre Tipos de Produção e Tipos Básicos de *Layout* (Adaptado de [45])

Layout por Posição Fixa

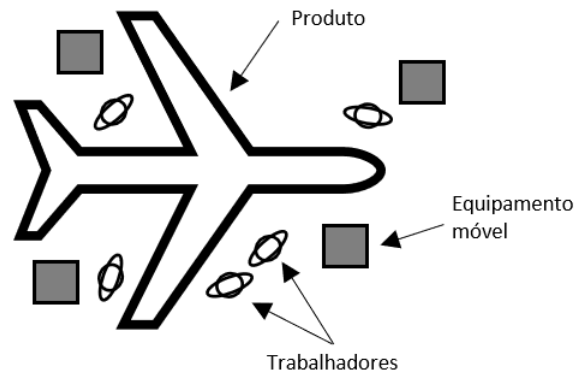


Figura 23 – *Layout por Posição Fixa*

O *layout* por posição fixa (Figura 23) é um tipo de *layout* que se caracteriza, tal como o nome indica, pela posição fixa do produto. Quer isto dizer que neste caso, são os trabalhadores e equipamentos e ferramentas móveis, que se movimentam pela área de montagem ou transformação do produto. Este tipo de *layout* é mais utilizado que o produto o obriga, quer seja pelo seu peso quer seja pelo seu volume. Quando assim é o produto não é facilmente manuseado e o mais eficiente é trabalhar ao redor do produto. O principal desafio neste tipo de *layout* é a organização de todos os recursos nas imediações do produto. Na Tabela 2 são apresentadas vantagens e desvantagens:

Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens do *layout* por Posição Fixa

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Movimentação do produto reduzida; • Flexibilidade no processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de movimentação de recursos; • Necessidade de grandes áreas; • Necessidade de duplicação de recursos; • Necessidade de constante supervisão; • Necessidade de grande sincronia.

Layout por Processo

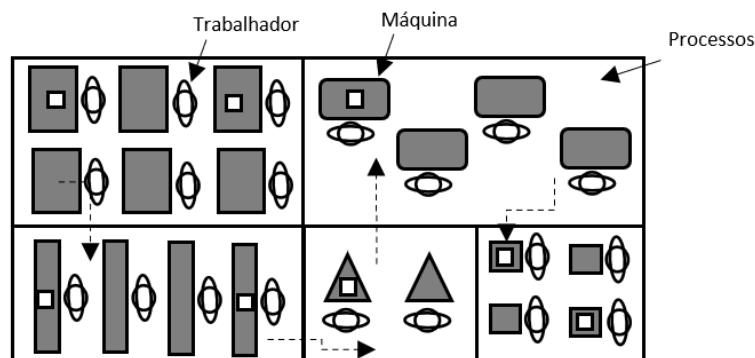


Figura 24 - *Layout por Processo*

O *layout* por processo (Figura 24) é, tal como o nome indica, um tipo de *layout* que se caracteriza por aglomerar as várias máquinas em segmentos diferentes. Para [45] o que domina o fator de decisão deste tipo de *layout* é a necessidade e a conveniência dos recursos transformadores. Quer isto dizer que processos com necessidades idênticas são aglomerados para que desta forma os produtos sigam o seu fluxo de processo. Este tipo de *layout* é mais utilizado para a produção de uma grande variedade de produtos, com um reduzido tamanho de lotes. No fundo é usado quando o volume de produção do mesmo produto não justifica a implementação de um *layout* celular ou por produto. Na Tabela 3 são apresentadas vantagens e desvantagens:

Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens do *layout* por Processo

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Supervisão especializada por processo; • Equipamentos de uso geral; • Sistemas flexíveis de trabalho; • Produção “independente”; • Menor impacto de avarias de máquinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade no planeamento de produção; • Fluxos produtivos complexos; • Necessidade de mão-de-obra especializada; • WIP elevado; • Elevado lead time; • Fluxo irregular que dificulta melhorias.

Layout por Célula

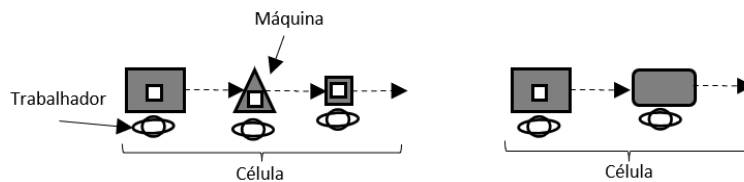
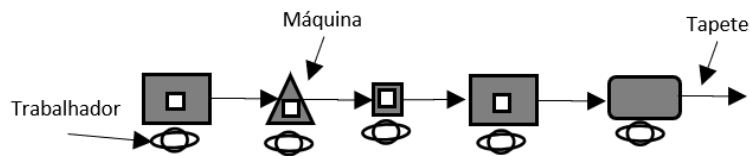


Figura 25 - Layout por Célula

O *layout* por célula (Figura 26 - Layout por Linha) é caracterizado por agrupar máquinas que permitem produzir todos os componentes do produto, sendo depois apenas, caso necessário, encaminhados para a zona de montagem. No fundo este tipo de *layout* é uma alternativa à forma tradicional de organização do modelo de *layout* por processo. Na Tabela 4 são apresentadas vantagens e desvantagens:

Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens do *Layout* por Célula

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Grande taxa de ocupação das máquinas; • Flexibilidade no processo; • Baixo stock; • Melhor controlo de custos; • Melhoria nos índices de qualidade; • Maior fluidez do processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada supervisão; • Necessidade de mão-de-obra especializada; • Impossibilidade da utilização de máquinas para outras produções; • Fluxo condicionado.

Layout por Linha**Figura 26 - Layout por Linha**

O *layout* por linha (Figura 26) caracteriza-se por seguir todo o encadeamento produtivo de um respetivo produto. Por norma no fluxo de materiais de uma máquina para a outra é feito através de transportadores automáticos. Para que tudo funcione de forma correta, é sempre mantido um determinado ritmo previamente definido. Este tipo de *layout* é claramente apropriado para lotes elevados de produção de um determinado produto, sendo que normalmente as máquinas não são partilhadas por diferentes produtos. Na Tabela 5 são apresentadas vantagens e desvantagens:

Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens do *layout* por Linha

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Sequências lógicas de produção; • Redução do manuseio de material; • Baixa necessidade de mão-de-obra especializada; • Planeamento de produção simples; • Redução de distâncias entre operações; • Redução dos stocks intermédios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos muito específicos; • Processo produtivo inflexível; • Paragem de uma máquina corresponde a paragem na linha; • Necessidade de um elevado sincronismo entre máquinas; • Operações dependentes.

Método de Seleção

A escolha do tipo de *layout* implica primeiro um elevado conhecimento de todo o processo produtivo, de todos os recursos existentes na unidade industrial e de um elevado conhecimento de todos os produtos a produzir. Para além de tudo isto, outro fator determinante é a relação entre o volume e a variedade. Este rácio entre o volume e variedade é o que irá de certa forma balizar que tipo de *layout* será mais adequado para a unidade fabril em estudo [48].

3. Metodologia

Tendo por base os objetivos do presente Projeto, descritos no subcapítulo 1.2, foi definida a metodologia a seguir para o cumprimento dos mesmos.

Numa fase inicial do projeto foi necessário conhecer e compreender todo o processo produtivo e para isso foi dada alguma liberdade para explorar o mesmo, para fazer observações e para criar algumas relações com todos os envolvidos no mesmo.

Tendo em conta que a empresa tem sofrido um crescimento muito grande em pouco tempo, encontra-se na mesma, um sistema produtivo com grande margem de melhoria. Tendo em conta que o caminho até ter um processo otimizado será longo, definiu-se que o mais correto seria analisar em primeiro lugar os problemas que estavam de forma verdadeiramente declarada a afetar a produção e criar estratégias para contornar esses problemas.

A forma para encontrar esses mesmos problemas foi através de entrevistas com os responsáveis da unidade fabril, com os chefes de secção e também através de uma análise resultante do reconhecimento do processo. Nestas entrevistas foram partilhadas as grandes dificuldades sentidas e foram também partilhados os processos em que se sentia que seriam um ponto crítico.

3.1. Recursos Industriais

Dentro do processo de reconhecimento do processo produtivo, foi muito importante conhecer os recursos existentes no chão de fábrica.

Como já dito anteriormente, a empresa resulta da junção de duas empresas familiares dos dois sócios da empresa. Como tal os sócios cresceram no mundo da Pedra e têm consigo um elevadíssimo *know-how*. Aliado a isso, é importante referir que existem na empresa colaboradores que estão quase desde o início da empresa, o que significa a existência de uma grande experiência dentro da empresa. No entanto, e tendo em conta o objetivo de modernização e do constante crescimento da empresa, existem também vários elementos mais jovens com o objetivo de acrescentar uma dinâmica diferente. Desta forma conclui-se que, no que toca aos recursos humanos da empresa, esta contém um *mix* entre juventude e experiência. O número de colaboradores nos dias de hoje ronda os 60, distribuídos por todas as áreas da empresa, desde o departamento comercial, ao administrativo, marketing ou produção.

Relativamente aos recursos físicos, o crescimento tem sido enorme. A empresa iniciou-se num espaço correspondente a uma garagem e nos dias de hoje tem já 4 pavilhões de grandes dimensões e um parque de máquinas de elevadíssima qualidade. O investimento nesta área tem sido enorme, com o objetivo de conseguir disputar um bom lugar nos mercados internacionais. Existem máquinas que estão na empresa também praticamente desde a data da sua fundação, no entanto quase anualmente têm sido adquiridos novos equipamentos para conseguir dar uma melhor resposta ao que o mercado pede. Na Tabela 6 estão presentes os equipamentos presentes no parque industrial.

Tabela 6 – Lista de Equipamentos

Secção	Equipamento	Secção	Equipamento
Serragem	Engenho 1	Corte	Máquina de Cortar de ponte 1
Serragem	Engenho 2	Corte	Máquina de Cortar de ponte 2
Serragem	Multifios	Corte	Máquina de Cortar de ponte 3
Serragem	Bifio	Corte	Máquina de Cortar de ponte 4
Serragem	Monofio	Corte	Máquina de Cortar de tapete 1
Polimento	Linha de Resinagem	Corte	Máquina de Cortar de tapete 2
Polimento	Máquina de Polir de tapete 1	Corte	Máquina de Jato de Água
Polimento	Máquina de Polir de tapete 2	Corte	Máquina de abrir rasgos
Polimento	Máquina de Polir de tapete 3	Corte	Máquina de Escacilhar
Polimento	Máquina de Calibrar	Maquinação	CNC 1
Polimento	Máquina de Flamejar	Maquinação	CNC 2
Polimento	Máquina de Polir Manual	Maquinação	CNC 3
Polimento	Cabine de Granalhar	Maquinação	CNC 4
Maquinação	CNC 4		

3.2. Tipologia de Produtos

Como referido anteriormente a empresa LSI Stone é uma empresa especializada em projetos e dessa forma cada obra tem especificações e características únicas. No fundo não existem dois projetos iguais. Isto faz com que, por vezes, até mesmo dentro do mesmo projeto, exista uma variedade muito grande dos produtos a entregar ao cliente. Esta grande variedade de produtos

transforma a produção da empresa em algo um pouco complexo pois, no mesmo dia, podem estar a ser produzidos vários tipos de produtos diferentes.

A grande variedade de produtos traz também associada uma grande variedade de processos, com caminhos no chão de fábrica bastante distintos e com tempos de produção também eles bastante distintos. É por isso mesmo bastante complexo executar um planeamento 100% correto da produção de uma fábrica que transforma Rochas Ornamentais e que trabalha essencialmente com projetos. Para que exista essa grande variedade entre produtos, existem alguns fatores que os diferenciam em larga escala. É possível enumerar três grandes fatores que serão descritos de seguida:

- **Dimensões do produto:** cada produto tem, claro está, um comprimento, uma largura e uma espessura associadas. Olhando particularmente para a espessura, esta é uma variável que pode diferenciar em muito o tipo de produto, a forma de manuseio do mesmo, as máquinas em que o mesmo pode ser trabalhado e ainda a forma de embalar o mesmo. Olhando por exemplo para o processo de serragem do bloco, os Engenhos de Serrar são indicados para finas espessuras, já os equipamentos de serragem a fio são mais versáteis nesse sentido. Já no processo de corte, existem equipamentos com limitações específicas no que toca à espessura que consegue cortar;
- **Design:** cada produto tem um fim destinado e de acordo com esse fim o produto tem um design específico associado. O seu design pode ser simplesmente um retângulo em que a pedra é apenas acabada na sua face e que pode ser aplicado para ladrilho por exemplo, ou então o seu design pode ser por exemplo o de uma peça que exija bastantes maquinações como por exemplo umas gravações de letras. Como se pode imaginar, estes dois produtos têm processos produtivos bastante distintos;
- **Material:** para além das dimensões e o seu design, também o material pode fazer com que os produtos sejam bastante distintos entre si. Logo a começar pela família de produtos, estes podem ser Calcários, Mármore, Granitos, Quartzitos, entre outros. Como é possível calcular, cada tipo de material tem as suas características físicas o que leva a que exista alguma variabilidade no que toca ao tratamento e manuseamento dos mesmos. Cortar por exemplo ladrilhos com dimensões diferentes de calcário e cortar os mesmos ladrilhos com a mesma variação de dimensões de um mármore leva a que o processo de corte seja feito de forma diferente. No caso de um calcário este deverá ser cortado numa máquina de corte de

tapete em que existirá sempre algum desperdício associado a pequenos defeitos na chapa. No caso de um mármore, este possivelmente irá ser aproveitado quase na sua totalidade e por forma a tirar um maior aproveitamento do mesmo e evitar peças estragadas por sobrecorte, deverá ser cortado numa máquina de ponte para que sejam retiradas as peças à medida que são cortadas.

Pode-se dizer que estes são os fatores principais para a diferenciação de produtos e também diferenciação do processo produtivo em si, no entanto por vezes, há outros fatores mais específicos dos projetos que fazem com que exista uma variedade ainda maior e que tornam o processo ainda mais complexo, como a aplicação de um material hidrofugante após o corte, ou então a necessidade de fazer um dry lay (processo em que se simula a aplicação das pedras nas instalações da empresa com o objetivo de secar a pedra e perceber se o trabalho está bem executado). Estes detalhes por vezes são determinantes e são capazes de levar o lead time para o dobro, quando comparados com produtos idênticos.

Por forma a simplificar um pouco a leitura da produção, decidiu-se criar uma tipologia de produtos. Esta tipologia permite fazer uma análise do processo produtivo de forma individual. As tipologias são feitas de acordo com as características do produto e por consequência o processo a este associado. Dentro de uma tipologia o processo produtivo será sempre igual. Foram criadas apenas tipologias que tenham algum peso naquilo que é a produção anual da empresa. Se fossem criadas todas as tipologias já produzidas na empresa o seu número seria enorme e não trataria benefício que justificasse esse trabalho.

3.2.1. Tipo 1 - Ladrilhos / Revestimentos simples em Calcário

O ladrilho (Figura 27) são peças que tem como objetivo ser aplicados no chão, já os revestimentos são peças que podem ser aplicadas nas paredes interiores ou exteriores de um edifício e, tal como o nome indica, servem para revestir essas mesmas paredes. Estas peças são geralmente em formato retangular, sem qualquer corte, maquinaria ou acabamento manual adicional. Este é, portanto, o produto mais simples de se produzir numa fábrica de rochas ornamentais, excluindo a chapa meramente serrada e polida. Este tipo de peça por ter vários tipos de acabamentos, mediante sempre o pedido do cliente. Na LSI Stone a maior parte dos ladrilhos e dos revestimentos são produzidos com o acabamento amaciado, no entanto existem outros acabamentos em que se pretende um acabamento anti derrapante.



Figura 27 - Ladrilho [49]

Em termos de processo, tal como se pode ver no esquema da Figura 28, este tipo de produto passa apenas em quatro secções. Inicialmente o bloco chega ao Engenho de Serrar de onde vão sair chapas já com a espessura pretendida para o produto. De seguida, vão para a máquina de polir onde é dado o acabamento pretendido. Na secção seguinte as pedras são cortadas nas máquinas de tapete e seguem logo para o embalamento. Como foi referido anteriormente, este processo é bastante simples e é em que se consegue fazer um planeamento mais ou menos consistente. Neste processo a única variável que pode influenciar em muito o planeamento é a qualidade da chapa. No caso dos calcários, por vezes acontece que os blocos têm muitos defeitos que depois são obviamente muito visíveis nas chapas. No limite podem ser carregadas chapas para a máquina de corte que têm apenas 10% de aproveitamento. Noutras chapas com melhor qualidade é possível extrair 60/70%. Estes valores têm uma grande diferença e transforma completamente o planeamento de uma encomenda deste género. Pode-se dizer que é o único grande problema quando comparado com outros materiais. Em termos de trabalho, o calcário é um material que causa muito menos desgaste de ferramentas, no entanto tem este problema da qualidade sempre associado.



Figura 28 – Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 1

3.2.2. Tipo 2 - Ladrilhos / Revestimentos simples em Granito

O ladrilho ou revestimento em granito (Figura 29), em termos de aplicação é bastante idêntico ao calcário. Tem as mesmas funções, no entanto é mais utilizado para exteriores. Os seus acabamentos podem ser muito variados, no entanto os mais utilizados são o flamejado e o polido. O processo de flamejar é um pouco diferente dos restantes e até é feito numa máquina especial para o efeito. Este consiste em queimar a pedra e isso dá uma certa textura à pedra que permite que a mesma fique algo antiderrapante e com um aspeto envelhecido.



Figura 29 – Ladrilho em granito [49]

Relativamente ao processo (Figura 30), o que difere do processo de ladrilho/revestimento calcário é a máquina utilizada na serragem e a máquina utilizada no corte. O bloco de granito tem que ser serrado a fio, o que como se sabe deixa a espessura um pouco irregular. De seguida vai para o polimento e aí pode variar entre uma máquina de polir normal e uma máquina de flamejar. Depois segue para o corte onde é maioritariamente cortada numa máquina de ponte. A empresa tem já algum know-how a cortar granito e consegue tirar grande proveito das máquinas de ponte, com discos especiais de granito, e por norma estas peças são cortadas nestas máquinas, enquanto que as máquinas de tapete estão mais direccionadas para o corte de calcário. Por fim as pedras seguem para o embalamento. Tal como no tipo de pedras anterior, este também passa apenas por quatro secções.



Figura 30 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 2

3.2.3. Tipo 3 - Fachada com sistema de fixação em Calcário

Este tipo de pedras é aplicado nas fachadas dos edifícios e o que as difere de uma pedras de revestimento normal como as do tipo 1 é que estas têm que ter um sistema de fixação (Figura 31). Esse sistema de fixação pode ser do tipo kerf, que consiste em fazer rasgos nas laterais da pedra para que as estruturas metálicas em obra façam o encaixe e fixe a pedra, ou podem ser do tipo furos que consistem em inserir um elemento metálico na pedra que posteriormente será anexado à estrutura também ela metálica do edifício. Estes são os dois tipos que se trabalha mais na empresa. Neste processo é fundamental que as operações na secção da CNC estejam altamente otimizadas para que não exista uma sobrecarga muito grande na secção e não fique muito material retido na mesma.



Figura 31 - Sistemas de Fixação de Furos e Kerfs [50] [51]

O processo (Figura 32) é em tudo igual ao processo de ladrilho ou de revestimento calcário, no entanto após a secção de corte as peças têm que passar na secção da CNC para serem abertos os *kerfs* ou os furos. No caso dos furos, estes são abertos com recurso a fresas, podendo até ser fresas especiais no caso de furos de *fischer*. Já para abrir os *kerfs*, estes podem e devem ser abertos com recurso a discos pequenos por forma a tornar o processo mais rápido. Após isso o material segue para a secção de embalamento onde é embalado.

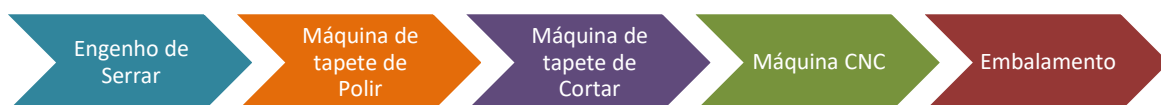


Figura 32 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 3

3.2.4. Tipo 4 – Peças de finas espessuras com acabamentos manuais em Calcário

No caso do Tipo 4, este corresponde a peças de calcário de fina espessura, ou seja, que são cortadas em máquinas de tapete, mas que após o corte têm que levar algum tipo de acabamento manual que não foi possível dar na máquina de polir. O exemplo mais conhecido deste tipo de peças são os degraus (Figura 33) pois, após cortados, têm que ter pelo menos a frente do mesmo acabada. Ou seja, a pedra tem que ter não só a face acabada como ainda tem que ter uma aresta frontal também acabada e pode também ainda ter um ressalto nas costas da pedra para que quando se olhe para as escadas se veja toda a peça acabada. Outro exemplo de pedras deste género são os rodapés que por norma têm também uma aresta acabada para além da face comum. Maioritariamente estes acabamentos manuais neste tipo de pedras são amaciados, no entanto podem também ser polidos, areados ou flamejados. Tudo depende do pedido do cliente.



Figura 33 – Degraus [49]

Relativamente ao sequenciamento de operações (Figura 34), o bloco é serrado no Engenho de Serrar e logo de seguida é acabado numa máquina de tapete de polir. De seguida as chapas entram numa máquina de tapete para serem cortadas e depois são direccionadas para o acabamento manual onde são ornamentadas de acordo com o pretendido. Por fim seguem para a secção de embalagem.

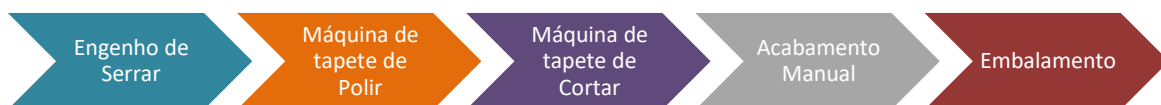


Figura 34 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 4

3.2.5. Tipo 5 - Peças maquinadas de grossas espessuras com acabamento manual

Este tipo de peças é um tipo bastante produzido na empresa. Consiste em pedras com uma espessura considerada elevada e que por isso mesmo têm que ser serradas a fio (Figura 35). Na maior parte das vezes seguem logo diretamente para as máquinas CNC onde por norma estão diversas horas a sofrer maquinações para obter a forma pretendida para o efeito. Estas peças podem ser banheiras, peitoris, capeamentos, pedras para as fachadas com letras ou desenhos, entre outros exemplos. A diversidade deste tipo de peças é enorme. No caso de as peças serem feitas em granito, o tempo de maquinação das mesmas dispara consideravelmente quando comparado com os tempos de calcário. No entanto por vezes pode ocorrer ter uma peça de calcário que aparentemente tem qualidade quando vista em bruto e após maquinar encontra-se no interior da mesma falta de qualidade o que pode significar largas horas de trabalho em vão. De qualquer das formas, o controlo de qualidade destas peças tem que ser muito rigoroso pois uma pedra deste tipo rejeitada apenas na secção de embalagem significa por vezes centenas de euros já gastos não só em pedra como em trabalho.



Figura 35 – Pedra de varanda [49]

O sequenciamento de operações destas peças (Figura 36) é iniciado com a serragem a fio de uma chapa de grossas dimensões. De seguida é colocada numa máquina de ponte para ser cortada para uma medida superior às medidas pretendidas para o produto final. Convém ter medidas superiores para dar alguma sobreespessura à maquinação CNC e não se correr o risco de faltar material. De seguida, segue para a maquinação onde é dada forma às peças e depois segue para o acabamento manuais onde é dado o acabamento pretendido ao material. Por fim, segue para o embalagem.



Figura 36 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 5

3.2.6. Tipo 6 - Revestimentos em Mármore

Este tipo de produto (Figura 37) é usado majoritariamente para revestimento de cozinhas ou de casas de banho. Muito utilizado em projetos de luxo, este tipo de revestimentos dá um toque de elevada elegância a qualquer projeto e é um produto que deve ser trabalho com extremo cuidado. O corte deste tipo de produtos deve ser feito por operadores com elevado *know-how* para que consigam perceber a forma correta de “casar” as peças. Este termo é usado para o efeito que se pretende que as pedras tenham quando o veio da mesma passa de uma pedra para a outra sem nenhum desfaseamento. Este é um processo que não é simples e que obriga a muita atenção.



Figura 37 – Revestimento em Mármore [49]

O sequenciamento das operações (Figura 38) é um pouco diferente dos restantes. Como se fala de mármore, este deve ser serrado a fio e de seguida, devido à grande fragilidade do mesmo, deve ser calibrado (para obter a espessura uniforme) e resinado. O processo de resinagem vai tornar o material mais resistente. De seguida o material segue o caminho comum de polimento ou será ou polido ou amaciado e depois irá para uma máquina de ponte de corte. Estes materiais devem ser cortados nestas máquinas para evitar o sobrecorte que existe nas máquinas de tapete. Esse sobrecorte levaria a grande desperdício de um material que por vezes é muito caro. Por fim segue para a secção de embalagem.

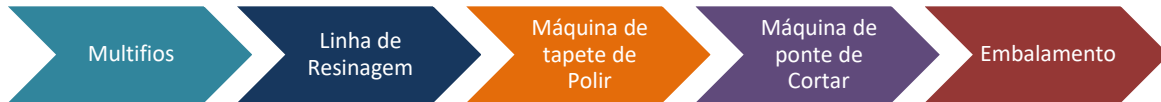


Figura 38 - Sequenciamento de Operações do Produto Tipo 6

3.3. Técnicas de recolha de dados

Para conseguir implementar qualquer melhoria na produção, e também para analisar se surtiram real efeito, é sempre necessário recolher dados. Esses dados podem ser do tipo qualitativo ou quantitativo e podem ser recolhidos de formas bastante variadas.

Para o desenvolvimento do presente projeto, foram recolhidas informações e dados qualitativos através das entrevistas que foram sendo realizadas. Posteriormente às entrevistas foram recolhidos dados temporais através da medição com cronometro e também de um software que faz a leitura do tempo produtivo de alguns equipamentos. Foram também recolhidos dados relativos às distâncias entre os equipamentos. Esses valores foram recolhidos de um ficheiro CAD da planta do chão de fábrica. Foi também necessário recolher dados relativos à faturação da empresa no ano transato, para conseguir perceber o peso de cada tipologia de produto na produção anual, e esses dados foram recolhidos do software de gestão que a empresa tem instalado.

4. Implementação da Metodologia

Neste capítulo serão apresentados alguns trabalhos, que englobam metodologias *Lean*, e que foram aplicados na empresa aquando da elaboração do presente projeto. Com estes trabalhos procura-se ir de encontro aos objetivos estabelecidos para o projeto.

4.1.Otimização do Processo de Embalamento

O processo de embalamento da empresa consiste em receber da secção anterior uma palete com produtos e arrumar estes nos caixotes previamente destinados. Os caixotes são feitos em madeira, na secção de Carpintaria, e são feitos à medida, de acordo com uma lista criada previamente. Essas listas, chamadas listas de corte, contêm o número do caixote e as pedras que nele devem estar presentes após o processo de embalamento. Essas mesmas listas de corte, elaboradas pelo preparador da produção, não tinham qualquer critério específico para a distribuição por caixote. No fundo, o que acontecia era que numa palete que seguia determinado caminho na produção, poderiam estar presentes pedras referentes a vários caixotes diferentes, e isso acontecia ou por mera conveniência dos restantes elementos da produção, ou simplesmente porque esta distribuição por palete ocorria de forma pura e simplesmente aleatória.

Esta é uma questão que aparentemente não interfere muito com o processo de embalamento, mas assumindo que uma palete pode servir para encher três caixotes, significa que no fim dessa palete, nenhum dos caixotes estará completo. Na palete seguinte podem estar presentes pedras referentes a um ou dois caixotes diferentes dos que já foram haviam sido iniciados, e isto significa que já se teriam cinco caixotes iniciados apenas a trabalhar com duas paletes.

Percebeu-se também que os embaladores percorriam muitos metros diariamente, com as pedras nas suas mãos, ou a movimentar as mesmas através da ponte rolante. Na situação inicial, o embalador teria que fazer a seguinte sequência tarefas: olhar a referência da peça, deslocar-se ao carro de apoio e procurar na lista o respetivo caixote, procurar o respetivo desenho, voltar à palete e medir a peça para verificar que tudo estava conforme, transportar a peça até ao caixote, voltar à palete, e voltar a repetir todo o processo até ficar com a palete totalmente descarregada. Feita a observação deste processo vários dias, feitas medições de tempo, foi possível fazer um pequeno estudo que resultou no diagrama de esparguete que está presente na Figura 39, e que representa todas as movimentações que eram necessárias para esvaziar uma palete de pedras.

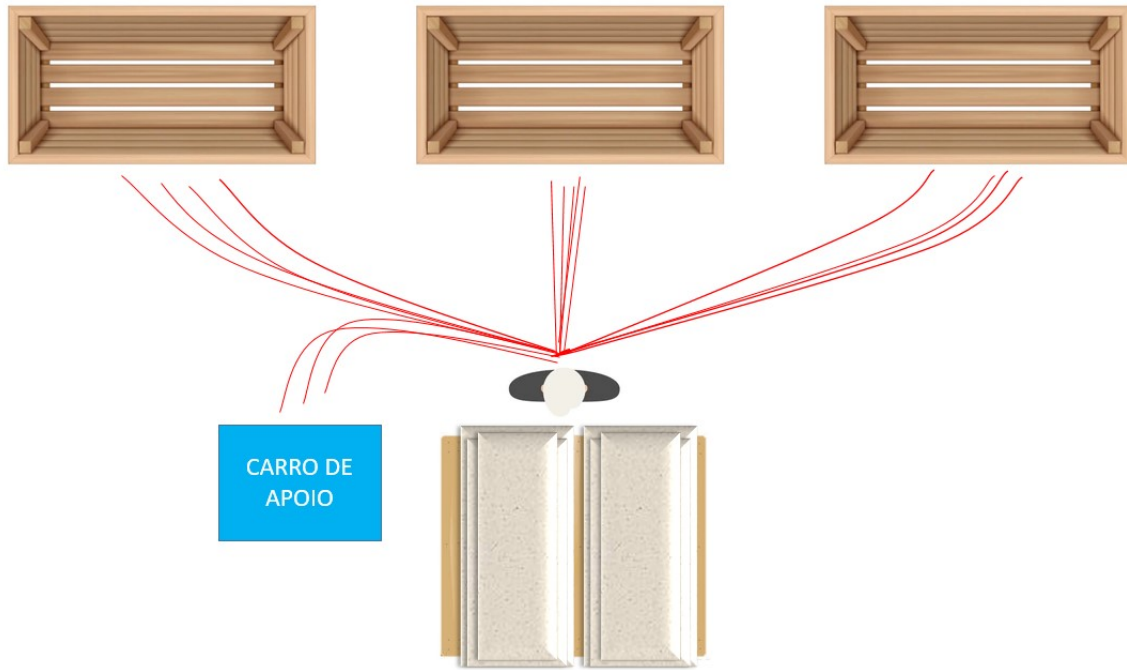



Figura 39 – Diagrama de Esparguete da secção embalagem – Antes

Olhando apenas para o diagrama apresentado na Figura 39 é possível verificar que eram feitos vários movimentos repetidos e que podiam ser eliminados para tornar o processo muito mais ágil. Sendo assim decidiu-se em primeiro lugar estabelecer alguns critérios rígidos para a criação das listas de corte e distribuição das peças pelos caixotes. Definiu-se, em primeiro lugar, que as peças deveriam ser agrupadas por sequência de processos, ou seja, supondo que numa encomenda existiam dez peças que teriam que passar na secção de acabamento manual, essas mesmas dez pedras deveriam estar presentes no mesmo caixote. De seguida ficou também definido que sempre que seja possível as pedras deveriam também ser agrupadas por tamanho, por forma a otimizar ao máximo a madeira utilizada nos caixotes e desta forma evitar espaços vazios dentro dos mesmos. Por fim ficou definido que no chão de fábrica cada palete seria igual a um caixote definido na lista de corte, ou seja, todas as pedras do caixote x deveriam estar juntas na mesma paleta. Isto permite que todas as secções, não só o embalagem, recebam determinada paleta e percebam que nela estão presentes todas as pedras de determinado caixote. Permite também que não existam peças na secção de acabamento manual por exemplo, que não tenham qualquer trabalho a fazer nessa secção. A presença e a movimentação de uma peça para uma secção que não seja necessária traz um risco acrescido de alguma quebra durante o processo produtivo, para além de desperdício de transporte. As peças devem fazer o menor trajeto possível até ao caixote. Para além destas alterações existiu outra alteração muito importante. Na secção de embalagem foi facilmente perceptível que o embalador gastava

bastante tempo a analisar os desenhos das peças e a fazer medições às mesmas por forma a garantir a conformidade. Para além disso, isto significava que as não conformidades eram detetadas apenas na altura de embalagem, o que por vezes trazia grandes constrangimentos. Por isso mesmo foi definido que um controlador da Qualidade pertencente a esse departamento deveria fazer uma verificação da conformidade de todas as peças de todas as paletes presentes no pavilhão de embalagem, para além de verificações anteriores nas restantes secções, e desta forma permitir que este tempo fosse eliminado ao tempo de embalagem. No fundo permitiu que todos os embaladores ficassem com esse tempo disponível para embalar mais pedras. Para além disso foi também definido que em cada paleta se pedra deve estar um papel identificar do mesmo (Figura 40), que deve acompanhar a paleta desde o início do processo até ao fim. Nesse papel deve ser preenchido o nome da obra, o número da ordem de produção, o número do caixote e a data de criação do papel. De seguida em cada secção, após ser realizado o trabalho, deve ser colocada a data, deve ser assinado pelo responsável e deve ser escrita alguma observação importante para a secção seguinte no caso de existir algo a comunicar. Nesse mesmo papel é também colocada a inspeção feita pelo controlador da qualidade.

		Obra:		Nº OP:	
		Nº Caixote:		Data: __/__/____	
	Corte	CNC	Acabamento	Embalamento	Rasgos
<u>Data:</u>					
<u>Responsável:</u>					
<u>Observações:</u>					
A preencher pelo Departamento de Qualidade:					
<u>Controlo de Qualidade:</u>	Aspeto Visual	Tonalidade	Acabamento	Dimensões	Outros Detalhes
<u>Observações:</u>					

Imp. 11.38.A – Controlo de Produção e Qualidade de Produto

Figura 40 – Template da Folha Identificadora de Paleta

Na Figura 41, está presente o diagrama de esparguete da situação atual. No fim de estar vazia a paleta, o caixote está totalmente embalado.

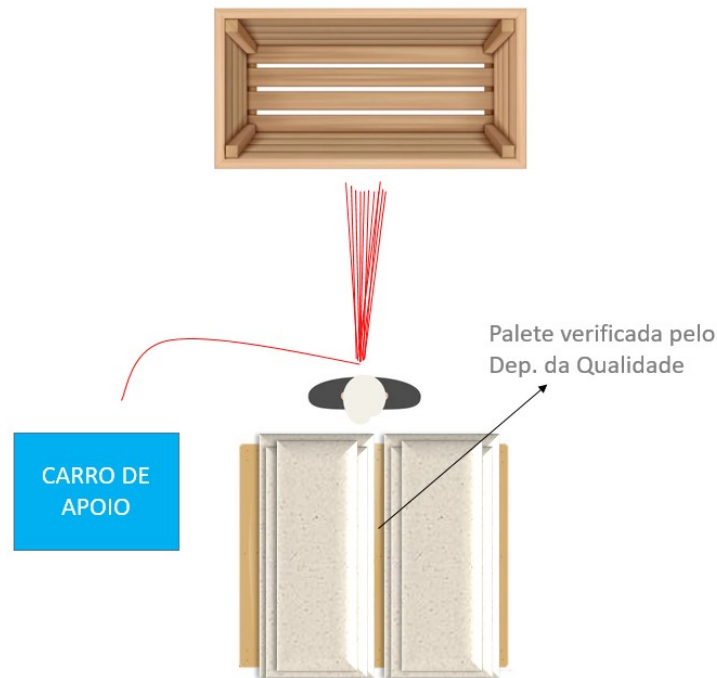


Figura 41 - Diagrama de Esparguete da seção embalagem – Depois

Relativamente ao tempo ganho no embalamento de cada caixote, é algo que não é fácil de demonstrar nem tão pouco é linear. Tal como os projetos e os produtos são muito diversos, também os caixotes e a forma de embalamento também o são. No entanto, fazendo uma análise ao tempo de embalamento de um caixote standard de ladrilho calcário (Tabela 7), foi possível verificar a seguinte melhoria de tempos:

Tabela 7 – Melhoria no tempo de Embalamento

Tempo de Embalamento		
Antes	Depois	Melhoria
00:44:00	00:25:00	- 43%

4.2. Aplicação de metodologia SMED na seção de Maquinação CNC

Na produção de peças do Tipo 3 - Fachada com sistema de fixação em Calcário, após análise cuidada aos tempos individuais de cada seção presente na sequencia produtiva das mesmas, foi possível verificar a existência de um *bottleneck* na seção de maquinação CNC. No caso

estudado, a obra em causa tinha a exigência por parte do cliente do carregamento de 6 camiões de pedra por mês. Todas as pedras eram bastante idênticas, todas do Tipo 3 e a única variável que se alterava de umas pedras para as outras eram as dimensões das mesmas. A sua espessura não se alterava, sendo sempre 30mm, no entanto o comprimento e largura eram variáveis. A quantidade de cada tipo de pedra também variava bastante, sendo que algumas referências podiam ter quantidades muito diversas, nomeadamente, chegar às 400 pedras em algumas referências e outras referência apenas com quantidade unitária.

Olhando para a situação inicial, foi possível verificar que a empresa estava a ter grandes dificuldades para conseguir concluir a produção e enviar um camião por semana. Significa que a empresa estava em falha com o pedido do cliente pois, mensalmente, estavam a ser enviados apenas quatro, por vezes cinco, camiões por mês. Olhando de seguida para o tempo necessário para produzir esse mesmo camião, foi possível verificar que na secção de maquinaria CNC, estava a existir um esforço enorme para o cumprimento desse mesmo camião semanal, muito à custa de um grande número de horas extra. Dessa forma partiu-se para a análise do tempo necessário para produzir 450 número de metros quadrados de pedra, o equivalente a um camião completo. Na Tabela 8, está presente o tempo necessário médio, após a análise a quatro camiões.

Tabela 8 – Evidência do *bottleneck*

Secção	Tempo necessário
Serragem	8 horas
Polimento	9 horas
Corte	14 horas
Maquinação CNC	55 horas
Embalamento	10 horas

Olhando para os tempos medidos, percebeu-se que era urgente olhar para o processo de maquinaria CNC. Neste caso o sistema de fixação consistia na furação de 6 cavidades para inserção de *Fischers* nas costas de cada peça. As peças eram recebidas diretamente da secção de corte e arrumadas na paleta com as costas voltadas para cima por forma a facilitar o manuseamento das peças na secção seguinte. Desta forma procedeu-se à observação, filmagem e cronometragem de todo o processo de maquinaria CNC. Após a recolha destes dados procedeu-se à análise dos mesmos e decidiu-se categorizar os tipos de atividades presentes num período de *setup* da máquina. Essa mesma categorização está explicada na Tabela 9.

Tabela 9 – Categorização de atividades

Designação	Descrição
Vazio	Máquina sem operador
Transporte	Ações para retirar pedra acabada
Limpeza	Ações de limpeza
Programação	Escolha do programa indicado e ajuste das condições de operacionalização
Posicionamento	Ações relativas a colocar a pedra a ser maquinada, batentes e restantes apoios
Movimento	Ações relativas a movimentação de palete
Ferramenta	Ações relativas à substituição da ferramenta

Após definidas essas categorias passou-se à análise dos vídeos e de todos os dados relativos ao *setup* e dividiu-se todas as atividades, com os respetivos tempos. No total foram analisados um total de 20 *setups*, 10 relativos à CNC número 1 e outros 10 relativos à CNC número 2.

Um grande problema que foi rapidamente identificado estava relacionado com a existência de apenas uma ponte rolante no pavilhão. Isto era de facto um problema, pois quando os operadores arrancavam com o trabalho de manhã e tinham que retirar da máquina a peça que tinha ficado a maquinar de noite e montar a mesa para a produção das peças do Tipo 3. Como só existia uma ponte rolante, a mesma ficava cerca de 30 minutos ocupada com a tarefa de remoção da peça maquinada de noite (sempre peças de grandes dimensões). Isto significava que, como por vezes era necessária a ponte para a colocação das peças do Tipo 3 na máquina, esta ficava esse tempo todo no vazio. De realçar que ao fim do dia, muitas vezes este problema voltava a ocorrer pois era necessário montar a mesa e colocar a peça para maquinar na noite seguinte.

Na Tabela 10, estão presentes os tempos e as atividades habituais de um *setup* matinal. No primeiro tempo justifica-se o Vazio, em que o operador não estava presente, com a ausência deste a ajudar o operador da outra máquina CNC para que este liberta-se o mais rapidamente possível a ponte rolante para que de seguida fosse possível começar o *setup* da sua máquina. De seguida foram movimentos de Transporte em que foi necessário adequar o utensílio agregado à ponte para retirar a peça mais facilmente e de seguida o transporte de retirar a peça maquinada da máquina. Após estes passos era sempre feita uma limpeza com água para que os batentes que iam ser colocados de seguida conseguirem aderir bem à mesa sem vazamento de ar. Após isto o operador procurava o programa da peça seguinte a maquinar, neste caso peças do Tipo 3, colocava os batentes na máquina e colocava a peça a maquinar nos mesmos e por fim ajustava parâmetros de programação. Por fim era iniciado o processo de maquinação da

primeira peça Tipo 3. Estes são valores médios, e no fundo em média todo este processo demorava cerca de 37 minutos.

Tabela 10 – Tempos relativos ao *setup* matinal

Análise 1				
13:01	13:01	Vazio	Sem operador	34,82%
00:39	13:40	Transporte	Adequar utensilio agregado à ponte	1,74%
06:16	19:56	Transporte	Retirar pedra acabada	16,76%
02:20	22:16	Limpeza	Lavar superfície da máquina	6,24%
02:02	24:18	Programação	Procurar programa da peça seguinte	5,44%
07:31	31:49	Posicionamento	Colocar batentes	20,11%
04:51	36:40	Posicionamento	Colocar pedra na máquina	12,97%
00:43	37:23	Programação	Ajustar parâmetros	1,92%

É possível verificar que todas as tarefas de transporte, de limpeza, de programação e de posicionamento eram tarefas inerentes ao *setup* interno.

Por forma a conseguir reduzir os tempos de vazio, definiram-se 2 regras que se consideraram adequadas e que, obviamente, foram apresentadas aos operadores das máquinas que de pronto se mostraram bastante entusiasmados. Sendo assim foram estabelecidas as seguintes regras:

1. Alteração da organização da mesa para a maquinação noturna que permita começar imediatamente os trabalhos logo de manhã;
2. Definição de uma máquina que produza apenas peças de pequenas dimensões do tipo 3 para que assim seja possível o operador movimentar as peças à mão sem que isso implique grande esforço físico.

Desta forma foi definido que as peças a maquinar de noite seriam montadas na parte mais longe da frente da máquina, mesmo junto à extremidade da mesa. Visto que as mesas das máquinas são bastante grandes, é possível colocar a peça a maquinar de noite na extremidade mais longe da frente e montar as ventosas para a maquinação das peças do Tipo 3 na frente. Na Figura 42, está presente o esquema de trabalho que foi implementado nas máquinas.



Figura 42 – Representação Gráfica da montagem das peças de maquinação noturna – Depois

Com estas duas simples alterações foi possível ganhar em média 37 minutos logo no início do dia. Ao fim do dia era feita a remoção da peça maquinada na noite anterior e colocada a peça a maquinar na noite seguinte. Outras vezes a peça a maquinar na noite seguinte era a mesma, devido a maquinações muito complexas, e assim a peça não chegava sequer a sair do equipamento.

Olhando agora para o *setup* entre maquinações de pedras do Tipo 3, foi possível verificar que as atividades entre maquinações eram sempre as mesmas: retirar a peça anterior, colocar a peça a maquinar, ajustar por forma a garantir o posicionamento correto da mesma e carregamento do programa correspondente, e estas tarefas eram sempre realizadas com a máquina parada. Por fim era realmente o tempo de maquinação. Na Tabela 11 está uma linha de tempo representativa da situação antes de serem feitas alterações ao processo. Nesta tabela temos a cor de laranja as atividades que são feitas com a máquina parada, ou seja *setup* interno, e a verde as atividades que correspondem ao tempo em que a máquina está a trabalhar, o que corresponde a *setup* externo.

Tabela 11 - Linha de tempo do *setup* CNC – Antes

Retirar	01:51				
Colocar		01:46			
Ajustar			00:50		
Programa				01:37	
Maquinar					03:00

Foi então possível verificar que o tempo a máquina passava 3 minutos a produzir e de seguida passava cerca de 6 minutos para se retirar a peça maquinada, colocar a peça seguinte na máquina, fazer os ajustes, chamar o programa e só depois era iniciada a produção da peça seguinte. Assim o rácio era de 3 minutos de máquina a produzir e 6 minutos máquina parada.

Após ter a recolha de atividades que eram sempre efetuadas e também os respetivos tempos, seguiu-se com o intuito de estudar uma forma de otimizar todos estes tempos e ainda de transferir essas mesmas atividades para o tempo em que a máquina estava a produzir. No entanto esta

intenção esbarrava sempre no facto de existir apenas uma mesa na máquina e também devido ao facto de não justificar a existência de uma segunda mesa para fazer a troca de mesas após a maquinação. Esse cenário foi estudado, mas chegou-se à conclusão que devido ao facto de o tempo de maquinação ser bastante reduzido, apenas 3 minutos, não compensava esta troca de mesas que teria que ser feita com o auxílio de um empilhador ou de uma ponte rolante. Desta forma foi feita uma análise à mesa existente, mais concretamente ao tamanho da mesma, e facilmente se percebeu que era perfeitamente possível ter duas origens definidas na máquina, uma em cada extremidade da máquina, desde que as peças não fossem extremamente grandes, até por segurança do operador. No cenário inicial existia apenas um zero definido na máquina, esse zero era definido fisicamente na máquina através dos batentes e o operador sabia que ao colocar a pedra na máquina apenas deveria colocar a pedra naquele local específico. Desta forma foi ensaiada a implementação das duas origens na máquina, ou seja, dois locais específicos para serem colocadas pedra. Esses dois espaços significariam 2 zeros pré-definidos na máquina e o operador apenas teria que seleccionar o zero corresponde e o programa a maquina. Sendo assim a sequência de trabalhos passaria de retirar a peça anterior, colocar a peça a maquina, ajustar a mesma e carregar o programa para, durante a maquinação da peça na posição 1, colocar e ajustar a peça na posição 2. Desta forma, quando acabada a maquinação da peça na posição 1, o operador apenas teria que mudar o zero da máquina, chamar o programa e colocar o mesmo a correr. Desta forma teria já a peça na posição 2 a maquina e poderia proceder à retirada da peça já maquinada na posição 1 e colocar uma nova peça nessa posição e ajustar a mesma. Por forma a garantir a segurança do operador, os zeros da máquina foram definidos o mais na extremidade possível e o operador só arrancaria com os procedimentos na posição que não estava a ser maquinada quando a cabeça da máquina já estivesse em cima da posição a maquina. Para além disso, foram alterados todos os programas para que, no fim de terminar a furação, a cabeça da máquina apenas subisse em z e ficasse parada naquela posição sem se deslocar para a origem, para que desta forma existisse o menor número de movimentos da cabeça da máquina enquanto o operador estava próximo da máquina. Na Figura 43 é possível ver uma representação meramente gráfica da instalação das duas origens na mesa da máquina CNC. Como é possível visualizar, existe um grande espaço entre uma origem e outra, para além de que, como estão presentes na extremidade da mesa, tanto frontal como lateral, o operador acaba apenas esticar os braços até alcançar a peça na posição que trabalhar.

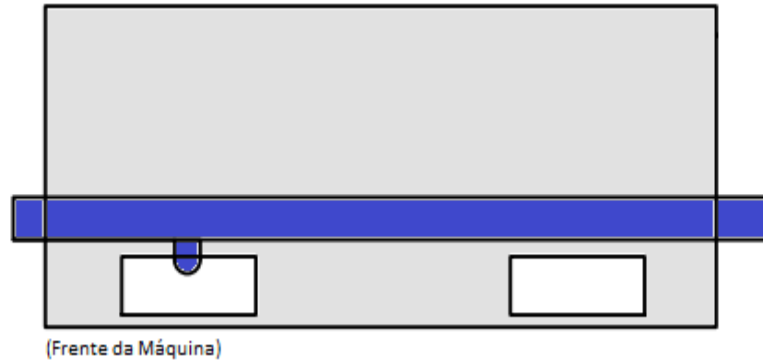


Figura 43 – Representação gráfica da instalação das duas origens

Como foi referido anteriormente, esta alteração trouxe mudanças no sequenciamento das operações e existiram algumas que passaram para o tempo em que a máquina está a produzir, ou seja para o *setup* externo. Dessa forma era importante fazer um novo levantamento de atividades e dos respetivos tempos. Para além desta alteração das duas origens, foram também otimizadas as atividades em si e com pequenas mudanças de forma de executar as tarefas, foi também possível reduzir o tempo das tarefas. Na Tabela 12 é possível ver o novo sequenciamento de operações e os respetivos tempos. Nesta tabela, tal como na anterior, temos a cor de laranja as atividades que são feitas com a máquina parada, ou seja *setup* interno, e a verde as atividades que correspondem ao tempo em que a máquina está a trabalhar, que correspondem ao *setup* externo.

Tabela 12 - Linha de tempo do *setup* CNC – Depois

Tirar pedra anterior	00:48		00:48		00:48
Colocar pedra na P1		01:20			01:20
Ajustar pedra na P1			00:50		00:50
Colocar pedra na P2				01:20	
Ajustar pedra na P2					00:50
Programa pedra na P1			01:37		01:37
Maquinar pedra na P1					
Programa pedra na P2				01:37	
Maquinar pedra na P2	03:00		03:00		03:00

Sendo assim percebe-se que se passou de 6 minutos de máquina parada para apenas 1 minuto e 37 segundos. Este tempo corresponde ao tempo de chamar o programa e de alterar a origem da máquina. Todas as outras atividades que antes eram realizadas com a máquina parada foram otimizados e foram transportados para o tempo em que a máquina está a produzir. Em suma todas estas atividades são hoje em dia feitas em menos de 3 minutos o que possibilita que sejam todas feitas enquanto o programa da outra peça presente na máquina corre.

Outro período que foi analisado foram os Domingos. O dia de Domingo era um dia em que a máquina raramente trabalhava, e quando trabalhava era apenas a terminar maquinações que tinham sido colocadas no Sábado anterior. Dessa forma foi analisado o planeamento das peças a maquirar no fim de semana e percebeu-se que as peças que são mais demoradas não estavam a ser deixadas para o fim de semana. Algumas estavam a ser maquinas durante a semana à noite e isso significava que por vezes eram necessárias 2 ou 3 noites para maquirar uma pedra. Neste caso foi delineado que as peças mais demoradas passam automaticamente para o planeamento do fim de semana para que desta forma as peças fossem maquiradas ao longo dos dois dias e que o operador ao chegar na segunda feira de manhã já encontrasse a peça totalmente maquirada. Depois era só proceder à retirada da peça no fim do dia de segunda feira.

4.3.Implementação da Metodologia 5S na secção de CNC

Na secção CNC, para além da necessidade de otimizar programas e de otimizar os tempos de *setup*, sentiu-se também necessidade de melhorar a organização, a limpeza e a segurança dos postos de trabalho. Para cumprir esse mesmo objetivo, definiu-se que a ferramenta mais eficaz e simples para o efeito seria a metodologia 5S. Olhando de seguida para a restante unidade fabril, o que se verifica é a necessidade de implementação da metodologia na fábrica toda, no entanto acreditou-se que seria mais eficaz começar apenas por uma secção.

De forma a iniciar a implementação dos 5S, foi necessário primeiramente fazer uma avaliação do estado inicial da secção. Para isso foi realizada uma auditoria em que consistiu na observação dos postos de trabalho e observação das tarefas executadas nos mesmo, e também o preenchimento de uma *checklist* (Anexo 1) que resulta num grau de implementação da metodologia na secção. Essa *checklist* está dividida em cinco parâmetros, que correspondem aos cinco sentidos da metodologia, e cada parâmetro é composto por um conjunto de questões que são relevantes para o sentido em questão. Para cada questão é atribuída uma nota de 1 a 5 e no final, dessa avaliação, sairá uma avaliação global que corresponde ao grau de implementação da metodologia. Numa primeira fase foram apenas auditados os 3 primeiros sentidos, visto que a metodologia não estava ainda implementada na secção.

Na Figura 44, são apresentados os resultados da primeira auditoria. Como é possível verificar, todos os senso ainda se encontram bastante longe do valor objetivo. O que se pretende é obter um valor superior a 80% de implementação, sendo também um objetivo obter essa marca em cada um dos senso. Neste caso o senso que se encontra mais baixo é o da triagem com apenas 7%, isto porque se verificou a existência de muitas ferramentas e documentos que não deveriam estar presentes no posto de trabalho. No entanto o senso de organização e o de limpeza não tiveram resultados muito superiores, chegando apenas aos 12 e 15% respetivamente. Esta auditoria resultou num valor média de 11,3% de implementação.

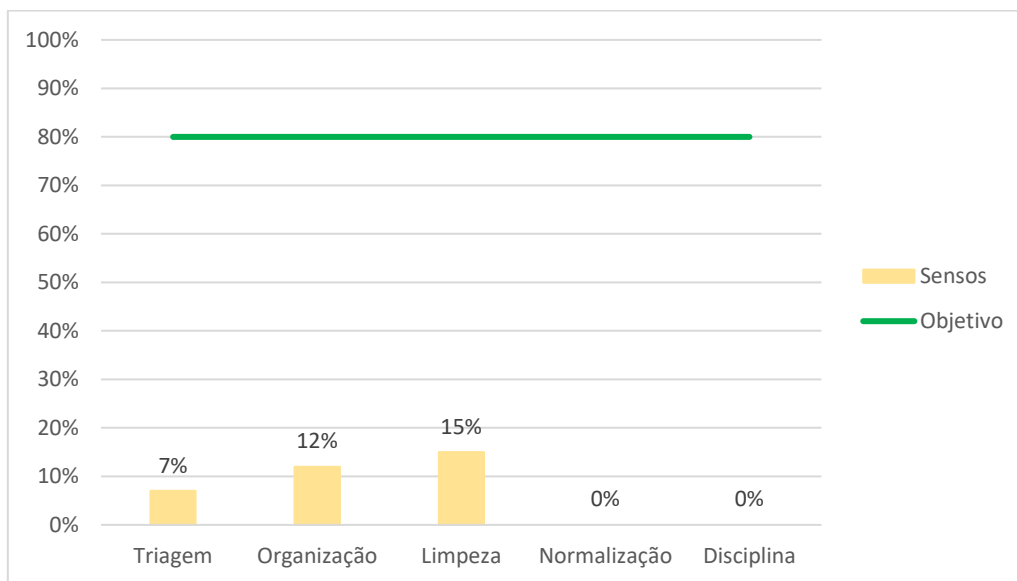


Figura 44 – Resultados da Auditoria 5S Inicial

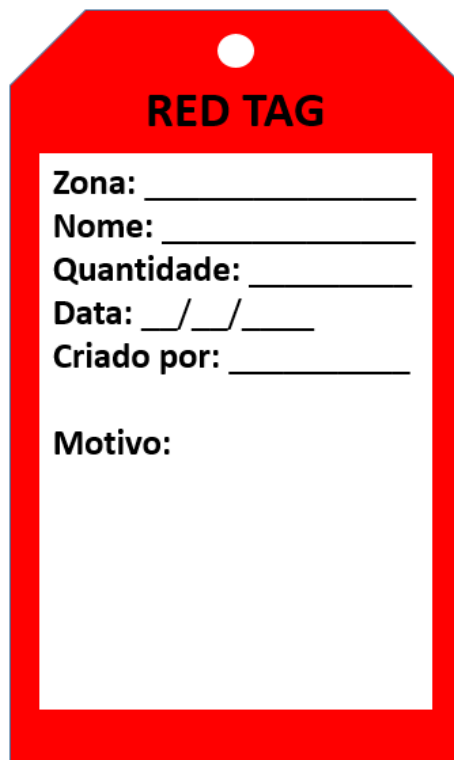
Após a auditoria, foi realizada uma pequena reunião com os colaboradores da secção com o objetivo de dar a conhecer a metodologia e também para apresentar os resultados da auditoria inicial. A reação foi positiva por parte dos colaboradores, uma vez que se sentiram bastante motivados a melhorar os seus postos de trabalho.

Do diagnóstico inicial foram identificados alguns pontos críticos relativos. Os problemas que mereceram maior destaque foram:

- Mistura entre ordens de produção em vigor e ordens de produção antigas;
- Presença de utensílios que não deveriam estar presentes na secção;
- Falta de identificação dos locais onde colocar os equipamentos;
- Falta de limpeza das bancadas de apoio;
- Desorganização do espaço destinado às paletes por maquina.

Após realizada a auditoria inicial e apresentada a metodologia aos operadores, deu-se início da implementação começando pelo senso da Triagem. Para este senso foi criada uma etiqueta *RED TAG* (Figura 45) que serve para etiquetar todos os elementos que serão eliminados do posto de trabalho. Todos estes elementos devem ser encaminhados para a *RED TAG Zone* que é uma zona destinada a receber todos estes elementos. Depois devem ser analisados por alguém responsável de forma a aferir se devem ser encaminhados para outro local ou se ali devem permanecer.

Na etiqueta é identificada a zona em que o elemento foi identificado, a sua designação, quantidade, a data da deteção e o criador da etiqueta. Depois abaixo tem um campo aberto para uma breve explicação sobre o motivo.



A imagem mostra uma etiqueta vermelha com o formato de uma tag, com um buraco no topo para pendurar. O texto "RED TAG" está impresso em negrito no topo. Abaixo, há um formulário branco com os seguintes campos: "Zona:" com uma linha de texto; "Nome:" com uma linha de texto; "Quantidade:" com uma linha de texto; "Data:" com campos para dia, mês e ano; "Criado por:" com uma linha de texto; e "Motivo:" seguido de um espaço em branco para uma explicação.

Figura 45 – Etiqueta *RED TAG*

Na secção da CNC existiam vários elementos que foram eliminados dos postos de trabalho. Elementos como ordens de produção antigas foram apenas arquivadas, ou seja, não foi criada nenhuma etiqueta. No entanto foram criadas várias etiquetas para ferramentas que não deveriam estar na secção.

Relativamente ao senso de Organização, foi necessário acima de tudo compreender o fluxo produtivo existente na secção CNC para conseguir compreender as necessidades de reorganização. Desta forma foi sugerida a marcação de duas zonas para colocação de paletes

junto à máquina. Uma zona com uma paleta vazia para receber o material a ser maquinado no momento, e outra zona para uma paleta com o próximo produto a ser maquinado. Uma realidade na secção era a falta de paletes. Várias eram as vezes em que operadores saíam da sua secção para ir procurar uma paleta vazia. Desta forma, o responsável pela logística da fábrica, passa a perceber facilmente, através de gestão visual, quando está a faltar uma paleta vazia na secção. Outra zona que foi delimitada foi a zona de espera para produtos a maquinar. Ficou definido que as paletes devem ser organizadas por projeto, o que não acontecia anteriormente. Desta forma, o operador que estiver a maquinar um determinado projeto, facilmente perceberá quando terminou todas as peças que tem disponíveis para maquinar. Anteriormente, o operador tinha que percorrer todas as paletes para perceber quais correspondiam a cada projeto.

Já nas bancadas de apoio, foi definido um sitio para cada ferramenta, para cada equipamento de medição e foram também instaladas pequenas prateleiras para uma mais fácil organização das ordens de produção. Todos estes sítios foram devidamente identificados.

Por fim, no senso de limpeza, foi feita uma limpeza geral a toda a secção. Foram limpas todas as máquinas, todas as bancadas auxiliares e todo o pavimento envolvente. Para além disso foram disponibilizados equipamentos de limpeza como vassouras, pás e mangueiras. Foi também definido um local para cada um destes utensílios.

Concluída a implementação dos 3 primeiros senso, foi feita uma auditoria intermédia com recurso à *checklist* já apresentada neste relatório. Na Figura 46 é apresentado o resultado da mesma. Verifica-se que existiu um aumento do nível de implementação, pese embora ainda um pouco longe dos valores objetivo. O Senso da organização foi o que registou um aumento menor e a isto se deve alguma resistência para a mudança de hábitos já enraizados há muito tempo. Esta auditoria resultou num valor médio de 55,3% de implementação, o que resulta num aumento de 44% quando comparado à anterior.

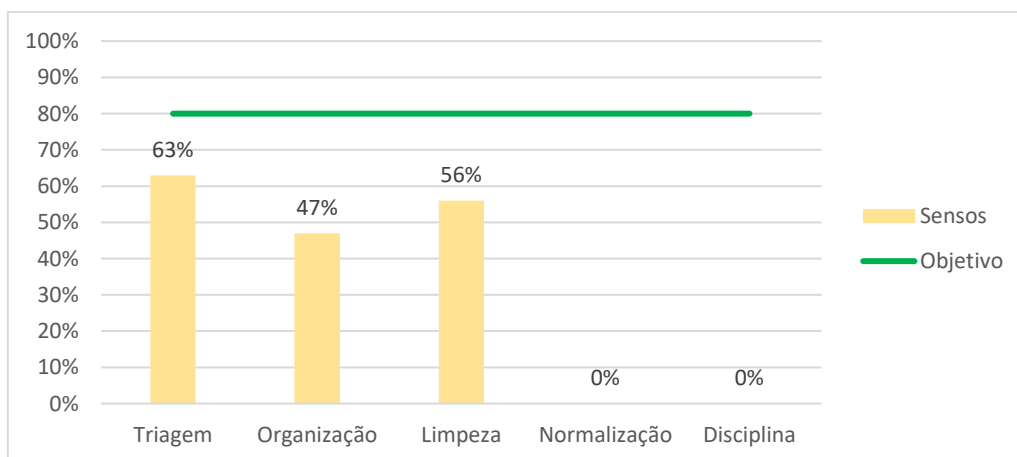


Figura 46 - Resultados da Auditoria 5S Intermédia

Após realizada a auditoria intermédia avançou-se com o senso da Normalização, ou seja o 4º senso. Neste torna-se crucial que exista um suporte documental que ajude todos os colaboradores a cumprirem as suas tarefas. Para isso foram criados os documentos presentes na Tabela 13.

Tabela 13 – Suporte documental à metodologia 5S

Documento	Função
<i>Checklist</i> de auditoria 5S (Anexo 1)	Permitir obter resultados quantitativos do grau de implementação da metodologia na secção em causa.
Relatório de auditoria 5S	Descrever detalhadamente todos os problemas detetados para depois disponibilizar para todos os colaboradores.
Etiquetas <i>RED TAG</i>	Identificar elementos que devem ser excluídos do posto de trabalho tendo na mesma que registar informações sobre os mesmos.
Lista de itens <i>RED TAG</i>	Listar todos os elementos que foram etiquetados e manter um registo sobre os mesmos e sobre o seu destino seguinte.
Procedimento <i>RED TAG</i>	Instruir todos os operadores relativamente à temática <i>RED TAG</i> para que todos saibam agir em conformidade.

Por fim, o senso de disciplina acaba por ser o senso mais desafiante. Este tipo de melhorias, a curto prazo, e com algum esforço, acabam por ser implementadas. No entanto a manutenção de todas as rotinas criadas e a criação de um ambiente de respeito e de interesse pelas mesmas acaba por ser o maior desafio.

Para este senso foi definido um local de afixação de todos os documentos relativos à metodologia e foi também definido um plano de realização de auditorias periódicas.

4.4. Aplicação de metodologia SMED na secção de Corte

As máquinas de tapete têm uma enorme vantagem relativamente às máquinas de ponte, que é o carregamento das chapas a cortar. No fundo as máquinas de tapete têm um carregador

automático de chapas que permite que elas estejam já colocadas num tapete à entrada da máquina. Depois o operador apenas tem que digitalizar as chapas, colocar as pedras na respetiva digitalização e avançar o tapete para que a chapa entre dentro da máquina. Enquanto a chapa está a ser cortada, o operador está a repetir este processo para a chapa seguinte e quando o corte termina, o operador apenas tem que avançar os tapetes para que seja dada a entrada de uma nova chapa. A chapa cortada segue para outro tapete à saída da máquina e é aí que estão operadores que procedem ao descarregamento das peças, através de uma ventosa automática. Já o desperdício de pedra segue para a linha de desperdícios. No fundo, de forma resumida, este é o processo de corte de uma máquina de tapete e que apresenta grandes ganhos de tempo neste processo de carregamento e descarregamento das chapas.

No caso das máquinas de ponte, isto não acontece e as chapas têm que ser carregadas de forma individual, pelo operador, com o auxílio de um empilhador. O operador, com o empilhador, transporta a chapa numa posição horizontal e de seguida deixa a chapa em cima da mesa da máquina. Após a chapa estar cortada, o operador tem que proceder à descarga da mesa, com o auxílio de ventosas e, de seguida, tem também que retirar o desperdício de chapa para um recipiente grande destinado ao efeito e que, posteriormente, é esvaziado. Se for feita uma comparação entre os dois processos é possível compreender que as diferenças de tempo consumido são grandes, no entanto, como já foi explicado anteriormente, existem trabalhos que apenas são possíveis fazer numa máquina de ponte. Desta forma surgiu o interesse em tentar reduzir ao máximo este tempo de cargas e descargas.

Inicialmente assistiu-se a cargas e descargas nestas máquinas e fizeram-se algumas medições de tempo assim como gravações das mesmas. Foi existindo também uma comunicação constante com os operadores para os motivar a alcançar uma melhoria. Conseguiu-se então perceber as operações realizadas e os tempos correspondentes em média eram os presentes na Tabela 14.

Tabela 14 – Tempos de *setup* Máquinas de Ponte - Antes

Deslocar até ao empilhador	00:45
Conduzir o empilhador até à chapa	00:42
Levantar a chapa na horizontal	01:50
Transportar a chapa até à máquina	00:58
Colocar a chapa na máquina	00:48
Marcar a chapa	01:30
Selecionar peças a cortar	02:20
Programar a máquina	01:50
Máquina a cortar	27:00
Descarregar peças	05:20
Descarregar desperdício	02:50

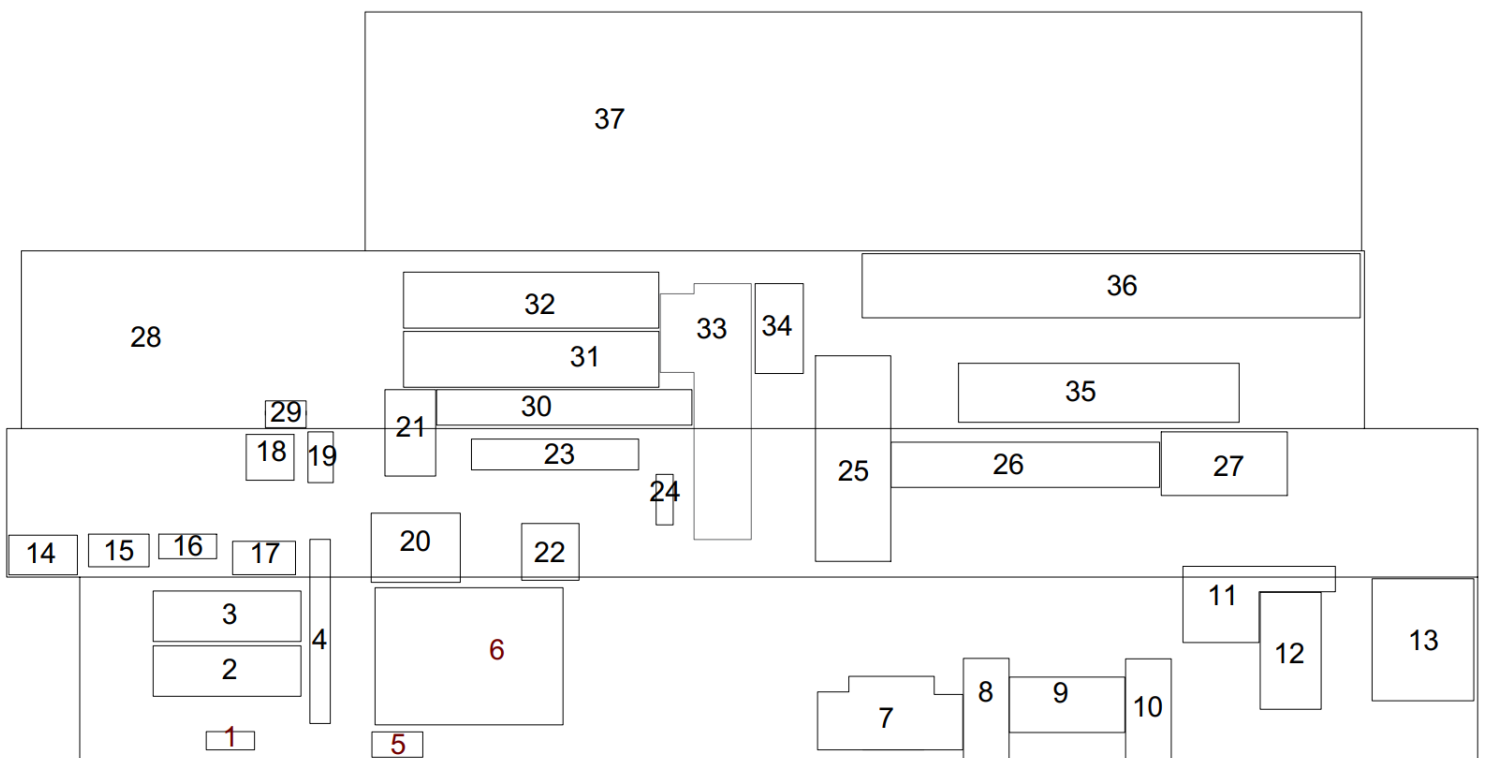
Apesar de ser o tempo da máquina a cortar o maior, os tempos de carregamento de uma chapa, de marcação da chapa, da seleção das peças e por fim os tempos de descarga das peças e dos desperdícios, também são significativos. Com esta análise foi possível verificar que existia uma margem para melhoria, como tal o objetivo foi conseguir fazer o máximo de tarefas enquanto a máquina estava a cortar, ou seja passar essas mesmas atividades para o *setup* externo. No entanto este pensamento esbarrava sempre no facto de existir apenas a mesa da máquina. Dessa forma surgiu a ideia de ter duas mesas móveis (Figura 47), possíveis de carregar e descarregar com o empilhador, e dessa forma fazer o processo de carga e descarga das chapas e das peças enquanto a máquina estava a cortar. Estas mesas contêm um batente nelas inserido, com o objetivo de tornar mais fácil para o operador a colocação da mesa no sitio exato.



Figura 47 – Mesa móvel para máquina de ponte

Desta forma o processo passa a ser bastante mais fluido e é possível obter mais tempo de corte. Enquanto a máquina está a proceder ao corte de uma chapa, o operador está já a preparar a mesa que está fora da máquina. Para além de colocar a chapa na mesa, marca também a chapa e seleciona logo quais são as peças que vai cortar na mesma. De seguida, após estar concluído o corte da chapa que está na máquina, o operador necessita apenas de retirar a mesa presente na máquina, colocar a mesma num espaço dedicado ao efeito, e de seguida pegar na mesa que estava de fora já prepara e colocar a mesma na máquina. Após isto o operador necessita apenas de programar os cortes que pretende que a máquina faça e dar é iniciado o processo. Através destas mesas existe uma melhoria muito grande dos tempos de *setup* deste tipo de equipamentos. Na Tabela 15 é possível ver o novo sequenciamento de atividades e os respetivos tempos.

menos exata em que estão instalados. É também importante referir que cada retângulo exterior corresponde a um pavilhão e também é importante referir que é possível passar entre todos os pavilhões pois estes têm apenas as paredes exteriores, no entanto o pavilhão correspondente à zona de embalagem está completamente fechado com paredes nos quatro lados pois pretende-se que este pavilhão seja um pavilhão mais limpo em que seja apenas feita a embalagem das peças e também seja estendida a pedra no chão para que seja aprovada pelo cliente, quando assim é exigido. Para além disso, neste pavilhão existe também uma zona onde estão expostas algumas chapas para que os clientes possam observar as mesmas. Neste pavilhão é também onde está presente a zona de armazenagem das amostras. São armazenadas contra-amostras sempre que se envia uma amostra para um cliente. Desta forma é possível que, após o cliente fechar a encomenda, se possa ter uma contra-amostra física para assim compreender melhor que material foi enviado e que acabamento foi empregue no mesmo. Ainda neste pavilhão estão também presentes o escritório de Produção e o Laboratório da empresa onde são feitos todos os testes necessários para o correto funcionamento de uma fábrica de transformação de pedra natural. Por fim neste pavilhão está também presente um espaço designado por *Showroom* que consiste num espaço totalmente fechado e com uma estética muito específica, e que serve para receber os clientes que visitam a empresa. Neste espaço são feitas reuniões com os mesmos e são feitas apresentações sobre a empresa.

Figura 48 – *Layout* Industrial atual da Empresa

Na Figura 48 – *Layout* Industrial atual da Empresa, os equipamentos estão referenciados através de uma numeração pois a escrita dos nomes no esquema dificultaria muito a sua leitura. Desta forma na Tabela 16, está descrita a associação entre o número e o equipamento em causa.

Tabela 16 – Designação dos equipamentos

Número	Equipamento	Número	Equipamento
2	Engenho 1	17	Máquina de Cortar de ponte 2
3	Engenho 2	20	Máquina de Cortar de ponte 3
12	Multifios	22	Máquina de Cortar de ponte 4
6	Bifio	31	Máquina de Cortar de tapete 1
6	Monofio	32	Máquina de Cortar de tapete 2
36	Linha de Resinagem	16	Máquina de Jato de Água
30	Máquina de Polir de tapete 1	24	Máquina de abrir rasgos
26	Máquina de Polir de tapete 2	1	Máquina de Escacilhar
23	Máquina de Polir de tapete 3	14	CNC 1
35	Máquina de Calibrar	15	CNC 2
9	Máquina de Flamejar	7	CNC 3
29	Máquina de Polir Manual	13	CNC 4
27	Cabine de Granalhar	28	Zona de Acabamento Manual
18	Máquina de Cortar de ponte 1	37	Zona de Embalamento

Para além dos equipamentos apresentados, existem outros equipamentos auxiliares que são importantes para que a produção consiga fluir, no entanto decidiu-se não os enumerar para este estudo. Alguns exemplos são vira-blocos ou carregadores e descarregadores de chapa. Por norma os carregadores e descarregadores de chapa estão acoplados ao equipamento mais próximo.

4.5.1. Diagramas de Esparguete por Tipologia de Produtos

Associado à grande variedade de produtos existentes, existe também uma grande variedade de fluxos produtivos como já visto anteriormente. Tendo por base o *Layout* existente na empresa, que consiste num *layout* em que não se consegue associar qualquer tipologia de *Layout* conhecida, sentiu-se a necessidade de perceber qual é o fluxo em termos de chão de fábrica que cada produto faz. Através desta análise será possível perceber que tipologia de produto percorre

mais metros dentro do chão de fábrica e será possível perceber também se existem tipologias onde os produtos vão para determinado espaço da fábrica para de seguida voltarem para trás. Este tipo de cenário é possível e bastante provável porque no fundo existem equipamentos de serragem e de maquinação nas duas extremidades da fábrica. Isso poderia fazer sentido se o *layout* instalado fosse do tipo por produto em que existiam pequenas ilhas com todos os equipamentos necessários para produzir determinado produto, no entanto na LSI Stone isso não acontece e que o existe é mesmo um *layout* pouco otimizado.

Desta forma, como já dito, de seguida serão apresentados os Diagramas de Esparguete por cada tipologia e no fim, tendo por base as tipologias que apresentam uma maior percentagem do volume de negócios, será sugerido um novo *Layout*. É importante realçar que a deslocação do bloco até ao equipamento de serragem foi ignorada nesta análise pois não existe qualquer regra no armazenamento de blocos. Os blocos são armazenados ao longo de todo o pavilhão onde estão inseridos os equipamentos de serragem e dessa forma é impossível antever se o bloco sairá de um local mais próximo do multifios ou mais próximo dos engenhos.

4.5.2. Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 1

Nos produtos da tipologia 1, o processo inicia-se nos Engenhos e de seguida o processo continua na máquina de tapete de polir. Como é possível ver, entre um equipamento e outro está uma distância de cerca de 115 metros. O material após sair dos Engenhos (2 ou 3) são descarregados para o equipamento número 4 que consiste num carril que recebe o carro vindo dos Engenhos carregado de chapa. Nesse carril, o carro pode andar tanto para um lado como o outro e serve para que seja possível deslocar o carrinho até ao pavilhão seguinte e assim, através da ponte rolante, carregar as chapas até à secção de polimento. Os referidos 115 metros são então feitos através do auxílio da ponte rolante, o que obriga a mobilizar um operador ativo nesta tarefa. Chegando à máquina de tapete de polir as chapas (26) são deixadas no carregador de chapa (27). Esse carregador pertence à máquina de polir e faz o carregamento de forma automática para a máquina. No fim das chapas serem passadas existe um descarregador de chapa (26), também ele automático. Após todas as chapas estarem descarregadas é necessária novamente a intervenção de um operador com a ponte rolante para deslocar as chapas até à máquina de tapete de corte (31 ou 32), o que corresponde a 20 metros de deslocamento. Estas entram no carregador de chapa da máquina de corte (33) e estas também são carregadas de forma automática na máquina. No fim do corte as pedras são descarregadas para um tapete fora da máquina através de ventosas. No fim os operadores da máquina têm que proceder à descarga das pedras para

paletes. Após as paletes estarem completas, é tempo de as mesmas seguirem para o embalagem (37), o que corresponde a mais um deslocamento, desta forma através de um empilhador conduzido por outro operador. O deslocamento até à secção de embalagem corresponde a mais 50 metros. No total é possível perceber que cada produto da tipologia 1, desde o Engenho até à secção de embalagem, tem que percorrer 175 metros e é possível perceber que o deslocamento que mais influencia este elevado valor é o deslocamento entre a secção de serragem e a secção de polimento. Na Figura 49 é possível ver o diagrama de esparguete correspondente aos produtos do tipo 1.

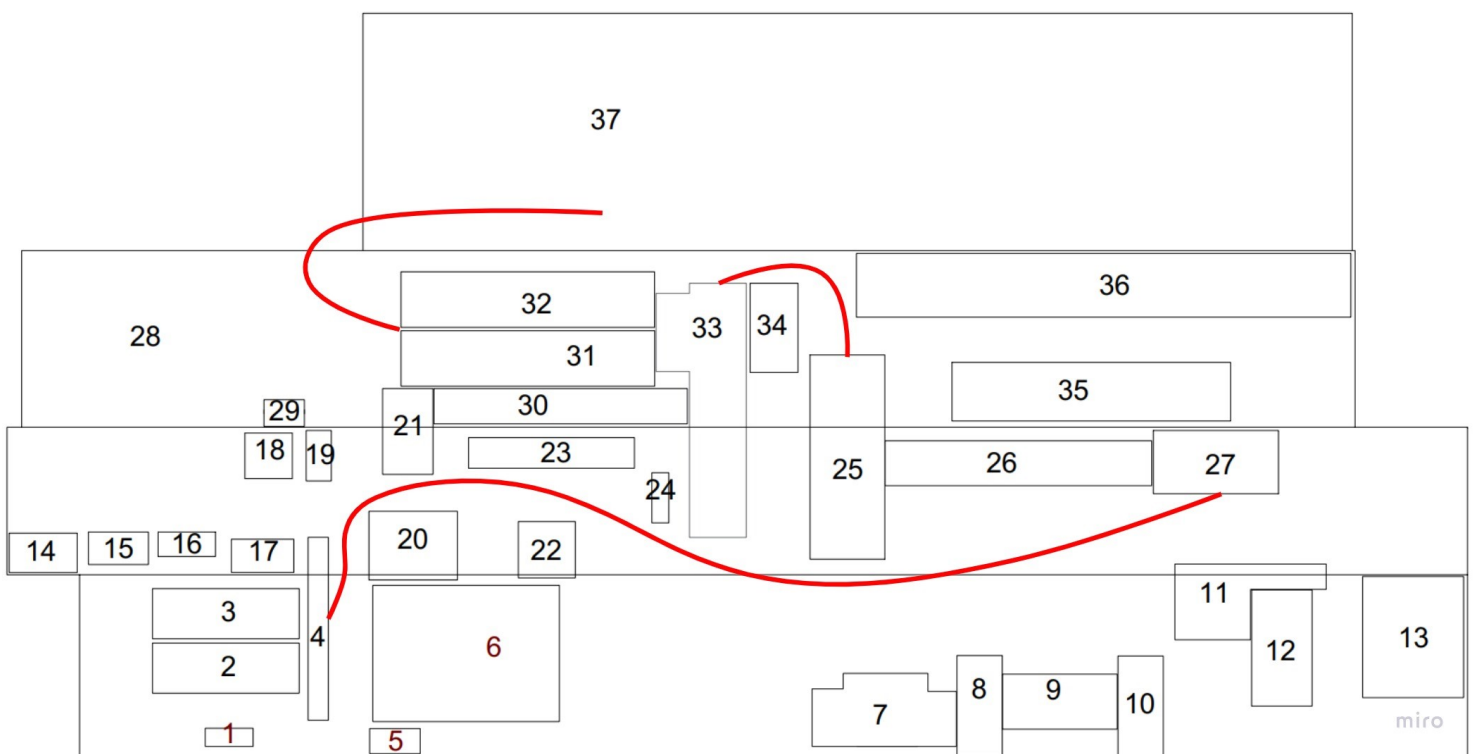


Figura 49 – Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 1

4.5.3. Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 2

Relativamente aos produtos do tipo 2 é possível verificar algumas diferenças quando comparado com o fluxo dos produtos do tipo 1. Logo à partida este produto é serrado a fio, no multifios, o que permite que o deslocamento até à secção de polimento, que na tipologia 1 era o maior responsável pelo elevado resultado, seja menor. Este deslocamento corresponde a 35 metros. O material serrado sai do multifios (12) para o equipamento número 11 que é idêntico ao equipamento 4 que já foi explicado em cima. Serve, portanto, para receber o carro com as

chapas e para fazer o transporte para o pavilhão seguinte. Depois é necessário pegar nas chapas com o auxílio de uma ponte rolante. Chegando ao carregador de chapa (27) este segue o processo já explicado anteriormente, chegando ao descarregador de chapa (25). Aí, é necessária novamente a intervenção de um operador e de uma ponte rolante para fazer chegar as chapas à máquina de ponte de corte (20), percorrendo 45 metros. Neste equipamento as chapas serão deixadas num cavalete para que de seguida o operador da máquina faça o carregamento de cada chapa de forma individual com o auxílio de um empilhador. Após cortadas as peças, estas são descarregadas para paletes para de seguida percorrem mais 60 metros até à secção de embalagem, mais uma vez com o auxílio de um empilhador. No total deste traçado é possível somar 140 metros de deslocamento entre secções. Quando comparado com a tipologia 1 é possível perceber que o deslocamento é inferior. Na Figura 50, é possível visualizar o diagrama de esparguete dos produtos do tipo 2.

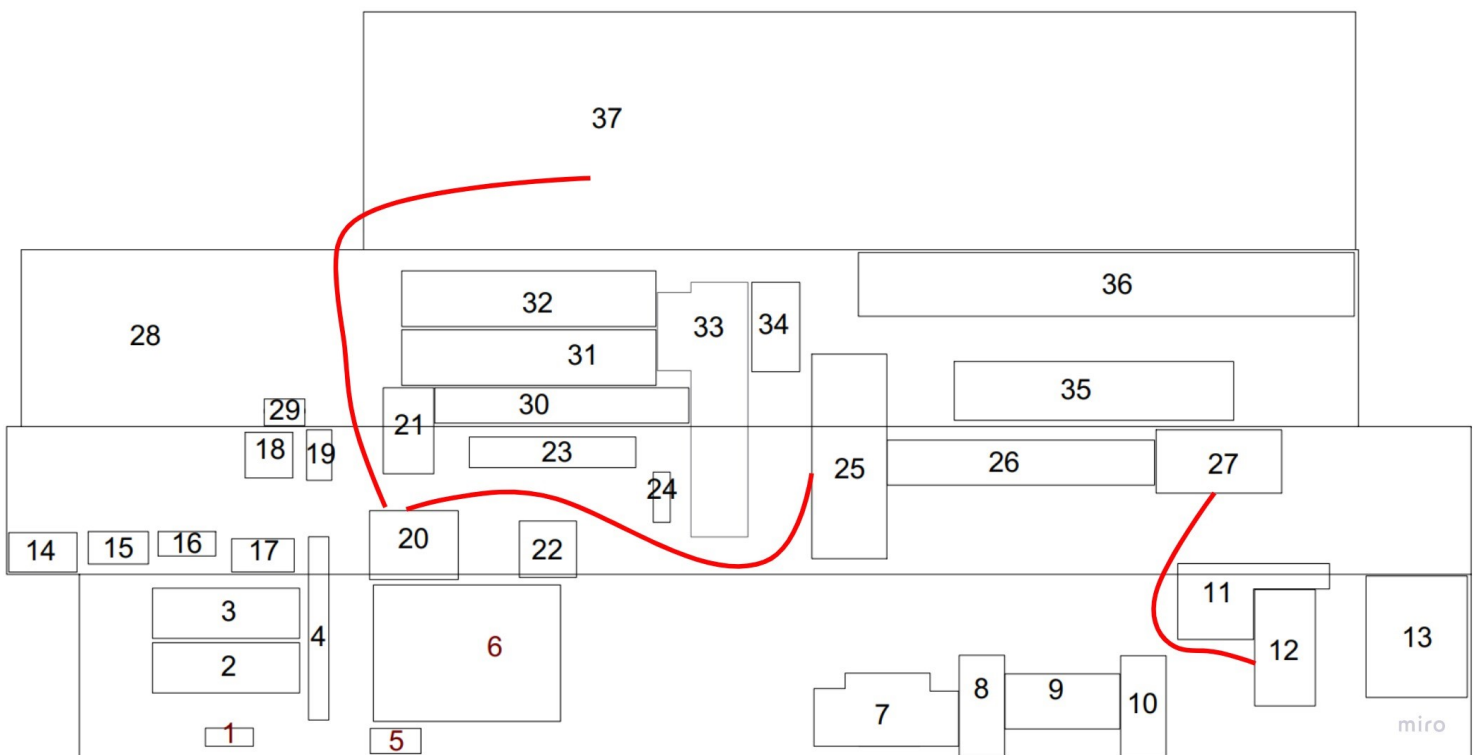


Figura 50 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 2

4.5.4. Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 3

Nos produtos da tipologia 3 é possível fazer logo o paralelismo com os produtos do tipo 1 até à saída da máquina de tapete de corte (31 ou 32). Até este ponto somam-se 115 metros entre os

Engenhos (2 ou 3) e ainda 20 metros entre o descarregador de chapa (25) e a máquina de tapete de corte. Após este processo as paletes devem seguir até a uma máquina CNC (14 ou 15) e, portanto, fazerem um deslocamento de empilhador de 55 metros. Nesta secção as paletes são deixadas junto à máquina e o operador faz o carregamento das peças com ventosos ou à mão, sendo depois descarregadas novamente para paletes. Após finalizado o processo, as paletes devem seguir até à secção de embalagem, através de embalagem (37), percorrendo mais 95 metros. No total são 285 metros, pelo que se consegue visualizar, na Figura 51, um desperdício de andar para um determinado local e de seguida andar para trás. Este desperdício seria evitado caso os equipamentos tivessem uma organização lógica para as peças seguirem até ao embalamento sempre no mesmo sentido.

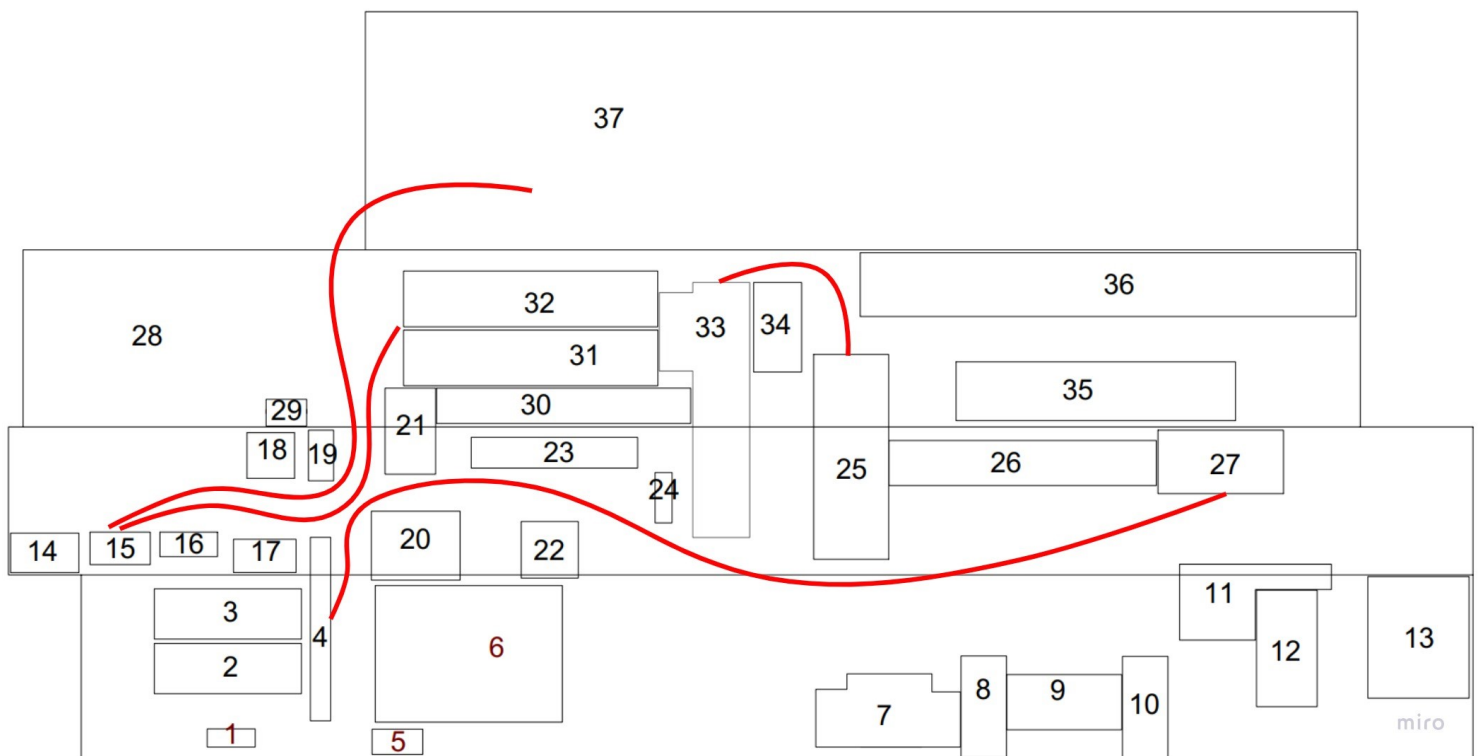


Figura 51 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 3

4.5.5. Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 4

Também nos produtos da tipologia 4 é possível fazer o paralelismo com os produtos do tipo 1 até à saída da máquina de tapete de corte (31 ou 32). Até este ponto somam-se 115 metros entre os Engenhos (2 ou 3) e ainda 20 metros entre o descarregador de chapa (25) e a máquina de

tapete de corte. Após este processo as paletes devem seguir até à secção de acabamento (28) e, portanto, fazerem um deslocamento de empilhador de 20 metros. Nesta secção as peças são carregadas de forma individual para os cavaletes de acabamento e de seguida descarregadas de novo para as paletes. Após acabadas as peças, estas devem seguir novamente de empilhador para a secção de embalagem, o que corresponde a um deslocamento de 45 metros. Somando tudo é possível verificar que os deslocamentos efetuados por produtos do tipo 4 entre secções é de 200 metros. Na Figura 52, é possível visualizar o diagrama de esparguete dos produtos da tipologia 4. Mais uma vez é possível verificar que o principal responsável pelo elevadíssimo deslocamento entre secções é o facto de existir uma grande distância entre os Engenhos e a máquina de tapete de polir.

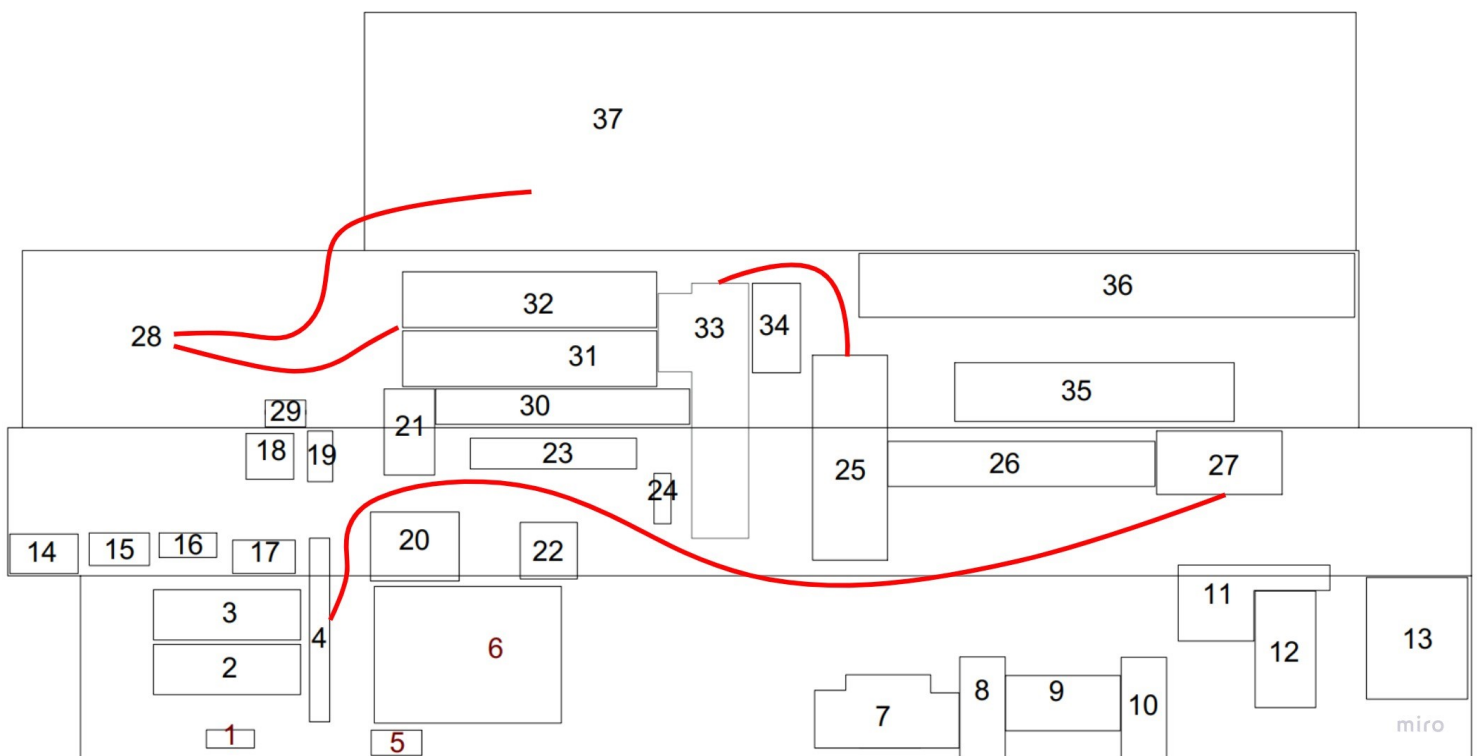


Figura 52 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 4

4.5.6. Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 5

No caso dos produtos da tipologia 5 é possível verificar que este se distingue muito dos restantes. O processo inicia-se no Bifio ou no Monofio (6) e são retiradas do equipamento com o auxílio de uma ponte rolante. Na grande maioria das vezes, a chapa em causa é descarregada para um cavalete auxiliar para de seguida ser transportada através de empilhador até à máquina

de ponte de cortar (20). Este deslocamento corresponde a 30 metros. Como já referido, após cortadas as peças, estas são colocadas em paletes para seguirem até à CNC (14 ou 15) percorrendo 35 metros. Aqui, são carregadas com ventosas e descarregadas novamente para paletes para de seguida irem em direção à zona de acabamento manual (28), o que corresponde a 55 metros. Nesta secção são dados todos os acabamentos finais às peças e de seguida é feito o deslocamento até à zona de embalagem, o que corresponde a mais 45 metros, perfazendo assim 155 metros de deslocamentos entre secções. É importante também referir que nesta tipologia de produto, existem alguns em particular que podem ter a necessidade de serem maquinados na CNC 13 devido às dimensões das peças. Quando assim é, facilmente se percebe que os deslocamentos são muito superiores, indo facilmente para o dobro da distância a percorrer. Na Figura 53, é possível ver o diagrama de esparguete dos produtos do tipo 5.

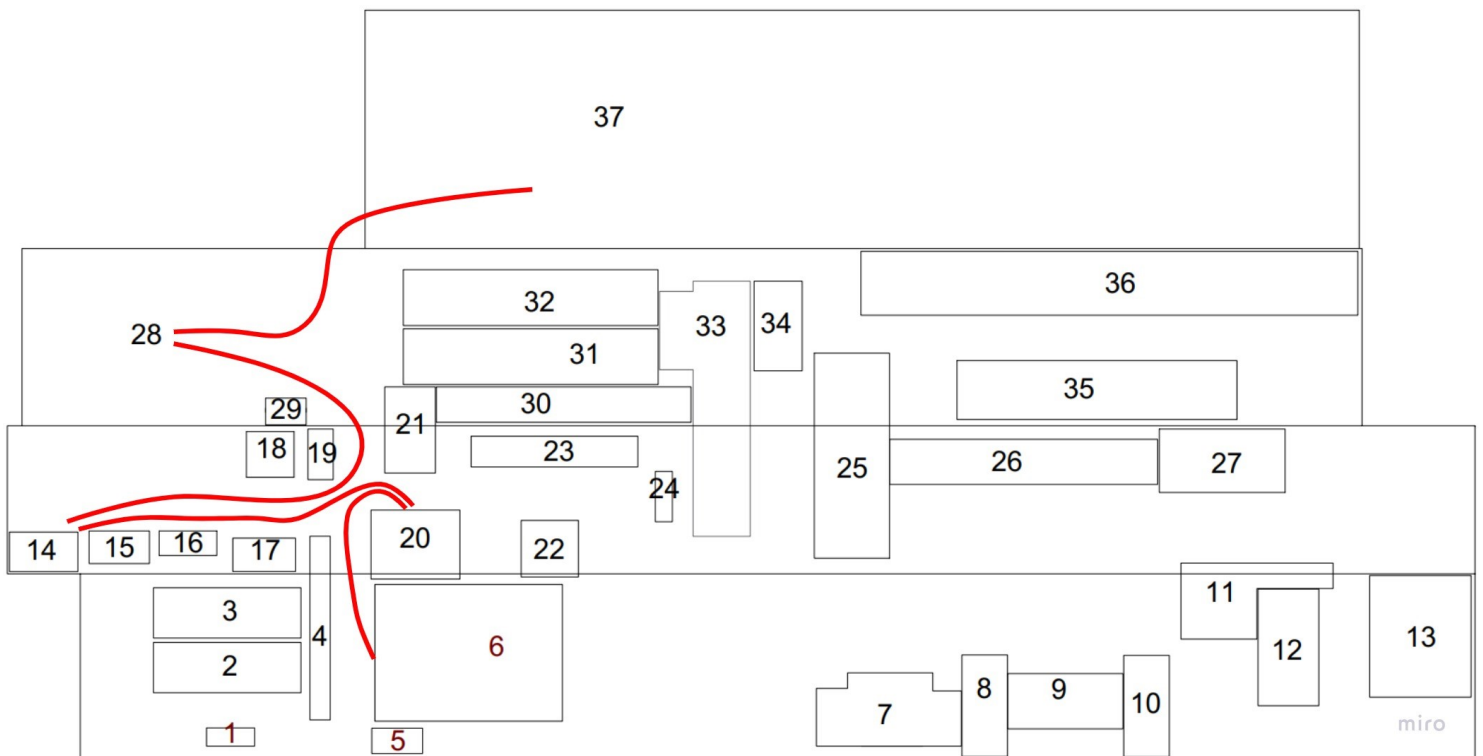


Figura 53 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 5

4.5.7. Diagrama de Esparguete para Produtos Tipo 6

No caso dos produtos do tipo 6, presencia-se mais um caso bastante diferente dos anteriores por ter um processo adicional. Vamos verificar que é uma das tipologias que mais distância percorre ao longo do processo. Este inicia-se no multifios (14) sendo depois descarregado no equipamento 11. Neste equipamento as chapas são recolhidas com auxílio da ponte rolante para

chegarem até à linha de resinagem (36) e serem deixadas no carregador automático da mesma 60 metros mais à frente. Após concluído o processo as chapas são recolhidas novamente com a ponte rolante no descarregador da linha para depois serem encaminhadas até ao carregador da máquina de tapete de polir (27) percorrendo 60 metros. Terminado o processo de polimento as chapas são novamente transportadas com a ponte rolante até à máquina de ponte de cortar (20) após um deslocamento de 45 metros. Por último as paletes já com as peças cortadas são deslocadas ao longo de mais 60 metros para assim serem embaladas (37). No total são 225 metros de deslocamentos entre secções. Na Figura 54, é possível ver o diagrama de esparguete dos produtos da tipologia 6.

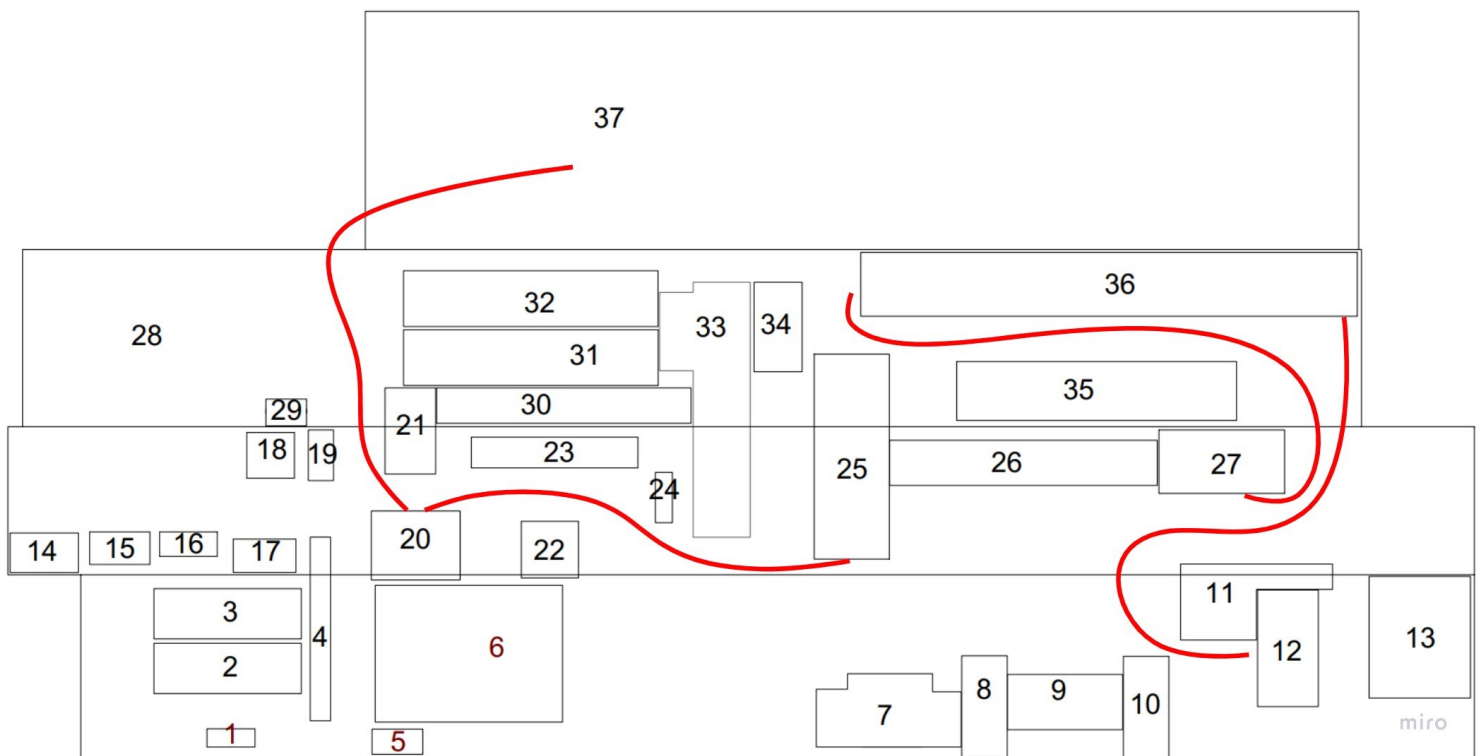


Figura 54 - Diagrama de Esparguete dos produtos Tipo 6

4.6. Proposta de melhoria do *Layout* Industrial

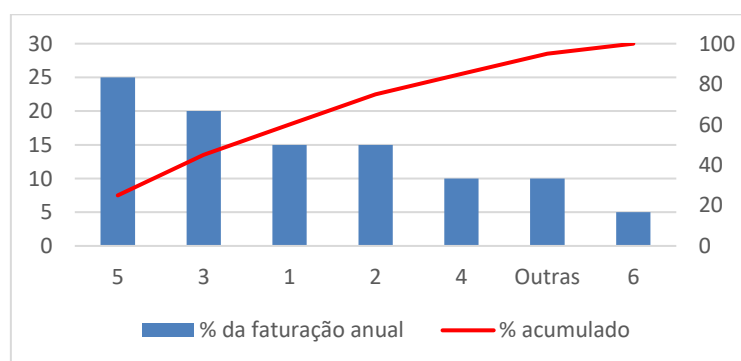
Após analisados elaborados e analisados os diagramas de esparguete de todas as tipologias de produto, foi possível criar a Tabela 17 em que é possível ver os deslocamentos totais entre cada secção de cada tipologia.

Tabela 17 – Deslocamentos totais por tipologia

Tipologia de Produto	Deslocamento total (m)
1	175
2	140
3	285
4	200
5	155
6	225

Após termos estes dados e após a análise aos diagramas já é possível concluir alguns pontos, no entanto é importante perceber que é impossível ter um *layout* otimizado para todas as tipologias pois estas são muito variadas, e no fundo vai existir sempre grandes discrepâncias entre deslocamentos necessários para cada uma. No entanto foi possível verificar desde já que nas pedras de fina espessura de calcário, e que por sua vez são serradas nos engenhos e de seguida polidas na máquina de tapete, o deslocamento de 115 metros é muito elevado e dessa forma é possível perceber logo que o ideal seria existir uma proximidade muito grande entre estes dois equipamentos. Dessa forma seria possível reduzir logo em mais de metade do deslocamento necessário.

No entanto é necessário ter em contra outro fator. Assumindo que é impossível otimizar todas as tipologias, é necessário priorizar algumas em detrimento de outras. Dessa forma surgiu a questão de quais devem ser priorizadas e surgiu em primeiro lugar o mais obvio que seria priorizar as que apresentam números mais elevados, no entanto é importante perceber que se essa tipologia corresponder a uma percentagem reduzida do que é a produção anual da fábrica, não faz qualquer sentido ter o *layout* otimizado para essa tipologia. Assim surgiu a necessidade de perceber a que percentagem da produção anual corresponde cada tipologia e por isso foi feita uma análise ao dados referentes à faturação da empresa no ano de 2022, e com base nesses dados foi criado o Diagrama de Pareto presente na Figura 55.

**Figura 55 – Diagrama de Pareto referente à faturação em 2022**

Desta forma, tendo em conta a análise feita a cada diagrama de esparguete de cada tipologia, tendo também em conta o peso de cada tipologia na produção anual, surgiram algumas possibilidades de alterações por forma a melhorar a distribuição dos equipamentos no chão de fábrica.

Para além de todos os deslocamentos que eram necessários, percebeu-se que o *layout* não seguia nenhum dos tipos de *layouts* mais conhecidos, devido ao facto de a empresa estar sempre a crescer para os lados, ao invés de ter sido desenhada e pensada logo à partida. Desta forma considera-se importante transformar o *layout* existente num tipo já conhecido e que traga alguma organização. Tendo em conta que a LSI-Stone trabalha por projetos e que isso traz uma grande variabilidade naquilo que são os produtos a produzir, considera-se que era importante a empresa ter um tipo de *Layout* próximo do que se considera um *Layout* por processo, para desta forma ter os equipamentos de certa forma agrupados por secção. Outro fator importante era ter de certa forma, no chão de fábrica, estas secções organizadas de uma forma lógica. Quer isto dizer que é importante ter numa extremidade da unidade fabril a secção de serragem e, seguindo numa determinada direção, ir até à secção de embalamento. É claro que existem produtos que podem ter que dar passos para trás, no entanto pretende-se que a grande parte dos produtos sigam numa determinada direção, sem voltar para trás, desde a serragem até à embalagem.

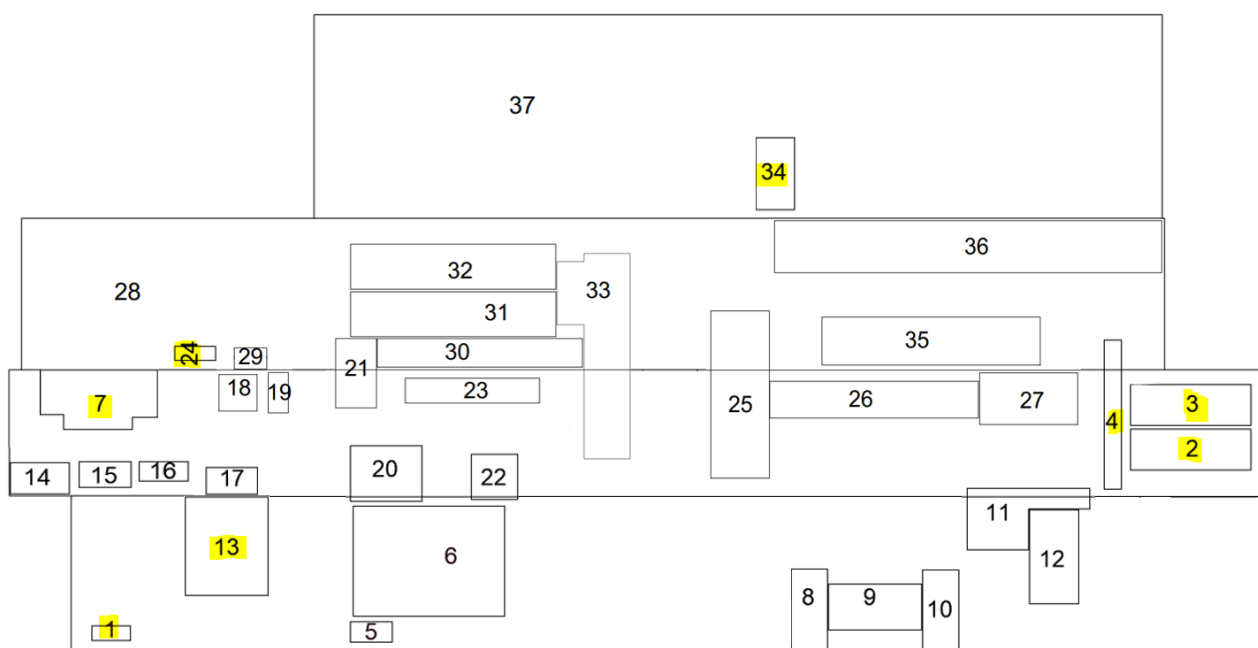
Isto era algo que não acontecia, pois, os equipamentos de serragem e os equipamentos de CNC não estavam juntos no mesmo espaço.

Apesar de esta análise ser meramente teórica, foi também tidas em consideração as dificuldades que estão associadas à mudança de localização dos equipamentos. Devido a isso tentou-se preconizar mudar o mínimo de equipamentos, ou seja, tentar produzir grandes diferenças com o menor tempo e esforço financeiro possíveis.

Na Figura 56, está presente um diagrama que representa a proposta de um novo *layout* e que cumpre os objetivos acima referidos. Na figura, os equipamentos que estão destacados a amarelo foram os que sofreram alterações hipotéticas de localização, ou seja, apenas 8 equipamentos seriam alterados, nomeadamente:

1. A principal alteração, foi a mudança dos engenhos de serrar (2, 3 e 4) para a outra extremidade da fábrica. Com isto pretende-se que estes estejam próximos do multifio para assim aglomerar os equipamentos de serragem, e para além disso pretende-se também reduzir a distância entre os engenhos e a máquina de tapete de polir. Como foi possível analisar anteriormente, este era o principal problema no *layout* da LSI;

2. Outra alteração importante foi a mudança dos dois equipamentos CNC (7 e 13) para a outra extremidade da fábrica e assim juntar estes aos restantes equipamentos do mesmo género. Com isto pretende-se criar a zona de máquinas CNC e traz grandes benefícios pois muitas vezes os produtos fazem determinado trabalho num equipamento e outra parte da maquinação noutra e com isto reduz-se em muitos os deslocamentos de material;
3. Também é importante referir que o equipamento 7 estava numa linha com a máquina de tapete de flamejar, mas considera-se que estes dois equipamentos possam ser separados e assim manter a máquina de flamejar (8, 9 e 10) na mesma zona;
4. Outra alteração que pode ser importante é a carpintaria (34) passar para o pavilhão de embalagem. Neste momento, a carpintaria está num espaço bastante reduzido e com esta mudança o espaço ia aumentar e os caixotes estariam mais próximos da zona de embalagem;
5. Foram feitas alterações na localização dos equipamentos 24 e 1 apenas para libertarem espaço pois são equipamentos que não são utilizados regularmente e são também equipamentos facilmente transportados para outro local;
6. Olhando agora para a zona da maquinação CNC, pode-se considerar que o espaço entre os equipamentos 14, 15 e 16 e o equipamento 7 possa ser reduzido, no entanto é sempre possível partir a parede que separa essa zona da secção de embalagem e colocar o equipamento mais para o lado da zona de acabamento manual. Assim seria possível ganhar alguns metros e não prejudicaria a secção de acabamento manual.

Figura 56 – Proposta de novo *Layout*

Tendo o novo *layout* apresentado, é agora importante fazer uma comparação em termos de diagramas de esparguete para cada tipo e perceber se de facto esta mudança traria melhorias em termos de deslocações dentro da unidade fabril. Para isso foi criado um novo diagrama (Figura 57), desta vez a incorporar todos os tipos de uma vez, para que não fique muito extensa a demonstração. Cada tipologia de produtos tem uma cor diferente, sendo que a tipologia 1 é a cor azul, a 2 é a cor roxa, a tipologia 3 tem a cor vermelha, a 4 é verde, a 5 laranja e por ultimo a tipologia 6 está representada com a cor amarela.

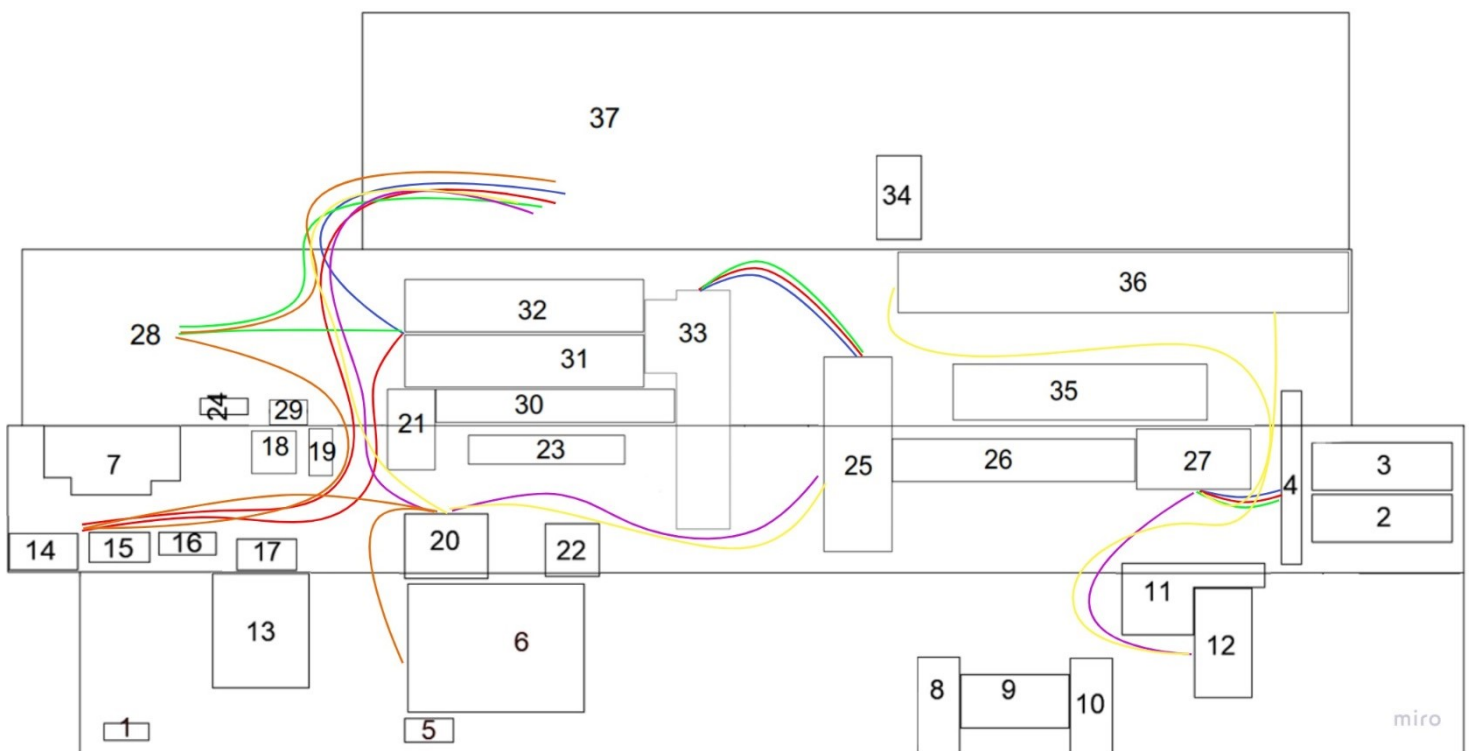


Figura 57 – Novos diagramas de esparguete no novo *layout*

5. Análise e Discussão de Resultados

Neste capítulo será feita uma análise e conseqüentemente uma discussão acerca dos resultados obtidos após a implementação dos projetos descritos no Capítulo 4.

Otimização do Processo de Embalamento

No caso do projeto relativo à otimização do processo de embalamento, os resultados que foram alcançados vieram a provar que de facto existia uma grande margem para a otimização de todo este processo. A melhoria implementada nesta secção levou a que numa jornada laboral de 8 horas de um embalador, este conseguisse embalar 19,2 caixotes ao invés dos 10,9 caixotes que embalava antes das melhorias implementadas. Resultou, portanto, num aumento de capacidade de quase 9 caixotes por dia.

Pode-se, portanto, analisar que com estas alterações o embalamento das peças passou a ser bastante mais ágil e rápido. Enquanto que na situação inicial eram feitas várias tarefas repetidas e eram percorridas distâncias desnecessárias, na situação final, o embalador tinha que realizar apenas a seguinte sequência de tarefas:

1. olhar para o papel identificador da paleta;
2. colocar a paleta o mais próximo possível do caixote com o auxílio do empilhador;
3. transportar a peça até ao caixote;
4. voltar à paleta;
5. transportar outra peça até ao caixote;
6. voltar novamente à paleta, e assim sucessivamente até ter a paleta totalmente livre.

Em suma conseguiu-se atingir o objetivo de otimizar o processo de embalamento.

SMED CNC

Relativamente ao projeto de aplicação de SMED na secção de maquinaria CNC, é possível dizer que o projeto resultou numa redução de 73,1% dos tempos de *setup* interno.

Este era, talvez, o projeto mais determinante para aquilo que era a realidade da empresa, muito devido ao facto de existir um *bottleneck* nesta secção.

Para além destes cálculos que comprovam a melhoria neste processo, foi possível também verificar que de facto existiu uma melhoria nos tempos da máquina a trabalhar. Na empresa

existe um software que faz o registo do estado dos equipamentos e os quatro estados possíveis são:

- a) desligada, que é quando o equipamento está efetivamente ligado;
- b) o estado ligada que é quando a máquina está ligada, mas não está efetivamente a trabalhar. Este estado no fundo corresponde a tempos de troca de peças, troca de ferramentas, ou outras atividades que são feitas quando a máquina não está a trabalhar;
- c) o estado alarme que corresponde ao tempo em que determinada máquina está em erro, ou seja neste tempo também não está a produzir;
- d) o estado trabalhar que corresponde aos períodos em que a máquina está efetivamente a trabalhar.

Este software fornece um gráfico diário para cada máquina com os tempos relativos ao período a dois períodos distintos. O primeiro é relativo ao período entre as 8h00 e as 19h55, já o segundo período é relativo ao período entre as 20h e as 7h55. No fundo estes dois períodos correspondem ao turno diurno e noturno. Para esta análise da implementação das duas origens interessou apenas analisar os dados relativos ao período diurno. Na Figura 58 é possível ver a linha cronológica de um dia normal antes da implementação das melhorias e também uma tabela com os dados respetivos. É possível ver que a máquina esteve ligada durante todo o período e que nesse mesmo período não teve nenhum tempo em erro. Depois é possível verificar que a máquina trabalhou apenas 5 horas e 15 minutos e que esteve parada durante 6 horas e 39 minutos. Isto corresponde a 44% de utilização diária. De facto, valores muito negativos pois nem metade do dia estava a ser rentabilizado na máquina. De realçar também que apenas temos dados relativos a uma das máquinas CNC porque o software está em teste na empresa e apenas algumas máquinas foram ligadas. Dessa forma, na secção da Maquinação, apenas a máquina Master 33 foi ligada e apenas desta é possível tirar dados reais.

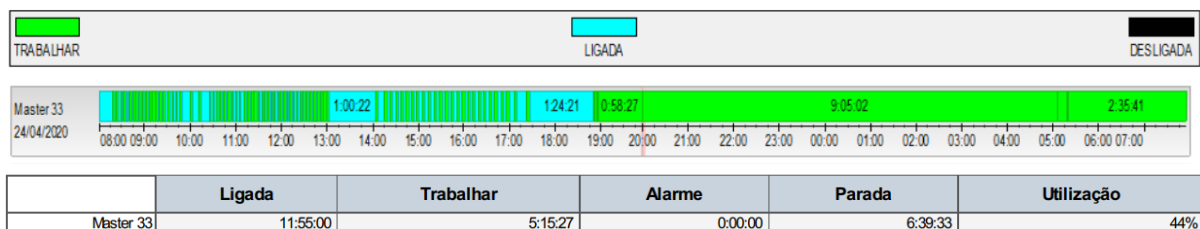


Figura 58 – Linha cronológica diária – Antes

Após a implementação das melhorias o aumento da utilização da máquina aumentou consideravelmente e na Figura 59, é possível ver a linha cronológica e a tabela com os dados

de um dia também ele normal, mas após dois meses da implementação das alterações. Como se pode ver, foi um dia em que a máquina esteve ligada 11 horas e 52 minutos no período diurno e não esteve tempo algum em alarme. Relativamente ao tempo em que esteve parada, foi 1 hora e 32 minutos e a trabalhar foram 10 horas e 19 minutos. Isto correspondeu a um tempo de utilização efetivo de 87%, o que comparado com os 44% de utilização no período anterior às alterações, se traduz num resultado muito bom. Traduzindo este resultado em camiões, é possível dizer que a empresa passou de fazer 1 camião por semana, através de muitas horas extra na secção de maquinação, para fazer em algumas semanas, 2 camiões completos. Esta alteração permitiu cumprir com os objetivos delineados pelo cliente.

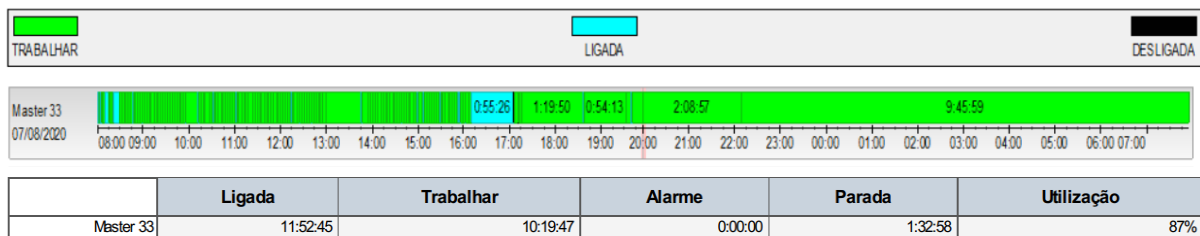


Figura 59 – Linha cronológica diária – Depois

Para além desta melhoria das duas origens, verificar-se nesta linha cronológica duas outras melhorias que levaram a um aumento de produtividade. Em primeiro lugar vê-se que não existiu tempo de máquina parada no início do dia, pois a pedra que estava a ser maquinada de noite, como tinha sido instalada na parte traseira da máquina não teve que ser removida para serem iniciados os trabalhos relativos às peças com sistema de fixação. Por outro lado, também se vê que a pedra que tinha sido maquinada de noite não estava completa, no entanto o operador de manhã parou essa maquinação e aguardou até à sua hora de almoço para colocar a restante hora de maquinação que falta a trabalhar. Isto significou que a pedra ao fim do dia estava pronta para ser retirada da máquina e apenas nesse período existiu um grande período de tempo não produtivo, que correspondeu ao período de tirar uma peça de grandes dimensões na máquina e colocar outra para maquinar no período da noite seguinte. Para além disso também é possível ver que na linha cronológica anterior, o operador apenas abandonou a empresa às 19h, contando assim com 2 horas extra. Estas 2 horas extra, para além de trazerem encargos extra à empresa, traz também cansaço extra para o colaborador, pois era algo muito recorrente neste período. Já na linha cronológica correspondente a um dia após a implementação das melhorias, o operador abandonou a empresa às 17h, tendo sido muito mais produtivo durante a sua jornada de trabalho.

Através dos relatórios que foram mencionados anteriormente, passaram também a ser calculados alguns KPI de produção que eram posteriormente analisados e partilhados com os operados por forma a que eles se sentissem altamente motivados com os resultados que estavam a ser alcançados. Na Figura 60, são apresentados os valores médios de dias uteis no período produtivo diurno. Como se verifica existiu um aumento gradual ao longo dos meses, período esse em que foram instauradas as alterações e que os operadores se foram adaptando ao pedido. A linha vermelha presente no gráfico corresponde ao objetivo que foi delineado e que correspondia a 70% de tempo produtivo. O início deste estudo teve início no mês de maio e logo nesse período foi possível ver algum crescimento quando comparado com os meses anteriores. Nos meses seguintes foi possível assistir a um aumento gradual, sendo que em agosto foi alcançado o objetivo dos 70% de produtividade. No mês seguinte conseguiu-se ainda melhorar mais os valores chegando quase aos 80%.

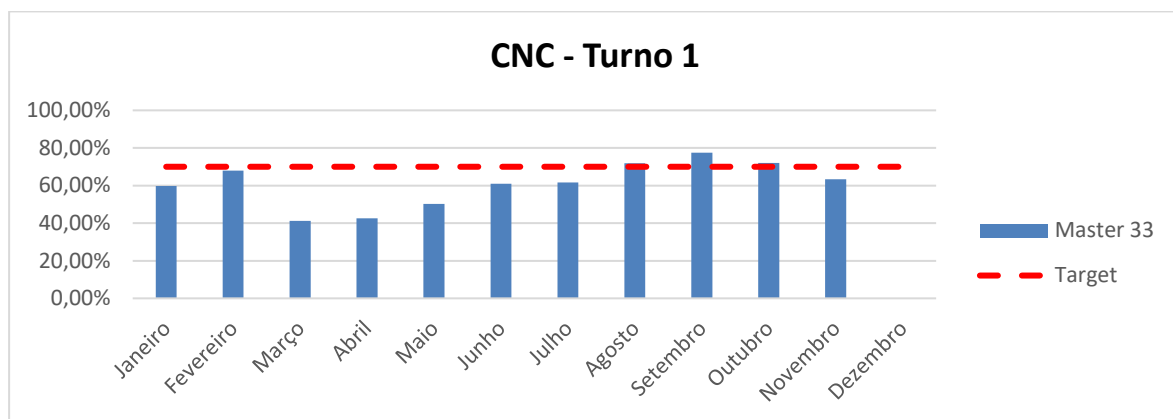


Figura 60 – Evolução mensal do tempo produtivo nos dias uteis

Relativamente aos Domingos, verifica-se na Figura 61 que os dados habituais de utilização do Domingo estavam a ser inferiores aos 20%. Apenas com a afinação do planeamento foi possível passar para valores próximos dos 80% em apenas 3 meses e logo no primeiro mês após esta alteração foi possível verificar um aumento de mais de 40% comparativamente ao mês anterior.

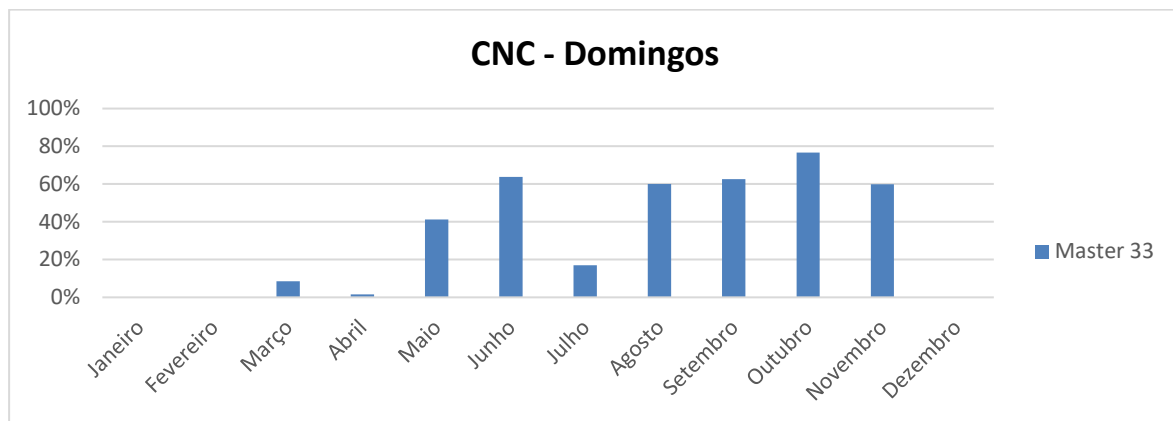


Figura 61 - Evolução mensal do tempo produtivo nos domingos

Metodologia 5S CNC

O projeto da implementação da metodologia 5S na secção de maquinaria CNC é um projeto em que se acaba por ver resultados também nos valores demonstrados no projeto de aplicação de SMED na mesma secção. O facto de existir uma melhor organização e limpeza, potenciou ainda mais as melhorias relativas aos resultados evidenciados pela implementação do SMED. Olhando apenas para os resultados da implementação da metodologia, é possível verificar um crescimento bastante positivo. Na auditoria inicial a média de implementação rondava os 11% e na auditoria intermédia conseguiu-se atingir a marca dos 44%.

SMED Corte

No caso do projeto de implementação de SMED na secção de corte, mais concretamente nas máquinas de corte convencional, foi possível assistir a melhorias significativas. Através da medição dos tempos antes e depois da implementação desta melhoria, foi possível fazer uma comparação dos tempos e quantificar o tempo ganho (Tabela 18). Relativamente ao tempo de maquinaria, não existiu qualquer alteração. Os discos e os parâmetros de corte já estavam altamente otimizados, muito devido ao elevado *know-how* dos operadores, pelo que, nesse aspeto não ocorreu qualquer alteração. Relativamente aos tempos de *setup*, a diferença foi grande pois antes da alteração, os tempos de *setup* em média eram de 18 minutos e 53 segundos e após a implementação da melhoria esse mesmo tempo passou para 4 minutos e 58 segundos. Desta forma o tempo total para cortar uma chapa antes, ou seja, o tempo de maquinaria somado

ao tempo de *setup*, era de 45 minutos e 53 segundos. Após a melhoria passou para 31 minutos e 58 segundos. Para ter um impacto mais significativo e para fazer uma simulação do que é um dia normal de um operador de uma máquina deste tipo, foi feita a simulação do corte de 10 chapas e é possível verificar que existiu um ganho de 2 horas e 19 minutos, o que significa que no mesmo tempo é possível cortar mais 4,34 chapas. Olhando em percentagem, isto significa uma redução de 30,3% comparativamente com o que acontecia antes de ser implementada a alteração descrita.

Tabela 18 – Comparação de tempos do corte de 10 chapas

	Antes	Depois	Redução
<i>Setup</i> :	18:53	04:58	30,3%
Maquinação:	27:00	27:00	
Total:	45:53	31:58	
Corte 10 chapas	07:38:50	05:19:40	

***Layout* Industrial**

No caso do estudo meramente teórico do *Layout* Industrial, foi possível chegar a um *Layout* que iria permitir trazer algumas melhorias no que toca a desperdícios de transporte dentro da unidade industrial.

Na Tabela 19, são apresentadas as novas somas no que toca ao deslocamento necessário de cada tipologia de produto. É possível verificar que existiu uma redução de 105 metros em todas as tipologias com a serragem nos engenhos. Assumindo que cada engenho produz duas cargas por dia, significa que existe uma redução de 420 metros a percorrer com o auxílio da ponte rolante o que corresponde a 105 quilómetros por ano. Pensando que esta distância tem associado um custo de homem e um custo de energia, para além de ter também associado um risco inerente de queda de chapas, pode-se assumir que seria um ganho relevante. Isto permitiria ter a ponte mais disponível para outras operações e também que existisse uma sequência lógica de operações. Já na tipologia referente às peças de grossas espessuras, apesar de nesta análise não estar contemplado nenhum ganho, é certo que na realidade também existam ganhos pois grande

parte das peças são maquinadas nos equipamentos que foram propostos serem transferidos para a secção de CNC.

Tabela 19 – Deslocamentos totais por tipologia com o novo *layout*

Tipologia de Produto	Deslocamento total (m)	Redução
1	70	105
2	140	0
3	180	105
4	95	105
5	155	0
6	225	0

6. Conclusões

O presente capítulo apresenta as conclusões obtidas através dos resultados do projeto em causa. Adicionalmente serão também apresentadas algumas propostas de trabalho futuro para a empresa LSI Stone.

6.1. Considerações finais

Com o término do presente projeto é possível considerar que foram cumpridos os objetivos propostos, sendo estes a aplicação de metodologias *Lean* no processo produtivo da LSI Stone e ainda a realização de um estudo teórico relativo ao *Layout* Industrial instalado na empresa.

Relativamente ao trabalho que foi feito na secção de embalagem, este permitiu aumentar a capacidade de cada operador em 9 caixotes por dia. Este foi de facto um ganho relevante e isto deveu-se maioritariamente à redução do desperdício associado à movimentação. No fundo os embaladores percorriam muitos metros para preencher vários caixotes em simultâneo, e a reorganização de trabalhos permitiu ter um processo melhor definido e mais pragmático.

Já relativamente à implementação da metodologia SMED na secção de CNC, este foi outro projeto bem conseguido. A secção de CNC era o *bottleneck* da produção de uma obra que estava a ser realizada. A implementação da metodologia permitiu reduzir em muito as tarefas e *setup* interno e desta forma permitiu atingir o objetivo de produção de 4 camiões por mês. Ainda na secção da CNC foi também implementada a metodologia 5S que permitiu ter uma melhor organização e limpeza de toda a secção. A melhoria produtiva vista na secção deveu-se não só à implementação da metodologia 5S mas também à reorganização de alguns processos, e esse trabalho foi feito através dos 5S.

No caso da aplicação da metodologia SMED nas máquinas de corte convencionais, pode-se considerar que foi mais um projeto bem conseguido. Após a criação da dinâmica de troca de mesas e da transferência de tarefas do *setup* interno para o externo, obteve-se uma redução do tempo necessário para o carregamento, corte e descarregamento de uma chapa em 30,3%.

Por fim, olhando para o estudo teórico acerca do *Layout* Industrial, não se pode considerar que tenha trazido efetivamente uma melhoria para a empresa. No entanto através desse estudo, percebeu-se que mudando apenas 8 equipamentos de local, sendo que 5 deles são facilmente

movíveis, conseguia-se atingir uma melhoria considerável relativamente às movimentações que os produtos têm que fazer durante o processo produtivo.

Relativamente a dificuldades sentidas, é seguro dizer que existiram, e muito se deveu à mentalidade dos colaboradores da produção. O que se percebe no chão de fábrica da LSI Stone é que existem vários colaboradores que já trabalham na empresa há muitos anos e que estão habituados a trabalhar de determinada forma, e por isso mesmo sentiu-se alguma resistência a mudanças por parte de alguns colaboradores. No entanto, estas dificuldades acabaram por ser ultrapassadas através de alguma comunicação e através da evidência das melhorias.

6.2. Propostas de Trabalho Futuro

Como já foi referido neste projeto, a melhoria continua é um trabalho contínuo naquilo que é a busca pela perfeição. De modo a que se siga esta filosofia, é esperado que o trabalho até então desenvolvido seja monitorizado e aperfeiçoado.

Em relação aos 5S, é esperado que a aplicação da metodologia seja expandida para as restantes secções e que no médio prazo se consiga ter todo o chão de fábrica com a implementação feita. Relativamente ao SMED, esta também é uma metodologia que pode ser aplicada em mais máquinas, como nas restantes máquinas CNC por exemplo.

Para trabalho futuro propõe-se a implementação de um software de gestão da produção e ainda o desenvolvimento de um sistema de planeamento da produção. Nos dias de hoje, na empresa, é muito difícil perceber o que está feito de determinada obra e quanto tempo demorou cada tarefa. Também é muito difícil perceber os blocos que estão em stock e as chapas que foram serradas ou as chapas que sobraram de determinada obra. Com um *software* de gestão da produção, seria possível aglomerar toda esta informação numa só plataforma. A proposta seria ter vários dispositivos eletrónicos, sejam eles *smartphones* ou *tablets* para que cada chefe de secção conseguisse atualizar em tempo real todos os trabalhos que estão a ser feitos no presente e assim fornecer dados para serem analisados posteriormente. Relativamente ao planeamento, este é um ponto mais delicado e mais difícil de alcançar devido à complexidade da produção. O objetivo passaria por ter todas as atividades planeadas e alocadas a uma máquina para assim o departamento comercial conseguir compreender de uma forma mais eficaz a disponibilidade dos equipamentos para receber mais encomendas.

Bibliografia ou Referências Bibliográficas

- [1] E. Kaynak and S. C. Jain, *Market Evolution in Developing Countries*. Routledge, 2012.
- [2] I. Frazao, “Evolução do Cluster da Pedra,” *Master’s thesis - Inst. Super. Gestão*, 2016.
- [3] Vânia Cristina Oliveira Lourenço, “Internacionalização no setor da pedra: o caso da Filstone,” 2017.
- [4] R. Aristides and D. S. Mendes, “DADOS,” 2022.
- [5] P. Torres, H. R. Fernandes, S. Olhero, and J. M. F. Ferreira, “Incorporation of wastes from granite rock cutting and polishing industries to produce roof tiles,” *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 29, no. 1, pp. 23–30, Jan. 2009.
- [6] A. J. Souza, B. C. A. Pinheiro, and J. N. F. Holanda, “Processing of floor tiles bearing ornamental rock-cutting waste,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 210, no. 14, pp. 1898–1904, Nov. 2010.
- [7] C. C. Peiter, L. M. Mofati, and R. C. Villas Bôas, “A busca da sustentabilidade na produção e uso das rochas ornamentais,” *Tecnol. Rochas Ornamentais Pesqui. Lavra E Benef.*, p. p 529-565, 2014.
- [8] J. C. Pinto and C. Fautl, “Da pedra residual à pedra filosofal,” 2011.
- [9] J. M. F. Carvalho, C. M. Prazeres, R. J. Sardinha, and J. V. Lisboa, “Rochas Ornamentais do Maciço Calcário Estremenho: Breve Caracterização dos Recursos, dos Centros de Produção e Delimitação Preliminar de Áreas Potenciais,” *Bol. Minas*, vol. 47, no. 1, 2012.
- [10] R.-A. Cubillos-Gonzalez, C. J. Cartagena Lianres, and J. J. Garcia Guerrero, “Ornamental rocks characterization at the construction industry, a systematic review,” in *2019 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, 2019, pp. 1–6.
- [11] A. Figueiredo, “No Title.” [Online]. Available: <https://www.ajfigueiredo.pt/produtos/corte/sb80l/detalhes>. [Accessed: 01-Mar-2023].
- [12] Hedel, “No Title.” [Online]. Available: <https://hedel.ind.br/>. [Accessed: 01-Mar-2023].
- [13] “Simec.” [Online]. Available: <https://www.simec.it/famiglia.php?id=73&setsetto=3&setlang=en>. [Accessed: 01-Mar-2023].
- [14] “I Golden CNC.” [Online]. Available: <https://pt.igoldencnc.com/products.html>. [Accessed: 01-Mar-2023].

-
- [15] “CEI Zipor.” [Online]. Available: <http://www.ceigroup.net/>.
- [16] “Master.” [Online]. Available: <https://www.intermac.com/na/stone/work-centres/automatic-universal/master-series-2>. [Accessed: 01-Mar-2023].
- [17] W. M. Feld, *Lean Manufacturing*. CRC Press, 2000.
- [18] S. Vinodh, *Lean Manufacturing*. New York: CRC Press, 2022.
- [19] C. Roser, *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing*. 1 Edition. | Boca Raton : CRC Press, 2016.: Productivity Press, 2016.
- [20] J. X. Wang, *Lean Manufacturing*. CRC Press, 2010.
- [21] T. McLean, *Grow Your Factory, Grow Your Profits*. Productivity Press, 2017.
- [22] G. Lane, *Mr. Lean Buys and Transforms a Manufacturing Company*. Productivity Press, 2009.
- [23] T. V. Stern, *Leaner Six Sigma*. Productivity Press, 2019.
- [24] D. K. Sobek II. and A. Smalley, *Understanding A3 Thinking*. Productivity Press, 2008.
- [25] V. M. Da Fonseca and D. I. Miyake, “Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade,” *Xxvi Enegep*, pp. 1–10, 2006.
- [26] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Routledge, 2019.
- [27] S. Shingo, *Quick Changeover for Operators*. Productivity Press, 1996.
- [28] J. R. Henry, *Achieving Lean Changeover*. Productivity Press, 2017.
- [29] “Una revolucion en la produccion,” *Una Revoluc. en la Prod.*, 2017.
- [30] “Lean Production.” [Online]. Available: <https://www.leanproduction.com/smed/>. [Accessed: 05-Mar-2023].
- [31] J. Peterson and R. Smith, *The 5S Pocket Guide*. Productivity Press, 1998.
- [32] J. Michalska and D. Szewieczek, “The 5S methodology as a tool for improving the organisation,” *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 24, no. 2, pp. 211–214, 2007.
- [33] D. Visco, *5S Made Easy*. Productivity Press, 2017.
- [34] C. A. Ortiz, “The 5S Playbook,” *5S Playb.*, 2015.
- [35] T. Pyzdek, “Spaghetti Diagrams,” 2021, pp. 25–28.
- [36] K. Senderská, A. Mareš, and Š. Václav, “Spaghetti diagram application for workers’ movement analysis,” *UPB Sci. Bull. Ser. D Mech. Eng.*, vol. 79, no. 1, pp. 139–150, 2017.
- [37] “Diagrama de espaguete: Aplicado no seu Negócio.” [Online]. Available: <https://www.novida.com.br/blog/diagrama-de-espaguete/>. [Accessed: 20-Mar-2023].
- [38] A. Pereira *et al.*, “Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company – A Case

- Study,” *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 239–244, 2016.
- [39] P. P. Feng and G. Ballard, “Standard work from a lean theory perspective,” *Proc. IGLC16 16th Annu. Conf. Int. Gr. Lean Constr.*, no. January 2008, pp. 703–712, 2008.
- [40] S. Bragança and E. Costa, “AN APPLICATION OF THE LEAN PRODUCTION TOOL STANDARD WORK,” *J. Teknol.*, vol. 76, no. 1, Aug. 2015.
- [41] Gemba Kaizen كايزن جيما منهجية ضوء فى الجامعية القيادة أساليب تحسين متطلبات, الحريى ا. ا. م. ب. م. □□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□ □□□□□ □□□□□□, vol. 25, no. 1, pp. 233–262, 2017.
- [42] S. Mani, J. Singh, and H. Singh, “Kaizen Philosophy: A Review of Literature Kaizen Philosophy: A Review of Literature,” *ICFAI J. Oper. Manag.*, vol. 8, no. 2, pp. 51–73, 2009.
- [43] A. Cherrafi *et al.*, “Green and lean: a Gemba–Kaizen model for sustainability enhancement,” *Prod. Plan. Control*, vol. 30, no. 5–6, pp. 385–399, Apr. 2019.
- [44] S. B. Naik and S. Kallurkar, “A LITERATURE REVIEW ON EFFICIENT PLANT LAYOUT DESIGN,” *Int. J. Ind. Eng. Res. Dev.*, vol. 7, no. 2, Jul. 2016.
- [45] N. Slack and R. Johnston, *OPERATIONS MANAGEMENT*. .
- [46] N. Reddy Gayam, K. Shanmuganandam, and D. Vinodh, “WITHDRAWN: Layouts in production industries: A review,” *Mater. Today Proc.*, Nov. 2020.
- [47] R. M. Varinder Khurana, “Facility Layout Planning: A Review,” *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 04, no. 03, pp. 976–980, 2015.
- [48] M. A. El-Baz, “A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 47, no. 2–3, pp. 233–246, Nov. 2004.
- [49] “Clasf.” [Online]. Available: <https://www.clasf.pt/q/ladrilhos-pedra/>. [Accessed: 10-Mar-2023].
- [50] R. de Sousa Camposinhos, “Kerf Anchorage,” in *Stone Cladding Engineering*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2014, pp. 137–154.
- [51] “Fischer.” [Online]. Available: <https://www.fischer.pt/pt-pt/>. [Accessed: 10-Mar-2023].

Anexo 1

	Classificação				
	1	2	3	4	5
SEIRI – Triagem					
Estão presentes apenas ferramentas necessárias no local de trabalho					
Estão presentes apenas documentos necessários no local de trabalho					
A área de armazenamento tem apenas material a maquinar					
Está definida uma área de produto não conforme					
SEITON – Arrumação					
Existem uma zona definida para as ordens de produção					
Existe uma zona definida para cada ferramenta					
As zonas definidas estão bem delimitadas e organizadas					
Os equipamentos de medição estão em perfeitas condições					
SEISO – Limpeza					
As máquinas estão limpas					
As ferramentas estão limpas					
A zona envolvente às máquinas está limpa					
As ordens de produção são mantidas limpas					
SEIKETSU - Normalização					
Existem quadro informativos e outras marcas para determinação das zonas					
A gestão visual através de cores é perceptível					
Todos sabem as suas responsabilidades					
Existe uma planificação de auditorias 5S					
SHITSUKE – Manutenção					
Os operadores cumprem as regras 5S					
Notam-se claras melhorias					
5S é reconhecido como um caminho positivo					