



Universidade de Aveiro
2013

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia
Industrial

**Sandra Cristina
Pereira Martins**

**Implementação de uma Célula de Fabrico na Empresa
Durit**



**Sandra Cristina
Pereira Martins**

**Implementação de uma Célula de Fabrico na
Empresa Durit**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

"O que oiço, esqueço; o que vejo, recordo; o que faço, compreendo."

Confúcio (551 a.C. – 479 a. C.)

O júri

Presidente

Prof. Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Doutora Maria Antónia da Silva Lopes Carravilla
professora associada da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Orientador

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
professora auxiliar convidada da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

À minha orientadora, Professora Carina Pimentel, pela sua sempre disponibilidade e apoio na realização deste projecto.

À Durit, na pessoa do Engº Manuel Valente por todas as oportunidades profissionais que me tem proporcionado.

Aos meus colegas na Durit em particular ao Engº Pedro Ferro, ao Engº David Oliveira e à Engª Paula Resende, pelo incentivo dado.

Ao meu marido pelo apoio incontestável que sempre me tem dado.

palavras-chave

Células de produção, tecnologia de grupo.

Resumo

Hoje, mais do que em qualquer outra altura, as organizações procuram formas de rentabilizar o fluxo de produção dos diferentes produtos. Isto é conseguido à custa de uma melhor utilização dos seus recursos, tais como as máquinas, entre outros. Assim, o processo de alteração dos sistemas de produção, de forma a torná-los mais eficientes, tornou-se uma prioridade para os produtores, no contexto atual de economia global. Neste contexto surgem os sistemas de produção em célula que trazem benefícios, como redução do stock de produtos em curso, a diminuição da necessidade de movimentações de materiais, a diminuição do espaço ocupado necessário para fabricar um determinado produto, a melhoria da qualidade dos produtos fabricados, o aumento da produtividade e a redução dos prazos de entrega, permitindo com isto melhorar a resposta dada ao cliente. Neste trabalho mostram-se as fases de implementação de uma célula de produção na empresa Durit. São também apresentados os ganhos conseguidos com a implementação da célula de produção em relação ao sistema de produção anteriormente existente de *job shop*.

Keywords

Cellular manufacturing, group technology

Abstract

Today, more than ever, organizations are looking for ways to improve the flow of production of different products. This is achieved at the expense of a better use of its resources, such as machines, among others. Thus, the process of changing production systems, in order to make them more efficient, became a top priority to the manufacturers in the current context of the global economy. In this context cell production systems arise, that provide benefits such as the reduction of the work in process, decreased need for movements of materials, reduction of the occupied space required for the manufacture of a product, improvement of the product quality manufactured, increased productivity and reduction of delivery lead time, allowing the improvement of the customer satisfaction. In this work the phases of implementation of a production cell in the company Durit are presented. In addition the gains achieved with the implementation of the production cell, in relation to the production system previously used, job shop, are also presented.

Índice

Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1 Contextualização e Relevância do Tema	1
1.2 Objetivos	5
1.3 Metodologia de Investigação	5
1.4 Estrutura do Relatório.....	7
Capítulo 2 - Enquadramento Teórico e Revisão da Literatura	9
2.1 <i>Lean Production</i>	9
2.1.1 Vantagens da Aplicação do <i>Lean</i>	13
2.1.2 Técnicas/Ferramentas Utilizadas na Aplicação do <i>Lean Production</i>	14
2.1.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM).....	14
2.1.2.2 <i>Just-in-Time</i>	17
2.1.2.3 <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	17
2.1.2.5 <i>Takt Time</i>	18
2.1.2.7 Cinco S (5S)	18
2.2 Células de Produção	18
2.2.1 Tipos de Sistemas de Produção	20
2.2.2 Tipos de Células de Produção	21
2.2.3 Modo Operatório	25
2.2.3.1 <i>Working Balance</i>	26
2.2.3.2 <i>Rabbit Chase</i>	26
2.2.3.3 <i>Toyota Sewing System</i>	26
2.2.3.4 <i>Baton-Touch</i>	27
2.2.3.5 <i>Bucket-Brigades</i>	27
2.2.4 Recursos Humanos	27
2.2.5 Vantagens e Desvantagens das Células de Produção	29
2.2.6 Processo de Implementação das Células de Produção	31
2.2.7 Técnica para Agrupar Peças e Máquinas.....	34
2.2.6 Dificuldades de Implementação	36
Capítulo 3 - Caso de Estudo	37

3.1 Apresentação da Empresa	37
3.2 Descrição do Processo Produtivo	42
3.2.1 Setor de Retificação.....	44
3.3 Recolha e Análise de Dados no Âmbito do Projeto da Célula de Produção no Setor de Retificação	48
3.3.1 Identificação dos Principais Modelos- Análise ABC	48
3.3.2 Tempo Médio de Permanência de Cada Tipo de Peça na Seção de Retificação .	50
3.3.3 Distâncias Percorridas e Movimentações	50
3.3.4 Sequências e Tempos de Operação de Retificação	53
3.3.5 VSM do Estado Atual	55
3.3.5 Percentagem de Atrasos e Nível de Rejeições.....	58
3.3.6 Competências dos Recursos Humanos	58
3.4 Implementação da Célula de Produção	60
3.4.1 Cálculo do <i>Takt Time</i>	60
3.4.2 Cálculo do Tempo Total de Cada Operação	60
3.4.3 Configuração da Célula	64
3.4.4 Espaço Percorrido	65
3.4.5 Recursos Humanos	66
3.5 Apresentação e Discussão dos Resultados Obtidos	68
3.5.1 Nível de Produção da Célula	68
3.5.2 Medidas de Desempenho da Célula.....	70
3.5.3 Produção Antes e Após a Implementação Célula.	74
3.6. Melhoria Contínua	75
Capítulo 4 - Conclusões e Desenvolvimentos Futuros	79
Referências Bibliográficas	83
ANEXOS	87

Índice de Figuras

Figura 1: Fases da metodologia Ação-reação (Fonte: Susman, 1983).....	6
Figura 2 - Forças de suporte e de oposição ao <i>Lean Manufacturing</i> (Fonte: Melton, 2005) ..	13
<i>Figura 3 - O value stream mapping total</i> (Fonte: Rother e Shook, 1999).....	14
Figura 4 - Etapas do Value Stream Mapping (adaptado de Rother e Shook, 1999).....	15
Figura 5- Relação entre a variedade e quantidade de produtos finais para seleção do sistema de produção (Fonte: Alves, 2007).....	21
Figura 6 – Gráfico da distribuição Produto-Quantidade e tipos de células (Fonte: Hales, 2002)	22
Figura 7 – Esquema das fases da implementação de uma célula (adaptado de Fraser, 2007)	32
Figura 8 - Gráfico de distribuição etária.....	38
Figura 9 - Gráfico de distribuição por gênero	38
Figura 10 - Gráfico de distribuição por nível de escolaridade.....	39
Figura 11 – Exemplos de peças produzidas na Durit	40
Figura 12 - Gráfico de Distribuição da percentagem de vendas por cliente.....	40
Figura 13 - Organograma Geral - Durit	41
Figura 14 - Sequência de operações realizadas nas peças de metal duro.....	44
Figura 15 – Layout do setor de retificação com indicação dos grupos de máquinas.....	47
Figura 16 - Representação gráfica da análise ABC.....	49
Figura 17 – Peças em análise.....	50
Figura 18 – Movimentação das peças durante o processo de retificação.....	52
Figura 19 – VSM do processo de retificação e envio para o cliente, da Peça A.....	57
Figura 20 - Gráfico da relação entre a ocupação do operador e de máquina com o <i>takt time</i>	63
Figura 21 – Esquema de configuração da célula de produção.....	65

Figura 22 – Fotografias com dois pormenores da célula implementada	65
Figura 23 – Distribuição das operações pelos 2 operadores	67
Figura 24 - Gráfico de produção da célula	69
Figura 25 - Peças produzidas por hora.....	71
Figura 26 - Percentagem de peças defeituosas.....	71
Figura 27 – Cumprimentos de prazos	72
Figura 28 – Número de avarias de máquinas em cada semana.....	73
Figura 29 – Tempo de paragem em cada avaria ocorrida	73
Figura 30 – Armário com a separação e identificação das buchas para a retificação cilíndrica.	76
Figura 31 – Quadro com ferramentas.....	76
Figura 32 - Identificação das pastas diamantadas.....	77

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Análise ABC dos modelos de peças produzidos	48
Tabela 2- Tempo médio de permanência dos três principais modelos na retificação.....	50
Tabela 3 - Sequências e tempos de operações-peça A.....	53
Tabela 4 - Sequências e tempos de operações-peça B.....	53
Tabela 5 - Sequências e tempos de operações-peça C.....	54
Tabela 6 – Matriz de competências	59
Tabela 7 – Tempo de operações/ unidade.....	61
Tabela 8 – Período de ocupação da máquina e do operador	62
Tabela 9 – Número de operador e máquinas necessários na célula de produção	63
Tabela 10 - Tempo médio de permanência dos três principais modelos na retificação.....	68
Tabela 11 – Indicadores célula	70
Tabela 12 – Desempenho antes e após a implementação da célula.....	74

Lista de Siglas e Acrónimos

5s	Seiton - Seiri - Seiso - Seiketsu - Shitsuke
JIT	Just - in - Time
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work in Process

Capítulo 1

Introdução

Nesta dissertação de mestrado apresenta-se o trabalho desenvolvido numa empresa produtora de ferramentas e peças de grande precisão em metal duro e aço, a Durit, Metalúrgica Portuguesa do Tungsténio, Lda, mais concretamente no setor de retificação.

Neste capítulo são exploradas as motivações, os objetivos e a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste projeto, sendo ainda apresentada a estrutura deste relatório.

1.1 Contextualização e Relevância do Tema

A profunda crise que assola a Europa e o Mundo coloca à prova as empresas que encontram agora mais um obstáculo à sua subsistência num mercado cada vez mais competitivo e inacessível. Estes desafios tomam uma dimensão superior quando nos últimos anos o fenómeno da globalização deixou de ser algo opcional para as organizações e passou a ser algo que é imposto a todos. Assim como, a proximidade hoje existente entre pessoas e, conseqüentemente, entre empresas e organizações geograficamente distantes faz com que a competitividade e a utilização altamente racionalizada dos recursos sejam das premissas básicas para a subsistência.

A situação de mercado atualmente predominante evoluiu substancialmente, nas últimas décadas. De uma economia *push*, típica do passado, evoluiu-se para uma economia *pull*, paradigma de mercado da situação económica atual. Tal deveu-se muito à liberalização do comércio e ao aumento da concorrência global que fez aumentar a oferta

muito além da procura. Numa economia *push* existe uma forte lealdade à marca devido à oferta limitada e restrição de escolhas. Com a forte concorrência e a exigência sempre crescente da qualidade e inovação dos produtos, a lealdade do consumidor está, antes de mais, para consigo próprio. As necessidades numa economia *pull* são ditadas pelos consumidores e estão constantemente em mudança.

A caracterização da economia tipo *pull* pode ser resumida em oito pontos, (Alves et al., 2003):

- a flexibilidade dos sistemas de produção como resposta às flutuações que caracterizam os mercados
- a substituição da produção em massa por pequenas séries, ou seja, a expansão dos produtos por medida
- a “desmaterialização” do produto industrial através de uma crescente incorporação de serviços especializados de alto conteúdo tecnológico
- o desenvolvimento da cooperação entre empresas ao nível da investigação pré-competitiva como forma de assegurar a rentabilidade, em mercado global, das despesas de tecnologia
- a maior ligação entre investigação e marketing como forma de otimizar a gestão dos recursos tecnológicos da empresa o desenvolvimento e expansão das eco tecnologias em vez de indústrias geradoras de desperdícios e poluidoras do meio ambiente
- a intensidade de crescimento do investimento imaterial (formação, I&D, marketing, tecnologias de informação e comunicação)
- a procura de novas formas de organização da produção onde a dignidade e a criatividade humanas assumem uma posição central substituindo, deste modo, os velhos métodos “tayloristas” e de organização empresarial e introduzindo as novas “matérias primas” ligadas ao domínio da informação, do conhecimento e do saber fazer.

Estas condições aliadas à emergência do paradigma *pull* descrito, têm promovido o afastamento dos princípios Tayloristas e o interesse crescente pela introdução de novos métodos de gestão e novas formas organizacionais a vários níveis da empresa (Alves et al., 2003).

Portanto, neste mercado global com elevada concorrência em que nos inserimos torna-se imperativo as empresas conseguirem atingir as expectativas dos clientes, mantendo-os satisfeitos. Isto pressupõe o cumprimento dos requisitos do produto acordados com o cliente, nomeadamente os de qualidade e prazo de entrega, bem como o de preço. Neste sentido entende-se a cada vez maior procura por formas de organização que permitam aumentar a produtividade e a eficiência operacional. Assim procuram-se obter produtos com elevado nível de qualidade, produzidos rapidamente e a baixos custos.

Segundo, Fraser, Harris e Luong (2007), a vantagem competitiva pode ser conseguida através do desempenho superior do produto (design e nível de qualidade), através da forma de introdução de um novo produto (velocidade rápida de desenvolvimento e customização) ou através da forma de o produzir (flexibilidade existente em termos de tipo de produto e volume de produção, baixos custos e redução do *lead time*).

As empresas têm vários caminhos por onde podem seguir, desde o recurso a *downsizing*, deslocalização das suas unidades fabris, entre outros. Um dos caminhos que algumas seguiram foi adaptar-se à nova realidade, através de um olhar crítico, de fora para dentro da organização, procurando focos de erro, defeitos, desperdícios, e anulando-os, criando valor e tendo sempre em mente o cliente, melhorando assim o seu desempenho e competitividade.

Desde a publicação do livro *The Machine that Changed the world* por Womack, Jones e Ross (1991), o conceito *Lean thinking* tem atraído o interesse de muitas pessoas do mundo inteiro, estudiosos e empresários. O *lean thinking* traduz-se num olhar de perto os canais de valor da organização, eliminando todas as actividades que não acrescentam valor e consistentemente alinhar todas as actividades necessárias para os clientes externos e internos. O resultado e particulares características de qualquer sistema *Lean* é o curto prazo de entrega, redução da necessidade de recursos humanos e financeiros, bem como a obtenção de produtos que são particularmente adequados aos requisitos dos clientes (Womack e Jones, 1996).

O ponto de partida para o *Lean Thinking* é reconhecer que apenas uma pequena fração do tempo total e do esforço de uma organização adiciona valor ao cliente. Em

média encontra-se estabelecido que 40% dos custos de qualquer negócio são puro desperdício (Pinto, 2009).

No seguimento do *lean Thinking* surge um modelo organizacional de produção designado por *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*, que centra-se na eliminação de ações desnecessárias e na ligação próxima das operações que acrescentam valor ao produto. Centra-se portanto na melhoria contínua dos processos produtivos, com um envolvimento intenso das pessoas, através da eliminação dos desperdícios, procurando melhorar a qualidade e reduzir o custo de produção e tempos de entrega (Womack e Jones, 1996).

Para a implementação do *Lean manufacturing*, são utilizadas um vasto leque de práticas ou ferramentas para o auxílio das empresas na criação de um ambiente *Lean*. Exemplos destas práticas são: *just-in-time*, sistemas de qualidade, trabalho em equipa, células de produção, gestão de materiais, entre outras (Shah e Ward, 2003).

Os sistemas de produção em célula surgem como alternativa ao *job shop*, mostrando os benefícios operacionais deste fluxo de produção. As células de produção incluem um grupo de máquinas diferentes, com localizações próximas umas das outras e dedicadas à produção de uma família de peças. Elas têm diversas vantagens, entre as quais podemos destacar, a entrega do produto no prazo acordado com o cliente, a redução do *stock* e da quantidade de produto em curso de fabrico (WIP), a melhoraria da qualidade, entre outras (Irani et al., 1999).

As células podem com sucesso reduzir os custos de produção ao mesmo tempo que permitem uma melhoria do nível de qualidade, através da utilização de técnicas eficientes de produção.

Na Durit, a maior parte da produção é realizada num sistema orientado à função. Neste sistema embora exista uma elevada flexibilidade de produção devido a uma produção do tipo *Job Shop*, o mesmo leva por outro lado a uma maior complexidade de controlo devido à simultaneidade de processamento de diferentes produtos. Conduz também a esperas de processamento, levando a atrasos de entrega ao cliente. Por todos estes aspetos, foi equacionada a realização deste projeto de forma à avaliação da organização atual da produção e implementação de uma célula de produção para produzir uma determinada família de produtos, de forma a melhorar o desempenho operacional relativo aos referidos produtos. Com esta reorganização pretende-se a

redução de custos de produção, assim como a melhoria do tempo de resposta ao cliente, permitindo à empresa obter maior lucro com os mesmos recursos. Pretende-se que com a célula de produção o fluxo de produção desta família seja bastante melhorado, tendo em vista a melhoria de um aspeto crítico na situação atual, relacionado com o incumprimento do prazo de entrega.

1.2 Objetivos

O presente trabalho visou projetar e implementar uma célula de produção dedicada à produção de uma família de produtos de um cliente da empresa Durit. Neste processo de reconfiguração do sistema de produção destas peças foram tidas sempre em consideração as orientações contidas nas filosofias *Just-In-Time* e *Lean Manufacturing*.

O principal objetivo foi o de diminuir o nível de atrasos na entrega de peças ao cliente, melhorando o nível de satisfação deste. Este objetivo principal teve associado outros objetivos tais como:

- A eliminação dos desperdícios, ou seja, de todas as operações sem valor acrescentado;
- Reduzir o WIP;
- Criar fluxo na produção desta família, eliminando pontos de espera e movimentações;
- Reduzir tempos não produtivos na seção de retificação;
- Reduzir o nível de produto não conforme;
- Criar medidas de avaliação do desempenho da célula;
- Aumentar a produtividade.

1.3 Metodologia de Investigação

O atingir dos objetivos neste projeto está relacionado com a metodologia escolhida na sua realização. “A metodologia de investigação consiste num processo de seleção da estratégia de investigação, que condiciona, por si só, a escolha das técnicas de recolha de dados, que devem ser adequadas aos objetivos que se pretendem atingir” (Sousa e Baptista, 2011).

Para desenvolver este trabalho foi escolhida a metodologia de Investigação-Ação, onde o investigador participa ativamente na ação. Esta metodologia baseia-se no aprender fazendo e pode ser designada como um procedimento sistemático, refletivo e colaborativo entre elementos de uma mesma equipa de trabalho, procurando continuamente soluções para problemas reais (Ferrance, 2000).

Esta metodologia, segundo Susman (1983), é constituída por cinco fases, tal como ilustrado na figura 1:

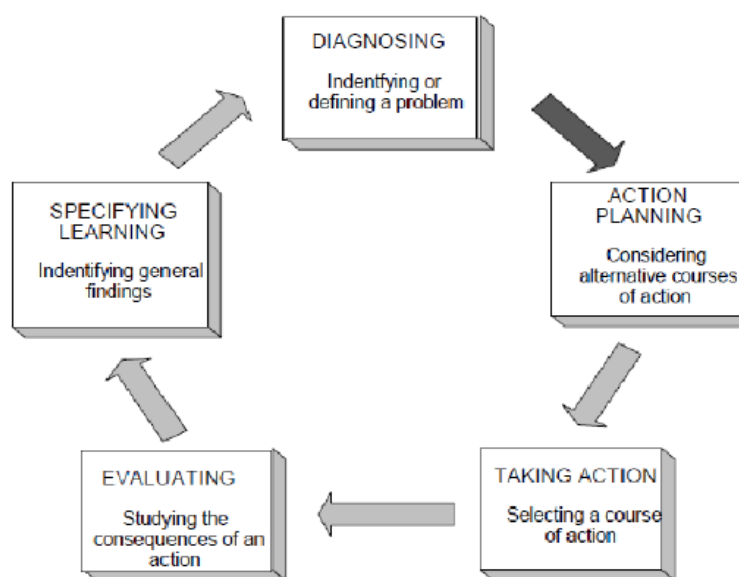


Figura 1: Fases da metodologia Ação-reação (Fonte: Susman, 1983)

As fases desta metodologia e de acordo com a figura 1 são:

- Diagnóstico: consiste em identificar e definir problemas;
- Planeamento de ações: com base nos dados recolhidos, são consideradas e interpretadas várias alternativas;
- Implementação de ações: visa implementar ações de melhoria ou de resolução dos problemas;
- Avaliação da implementação das ações: nesta fase pretende-se refletir acerca das consequências das ações, pela recolha e análise dos resultados obtidos;
- Especificação de aprendizagem: são identificadas conclusões gerais de aprendizagem.

A fase de diagnóstico envolveu uma análise do sistema de produção existente, incluindo a determinação do *Work In Process*, do *Lead time*, da Produtividade, e o desenho e análise do fluxo de materiais e de informação. Fez-se também um levantamento das operações que cada colaborador tinha competências para realizar. Esta informação após ser recolhida foi compilada de forma a possibilitar a procura de soluções para os problemas identificados.

Na fase de planeamento foram ponderados vários caminhos a seguir e considera-se aquele que trará melhores resultados. Neste caso a ação vai ser a implementação de uma célula de fabrico e para isso vão ser estudados diferentes configurações de células e metodologias de implementação de células.

No final surgiu a fase de avaliação dos resultados. Nesta fase foi estudado o impacto das ações tomadas e implementadas na fase anterior, tendo em conta um conjunto de indicadores de desempenho.

1.4 Estrutura do Relatório

O trabalho que aqui é apresentado consistiu numa primeira fase, na aquisição dos conhecimentos teóricos necessários para a total compreensão do tema em estudo, com base em algumas obras literárias fundamentais. Foram também analisados artigos científicos relevantes que serviram de base para a alteração do sistema de produção. Por este motivo numa primeira parte deste trabalho, no capítulo 2, é relatada esta revisão efetuada à literatura. Numa segunda fase, apresentada no capítulo 3, encontra-se a descrição de toda a parte de implementação da célula de produção. Aqui, inicialmente é feita uma apresentação da empresa onde foi realizado o trabalho e posteriormente é apresentado um levantamento de todos os aspetos produtivos relacionados com o problema estudado, de forma a evidenciar a situação antes da alteração do sistema de produção das peças em estudo. Em seguida, é descrita a forma de implementação da célula e são apresentados os resultados obtidos com o funcionamento da célula. Em último lugar, no capítulo 4, são apresentadas as conclusões que foram retiradas deste trabalho e o que deve ser ainda realizado num futuro próximo.

Capítulo 2

Enquadramento Teórico e Revisão da Literatura

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica feita em torno do tema central que é o das células de produção. Nesta revisão é também abordado o tema do *lean Manufacturing*, uma vez que as células de produção são uma das práticas subjacentes à aplicação desta metodologia.

2.1 Lean Production

O nascimento da era *Lean* surge no Japão dentro da Toyota, na década de 1940. O sistema de produção da Toyota denominado por Toyota Production System (TPS) foi desenvolvido em torno do desejo de produzir em fluxo contínuo tendo em conta o reconhecimento de que apenas uma pequena fração do tempo total e esforço para processar um produto traduzia-se em valor acrescentado para o cliente final. No TPS, o factor humano e a qualidade dos produtos assumem um papel primordial até então nunca valorizado, sendo a base de sustentação do sistema a absoluta eliminação do desperdício. Isto foi claramente o contrário do que se fazia no mundo ocidental onde encontrávamos as filosofias de produção em massa originalmente desenvolvidas por Frederick Taylor e Henry Ford no início do século XX e que perduraram até à década de 90. Mencionar *Lean* é pois uma referência para a abordagem de produção pioneira da Toyota, mas também o tema do livro “*The Machine that Changed the World*” (Womack,

Jones e Roos, 1991). Um livro que é o primeiro a destacar os métodos de produção japoneses (Melton, 2005).

O conceito de produção *Lean* encontra-se agora expandido como pensamento *Lean* e tem sido aplicado a todos os aspetos da cadeia de abastecimento. O foco desta abordagem é a redução de custos através da eliminação de atividades que não adicionam valor (Melton, 2005).

Os princípios do *Lean Manufacturing* podem ser resumidos em cinco pontos (Womack e Jones, 1996):

- Criar Valor - É importante especificar junto do cliente o conceito de “valor”, por família de produtos. O que o cliente pretende é que o preço que paga para adquirir o bem ou serviço corresponda ao grau de satisfação que a transacção lhe confere.
- Definir a Cadeia de Valor - A cadeia de valor ou fluxo de valor é definida como o conjunto de todas as atividades (acrescentam ou não valor), necessárias para a produção de determinado produto, bem ou serviço, tendo em vista as necessidades do cliente. Identificar todas as etapas do fluxo de valor para cada família de produto, eliminando, sempre que possível, as etapas que nada acrescentam ao bem ou serviço é uma das premissas do *Lean*.
- Otimizar o Fluxo - Os processos devem ser organizados para permitir que os produtos sejam processados de forma fluida, evitando perdas de tempo e paragens ou deslocações desnecessárias.
- Sistema Pull - Conceito estreitamente ligado à produção *just-in-time*, que consiste em produzir os produtos necessários, nas quantidades necessárias e no tempo exato para satisfazer as necessidades do cliente.
- Perfeição - O objetivo primordial do *Lean* é a perfeição. Para tal, é necessário que sejam removidas todas as etapas que não acrescentem valor ao produto, bem como os *stocks* e que o sistema *pull* funcione efetivamente.

Estes cinco princípios têm uma limitação que é o fato de poderem conduzir as organizações a entrar em ciclos infundáveis de redução dos desperdícios, ignorando a crucial atividade de criar valor para todas as partes interessadas, através da inovação de produtos e serviços. Assim, a Comunidade *Lean Tinking* propôs mais dois princípios que

são conhecer os *stakeholders* e inovar sempre procurando assim colocar a organização no caminho certo rumo à excelência e ao desempenho extraordinário (Pinto, 2010).

Uma das palavras mais conhecidas relacionadas com o *Lean Thinking* é a palavra “muda”, palavra Japonesa que significa desperdício e que diz respeito a qualquer atividade que absorve recursos e não cria valor (Womack e Jones, 1996).

Foram identificadas sete categorias de desperdícios no decorrer do desenvolvimento do TPS e que são (Pinto, 2010):

- Excesso de produção – esta é a mais penalizante das sete categorias de desperdício, sendo o oposto da produção *just-in-time*. Este desperdício significa fazer o que não é necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias. Isto acarreta entre outros problemas a ocupação desnecessária de recursos, consumo de materiais e de energia sem que isso represente retorno financeiro para a empresa e o aumento dos *stocks* um pouco por toda a cadeia de abastecimento.
- Esperas – refere-se ao tempo que as pessoas ou os equipamentos perdem sempre que estão à espera de algo. As causas mais comuns são fluxo obstruído, (provocado por exemplo por uma avaria, defeitos de qualidade ou acidente), problemas de *layout* que conduzem a excessivos transportes, atrasos na entrega dos fornecedores ou ainda capacidade não balanceada ou sincronizada com a procura.
- Transportes e movimentações – transporte é qualquer movimentação ou transferência de materiais, partes montadas, peças acabadas de um sítio para o outro, por alguma razão. Os sistemas de transporte e movimentações têm sempre um perverso nas organizações. Estes ocupam espaço na fábrica, acrescem os custos, aumentam o tempo de fabrico e muitas vezes levam a que os produtos se danifiquem com as movimentações. Não se deve esperar eliminar todas as transferências de materiais, mas sim reduzir as distâncias e deste modo reduzir ou eliminar os *stocks*.
- Desperdício do próprio processo – estes desperdícios referem-se a operações e processos que não são necessários. Um aumento dos defeitos pode ser consequência de operações ou processos incorretos. A falta de treino e/ou uniformização pode também provocar desperdícios de processo. Todos os

processos geram perdas contudo estas devem ser eliminadas ao máximo. Isto pode ser conseguido através de esforços de automatização, de formação de colaboradores ou, ainda, pela substituição de processos por outros mais eficientes.

- *Stocks* – Os *stocks* denunciam a presença de materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica. Uma das melhores formas de encontrar desperdícios é procurar os pontos onde há tendência para existir *stocks*. As causas mais comuns são o fraco *layout* que origina armazenamentos ou transportes, a existência de “gargalos” nos processos e processos a trabalhar a diferentes velocidades/ritmos.
- Defeitos – a definição de desperdícios inclui os defeitos ou problemas de qualidade. A estes estão também associados os custos de inspeção, resposta a reclamações do cliente (*rework*). Quando os defeitos ocorrem com alguma frequência aumentam-se as inspeções para evitar que estes cheguem aos clientes e os *stocks* aumentam para compensar as peças com defeito. Em consequência, a produtividade diminui e o custo dos produtos e do serviço aumentam.
- Trabalho desnecessário – refere-se ao movimento que na realidade não é necessário para executar as operações. Ou é muito rápido ou muito lento ou excessivo. As causas mais comuns são desmotivação das pessoas, capacidades e competências não desenvolvidas, operações isoladas, *layout* incorreto de trabalho.

Segundo Liker (2004), existe ainda um oitavo desperdício, que se relaciona com a não utilização do conhecimento e ideias dos trabalhadores, pois estes são os que melhor conhecem o produto e sentem as dificuldades de o produzir.

Lean Production ou *Lean Manufacturing* é uma abordagem à implementação prática da filosofia *Just-In-Time* (JIT). Segundo Womack, Jones e Roos (1991), o *Lean Production* centra-se na melhoria contínua dos processos produtivos, com um envolvimento intenso das pessoas, através da eliminação dos desperdícios, procurando melhorar a qualidade e reduzir o custo de produção e tempos de entrega (Alves et al., 2003).

Muitas das ferramentas e técnicas de produção *Lean* (ex: *just-in-time*, células de produção, TPM, nivelamento da produção, 5S, etc) têm sido amplamente utilizadas estendendo-se a sua aplicação a vários setores (Melton, 2005).

2.1.1 Vantagens da Aplicação do *Lean*

Os benefícios da aplicação do *Lean* encontram-se bem documentados e podemos considerar a diminuição nos prazos de entrega para os clientes, os *stocks* reduzidos para os fabricantes, a melhoria da gestão do conhecimento e os processos mais robustos (ou seja menos erros e portanto menos *rework*). Isto torna o *Lean* um conceito físico e muito real especialmente para a produção. Assim, *Lean* pode ser aplicado a todos os aspetos da cadeia de abastecimento com o objetivo de conseguir o máximo benefício dentro da organização de forma sustentável (Melton, 2005).

De acordo, com Melton (2005), existem inúmeros fatores que suportam e incentivam as indústrias a adotar a filosofia e ferramentas *Lean*, como também fatores que as levam a afastar esta filosofia dos seus sistemas produtivos, tal como se pode verificar pela análise da figura 2.

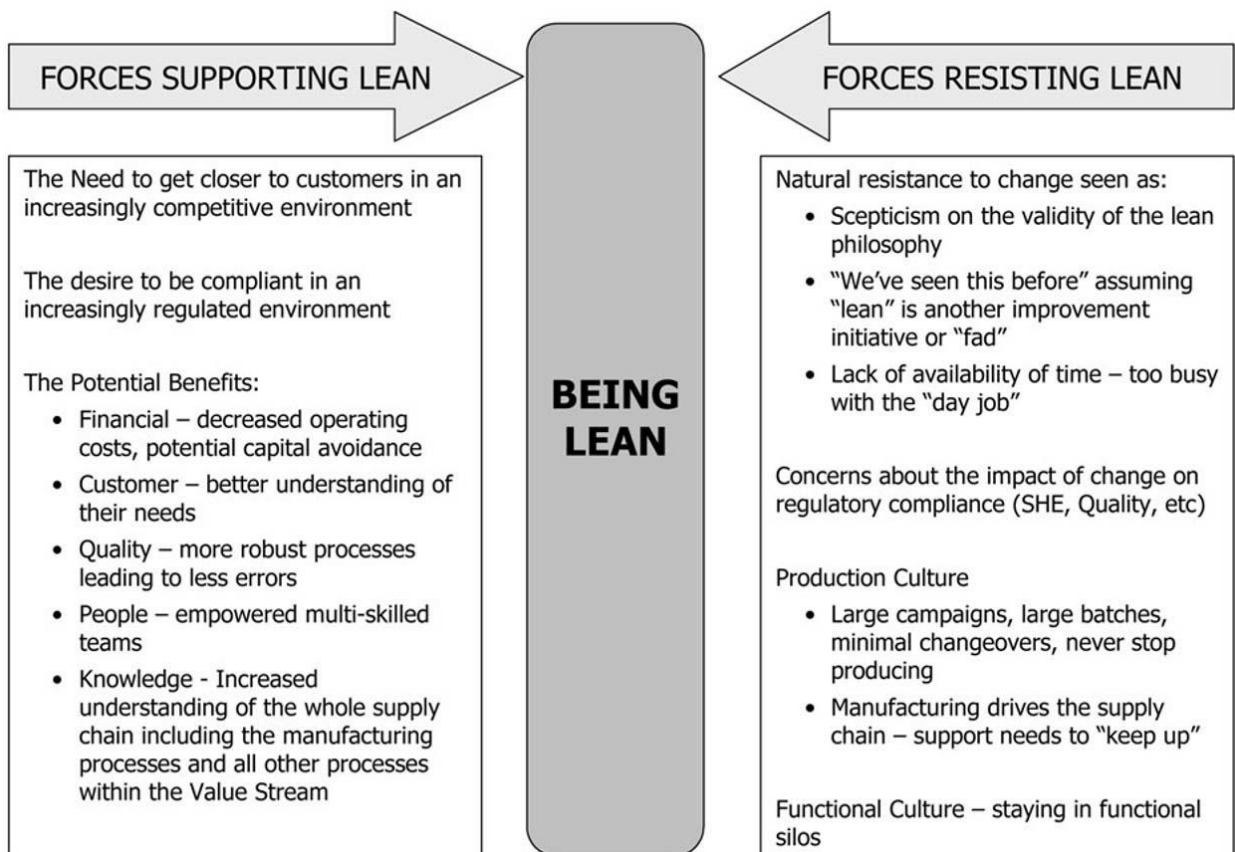


Figura 2 - Forças de suporte e de oposição ao *Lean Manufacturing* (Fonte: Melton, 2005)

2.1.2 Técnicas/Ferramentas Utilizadas na Aplicação do *Lean Production*

Nas subseções que se seguem irão ser apresentadas algumas das técnicas e ferramentas utilizadas na implementação do *Lean Production*, que posteriormente vão ser utilizadas ao longo do trabalho desenvolvido.

2.1.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)

Como já foi referido anteriormente, o *Lean Production* engloba uma série de práticas, técnicas e metodologias produtivas, tendo como objetivo principal a eliminação dos desperdícios ao longo do processo produtivo. Uma das principais técnicas de identificação e eliminação de desperdícios proposta por esta filosofia de gestão é o Mapeamento do Fluxo de Valor ou *Value Stream Mapping* (VSM) na literatura Anglo-saxónica.

Womack e Jones (1996) ao descreverem o que é *lean thinking*, fazem referência ao VSM. Assim, os autores ao descreverem o conjunto de passos para a implementação do “*lean thinking*” referem o “*Map the entire value stream for all of your product families*”, apresentando o conceito de VSM, uma ferramenta visual para a análise da cadeia de valor da organização. Contudo os autores verificaram que este passo era muitas vezes ignorado e deixado para trás.

Em 1999, Rother e Shook, abordam esta ferramenta no seu livro, apresentando uma visão detalhada do VSM, nomeadamente sobre como se cria e implementa.

De acordo com estes autores a ideia é sermos capazes de olhar para todos os processos, tanto internos à organização como externos (fornecedores e clientes) que levam à transformação da matéria-prima em produto de valor acrescentado. Este desenho do VSM pode ser observado na figura 3.

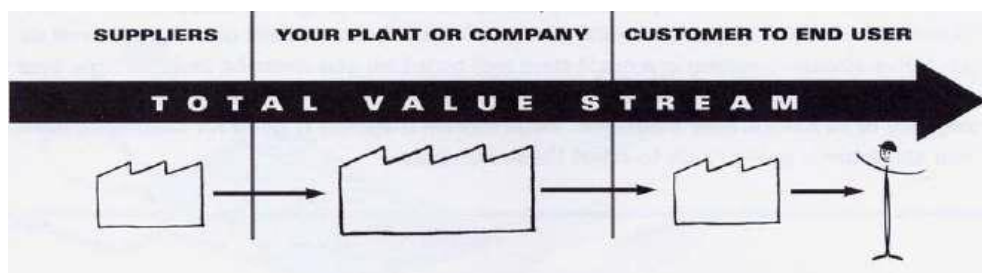


Figura 3 - O value stream mapping total (Fonte: Rother e Shook, 1999)

Uma cadeia (ou fluxo) de valor é definida como o conjunto de todas as atividades (acrescentem ou não valor), necessárias para a produção de determinado produto, bem ou serviço tendo em vista as necessidades do cliente. Essa cadeia ajuda-nos portanto a analisar e a compreender o fluxo de material e de informação à medida que as matérias-primas são transformadas em produtos de valor acrescentado e permite identificar desperdícios, bem como as suas fontes. Após o desenho do estado atual do processo produtivo, o objetivo é a representação do estado futuro, apontando as melhorias e mudanças identificadas nesse mapeamento (Rother e Shook, 1999).

O VSM é uma ferramenta de lápis e papel, construída através de símbolos (Anexo 4) que traduzem uma linguagem comum, simples e intuitiva permitindo a visualização de todo o processo produtivo de determinado produto e compreender o fluxo de material e de informação à medida que as matérias-primas são transformadas em produtos de valor acrescentado. Depois de criado este mapa, são colocadas questões sobre como devem os materiais e a informação fluir, porque é que existe acumulação de inventário, porque é que existem tantos defeitos num determinado processo, entre outras. Isto permite a compreensão do estado atual do processo produtivo, permitindo identificar melhorias e mudanças a representar num estado futuro. De acordo com Rother e Shook (1999), o VSM deve seguir as etapas apresentadas na figura 4.

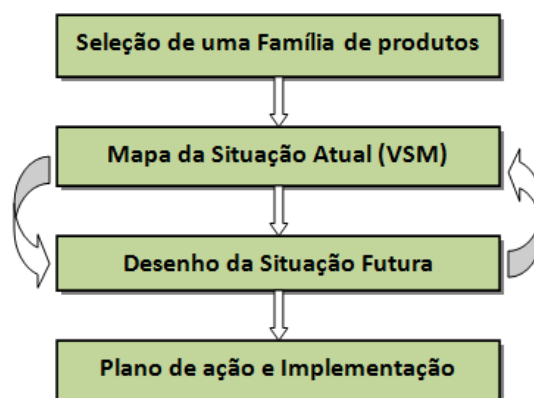


Figura 4 - Etapas do Value Stream Mapping (adaptado de Rother e Shook, 1999)

O primeiro passo do VSM é a escolha da família de produtos à qual será realizada o VSM. Uma família é um grupo de produtos que passam por processos semelhantes e por equipamentos comuns. Os produtos escolhidos para construir o VSM devem ser importantes no desempenho geral da empresa para assim se contribuir para a melhoria substancial dos resultados da organização. Na etapa seguinte são identificados os processos pelos quais passa essa família de produtos ao longo do processo produtivo, de forma a desenhar claramente a situação atual. As setas apresentadas na figura 3 entre a etapa de construção do mapa da situação atual e a etapa de desenho da situação futura denotam a ideia de um trabalho contínuo. O fluxo de materiais é desenhado na parte inferior, da esquerda para a direita, e o fluxo de informação é colocado na parte superior da direita para a esquerda. Paralelamente é realizada uma recolha de dados que ajudarão a descrever e a analisar todo o processo. O VSM é realizado num determinado momento, portanto é realizada uma descrição estática, sendo a escolha desse momento muito importante e deve representar com maior fidelidade possível a realidade da organização. Na terceira etapa é realizada uma análise ao estado atual para se definir o estado futuro. De acordo com Rother e Shook (1999) esta análise deve ser feita através de um conjunto de perguntas e das respostas a estas, como suporte para a construção do mapa do estado futuro. Estas perguntas são as seguintes:

- Qual o *Takt Time* desta família de produtos?
- Produz-se para *stock* ou diretamente para o cliente?
- Onde usar fluxo contínuo?
- Onde usar supermercados pull?
- Em que pontos deve ser planeada a produção?
- Como nivelar o mix de produtos?
- Que quantidade de produto deverá ser sempre produzida?
- Que planos auxiliares serão necessários desenvolver para implementar o estado futuro?

No final temos um plano de trabalho, em que todas as atividades têm atribuição de responsabilidades, para a implementação das ações de melhoria desenvolvidas no mapa do estado futuro. Depois de todas as ações implementadas volta-se ao início, com o

mapeamento de novos estados com vista à melhoria contínua do processo (Rother e Shook, 1999).

Um dos grandes benefícios do VSM prende-se ao facto deste livrar-nos de todos os processos burocráticos e morosos que nada trazem de valor para a organização.

O VSM pode ser uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planeamento, e uma ferramenta para gerir os processos de mudança, mas o VSM é essencialmente uma linguagem e como linguagem a ideia é utilizá-la instintivamente (Rother e Shook, 1999).

2.1.2.2 Just-in-Time

O JIT é um dos elementos basilares do TPS e um dos fatores que mais contribuem para a implementação de um sistema de gestão baseado na filosofia *lean thinking*. Não é pois possível imaginar uma organização *lean* que negue a lógica JIT, isto é, em vez de fazer apenas o que é necessário e no momento necessário, opte por ir fazendo para se manter ocupada (Pinto, 2009).

O JIT é um sistema onde o cliente inicia a procura, sendo esta então transmitida para trás, de forma a que todos os requisitos sejam pedidos apenas quando são necessários. Com este sistema, o produto ou matéria-prima chega ao local de utilização somente no momento exato em que é necessário e na quantidade necessária. As peças são produzidas baseando-se nos pedidos do cliente (sistema *pull*), contrariamente ao que acontece na produção baseada na procura prevista (sistema *push*) (Melton, 2005).

2.1.2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

O TPM é uma filosofia de gestão abrangente que procura a eliminação de todas as formas de desperdício existente na área produtiva e administrativa da organização. Começou a ser desenvolvido na década de 70, para apoiar a manutenção dos equipamentos e posteriormente a sua área de intervenção foi alargada a todo o processo. O TPM assenta em cinco pilares:

- Eliminar desperdícios (como paragens do processo);
- Na manutenção planeada (executada pelos técnicos da manutenção);
- Manutenção autónoma (a realizar pelos operadores);
- Formar e treinar todos os colaboradores;

- Repercutir sobre a conceção das máquinas as melhorias realizadas nas instalações existentes.

Estes pilares não correspondem a etapas sequenciais mas a temas que têm de ser desenvolvidos em simultâneo (Weinstein, 1999), (Pinto, 2009).

2.1.2.5 Takt Time

O *takt time* é uma das métricas de desempenho utilizadas no âmbito do *lean* e traduz o tempo de ciclo calculado em função da procura, isto é, resulta da divisão do tempo disponível pela procura. O cálculo do *takt time* é realizado através seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo total disponível/semana}}{\text{Quantidade pedida/semana}} = \text{min/peça}$$

Assim se a procura aumentar o *takt time* tem que diminuir, e o inverso também se verifica. Para isso as empresas necessitam de introduzir flexibilidade nos seus processos e recursos, caso contrário o *takt time* não passará de um conceito (Pinto, 2009).

2.1.2.7 Cinco S (5S)

Os 5S é uma abordagem muito simples que assenta na manutenção das condições ideais dos locais de trabalho (isto é, arrumados, ordenados e organizados). O termos 5S advém do facto das cinco palavras em Japonês que lhe servem de base terem o som “S” e que são: organização; arrumação; limpeza; normalização e autodisciplina. Assim, a aplicação dos 5S concentra-se na organização e limpeza de forma a manter um ambiente de trabalho produtivo. A melhoria da segurança, aumento da produtividade e melhoria da manutenção são alguns dos benefícios do programa 5S (Melton, 2005).

2.2 Células de Produção

Uma célula de produção (CP) pode genericamente ser definida como um agrupamento integrado de pessoas, equipamentos e métodos para a realização de um leque de tarefas complementares e necessárias à produção de um artigo ou família de artigos similares (Alves et al., 2003).

Uma célula é caracterizada pela criação de um fluxo de trabalho em que as operações necessárias a realizar e os trabalhadores estão próximos em termos de tempo, espaço e informação. A ligação em termos de tempo significa que a transferência e as esperas entre todas as operações no interior da célula serão minimizadas. As ligações em termos de espaço implicam que todas as operações estão fisicamente próximas umas das outras, tornando mais fácil a movimentação dos materiais, a troca de informação e a resolução de problemas (Saurin, Marodin e Ribeiro, 2011).

As células de produção são a base do desenvolvimento do *just-in-time* e dos sistemas de produção flexível (Da Silveira, 1999).

A implementação de uma célula de produção não é meramente uma questão de reorganização do *layout* da fábrica, mas mais importante, uma questão que envolve e afeta a estrutura organizacional e os aspetos humanos da produção. É pois necessário compreender os quatro componentes básicos de uma célula de produção, que são as pessoas, os equipamentos, as regras de funcionamento e o material. Isto para que se consiga implementar com sucesso uma célula e se consiga transformar a matéria-prima num produto vendável de forma eficaz e eficiente (Wemmerlov e Johnson, 2010).

Nas células de produção existem dois atributos essenciais, que são o fato de as operações serem diferentes e sequenciais, e também serem dedicadas a uma família de produtos. Esta última característica implica que as CP devem adotar os conceitos de tecnologia de grupo (GT) em que os principais objetivos são o de reduzir a complexidade e obter economias de escala, agrupando produtos similares no mesmo *layout* (Saurin, et al., 2011).

O ponto de partida para o conceito de tecnologia de grupo (TG) foi dado por R. E. Flanders em 1925 quando sugeriu que as máquinas fossem organizadas por produtos, de tal forma que cada peça individual permanecia num único sector até estar completamente acabada. A definição moderna de TG foi dada por Shunk em 1987: a resolução de muitos problemas é similar e agrupando-os, uma só solução pode ser encontrada para a resolução de todos e isto poupa tempo e esforço (Saghafian e Jokar, 2009).

Foi estabelecido que a implementação das CP podem trazer benefícios como a redução de prazos de entrega e stock de produtos em curso, melhorando a qualidade do produto e a produtividade. Dito isto, deve salientar-se que a CP não é sempre a melhor

solução. Assim, a organização do sistema de produção por processos é preferível nos casos em que o volume a produzir é baixo e a variedade é elevada, e /ou quando as linhas de produtos e as suas exigências não são estáveis (Fraser et al., 2007).

2.2.1 Tipos de Sistemas de Produção

A principal diferença entre a forma tradicional de produção e as células de produção é a forma como as máquinas se encontram organizadas no chão de fábrica. Assim, existem basicamente três tipos de organização das máquinas que são o *layout* em linha de produção, o *layout* por função/processo e as células (Irani et al.,1999).

Um sistema de produção, relativamente à sua configuração genérica pode ser um sistema de produção orientado ao produto (SPOP) ou um sistema orientado à função (SPOF). O que os distingue é o facto de o primeiro, ser um sistema de produção organizado num conjunto de sistemas de produção cada um concebido para a produção de um dado produto (células e linhas) e o outro ser organizado funcionalmente para produzir qualquer produto que a empresa produza (*Job shop*) (Alves, 2007).

Na Figura 5 é apresentado o gráfico P-Q de Hitomi (1979), (citado em Alves, 2007) onde se reconhece facilmente a existência de uma relação entre variedade e a quantidade de produtos finais produzidos pela empresa e a configuração do sistema de produção. As linhas de produção em massa, que pressupõem a organização dos centros de trabalho da forma sequencial como são utilizados para produzir o produto, adequam-se a uma grande quantidade de artigos produzidos com uma variedade baixa ou nenhuma de artigo. Caso inverso a este é o caso dos Sistemas de Produção Orientados à Função, chamados também *Job Shops*. Este sistema de produção, onde as máquinas de um determinado tipo são agrupadas, adequa-se às situações em que a variedade aumenta e a quantidade produzida de cada produto é realmente baixa. Entre as linhas de produção em massa e os *Job Shop* surgem as células de produção, com capacidade de produzir em quantidade e variedade médias.

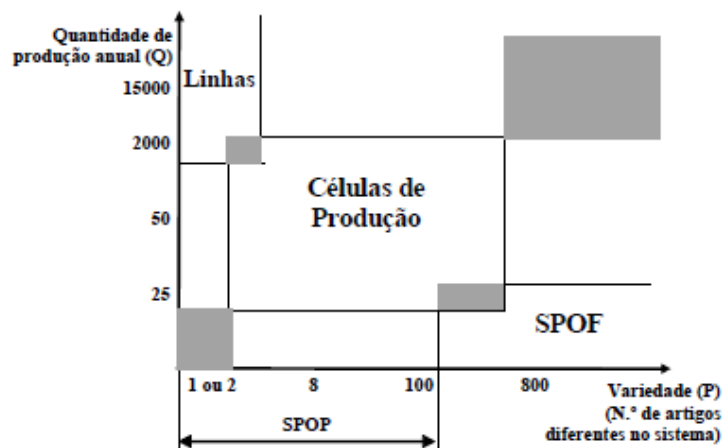


Figura 5- Relação entre a variedade e quantidade de produtos finais para seleção do sistema de produção (Fonte: Alves, 2007)

Ao longo dos tempos a procura do mercado por um determinado produto tem vindo a tornar-se mais irregular, devido à competitividade e foco na satisfação do cliente fazendo surgir novas vertentes de um determinado produto. É neste contexto que surgem as células de produção com a principal característica de possuírem a flexibilidade perante quantidades e variedades a produzir. Estas permitem a produção de uma família de artigos com uma procura muito variável (Sishir, 2008).

2.2.2 Tipos de Células de Produção

As células só se justificam se a relação entre a quantidade e variedade de produtos for considerada mediana. Se a quantidade de produto for muito elevada e a variedade de produto baixa, deve-se optar por um sistema de produção em massa. Se pelo contrário a quantidade de variados produtos a produzir é muito baixa então o sistema a optar deve ser o *Job shop*. Este aspeto encontra-se evidenciado na figura 6, onde é relacionada a diversidade de produtos produzidos com a quantidade de cada um, bem como o tipo de sistema de produção a adotar em função desta relação.

O gráfico da figura 5 também nos permite, na construção da célula, determinar o tipo de célula mais adequado. Este gráfico, como já foi referido anteriormente, relaciona a quantidade de produtos diferentes produzidos (P), com a quantidade produzida de cada um (Q) e com a natureza da sequência dos processos de produção utilizados (R). A relação

entre estas três características indicará o tipo de célula que se deverá desenvolver (Hales, 2002).

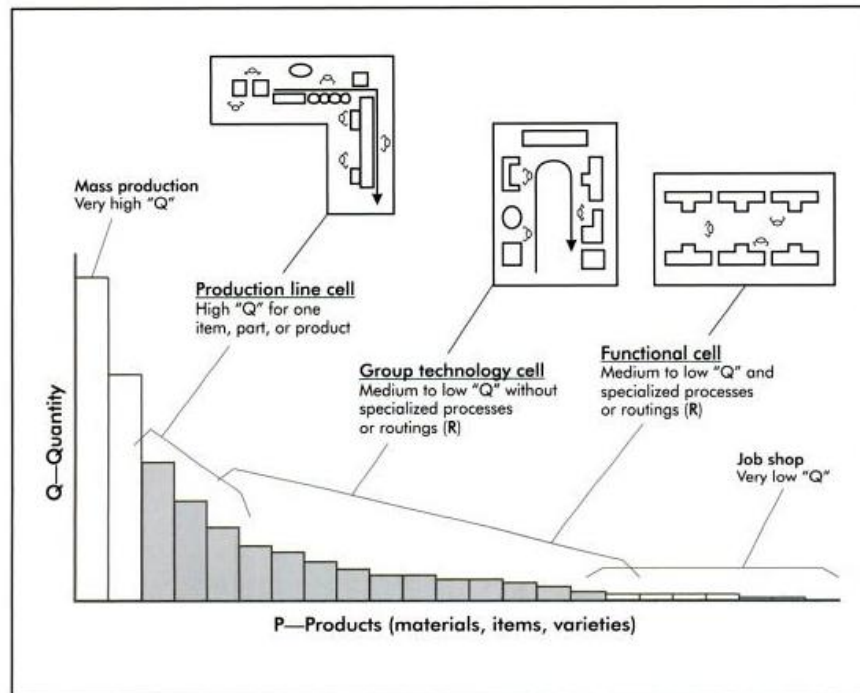


Figura 6 – Gráfico da distribuição Produto-Quantidade e tipos de células (Fonte: Hales, 2002)

Assim, pode-se distinguir os 3 tipos de células (Hales, 2002):

- Célula de linha de Produção – dedicadas a um ou vários produtos com uma procura muito elevada. Este tipo de célula possui muitas características das tradicionais linhas de produção, mas usualmente é menos automatizada.
- Células de Tecnologia de grupo – utilizadas em produtos com variedade e quantidade produzida média. Este tipo de célula é o mais comum onde é possível ver facilmente o fluxo e a flexibilidade que caracterizam as células.
- Células Funcionais – Surgem nos casos em que o processo de fabrico necessite de máquinas específicas, meios especializados, ou locais específicos. Isto acontece em casos de pintura, galvanização, tratamentos térmicos, sistemas de limpeza especializados, etc.

Um elemento chave a explorar é o benefício de um projeto de *layout* da célula eficiente. Este aspeto é de extrema importância quando se sabe que os custos com o manuseamento de materiais representam entre 30 e 70% dos custos totais de produção. (Irani et al.,1999)

É referido como arranjo físico aconselhável para a maioria das células de produção o arranjo em “U” e a movimentação dos operadores dentro do U no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio, pelo ato de a maioria das pessoas serem dextros e considerar-se que facilita a tarefa de pegar nos produtos (Black e Schroer, 1994 e Black e Chen, 1995). Este arranjo é largamente adotado na indústria por razões que têm a ver com a facilidade operatória e flexibilidade do uso da mão-de-obra. Sendo estes dois aspetos cruciais aos modos operatórios (Alves, 2007).

Segundo Alves (2007), uma configuração com autonomia produtiva e independente, capaz de transformar totalmente os produtos similares que lhe são afetos sem ter de partilhar os seus recursos, é designada por célula básica. Caso contrário, se a produção de um produto exige que a célula necessite de recursos externos ou partilhados, esta não é autónoma nem independente, o que faz desta uma célula não básica ou de configuração partilhada.

A especificidade operatória determinada pelos objetivos a atingir, tipo e quantidade de meios de produção utilizados, modos operatórios e mecanismos de controlo de produção adotados originam diferentes configurações ou células operacionais. Assim podemos considerar as seguintes células operacionais (Alves, 2007):

- Células JIT - As células *Just-In-Time* (CJIT) são caracterizadas por responder aos objetivos JIT, tais como o são os zero tempos de preparação, zero existências, zero manuseamento, zero prazos de fabrico e lotes de tamanho unitário. Assim uma exigência importante das células JIT é a adaptabilidade a variações moderadas do volume de procura e do mix de produtos a produzir. Este objetivo tende a exigir algumas alterações às células, caso contrário uma dada configuração ao fim de algum tempo, tenderia a degenerar tornando-se ineficiente face às variações referidas. Tal, significa no mínimo, ligeiras alterações de capacidade produtiva o que implica, nas células JIT, um ajuste periódico do número de operadores do sistema e, por exemplo, o recurso a horas extraordinárias e o acréscimo ou redução de postos de trabalho na célula. A mobilidade e polivalência dos

operadores facilitam a rotação e alargamento de tarefas, permitindo além de grande flexibilidade também grande fiabilidade de funcionamento das células JIT.

- Células de resposta rápida (QRM) – a preocupação neste tipo de células é a resposta rápida (*Quick Response Manufacturing*). Podemos, afirmar que as células QRM são menos estruturadas e mais flexíveis que as células normalmente designadas por células JIT. Este tipo de células pode lidar, sem reconfiguração, com um espectro de produtos maior. As suas principais características são a dedicação a famílias de produtos semelhantes, não produzir para *stock*, equipa de operadores polivalentes e responsável pelo funcionamento e operação da célula e o funcionamento preferencial independente de cada célula sem partilha de recursos, sendo a partilha só admitida quando não há alternativas viáveis. Assim a QRM é apropriada para a produção de grande variedade de artigos com exigências de produção bastante diversificadas, remetendo-nos para o que vulgarmente se designa de produção por encomenda ou mesmo engenharia por encomenda. (Alves et al., 2003)
- Células de produção flexível - a designação de célula de produção flexível poderá ser vista como equivalente à de sistema de produção flexível. Nestes sistemas há uma preocupação de produção da família de produtos dentro de cada célula sem que exista fluxo intercelular. Quando este fluxo tem que existir é sempre visto na ótica de “fornecedor – cliente”.
- Células virtuais - Segundo McLean e Brown (1987), as células virtuais, podem ser dinamicamente configuradas pelo sistema de controlo de produção na base dos requisitos de produção para um dado período. Uma vez realizada a produção, estas células podem ser desativadas dando lugar à possibilidade de usar os mesmos recursos na formação de novas células virtuais. A célula virtual aparece como alternativa atrativa onde a reconfiguração física localizada não pode ser realizada de forma económica ou vantajosa. A sua aplicação é indicada para situações bastantes dinâmicas de alteração da composição dos produtos a produzir. Neste caso, a criação de células reais com rearranjo físico, em oposição a

virtuais com arranjo virtual, teria uma existência efémera uma vez que a família de produtos se alteraria no curto prazo.

- Células ágeis - considera-se que uma célula ágil pode assumir qualquer uma das configurações operacionais definidas anteriormente contanto que o atributo de agilidade seja satisfeito. Considera-se que uma célula ágil pode também interagir com outras configurações operacionais (ágeis ou não) de formas diferentes. O estabelecimento de relações entre configurações é dinâmico de acordo com o produto em produção, podendo formar-se relações temporárias de maior ou menor duração entre as mesmas ou diferentes configurações.

2.2.3 Modo Operatório

Qualquer célula de produção é concebida para a produção de uma dada quantidade de artigo por unidade de tempo, i.e. para satisfazer uma dada taxa de produção resultante da procura do mercado. Esta taxa é determinante no número de postos de trabalho necessários numa célula de produção. O número de operadores pode, no entanto, ser igual ou inferior ao número de postos. Tudo depende, por um lado, da necessidade de atendimento permanente ou não do posto durante a produção e por outro, da necessidade de produzir à taxa para a qual a célula foi concebida. Sendo o atendimento permanente obrigatório, à taxa máxima de produção o número de operadores é igual ao número de postos de trabalho. Se, o atendimento não for permanente ou não for necessário produzir à taxa máxima, então o número de operadores necessários é inferior ao número de postos de trabalho. Isto traduz-se portanto, num problema a ser resolvido, nomeadamente o de encontrar a melhor forma de afetar e utilizar os operadores na execução das diversas atividades de uma célula. Consoante as estratégias escolhidas para a resolução deste problema assim os modos operatórios das células de produção podem ser designado de acordo com Alves (2007) em: *Working balance, Rabbit chase, Toyota sewing system, Baton-touch e Bucket-brigades*.

2.2.3.1 Working Balance

O modo operatório *working balance* (WB) é provavelmente o mais intuitivo e tradicionalmente aplicado. Na sua essência, consiste em distribuir de forma equilibrada a carga manual pelos diferentes operadores e afetar a cada um, de forma invariável e permanente, um dado número de tarefas ou operações que constituem os postos de trabalho com tempos de processamento acumulados aproximadamente iguais. Cada operador vai ter uma zona de atuação ou secção considerada como uma subcélula.

2.2.3.2 Rabbit Chase

O modo *rabbit chase* (RC) no essencial resume-se a permitir que, de forma ordenada cada operador execute todas as tarefas do processo produtivo de uma célula do princípio ao fim da linha, sem ultrapassar outros operadores, num movimento de operação em operação e, controlando assim todas as atividades de transformação. Este modo permite que a linha seja operada por um único operador, se as taxas de produção não exigirem mais, mas o seu nome resulta do facto de ser operado por dois ou mais operadores. Neste caso cada um segue, i.e. “chases”, o outro executando sucessivamente e exatamente o mesmo tipo de tarefas em produtos ou peças sucessivas.

2.2.3.3 Toyota Sewing System

Tipicamente no modo operatório *Toyota sewing system* (TSS) estão três a cinco operadores na célula que trabalham em pé operando dez a quinze máquinas, i.e. mais máquinas que operadores (Black e Chen, 1995). Operadores polivalentes partilham as tarefas e passam o trabalho aos outros como se passa o testemunho numa corrida de estafetas. Finalmente, no modo TSS, talvez o mais equilibrado no que concerne às componentes de humanização referidas os operadores partilham os processos e passam o trabalho entre eles, promovendo desta forma o trabalho em equipa e a interajuda. Este modo operatório permite aos operadores desenvolverem padrões de trabalho, incentivando a uma certa autonomia e responsabilidade pelo trabalho dentro da célula (Alves et al., 2003).

2.2.3.4 Baton-Touch

Outro modo operatório que parece apresentar semelhanças com o TSS mas também com o WB é o modo *baton-touch* (Baudin, 2003). Tal como no TSS também aqui os operadores podem desenvolver padrões de trabalho. As diferenças com o TSS parecem estar na possibilidade dos operadores atravessarem a célula, não serem portanto apenas operações em postos adjacentes, e o mesmo operador poder fazer a primeira e última operação de lados contrários da célula num arranjo em “U”. Neste modo operatório este operador tem também o papel de líder executando outros trabalhos como o de alimentação da célula, o de substituição de outros operadores, o de preenchimento de documentação necessária, entre outros.

2.2.3.5 Bucket-Brigades

Bartholdi, Bunimovich e Eisenstein, (1999) referido por Alves, (2007), considera o TSS, descrito anteriormente, uma implementação do modo designado de *bucket-brigades*. Esta é uma abordagem mais geral, que consiste numa forma de coordenar operadores que montam progressivamente um produto ao longo de uma linha, na qual existem menos operadores que máquinas. Os operadores são colocados sequencialmente do mais lento para o mais rápido ao longo do sentido do fluxo das peças. Eles movimentam-se ao longo da linha com a peça e vão executando as operações necessárias sem estarem restringidos a nenhuma zona específica.

Em qualquer um dos métodos podemos observar graus de *empowerment* e responsabilização variáveis. No que concerne ao trabalho de equipa, talvez seja o modo TSS onde este mais se manifesta e o *Rabbit Chase* onde se manifesta menos (Alves et al., 2003).

2.2.4 Recursos Humanos

O envolvimento das pessoas através das suas aptidões e conhecimento é crucial em qualquer alteração ao sistema produtivo. Como tal, os produtores *lean* têm de investir fortemente na formação (Alves et al., 2003).

A reconfiguração de um sistema de produção não pode ser realizada se as pessoas não estiverem preparadas para a assumir. Estas devem, assim, reunir um conjunto de competências que lhes permitam adquirir capacidade para trabalhar em grupo ou em

equipa multidisciplinar e multicultural e em interação com os colegas e clientes. Devem também ter a capacidade para efetuar trabalho variado explorando estratégias de rotação, alargamento e enriquecimento de tarefas, capacidade para tomar decisões e de assumir responsabilidades, capacidade para a auto aprendizagem e capacidade de adaptação à mudança (Alves et al., 2003).

Hoje é unanimemente aceite que tanto os fatores técnicos como humanos desempenham um importante papel no sucesso das células de produção (Fraser et al., 2007). Assim, por um lado, as pessoas aprendem, sentem, pensam e resistem, sendo diferentes dos outros recursos não podem ser tratadas da mesma forma. Por outro lado, dentro deste novo paradigma técnico económico, resultante da economia *pull* elas podem levar a empresa ao sucesso ou ao insucesso. O papel desempenhado por elas tem de ser valorizado e as suas competências profissionais revistas e melhoradas pois as exigências são diferentes, podendo estas competências passar por (Alves et al., 2003):

- Capacidade para trabalhar em grupo e em interação com os colegas e clientes
- Capacidade para efetuar trabalho variado
- Capacidade para tomar decisões e de assumir responsabilidades
- Capacidade para a auto aprendizagem
- Capacidade de adaptação a um conceito incerto e em mudança e numa organização flexível

Embora existindo muitas definições de *team* ou equipa existe uma que é bastante referida que é definir equipa como um pequeno grupo de pessoas, mutuamente responsáveis, com aptidões complementares e com objetivos, metas de desempenho e abordagens comuns. Existem também duas características que definem perfeitamente uma equipa: a interdependência de tarefas e a partilha de um objetivo, isto é, o trabalho de um membro da equipa é dependente do trabalho de, pelo menos, alguns dos outros (Alves et al., 2003).

De acordo com o trabalho realizado por Bidanda et al. (2005) as três maiores questões relacionadas com o aspeto humano nas células de produção são a comunicação, a equipa de trabalho e a formação.

2.2.5 Vantagens e Desvantagens das Células de Produção

A principal razão que atrai as empresas para criação de CP é que os seus benefícios normalmente são atingidos com um baixo investimento de capital para alterar a localização ou duplicar determinadas máquinas, em oposição a outras estratégias de automatização (Bazargan-Lari M,1999).

Diferentes estudos concluíram que existem melhorias significativas que podem ser alcançadas como resultado da implementação de uma célula de produção, em áreas como os prazos de entrega, quantidade de produto em curso, na qualidade, na utilização das máquinas e satisfação no trabalho do colaborador (Bazargan-Lari M,1999).

No estudo desenvolvido por Wemmerlov e Johnson (2010), os autores concluíram que os cinco aspetos mais importantes onde se verificavam melhorias com a implementação de células de produção, estavam relacionados com o tempo de produção, o WIP, a qualidade do produto, o tempo de resposta às ordens do cliente e as distâncias e tempo gasto com as movimentações.

Já Irani et al. (1999), reconhecem diferentes vantagens na utilização das células de produção. Essas vantagens podem ser divididas em estratégicas e relativas à área da produção. **No que diz respeito às vantagens estratégicas temos:**

- Entregas do produto no prazo acordado com o cliente;
- Melhoria na resposta às necessidades do cliente;
- Redução de *stock*;
- Melhoria ao nível da qualidade;
- Melhoria no fluxo de produto;
- Aumento da flexibilidade operacional;
- Melhoria na cultura da empresa;
- Melhor utilização do equipamento;
- Melhor utilização da mão-de-obra especializada;
- Melhoria no fluxo de informação.

Relativamente às vantagens na área da produção, podemos referir:

- Rapidez de produção e montagem;
- Redução do produto em curso e do *stock* de produto acabado;
- Redução do manuseamento de material e da distância percorrida pelas peças;

- Eliminação das atividades sem valor acrescentado (armazenagem, inspeção e manuseamento);
- Aumento da capacidade através da redução do tempo de *setup*;
- Análise precisa dos requisitos de mão-de-obra e máquinas;
- Melhoria do nível de qualidade através da diminuição de peças não conformes e das variações dos processos, devido à maior monitorização das operações;
- Criação de equipas autónomas de trabalhadores que gerem as próprias células;
- Simplificação do planeamento e controlo da produção, assim como da análise da capacidade requerida;
- Possibilita uma informação expedita da capacidade de produção ao sector comercial e de marketing.

Ainda de acordo com Irani et al (1999), além das vantagens referidas anteriormente devem ainda ser consideradas as vantagens intangíveis. Estas são o facto da implementação da célula ser observada como uma filosofia de gestão que impõe a procura do sucesso do trabalho em equipa e promove a competição dentro da organização. As células também podem trazer elevada motivação, que advém do gosto pelo trabalho que se realiza. Por último pode-se ainda referir que a conversão de um sistema de produção numa célula tem o benefício intangível de permitir o acompanhamento e gestão da produção de forma mais económica com ajuda computacional.

Apesar das vantagens referidas anteriormente o sistema de células de produção também possui algumas desvantagens, quando comparado com outros sistemas de produção (Irani et al., 1999):

- Potenciar a necessidade de elevados investimentos na instalação de máquinas e nas mudanças de *layout*;
- Falta de flexibilidade perante alterações do mix de produtos e variações no tamanho do lote;
- Desequilíbrios nas utilizações das máquinas e do trabalho;
- Potencial elevado para atrasos significativos devido a avarias de máquinas, ao absentismo de trabalhadores, entre outros.

2.2.6 Processo de Implementação das Células de Produção

A implementação de uma célula de produção contempla diversos aspectos, tais como humanos, educacionais, ambientais, tecnológicos, organizacionais e de gestão e mesmo culturais (Yin e Yasuda, 2006).

Um processo fundamental para uma implantação celular com sucesso é a boa escolha dos recursos que compõem as células (Alves, 2007).

O projeto de um sistema de produção envolve um conjunto de tarefas que necessitam de uma elevada quantidade de informação. Com o intuito de se realizar essas tarefas de uma forma organizada é necessária uma metodologia que guie a equipa, lhe indique as etapas a realizar e o que devem elaborar em cada etapa. Cada etapa deve ser realizada com todo o cuidado, pois a desvalorização de qualquer uma delas pode influenciar negativamente não só o sucesso do projeto mas também a continuidade dele (Alves et al., 2003).

Segundo Kumar e Hadjinicola (1993), citado por Fraser et al. (2007), o processo de construção de uma célula pode ser dividido em duas fases, a de projeto e a de implementação. Os mesmos autores concluíram que o sucesso da implementação reside no fato de que a administração não deve apenas abraçar a ideia da CP, mas também ver como o primeiro passo de um esforço contínuo para melhorar continuamente o sistema de produção.

O processo de implementação de uma célula segundo Fraser et al. (2007), é constituído por 6 fases. Estas fases, de acordo com os autores, permitem a implementação da célula com eficácia e podem ser esquematicamente apresentadas de acordo com a figura 7.

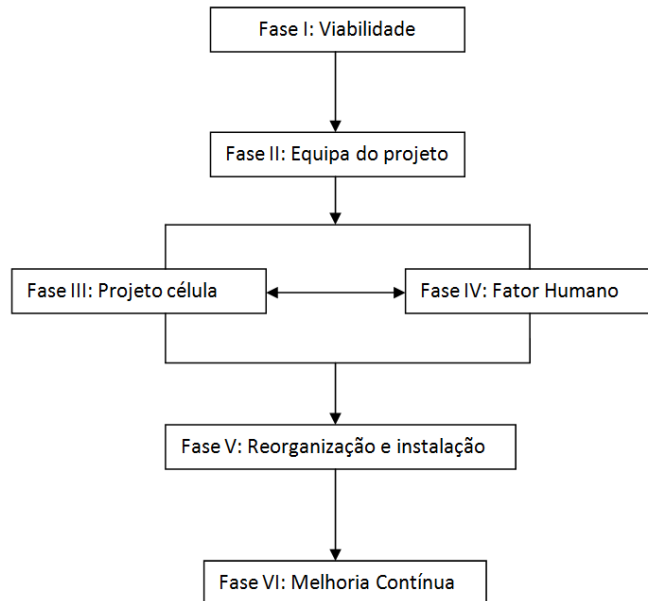


Figura 7 – Esquema das fases da implementação de uma célula (adaptado de Fraser, 2007)

A fase de viabilidade inclui a identificação da necessidade de mudança, quais as opções disponíveis e se a célula é a melhor opção. Inclui também a definição dos objetivos que com a implementação da célula devem ser atingidos. Estes objetivos devem ser clarificados em termos do curto, médio e longo prazo. Nesta fase é também definida a informação e dados necessários ao projeto, assim como é ainda determinada a família de produtos a serem produzidos na célula.

Na segunda fase, denominada por equipa do projeto, deve ser tido em consideração a necessidade, que Da Silveira, (1999), referiu, de envolver três grupos de pessoas no projeto da célula. Estas pessoas são: o gestor, que dará suporte ao projeto; os colaboradores de chão de fábrica, que devem compreender e apoiar os objetivos definidos bem como receberem formação para desempenharem as tarefas que lhe forem conferidas e finalmente o grupo que vai executar o projeto.

A terceira fase da implementação da célula é a mais técnica. O objetivo nesta fase é selecionar as máquinas, e definir o *layout* da célula ou células de forma a minimizar a movimentação dos produtos dentro desta. Nesta fase existe um conjunto de atividades que deverão ser consideradas. As incluídas na parte técnica são determinar a seleção do

equipamento /colocação. Inclui também a de explorar a possibilidade de standardizar peças e processos, de identificar os sistemas de manuseamento, de determinar a capacidade de equilíbrio e fluxo do produto. Inclui ainda a identificação de ferramentas necessárias à produção, a identificação das máquinas que constituem os *bottlenecks*, a determinação da localização da célula e seu *layout*. Pode também incluir o estudo dos métodos de formação da célula quer os de simulação, quer os matemáticos/computacionais e os baseados na experiência tentativa erro.

As atividades que constituem o projeto operacional incluem estabelecer o projeto de trabalho e políticas de rotação de trabalho, determinar a capacidade planeada da célula, as operações a realizar na célula, os procedimentos de inspeção e controlo de qualidade, bem como o plano de tarefas a realizar por cada trabalhador. Aqui também se incluem a definição do plano de manutenção e estabelecimento dos procedimentos de manutenção de primeiro nível, a determinação das atividades de controlo da produção, a determinação dos custos de controlo e procedimentos de comunicação, a definição dos procedimentos para avaliar o desempenho, o estabelecimento dos procedimentos de segurança e a determinação dos papéis e responsabilidades dos supervisores e chefes de equipa.

Muitas das questões que precisam de ser considerados na fase IV, designada por fatores humanos podem ser tratadas em simultâneo com a fase de projeto da célula.

Foram identificados por Da Silveira, (1999) quatro fatores que desempenham um papel importante relativamente aos obstáculos de desempenho na implementação da célula de produção e que são a necessidade de informação, educação/formação dos operadores, a supervisão e o trabalho em equipa.

Na quarta fase é realizada a seleção dos operadores da célula. Para esta seleção é importante ter em consideração aqueles operadores que têm capacidade para trabalhar em equipa, bem como os que têm apetência para chefes de equipa, assim como a necessidade de flexibilidade e, portanto, devem ser escolhidos os que demonstram maior capacidade para a polivalência e a pro atividade. É também nesta fase que é decidido o plano de formação dos operadores. Este deve incluir formação nas áreas de menor competências dos operadores quer técnicas quer comportamentais (ex: TQM, MRP/ERP, *six sigma*, *Lean manufacturing*, procedimentos de inspeção e manutenção, etc.). Nesta

fase também está incluída a definição das regras de auto gestão da célula, conferindo-lhe autonomia e o desenvolvimento das estratégias de comunicação.

A quinta fase diz respeito à reorganização física e instalação do novo layout. Isto inclui a redefinição do novo plano de produção, e a gestão e controlo das atividades de acordo com as características do *layout*.

Após esta quinta fase o processo não deverá ser interrompido e deve então ter início a melhoria contínua onde se vai analisar o desempenho da célula procurando pontos de melhoria.

Uma outra abordagem é proposta em Alves (2007), segundo a qual a criação de um sistema produtivo deverá seguir uma metodologia composta por três fases na seguinte ordem: projeto genérico, projeto concetual e projeto detalhado. A fase genérica corresponde à fase inicial de desenho do sistema produtivo. Nesta fase a decisão passa por escolher entre um sistema de produção orientado ao produto ou à função. A previsão da procura, a posição da empresa no mercado e a quantidade de recursos que a empresa possui são fatores que influenciam diretamente a escolha (Alves et al., 2003).

Na fase conceptual é identificado o tipo de configuração conceptual a utilizar, nomeadamente se se vão utilizar células básicas ou então se se irá optar por células não-básicas. Ainda nesta fase é importante especificar a natureza dos postos de trabalho e dos operadores (Alves et al., 2003). Para se ultrapassar esta etapa com sucesso é necessário a obtenção de informação das etapas anteriores: famílias de mercado, quantidades, planos operatórios e dados gerais da empresa, tais como: tempos de produção e período de trabalho (Alves, 2007). Na fase do projeto detalhado todo o processo e funcionamento da célula deve ser tratado com o detalhe necessário, envolvendo assim várias atividades.

2.2.7 Técnica para Agrupar Peças e Máquinas

Nas células de produção é utilizada a metodologia de Tecnologia de Grupo para agrupar máquinas e peças com base em técnicas ditas sequenciais ou de simultaneidade (Arora, Haleem e Singh, 2011).

Esta atividade requer uma análise aprofundada do processo de fabrico com o objetivo da formação de famílias de produtos e assim identificar e/ou selecionar os produtos a serem produzidos na célula de produção (Alves et al., 2003).

Na ótica da produção, uma família de produtos pode entender-se como um conjunto de produtos que apresentam similaridades importantes de produção, montagem e/ou manipulação. São exemplos de características de similaridade relevantes ao processo de fabrico ou montagem, a forma geométrica, as dimensões e os materiais, entre outras (Alves, 2007).

Geralmente as técnicas utilizadas para o fim referido são classificadas em (Arora et al., 2011):

- *Análise cluster* - É utilizada uma técnica estatística que agrupa objetos e os seus atributos em grupos tais que os elementos individuais em cada grupo têm um elevado grau de afinidade natural entre si. Entre os diferentes grupos vai existir pouca afinidade;
- Método de particionamento gráfico - Este método trata as máquinas como vértices e as peças como arcos que ligam estes nós. Estes modelos visam a obtenção de subgrafos desconectados com ligações máquina-máquina e máquina-peça, para identificar a célula.
- Inteligência artificial - Segundo Elmaghraby e Gu (1998), referido por Arora et al, (2011), este método baseia-se no uso de regras de conhecimento de domínio específico e com recurso ao sistema de modelagem baseada em protótipo para automatizar o processo de identificação de peças. As peças são atribuídas à célula de produção de acordo com as características geométricas, as próprias características das células de produção já formadas, bem como o conhecimento do processo de fabrico das peças em análise.
- Programação matemática.
- Procedimentos descritivos - a formação da célula neste caso pode ser iniciada pela identificação das peças, ou pela identificação do grupo de máquinas que vão constituir a célula, ou ainda pela identificação simultaneamente da família de peças e do grupo de máquinas para produzir essas peças. Esta identificação das famílias de peças pode ser realizada através da observação visual ou baseada em sistemas de codificação dos produtos existentes na organização onde se vai implementar a célula. No caso da formação da célula começar pela identificação do grupo de máquinas que a vão constituir, estas são agrupadas com base na rota de fabrico das peças e depois as peças são alocadas a esse grupo de máquinas. No

caso de ser utilizado o processo simultâneo de identificação da família de peças e escolha do grupo de máquinas é então utilizado um método designado por *Production Flow Analysis* (PFA). Neste método através da análise da informação contida na rota de fabrico de cada peça, são identificadas as famílias de peças e os grupos de máquinas. As rotas de fabrico listam as operações necessárias para fabricar cada peça e as máquinas ou outros centros de trabalho onde cada operação é realizada.

2.2.6 Dificuldades de Implementação

Os problemas mais comuns enfrentados pelas empresas, relacionados com o estabelecimento de células de produção, estão relacionados, segundo Wemmerlov e Johnson (2010), com a configuração da célula, o processo de implementação, e as questões relacionadas com os aspetos humanos. Isto ilustra a necessidade de um planeamento completo antes da implementação ocorrer, tanto no que diz respeito à seleção e colocação física do equipamento na célula, bem como o papel dos operadores na configuração da célula e na operação.

Segundo Askin e Estrada referidos por irani, (1999) as maiores dificuldades constatadas no seu trabalho, relacionadas com a implementação de células foram:

- A localização já existente das máquinas;
- As necessidades de formação dos colaboradores;
- Os sistemas administrativos;
- O planeamento da produção;
- Resistência à mudança por parte da gestão e dos operadores;
- Capacidade de manutenção ter de ser elevada;
- Falta de similaridade entre produtos;
- Dificuldade na identificação de famílias de produtos e grupos de máquinas.

Estes problemas podem segundo os autores tornar a implementação difícil e comprometer o desempenho da célula de produção.

Capítulo 3

Caso de Estudo

3.1 Apresentação da Empresa

A Durit é uma empresa cujo ramo é a pulverometalurgia dedicando-se ao fabrico de ferramentas e peças de grande precisão, em metal duro e aço, de acordo com desenhos e requisitos dos clientes.

A empresa produz uma gama muito extensa de produtos em metal duro ou metal duro e aço. A classificação dos seus produtos está dividida em famílias e sub famílias tendo em conta a sua função/aplicação. Alguns exemplos são: as matrizes, as fieiras, os mandris, os punções, os cerâmicos e os anéis.

A atividade da DURIT enquadra-se na metalurgia do tungsténio, utilizando a via metalúrgica para fabricar ferramentas e componentes técnicos em metal duro, em bruto de sinterização ou totalmente acabadas com precisão dimensional muito elevada. Metal duro é o nome pelo qual são conhecidos os compósitos densos à base de carbonetos de tungsténio e ligantes metálicos, como o cobalto e o níquel. O nome advém da elevada dureza do material.

A Durit – Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Lda., foi constituída em 8 de Outubro de 1981, tendo a produção de peças em metal duro sido iniciada em Janeiro de 1983. Nessa altura ocupava 2500 m² de área e produzia 6 toneladas/ano de sinterizado. Atualmente está instalada em quatro edifícios com uma área coberta de 14540 m², na zona industrial de Albergaria-a-Velha e produz anualmente cerca de 75 toneladas de

metal duro sinterizado por ano. Na sua fundação integrou 40 pessoas, mas atualmente emprega cerca de 330 colaboradores (Durit, 2012).

Na figura 8 pode-se observar a distribuição etária e por género, dos colaboradores, constatada em 2012 na Durit.

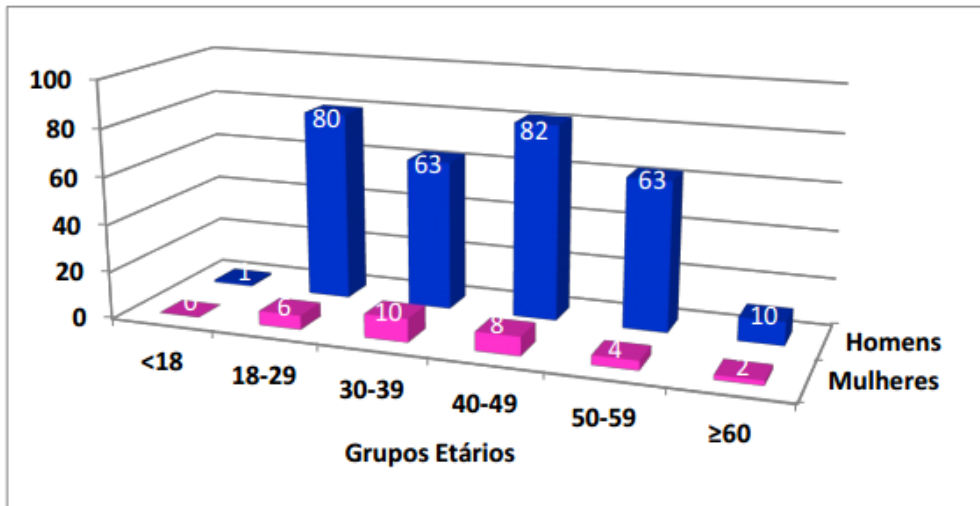


Figura 8 - Gráfico de distribuição etária

Na figura 9 pode-se observar a distribuição dos colaboradores da Durit de acordo com o seu sexo em 2012.

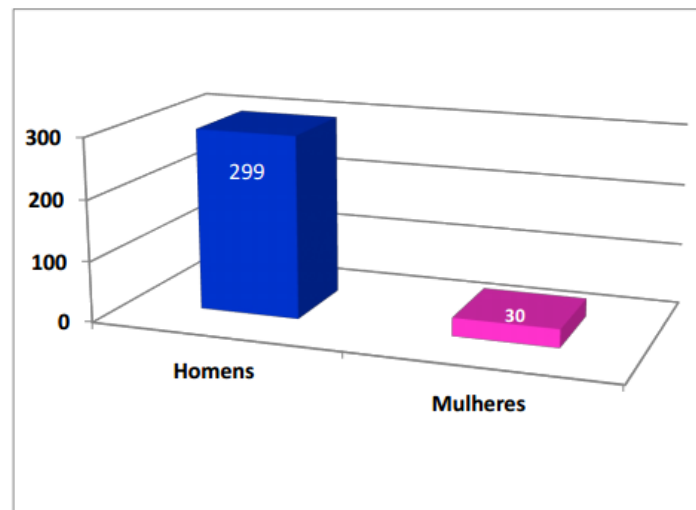


Figura 9 - Gráfico de distribuição por género

Na figura 10 encontra-se a caracterização dos recursos Humanos da Durit, com base no nível de escolaridade, também verificada em 2012.

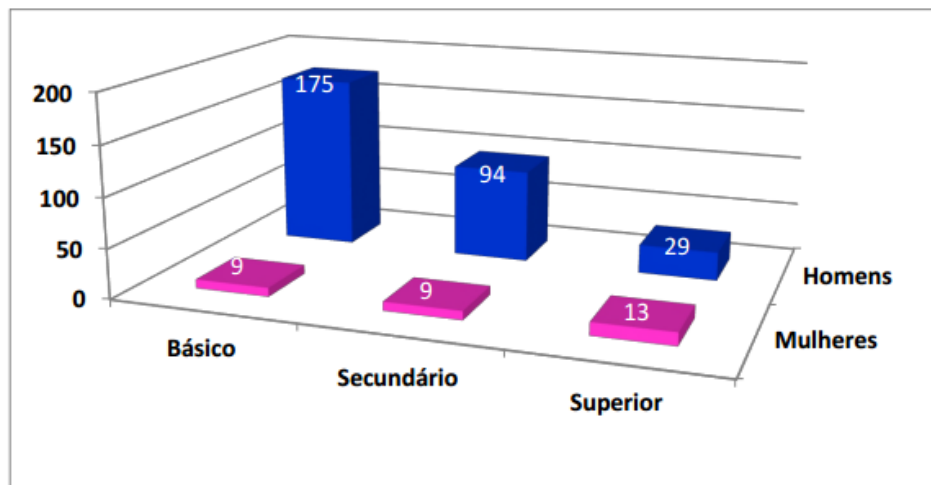


Figura 10 - Gráfico de distribuição por nível de escolaridade

A Durit centra-se na produção de pequenas séries mas com grande complexidade e precisão, trabalhando por encomenda. Tendo em conta os tipos de processos de fabrico da Durit, esta pode ser associada ao processamento do tipo *Job-Shop*. Os seus produtos têm aplicação entre outras áreas, na indústria automóvel, química, prospeção e extração de petróleo e gás natural, siderúrgica e de trefilagem, cerâmica, perfuração mineira, na indústria de embalagens metálicas, na indústria farmacêutica e tecnologia médica e na indústria metalo-mecânica. Na figura 11 encontram-se exemplos de produtos fabricados na Durit, com aplicação nas áreas referidas anteriormente.



Figura 11 – Exemplos de peças produzidas na Durit

Atualmente a Durit exporta cerca de 90% da sua produção sendo o mercado alemão o mais importante, com uma representatividade de cerca de 64%. A distribuição de vendas por nacionalidade de cliente pode ser observada na figura 12. Possui escritórios de representação comercial na Alemanha e em Espanha. No Brasil possui também uma fábrica no mesmo ramo de atividade. A Durit exporta também para França, Inglaterra, Itália, Suécia, Bélgica e Israel. Em 2012 a sua faturação foi de 17 milhões de euros (Durit, 2012).

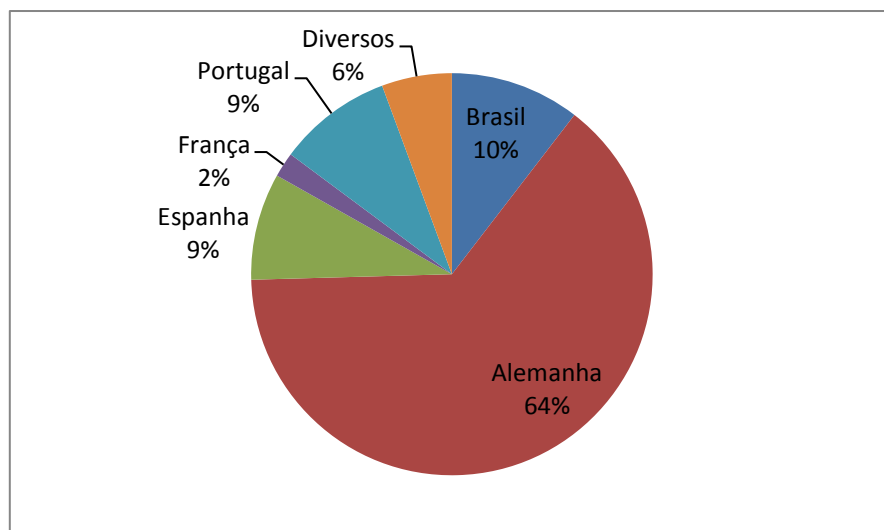


Figura 12 - Gráfico de Distribuição da percentagem de vendas por cliente

A empresa preocupa-se com a satisfação dos seus clientes e com a preservação do ambiente, demonstrando preocupações com os impactes ambientais causados pelo exercício da sua atividade. Os seus sistemas de gestão da qualidade e ambiente encontram-se certificados segundo as normas ISO9001 e ISO14001 desde 1992 e 2006, respetivamente. Existe também uma preocupação cada vez mais crescente com a segurança e saúde dos seus colaboradores, cumprindo a Durit com todos os seus deveres legais.

A Durit encontra-se organizada segundo quatro níveis funcionais: a gerência, as direções, os departamentos e as seções, que se apresentam na figura13.

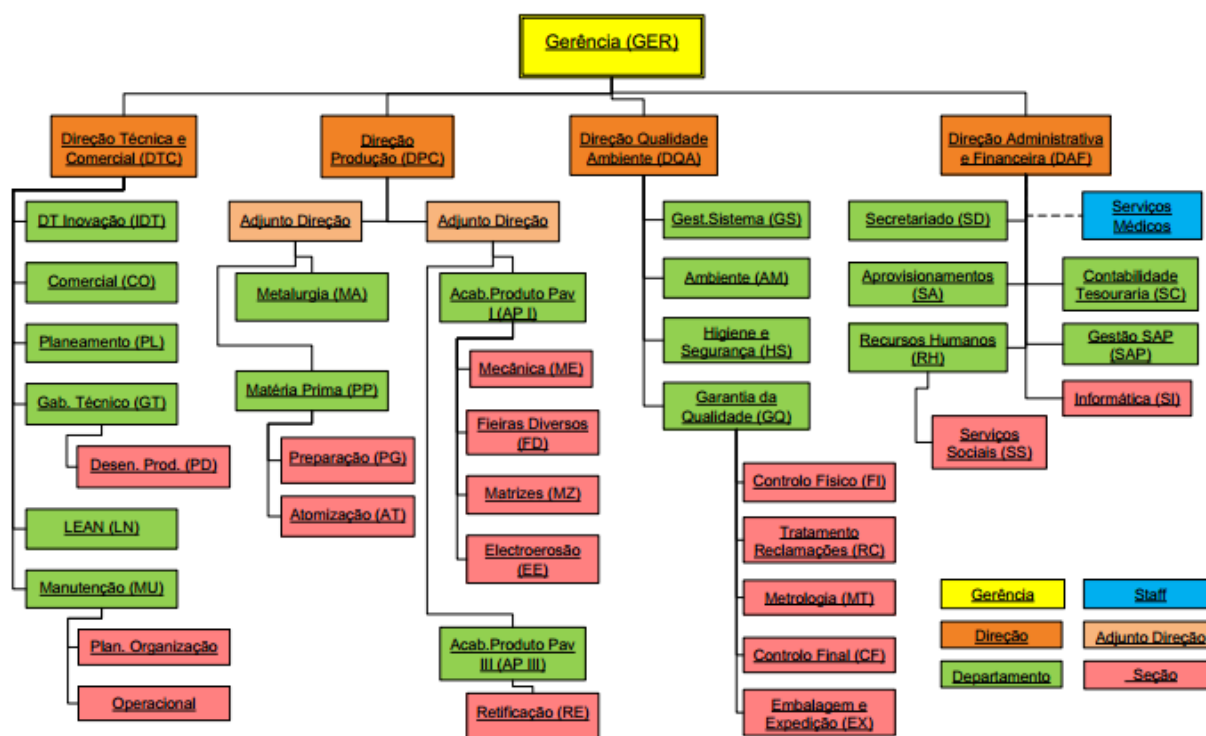


Figura 13 - Organograma Geral - Durit

A Direção de Produção está associada a uma das partes mais importantes da empresa e divide-se essencialmente em três grandes departamentos: Matérias-Primas, onde são produzidos os graus (misturas de pós de carbonetos de tungsténio e ligantes metálicos); Metalurgia onde são prensadas, maquinadas em verde e sinterizadas as peças

e Acabamento de Produto, dividido por dois pavilhões, onde são executadas as operações de acabamento das peças de forma a conferir-lhes as características dimensionais e de superfície requeridas pelos clientes. Neste departamento estão incluídas as seções de retificação, matrizes, fieiras, mecânica e eletroerosão (Durit, 2012).

A empresa possui também um departamento de Inovação que se dedica à investigação e desenvolvimento de novos produtos e processos em parceria com diversas universidades e institutos. Possui também um Gabinete Técnico responsável pelo tratamento das encomendas, pela execução de desenhos e lançamento das ordens de produção para o chão de fábrica. O Gabinete Técnico está também envolvido nos processos de desenvolvimento, auxiliando na decisão das melhores formas de execução.

Possui ainda o departamento Comercial que faz a ligação com os clientes e recebe os pedidos de encomendas, o departamento de Planeamento e o departamento da Qualidade e de Segurança e Ambiente.

Além da Durit, existe apenas mais uma empresa do mesmo ramo de atividade, a nível nacional. A nível mundial, existem grandes empresas ligadas ao metal duro, tais como a Sandvik, Ceratizit e a Kenametal, que se dedicam à produção de grandes séries.

3.2 Descrição do Processo Produtivo

O fabrico de peças em metal duro envolve uma complexa sequência de operações, as quais são praticamente todas críticas na obtenção de produtos de qualidade. Esta sequência de operações realizada em cada peça pode ser observada na figura 14. Assim, pode ser visualizado na figura 14, que o processo produtivo da Durit é composto por várias operações sequenciais, onde se destacam a mistura, prensagem, desparafinação, maquinação, sinterização, acabamento (ex: retificação, polimento) e controlo final.

As fases referidas anteriormente enquadram-se nos diferentes setores que constituem a empresa. Assim, o processo de produção na Durit tem início no setor comercial que recebe os pedidos dos clientes e encaminha os mesmos para o Planeamento, que atribui um prazo de entrega a esse pedido. Em simultâneo, o pedido é também enviado ao Gabinete Técnico, que analisa o pedido e faz o orçamento. O departamento comercial envia então o prazo de entrega proposto e o preço ao cliente. Se este aceitar as condições inicia-se então no Gabinete Técnico o processo de lançamento da ordem de produção (OF) das respetivas peças. Já com o prazo estipulado pelo

planeamento e com a sequência operatória necessária para a realização das peças, é também lançada a listagem técnica onde se encontra descrito qual o tipo e quantidade de metal duro necessário. Todo este processo de preparação da ordem de produção e respetiva emissão é realizado com auxílio do sistema integrado de gestão em funcionamento na empresa: *software* SAP. A ordem de produção é então enviada, na forma de um documento escrito e também fica acessível para consulta no sistema SAP, para a Metalurgia, onde se realiza a prensagem, maquinação e sinterização das peças. Terminado o processo de sinterização as peças são enviadas para o controlo físico. Neste setor é realizada a avaliação da conformidade do material e da existência de defeitos superficiais, entre outros aspetos. Confirmada a conformidade do material, as peças são enviadas para serem retificadas e adquirirem as especificações dimensionais e de acabamento de superfície, pedidas pelos clientes.

Todos os inícios e términos das operações nas várias etapas do fabrico, que são realizadas nas diferentes ordens de produção, são registados no SAP.

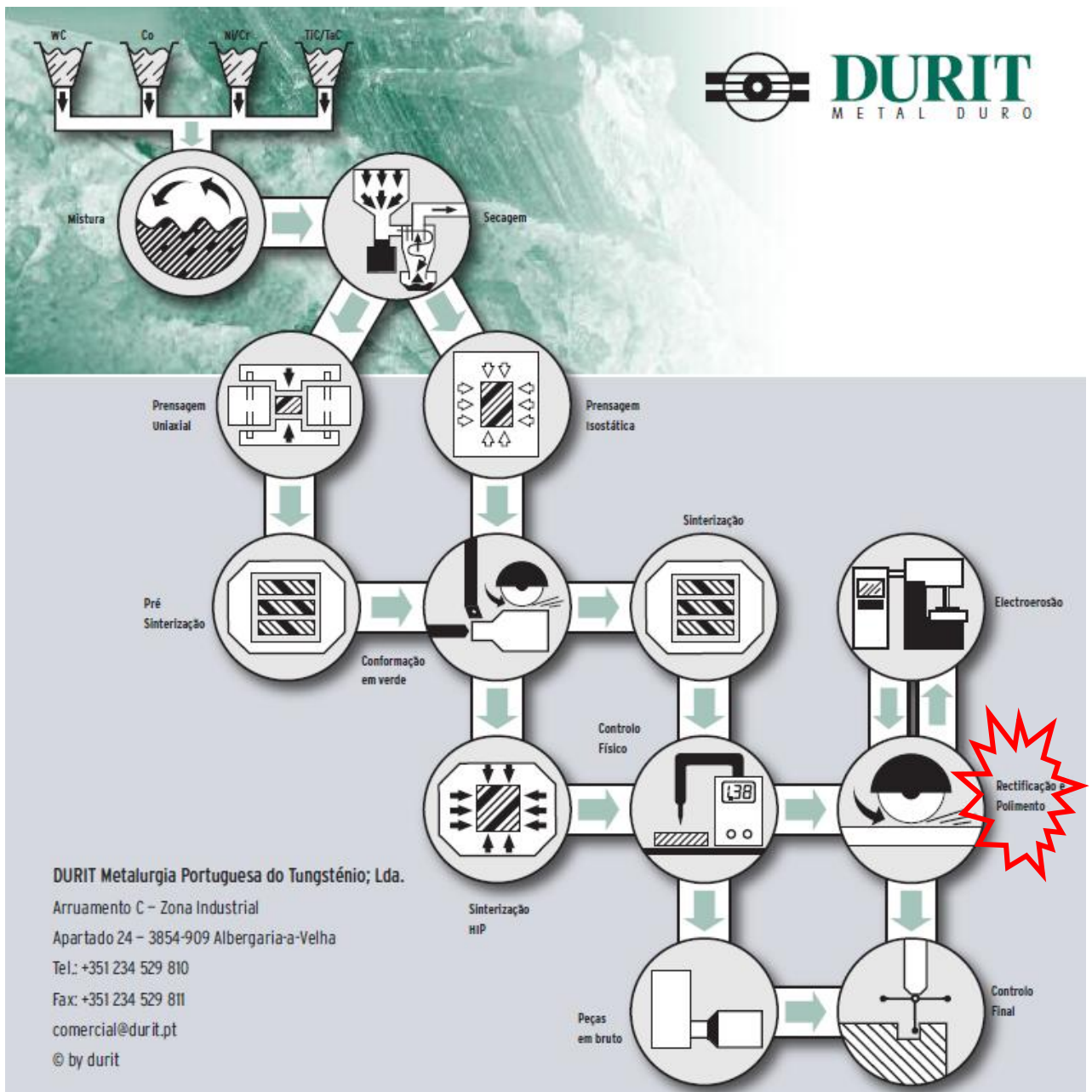


Figura 14 - Sequência de operações realizadas nas peças de metal duro

3.2.1 Setor de Retificação

Este é o sector no qual se inclui o trabalho desenvolvido neste projeto e por este motivo será descrito e analisado com maior detalhe. É um sector com cerca de 90 colaboradores onde se encontram as últimas operações que são realizadas ao produto, antes de o entregar ao cliente final. As peças podem ser retificadas nos seguintes equipamentos: retificadoras plana, retificadoras universais e retificadoras cilíndricas de exteriores e de interiores, podendo estas serem convencionais ou de comando numérico.

A retificação também dispõe de quatro centros de maquinação. Após todas as operações terem sido realizadas nas máquinas referidas anteriormente, segue-se o acabamento manual na área dos polimentos. Nesta área, que pertence também ao setor de retificação é realizado o polimento manual da superfície das peças.

Neste setor de retificação apesar de a maior parte do sistema de produção ser orientado à função ou processo (*Job shop*), agrupando-se as máquinas de acordo com o tipo de operação que realizam nas peças, existem também três células de produção. Estas estão organizadas de forma a responder à necessidade de retificar uma determinada família de peças respetivamente. Numa delas a similaridade dos produtos fabricados existe ao nível geométrico e nas outras duas a similaridade traduz-se ao nível geométrico mas também ao nível da sequência do processo de fabrico.

Na figura 15 podemos observar a disposição destes diferentes grupos de máquinas. Temos a área designada de A onde encontramos as máquinas de retificação do diâmetro interior das peças e sem emulsão, isto é, sem líquido de arrefecimento. Por este motivo, são máquinas utilizadas em peças com diâmetros mais pequenos. A seção B engloba as máquinas universais, que são retificadoras sem emulsão mas que permitem retificar diferentes pormenores nas peças. Na seção C estão as máquinas que realizam a retificação do diâmetro exterior das peças e na F encontram também retificadoras para o diâmetro exterior das peças mas com a utilização de controlo numérico computadorizado (CNC). A seção D encontra-se disposta ao longo do pavilhão e nela encontram-se as máquinas que são utilizadas para retificar as superfícies planas das peças. As máquinas que realizam a retificação do diâmetro interior das peças mas com a utilização de controlo numérico computadorizado, encontram-se na seção E. Na seção G temos as máquinas de retificação do diâmetro interior mas com utilização de emulsão. Por último, temos a seção de polimentos, a área H, onde com auxílio de pasta de diamante se confere o acabamento superficial requerido pelo cliente. Podemos também observar na figura 15 as três células existentes no setor de retificação.

Na retificação após as peças para retificar serem entregues provenientes do controlo físico é realizada a receção da ordem de produção, fazendo o seu registo no sistema SAP. Após esta ser registada é analisada a ordem de produção e identificada a primeira operação de retificação a realizar nas peças de acordo com o definido pelo departamento técnico. A ordem de produção é em seguida colocada numa lista de

espera, de um conjunto de máquinas que executam a mesma operação de retificação. A prioridade de realização da retificação das peças é definida pelo departamento de planeamento. Quando a primeira operação é realizada identifica-se a próxima operação e a ordem de fabrico volta a ser colocada numa lista de espera de outro conjunto de máquinas.

Após o polimento as peças são entregues na área de controlo final, que é realizado pelo setor da qualidade. Se as peças estiverem de acordo com as especificações do cliente são então acondicionadas para posterior expedição. Caso existam correções a realizar, a ordem de produção regressa ao setor de retificação para as mesmas serem executadas.

3.3 Recolha e Análise de Dados no Âmbito do Projeto da Célula de Produção no Setor de Retificação

Neste ponto fundamenta-se a necessidade da criação da célula de produção para alguns tipos de peças, de um dos clientes mais importantes da Durit, o qual se dedica ao fabrico de rolamentos. Este cliente foi o terceiro maior cliente a nível de faturação em 2012 para a Durit e as suas encomendas representavam 15% do total de encomendas existentes no setor de retificação à data de início do projeto.

Aqui são identificados os custos e níveis de produção, *lead time*, nível de satisfação do cliente e de qualidade do processo atual.

3.3.1 Identificação dos Principais Modelos- Análise ABC

A análise ABC foi desenvolvida para focar a análise nos tipos de peças produzidas para o cliente acima referido, mais importantes para a Durit.

Assim, na tabela 1, encontram-se indicados os vários modelos deste cliente, de acordo com a identificação adotada na Durit. As peças agrupadas em cada um destes modelos têm a mesma geometria e portanto sequência operatória, sendo diferentes apenas nas dimensões. Também nesta tabela, encontra-se uma coluna com a designação das peças que foi adotada neste trabalho, para facilitar quando for necessário referir as mesmas. Esta tabela encontra-se ordenada por ordem decrescente, em função das quantidades produzidas em 2012.

Tabela 1 – Análise ABC dos modelos de peças produzidos

Modelos	Designação adotada no trabalho	% Qtd. Produzida	% Acumulada Qtd. Produzida
26-0-113; 26-0-136; 26-0-149; 26-0-225; 26-0-230; 26-0-226	Peça C	35%	35%
26-0-102; 26-0-128; 26-0-138; 26-0-249	Peça A	29%	64%
26-0-115; 26-0-116; 26-0-135	Peça B	18%	82%
26-0-146; 26-0-147	Peça D	10%	92%
25-0-3611	Peça E	5%	97%
26-0-101	Peça F	3%	100%

A figura 16 mostra o histograma e a curva ABC, permitindo concluir quais os modelos de peças mais produzidos em 2012.

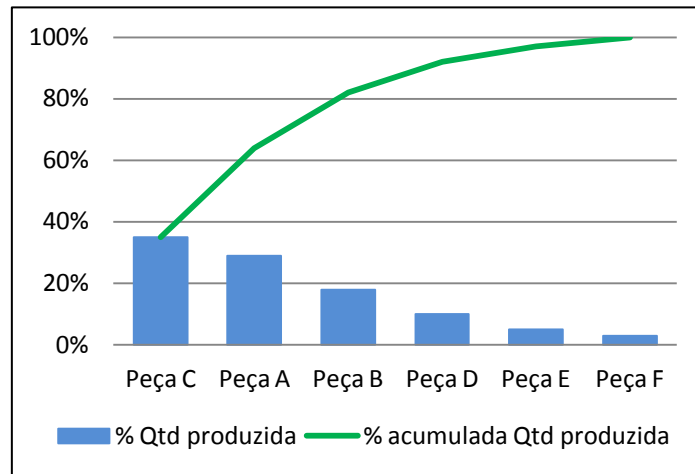


Figura 16 - Representação gráfica da análise ABC

Da análise à tabela 1 e à figura 16, pode-se concluir que os tipos de peças mais vendidas, e portanto mais importantes nesta família de peças, são as peças tipo A, B e C. Estes 3 tipos de peças correspondem a cerca de 80% das peças fornecidas no ano de 2012 para o cliente em questão. Pode-se também acrescentar ao que foi dito anteriormente que estas peças são só constituídas por metal duro (uma vez que algumas peças deste cliente são constituídas por metal duro e aço). Para além deste aspeto de serem constituídas pelo mesmo material, o processo de retificação apresenta também maior semelhança. Por todas estas razões as peças que serão tratadas com maior pormenor de forma a projetar um novo sistema de produção são as peças tipo A, B e C.

As peças, sobre as quais este estudo foi realizado, e a título exemplificativo, podem ser visualizadas na figura 17.



Figura 17 – Peças em análise

3.3.2 Tempo Médio de Permanência de Cada Tipo de Peça na Seção de Retificação

Outra análise realizada, num período de 8 meses, consistiu na determinação do tempo médio decorrido, desde que cada ordem de produção das peças em análise foi rececionada na secção de retificação, até as mesmas serem enviadas ao cliente. Este período foi medido através da comparação da data de registo no *software* SAP, da entrada da ordem de produção no setor de retificação, e da data de registo do controlo final realizado à mesma peça, antes de ser enviada ao cliente.

Tabela 2- Tempo médio de permanência dos três principais modelos na retificação

Tipo	Tempo médio de permanência na retificação (dias)
Peça A	43
Peça B	50
Peça C	46

3.3.3 Distâncias Percorridas e Movimentações

Aquando da realização deste estudo, foi também efetuado um levantamento do percurso das peças em análise, no setor de retificação durante o processo de produção. O resultado dessa análise é apresentado esquematicamente na figura 18.

Contabiliza-se uma média de distância percorrida durante o processo de retificação, para a peça tipo A de 142 metros. A peça B durante o processo de retificação

percorre cerca de 154 metros e a peça C apresenta uma distância percorrida total de 156 metros. Se multiplicamos estas distâncias pela quantidade média de peças requerida pelo cliente por semana, chegamos ao valor de cerca de 14Km, que os 3 tipos de peças percorrem durante o processo de retificação. Independentemente desta distância ser considerável, ela implica a existência de pessoas e meios de movimentação que não estão a ser utilizados em atividades produtivas.

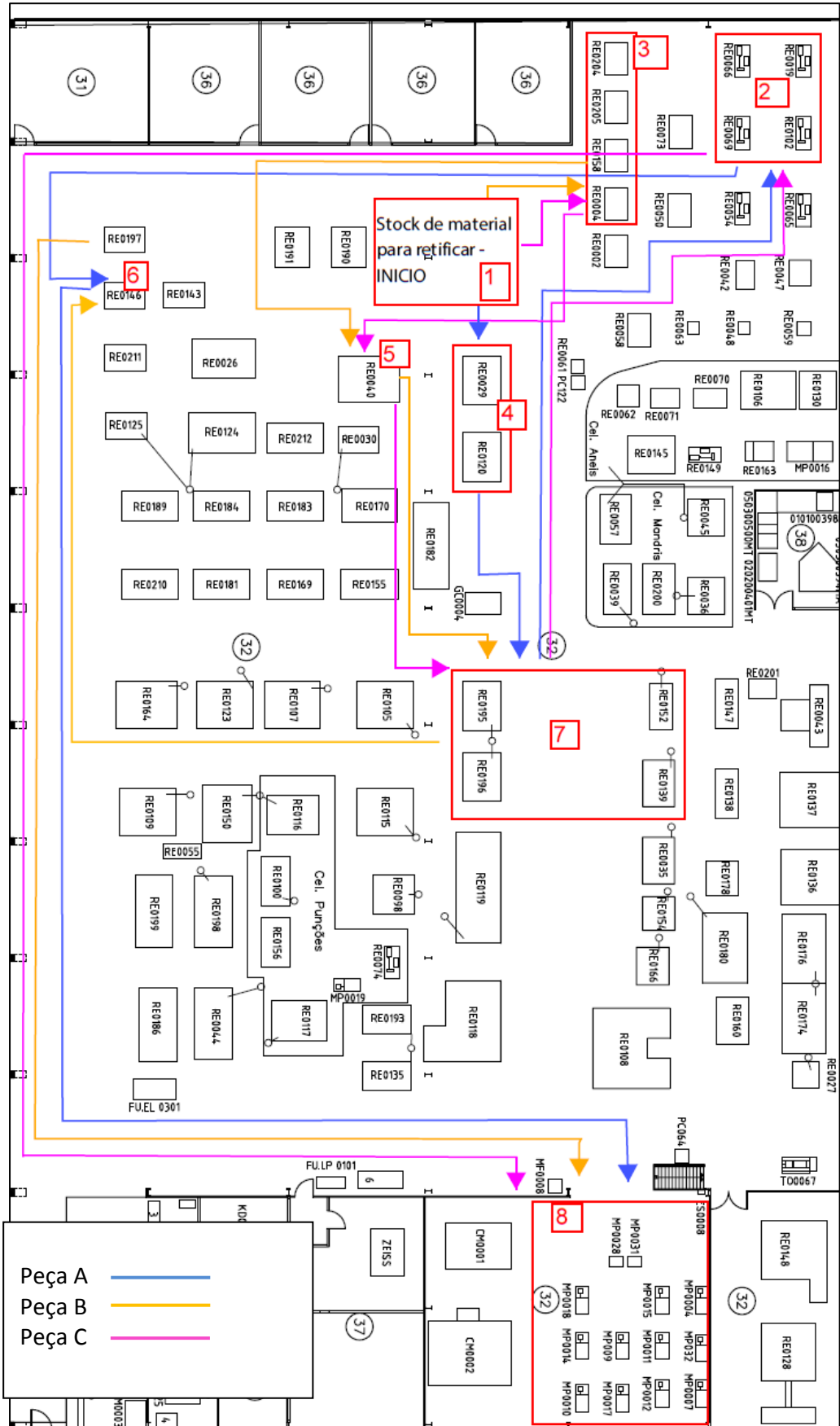


Figura 18 – Movimentação das peças durante o processo de retificação

3.3.4 Sequências e Tempos de Operação de Retificação

Durante a etapa de análise da situação atual, foi ainda realizado um estudo das sequências operatórias de cada tipo de peça, bem como dos tempos necessários para a execução de cada uma das operações destas sequências. Esses tempos, os quais se apresentam nas tabelas 3, 4 e 5, são os tempos padrão existentes no *software* da empresa, SAP. A designação de cada operação de retificação foi atribuída de acordo com a sua designação na empresa.

Tabela 3 - Sequências e tempos de operações-peça A

Operações	Tempo (min)
Retificação Plana	0:22:70
Retificação de Interior	0:28:17
Retificação Cilíndrica	0:23:48
Polir	0:04:92
Total	0:79:27

Tabela 4 - Sequências e tempos de operações-peça B

Operações	Tempo (min)
Retificação Sunnnen	0:11:98
Retificação Cilíndrica	0:02:85
Retificação Plana	0:16:23
Retificação Cilíndrica	0:18:35
Polir	0:15:17
Total	0:64:58

Tabela 5 - Sequências e tempos de operações-peça C

Operações	Tempo (min)
Retificação Sunnen	0:07:30
Retificação Cilíndrica	0:11:73
Retificação Plana	0:10:57
Retificação Interior	0:07:55
Polir	0:08:17
Total	0:45:32

Nas operações identificadas nas tabelas anteriores estão incluídas as seguintes atividades:

- Retificação Plana - as peças são retificadas numa retificadora plana de forma a conferir-lhe a altura indicada no desenho contido na ordem de fabrico;
- Retificação Sunnen – é retificado o diâmetro interior das peças para a cota indicada na ordem de fabrico, por aplicação de um processo designado de brunimento. O brunimento é feito com uma ferramenta especial de retificação, constituída de segmentos de material abrasivo, diamante, no caso do metal duro, montados em grupo. Este processo de retificação é realizado com auxílio de uma máquina designada de sunnen.
- Retificação Cilíndrica – nesta operação é realizada a retificação do diâmetro exterior da peça, que tem a forma cilíndrica, com auxílio de uma retificadora cilíndrica de exteriores, equipada com uma mó revestida com diamante. Este diâmetro exterior da peça pode ter ou não inclinação de alguns graus. Quando é pedido um diâmetro exterior inclinado, a operação de retificação cilíndrica é mais demorada.
- Retificação Interior – o diâmetro interior das peças é retificado com auxílio de máquinas designadas por máquinas de interiores. Estas máquinas ao contrário da sunnen permitem retificar diâmetros interiores com inclinação.
- Polir – as peças são acabadas manualmente com a utilização de pastas diamantadas, de lixas impregnadas com diamante, entre outros meios, na secção designada de polimentos. Este acabamento manual inclui a quebra de arestas vivas e a execução de pormenores como a configuração de raios, bem como o polimento da superfície da peça na zona pedida.

Estas diferentes operações encontram-se enquadradas na Durit em funções que estão discriminadas no anexo 1. Assim, a função retificador convencional diz respeito à operação de retificação plana e de interiores. A função de polidor diz respeito à de polir e a de mandrilador mecânico à de retificação sunnen.

Pela análise das tabelas 3, 4 e 5, verifica-se que apenas a peça B necessita da passagem duas vezes na mesma operação, a retificação cilíndrica. Os outros dois tipos de peças têm as diferentes operações sequenciais e uma vez realizadas não voltam ao mesmo posto de trabalho, embora as suas sequências operatórias sejam diferentes. Verifica-se também que a peça que necessita de mais tempo para ser produzida é a peça A e a que gasta menos tempo é a peça C.

3.3.5 VSM do Estado Atual

Para facilitar a determinação das atividades que acrescentam ou não valor ao processo de retificação dos três tipos de peças, A, B e C, foi elaborado um mapeamento do fluxo de valor (VSM) de cada um dos três tipos de peças. Assim em cada VSM foram descritas todas as operações envolvidas no processo de retificação destas peças. Nestes VSM podemos encontrar como atividades que não acrescentam valor ao produto as esperas para processamento e a verificação final.

Na figura 19 é apresentado o VSM do processo de retificação da Peça A, incluindo-se também a fase do controlo final à qualidade das peças e o respetivo envio para o cliente final. Na figura 19 mostra-se o fluxo de informação existente bem como o fluxo de material entre as várias máquinas no processo de retificação. No anexo 4 encontra-se indicada toda a simbologia utilizada na representação dos VSM's.

Da análise do VSM da produção das peças do tipo A identifica-se um prazo de entrega (ou lead time) de 3722400 segundos e um tempo de processamento (operações que acrescentam valor) de 5147 segundos. Isto significa que a percentagem de tempo gasto em operações que acrescentam valor, em relação ao total de tempo gasto nem chega a 1%, ficando em cerca de 0,14%. Isto é dramático e conduz à necessidade de se estabelecerem ações que reduzam o tempo das operações que não acrescentam valor. Este aspeto é sinalizado no VSM como uma oportunidade de melhoria.

Da análise do VSM da peça tipo B, o qual se apresenta no Anexo 2, conclui-se que a situação é ainda ligeiramente pior que no caso da peça A. Isto porque a relação do

tempo gasto nas operações que não acrescentam valor relativamente ao tempo de processamento é ainda superior. Assim, temos um *lead time* de 4327200 segundos e um tempo de processamento de 4278 segundos.

No caso da peça C cujo VSM também se apresenta no Anexo 2, chega-se a um *lead time* de 3981600 segundos e a um tempo de processamento de 3112 segundos. Conclui-se assim que o cenário é idêntico ao das peças anteriores.

Verifica-se ainda pela análise dos três VSM's que existe uma grande acumulação de trabalho em curso de fabrico (*Work in process* - WIP) principalmente entre os postos de trabalho onde é iniciado o processo de retificação de cada tipo de peça. No caso da peça tipo A o WIP é particularmente elevado até à operação de retificação de interiores. No caso da peça tipo B o WIP é mais elevado até as peças chegarem à retificação plana. Na peça C, o WIP é elevado também até as peças chegarem à retificação plana.

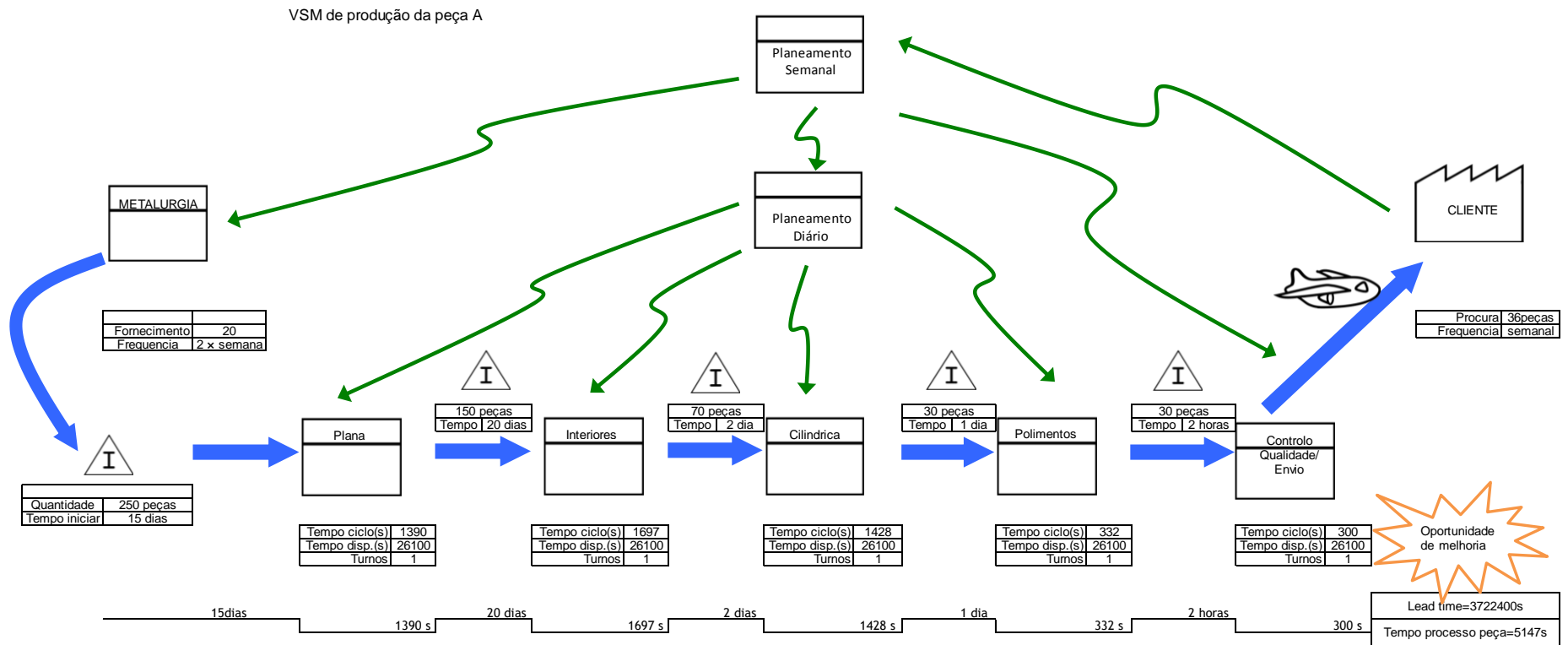


Figura 19 – VSM do processo de retificação e envio para o cliente, da Peça A

3.3.5 Percentagem de Atrasos e Nível de Rejeições

A percentagem de atrasos na entrega de encomendas ao cliente é extremamente elevada. Este indicador é fornecido mensalmente ao setor de retificação e calculado tendo por base a razão entre as encomendas entregues no prazo e a totalidade das encomendas fornecidas nesse mesmo período, sendo designada por taxa de cumprimentos de prazos. Em 2012 o seu valor médio correspondeu a cerca de 10%, significando que apenas 10% das encomendas deste cliente foram entregues dentro do prazo acordado.

O cálculo do nível de rejeições é realizado mensalmente, sendo determinado em função das peças produzidas. A empresa tem como objetivo, ter níveis de rejeição inferiores ou iguais a 1,50% nas peças para o cliente em questão. No ano de 2012 a média do nível de rejeição, no conjunto de peças fornecidas para este cliente, foi de 1,86%. Este aspeto representa um maior custo de produção tornando-se imperativo a sua redução.

3.3.6 Competências dos Recursos Humanos

Em média na produção de cada ordem de produção estão envolvidos cerca de 6 colaboradores. Nos diferentes postos de trabalho onde são realizadas as operações de retificação destas peças, foram analisados os colaboradores intervenientes, tendo sido efetuado um levantamento das suas competências, de forma a avaliar-se a sua integração na célula em desenvolvimento. Os resultados desta análise apresentam-se na tabela 6.

Desta análise pode-se constatar que no período mais recente existe uma maior rotação dos colaboradores pelas diferentes máquinas o que leva a que os mais novos na empresa saibam trabalhar as operações associadas a um maior número de máquinas. A maior polivalência deverá ser um aspeto a ter em conta na escolha dos colaboradores, embora esta não evite a necessidade de formação, que os colaboradores que forem colocados na célula terão que receber.

Tabela 6 – Matriz de competências

Colaborador	Nº de anos de experiência na empresa (Ano)	Função Atual	Conhecimento com Limitações	Conhecimento Razoável	Bom Conhecimento	Conhecimento outra Função
Carlos Santos	30	Retificação Cilíndrica	✓			
Manuel Silva	29	Retificação Plana			✓	
Manuel Oliveira	29	Polimentos			✓	
António Pereira	29	Retificação Interiores			✓	
José Amaral	26	Retificação Cilíndrica			✓	
Paulo Miguel	25	Retificação Sunnen			✓	
Rufino Alves	23	Retificação Plana			✓	
Manuel Católico	19	Retificação Interiores		✓		
Manuel Campinos	18	Polir			✓	
José Marques	18	Polir		✓		
Manuel Valente	18	Retificação Cilíndrica			✓	
Luís Marques	17	Retificação Interiores		✓		
José Soares	14	Polir		✓		
Adriano Martins	13	Retificação Plana			✓	Polir
Frederico Pereira	11	Retificação Interiores		✓		Retificação Plana
Manuel Ferreira	7	Retificação Interiores			✓	
José Silva	7	Polir	✓			
Álvaro Silva	6	Polir			✓	Retificação Cilíndrica
Maria Santos	2	Polir	✓			
Jorge Alves	2	Retificação Plana		✓		Retificação Cilíndrica
Fernando Martins	2	Retificação Interiores		✓		
Vicente Martins	2	Retificação Cilíndrica		✓		Retificação Plana
Nuno Martins	2	Retificação Sunnen		✓		
Telmo Barros	2	Polir	✓			
Eduardo Salcedo	2	Retificação Sunnen		✓		Retificação Plana
Manuela Tavares	2	Polir	✓			

Pedro Ferreira	2	Retificação Cilíndrica		✓		Retificação Plana
André Ferreira	2	Retificação Interiores		✓		Retificação Plana
Fausto Pires	6 meses	Retificação Plana	✓			
Luís Coutinho	6 meses	Retificação Interiores		✓		

3.4 Implementação da Célula de Produção

Esta fase, e de acordo com Fraser (2007), traduz-se na fase de projeto da célula em que se vão selecionar as máquinas e definir o *layout* da célula.

Como já referido anteriormente, este projeto recaiu sobre os três modelos de peças que representam cerca de 80% das peças fornecidas durante o ano de 2012 a um determinado cliente da Durit e que têm um processo de produção muito semelhante.

Neste ponto é apresentado o processo de alteração do sistema de produção para as peças referidas anteriormente conduzindo à implementação da célula de produção.

3.4.1 Cálculo do *Takt Time*

Começou-se por realizar o cálculo do *Takt Time* para o conjunto dos 3 tipos de peças, cuja procura no ano de 2013 se mantém aproximadamente igual à do ano de 2012. O cálculo do *takt time* é obtido através do resultado da seguinte equação:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo total disponível/semana}}{\text{Quantidade pedida/semana}} = \frac{2250}{96} = 23,4\ \text{min/peça}$$

Portanto o sistema de produção a implementar terá de satisfazer uma produção de uma peça a cada 23,4 minutos.

3.4.2 Cálculo do Tempo Total de Cada Operação

O período de tempo que demora cada uma das operações de retificação a ser realizada em cada peça já foi apresentado nas tabelas 3, 4 e 5.

A quantidade de peças pedidas em média pelo cliente é de 96 peças/semana, sendo que destas, 40 peças são do tipo B, 36 do tipo A e 20 do tipo C. Assim, o tempo

necessário em cada operação foi afetado da percentagem que é necessária produzir de cada peça, isto é, foram adicionados os produtos do tempo, que é necessário para realizar cada operação num dos tipos de peças, pela respetiva percentagem requerida pelo cliente. Assim como exemplo é apresentado o caso da operação de retificação plana, em que o tempo total médio desta operação, por unidade produzida da peça A, foi determinado pela expressão:

$$\underbrace{22,7*0,37}_{\text{Tempo da operação de retificação plana}} + 16,23*0,41 + 10,57*0,21 = 17,3 \text{ minutos}$$

Tempo da operação de retificação plana \times percentagem de peças do tipo A requerida pelo cliente.

Os resultados dos cálculos explicados anteriormente para as várias operações são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Tempo de operações/ unidade

Operação	Tempo Total Médio de Operação/unidade Produzida (min)
Retificação Plana	17,3
Retificação Interiores	12,0
Retificação Cilíndrica	19,8
Polir	9,7
Retificação Sunnen	6,0

Constata-se que a operação mais demorada é a retificação cilíndrica e a mais rápida, por outro lado é a retificação sunnen.

Foi também analisado, se o operador e a máquina seriam necessários durante todo o período de execução de cada operação. Assim, durante cada operação foi contabilizado o período em que a máquina está a retificar sem ser necessária a intervenção do operador e quando é preciso a intervenção do operador em conjunto com

a máquina. O resultado desta análise encontra-se na tabela 8 onde se evidencia a percentagem de ocupação do operador, da máquina ou de ambos durante a realização de cada uma das operações de retificação.

Tabela 8 – Período de ocupação da máquina e do operador

Operações	Tempo total operações (min)	Tempo unitário			Tempo Máquina (min)	Tempo Operador (min)
		% Máquina	% Operador	% Máq. e Oper.		
Retificação Plana	17,3	30%	0%	70%	17,3	12,1
Retificação Interiores	12,0	30%	0%	70%	12,0	8,4
Retificação Cilíndrica	19,8	30%	0%	70%	19,8	13,9
Polir	9,7	0%	0%	100%	9,7	9,7
Retificação Sunnen	6,0	60%	0%	40%	6,0	2,4

Verifica-se que existem operações de retificação que não implicam a ocupação dos operadores a 100%. Pelo contrário existem períodos em que só a máquina é necessária. Este é o caso da operação de retificação plana, de retificação interiores e de exteriores e retificação Sunnen. Constata-se que só a operação de polimento necessita, durante todo o processo produtivo, da atuação conjunta do operador e da máquina.

Este tempo de ocupação quer das máquinas quer dos operadores foi comparado com o *takt time* e pode ser visualizado no gráfico da figura 20. Neste gráfico verifica-se que o tempo de ocupação do operador e de máquina são inferiores ao *takt time*.

Tendo por base este tempo de ocupação de cada máquina e operador foi determinado o número de colaboradores e máquinas necessários para executar as peças. Assim, para o cálculo do número de operadores foi utilizada a razão entre o período de ocupação do operador e o *takt time*. Realizando o mesmo processo no caso da determinação do número de máquinas. Por exemplo no caso da operação de retificação plana o tempo de ocupação de máquina é 17,3 min mas o tempo de ocupação do operador é só de 12,1 min. No caso dos 12,1 min divididos pelo valor do *takt time*, 23,4 min, obtém-se uma ocupação que corresponde a 52% do tempo do operador. Portanto esta operação não ocupa um operador na sua totalidade.

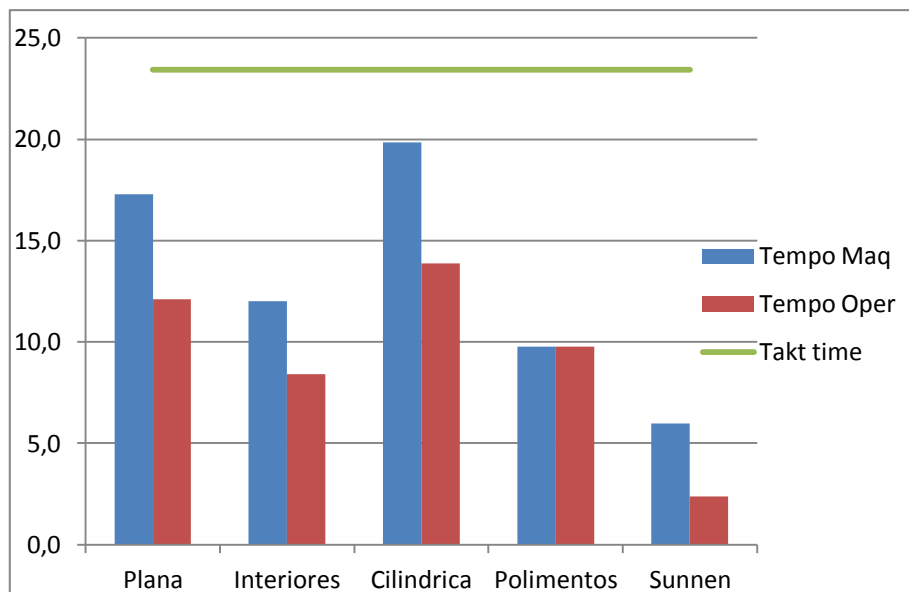


Figura 20 - Gráfico da relação entre a ocupação do operador e de máquina com o *takt time*

Este processo repete-se para o cálculo do número de máquinas, isto é, no caso mais uma vez da operação de retificação plana temos que 17,3 min é o tempo da operação, dividido pelo takt time que é de 23,4 min obtém-se 74% de ocupação de máquina. Assim considera-se a necessidade de uma máquina. Destes cálculos, que se encontram apresentados na tabela 9, determinou-se o número de operadores necessários na célula bem como o de máquinas.

Tabela 9 – Número de operador e máquinas necessários na célula de produção

Operações	Tempo Máquina	Tempo Operador	Takt Time	% Ocup. Máquina	% Ocup. Operador	Nº Maq.
Retificação Plana	17,3	12,1	23,4	74	52	1,0
Retificação Interiores	12,0	8,4		51	36	1,0
Retificação Cilíndrica	19,8	13,9		85	59	1,0
Polir	9,8	9,8		42	42	1,0
Retificação Sunnen	6,0	2,4		25	10	1,0
					2 Operadores	5 Máquinas

Assim, da análise da tabela 9, conclui-se que a célula necessita de 2 operadores e 5 máquinas.

3.4.3 Configuração da Célula

Perante a análise que foi realizada anteriormente chegou-se à conclusão que deveriam ser incluídas na célula de produção cinco máquinas e dois colaboradores. As máquinas a colocar são as que permitem realizar as operações de retificação já descritas anteriormente. Assim, colocou-se uma retificadora plana, uma retificadora cilíndrica de exteriores, uma retificadora de interiores, uma sunnen e uma bancada de polimentos.

O sistema de produção implementado foi uma célula com uma configuração do *layout* em “U”. Esta configuração foi escolhida tendo por base por um lado que a esta configuração e de acordo com, Alves et al. (2003), estão associadas diversas vantagens. Entre estas vantagens destacam-se o fato de permitir a fácil mobilidade dos trabalhadores, apresentando uma mobilidade a 360°. Pode também ser adicionado o fato de permitir uma boa visualização dos postos e dos trabalhos em curso, o que facilita a gestão visual. Nesta implementação foi também tido em conta o gráfico apresentado na figura 6 e que de acordo com Hales, 2002 nos permite identificar o tipo de célula a desenvolver. Assim o cálculo da quantidade de produto requerida pelo cliente (96 peças/semana), a variedade dos produtos produzidos que não é muito elevada e o fato de a rota de fabrico ser constituída por operações que habitualmente são realizadas no setor onde a célula seria implementada, permitindo concluir que a célula a projetar não implicava um elevado grau de especialização. Assim começou-se por colocar as máquinas que iniciavam o processo de retificação das peças, isto é, a plana e depois a sunnen. Depois foi colocada a retificadora de interiores, posteriormente a retificadora de cilíndrica e no final a bancada de polimentos, que permite acabar as peças. Esta organização teve em conta a sequência de operações apresentada nas tabelas 3, 4 e 5.

A configuração da célula encontra-se esquematizada na figura 21.

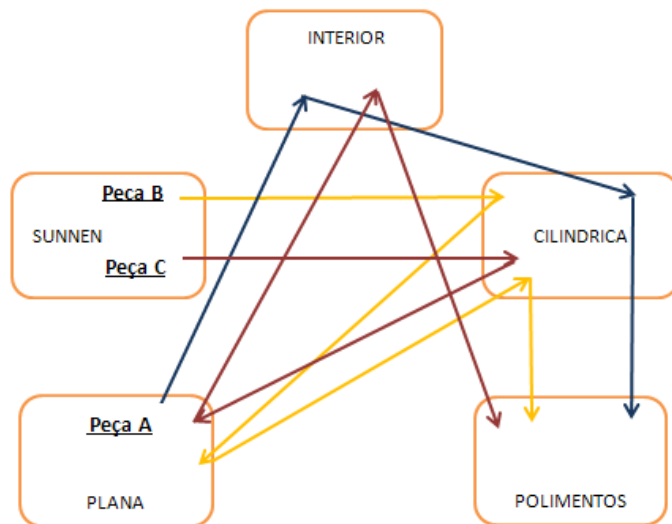


Figura 21 – Esquema de configuração da célula de produção

3.4.4 Espaço Percorrido

A distância total percorrida em média por cada um dos tipos de peças é de cerca de 12 metros, sendo que o espaço ocupado pela célula é cerca de 30 m². Na figura 22 são apresentados dois pormenores da célula.



Figura 22 – Fotografias com dois pormenores da célula implementada

3.4.5 Recursos Humanos

Nesta fase, designada por Fraser (2007) como Fator Humano, vão-se seleccionar os operadores que deverão integrar a célula.

Como foi referido anteriormente tanto os fatores técnicos como humanos desempenham um papel essencial para o sucesso das células de produção. Por este motivo procurou-se analisar a parte dos Recursos Humanos com bastante cuidado.

Os colaboradores que integram uma célula têm que funcionar em equipa, isto é, têm responsabilidades partilhadas, possuem aptidões complementares e têm objetivos e metas comuns para alcançar. Foi com base nestes princípios que foi estudada a colocação dos operadores dentro da célula.

Em relação aos operadores foi decidido que a distribuição e modo operativo destes seguiriam uma abordagem conhecida como *working balance* que segundo Alves (2007), consiste em distribuir de forma equilibrada a carga manual pelos diferentes operadores e afetar cada um, de forma invariável e permanente. Portanto existe um dado número de tarefas ou operações que constituem os postos de trabalho com tempos de processamento acumulados aproximadamente iguais. Cada operador vai ter uma zona de atuação ou secção considerada como uma subcélula (Cardoso, Arezes, Alves, e Silva, 2008).

A cada operador da célula foi portanto associado um determinado número de tarefas e movimentações, de forma a que cada um contribuísse de igual forma para o tempo de ciclo pretendido, e que é igual ao *takt time* do cliente.

Foi determinado pelos cálculos realizados anteriormente na tabela 8 a necessidade de colocar 2 operadores na célula.

Para suportar a decisão de quem colocar na célula, foram estudados os diferentes agrupamentos de operações a distribuir pelos dois operadores, através da análise da tabela 8. O pretendido é que as tarefas desempenhadas por cada trabalhador sejam equilibradas em termos de tempo de operação. Assim a melhor combinação encontrada foi a de um operador realizar a operação de plana, interiores e sunnen, que perfaz um período de ocupação de 22,9 min, valor retirado da tabela 8 e que portanto é inferior ao *takt time* (23,4 min). Ao segundo operador foram atribuídas as operações de retificação cilíndrica e de polimentos que leva a um período de 23,6 min, que é ligeiramente superior

ao *takt time*. A distribuição de operações de retificação ficou distribuída de acordo com o indicado na figura 23.

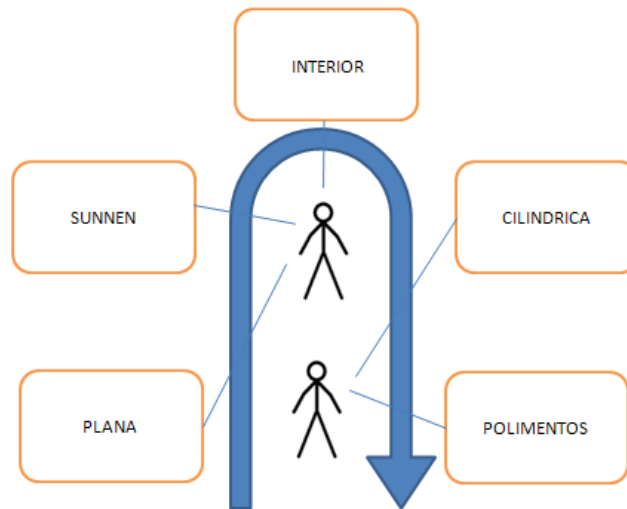


Figura 23 – Distribuição das operações pelos 2 operadores

Foi então realizada uma análise à matriz de competências apresentada na tabela 6, e decidiu-se colocar na célula os colaboradores André Ferreira e Pedro Ferreira. Isto devido à sua polivalência, e ao fato de como são relativamente novos na empresa ainda estavam numa fase de aperfeiçoamento do processo de produção e a sua saída do sistema de produção geral não iria afetar o nível de produção de outras peças.

A estes colaboradores foi dada formação nas operações de retificação que desconheciam, sunnen e polimentos. Tinham tido também já formação em trabalho de equipa e dinâmica de grupos, que se encontra detalhada no anexo 5. Nesta formação foram abordados temas como:

- O que é uma equipa;
- Relacionamento interpessoal, benefício e vantagens;
- Dinâmica da Equipa;
- Uma equipa de excelência;
- A nossa equipa, pontos fracos e fortes.

A constituição da célula com dois elementos, embora evidenciada pelos cálculos, na prática tornou-se inviável e tornou-se necessário colocar mais um elemento de forma transitória. Este fato prendeu-se principalmente com a operação de polimentos, pois embora os operadores tenham recebido formação, esta operação é bastante manual e exige alguma prática. Assim foi decidido colocar numa fase considerada transitória mais um terceiro elemento na célula, mas que tivesse experiência no setor de polimentos.

3.5 Apresentação e Discussão dos Resultados Obtidos

A célula implementada possui uma configuração com autonomia produtiva e independente, sendo realizadas dentro da célula todas as operações de retificação necessárias para a entrega das peças ao cliente. Por este motivo, e de acordo com Alves (2007), é designada por célula básica.

Nos resultados obtidos tem que ser tido em conta que a célula começou a produzir no final de Abril de 2013, portanto decorrido cerca de 4 meses, ainda tem alguns pontos a melhorar.

3.5.1 Nível de Produção da Célula

Apesar de se ter começado a retificar as ordens de fabrico que estavam atrasadas, verifica-se pela análise da tabela 10 que o tempo de permanência das ordens de fabrico na retificação já decresceu em comparação com os tempos antes da implementação célula (ver tabela 2). Este período de permanência das ordens de produção é retirado da diferença entre a chegada das peças e o seu envio para o cliente e encontra-se também evidenciada no cálculo do *lead time* no VSM correspondente.

Tabela 10 - Tempo médio de permanência dos três principais modelos na retificação

Tipo	Tempo na retificação (dia)
Peça A	3,5
Peça B	3,5
Peça C	4,8

Pela análise dos três VSM's do processo de retificação com a implementação da célula, apresentados no anexo 3, verifica-se que a relação entre o tempo de processamento e o *lead time* é de:

- Peça A= 10,8%
- Peça B =14,0%
- Peça C= 0,8%

Isto mostra uma aproximação entre o tempo de processamento e o *lead time*, que foi conseguido com a produção na célula, relativamente ao que tínhamos anteriormente.

A quantidade de peças (tipo A, B e C) produzida tem vindo a aumentar como se pode ver na figura 24.

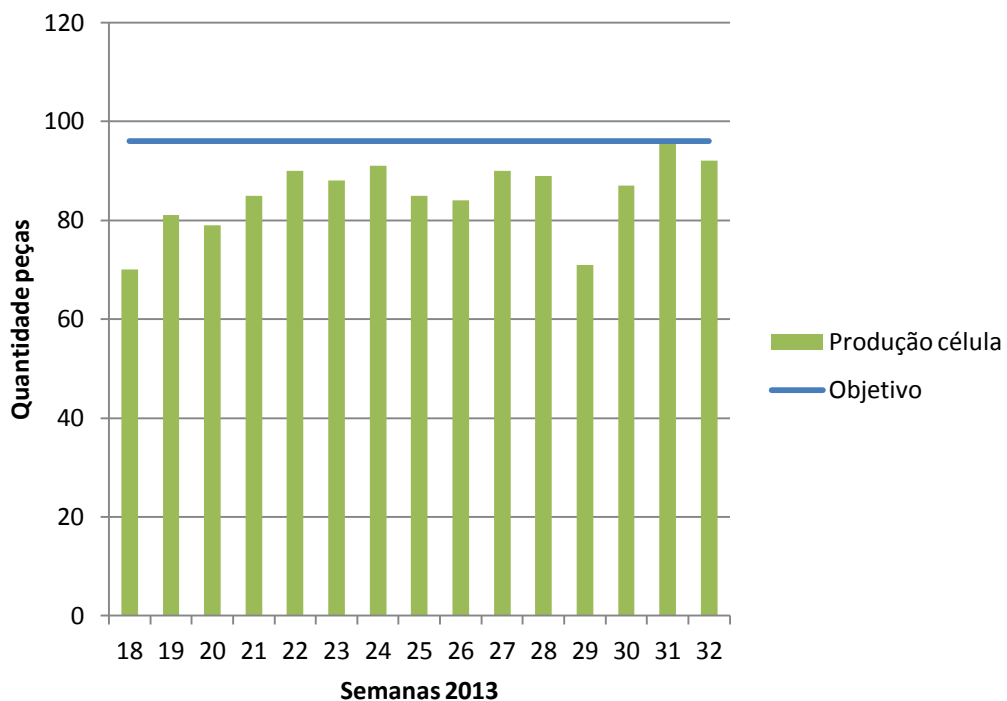


Figura 24 - Gráfico de produção da célula

O nível de produção da célula tem estado muito próximo do objetivo, tendo sido atingido na penúltima semana apresentada na figura 24. A tendência da célula tem sido de um nível de produção aproximadamente constante. Contudo nota-se um decréscimo na semana 29, para o qual contribuiu a paragem de máquinas por duas vezes, devido a avarias.

3.5.2 Medidas de Desempenho da Célula

A célula de produção, como anteriormente referido começou a funcionar em Abril de 2013, mas em termos de histórico de produção começou-se a registar os resultados a partir da semana 18, portanto início de Maio. Foram identificados um conjunto de medidas de desempenho que se mostram na tabela 11.

Tabela 11 – Indicadores célula

Indicadores	Objetivo (Semana)
Produção (Peças produzidas na semana)	96
Peças p/ hora de Célula (Peças produzidas/NºHoras de trabalho da semana)	2,6
Taxa de Rejeição (%) (peças rejeitadas/peças produzidas)	1,5
Taxa cumprimentos Prazos (%) (Ofs entregues no prazo/Total Ofs entregues)	80
Nº de Falhas (Nº de paragens de máquinas devido a avaria)	0

Os valores de desempenho medidos durante o funcionamento da célula são a seguir apresentados nas figuras 25, 26, 27 e 28.

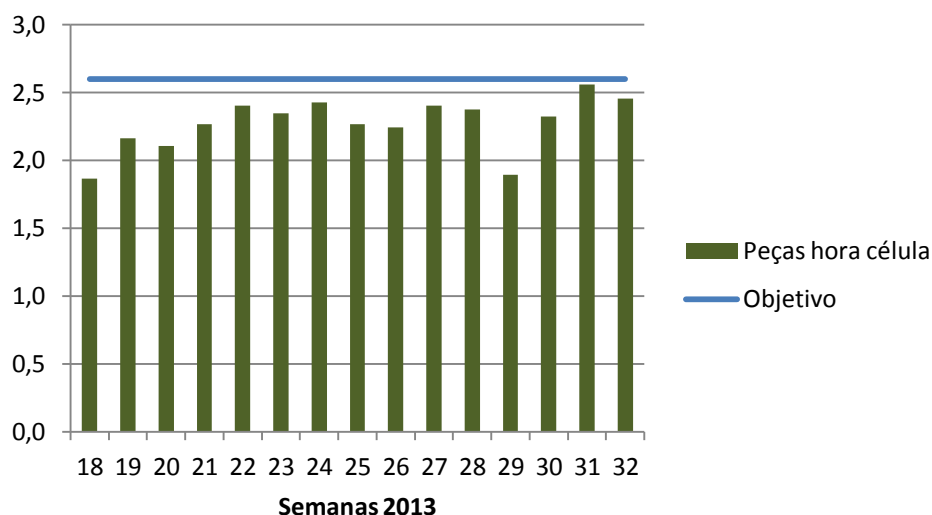


Figura 25 - Peças produzidas por hora

Pela análise da figura 25, constata-se que o objetivo de quantidade de peças por hora encontra-se ligeiramente abaixo do valor objetivo. Com as medidas de melhoria contínua, que entretanto foram implementadas, pretende-se contribuir para o aumento da quantidade de peças produzidas.

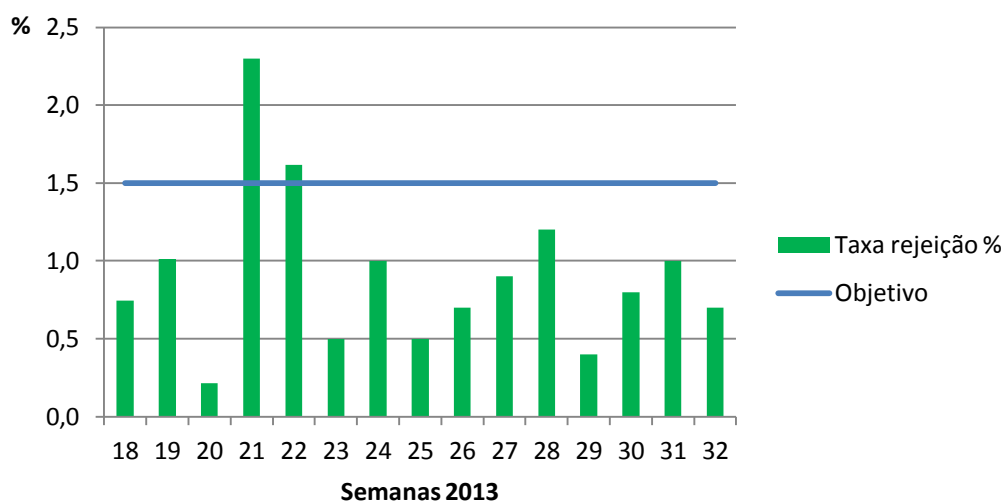


Figura 26 - Percentagem de peças defeituosas

O valor médio da taxa de rejeição situa-se em 0,9%, portanto melhor que o objetivo que é de 1,5%. Da análise da figura 26 verifica-se que existiram duas situações

em que foi ultrapassado o objetivo de taxa de rejeição e isto foi motivo de preocupação até porque estava-se no início do funcionamento da célula. No entanto fez-se um levantamento da causa raiz e uma vez identificada, foram tomadas medidas de forma a melhorar este indicador. O resultado tem sido bastante satisfatório.

Na figura 27 é indicada a taxa de cumprimento de prazos de entrega de encomendas ao cliente, que se tem conseguido alcançar após a implementação da célula. Este resultado tem vindo a melhorar tendo o objetivo sido atingido e mesmo ultrapassado nas últimas semanas que se encontram apresentadas na figura 27.

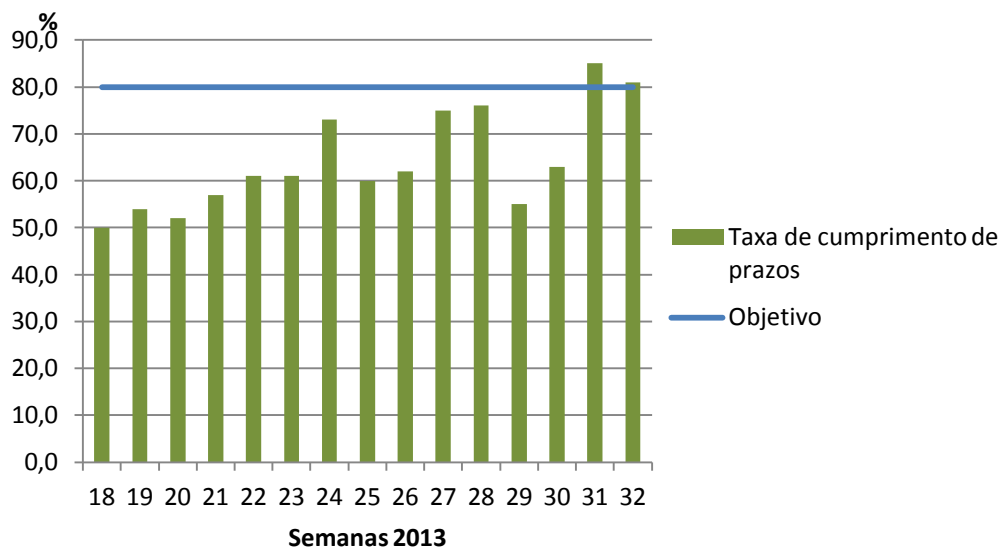


Figura 27 – Cumprimentos de prazos

O gráfico seguinte, presente na figura 28, mostra a quantidade de avarias que têm ocorrido ao longo destas semanas.

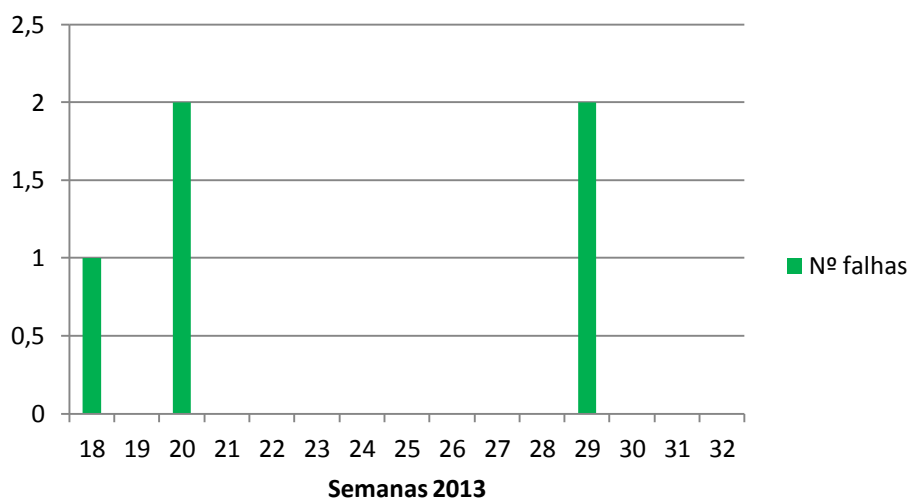


Figura 28 – Número de avarias de máquinas em cada semana

Na figura 29 pode ainda ser observado o período de paragem em cada semana devido às avarias ocorridas nas diferentes máquinas. Independentemente da duração, logo que existe uma avaria, por menos demorada que seja, existe uma quebra de produção, portanto as mesmas têm que ser evitadas. Estas avarias refletem-se numa diminuição da produção.

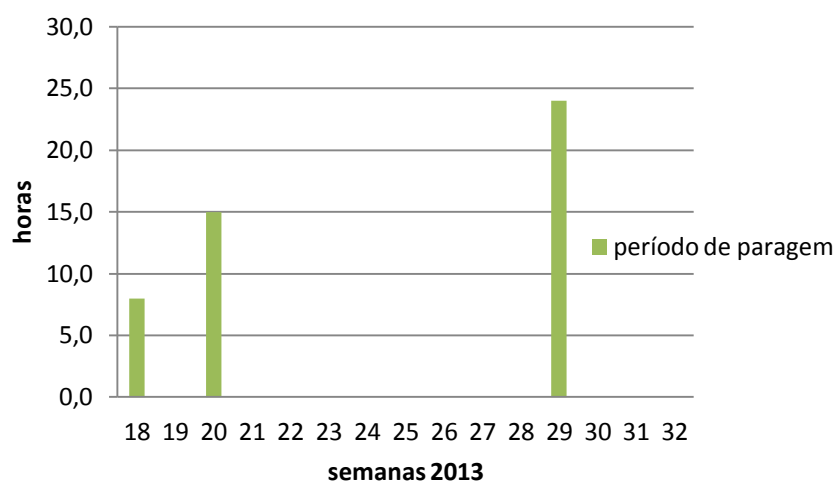


Figura 29 – Tempo de paragem em cada avaria ocorrida

Conjuntamente com o setor de manutenção, tem sido realizada uma análise das causas de cada avaria e da forma de intervenção, nomeadamente a avaliação do tempo de resposta da manutenção. Fez-se também uma sensibilização dos operadores para a realização de manutenção autónoma, que inclui lubrificações e limpezas semanais das máquinas, e outras atividades de prevenção, como forma de inspeção e deteção de sinais de possíveis avarias antes de estas ocorrerem. Com este objetivo foram criados os documentos que se encontram no anexo 6 e que dizem respeito à manutenção preventiva. Com esta forma de atuação pretende-se que os equipamentos operem em condições ótimas minimizando-se as perdas produtivas pela deteção das anomalias antes de provocarem paragens.

3.5.3 Produção Antes e Após a Implementação Célula.

Na tabela 12 encontra-se de forma resumida, tendo por base diferentes parâmetros, a comparação antes e após a implementação da célula.

Tabela 12 – Desempenho antes e após a implementação da célula

	Antes da implementação da célula	Após implementação da célula
Nível de produção	Bastante variável, com semanas de produção para o cliente muito baixa.	Média de 85 peças/ semana
Distância percorrida pelas peças	142 m a peça A; 154 m a peça B; 156 m a peça C	12m/ peça
Número de operadores	Em média 6 operadores	Estão 3 operadores envolvidos
Cumprimento de prazos	10%	64%
Tempo de processamento/lead time	Peça A= 0,2%; Peça B =0,1%; Peça C= 0,08%	Peça A= 10,8%; Peça B =14,0%; Peça C= 0,8%
Nível médio de rejeições	1,86%	0,90%

Verificou-se que com a introdução da célula houve uma melhoria dos indicadores de produção. Existe a possibilidade destes indicadores melhorarem ainda mais com a melhoria contínua introduzida e com a própria experiência/especialização e formação contínua dos próprios operadores da célula.

3.6. Melhoria Contínua

Esta fase de acordo com Fraser (2007) é a última do processo de implementação da célula. Assim após a formação da célula e durante o seu funcionamento foram sendo introduzidas algumas melhorias. Este processo é contínuo e por isso após a conclusão deste trabalho que aqui se apresenta, este processo não irá parar. Estas melhorias foram, quer ao nível da organização da informação que deve chegar e partir da célula. Hoje existe programação semanal que é distribuída no início da semana, de forma a que em qualquer altura se saiba o que produzir. Começou-se também a elaborar um quadro com a produção semanal da célula, servindo para avaliar a sua evolução, que neste caso tem sido positiva. Isto também serve como um ponto de motivação. Outras medidas implementadas visam desperdiçar o menor tempo possível com atividades inúteis e portanto aproveitar o tempo na realização do produto.

Um destes exemplos é a marcação de buchas bem como o armazenamento de todas no mesmo local, que pode ser observado na figura 30, e que servem basicamente para segurar e permitir a retificação cilíndrica das peças.



Figura 30 – Armário com a separação e identificação das buchas para a retificação cilíndrica.

Outro exemplo é o quadro onde se pode encontrar todo um conjunto de ferramentas que servem para auxílio da produção, nomeadamente mudanças de mós e que pode ser observado na figura 31.



Figura 31 – Quadro com ferramentas

Na bancada de polimentos criou-se um apoio em madeira, com a identificação das pastas diamantadas a utilizar. Assim a procura da pasta que se pretende utilizar faz-se num curto espaço de tempo. Este aspeto pode ser observado na figura 32.



Figura 32 - Identificação das pastas diamantadas

No que diz respeito à formação dos trabalhadores que também deve ser contínua, existirá a partir de Outubro de 2013, mais formação agendada para os recursos humanos que vai também contribuir para um melhor desempenho dos elementos que constituem a célula.

Capítulo 4

Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

O trabalho aqui apresentado contemplou o estudo e implementação de uma célula de produção na empresa Durit, visando o atingir de diversos objetivos.

Um dos objetivos que se queria atingir com este trabalho era a diminuição de operações sem valor acrescentado para o produto. Este objetivo encontra-se associado à redução do espaço percorrido na movimentação das peças, entre operações, no setor de retificação. Este objetivo foi alcançado havendo uma redução do percurso percorrido pelas peças em cerca de 92%, com a alteração do sistema produtivo para a produção na célula.

Conseguiu-se também com esta alteração do sistema de produção destas três peças reduzir substancialmente o seu *lead time*, visível também nos VSM presentes no anexo 2 e 3 o que demonstra que houve uma redução dos tempos não produtivos, como o tempo de espera entre postos de trabalho.

Outro dos objetivos prendia-se com a redução do WIP. Pela comparação dos VSM's presentes no anexo 2, antes da instalação da célula e no anexo 3, VSM's após a instalação da célula, verifica-se uma redução do WIP, visível na redução do *stock* de peças entre postos de trabalho.

Verificou-se também uma redução da percentagem de produto não conforme produzido. Assim passou-se de uma taxa de rejeição de 1,86% antes da instalação da célula para uma taxa de rejeição de 0,9% na produção da célula.

Constatou-se também uma melhoria na taxa de cumprimento de prazos, de 10% para 64%. Isto traduz-se numa diminuição de atrasos na entrega das encomendas ao cliente.

Todas estas melhorias discutidas anteriormente contribuem para um aumento da produtividade e conduzem a uma melhor satisfação do cliente o que é essencial no contexto atual de mercado.

Foram implementadas diversas medidas de avaliação do desempenho da célula como a quantidade de peças produzidas por hora e a quantidade produzida semanal, a taxa de cumprimento de prazos, o número de paragens e o tempo de paragem em cada avaria e o nível de rejeições (percentagem de peças não conformes por semana). Além de todos estes indicadores de desempenho já implementados mostra-se necessário e benéfico a implementação, num futuro muito próximo, de mais um indicador de desempenho que é o *Overall equipment effectiveness* (OEE). Este indicador permite avaliar com que eficácia as operações de produção são utilizadas, permitindo a avaliação das causas de redução de produtividade. O OEE é um dos indicadores de desempenho cruciais no TPM, englobando num só indicador três fatores, isto é, o tempo que uma máquina está a trabalhar efetivamente (a disponibilidade), a quantidade de produto produzido nessa máquina (o desempenho) e a quantidade de produtos obtidos sem defeitos de qualidade (qualidade). Portanto o OEE é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

Os três aspetos que entram no cálculo do OEE podem ser facilmente obtidos durante a realização da produção através do preenchimento de documentos como os que se encontram no anexo 7. Estes dois documentos são de fácil preenchimento e a sua implementação irá permitir a determinação diária do índice OEE.

Uma situação que poderá ocorrer no futuro e que foi equacionada após a implementação desta célula de produção foi o fato de poder existir uma diminuição da procura por parte do cliente cujas peças são produzidas atualmente na célula. Assim, tendo por base o mercado global em que nos inserimos e as constantes alterações deste, nomeadamente ao nível da procura, analisou-se a possibilidade, de produzir peças de outro cliente na célula e foram encontradas peças que podem ser produzidas como

alternativa. Este cliente de peças alternativas às peças produzidas atualmente, dedica-se à exploração petrolífera e tem vindo a crescer bastante na Durit. Aliado ao aspeto anterior, existem outras razões pelas quais estas peças poderiam ser produzidas na célula:

- Tem muitos tipos de peças que são denominadas de casquilhos e anéis, ou seja, tem forma geométrica semelhante às que a célula produz atualmente;
- A exigência dos clientes é semelhante;
- A procura deste cliente está em crescimento;
- Tem ordens de fabrico com cerca de 100 peças, o que para a Durit nem é muito habitual;
- Para implementarmos a produção destas peças na célula só necessitamos de colocar mais uma máquina. Trata-se de uma máquina de retificação universal, que é relativamente pequena, portanto o espaço não é problema e existem várias na Durit.
- Na parte do processo teríamos de acrescentar a retificação universal como atividade, mas é relativamente simples e o processo de polimentos destas peças é mais simples pois não inclui a utilização de pastas diamantadas uma vez que não há zonas das peças com acabamento de superfície polido.

Em relação a estas peças alternativas, ter-se-ia que fazer um estudo dos restantes aspetos, nomeadamente tempos de cada operação, para analisar se realmente haveria a possibilidade de produção dentro da célula existente. Portanto haverá todo o interesse em aprofundar este estudo para precaver uma possível alteração da procura das peças atualmente produzidas na célula.

Outro aspeto a melhorar num futuro próximo será a elaboração de um estudo detalhado do balanceamento da carga de produção da célula. O balanceamento de sistemas de produção, tem como objetivo garantir uma distribuição equilibrada da carga pelas unidades de produção do sistema, por forma a possibilitar uma boa utilização e um ajustamento apropriado da produção à procura, possibilitando ainda o fluxo equilibrado dos materiais e da produção.

Embora exista ainda muito trabalho a realizar na otimização deste sistema de produção em célula, uma parte foi realizada e com contribuições positivas para a melhoria de desempenho do setor de retificação. Pessoalmente este trabalho foi

bastante enriquecedor, levando a explorar e a aprofundar algumas matérias sobre as quais de outra forma a autora deste trabalho não se teria debruçado.

Referências Bibliográficas

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *Int. J. Production Economics* 107- 223–236.

Alves, A. C. (2007). Projeto Dinâmico de Sistemas de Produção orientados para o Produto. Tese de Doutorado, Universidade do Minho.

Alves, A. C., Lima, R. & Silva, S. C. (2003). Sistemas de Produção orientados ao Produto integrando células e pessoas. *Inovação Organizacional*, n.º 1, pág. 109-145, Instituto para a Inovação na Formação (INOFOR).

Arora P. K., Haleem, A., & Singh M. K.(2011) Cell Formation Techniques – A Study. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, vol. 3, nº2, pp. 1178-1181.

Bartholdi, J. J., Bunimovich, L. A., & Eisenstein, D. D. (1999) "Dynamics of two- and three-Worker "Bucket brigade" production lines", *Operations Research*, vol. 47, n.º 3, pp. 488-491.

Bazargan-Lari, M.(1999) Layout designs in cellular manufacturing. *European Journal of Operational Research* 112 258-272.

Baudin, M. (2003) "From operator job design to task assignment in daily operations" In *Proceedings of the Group Technology and Cellular Manufacturing, World Simposium 2003* Eds. D. N. Sormaz and G. A. Suer, Columbus, Ohio, USA.

Bidanda, B.et al (2005) Human related issues in manufacturing cell design, implementation, and operation: a review and survey. *Computers & Industrial Engineering* 48, 507–523.

Cardoso, A., Arezes, P., Alves, A. C. & Silva, S. C., (2008). Reconfiguração de Sistemas de Produção Orientados ao Produto: Estudo de um caso industrial. Departamento de Produção e Sistemas - Universidade do Minho.

Da Silveira, G (1999). A methodology of implementation of cellular manufacturing. *Int. J. Prod. Res.*, 37(2), 467–479.

Durit (2012). Manual da Qualidade. Albergaria-a-Velha.

Ferrance, E., (2000). Action research, publicação interna: The Education Alliance, Brown University.

Fraser, K., Harris, H. & Luong, L (2007). Improving the implementation effectiveness of cellular manufacturing: a comprehensive Framework for practitioners. *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 24, 15, 5835–5856.

Hales, H. L., (2002). Planning Manufacturing Cells Workbook. SME.

Irani, S. A. (1999). Handbook of Cellular Manufacturing Systems. New York: John Wiley.

Liker, J. K., 2004. The Toyota Way. McGraw-Hill Professional.

Melton, T. (2005) the Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662–673.

McLean, C. R., Brown, P. F. (1987) “The Automated Manufacturing Research Facility at the National Bureau of Standards” In *New Technologies for Production Management systems*, Eds. H. Yoshikawa e J. L. Burbidge, Elsevier Science Publishers B. V. North – Holland.

Pinto J. P. (2009). Pensamento Lean. Lisboa: Lidel – Edições Técnicas Lda.

Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel - edições técnicas, Lda.

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to add Value and Eliminate Muda*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.

Shah, R. & Ward, P. T., (2003). Lean Manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), pp. 129-149.

Sishir, B., (2008). Cellular Manufacturing - The heart of Lean Manufacturing. *Advances in Production Engineering & Management*, pp. 171 - 180.

Saghafian S. & Jokar M. R. A, (2009). Integrative Cell Formation and Layout Design in Cellular Manufacturing Systems. -Vol. 3, No. 2, pp 97-115, *Journal of Industrial and Systems Engineering*.

Saurin, T. A., Marodin, G. A. & Ribeiro, J., (2011). A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. *International Journal of Production Research* Vol. 49, No. 11, 3211–3230.

Selim H. M., Askin R. G. & Vakharia A. J. (1996). Cell Formation in Group Technology: Review, Evaluation and Directions for Future Research. *Computers ind. Engng* Vol. 34, No. 1, pp. 3-20.

Sousa, M. J. & Baptista, C. S. e. M., 2011. *Como Fazer Investigação, Dissertações, Teses e Relatórios*. Pactor.

Susman, G., (1983). *Action research: a sociotechnical systems perspective*. Sage Publications, pp. 95-113.

Weinstein M. (1999). *OEE for operators – Overall Equipment Effectiveness*. New York: Productivity Press.

Wemmerlov U. & Johnson D. J. (2010) Cellular manufacturing at 46 user plants: Implementation experiences and performance improvements. *International Journal of Production Research*, 35:1, 29-49.

Womack, J. P. & Jones, D. T., (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Organisation*. New York: Simon & Schuster.


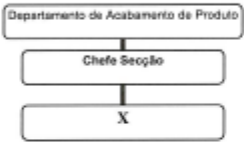
Womack J. P., Jones D. T., & Roos, D. (1991). *The Machine that Changed the world*. New York: Rawson Associates.

Yin, Y.& Yasuda, K. (2006). Similarity coefficient methods applied to the cell formation problem: A taxonomy and review. *Int. J. Production Economics* 101, 329–352.

ANEXOS



Anexo 1 - Funções existentes na Durit

Função Polidor

 DURIT - Metalurgia Portuguesa de Tungsténio	DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES	AP 008		
FUNÇÃO: POLIDOR				
ENQUADRAMENTO HIERÁRQUICO E FUNCIONAL: <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <pre> graph TD A[Departamento de Acabamento de Produto] --> B[Chefe Secção] B --> C[X] </pre> </div>				
REPORTA A: Chefe de Secção				
MISSÃO DA FUNÇÃO				
Executar operações de polimentos, respeitando as instruções das ordens de fabrico e as suas instruções de trabalho.				
TAREFAS E RESPONSABILIDADES ESSENCIAIS <ul style="list-style-type: none"> - Ler e interpretar as especificações técnicas das O.F.'s; - Garantir o auto-controle, verificando as especificações das peças antes e pós o polimento; - Garantir o bom acondicionamento das peças; - Assegurar a conformidade do equipamento de medição; - Cumprir o Plano de Manutenção Primária do equipamento; - Efetuar corretamente os Registos de Produção; - Efetuar a limpeza do equipamento e do local de trabalho; - Comunicar à Chefia, de imediato, qualquer anomalia/rejeição no equipamento, posto de trabalho; - Comunicar à Chefia, de imediato, qualquer anomalia/rejeição nas peças em execução. 				
RESPONSABILIDADES GENERICAS: <p>Cumprir as normas e procedimentos internos da empresa, bem como as normas respeitantes ao Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho existentes.</p>				
COMPETÊNCIAS <p><u>Formação Académica:</u> - Escolaridade mínima (9º ano ou equivalente).</p> <p><u>Formação Profissional:</u> - Formação técnico-prática no posto de trabalho.</p> <p><u>Experiência Profissional:</u> - Estágio de 6 meses na área, obtida na empresa.</p> <p><u>Conhecimentos Específicos:</u> - Metrologia e Desenho técnico; - Conhecimento em pastas diamantadas; - Conhecimento dos aspectos ambientais significativos relacionados com a sua função; - Conhecimento dos riscos e formas de prevenção associados à sua função; - Conhecimento da importância das suas funções no cumprimento da Política e Objectivos da empresa; - (Conh.gerais) Normas de suporte no que respeita aos Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho.</p> <p><u>Características e Aptidões Pessoais:</u> - Capacidade de trabalho em equipa; - Bom relacionamento humano; - Método e organização.</p>				
Edição	Data	Elaborado	Aprovado	Pag.
_____	_____	_____	_____	1/1


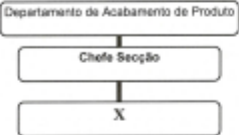
Mos.QAS-204-00

Função retificador Sunnen

 DURIT - Metalurgia Portuguesa de Tungstênio	DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES	AP 012		
FUNÇÃO: MANDRILADOR MECÂNICO				
ENQUADRAMENTO HIERÁRQUICO E FUNCIONAL: <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <pre> graph TD A[Departamento de Acabamento de Produto] --> B[Chefe Secção] B --> C[X] </pre> </div>				
REPORTA A: Chefe de Secção				
MISSÃO DA FUNÇÃO Executar operações de mandrilagem em furos de acordo com as especificações existentes nas ordens de fabrico.				
TAREFAS E RESPONSABILIDADES ESSENCIAIS <ul style="list-style-type: none"> - Ler e interpretar as especificações técnicas das O.F.'s; - Selecionar as ferramentas e os equipamentos adequados; - Garantir o auto-controlo, verificando as especificações das peças antes e pós operação; - Retificar as peças com os equipamentos adequados ao processo; - Garantir o bom acondicionamento das peças; - Assegurar a conformidade do equipamento de medição; - Cumprir o Plano de Manutenção Primária do equipamento; - Efetuar corretamente os Registos de Produção; - Efetuar a limpeza do equipamento e do local de trabalho; - Comunicar à Chefia, de imediato, qualquer anomalia/rejeição no equipamento, posto de trabalho; - Comunicar à Chefia, de imediato, qualquer anomalia/rejeição nas peças em execução. 				
RESPONSABILIDADES GENÉRICAS: Cumprir as normas e procedimentos internos da empresa, bem como as normas respeitantes ao Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho existentes.				
COMPETÊNCIAS <p><u>Formação Académica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Escolaridade mínima (9º ano ou equivalente). <p><u>Formação Profissional:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Formação técnico-prática no posto de trabalho. <p><u>Experiência Profissional:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estágio de 6 meses na área, obtida na empresa. <p><u>Conhecimentos Específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Metrologia e Desenho técnico; - Principais características do Metal Duro; - Conhecimento dos aspectos ambientais significativos relacionados com a sua função; - Conhecimento dos riscos e formas de prevenção associados à sua função; - Conhecimento da importância das suas funções no cumprimento da Política e Objectivos da empresa; - (Conh.gerais) Normas de suporte no que respeita aos Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho. <p><u>Características e Aptidões Pessoais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidade de trabalho em equipa; - Bom relacionamento humano; - Método e organização; - Empenhamento e dedicação profissionais 				
Edição	Data	Elaborado	Aprovado	Pag.
_____	_____	_____	_____	1/1

Mos.QAS-2004-00

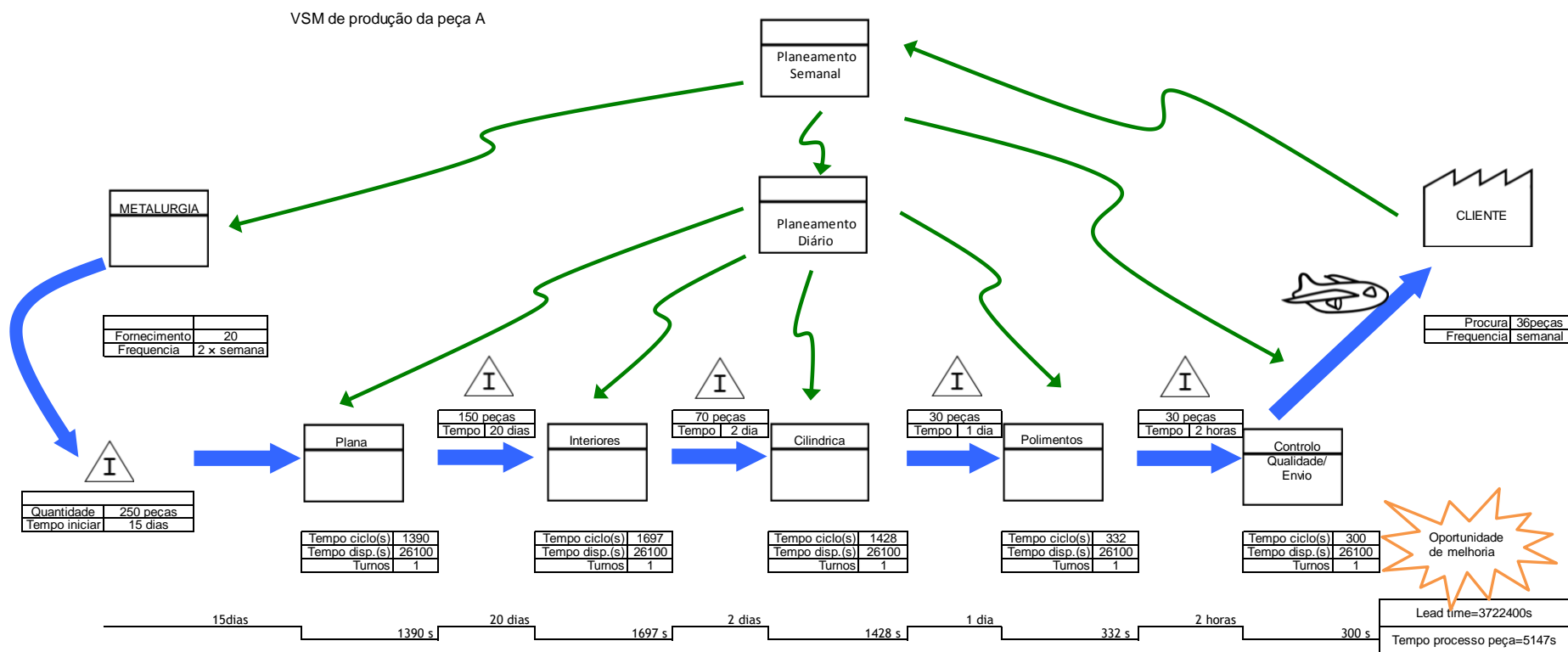
Função Retificador convencional

 DURIT - Metalurgia Portuguesa de Tungsténio	DESCRIÇÃO DE FUNÇÕES	AP 009		
FUNÇÃO: RECTIFICADOR CONVENCIONAL				
ENQUADRAMENTO HIERÁRQUICO E FUNCIONAL: <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <pre> graph TD A[Departamento de Acabamento de Produto] --> B[Chefe Secção] B --> C[X] </pre> </div>				
REPORTA A: Chefe de Secção				
MISSÃO DA FUNÇÃO Retificar peças de forma a dar acabamento aos produtos de acordo com as especificações existentes nas ordens de fabrico.				
TAREFAS E RESPONSABILIDADES <ul style="list-style-type: none"> - Ler e interpretar as especificações técnicas das O.F.'s; - Seleccionar as ferramentas e os equipamentos adequados; - Garantir o autocontrolo, verificando as especificações das peças antes e pós operação; - Retificar as peças com os equipamentos adequados ao processo; - Garantir o bom acondicionamento das peças; - Assegurar a conformidade do equipamento de medição; - Cumprir o Plano de Manutenção Primária do equipamento; - Efetuar corretamente os Registos de Produção; - Efetuar a limpeza do equipamento e do local de trabalho; - Comunicar à Chefia, de imediato, qualquer anomalia/rejeição no equipamento, posto de trabalho; - Comunicar à Chefia, de imediato, qualquer anomalia/rejeição nas peças em execução. 				
RESPONSABILIDADES GENÉRICAS: Cumprir as normas e procedimentos internos da empresa, bem como as normas respeitantes ao Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho existentes.				
COMPETÊNCIAS <p><u>Formação Académica:</u> - Escolaridade mínima (9º ano ou equivalente).</p> <p><u>Formação Profissional:</u> - Formação técnico-prática no posto de trabalho.</p> <p><u>Experiência Profissional:</u> - Estágio de 6 meses na área, obtida na empresa.</p> <p><u>Conhecimentos Específicos:</u> - Metrologia e Desenho técnico; - Conhecimento em ferramentas de corte (mós); - Principais características do Metal Duro; - Conhecimento dos aspectos ambientais significativos relacionados com a sua função; - Conhecimento dos riscos e formas de prevenção associados à sua função; - Conhecimento da importância das suas funções no cumprimento da Política e Objectivos da empresa; - (Conhecimentos gerais) Normas de suporte no que respeita aos Sistemas de Gestão da Qualidade, Ambiente, Saúde, Higiene e Segurança no Trabalho.</p> <p><u>Características e Aptidões Pessoais:</u> - Capacidade de trabalho em equipa; - Bom relacionamento humano; - Método e organização;</p>				
Edição	Data	Elaborado	Aprovado	Pag.
_____	_____	_____	_____	1/2

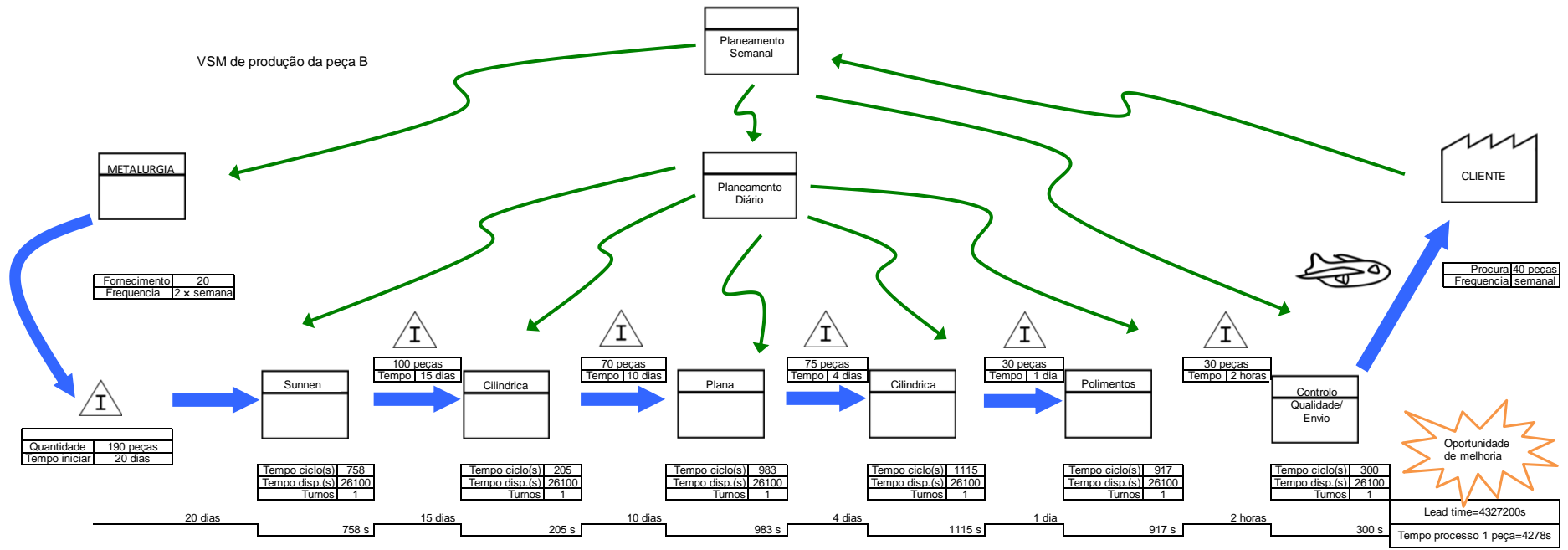
Mts:QAS-2004-00

ANEXO 2 - VSM Produção das peças em estudo, no sector de rectificação, antes da implementação da célula

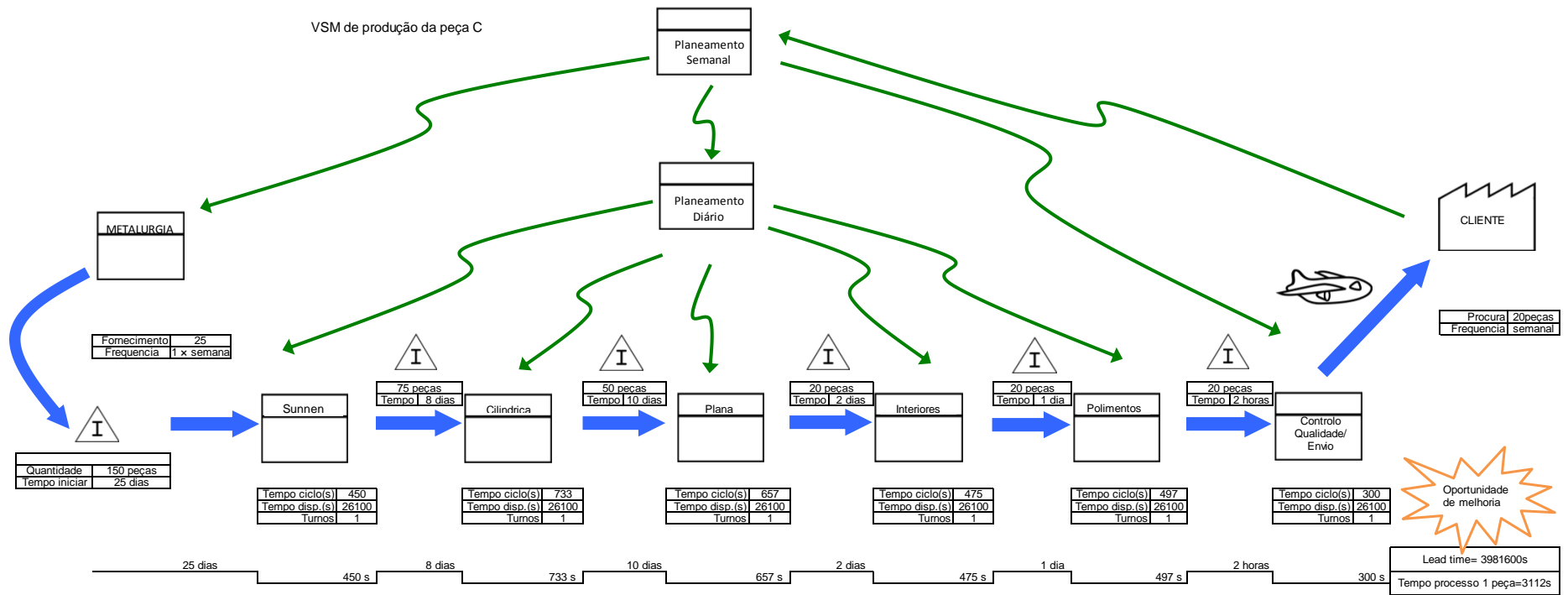
VSM – Produção peça A



VSM – Produção peça B

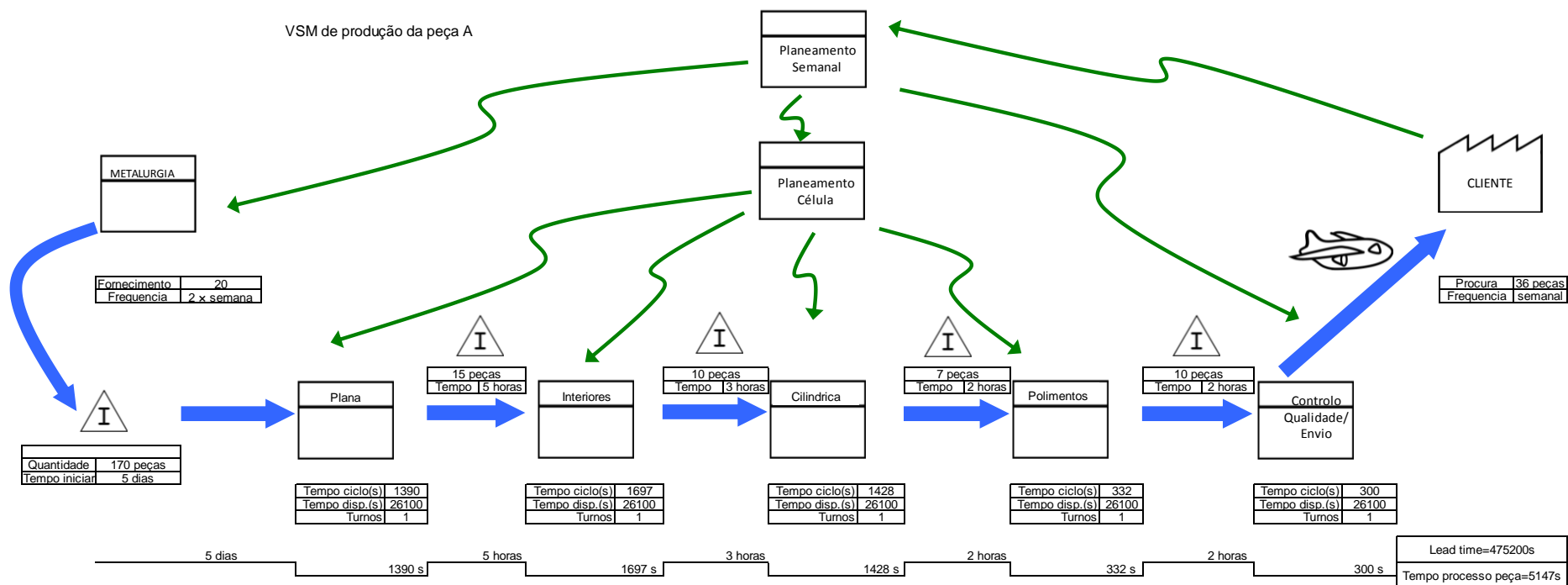


VSM – Produção peça C



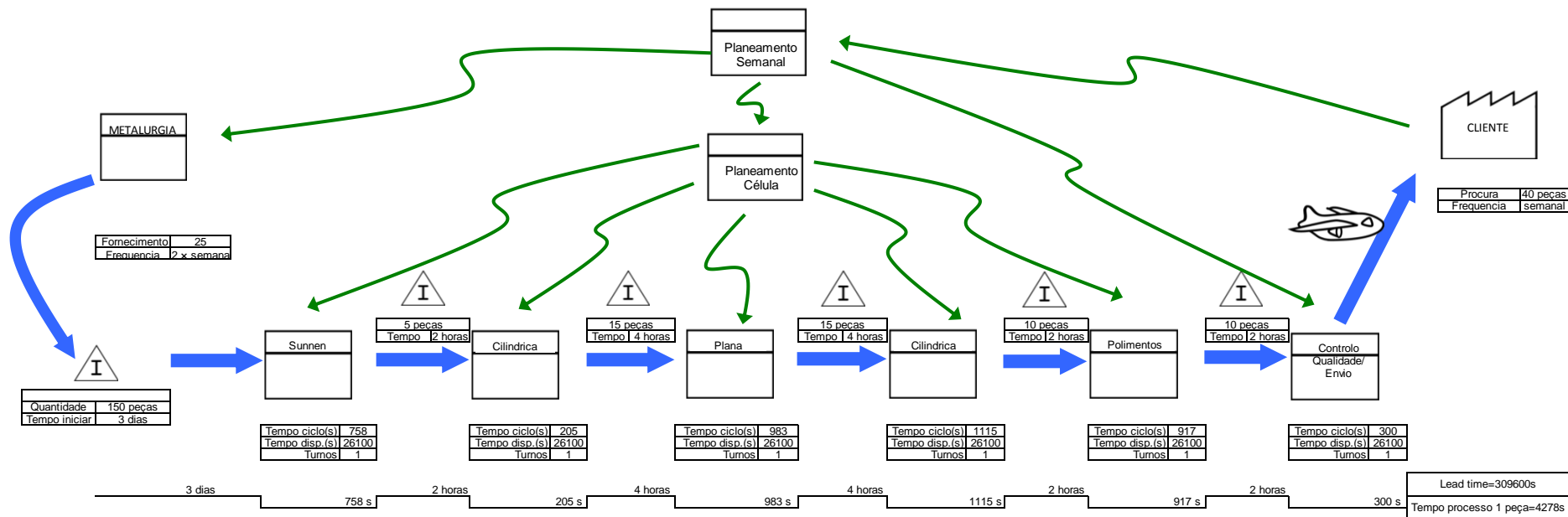
ANEXO 3 - VSM Produção das peças na célula de produção implementada

VSM – Produção na célula peça A

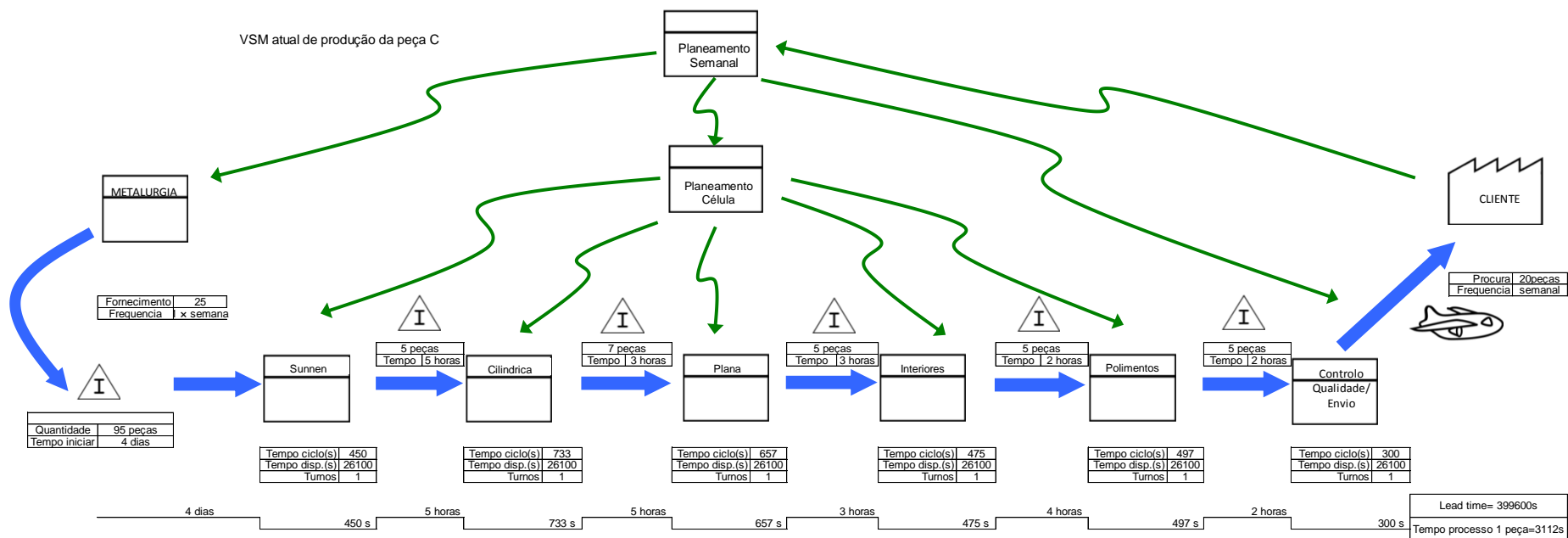


VSM – Produção na célula peça B


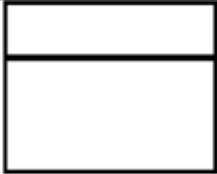




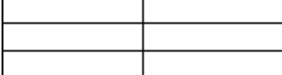

VSM de produção da peça B



VSM – Produção na célula peça C



Anexo 4 – Simbologia do Value Stream Mapping (VSM)

	<p>Fluxo de informação manual</p>	
	<p>Fluxo de informação eletrónica</p>	<p>Processo de produção</p>
	<p>Stock</p>	
	<p>Transporte produto para cliente</p>	<p>Processo Externo</p>
	<p>Caixa de dados</p>	
 <p>Identificação de necessidade de um evento Kaizen</p>		

Anexo 5 – Ação de Formação aos operadores da célula

Ação: Trabalho em Equipa e Dinâmica de Grupos - DURTEDG

Área formação: 090 **Local:** DURIT – Albergaria-a-Velha

Data de Início: 19.04.2012 **Data de Fim:** 03.05.2012

Objectivos

- Desenvolver competências de trabalho em equipa.
- Conhecer os principais conceitos relativos a uma equipa e ao trabalho em equipa;
- Desenvolver competências que optimizem a relação com o outro.

Conteúdo programático

MÓDULO	SC	CT	PS	TIC	AMB	IO	TOTAL
O que é uma equipa?		2					2
Relacionamento interpessoal		2	2				4
Benefícios e desvantagens		2					2
Dinâmica da Equipa		2					2
Uma equipa de excelência		2					2
A nossa equipa: pontos fortes e aspectos a desenvolver		2					2
Sensibilização para a Igualdade de Género e de Oportunidades		2				2	2
TOTAL		14	2				16

Destinatários:

- Este curso contempla 1 ação de formação, dirigindo-se a colaboradores da empresa (H/M), nomeadamente da célula dos anéis;
- Habilitações literárias nível III.

Data: 19.04.2012

Anexo 6 – Documento para a realização manutenção preventiva Máquina de retificação Plana

Manutenção Preventiva



Equipamento:

Cod. RE0156

Nome: JUNG

A manutenção do equipamento será realizada anualmente conforme o plano do Hardis



Lubrificantes Referentes ao Equipamento	Marca	Fornecedor
1º- Massa lubri. SKF LGMT 2/1 (Massa p/ uso geral em rolamentos)	SKF	Duravit
2º- Castrol Hyspin AWS46 (óleo hidráulico p/ máq. Modernas)	Castrol	BP
3º- Castrol Magna GC 32 (óleo lub. Misto)	Castrol	BP
4º- Castrol Syntilo CR27 (oleo soluvel p/ arrefecimento de corte)	Castrol	BP
5º-		

Intervenções a Realizar

	Óleos
1º- Lubrificar pontos de massa	1
2º- Verificar nível de óleo hidráulico e sistema de lubrificação	2
3º- Lubrificar coluna	3
4º- Verificar nível de óleo do sistema centralizado	3
5º- Verificar as correias	
6º- Verificar rolamentos dos motores	
7º-	
8º-	
9º-	
10º-	

Dados da Máquina

Marca	JUNG
Modelo	JF 520
Fabricante	JUNG
Alocação	Pav.3
Sector	RE
Nº. Série	1340

OPERADOR: O operador tem que assegurar a limpeza da sua máquina bem como fazer os acréscimos dos óleos quando necessário. O operador deve também verificar se a máquina faz ruídos estranhos bem como se o comportamento da mesma é normal. Caso ocorram anomalias é necessário avisar a manutenção para que a mesma proceda á reparação do equipamento.

Máquina de retificação Sunnen

Manutenção Preventiva



Equipamento:

Cod. RE0002

Nome: Sunnen

A manutenção do equipamento será realizada anualmente conforme o plano do Hardis



Lubrificantes Referentes ao Equipamento	Marca	Fornecedor
1º- Massa lubri. SKF LGMT 2/1 (Massa p/ uso geral em rolamentos)	SKF	Duravit
2º- MB-30-05 (Oleo de polimento para as maquinas Sunnen)	Sunnen	Sunnen
3º-		
4º-		
5º-		

Intervenções a Realizar

	Óleos
1º- Lubrificar pontos de massa	1
2º- Verificar estado da refrigeração de corte, substituir ou acrescentar caso necessário	2
3º- Verificar estado dos rolamentos do motor	
4º- Verificar estado das correias	
5º-	
6º-	
7º-	
8º-	
9º-	
10º-	

Dados da Máquina

Marca	Sunnen
Modelo	EC 3500CE M44
Fabricante	Sunnen
Alocação	Pav. 3
Sector	RE
Nº. Série	2T1-1202

OPERADOR: O operador tem que assegurar a limpeza da sua máquina bem como fazer os acrescimos dos óleos quando necessário. O operador deve também verificar se a máquina faz ruidos estranhos bem como se o comportamento da mesma é normal. Caso ocorram anomalias é necessário avisar a manutenção para que a mesma proceda á reparação do equipamento.

Máquina de retificação Interiores

Manutenção Preventiva



Equipamento:

Cod. RE0071

Nome: Overbeck

A manutenção do equipamento será realizada anualmente conforme o plano do Hardis



Lubrificantes Referentes ao Equipamento	Marca	Fornecedor
1º- Massa lubri. SKF LGMT 2/1 (Massa p/ uso geral)	SKF	Duravit
2º- Magnaglide D68 (lubrificação de barramentos horizontais)	Castrol	BP
3º-		
4º-		
5º-		

Intervenções a Realizar

	Óleos
1º- Lubrificar pontos de massa	1
2º- Verificar nível de óleo dos barramentos	2
3º- Verificar estado dos rolamentos do motor	
4º- Verificar estado das correias	
5º- Lubrificar réguas	2
6º- Verificar estado geral da árvore	
7º-	
8º-	
9º-	
10º-	

Dados da Máquina

Marca	Overbeck
Modelo	ZETTO 30
Fabricante	Overbeck
Alocação	Pav.3
Sector	RE
Nº. Série	1895

OPERADOR: O operador tem que assegurar a limpeza da sua máquina bem como fazer os acréscimos dos óleos quando necessário. O operador deve também verificar se a máquina faz ruídos estranhos bem como se o comportamento da mesma é normal. Caso ocorram anomalias é necessário avisar a manutenção para que a mesma proceda à reparação do equipamento.

Máquina de retificação Exteriores

Manutenção Preventiva



Equipamento:

Cod. RE0116

Nome: STUDER

A manutenção do equipamento será realizada anualmente conforme o plano do Hardis



Lubrificantes Referentes ao Equipamento	Marca	Fornecedor
1º- Tribol (massa para as maquinas Studer)	TRIBOL	STUDER
2º- Castrol Hyspin AWS 32 (óleo hidráulico p/ máq. Modernas)	CASTROL	BP
3º- Castrol Hyspin AWS22(óleo hid. p/ máq. c/ embraiagem)	CASTROL	BP
4º- Castrol Spindle oil E5 (óleo hidráulico de pouca viscosidade)	CASTROL	BP
5º- Castrol Magna GC 32 (óleo lubrificação misto)	CASTROL	BP
6º- Ratak Green (Refrigerante P/ Mó)	FUCHS	Galvanóleo

Intervenções a Realizar

	Óleos
1º- Lubrificar pontos de massas	1
2º- Lubrificar o regulador de avanço	2
3º- Verificar nível de óleo dos bronzes da mó	4
4º- Verificar nível de óleo hidráulico	3
5º- Verificar nível do óleo do sistema centralizado	5
6º- Verificar estado dos rolamentos dos motores	
7º- Verificar as correias	
8º- Verificar as Baterias do CNC	
9º- Limpar o aspirador Losma	
10º- Verificar Nível Líquido Refrigerador da mó	6

Dados da Máquina

Marca	STUDER
Modelo	S31
Fabricante	STUDER
Alocação	Pav.3
Sector	RE
Nº. Série	030 0023 70 006

OPERADOR: O operador tem que assegurar a limpeza da sua máquina bem como fazer os acréscimos dos óleos quando necessário. O operador deve também verificar se a máquina faz ruídos estranhos bem como se o comportamento da mesma é normal. Caso ocorram anomalias é necessário avisar a manutenção para que a mesma proceda á reparação do equipamento.

Anexo 7 – Registo de dados para determinação do OEE

Documento de registo de produção e tempos de paragem das máquinas (Fonte: Weinstein, 1999)

Data Collection Sheet Side A

Machine: _____ Team: _____ Date: _____ Shift: 1st 2nd 3rd

	11 PM	12 AM	1 AM	2 AM	3 AM	4 AM	5 AM	6 AM	7 AM
Production	7 AM	8 AM	9 AM	10 AM	11 AM	12 PM	1 PM	2 PM	3 PM
Order Number	3 PM :30	4 PM :30	5 PM :30	6 PM :30	7 PM :30	8 PM :30	9 PM :30	10 PM :30	11 PM
Idle Time									
Changeover									
Code									
Process Disturbances									
Code									
Break									
Not Scheduled									
Training									
Code									
Team Meeting									
Code									
No Personnel									
Code									
Miscellaneous									
Code									
	Total Idle Time								
	Total Not Scheduled								
	Total Production Time, Idle Time, and Not Scheduled								

Production (minutes)

Documento de registo de produção e tempos de paragem das máquinas (Fonte: Weinstein, 1999)

Data Collection Sheet Side B

Order #	Type	[kg/m ³]	Thickness [m]	Width [m]	Target [m/h]	Production time [h]	Expected output [kg]
Total						A	B

Availability = $\frac{\text{Actual operating time}}{\text{Planned operating time}}$ =

Performance = $\frac{\text{Total output (C+D+E+F)}}{\text{Expected output (B)}}$ =

Quality = $\frac{\text{Realized quality (C)}}{\text{Total output (C+D+E+F)}}$ =

OEE = %

OEE = Availability x Performance x Quality x 100

Realized Quality [kg] C

Waste [kg] D

Rework [kg] E

Overweight [kg] F

Total Production [kg]

Planned operating time = 480 - No personnel - No orders
 B = kg/m³ x Thickness x Width x Target x Production time/60

Remarks _____
