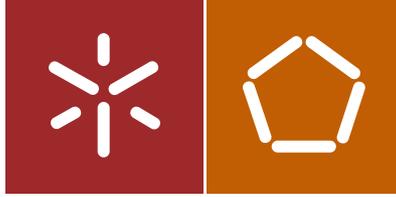




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Alberto Gomes Grenha

Corte Térmico – Orçamentação de
Produtos e Racionalização do Processo



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Alberto Gomes Grenha

Corte Térmico – Orçamentação de
Produtos e Racionalização do Processo

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professor Doutor António Marques Pinho
Professor Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa
Engenheiro Valter Andrade

DECLARAÇÃO

Nome: Carlos Alberto Gomes Grenha

Endereço eletrónico: a62070@alunos.uminho.pt Telefone: 918723368

Cartão do Cidadão: 14149653

Título da dissertação: Corte Térmico – Orçamentação de Produtos e Racionalização do Processo

Orientadores:

Professor Doutor António Marques Pinho

Professor Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa

Ano de conclusão: 2015

Mestrado em Engenharia Mecânica

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos a todos os que me ajudaram durante a realização da dissertação que representou um momento marcante da minha vida académica. Numa referência especial, gostaria de agradecer aos meus orientadores: o Professor Marques Pinho, ao Professor Rui Sousa e ao Engenheiro Valter Andrade pela disponibilidade que demonstraram em todas as horas para a realização deste projeto.

Gostaria de agradecer também à empresa O Feliz Metalomecânica S.A. por ter proporcionado as condições para que esta dissertação fosse possível e aos meus colegas que representam a secção de Corte Laser pelo acolhimento e por todos os momentos que passamos juntos.

A nível pessoal quero destacar a minha família: os meus pais, que sentem a importância da minha formação de forma tão intensa quanto eu e a minha irmã que, apesar da idade, consegue muitas vezes ser um exemplo para mim. Aos meus amigos, em especial aqueles que me acompanham desde há muitos anos, um obrigado pela amizade e o carinho com que me continuam a presentear.

RESUMO

Este relatório descreve o projeto realizado no âmbito da dissertação de mestrado, integrado no 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho.

Este trabalho tem como principal objetivo a análise e melhoria do modelo de orçamentação de uma empresa que se dedica ao corte térmico (laser, oxicorte e plasma) e à quinagem das peças após o corte. O outro objetivo passa pela racionalização do processo, isto é a sugestão de melhorias no processo que ocorre desde o pedido do cliente até à conclusão das encomendas. O corte térmico, especialmente o corte laser, sofreu uma grande evolução ao longo dos últimos anos e durante estes anos as empresas têm convergido para esta tecnologia que é mais rápida, precisa e limpa do que outras tecnologias de corte.

A primeira parte do trabalho foi feita na própria empresa, através de um estágio na empresa O Feliz Metalomecânica que permitiu a observação e estudo do modelo de orçamentação utilizado na área de negócio “Corte Laser”. O estágio durou 5 meses e o contacto diário permitiu conhecer com bastante clareza o modelo utilizado pela empresa, alicerçado em dois fatores fundamentais: tempo efetivo de corte e matéria-prima necessária.

Neste trabalho descrevem-se todas as envolventes características da empresa e da própria área de negócio para que mais facilmente se perceba origem de algumas decisões.

Ao longo do relatório descrevem-se também as principais limitações e problemas que decorrem do modelo atual para a orçamentação e debate-se a necessidade de alterar alguns parâmetros para calcular os custos associados a cada encomenda de uma forma mais racional.

Como resultado final descreve-se um novo modelo (em que são considerados outros fatores para o apuramento de custos) que permitirá à empresa focar-se em novos mercados aumentando a viabilidade financeira associada ao negócio.

As medidas sugeridas ao longo relatório podem ser positivas para uma melhor estimativa de custos porém implicariam naturais alterações na organização da estrutura da empresa e no planeamento da produção. Desse modo a implementação de um novo modelo teria de decorrer de forma faseada e sustentada de forma a não comprometer as rotinas da empresa nem os seus resultados.

PALAVRAS-CHAVE: ORÇAMENTAÇÃO; CORTE TÉRMICO;

ABSTRACT

This report aims to describe the project carried out under the master's thesis, part of the 5th year of the Integrated Masters in Mechanical Engineering from the University of Minho.

This paper focuses mainly on the budgeting model of a company that is dedicated to thermal cutting (laser, oxyfuel and plasma) and the bending of the pieces after cutting. The thermal cutting technologies, especially laser cutting, has undergone a major evolution over the past few years and during these years companies have converged to this technology that is faster, more accurate and cleaner than other cutting technologies.

The first part of the work was done in-the company, through an internship at the “O Feliz Metalomecânica S.A.” which allowed the observation and study of the budgeting model used in the business area "Laser Cutting". The internship lasted 5 months and the daily contact allowed to understand quite clearly the model used by the company, based on two key factors: effective cutting time and raw material required.

This paper describes all the enterprise features and the business area itself so that more easily the foundation of some decisions is understood.

Throughout the report describes also the main limitations and problems arising from the current model for budgeting and debate the need to change some parameters as a manner to calculate the costs associated with each order in a more rational way.

The end result describes a new model (where other factors are considered for cost calculation) that will allow the company to focus on new markets increasing the financial viability associated with the business.

The procedures suggested throughout the report can be positive for a better estimate of costs but natural imply changes in the organization of the company structure and production planning. Thereby implementing a new model would have to take place in a phased and sustained manner so neither compromise the company's routines nor its results.

KEYWORDS: COST ESTIMATION; LASER CUTTING;

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Estado da arte.....	5
2.1 Oxicorte.....	6
2.2 Plasma.....	7
2.3 Laser.....	8
2.4 Características do corte térmico.....	10
3. Fundamentação teórica.....	15
3.1 Custos.....	15
3.2 Engenharia industrial.....	21
4. Empresa.....	27
4.1 Descrição da empresa.....	27
4.2 Área de negócio Laser.....	27
4.3 Equipamentos da Área de Negócios.....	28
4.4 Organização dos recursos humanos.....	30
4.5 Inquérito aos clientes.....	30
5. Modelo atual para a orçamentação.....	33
5.1 Gestão dos processos.....	33
5.2 <i>Trutops Calculate</i>	35
5.3 Bases de orçamentação.....	37
5.4 Indicadores de desempenho.....	42
5.5 Problemas detetados na orçamentação.....	44
5.6 Casos de estudo.....	49

6. Novo modelo para a orçamentação	61
6.1 Processo	61
6.2 Rentabilização de recursos	62
6.3 Organização interna	63
6.4 Definição de preços	64
6.5 Variáveis dependentes das tecnologias utilizadas	65
6.6 Resultados esperados	67
7. Conclusões e propostas de trabalho futuro	69
Referências	71
Apêndice I – Folha de Normas para a Orçamentação	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corte de uma peça em 3 eixos (Trumpf, 2015)	5
Figura 2 - Princípios do oxicorte (Schrader & Elshennawy, 2000)	6
Figura 3 - Esquema de funcionamento do corte por plasma (Adaptado de farmweld.co.uk)	7
Figura 4 - Funcionamento de um sistema laser - adaptado de (Grote & Antonsson, 2009)	9
Figura 5 - Diversidade de processos de remoção de material (Youssef & El-Hofy, 2008)	10
Figura 6 - Representação do <i>kerf</i> e <i>HAZ</i> - adaptado de (Kannatey-Asibu, 2009).....	13
Figura 7 - Representação teórica dos custos fixos (à esquerda) e semifixos (à direita).....	17
Figura 8 - Ilustração de um sistema simples de <i>Poka-Yoke</i>	22
Figura 9 - Limitações à eficiência	25
Figura 10 - Logótipo do "O Feliz Metalomecânica" - retirado de www.ofeliz.com	27
Figura 11 - Exemplo de peça - retirado de www.precisionlasercutting.co.nz	28
Figura 12 - Fluxograma da orçamentação laser	34
Figura 13 - Aproveitamento- a verde (2 cortes comuns), amarelo (1 corte comum) e vermelho (toda a chapa)	36
Figura 14 - Variação da velocidade com a espessura (oxicorte).....	39
Figura 15 - Variação da velocidade com a espessura (plasma).....	40
Figura 16 - Perfil de peças com quinagens em sentidos inversos (à esquerda) e no mesmo sentido (à direita).....	42
Figura 17 - Fases do processo	52
Figura 18 - Chapas mais frequentes	58
Figura 19 - Relação entre as matérias-primas orçamentadas e fabricadas	59
Figura 20 - Exemplo de diferentes aproveitamentos de chapa.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre tecnologias de corte térmico - adaptado de (Ion, 2005).....	13
Tabela 2 - Exemplos de custos segundo os critérios de classificação.....	18
Tabela 3 - Distinção entre custeio por encomenda/ processo – adaptado de (Fonseca, 1992)	20
Tabela 4 - Classificação das operações nas diversas fases de aplicação do sistema SMED....	24
Tabela 5 - Principais equipamentos da área Laser – adaptado de www.ofeliz.com	29
Tabela 6 - Tempo de resposta aos pedidos de cliente	43
Tabela 7 - Comparação entre custos orçamentados e reais	51
Tabela 8 – Custo estimado para a peça (em função da massa)	53
Tabela 9 - Valor considerado por chapa.....	54
Tabela 10 - Influência das taxas em dois casos distintos	55
Tabela 11 - Chapa mais frequente.....	57
Tabela 12 - Tempos necessários com base na massa da peça.....	60

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho desenrolou-se no âmbito da dissertação de mestrado do curso de Engenharia Mecânica, da Universidade do Minho, e através de uma parceria com a empresa O Feliz Metalomecânica S.A., foi realizado um estágio de 5 meses em ambiente industrial entre fevereiro e julho de 2015.

Tendo em conta que esta empresa se foca na indústria metalomecânica e que todas as suas áreas de negócio se dedicam à produção de componentes metálicos foi com naturalidade que surgiu a aposta nas diferentes tecnologias de corte térmico.

Esta aposta justificou-se, numa primeira fase, pelas necessidades internas da empresa, mas a procura dos produtos por parte de outras empresas da indústria metalomecânica que se localizam na região reforçou a viabilidade desta aposta que foi sendo feita.

O Feliz Metalomecânica é uma empresa certificada segundo a Norma ISO 9001 e também pelo chavão da melhoria contínua, que está associado a esta norma, interessa melhorar todos os processos internos, entre os quais se inclui a orçamentação.

Este projeto teve a intenção principal de melhorar globalmente o processo de orçamentação da Área de Negócio Laser através da análise detalhada do processo de estimativa de custos e posterior comparação com as práticas de fabrico adotadas na empresa.

Durante os meses de contacto com a realidade da empresa foi possível observar centenas de processos e detalhar o estudo de alguns casos concretos para perceber as possíveis variações que devem ser consideradas na orçamentação.

1.1 Motivação

Este trabalho surge da ambição e necessidade por parte da empresa O Feliz para melhorar os seus próprios processos internos. Uma vez que as tecnologias de corte térmico estão cada vez mais evoluídas e há mais intervenientes neste mercado, a competitividade é maior e obriga a desenvolver novas ferramentas que permitam às empresas ter um bom desempenho em comparação com os seus concorrentes.

A nível pessoal, a oportunidade de conhecer uma empresa de referência na região e fazer parte da evolução que acontece nesta fase justificaram a aposta. A abertura por parte de uma empresa de referência para a implementação de novas técnicas, a partir de um estudo académico, foi um grande fator de responsabilidade.

A orçamentação é uma tarefa transversal às diferentes indústrias produtivas em que o engenheiro mecânico pode trabalhar. Dessa forma, este tema apresentou-se como uma oportunidade de adquirir experiência útil para o futuro em contexto industrial.

Por outro lado, sabendo que nenhum departamento da empresa é alheio ao que se passa em todos os outros, é seguro afirmar que este trabalho permitiu desenvolver o raciocínio da engenharia de processos para obter melhores soluções para cada um dos problemas que iam surgindo todos os dias na empresa.

A engenharia de produção mantém estreitas ligações com a engenharia mecânica, por exemplo através das tecnologias de manufatura, e o contacto entre estas duas áreas num só trabalho motivou a decisão de aceitar este fantástico desafio.

1.2 Objetivos

Este trabalho tinha como primeiro objetivo melhorar tanto quanto possível o processo de orçamentação. A qualidade do processo de orçamentação pode ser analisada segundo diversos fatores como a precisão da estimativa de custos, o tempo de resposta e a previsão de possíveis problemas para decidir que tipo de obras são vantajosas para a empresa e aquelas que não são compensatórias ou não se adequam à atividade da empresa.

O objetivo principal passa por estudar diversos processos de orçamentação e perceber porque é que muitos dos pedidos de orçamentação não conduzem à adjudicação e de que modo se pode proceder a alterações no modelo de orçamentação para ganhar mais negócios melhorando a rentabilidade financeira da atividade da empresa.

Não basta por isso melhorar apenas alguns indicadores de uma boa orçamentação prejudicando outros, por exemplo, uma análise de custos mais precisa que aumente muito o tempo de resposta aos processos pode não ser justificada porque normalmente os clientes precisam das peças num curto prazo.

Obviamente, uma descida generalizada nos preços conduziria ao ganho de mais negócios porém poderia pôr em causa a sustentabilidade da empresa. Por essa razão é necessário perceber o tipo de obras normalmente não adjudicadas onde seja possível baixar os preços cobrados atualmente e aqueles em que o preço cobrado não cobre os custos necessários.

Neste relatório pretende-se demonstrar os estudos que foram sendo feitos para, a partir desses resultados, justificar as sugestões apontadas.

Por outro lado, pretende-se melhorar os processos internos da empresa para garantir uma integração mais facilitada entre a orçamentação, a preparação do trabalho e a produção.

1.3 Metodologia

A realização deste trabalho começou pela observação do processo de orçamentação e do processo produtivo para conhecer bem a área de negócio, o tipo de produtos, os problemas habituais, etc.

Durante este período, foi feita também uma pesquisa bibliográfica para perceber quais as técnicas de atribuição de custos e quais são as possíveis filosofias que podem ser adotadas numa empresa deste género onde se lida com curtos prazos de entrega e diversos intervenientes (desde fornecedores a centenas de clientes) simultaneamente.

Através da compreensão do modo de funcionamento da empresa, e mais particularmente da Área de Negócios Laser, foi possível formar, com espírito crítico, teorias que motivam uma diferente abordagem para a estimativa de custos.

A partir das teorias formuladas procedeu-se à realização de testes matemáticos e empíricos (como a cronometragem do tempo de algumas operações) para perceber que diferenças se podem considerar nos diferentes processos de produção utilizados.

Algumas mudanças foram estudadas e a partir daí surgiram como melhorias a ser implementadas no sentido de perseguir, de forma mais eficaz, os objetivos desejados para a orçamentação.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação é composta por sete capítulos: introdução, estado da arte, fundamentação teórica, empresa, modelo atual para a orçamentação, novo modelo para a orçamentação e conclusões e propostas de trabalho futuro.

No primeiro capítulo apresenta-se uma introdução ao trabalho, bem como os objetivos, a metodologia utilizada na realização do trabalho e a estrutura geral da dissertação.

No capítulo do estado da arte, estão apresentadas as diferentes tecnologias de corte térmico utilizadas na empresa e é feita uma descrição das capacidades das mesmas.

O capítulo da fundamentação teórica divide-se em duas partes: numa delas é feita uma análise bibliográfica das definições de custos e técnicas de apuramento e atribuição destes; por outro lado, realçam-se alguns conceitos da engenharia industrial que permitem perceber ao longo do trabalho a intenção por trás das alterações sugeridas.

No capítulo da Área de Negócio é feita uma breve abordagem acerca do contexto em que se insere a empresa O Feliz Metalomecânica S.A. e a sua secção de Corte Laser que se dedica integralmente ao fabrico de peças por corte térmico.

O capítulo do Modelo Atual de Orçamentação contém uma extensa descrição da situação atual da orçamentação neste departamento. Explica-se por isso como é feita a gestão dos processos que advêm de diferentes clientes, a previsão dos custos associados a cada produto e descreve os diferentes *softwares* utilizados no processo. Para além disso, refere alguns casos de estudo que foram feitos durante o estágio com o objetivo de retirar conclusões importantes para a definição do novo modelo para a orçamentação.

Naturalmente, o capítulo seguinte descreve o modelo desenvolvido e que devia ser adotado no futuro. Esta secção congrega algumas das ideias que foram sendo alcançadas durante a realização do estágio.

Quanto ao capítulo das conclusões, estas incidem sobre o potencial da empresa, os requisitos que devem ser atingidos para um departamento deste género e uma análise bastante pessoal do cumprimento dos objetivos destacados para a realização deste trabalho. Acrescentam-se ainda as propostas de trabalhos futuros que podem acrescentar mais-valia a este trabalho e reforçar o trabalho que foi feito nesta área de negócio.

2. ESTADO DA ARTE

A história do corte térmico começa com a descoberta do acetileno em 1836 por parte de Edmund Davy, um professor de química da Royal Dublin Society.

Edmund Davy, em 1836, num relatório para o British Association, escreveu que “do brilho com que este novo gás (acetileno) queima em contacto com a atmosfera, ele é, na opinião do autor, admiravelmente adaptado para ser utilizado como luz artificial se for possível produzi-lo a baixo custo”.

Até os cientistas se interessarem mais por este gás passaram mais de 50 anos, até que em 1892 foi descoberta uma forma de o produzir industrialmente. Numa primeira fase, o acetileno foi utilizado apenas para iluminação porém, a partir de 1910, o acetileno começou a ser utilizado para a soldadura e corte de peças metálicas. É importante perceber que nesta fase também se usavam outros gases, menos suscetíveis à ocorrência de explosões quando em contacto com o oxigénio (Almqvist, 2003).

O corte térmico abrange corte de chapa (2D) e corte tridimensional de peças. Apesar de ser possível o corte 3D por processos laser (exemplo na Figura 1) o corte 2D é mais vulgar e baseia-se na utilização de chapa retangular ou metal proveniente de bobines enroladas.



Figura 1 - Corte de uma peça em 3 eixos (Trumpf, 2015)

Neste momento, todos os principais materiais utilizados podem ser cortados com recurso a tecnologias de corte térmico. Os equipamentos mais comuns permitem o corte de materiais ferrosos diversos e também de ligas de alumínio. Tipicamente, as chapas ferrosas menos

espessas (até 4 mm) costumam ser utilizadas após a laminagem a frio. No caso de chapas com uma espessura maior são produzidas com recurso a processos de laminagem a quente.

O princípio que rege o corte térmico baseia-se no aquecimento localizado de uma zona da superfície da chapa (Elshennawy & Weheba, 2015). O calor é transferido por condução, convecção ou pela absorção de radiação até que o metal atinja o estado líquido ou gasoso. Nesse momento, o metal pertencente à zona que foi aquecida é removido com a ajuda do gás pressurizado. Através da vaporização do metal é normalmente possível um corte mais perfeito. Quando o metal só atinge o estado líquido pode ficar “encrostado” na peça causando um defeito (Caristan, 2004).

2.1 Oxicorte

Em 1895, um engenheiro francês chamado Edmond Fouche criou uma forma de juntar o acetileno a altas pressões com um fluxo de oxigênio criando uma tocha (Carlisle, 2010). Esta invenção revolucionou as técnicas de corte utilizadas até à altura, que se baseavam simplesmente em processos mecânicos com criação de aparas. Na Figura 2 demonstra-se esquematicamente o funcionamento do sistema de oxicorte.

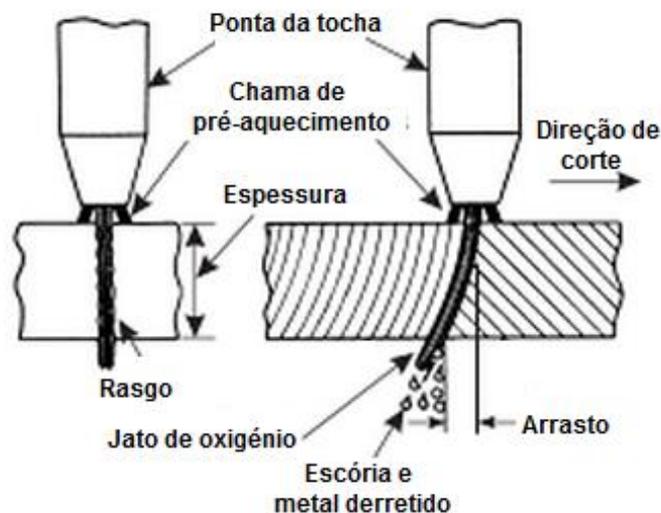


Figura 2 - Princípios do oxicorte (Schrader & Elshennawy, 2000)

A reação que acontece no oxicorte é feita através do pré-aquecimento de uma zona do metal ferroso até à temperatura de ignição como demonstrado na Equação 1. A reação que ocorre a cerca de 871°C é:



Em teoria, 1 m³ de oxigénio é necessário para oxidar cerca de 0,43 m³ de Fe. Atualmente, cerca de 30% a 40% do metal é fundido e afastado sem ser oxidado e consegue remover-se 0,6 m³ ou mais de ferro por cada m³ de oxigénio (Schrader & Elshennawy, 2000).

Esta tecnologia tem atualmente a vantagem em relação a outros processos de corte térmico de poder ser utilizada facilmente para chapas muito espessas (até 180 mm).

2.2 Plasma

Até à década de 50 do século XX, o oxicorte era a única forma de corte térmico utilizada. A alternativa que surgiu nesta data foi inventada por Robert M. Gage e permitiu aumentar a precisão do corte e limpeza das arestas cortadas. Esta alternativa baseia-se na utilização de um arco elétrico formado entre o elétrodo e o bico de constricção do aparelho ou entre o elétrodo e a própria peça e do arco elétrico conjugado com um gás (oxigénio ou inerte) que é lançado a grandes velocidades para a superfície. Na Figura 3 ilustram-se os principais elementos de um sistema de corte por plasma.

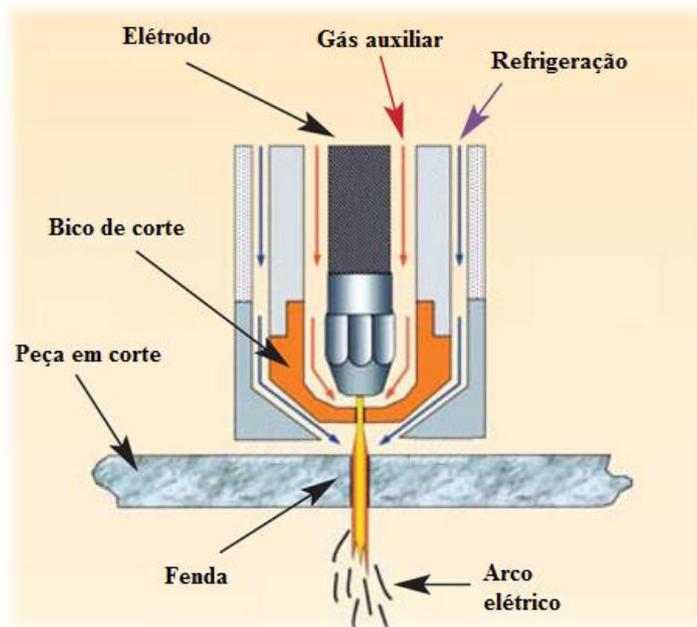


Figura 3 - Esquema de funcionamento do corte por plasma (Adaptado de farmweld.co.uk)

O processo de corte por plasma pode ser usado para cortar qualquer material condutor como o aço carbono, o aço inoxidável, o alumínio, o cobre e outras ligas (Hackett, 2001).

O plasma que se forma encontra-se suficientemente quente para fundir o metal. Para auxiliar a remoção do material usam-se gases pressurizados. Os gases auxiliares mais utilizados são o ar, o argônio, o nitrogênio e o hidrogênio. (Grote & Antonsson, 2009).

Em relação ao corte laser, tem a clara vantagem de ser uma tecnologia com menores custos associados principalmente ao nível do investimento inicial no equipamento (Hussary & Renault, 2007).

2.3 Laser

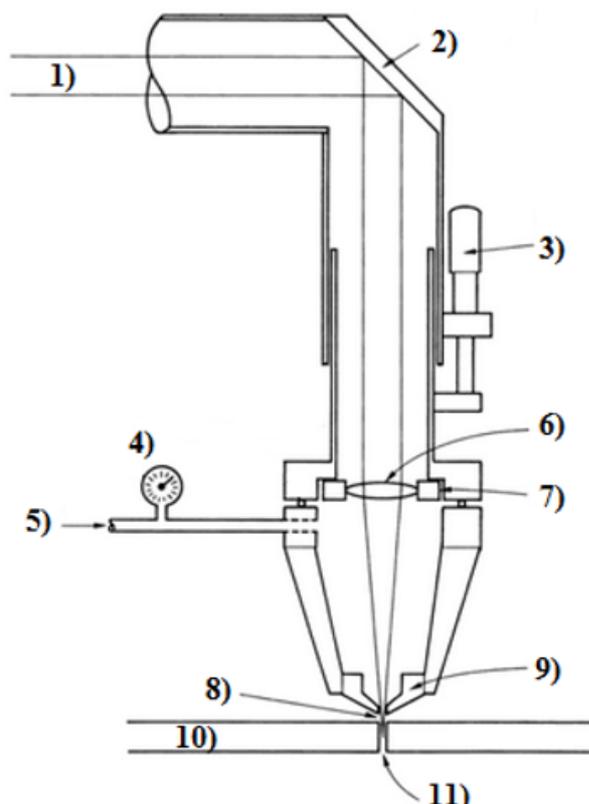
O laser, como forma de corte, surgiu na década de 60. Este baseia-se na geração de um raio laser através de descargas elétricas num recipiente fechado. Depois desta fase o raio é refletido internamente através de um circuito de espelhos até ter energia suficiente para cortar o metal. Após a passagem no circuito de espelhos o feixe laser passa por uma lente convergente e aí é focado na superfície do material (Powell, 2012).

Os fótons do raio laser são absorvidos pela peça e a sua energia é convertida em calor com uma frequência que depende do tipo de metal, comprimento de onda do raio laser, polarização deste e temperatura do metal.

O movimento pode ser controlado através da manipulação dos espelhos ou mecanicamente através da movimentação da própria mesa (X-Y) onde se encontra a peça a ser cortada ou movimentação da cabeça do bico de corte (método mais usual atualmente) (Powell, 2012).

Este raio laser permite criar cortes extremamente finos (na ordem dos décimos de milímetros), dependendo da espessura da chapa e do tipo de material e por isso gerar geometrias complexas nos produtos. Em relação às outras formas de corte térmico, os equipamentos laser são tipicamente mais rápidos e mais precisos tendo porém a desvantagem de não cortar com qualidade chapas de grande espessura (mais de 25 mm para o aço carbono) (Trumpf, 2015).

Os elementos básicos de um equipamento laser são a fonte de geração do raio, a movimentação do feixe, o sistema de focagem e a fixação e controlo da movimentação da peça (Grote & Antonsson, 2009). Na Figura 4 estão representados alguns dos elementos que compõem um sistema de corte laser.



1)	Raio Laser
2)	Espelho
3)	Regulador de altura
4)	Regulador de pressão
5)	Acesso do gás auxiliar
6)	Lente
7)	Encaixe da lente
8)	Feixe de laser e jato de gás
9)	Bico de corte
10)	Peça a ser cortada
11)	Fenda

Figura 4 - Funcionamento de um sistema laser - adaptado de (Grote & Antonsson, 2009)

A tecnologia laser tem propriedades únicas. O raio de luz pode ser controlado com muita precisão e pode ser direcionado a uma pequena zona fornecendo uma intensa fonte de energia que é ideal para penetrar materiais através de processos térmicos entre os fótons do raio laser e dos átomos dos materiais (Ion, 2005).

Pela necessidade de adaptação aos mercados altamente flexíveis e pelas crescentes preocupações com as responsabilidades ecológicas, o corte laser foi ganhando uma maior preponderância. A introdução das tecnologias de controlo computadorizado decorreu de forma natural e permitiu que estas tecnologias fossem introduzidas de forma ainda mais rápida pelas vantagens que ofereciam relativamente a outras.

Esta flexibilidade é reforçada pelo facto de esta tecnologia ser capaz de cortar aços carbono, aço inoxidável, outras ligas ferrosas e não ferrosas, ligas de alumínio, de titânio, magnésio, cobre, metais resistentes à corrosão e até metais preciosos (Caristan, 2004).

2.4 Características do corte térmico

O corte de chapa pode ser feito de forma mecânica com o recurso a uma serra, apesar de este ser um corte grosseiro. Com o auxílio de uma fresadora pode cortar-se metal mantendo grande qualidade na aresta porém a velocidade de corte é muito reduzida e por isso os custos são elevados.

O corte por puncionamento tem uma grande utilização, tal como o corte por guilhotina, porém o corte térmico apresenta diversas vantagens em relação a estes como a flexibilidade, a qualidade e a velocidade.

Também o corte com recurso a abrasivos é comum, porém é menos prático e envolve maiores custos de produção.

O laser tornou-se palavra-chave para precisão, qualidade e velocidade (Ion, 2005).

Na Figura 5 demonstram-se algumas tecnologias de maquinagem que podem ser utilizadas para o corte de peças. Os processos de corte térmico como o corte por laser (*Laser Beam Machining*) enquadram-se nos processos de remoção de material não tradicionais por erosão. Outros processos de maquinagem não tradicionais são o AJM (jato abrasivo), o WJM (jato de água), o USM (ultrassons), o AFM (fluidos abrasivos), o MAF (abrasivos magnéticos), o CHM (química), o ECM (eletroquímica) e o PBM (feixe plasma).

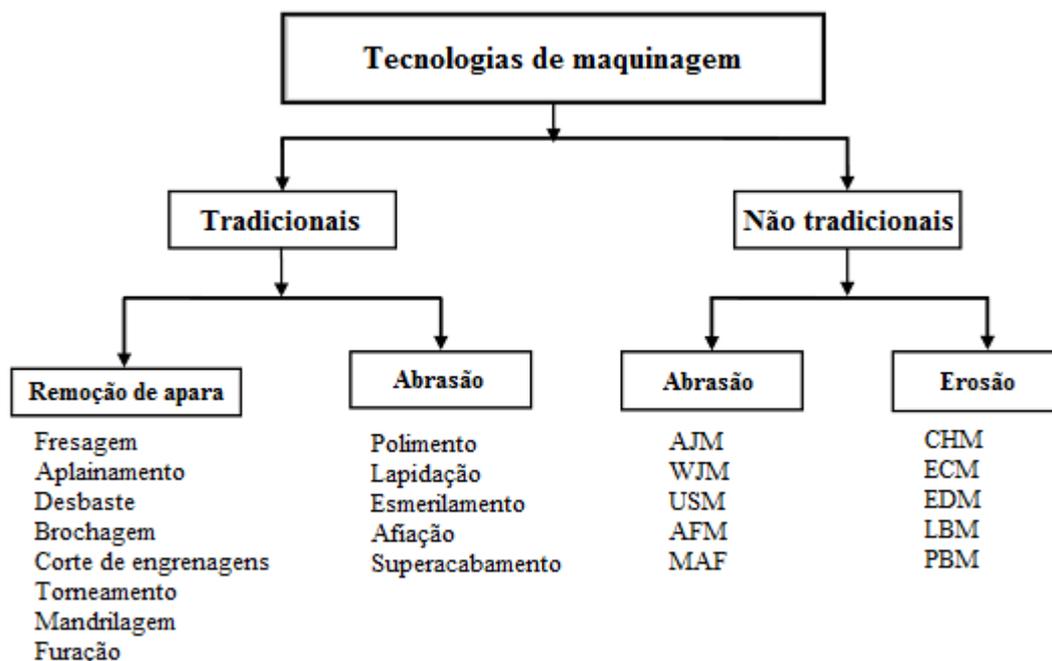


Figura 5 - Diversidade de processos de remoção de material (Youssef & El-Hofy, 2008)

Para além das tecnologias referidas na Figura 5, existem ainda outros processos, nomeadamente de estampagem, que permitem o corte de peças.

2.4.1 Flexibilidade

O aparecimento dos equipamentos de CNC (Comando Numérico Computarizado) revelou-se fundamental para que os processos de corte térmico se assumissem como mais flexíveis que qualquer outros. Os equipamentos atuais permitem que se produza qualquer geometria desejada. Para além disso este processo pode ser utilizado para séries reduzidas sem necessidade de aumentar os custos produtivos porque não são precisas matrizes ou qualquer outra ferramenta específica para determinados produtos.

Outra importante vantagem é que o tempo de preparação da máquina é relativamente curto já que não há necessidade de preparação de ferramentas (Ion, 2005).

A flexibilidade também abrange a gama de materiais que pode ser cortada com recurso a estas tecnologias, uma vez que qualquer liga ferrosa ou alumínio pode ser cortado nestes equipamentos.

Outra grande vantagem destes equipamentos aliados ao recursos de ferramentas informáticas e equipamentos CNC é que a geometria de uma peça pode ser facilmente guardada e reproduzida mais tarde.

2.4.2 Qualidade

O conceito de qualidade está associado ao cumprimento das especificações desejadas em cada produto (Crosby, 1979). No tipo de produtos fabricados por corte laser estas especificações podem incluir:

- Matéria-prima utilizada e o seu comportamento físico e químico;
- Estado de acabamento da superfície e revestimentos;
- Concordância com as dimensões nominais e tolerâncias geométricas;
- Ausência de defeitos: Arestas limpas e sem rebarba.

A qualidade dos produtos produzidos pelos processos de corte térmico, especialmente por corte laser é considerada superior à de outros processos com um custo unitário semelhante. Esta qualidade reflete-se: na precisão e exatidão das cotas dimensionais pretendidas, na limpeza da aresta de corte e na repetibilidade e reprodutibilidade atingidas.

De facto, no capítulo da qualidade, o corte por arrombamento também é uma boa alternativa. Ainda assim, este só é viável em grandes séries porque cada geometria diferente exige uma ferramenta própria. Por outro lado, o corte com recurso à fresadora pode garantir melhor qualidade mas é muito mais demorado que o corte por laser.

2.4.3 Velocidade

Ao contrário de outras tecnologias, as máquinas CNC laser são capazes de cortar metal a uma velocidade até 300 m/min o que as torna extremamente eficientes no corte em série. Comparado com o laser, o plasma é tipicamente mais lento e no oxicorte a diferença é ainda maior, graças ao tempo de pré-aquecimento aquando da perfuração. Ainda assim, é importante perceber que em grandes espessuras, o tempo da penetração do feixe laser pode ser significativo e por isso quando existem muitos furos ou o desenho é complexo o tempo de corte aumenta.

Tirando partido da grande velocidade a que ocorre o corte laser, conjugado com a sua flexibilidade, permite juntar diversas peças com geometrias distintas e o corte será realizado em relativamente pouco tempo.

A velocidade do corte reduz drasticamente com o aumento da espessura, especialmente nas chapas que são cortadas pelo processo de oxicorte.

2.4.4 Comparação das tecnologias de corte térmico

Dois parâmetros quantitativos que permitem comparar a qualidade do corte térmico são a *kerf* (fenda) e a *HAZ – Heat-affected zone* (zona afetada pela temperatura). O tamanho da fenda é importante porque muitas vezes o desenho é complexo e implica rasgos que se pretendem que sejam muito estreitos. Por outro lado, a área afetada pela temperatura é importante quando se pretende que o material mantenha as mesmas propriedades mecânicas em toda a sua extensão. Muitas vezes os furos não podem ser feitos com recurso às tecnologias de corte térmico porque o aquecimento dessa zona provoca a têmpera do material tornando a superfície mais frágil impedindo operações como a roscagem.

Na Figura 6 ilustram-se estes dois parâmetros e a como pode ser feita a sua quantificação.

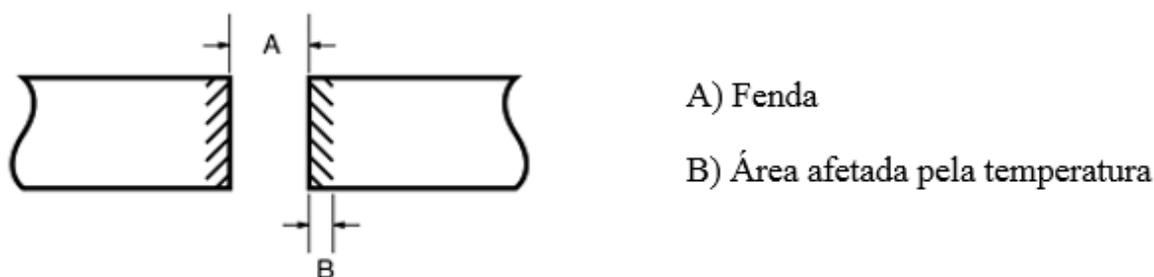


Figura 6 - Representação do *kerf* e HAZ - adaptado de (Kannatey-Asibu, 2009)

Uma simples comparação das características das diferentes tecnologias de corte térmico existentes na empresa “O Feliz Metalomecânica” é apresentada na Tabela 1. Como pode ser facilmente notado, o laser garante uma melhor qualidade no corte do que as outras tecnologias porém é globalmente mais caro devido aos custos de aquisição do equipamento e aos custos associados ao consumo de gás.

Tabela 1 - Comparação entre tecnologias de corte térmico - adaptado de (Ion, 2005)

	Laser	Plasma	Oxicorte
Materiais	Todos	Metálicos	Metálicos
Espessura máxima	30	50	300
Largura da fenda (mm)	0.1 - 10	> 1	> 2
Área afetada pela temperatura (mm)	0.05	> 0.4	> 0.6
Qualidade da aresta (relativa)	Reta, suave	Chanfrada (17°)	Reta, rugosa
Rugosidade da aresta (R_a, μm)	1-10	-	-
Diâmetro do furo mais pequeno	0.5	> 1.5	20
Energia consumida (relativa)	Baixa	Alta	Média
Custo (relativo)	1	0.1	0.01
Produtividade (relativa)	Alta	Média	Baixa

As três tecnologias de corte térmico têm características diferentes, como pode ser verificado na Tabela 1, porém pode afirmar-se que aquele que garante melhor qualidade é o corte por laser. Esta afirmação é justificada pela qualidade da aresta, a largura da fenda e a área afetada pela temperatura. Por outro lado, esta tecnologia envolve, comparativamente ao oxicorte e plasma, custos mais elevados.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentam-se alguns conceitos que são importantes para a compreensão do trabalho realizado na empresa. Para a realização deste trabalho que culmina na sugestão de melhorias a impor no processo de orçamentação, é importante que se esclareçam conceitos e possíveis filosofias a adotar.

Este capítulo foi escrito com recurso a bibliografia e pode ser subdividido em duas partes que são fundamentais para a realização deste trabalho: custos e engenharia industrial.

3.1 Custos

Em contexto industrial, um orçamento é a estimativa do custo que determinada obra terá para o cliente que a requer. Desse modo, para um trabalho sobre orçamentação é necessário perceber bem o que são os custos e de que forma pode ser feito o seu apuramento e distribuição pelos diferentes produtos a que se dedica determinada empresa.

3.1.1 Definições

Custo pode ser definido como o sacrifício necessário para a obtenção de determinado fim (Alnoor, Horngren, & Datar, 2008). Em contexto industrial o custo reflete-se segundo uma quantia monetária equivalente ao somatório de todas as despesas necessárias à obtenção de um produto. A nível industrial, os custos podem ser agrupados segundo três elementos gerais: mão-de-obra direta, matérias-primas e gastos gerais de fabrico.

O custo indica os gastos atribuíveis a um produto ou atividade específica. Do ponto de vista técnico pode referir-se apenas os custos da manufatura, o custo de venda e distribuição dos produtos ou indicar o custo total de manufatura, custos administrativos, venda e distribuição (Ryall, 1926).

A contabilidade de custos envolve a aplicação de princípios e técnicas de custeio e métodos de acerto e controlo de custos pela comparação com os orçamentos ou custos usuais (Dutta, 2003).

3.1.2 Importância do apuramento de custos

A importância do apuramento de custos aumentou com o crescimento da indústria. A competitividade entre empresas também evidencia a necessidade de um controlo global das

atividades internas de cada empresa. Por outro lado, a certificação de qualquer empresa implica que existam mecanismos de gestão que garantam que não ocorram falhas no processo de contabilidade.

Existem três razões principais que justificam o apuramento de custos dentro de uma empresa (Kaplan & Cooper, 1998):

- Avaliação do inventário

Através do apuramento de custos pode conhecer-se a quantidade de matérias-primas disponíveis, o preço da sua restituição e o nível de utilização dos diferentes equipamentos e recursos humanos disponíveis. Estas informações permitem à gestão da empresa decidir sobre a aquisição de novos equipamentos, certas matérias-primas em vez de outras (que não sejam tão frequentemente utilizadas) e facilita a decisão sobre os futuros investimentos.

- Controlo de custos

Outro aspeto positivo passa pela identificação dos pontos de elevados custos para que estes focos possam ser neutralizados. Estes focos de elevados custos podem indicar um equipamento, um colaborador ou mesmo uma operação intrínseca ao processo onde não existe uma eficiência satisfatória e por isso é necessário desenvolver soluções. Por exemplo, no caso de um equipamento que cause muitos defeitos nos produtos finais e conseqüentemente muitos custos normalmente será vantajosa a compra de um novo equipamento que garanta uma melhor qualidade aos artigos produzidos.

- Diagnósticos

A última grande função relaciona-se com o diagnóstico de possíveis condições insatisfatórias. Estas condições refletem-se através de desvios na margem de lucro e indicam ineficiência, preço subvalorizado, ou custos elevados (Hansen, Mowen, & Guan, 2007).

Muitas vezes, apesar do problema existir e ser facilmente identificável, a gestão financeira não o nota até que esse problema cause implicações financeiras consideráveis. A partir do controlo de custos a gestão pode perceber as diferenças entre os valores reais e os esperados e atuar em conformidade.

Pode ainda acrescentar-se uma referência à proveniência das receitas que são incorporadas no plano de negócios que os administradores definem depois de conhecerem convenientemente os custos associados à produção de cada um dos produtos.

A estimativa pode ajudar a decidir quais são os produtos que devem ser colocados no mercado, definir margens de lucro, volumes de produção e preços de venda a ser praticados. De facto, os

preços nunca poderão ser tão baixos que não cubram todos os custos de produção porque essa prática conduziria a prejuízos na empresa. Por outro lado, a prática de preços exageradamente altos pode levar à constituição e crescimento de outras empresas competidoras que preencham as necessidades do mercado. A melhor forma de atuar implica fazer um apuramento de custos fidedigno que permita à gestão decidir as suas margens de lucro sem riscos.

3.1.3 Classificação dos custos

A classificação de todos os custos necessários ao funcionamento da empresa é importante para que se possa perceber qual a forma mais lógica de estes serem imputados a cada um dos produtos e a partir daí definirem-se os preços dos mesmos. Existem diversos critérios de classificação dos custos.

- Grau de variabilidade: despesas fixas ou variáveis;

Uma despesa fixa não se relaciona diretamente com os níveis de produção que a empresa regista em cada momento. Exemplos de despesas deste género são os custos do espaço (aluguer) e os salários ainda que estes possam variar ligeiramente ao longo do tempo (Nigam & Jain, 2001). Ainda assim, a capacidade proporcionada pelos objetos de custo fixos não é ilimitada porque pode ser necessário aumentar/diminuir os custos fixos como parte do desenvolvimento da empresa. Um exemplo deste caso é o de uma empresa onde não haja espaço suficiente para agregar toda a produção desejada: nesse caso uma expansão pode levar ao aumento dos custos unitários dos produtos fabricados. Estes custos podem denominar-se de custos semifixos. Na Figura 7 demonstram-se a relação de custos fixos e semifixos com a quantidade de produtos.

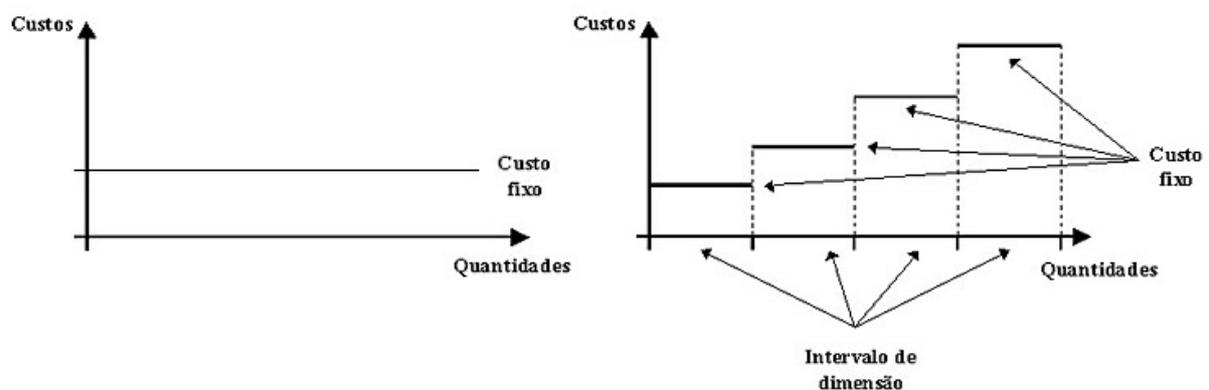


Figura 7 - Representação teórica dos custos fixos (à esquerda) e semifixos (à direita)

Por outro lado, as despesas variáveis são puramente proporcionais aos níveis de produção. As despesas variáveis só existem quando há produção e são proporcionais à quantidade de produtos produzidos.

Numa empresa com um valor para as despesas fixas muito significativo não podem ocorrer grandes flutuações no nível produtivo porque o decréscimo nas receitas pode levar à perda de capacidade para fazer face às despesas correntes.

A relação entre os custos fixos e os custos variáveis permite à gestão perceber qual o ponto ótimo de produção, onde os custos unitários de cada produto são mínimos e por isso o negócio é mais favorável.

- Forma de imputação: objetos de custo direto ou indireto

Os objetos de custo direto são aqueles que são facilmente associados a um produto (Lal, 2009). Estes custos incluem normalmente a mão-de-obra direta e as matérias-primas. Mesmo estes custos, em situações muito específicas, podem ser difíceis de alocar para cada um dos produtos. Os objetos de custo indireto são aqueles em que o custo não pode ser atribuído a apenas um dos produtos e por isso é difícil alocá-los na estimativa de custos. Exemplos destes produtos são os custos de manutenção de equipamentos e os energéticos. Não existe uma forma única de aplicar este tipo de custos aos diferentes produtos e cabe a cada empresa fazer essa repartição de forma estratégica.

Na Tabela 2 podem ver-se alguns exemplos de custos organizados segundo o grau de variabilidade e a forma de imputação.

Tabela 2 - Exemplos de custos segundo os critérios de classificação

	Diretos (associados a um produto)	Indiretos (não associados a um produto)
Variáveis (resultam da existência de atividade)	- Matérias-primas - Mão-de-obra direta - Energia (contador próprio)	- Manutenção - Energia (contador geral)
Fixos (não resultam da existência de atividade)	- Amortizações de um equipamento dedicado - Salários dos operários	- Renda das Instalações - Salário de diretores

3.1.4 Sistemas de custeio

Os sistemas de custeio são os modelos que permitem, de uma forma lógica e racional, que se possa atribuir um custo aos diferentes produtos que podem ser produzidos na mesma empresa e no mesmo espaço temporal. Estes sistemas podem distinguir-se a partir de dois critérios: o processo de obtenção de custos e a natureza dos custos.

O processo de obtenção de custos pode ser feito de duas formas distintas:

- custeio por encomenda
- custeio por processo.

No custeio por encomenda os trabalhos são executados através de ordens de produção e por isso os custos de cada produto vão sendo contabilizados enquanto este é produzido nos diferentes postos de trabalho ou etapas de transformação a que está sujeito (Hansen, Mowen, & Liming, 2007).

Com este método, é possível conhecer o custo que é acrescentado ao produto em cada fase do trabalho por isso este sistema de custeio pode ser uma importante ferramenta de apoio à gestão. A partir dos dados recolhidos na produção, a gestão da empresa pode optar por fazer alterações na sua linha de produção, fazer alterações nas considerações que usa para a orçamentação de produtos futuros e no limite excluir determinados serviços da sua linha de produção por entender que estes não são lucrativos.

Do ponto de vista contabilístico é possível perceber qual o valor dos artigos em *stock* e semiacabados porque existe uma noção em tempo real do valor dos diferentes produtos.

No custeio por processo os custos totais são acumulados e depois divididos pelo total de unidades produzidas. Este método é, por princípio, mais simples que o custeio por encomenda porque não exige uma contabilização contínua dos custos. Neste tipo de contabilização o preço dos artigos está menos exposto a imprevistos e por essa razão este método é mais adequado a linhas de produção contínua de produtos em série (Hansen, Mowen, & Liming, 2007).

Neste tipo de produção é usual haver *stock* de produtos acabados porque se tratam de artigos de série e por isso pode assumir-se que existirão pedidos num futuro próximo.

Na Tabela 3 distingue-se o custeio por encomenda e o custeio por processo segundo algumas características.

Tabela 3 - Distinção entre custeio por encomenda/ processo – adaptado de (Fonseca, 1992)

Característica	Custeio por encomenda	Custeio por processo
Desenvolvimento do produto	Especificações do cliente	Especificações do fabricante
Produção	Limitada pelo cliente	Limitada pelo fabricante
Dimensão de produção	Número de peças contratadas	Número de peças do período
Mercado	Poucos compradores	Muitos compradores
Vendas	Procura do cliente	Procura do cliente e oferta do fabricante
Necessidade do Produto	Específica (do cliente)	Global (do mercado)
<i>Stock</i> de matéria-prima	Temporário e específico	Permanente, geral para vários produtos
<i>Stock</i> de produtos	Indesejável	Necessário
Prazos de produção	Médios e longos	Curtos
Acumulação dos custos	Por ordem de produção	Por departamento ou secção

Quanto à natureza dos custos, pode utilizar-se o custeio por absorção ou o custeio variável. O custeio por absorção considera uma aplicação dos custos variáveis e fixos em cada fase de produção aos diferentes produtos. Desta forma, em cada fase da produção são imputados ao produto custos para além dos variáveis e por isso no preço final de cada produto estão sempre considerados os custos totais da estrutura que lhe diriam respeito.

Neste modelo é complicado imputar os custos porque nenhum critério pode demonstrar racionalmente a melhor divisão dos custos pelos diferentes produtos fabricados numa unidade. O outro problema é que neste modelo o custo de cada produto está muito dependente do número de unidades produzidas. Este problema é causado porque o somatório dos custos fixos é repartido pelo total de unidades produzidas e o número de unidades produzidas é independente dos custos fixos considerados.

Como alternativa ao custeio por absorção existe o custeio variável. Este modelo considera apenas os custos industriais variáveis que podem de facto ser atribuídos a cada um dos produtos em questão. Neste caso os custos fixos são considerados como custo do período, e a empresa,

conhecendo-os com precisão, pode envolvê-los nas margens de lucro e previsões de quantidades a serem produzidas.

Esta técnica torna mais fácil a gestão da empresa porque os gestores podem identificar quais são os produtos mais vantajosos para a empresa (em termos de lucro) e ao mesmo tempo podem traçar objetivos de produtividade para que as margens de lucro possam colmatar os custos fixos.

3.2 Engenharia industrial

Susan Blake, uma engenheira industrial, afirma que a engenharia industrial faz com que os sistemas funcionem melhor em conjunto com menos desperdício, melhor qualidade e menos recursos. A engenharia industrial é a aplicação prática da combinação das diferentes áreas da engenharia com os princípios de gestão para aumentar e melhorar as atividades de produção ou prestação de serviços (Badiru, 2013).

Segundo (Black, 2008) “as empresas podem trabalhar muito em pesquisa e desenvolvimento ou em ferramentas topo de gama para se relacionarem com os seus clientes, mas os seus competidores fazem o mesmo. Ninguém pode reivindicar o monopólio ou uma grande vantagem em tecnologia. As patentes expiram. As inovações podem sofrer de engenharia inversa. Particularmente quando sobre uma perspectiva de longo prazo, a tecnologia raramente é mais do que uma curta vantagem que rapidamente se esfuma. Onde uma empresa pode ganhar uma vantagem substancial é nos processos, que são criados e refinados por pessoas”.

3.2.1 Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* pode ser aplicada a qualquer tipo de trabalho. O *Lean Manufacturing* refere-se mais concretamente a sistemas de produção. As origens deste sistema remontam à década de 1950 quando a Toyota criou o “Sistema Toyota da Produção”, também conhecido como Just-in-Time (Shingo, A Revolution in Manufacturing: The SMED System, 1985). Neste sistema de produção o principal objetivo passava pela identificação e eliminação dos diferentes desperdícios com o objetivo de reduzir custos e aumentar a qualidade e velocidade de entrega dos produtos aos clientes. (Werkema, 2012)

A produção pode ser vista como uma rede funcional de processos e operações. Os processos transformam materiais em produtos. As operações são ações para alcançar as transformações. O melhoramento de processos pode ser feito através da engenharia de valor ou da tecnologia industrial (manufatura). A engenharia de valor questiona as formas para o produto ser

redesenhado e manter a sua qualidade com menores custos de produção. Por outro lado, as tecnologias industriais dão respostas quanto ao tipo de desenvolvimentos que podem ser feitos para melhorar a forma como certo produto é fabricado. Estas tecnologias envolvem mudanças nos processos de manufatura utilizados, nas ferramentas, nos critérios de fabrico e nos equipamentos. (Shingo & Dillon, 1981).

3.2.2 Tipos de desperdício

O pensamento *Lean* oferece à organização a oportunidade de melhorar a cadeia de valor do produto removendo todos os tipos de desperdício do sistema. Podem considerar-se sete tipos de desperdício: defeitos, deslocações, sobreprodução, transporte, inventário, sobre processamento e espera. (Meisel, Babb, & Marsh, 2007)

Os defeitos são um desperdício que causa imensos custos para a empresa. Estes custos incluem matérias-primas e operações de processamento que não são utilizadas para criar valor para o cliente. Uma das ferramentas *Lean* para alcançar o objetivo teórico dos “Zero Defeitos” é o sistema *Poka-Yoke*, também denominado de “À Prova de Erro”. Esta teoria diz que o sistema deve ser projetado de forma a detetar e prevenir possíveis erros que possam surgir nas fases precedentes da produção (Shimbum, 1988).

Segundo Shigeo Shingo: “A inspeção sucessiva, autoinspeção e inspeção na fonte podem ser todas alcançadas através do uso de métodos *Poka-Yoke*. O *Poka-Yoke* possibilita o controlo a 100% através de controlo físico ou mecânico. “Utilizando um sistema *Poka-Yoke* o erro, mesmo que aconteça, é identificado numa fase prematura e por isso evita-se o processamento desnecessário na peça. Na Figura 8 demonstra-se um sistema simples de *Poka-Yoke*.”

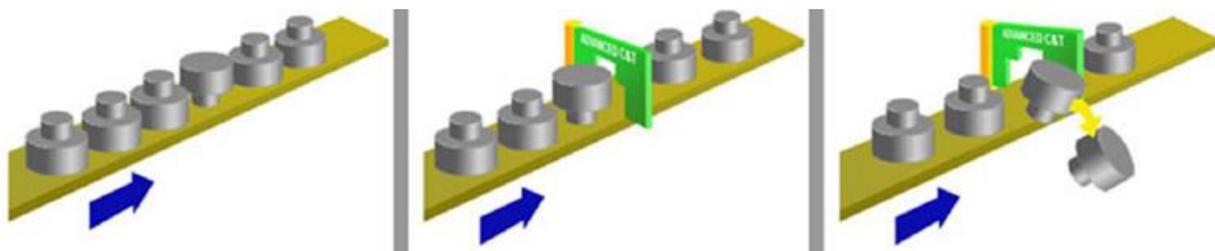


Figura 8 - Ilustração de um sistema simples de *Poka-Yoke*

A sobreprodução é outros dos desperdícios frequentes. Por receio de que possam sair peças com defeito no final da produção ou por convicção de que existirão no futuro pedidos de

produtos semelhantes, os gestores de produção tendem a definir quantidades superiores àquelas que são efetivamente necessárias.

Um dos problemas que surge na sobreprodução é que existe um dispêndio de matérias-primas, consumíveis e tempo (de máquina e/ou mão-de-obra) para a produção de produtos que não serão vendidos. Outro problema é que o excesso de produtos (e a convicção de que existirá procura no futuro) leva a custos de inventário (Mcintyre, 2009).

O inventário é outro dos desperdícios que afeta as empresas. Manter matérias-primas, semi-acabados e produtos finais em armazém, por um lado implica custos de espaço e de gestão. Com o tempo, mesmo os produtos não perecíveis tendem a perder valor devido à inflação e os investimentos da empresa ficam parados sem uma data prevista para o retorno.

Para resolver os problemas da sobreprodução e do inventário existem as ferramentas *Lean: Just-in-Time* e o sistema *Kanban*.

O *Just-In-Time* distingue-se dos modelos mais tradicionais em que a indústria produzia com base em previsões de vendas. Este modelo caracteriza-se por ser um sistema de produção onde o cliente é o promotor da produção, isto é, só se produz aquilo que é pedido.

Os desperdícios causados pela espera em alguns postos de trabalho podem ser reduzidos através da análise de *Bottlenecks* e da aplicação de um fluxo contínuo de produção. A análise de *Bottlenecks* consiste em identificar quais as partes do processo global de fabrico que limitam a velocidade da linha de produção. No fluxo contínuo de produção existe o objetivo de manter o trabalho em processamento fluído ou seja, que não existam *buffers* no processo de produção. Desta forma diminuem-se os desperdícios com inventário, tempo de espera e transportes de semiacabados.

3.2.3 SMED- *Single Minute Exchange of Die*

Como referido anteriormente, grande parte dos desperdícios que ocorrem nas empresas devem-se a esperas. Este desperdício reflete-se em tempo que não é despendido a produzir valor agregado para o utilizador final dos produtos.

Grande parte do tempo que não agrega valor ao produto é gasto na preparação dos equipamentos e ferramentas necessárias para a produção de cada lote ou produto único. Este tempo de preparação pode levar a paragens de linhas de produção completas ou de máquinas de grande valor, onde é necessário maximizar o trabalho para rentabilizar os investimentos iniciais e os custos fixos (Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, 1985).

Como resposta para este problema que é transversal às diversas áreas da indústria, surgiu o sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die*), também conhecido pelo sistema de “troca rápida de ferramenta”.

Na teoria considera-se que cada equipamento industrial se caracteriza por uma série de operações necessárias para a preparação da máquina. Estas operações podem definir-se como internas, se a máquina precisa de suspender a produção para que estas sejam realizadas ou por outro lado, como externas, se não existe a necessidade de suspender a produção para que se possam realizar (Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, 1985).

As diversas fases de pensamento e aplicação do sistema SMED reduzem o tempo de operações internas tal como representado na Tabela 4.

A primeira fase de implementação do *SMED* passa pela distinção entre operações internas e externas. Com esta distinção, as operações externas podem ser realizadas com o equipamento em processamento de maneira a que, entre mudança de lote ou trabalho, o tempo de paragem seja reduzido.

Tabela 4 - Classificação das operações nas diversas fases de aplicação do sistema SMED

Classificação	Fase 0	Classificação	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Operações praticadas como internas	Red	Operações internas	Red	Red	Red
		Operações externas	Green	Green	Green
Operações praticadas como externas	Green	Operações externas	Green	Green	Green

Numa segunda fase, se os tempos de troca continuarem muito significativos pode ser necessário transformar operações internas em operações externas. Existe muitas vezes a ideia de que certas operações são internas mas quase sempre existe forma de as converter em operações externas. Para implementar estas mudanças deve ser feita uma uniformização das ferramentas, encaixes, etc..

Um terceiro passo exige mais complexidade já que envolve alterações profundas na sequência de operações. Esta etapa envolve a análise detalhada de cada uma das operações para criar melhorias.

3.2.4 OEE- Overall Equipment Effectiveness

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um indicador da eficiência com que se usam os equipamentos industriais. Por princípio pode calcular-se através da Equação 2.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Velocidade} \times \text{Qualidade} \quad (2)$$

Este indicador permite ao gestor de planeamento da produção perceber quando e onde ocorrem os desvios ao valor teórico de produção para cada equipamento e com isso proceder a possíveis alterações para maximizar a eficiência do mesmo (Stamatis, 2010).

Na indústria tecnologicamente avançada, o custo dos equipamentos representa uma grande parte das despesas da empresa por isso os principais equipamentos (mais custosos) devem ser controlados continuamente para se conhecerem os problemas que impedem uma melhor utilização dos mesmos.

Existem diferentes razões para que a eficiência da máquina nunca alcance os valores teóricos de 100%. Para perceber as principais limitações à eficiência deve ser feita uma análise segundo os critérios demonstrados na Figura 9. Estas limitações estão relacionadas com as “seis grandes perdas”: rendimento reduzido, defeitos do processo, velocidade reduzida, marcha lenta e pequenas paragens, preparações e falhas do equipamento (Hutchins, 1999).

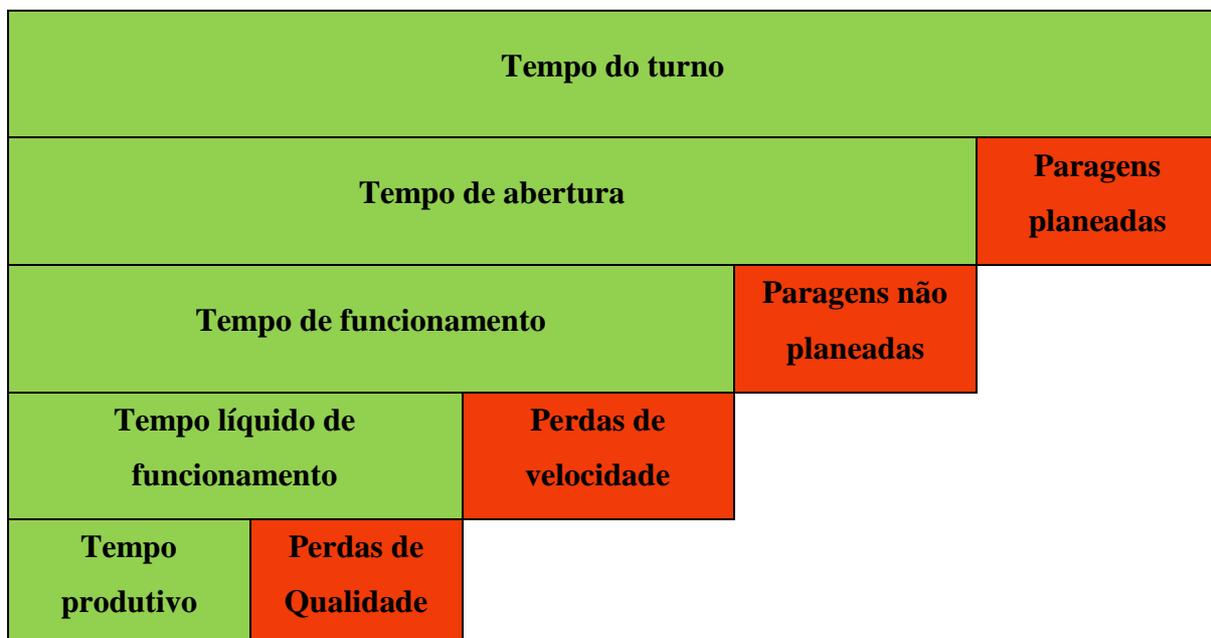


Figura 9 - Limitações à eficiência

O tempo de turno representa o tempo total líquido em que o equipamento está ao dispor da unidade produtiva e por isso esta é a referência temporal para a eficiência total.

As paragens planeadas podem ser facilmente consideradas porque o responsável pela produção sabe com maior ou menor antecedência que estas irão ocorrer. Exemplos de paragens planeadas são as manutenções preventivas, as pausas e os períodos sem trabalho.

Após desconsiderar o tempo para as paragens planeadas o tempo disponível passa a ser o tempo de abertura. No tempo de abertura ocorrem paragens não planeadas. Nestas paragens não se conhece o tempo de interrupção nem o momento em que irão ocorrer. Incluem-se neste segmento as paragens devido a avarias ou falta de materiais por erros logísticos ou falhas dos fornecedores.

Outro entrave à eficiência de um equipamento tem a ver com as perdas de velocidade em relação àquilo que seria o seu máximo. Estas perdas são causadas por desgaste dos equipamentos, matérias-primas ou ferramentas inapropriadas, falhas do operador e/ou ineficiência do operador.

Um grande problema para o aumento da eficiência de muitas unidades produtivas relaciona-se com as perdas de qualidade, isto é, o tempo que é utilizado a fazer ou corrigir peças produzidas com defeito em relação às especificações.

4. EMPRESA

A orçamentação de produtos depende não só do tipo de artigos fabricados mas também da estrutura da empresa e da forma como o negócio está estruturado. Para perceber o contexto em que se insere a área de negócio, neste capítulo sintetizam-se as características da empresa e do setor de atividade em análise neste trabalho.

4.1 Descrição da empresa

A empresa O FELIZ Metalomecânica (Figura 10) está organizada por áreas de negócio. As áreas de negócio que constituem atualmente a empresa são: construção metálica; aço inox; chapa e perfilados; colunas de iluminação; corte a laser; corte e quinagem.

Para além do “O FELIZ Metalomecânica” fazem parte do mesmo grupo empresarial: “O Feliz Angola” que opera em Angola, “O Feliz Precisão” que se dedica aos trabalhos de manufatura de precisão e a “Jamarfel” que é revendedora de materiais metálicos.

“O Feliz Metalomecânica” tem feito ao longo dos últimos anos uma entrada em mercados estrangeiros como o europeu, o angolano, o moçambicano e o magrebino. A empresa alcançou a distinção de PME Excelência referente ao ano de 2014.



Figura 10 - Logótipo do "O Feliz Metalomecânica" - retirado de www.ofeliz.com

4.2 Área de negócio Laser

A área Laser foi criada há cerca de cinco anos como resposta à crescente procura por peças produzidas com recurso a estas tecnologias. Numa primeira fase esta área de negócios dedicava-se essencialmente ao consumo interno à empresa, alimentando as necessidades de outras áreas de negócio (construção metálica, colunas de iluminação, etc.) porém com o passar dos anos os pedidos externos foram adquirindo progressivamente uma maior preponderância. Neste momento os pedidos externos representam cerca de 70% do volume de negócios superando o valor dos pedidos internos.

A área de negócio “Corte Laser” dedica-se fundamentalmente ao corte de peças em chapa metálica. O “Corte e Quinagem” é outra área de negócio que também se dedica ao corte de chapa metálica. Por uma questão de organização interna e de viabilidade financeira considera-se que a secção de Corte Laser é responsável pelo fabrico de todas as peças em chapa que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

- Conttenham contornos internos ou furos;
- Contornos externos não retangulares ou quadrangulares – geometrias mais complexas;
- Espessura superior a 12 mm

Um exemplo de peça fabricada por corte laser encontra-se na Figura 11.

Por outro lado, a secção de Corte e Quinagem dedica-se ao fabrico das peças retangulares e quadrangulares, que não tenham furos nem contornos internos e uma espessura que possa ser cortada na guilhotina (normalmente considera-se até 12 mm).

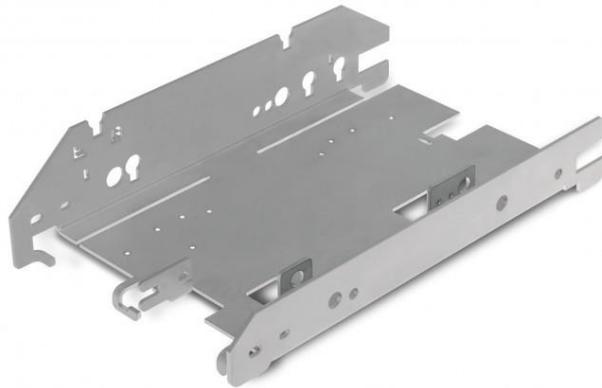


Figura 11 - Exemplo de peça - retirado de www.precisionlasercutting.co.nz

A área de negócios funciona num regime de quatro turnos semanais que garantem que produção só pare seis horas por semana. Dado que os custos de aquisição das máquinas são elevados, é necessário retirar grande rentabilidade dos mesmos, sendo por isso fundamental que se mantenha o funcionamento das máquinas o maior tempo possível.

4.3 Equipamentos da Área de Negócios

Esta área de negócios possui, neste momento, cinco equipamentos principais. Como referido anteriormente, todos estes equipamentos se caracterizam pelos seus elevados custos de aquisição e de manutenção por isso é conveniente que se tente retirar o maior rendimento possível.

Na Tabela 5 listam-se os principais equipamentos da área de negócios.

Tabela 5 - Principais equipamentos da área Laser – adaptado de www.ofeliz.com

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo
Laser	Trumpf	Trulaser 5040
Laser	Trumpf	Trulaser 5040
Oxicorte	Air Liquide	Oxytome 30
Plasma	Air Liquide	Nertajet HP125
Quinadora	Adira	PA16030

As duas máquinas *Trumpf* são equipamentos que funcionam com a tecnologia laser e apresentam vantagens em relação aos outros equipamentos de corte (mais rápidas e mais precisas) e são por isso as habitualmente mais utilizadas (em termos de tempo de corte).

Nas máquinas de corte laser a área da mesa de corte, e consequentemente a área máxima de corte é de 4000 x 2000 mm. Quanto a espessuras máximas considera-se normalmente:

- Aço carbono: 25 mm;
- Aço inox: 25 mm;
- Alumínio: 15 mm.

Espessuras superiores às indicadas impedem a realização de contornos mais elaborados ou furos com diâmetro mais reduzido.

Os equipamentos de Oxicorte e Plasma funcionam na mesma mesa e por isso só pode ser utilizado um de cada vez. Estas tecnologias são mais lentas e menos precisas que o laser e por isso só são utilizadas em situações onde não se possam utilizar os equipamentos laser ou por pedido explícito do cliente uma vez que normalmente, apesar da pior qualidade, no oxicorte os custos de produção são mais reduzidos.

O oxicorte funciona numa mesa com 12 metros de comprimento e, por isso, pode cortar peças mais longas relativamente às máquinas laser. Para além disso a própria tecnologia permite o corte de aço carbono em espessuras superiores (até 180mm) às possíveis no laser. O plasma garante melhores acabamentos de corte que o oxicorte (e piores que o laser) e por isso é utilizado quase sempre em peças longas demais para serem cortadas nas máquinas *Trumpf* (limitada aos 4000 x 2000 mm).

4.4 Organização dos recursos humanos

Na produção, os colaboradores estão organizados em quatro turnos. Um deles garante as manhãs semanais, outro garante as tardes semanais e os outros dois repartem as noites dos sete dias semanais e o fim de semana.

Durante a semana, num regime normal de oito horas diárias, trabalham duas administrativas, dois orçamentistas, dois preparadores, um responsável pela produção e um responsável pela área de negócios totalizando oito colaboradores.

4.5 Inquérito aos clientes

Durante a realização do estágio na empresa foi organizado um questionário aos clientes das diferentes secções da empresa. Este questionário serviu como base para identificar quais os principais problemas associados a cada área e como deduzir possíveis melhorias.

Infelizmente, o questionário foi organizado pela administração da empresa e as perguntas eram muito genéricas para se poderem adaptar a todas as áreas de negócio. Por este motivo as conclusões que podem ser retiradas são mais limitadas do que seriam num questionário personalizado que pretendesse perceber apenas os problemas associados à área de negócios “Corte Laser” do ponto de vista dos clientes.

O inquérito incluía diferentes perguntas organizadas por grupos de questões. Os grupos de questões utilizados eram:

- Atendimento e apoio ao cliente
- Processo produtivo
- Assistência técnica
- Qualidade, ambiente e segurança
- Comparação com a concorrência
- Inovação
- Avaliação geral

A área laser obteve a pior classificação global das diferentes áreas de negócio (84%). Ainda assim, este estudo pode ter sido condicionado pela pequena amostra disponível (12 inquéritos) e pelo facto de a área de negócios ser relativamente nova o que significa que ainda existem muitas melhorias a serem implementadas. Ainda assim, permitiu tirar algumas conclusões importantes para o seguimento do trabalho.

Os grupos de questões com a melhor classificação foram o “Atendimento e apoio ao cliente” e a “Qualidade, ambiente e segurança” e os que registaram a pior classificação foram a “Comparação com a concorrência” e “Inovação”.

Uma das perguntas do grupo “Comparação com a concorrência” referia a “Rapidez no envio da informação técnica e/ou orçamento”. Ao longo do estágio e no contacto diário com os clientes notou-se a necessidade dos clientes por uma orçamentação que gerasse respostas mais rápidas por isso sente-se a necessidade de criar um modelo de orçamentação capaz de gerar resultados de forma mais ágil.

Para um questionário mais adequado às necessidades do laser deveriam ser incluídas perguntas mais específicas sobre a orçamentação e sobre a qualidade dos produtos. Quanto à orçamentação poderiam ser incluídas como:

- Quanto ao tempo de resposta aos pedidos de orçamento, como classifica a empresa em relação à concorrência?
- Acha que os preços praticados são adequados ao tipo de produtos fabricados?
- Em que matérias-primas julga que O Feliz é mais competitivo que a concorrência?
- Quais são os fatores mais negativos na empresa O Feliz?

Perguntas semelhantes às mencionadas acima permitiriam perceber exatamente, do ponto de vista do cliente, quais são as principais limitações da área de negócios que impedem que sejam adjudicados mais trabalhos. No que diz respeito à orçamentação, este inquérito poderia despertar mudanças no processo ou levar à contratação de mais colaboradores.

5. MODELO ATUAL PARA A ORÇAMENTAÇÃO

Uma vez que este trabalho se baseou na intervenção numa unidade de fabrico em atividade, torna-se importante que se perceba a forma como a orçamentação é feita para que a partir daí se possam sugerir possíveis melhorias ou adaptações.

Neste capítulo descreve-se a sucessão de processos, desde que o contacto é feito pelo cliente até à receção do *e-mail* onde consta o orçamento.

5.1 Gestão dos processos

A maior parte dos potenciais clientes desta área de negócios laser tem o acompanhamento direto de um colaborador da área comercial que publicita os serviços numa primeira fase e faz, posteriormente o acompanhamento e ligação cliente-produção de cada processo.

O processo é desencadeado através do pedido do cliente que é feito por correio eletrónico. A partir desse momento, é atribuído um número de PCL (Pedido de Cliente) e o processo é transferido para os responsáveis pela orçamentação.

Na Figura 12 demonstram-se as diferentes etapas do processo de orçamentação na área de corte laser, desde o pedido de cliente até ao envio do orçamento.

Os orçamentistas analisam o processo e decidem se este pode ser assumido pela área de negócios Laser, se deve ser gerido por outra unidade de negócios da empresa (e nesse caso transfere o processo) ou se as peças desejadas não fazem parte da gama de produtos fabricados n'º Feliz Metalomecânica (e o cliente é notificado).

Sendo o tipo de produtos adequado ao trabalho realizado na área de negócios, procede-se a uma análise da informação disponível para conferir que os dados enviados são claros e suficientes.

Para cada peça tem de ser conhecido o que o cliente deseja através de:

- Desenho 2D num formato CAD;
- Espessuras;
- Matérias-primas;
- Quantidades;
- Se aplicável, posições e ângulos de quinagem.

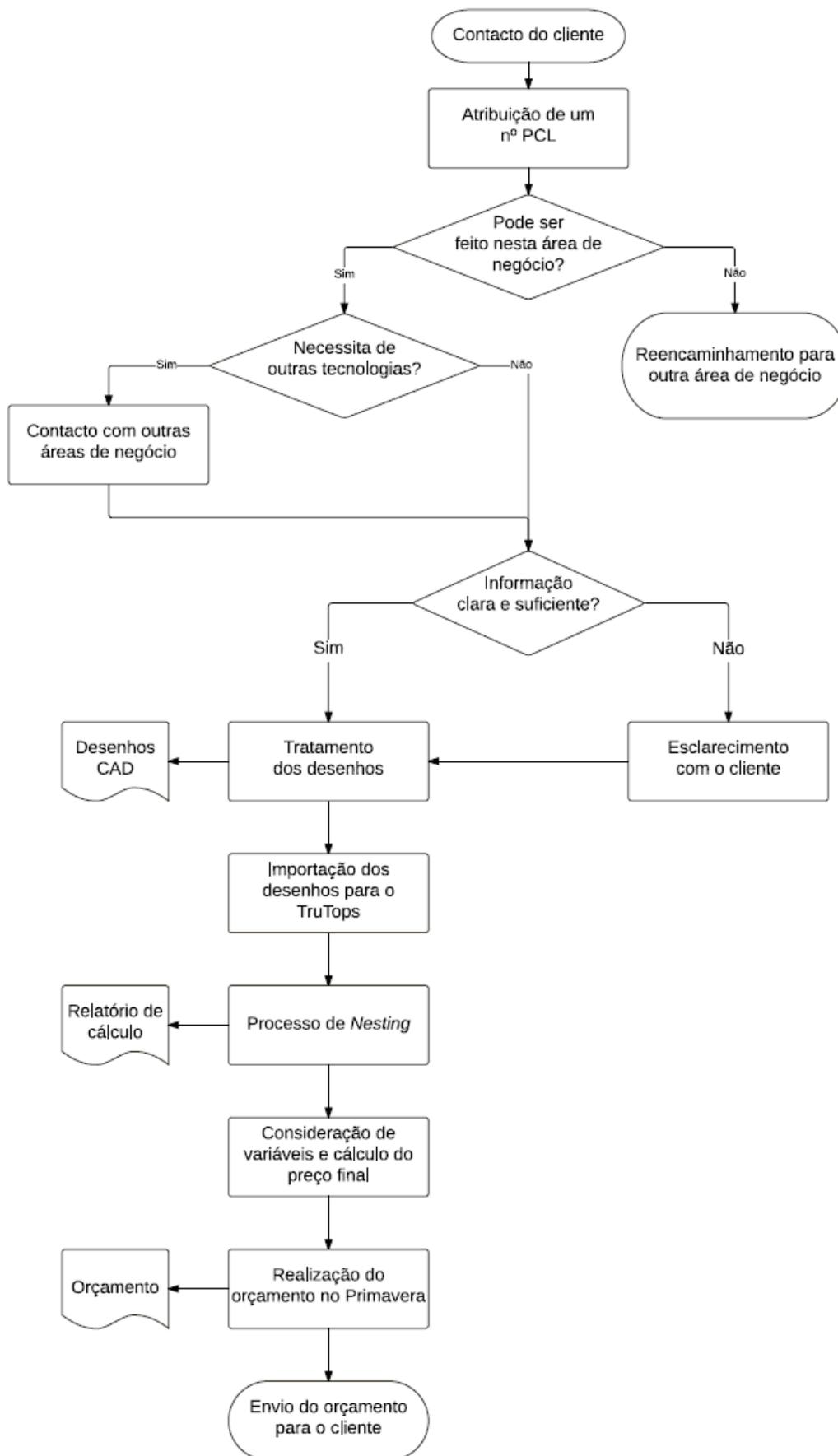


Figura 12 - Fluxograma da orçamentação laser

Muitas vezes surgem problemas porque as quinagens não são tecnicamente possíveis ou os punções necessários não estão disponíveis. Se for possível realizar as quinagens na área de “Corte e Quinagem” da empresa, o orçamentista estabelece o contacto para perceber o custo que deverá imputar às peças. Nas situações em que são necessárias operações de maquinagem ou outras que não são típicas da área de negócio, analisa-se a possibilidade de subcontratar outra empresa capaz de aplicar o processo de fabrico em falta. Noutros casos, pode acontecer o contacto com o cliente para obter soluções mais satisfatórias e por isso é feito o contacto com o cliente na procura das soluções mais vantajosas. A partir do momento em que estão claramente definidas as peças que o cliente pretende adquirir, o orçamentista escolhe qual o processo mais adequado (laser, oxicorte ou plasma). Como referido anteriormente, as peças em aço carbono com espessura superior a 20 mm têm de ser cortadas por oxicorte e as peças compridas (mais de 4000 mm) ou largas (mais de 2000 mm) têm de ser cortadas com recurso a plasma.

5.2 *Trutops Calculate*

O *Trutops Calculate* é um *software* fornecido pelo fabricante das máquinas de corte laser *Trumpf* que facilita a previsão de custos na fabricação de produtos. O arranjo espacial das peças na chapa (*nesting*) pode ser manipulado através deste programa de maneira a que o máximo aproveitamento de chapa (e conseqüente redução do resíduo) seja conseguido.

Por outro lado, este programa é desenvolvido pelo fabricante dos equipamentos e por isso considera as capacidades e características das máquinas. Dessa forma, através da quantidade e da geometria das peças é possível estimar o tempo necessário para que seja feito o corte.

O programa engloba ainda outras possibilidades como a de considerar os trabalhadores como afetos à encomenda para que os custos do trabalho sejam imputados aos produtos, alterar o gás e a velocidade de corte desejadas, valorizar o consumo de energia e de gás ou até desenhar figuras simples para um cálculo rápido.

Como variáveis de entrada, que tem de ser definidas, considera-se:

- Geometria das peças (normalmente através da importação do ficheiro dxf);
- Quantidade de peças (para cada geometria);
- Dimensões da chapa que será utilizada (comprimento, largura e espessura);
- Custo das matérias-primas;
- Ponderação da sucata.

Esta ponderação da sucata refere-se ao tipo de aproveitamento de sucata que será feito. O orçamentista terá de decidir entre uma de três opções: dois cortes comuns, um corte comum ou sem aproveitamento. Nesse momento o orçamentista idealiza que chapa será aproveitada futuramente e que chapa será enviada para a sucata. Na Figura 13 mostram-se as três opções citadas. Considerando que o cliente só desejava os triângulos verdes, o orçamentista podia considerar:

- 1) Apenas se gastaria o retângulo verde (dois cortes comuns);
- 2) Para além do retângulo verde também se gastaria o retângulo amarelo (1 corte comum, representado na vertical);
- 3) Para além dos anteriores, toda a chapa (vermelho) também seria gasta (sem aproveitamento);

Para o cálculo, no caso 1) o programa atribuiria ao custo de matéria-prima da peça o custo de compra do retângulo envolvente mais pequeno e descontaria, através da cotação da sucata, os espaços entre peças. No caso 2), para além dos custos anteriores também no retângulo amarelo seria aplicada a diferença entre o custo de compra e a valor de sucata. No caso 3) toda a chapa seria contabilizada como custo e, à exceção da própria peça, toda a chapa seria valorizada como sucata.

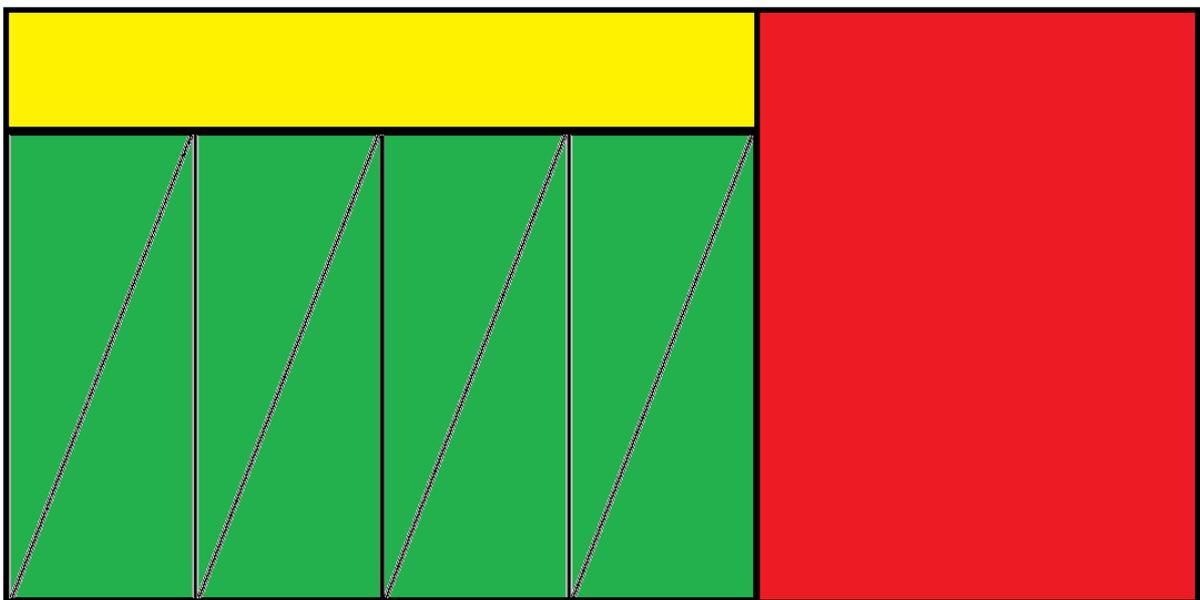


Figura 13 - Aproveitamento- a verde (2 cortes comuns), amarelo (1 corte comum) e vermelho (toda a chapa)

Muitas vezes, a decisão sobre o aproveitamento que deve ser considerado depende de diversos fatores como a dimensão da encomenda, a relevância que cada uma das chapas tem no pedido total, a regularidade do cliente nas compras, etc.

5.3 Bases de orçamentação

As bases consideradas para a orçamentação são diferentes nos diferentes processos. Em comum têm as duas principais variáveis consideradas: quantidade de matérias-primas e tempo de corte.

5.3.1 Corte laser

Como referido na Figura 12, o cálculo dos custos para determinada encomenda é feito com recurso ao programa *TruTops Calculate*. Para que este *software* consiga identificar o percurso das linhas de corte é necessário importar o desenho simplificado das diferentes peças. Este desenho simplificado inclui apenas os contornos exteriores e interiores à escala real (em mm). Para o obter, é muitas vezes necessário trabalhar os desenhos do cliente que incluem frequentemente escala, vistas auxiliares, legendas, indicações, etc..

Após a importação dos desenhos é necessário indicar a quantidade, matérias-primas e espessura de cada uma das geometrias desejadas.

A partir deste momento o programa faz a simulação de alguns dos possíveis arranjos espaciais das peças na chapa para calcular a quantidade de matéria-prima necessária para lhes imputar um custo. Normalmente, o orçamentista refina esta fase para garantir que o programa não atribui um custo exagerado para a matéria-prima. Este problema pode acontecer porque o programa está configurado para fazer simulações considerando cada peça em quatro posições diferentes, referentes a rotações de 90°, para agilizar o tempo de cálculo da simulação.

A outra variável que imputa custos às peças é o tempo de corte. O tempo de corte influencia diretamente a quantidade de gás utilizado e o tempo de utilização da máquina. Este tempo converte-se em custo estimado através de um valor por hora que é utilizado para as diferentes peças.

A obtenção do valor por hora baseia-se apenas nos custos totais anuais da área de negócio (com exceção dos custos de matérias-primas), na taxa de ocupação média (OEE das máquinas laser) e na previsão de horas de trabalho anuais (tempo de turnos). Na Equação 2 demonstra-se a fórmula de cálculo do valor por hora.

$$\text{Custo}_{\text{tempo}} = \frac{\text{Custos totais}}{\text{Tempo de turnos} \times \text{OEE}} \quad (2)$$

5.3.2 Corte por oxicorte

Para os processos de oxicorte o cálculo do custo é mais básico. Apesar de ser possível utilizar o mesmo *software* (*TruTops Calculate*) para estimar a matéria-prima necessária, normalmente para o oxicorte é feita apenas uma estimativa da matéria-prima necessária, considerando um retângulo envolvente à peça. Esta aproximação básica não é crítica porque as peças fabricadas por oxicorte têm normalmente funções estruturais (para o suporte de cargas) e por isso as geometrias não costumam ser complexas. Por outro lado, o rasgo do oxicorte é largo e por isso é difícil atingir geometrias mais complexas.

Para estimar o comprimento da linha de corte recorre-se também a geometrias básicas (retângulos ou círculos) para estimar o comprimento das linhas de corte. Dependendo da espessura, consideram-se velocidades do cabeçote diferentes e com o comprimento de linha de corte e a velocidade do cabeçote é possível calcular um tempo necessário através da Equação 3.

$$\text{Tempo (min)} = \frac{\text{Comprimento}_{\text{linha de corte}} \text{ (cm)}}{\text{Velocidade (cm/min)}} \quad (3)$$

Ao tempo de corte efetivo deve acrescentar-se algum tempo de corte para compensar o tempo de penetração (cerca de um minuto por penetração mas variável com a espessura). Quando se fazem furos com diâmetro inferiores à espessura da chapa é, geralmente, necessário que estes sejam feitos por processos mecânicos (como furação por broca). Nestes casos, este custo é imputado como “outros custos” e finalmente somado aos custos de matérias-primas e tempo de corte.

Na Figura 14 demonstra-se a velocidade (em cm/min) que é considerada para as diferentes espessuras no processo de oxicorte (linha a negro). Os pontos vermelhos representam uma linha de tendência polinomial de segundo grau. De referir que o valor por hora do oxicorte é cerca de 50% inferior ao do laser.

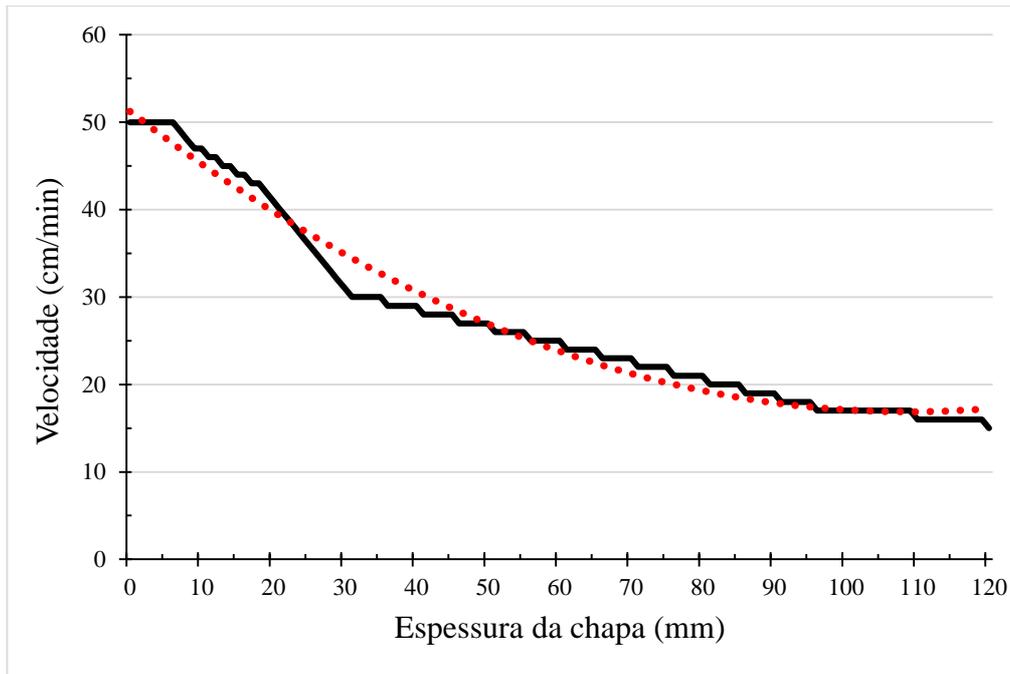


Figura 14 - Variação da velocidade com a espessura (oxicorte)

Os pontos vermelhos representam uma linha de tendência polinomial de segundo grau (Equação 4). De referir que o valor por hora do oxicorte é cerca de 50% inferior ao do laser.

$$y = 0,0029x^2 - 0,6376x + 51,887 \quad (4)$$

5.3.3 Corte por plasma

No corte por plasma o cálculo de custos é feito de forma semelhante ao do processo de oxicorte. Neste caso não é tão frequente a utilização de furos por broca porque as peças produzidas por este método são tipicamente mais finas (até 15 mm). Por outro lado, nesta gama de espessuras são frequentes as peças quinadas por isso a folha de cálculo já considera essa possibilidade.

Em suma, existem três custos em consideração:

- Matérias-primas;
- Tempo de corte;
- Quinagens;

Nas matérias-primas, neste momento, o custo tem sido bastante impreciso porque a folha de cálculo apenas considera retângulos (para facilitar o cálculo) de área aproximada à da superfície da peça em questão. Tal como para o oxicorte, pode utilizar-se o *TruTops Calculate* para obter uma melhor estimativa da área necessária. Após a estimativa da área da peça, com o

conhecimento da espessura, é possível estimar o peso de matérias-primas. Com a cotação das matérias-primas conhecida, pode atribuir-se uma estimativa do custo para o metal.

Por outro lado, o tempo de corte baseia-se no comprimento das linhas de corte. Estas linhas incluem contornos externos e contornos internos da peça. Também estes têm sido estimados através do perímetro de retângulos semelhantes. Com o perímetro da peça, e conhecendo as velocidades de corte utilizadas (em função da espessura), é possível estimar o valor a atribuir ao tempo de corte.

Às quinagens, é expectável que o orçamentista atribua um valor em função do tempo estimado para a preparação da máquina e as quinagens.

Como é possível verificar na Figura 15, a preto, indica-se a velocidade que é considerada para cada espessura de metal.

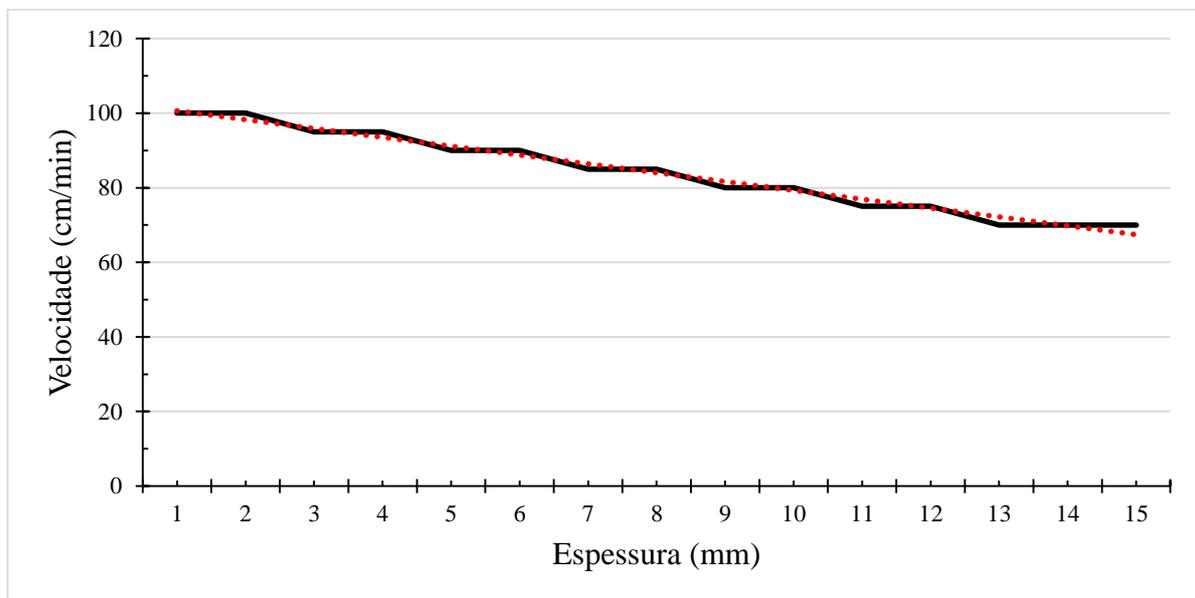


Figura 15 - Variação da velocidade com a espessura (plasma)

Considera-se que a diminuição da velocidade de corte com a espessura ocorre de forma linear (linha de tendência a vermelho). Esta tendência linear pode ser definida pela Equação 5.

$$y = -2,375x + 103 \quad (5)$$

5.3.4 Quinagens

O cálculo das quinagens, após o processo laser ou plasma, era feito de forma semelhante. Basicamente os orçamentistas estimavam, com base na sua experiência, o tempo que se

despenderia por peça e utilizando um valor correspondente ao tempo rapidamente se estimava o custo das quinagens. Na Equação 6 demonstra-se o cálculo do custo estimado para a quinagem com base no tempo despendido.

$$\text{Custo} = \text{Tempo} \times \text{Valor}_{\text{hora}} \quad (6)$$

Em termos práticos para que a quinagem seja feita na quinadora CNC é necessário que ocorram duas fases: preparação da máquina e quinagem. A preparação da máquina envolve a receção das peças após o corte, interpretação dos desenhos técnicos, mudança do punção e da matriz da máquina (quando necessário) e a programação da quinadora para os parâmetros desejados (ângulos, distância do batente, etc.).

A fase de preparação envolve um tempo que é independente da quantidade de peças que serão quinadas. Por outro lado, o tempo despendido nas quinagens é praticamente proporcional à quantidade de peças.

Ao considerar um tempo de quinagem para a peça, apesar da consciência de que seria necessário um tempo de preparação antes da própria quinagem, verificavam-se diferenças no critério entre orçamentistas. Por essa razão aplicou-se desde logo um novo modelo na orçamentação: consideravam-se cinco minutos como o tempo de preparação e quinze segundos como o tempo por quinagem. Este modelo está demonstrado na Equação 7.

$$\text{Custo}_{\text{peça}} = \left(\frac{\text{Tempo}_{\text{prep}}}{\sum \text{peças}} + \text{Tempo}_{\text{quin}} \right) \times \text{Valor}_{\text{hora}} \quad (7)$$

A análise após comparação de valores reais com os considerados inicialmente mostrou que o para o tempo de preparação bastava considerar um valor médio independentemente dos tipos ou quantidades de peças. Por outro lado, na quinagem notou-se que o tempo era muito dependente do tipo de peças em causa e que por isso seria redutor considerar um tempo médio por quinagem.

Apontaram-se três grandes fatores que causavam estas diferenças: o peso da peça, as suas dimensões e a possível necessidade de esta ser rodada ou virada entre quinagens.

O peso da peça pode ser um fator gerador de complicações acima de tudo porque o manuseamento de uma peça de peso inferior a 1 kg não pode ser comparado com o

manuseamento de peças com mais de 50 kg onde pode até ser necessário recorrer a uma ponte-rolante ou mais que um operador.

As dimensões da peça também têm implicações no manuseamento da peça. Se em peças com comprimento inferior a 1000 mm um operador é suficiente para a colocação da peça na quinadora, em peças de 2000 mm ou 3000 mm é sempre necessário pelo menos dois operadores para garantir o correto posicionamento da peça.

Quando as peças têm de ser viradas ao contrário, isto é, as quinagens têm sentidos inversos, o tempo total de quinagem é sempre maior do que quando as quinagens são todas no mesmo sentido. Na Figura 16 exemplificam-se duas peças de dimensões semelhantes em que ambas têm apenas duas quinagens.



Figura 16 - Perfil de peças com quinagens em sentidos inversos (à esquerda) e no mesmo sentido (à direita)

Através do segundo modelo descrito, seria atribuído um tempo igual para ambas uma vez que este modelo se baseava apenas no número de quinagens (neste caso duas para cada situação). Em termos práticos o que se verifica é que, na peça à esquerda, existe um espaço de tempo em que o operador tem de virar a peça e por isso necessita de um tempo superior ao do caso à direita. O aumento do peso da peça (manuseamento mais dificultado) e o aumento do número de viragens necessárias exponenciam as diferenças entre os dois casos apontados.

5.4 Indicadores de desempenho

Não é fácil para a gestão perceber quais são os problemas que impedem uma maior evolução da unidade de negócios. Estes podem estar relacionados com a qualidade dos produtos, com a própria competitividade que a empresa atinge ou problemas relacionados com a própria orçamentação.

A orçamentação pode ter problemas de exatidão, isto é, sobrevalorizar uns produtos (implicando que os clientes optem por um concorrente) ou de subvalorização (que pode implicar prejuízos diretos à empresa).

Do contacto com o cliente verificou-se que existiam algumas queixas relacionadas com o elevado tempo de resposta aos pedidos de orçamento por isso este problema também pode ser causador de perdas de negócios.

5.4.1 Tempo de resposta

Considera-se o tempo de resposta aos pedidos de orçamento como o tempo que decorre entre o contacto do cliente (receção do e-mail de pedido) e o envio do orçamento (envio do e-mail com o orçamento). Como referido no subcapítulo “Gestão dos processos”, o contacto do cliente é feito para o endereço geral da unidade de negócios e só após a atribuição do número de PCL (Pedido de cliente) por parte de um administrativo é que segue para os orçamentistas.

Tipicamente, os orçamentistas tratam um processo de cada vez sendo que os clientes mais importantes (em termos de faturação, regularidade de encomendas, etc.) são por vezes priorizados.

Fez-se por isso um estudo para verificar quantos dias eram necessários até ao envio do orçamento para o cliente. Durante este estudo, foram analisados 32 pedidos de cliente e os resultados estão refletidos na Tabela 6. Mais de metade dos pedidos (59%) tiveram resposta em 1 ou 2 dias porém quase 20% (8 dos 32 analisados) demoraram cinco dias ou mais à resposta.

Tabela 6 - Tempo de resposta aos pedidos de cliente

Tempo de resposta	Frequência	Frequência acumulada (%)
1	10	31%
2	9	59%
3	3	69%
4	2	75%
5	2	81%
6	3	91%
7	3	100%
Total	32	100%

Muitas vezes é impossível responder mais rapidamente ao cliente por existirem dúvidas quanto ao pedido (informação insuficiente), pela necessidade de orçamentos externos (outros serviços), por ser necessária a cotação de matérias-primas não existentes em stock, etc.. Este problema

deve-se ao facto de a informação não estar normalizada. Ainda assim, nota-se que existe a necessidade (por parte dos clientes) de respostas mais rápidas, problema que poderia ser resolvido através da integração de mais colaboradores no processo ou pela simplificação do procedimento que conduz à orçamentação.

5.4.2 Adjudicações

A quantidade de obras adjudicadas pode também ser um indicador da qualidade dos produtos e serviços prestados. A percentagem de orçamentos adjudicados ajuda a perceber se os preços praticados pela empresa são mais ou menos elevados que os da concorrência. Teoricamente, quanto mais elevados forem os preços praticados, maior a probabilidade de uma obra não ser adjudicada. Ainda assim, uma elevada taxa de adjudicações poderá revelar uma má estimativa de custos e consequentemente prejuízos para a empresa.

Uma forma de perceber a quantidade de obras adjudicadas passa pela comparação entre o número de orçamentos emitidos e a quantidade de encomendas recebidas. No ano de 2015, até ao dia 9 de junho tinham sido registados 1282 orçamentos e 746 encomendas apontando para uma taxa de cerca de 58% de adjudicações.

Este número é impreciso devido a várias razões. A principal é que um orçamento não conduz diretamente a uma só encomenda. Muitas vezes, o cliente opta por juntar ou separar pedidos (desde que não haja influência na percentagem de sucata não há necessidade de novo orçamento). Outro problema desta análise é que o cliente pode não estar certo quanto à matéria-prima ou espessura a utilizar e por isso pede vários orçamentos para chegar depois a uma decisão.

5.5 Problemas detetados na orçamentação

Um dos principais objetivos deste trabalho passava pela implementação de novas metodologias e formas de cálculo que tornem o cálculo de custos mais exato e preciso. Para isso, apresentam-se neste subcapítulo os principais problemas que foram detetados na observação do processo subdividindo-os em três categorias distintas: erros humanos, imprecisões e erros no processo.

5.5.1 Erros humanos

Existe influência humana durante o processo de cálculo. A orçamentação não é independente da mão humana em muitas fases do processo e por isso é natural que existam diferenças no valor atingido conforme a pessoa que gere o processo.

A primeira grande diferença prende-se com a questão referida no subcapítulo “*TruTops Calculate*”, em que os orçamentistas têm liberdade para considerar o que acontecerá com a matéria-prima que sobra. Quando se considera uma maior quantidade de sucata os custos estimados são mais altos. Se a quantidade de material que se prevê utilizar mais tarde for maior, os custos estimados foram mais baixos. Ainda assim, não existe uma política transversal definida (utilizada na orçamentação, preparação e produção) por isso é provável que as considerações feitas não correspondam àquilo que acontece na realidade.

Quanto às quinagens, identificaram-se grandes diferenças entre orçamentistas. A quantidade de peças iguais tem importante influência na diluição do tempo de preparação atribuído a cada peça e frequentemente esse dado era demasiado desvalorizado em detrimento da maior ou menor complexidade das quinagens.

O orçamentista está obrigado a transcrever diversas informações (referentes a cada peça diferente) do *TruTops Calculate* para o *Excel*:

- Espessura;
- Matéria-prima;
- Quantidade;
- Custo unitário;
- Peso unitário.

Mesmo a transferência das informações para o *software* de gestão não é feita de forma automática apesar de as informações do *Excel* estarem sistematicamente compiladas de uma forma organizada. Sumarizando, o orçamentista neste momento é obrigado a articular *e-mail*, pastas do *Windows*, *Microsoft Excel*, *AutoCad*, *TruTops Calculate* e *Primavera*. Existem por isso demasiadas ligações durante o processo e grande parte delas exige cópias de ficheiros, linhas ou colunas.

Naturalmente, durante tantas operações “manuais” que têm de ser feitas, surgem erros e perdas de informação. Para além disso, em todos os processos verificam-se perdas de tempo elevadíssimas pelo peso que tantas fases de transferência de informação envolvem.

Uma vez que cada processo pode englobar dezenas de peças diferentes, este pode frequentemente tornar-se moroso e muito suscetível a erros.

5.5.2 Imprecisões

Existem durante o processo aspetos que causam erros na estimativa de custos. O primeiro tem a ver com a cotação de matérias-primas considerada. O preço de compra das matérias-primas está sujeito a grandes flutuações e também é dependente da utilização de chapa formatada ou bobines cortadas no Departamento de Corte e Quinagem. Desse modo, muitas vezes consideram-se valores médios que não refletem todas as variações que acontecem.

Outro problema flagrante relaciona-se com a pouca atenção prestada às tolerâncias desejadas pelos clientes. Admite-se que a tecnologia laser é suficientemente precisa para as necessidades dos clientes mas muitas vezes surgem problemas que não são previstos na orçamentação. O defeito mais frequente é de tolerâncias geométricas (empenos) e a correção deste tipo de defeitos (que podem ser previstos e são muitas vezes conhecidos) implica trabalho suplementar que nunca é considerado na estimativa de custos.

Uma grande parte das matérias-primas que vão para a sucata poderia ser aproveitada caso fossem necessárias peças que coubesse nos espaços livres entre outras peças maiores. O que acontece na realidade é que muitas encomendas de diferentes clientes são agrupadas nas mesmas ordens de fabrico por coincidirem na qualidade da matéria-prima e da espessura de chapa. Dessa forma consegue-se frequentemente atingir um melhor arranjo de peças e conseqüente redução percentual dos resíduos (sucata). Ainda assim, os processos de orçamentação são sempre tratados individualmente (por cliente) e por essa razão os desperdícios considerados são máximos (em prejuízo do cliente).

Notou-se que muitas vezes em peças circulares e em forma de argola o desperdício de material é enorme. Esse desperdício é pago pelo cliente, mas implica desperdícios muito grandes e por isso perda de competitividade que a médio prazo pode significar perdas de negócio.

O maior erro de todos acaba por estar relacionado com a fórmula de cálculo utilizada. Como referido no capítulo “Bases de orçamentação”, o processo baseia-se no gasto de matérias-primas e no tempo de corte efetivo. Ora, um processo com um tempo de corte efetivo reduzido (muitas vezes inferior a um minuto) será avaliado com um custo de corte muito reduzido. Apesar dessa baixa valorização, esse processo não dispensará o processo de preparação, programação e abastecimento de matéria-prima. Nenhuma dessas necessidades é valorizada pelo que o processo exigirá bastante trabalho sem um retorno considerável. Para demonstração, o custo da

máquina para 3 minutos é inferior 4€ e por isso, no limite pode ser necessário envolver programadores e produção numa ordem de fabrico onde, para além da matéria-prima, o retorno monetário para corte é inferior a 4 €.

A outra face deste problema é que, como compensação, o tempo de corte efetivo afeta os processos de grandes séries, em que o mesmo programa e a mesma ordem de fabrico permite muitas horas de trabalho na máquina. Pode considerar-se que o valor por hora está sobrevalorizado de maneira a que os grandes processos compensem o trabalho dos processos mais pequenos. Esta medida vai contra um dos objetivos da área de negócios - conseguir obras de grandes séries.

5.5.3 Erros no processo

Existem alguns entraves no processo que impedem que este seja mais correto do ponto de vista da estimativa de custos. O primeiro prende-se com a cotação dos gases e o consumo dos mesmos, que são dependentes da chapa em questão. Neste momento tratam-se os gases de corte como custos de estrutura que são incluídos no custo por hora da estrutura ou seja, custos indiretos que não estão associados a nenhum produto em particular.

É sabido que o consumo de gás é dependente do tipo de matéria-prima, da sua espessura e do comprimento da linha de corte. Na estimativa de custos o orçamentista pode escolher uma de duas opções: cabeçote normal ou cabeçote rápido. O cabeçote rápido, como o próprio nome indica, permite um corte de peças mais rápido porém, em algumas matérias-primas e dependendo da espessura de corte, pode causar defeitos nas peças. Na produção, este é utilizado apenas em grandes séries onde o processo é calibrado (em potência do laser, velocidade de corte, etc.) até que se consiga uma boa velocidade de corte sem que se causem defeitos.

Pelo algoritmo de cálculo atual, o cabeçote rápido implica um menor tempo de corte e por isso uma redução direta no custo considerado. Esta consideração é enganadora porque parte importante dos custos da máquina de corte estão relacionados com a energia elétrica e os gases de corte, que aumentam consideravelmente com o aumento da velocidade e estão mais relacionados com o comprimento da linha de corte do que propriamente com o tempo de corte. Por este motivo só faria sentido que o consumo de gás fosse considerado como direto e variável associando-o a cada produto.

5.5.4 Problemas de organização

Faz parte da dinâmica de trabalho que sobrem grandes partes da chapa após o corte, por se cortarem peças com uma área pequena relativamente ao tamanho formatado das chapas ou mesmo porque após o corte de várias chapas ainda sobra grande parte de uma delas. Obviamente, essas frações de chapa são armazenadas para que possam ser posteriormente utilizadas.

Neste momento, após a primeira da utilização da chapa, só é possível saber exatamente qual é a área, a geometria ou a quantidade de chapas de cada matéria-prima ou espessura após uma deslocação para visita ao armazém.

Ao nível do tratamento dos desenhos também se notou que existem problemas. Naturalmente, a primeira análise dos desenhos é feita por parte dos orçamentistas. Na fase de orçamentação, os cuidados com as características menores não são muitos porque, pequenos furos, ou até a posição, destes não representam grandes diferenças no cálculo de custos. Por outro lado, na preparação deve existir grande cuidado com o tratamento dos desenhos para produzir peças que sejam exatamente aquilo que o cliente pede (especificações).

Estas diferenças fizeram com que os preparadores assumissem ao longo do tempo que o tratamento dos desenhos na fase de orçamentação não era suficiente e por isso passou a ser feito um duplo tratamento dos desenhos.

Por outro lado, não existe nenhuma base de dados que permita perceber as sobras de chapa que existem em inventário. A gestão destas sobras dificulta o inventário de matérias-primas e dificulta o trabalho em todas as fases do processo: orçamentação, preparação e produção. Uma melhor articulação entre as diferentes áreas para garantir uma base de dados atualizada não só aumentaria a velocidade de preparação dos processos como também permitia aos orçamentistas perceber quais as obras mais interessantes para a área de negócios. Ao nível da produção, esta questão gera problemas porque o operador que vai buscar a chapa que está inventariada, muitas vezes tem dificuldade em encontrá-la, repetindo-se os processos já realizados pelos preparadores do programa.

Por último, não existe neste momento uma articulação muito forte entre a produção e a orçamentação e por isso é natural que existam apreciações que não correspondem à realidade por franco desconhecimento do processo. Esta situação é especialmente importante nas quinagens, onde é necessário um trabalho de preparação e calibração da máquina diferente para cada peça (e sucessivos ajustes).

5.6 Casos de estudo

Realizaram-se alguns estudos no departamento de orçamentação e na produção para perceber que diferenças poderiam existir e de que forma se poderia alterar positivamente o modelo de orçamentação em vigor para obter resultados mais satisfatórios na orçamentação.

5.6.1 Análise de Ordens de Fabrico

A análise de ordens de fabrico consistiu na consideração de tempos na orçamentação e posterior comparação com os dados reais. Para tal subdividiu-se a obra em três partes fundamentais: matérias-primas, tempo de corte e tempo de quinagem. Com estes dados é possível verificar, em cada obra, a sobrevalorização ou subvalorização que foi feita na estimativa de custos e a partir daí extrapolar dados importantes para alterações na orçamentação.

As matérias-primas são facilmente controláveis porque os preparadores definem claramente qual a chapa que será utilizada e por isso torna-se fácil comparar com os dados considerados pelos orçamentistas. No caso do tempo de corte, verificou-se que o tempo indicado pelo *software* de cálculo de custos e pelo *software* de preparação são diferentes. Na realidade verifica-se um terceiro tempo porque o técnico de produção escolhe os melhores parâmetros de corte para que não surjam defeitos (e muitas vezes a velocidade do cabeçote é menor).

O tempo real é registado pelo operador e por isso inclui todos os obstáculos à eficiência máxima por parte da máquina: pausas, fases de carregamento de matérias-primas, etc.. Por outro lado, o registo é feito de forma manual e inclui “arredondamentos” que complicam uma possível análise (especialmente nos processos com poucos minutos de corte). Para uma análise mais correta dos tempos de corte, que permita implantar mudanças no modelo de orçamentação, será importante a futura aquisição de sistemas de controlo digital da produção. Felizmente, esta aquisição já está prevista e poderá ser implementada num futuro próximo.

Também na quinagem, o tempo é registado manualmente e existia a tendência para se registar todo o tempo que o quinador dedicava à ordem de fabrico, o que por vezes englobava para além da preparação da máquina e quinagem:

- Pausas;
- Esclarecimento de dúvidas no desenho técnico;
- Contagem de peças e embalamento;

Todas estas implicações conduziam a gastos de tempo diferentes daqueles que eram expectáveis aquando da orçamentação (na produção o tempo é sempre superior).

Na Tabela 7 apresenta-se o exemplo de uma das análises feitas. A tabela contempla a apresentação do caso de estudo, os três parâmetros em análise e conclusões.

Neste caso específico, no que diz respeito à previsão de custos para as matérias-primas, verificou-se que estas haviam sido bastante sobrevalorizadas (conseguiu-se uma redução de quase 40% na preparação). As razões para estas diferenças devem-se ao uso de chapa cortada diretamente da bobine que é habitualmente mais barata. Apesar da chapa proveniente de bobine ser normalmente mais barata, a sua utilização só é vantajosa em grandes quantidades de chapa (como o exemplo referido) pela logística que envolve o manuseamento e corte de uma bobine metálica.

Quanto ao resíduo, por acaso as peças encomendadas adequavam-se bastante bem à largura da bobine (1250 mm) e o corte de bobine permite que o comprimento seja definido o que levou a uma redução de 1605 kg na matéria-prima e superior a 10% na quantidade de resíduo.

No que diz respeito ao corte, os valores não podem ser considerados porque a orçamentação considera as limitações à eficiência como incremento no seu valor/hora, não distinguindo no momento da orçamentação os tempos úteis de produção dos tempos de paragem. Dessa forma, o tempo real despendido com uma determinada encomenda será sempre superior àquele que é previsto na orçamentação. Com base na experiência e nos registos guardados pela máquina verificou-se que o tempo de utilização para corte efetivo desta era de apenas cerca de 45%. Dessa forma, os custos da estrutura são imputados no valor por hora segundo este valor de eficiência.

A comparação entre os valores de tempo-máquina necessários e o tempo utilizado na ordem de fabrico permite no entanto que se perceba a importância dos tempos de paragem na eficiência da máquina.

Quanto à quinagem, é natural que existam variações, uma vez que o tempo orçamentado baseia-se apenas numa estimativa do orçamentista sem recurso a qualquer cálculo ou dados históricos. Ainda assim, numa encomenda deste género, em que o trabalho de quinagem não é especialmente relevante, a estimativa não foi demasiado deslocada da realidade.

Em conclusão, o custo da matéria-prima foi muito sobrevalorizado enquanto os custos associados ao corte e à quinagem foram ligeiramente subvalorizados. Globalmente, pouparam-se recursos em relação à estimativa por isso foi possível obter um lucro de quase 20% acima do esperado.

Tabela 7 - Comparação entre custos orçamentados e reais

Comparação de Valores Orçamentados		
Matéria-prima:	ZINCOR	OF: 15_0571
		Data orçamentação: 16/05/2014
Espessura:	3mm	Data preparação: 10/03/2015
		Data realização: 11/03/2015
Custos da matéria-prima		
	Orçamento	Preparação/realização
Tipo de MP	Chapa 3000 × 1500	Bobine 1250
Peso comprado (kg)	9643	8038
Peso de sucata (kg)	4610	3004
Cotação MP	0,65	0,473
Cotação sucata	0,15	0,15
% resíduo	47,81%	37,37%
Preço MP	5 576,45 €	3 351,37 €
Observações: O uso de bobine cortada nas guilhotinas do DCQ permitiu uma poupança direta no custo/kg e uma redução de 10% no desperdício de chapa. Algumas pontas foram aproveitadas.		
Custos do tempo de corte		
	Orçamento	Preparação
Tempo de corte efetivo	36:32:02	31:12:32
Tempo real na OF	43:30:00	
Custo do tempo	2 776,58 €	2 371,88 €
Nº turnos abrangidos		
Custo do tempo real	3 306,00 €	
Observações: O tempo real do corte é sempre superior ao tempo considerado na orçamentação porque o tempo de orçamentação não inclui tempos de paragem		
Custos da quinagem		
	Orçamento	Realização
Tempo	04:00:00	04:35:00
Custo	140,00 €	160,42 €
Comparação (Custo orçamentado – Custo real)		
Custo MP	2 225,08 €	39,90%
Custo corte	-529,42 €	-19,07%
Custo quinagem	-20,42 €	-14,58%
Valor global	1 675,23 €	19,72%

5.6.2 Consideração de outras variáveis

Limitar a análise de custos a apenas matérias-primas e tempo de corte é bastante redutor. A produção de uma encomenda envolve custos logísticos que podem ser muito relevantes em encomendas de baixo valor. Para grandes séries, o elevado tempo de corte acaba por diluir os custos logísticos.

Na Figura 17 demonstram-se as várias fases do processo. Para perceber o possível efeito dos custos logísticos na análise de custos foi feito um estudo que considerou três variáveis: preparação, peça e chapa. A partir da encomenda, existe a preparação (em que é feita uma ordem de fabrico por cada par matéria-prima/espessura), a produção (de cada ordem de fabrico) e o embalamento (de cada peça).

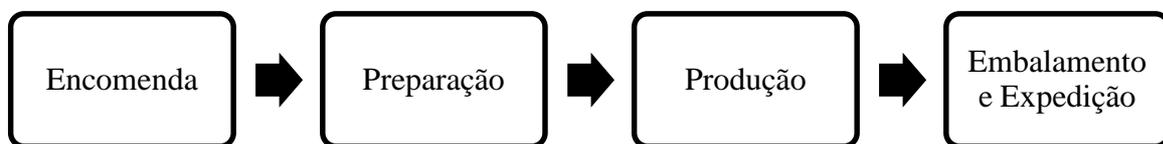


Figura 17 - Fases do processo

- **Preparação**

A preparação do corte implica a mobilização de um programador que prepare os desenhos dos clientes, defina qual será o lote de chapa a ser usado (e a possibilidade de se usar sobras) e depois programe o ficheiro que será enviado para a máquina com os parâmetros de corte definidos.

Este trabalho dá depois origem a uma ordem de fabrico que é caracterizada pelo par de características matéria-prima/espessura. Este processo exige sempre algum tempo e por isso concluiu-se com base na quantidade de programas feitos durante este ano que, em média, cada programa exige 45 minutos ao programador levando a um custo avaliado de 15 €.

Apesar de uma pequena influência do número de peças diferentes no tempo de programação, esta variável não foi considerada no estudo ou seja, definiu-se que o programador demora o mesmo tempo independentemente da quantidade de peças diferentes.

Para efeitos de influência no valor orçamentado, cada par de matéria-prima/espessura implica um custo de 15 € e era ponderadamente dividido pelas peças em questão – nas peças mais caras o custo imputado era superior e a maior quantidade de peças diminuía o custo atribuído a cada uma delas.

- **Peça**

O preço da peça refere-se ao tempo necessário para retirar as peças da mesa da máquina após o seu corte e posterior embalagem. O tempo depende diretamente da massa da peça e este processo não está automatizado por isso envolve sempre a mobilização de um colaborador para esta tarefa. Para efeitos de estudo considerou-se o custo descrito na Tabela 8.

Tabela 8 – Custo estimado para a peça (em função da massa)

Gama de massa	Considerações	Tempo necessário	Custo estimado
Até 1 kg	1 homem - 10€/hora	10"	0,03 €
De 1 a 5 kg		1'	0,17 €
De 5 a 20 kg		2' 30"	0,42 €
Mais de 20 kg	1 homem - 10€/hora + Ponte rolante - 10€/hora	2' 30"	0,83 €

Normalmente, peças com menos de 1 kg são feitas em grandes quantidades por isso é natural que o colaborador leve a caixa e faça o embalagem das peças no próprio local (junto à máquina) por isso definiu-se como sendo necessários apenas 10 segundos por peça.

Para peças de 1 a 5 kg o transporte destas até ao local de embalagem envolve a movimentação constante do trabalhador até uma zona de embalagem. Nesta gama de massa entende-se que é possível transportar 2 ou 3 peças em cada movimentação por isso considerou-se apenas 1 minuto por peça.

Para peças com mais de 5 kg o transporte já é normalmente feito individualmente (peça a peça) e por isso consideram-se necessários 2 minutos e meio. Em peças com mais de 20 kg é natural que se utilize a ponte rolante e por isso o tempo unitário considerado inclui também um custo para a utilização da ponte rolante num tempo igual ao máximo unitário (2 minutos e meio).

- **Chapa**

Outra variável importante que não é considerada é o tempo de colocação da chapa na mesa da máquina de corte laser. Esta etapa envolve a deslocação de um colaborador com a empilhadora até ao armazém de chapa, a separação das chapas necessárias das outras no mesmo lote, o carregamento, a deslocação até à máquina e a movimentação da mesa para a área de ação do cabeçote.

Quando a máquina trabalha em modo automático, para maiores quantidades de chapa, este tempo de mudança de chapa é reduzido porque podem colocar-se todas as chapas num alimentador perto da máquina. Ainda assim é importante ter algo em conta, dado que não é

considerado como tempo de corte (não está considerado no simulador e não há gastos energéticos nem de gás) mas a máquina está parada e por isso não se podem extrair produtos durante essa fase da produção.

Pode então subdividir-se o processo de abastecimento de matéria-prima para a máquina em duas partes fundamentais:

- Transporte da matéria-prima até junto da máquina
- Colocação na mesa e transporte para o interior da máquina

Na Tabela 9 referem-se os custos estimados referentes ao tempo em que está mobilizado o trabalhador e a empilhadora ou pelo menos a máquina não está a cortar por não existir alimentação de matérias-primas.

Tabela 9 - Valor considerado por chapa

Quantidade de chapas do mesmo tipo	Custo/chapa
1	5,00 €
2	4,00 €
3	2,50 €
4 ou +	0,83 €

O custo por chapa é reduzido com o aumento do número de chapas porque numa mesma deslocação com a empilhadora pode carregar-se mais do que uma chapa.

Eventualmente, poder-se-ia considerar o tempo de troca como desprezável porém este tempo pode ser relevante quando se trata de chapas leves e com pouco perímetro de corte. Neste tipo de peças, a máquina corta as peças muito rapidamente (menos de 1 minuto) e o momento da troca de chapa adquire preponderância no tempo estimado.

- **Resultados**

Uma vez que os orçamentos são feitos com base no preço por peça e era essencial que este estudo se desenrolasse sem interferir com o andamento natural da orçamentação, modificou-se o ficheiro *Excel* onde os orçamentistas organizavam os dados adicionando folhas que permitiam o cálculo da influência das variáveis.

Os dados que os orçamentistas compilam, durante o processo, são: nome da peça, espessura, matéria-prima, quantidade e custo do corte e quinagem. Com estes dados, foi possível enquadrar duas das variáveis referidas anteriormente: preparação e peça.

Quanto ao custo de manuseamento da chapa, o estudo foi apenas feito caso a caso e apenas nos pedidos de orçamento mais significativos.

A influência das três variáveis estudadas relativamente ao custo final da peça é muito variável. Na Tabela 10 compara-se a influência das três diferentes taxas no valor teórico que é atribuído a algumas peças.

Estas peças estão organizadas segundo dois pedidos de orçamento aos quais pertencem. Nas peças 1.1, 1.2 e 1.3 a influência da aplicação das taxas seria mínima (1,34% do valor orçamentado). Este valor é justificado porque:

- Todas as peças podem ser preparadas de uma vez (mesmo par matéria-prima/espessura);
- O custo médio das peças é elevado;
- Valor global da encomenda elevado.

Tabela 10 - Influência das taxas em dois casos distintos

Peça	MP	Esp.	Custo	Qtd	Peso (kg)	Qtd de chapas	Valor de taxas	Variação (%)	
1.1	AISI304	20	75,78 €	11	14,49	2	0,97 €	1,28%	
1.2			50,67 €	16	9,66		0,79 €	1,55%	
1.3			5,64 €	170	0,87		0,07 €	1,22%	
Total							34,97 €	1,34%	
2.1	S235JR	3	0,09 €	20	0,03	1	0,06 €	66,51%	
2.2			3,16 €	17	3,49		1,30 €	41,26%	
2.3		4	0,93 €	34	0,9	1	0,62 €	66,10%	
2.4		5	0,16 €	250	0,06	1	0,11 €	66,53%	
2.5		6	2,84 €	34	2,81	1	0,64 €	22,55%	
2.6			0,16 €	70	0,08		0,05 €	33,82%	
2.7			0,61 €	20	0,51		0,13 €	21,24%	
2.8		S355JR	3	0,14 €	30	0,06	1	0,69 €	489,05%
2.9			4	0,12 €	50	0,03	1	0,43 €	350,64%
2.10			6	0,35 €	90	0,21	1	0,25 €	72,46%
Total							164,17 €	56,78%	

Por outro lado, as peças referentes à segunda encomenda apresentaram uma grande influência resultante das taxas (média de 56,78%). Esta influência justifica-se por:

- Grande número de preparações necessárias (oito pares matéria-prima/ espessura diferentes) e grande número de chapas diferentes (oito chapas e peças de baixa massa);
- Peças de custo unitário reduzido (a maior parte inferior a 1 € e por isso a variável peça é muito relevante);
- Valor global da encomenda reduzido.

5.6.3 Estudo de dados

A empresa conserva em base de dados, registos ao longo de todo o processo. Estes registos são feitos desde a fase de orçamentação até à conclusão das diferentes ordens de fabrico e por isso podem ser utilizados num estudo deste tipo para tentar tirar conclusões mais efetivas.

- **Análise da frequência de ordens de fabrico**

A necessidade de prazos de entrega demasiado curtos prejudica a eficiência na utilização de matérias-primas, equipamentos e recursos humanos.

Como referido anteriormente, a junção de mais peças (e geometrias diferentes) quase sempre implica uma redução na percentagem de sucata sendo que, no limite, o desperdício é igual àquele que se obteria através da divisão em diferentes ordens de fabrico.

Quanto aos equipamentos, é sabido que grande parte das perdas de eficiência devem-se aos tempos de *setup* por isso, a redução da quantidade de ordens de fabrico diferentes melhoraria a velocidade de obtenção dos produtos (em global).

Em relação aos recursos humanos, o maior prejuízo enquadra-se no momento da preparação e programação. Da forma que os procedimentos estão estruturados, vários passos poderiam ser evitados através da junção de encomendas aliviando-se assim a carga de trabalho atribuída aos programadores. A junção de processos permitiria reduzir o número de ordens de fabrico e por isso facilitaria também a organização da empresa.

Estudaram-se as ordens de fabrico que foram emitidas ao longo dos primeiros cinco meses do ano para perceber que melhorias podiam ser feitas através da mudança na política de produção. Por chapa entende-se uma determinada combinação de matéria-prima e espessura como por exemplo S235JR de 5mm. Contaram-se as ordens de fabrico referentes às diferentes chapas e apresentam-se na Tabela 11 os resultados. O estudo visou apenas 23 semanas de trabalho é possível perceber que muitas chapas são utilizadas várias vezes por semana.

Tabela 11 - Chapa mais frequente

Matéria-prima	Espessura	Nº de ordens de fabrico
S235JR	5	86
S235JR	10	79
S235JR	6	72
S235JR	8	70
S235JR	12	68
S235JR	4	64
S235JR	3	58
S235JR	2	50
S235JR	15	48
AISI304	2	45
DD11	3	45
AISI304	3	44
AISI304	1,5	43
DD11	2	41
S275JR	20	40
DD11	4	31
AISI304	4	27
AISI304	5	26
S235JR	20	26
DD11	5	23
S275JR	30	23
DD11	10	22
DD11	1,5	22

No total, contabilizaram-se 2006 ordens de fabrico ao longo das 23 semanas em estudo. Caso se tivesse definido a implementação de uma regra em que se permitissem apenas 2 ordens de fabrico por semana para cada chapa, ter-se-iam evitado 362 ordens de fabrico (redução de 19%). Desta forma, os tempos de espera seriam no máximo de cerca de meia semana. Com a implementação do máximo em apenas uma ordem de fabrico eliminavam-se 982 ordens de fabrico (redução de 49%). Uma redução de quase metade das ordens de fabrico poderia ser atingida com tempos de espera de cerca de uma semana.

- **Chapas pouco frequentes**

Foram utilizadas, ao longo dos primeiros cinco meses do ano, 268 chapas diferentes sendo que a caracterização da chapa é feita pelo par de matéria-prima e espessura. Organizaram-se as diferentes chapas por ordem decrescente (em número de ordens de fabrico) obtendo-se os valores demonstrados na Figura 18 (organizados por frequência acumulada). Cerca de 80% das

ordens de fabrico referem-se a apenas 25% das chapas. Por outro lado, 149 chapas (cerca de 55% de toda a gama) foram utilizadas apenas uma ou duas vezes e por isso não é certo que compense manter este tipo de matérias-primas em inventário com uma taxa de utilização tão pouco frequente. Através da redução do número de chapas diferentes disponíveis e fabricáveis (e sua parametrização) poderia ser possível simplificar os processos, reduzir os custos de inventário e fazer uma melhor gestão das pontas de chapa.

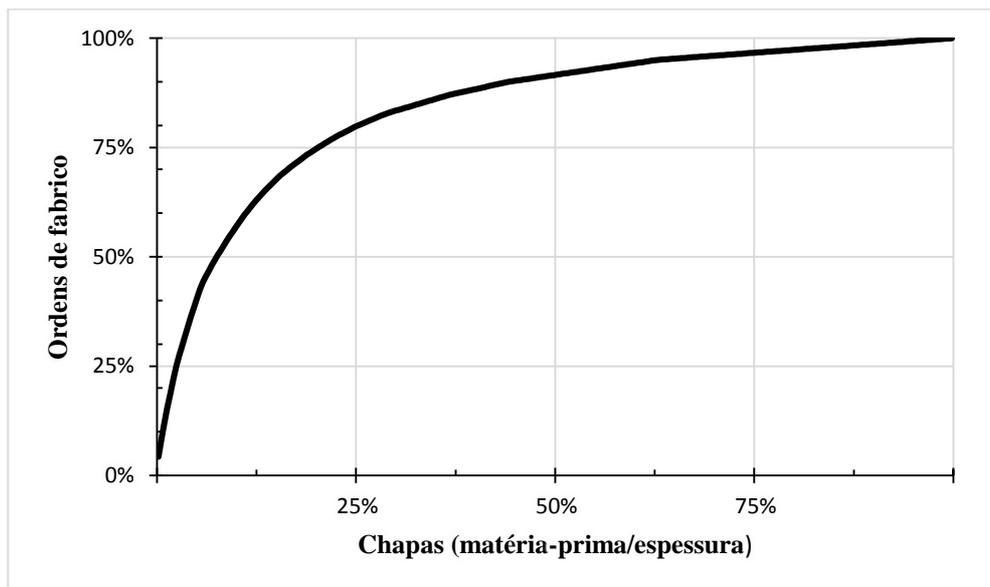


Figura 18 - Chapas mais frequentes

- **Produtos orçamentados e produtos produzidos**

É natural que uma empresa seja mais competitiva num produto do que noutros quando comparada com a concorrência mais direta. Estas diferenças podem ser devidas a fatores internos como a organização da empresa, o conhecimento dos colaboradores ou o tipo de equipamentos.

O Feliz Metalomecânica, pela sua história e pelas áreas de negócio que envolve (incluindo a construção metálica) consegue ter acesso a bons preços na aquisição dos diferentes aços carbono principalmente nas chapas mais pesadas (maior espessura). Por outro lado, no aço inoxidável e no alumínio é mais difícil fazer negócios devido ao elevado custo das matérias-primas.

Através dos pedidos de orçamentação é possível perceber quais as necessidades do mercado. A quantidade de encomendas que resulta das orçamentações permite perceber em que segmentos do mercado é que a empresa consegue um preço mais atrativo que os concorrentes.

Compararam-se por isso os orçamentos e as encomendas de maior valor ao longo das primeiras 23 semanas do ano. Quanto aos orçamentos selecionaram-se os 149 de maior valor que

totalizavam 84% do valor total orçamentado. No que diz respeito a encomendas selecionaram-se as 156 de maior valor totalizando 84% do valor encomendado.

Através da Figura 19 é possível verificar que a percentagem de alumínio orçamentado é semelhante à percentagem do volume de negócios relativa ao alumínio. As grandes diferenças notam-se no aço carbono e no aço inoxidável. Existe muita procura no aço inoxidável que não resulta em encomendas o que indica que os preços praticados são elevados. Mais de 20% do valor de produtos orçamentados diz respeito a aços inoxidáveis e apenas cerca de 5% do valor fabricado corresponde a esta matéria-prima.

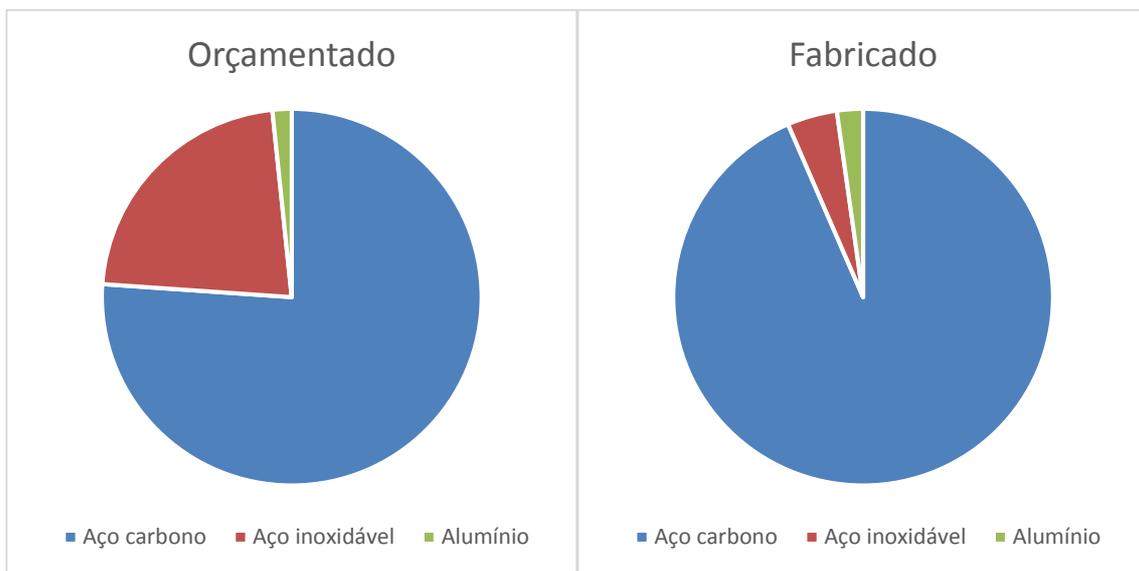


Figura 19 - Relação entre as matérias-primas orçamentadas e fabricadas

A principal conclusão a reter desta análise é que uma grande parte dos produtos de aço inoxidável não chegam a ser encomendados. Por outro lado, no aço carbono e no alumínio, a percentagem de produtos orçamentados que chega a ser produzido é muito maior.

5.6.4 Quinagem-Aquisição de dados reais

Nas peças com quinagem é mais difícil prever o tempo de produção do que no corte. Esta diferença deve-se ao facto de a preparação do corte ser feita maioritariamente pelos preparadores (não interferindo com a eficiência) enquanto na quinagem a maior parte da preparação é feita pelos próprios quinadores. Por outro lado, o facto das máquinas de corte laser possuírem um *software* próprio que integra as características da máquina facilita muito a previsão e cálculo dos tempos associados.

Notou-se que o quinador despendia grande parte do seu tempo de trabalho em preparação e afinação da máquina. Como a máquina está parada enquanto se procede à preparação e afinação da quinagem, o tempo de preparação foi considerado no primeiro modelo desenvolvido.

Durante a aquisição de dados reais avaliou-se a influência de algumas variáveis no tempo de quinagem efetiva. Considera-se por quinagem efetiva o tempo para a colocação da peça na máquina, para baixar/subir o punção e retirar a peça ou prepará-la para a seguinte quinagem. Noutros termos, o tempo de quinagem efetiva é o tempo dedicado exclusivamente a uma peça enquanto o tempo de preparação é o tempo que pode ser diluído pela quantidade de peças semelhantes. As variáveis consideradas foram: massa, comprimento e necessidade de a peça ser virada. Verificou-se durante a observação de sucessivas quinagens que o tempo de quinagem (após a preparação) não é diretamente proporcional ao número de quinagens que a peça necessita.

Na Tabela 12 apresentam-se os tempos que foram considerados necessários para cada peça em função da massa desta. Logicamente, em casos especiais, algumas quinagens envolvem dificuldades técnicas específicas e por esse motivo a orçamentação não pode ser feita com base em valores tabelados.

Tabela 12 - Tempos necessários com base na massa da peça

	Menos de 5 kg	5 a 15 kg	Mais de 15 kg ou Mais de 1 m
Tempo mínimo (s)	15	20	30
Tempo por quinagem (após a primeira) (s)	5	10	20
Tempo para rodar a peça (por volta) (s)	10	20	30

Para melhorar os valores necessários sugere-se a utilização dos dispositivos de controlo oficial, uma vez que estes facilmente recolhem tempos reais e a partir daí a comparação com os valores orçamentados torna-se mais fácil. Se existisse um histórico de tempos de quinagem mais facilmente se poderia desenvolver um algoritmo de orçamentação que tivesse bastante precisão.

6. NOVO MODELO PARA A ORÇAMENTAÇÃO

Após o estudo que foi feito presencialmente na empresa, foi possível compilar uma série de melhorias que podem ser introduzidas no processo de orçamentação para que este seja mais preciso, rápido e lógico. Neste capítulo encontram-se as alterações sugeridas tendo como base o modelo utilizado antes do início do estudo.

6.1 Processo

Como relatado ao longo deste documento, surgem ao longo do processo problemas que poderiam ser evitados se o processo (desde o pedido do cliente) fosse tratado de outra forma. A primeira alteração possível passaria pela distribuição pelos clientes (poderia ser feita por parte do departamento comercial) de uma folha de instruções e normas para o pedido de orçamentação.

A folha de instruções, que foi desenvolvida pelo autor, (disponível no Apêndice I – Folha de Normas para a Orçamentação) reúne algumas mudanças mais ou menos subtis na forma como os clientes devem preparar e enviar os seus pedidos para a empresa.

A principal dificuldade na implementação deste tipo de regras é que os clientes teriam de fazer alterações na sua própria estrutura. Esta mudança seria positiva porque:

- Tornaria a orçamentação mais rápida – grande parte do tempo necessário para orçamentar um processo deve-se à necessidade de perceber claramente o pedido que nem sempre é apresentado de forma clara;
- Evitaria contatos desnecessários - muitas vezes falta informação e os sucessivos contactos poderiam ser evitados se as especificações do pedido fossem claramente definidas;
- Eliminaría erros – é comum o surgimento de erros (dimensões, matérias-primas, etc.) que só é notado quando o orçamento está pronto ou até mesmo depois das peças serem produzidas e entregues.

Outra possível alteração poderia passar pela criação de uma plataforma informática para a transferência de informação (desenhos e especificações) desde o pedido do cliente até à preparação da produção. Esta página ajudaria também na definição das especificações desejadas, eliminando o espaço de dúvida e parametrizando as diferentes variáveis (por exemplo, escolha dentro das matérias disponíveis e eliminação das confusões causadas por

nomes comerciais para as matérias-primas, etc.). Muitas vezes surgem confusões devido ao facto dos clientes enviarem revisões dos desenhos e todo este processo fica confuso quando apenas o *e-mail* é utilizado.

A criação de uma plataforma *online* poderia permitir uma organização mais fácil dos pedidos de cliente, um controlo estatístico da eficiência dos pedidos de orçamentação, o registo histórico e base de dados de peças (para posterior acesso) e evitaria erros ou faltas de informação.

Como descrito, os processos são neste momento complexos e causam grandes perdas de tempo pela quantidade de informação que tem de ser transferida entre os diferentes *softwares* utilizados. Por outro lado, estas transferências de informação, muito dependentes da atenção do orçamentista, provocam mais erros do que se as fases do processo fossem integradas. Como forma de aligeirar os processos, tendo em conta que a orçamentação é um processo repetitivo (vários milhares de orçamentos por ano) talvez fosse conveniente uma análise por parte de um informático como forma de perceber como melhorar o processo permitindo aos orçamentistas perder menos tempo em operações repetitivas.

6.2 Rentabilização de recursos

Como descrito na análise do processo, existem neste momento demasiadas perdas de material por ser feito um mau aproveitamento da chapa. Este mau aproveitamento pode ser justificado por normalmente os clientes exigirem as peças para prazos curtos porém a negociação de peças para *stock* interno ou externo pode ser possível e traz seguramente vantagens.

A nível interno, outros departamentos gastam peças padrão que poderiam ser feitas para *stock* e utilizadas ao longo do tempo. Os níveis de stock poderiam ser regulados para encontrar uma solução ótima que não envolvesse demasiados custos de inventário. As vantagens da adoção desta filosofia seriam:

- Disponibilidade imediata das peças;
- Redução de desperdícios de matérias-primas;
- Redução do número de programas feitos;
- Redução do número de ordens de fabrico.

A nível externo, uma estratégia passaria pela procura de negócios que envolvessem longos prazos de entrega (ou peças para *stock*) que se caracterizassem por ter pouca área de chapa (facilitam o arranjo na chapa e o aproveitamento de espaços entre peças maiores) e grandes quantidades. Para estas peças, no limite utilizar-se-ia apenas matéria-prima que é enviada para

a sucata quando esta combinação não é feita. Na Figura 20 demonstram-se duas chapas em que o aproveitamento de matérias-primas é bastante distinto.

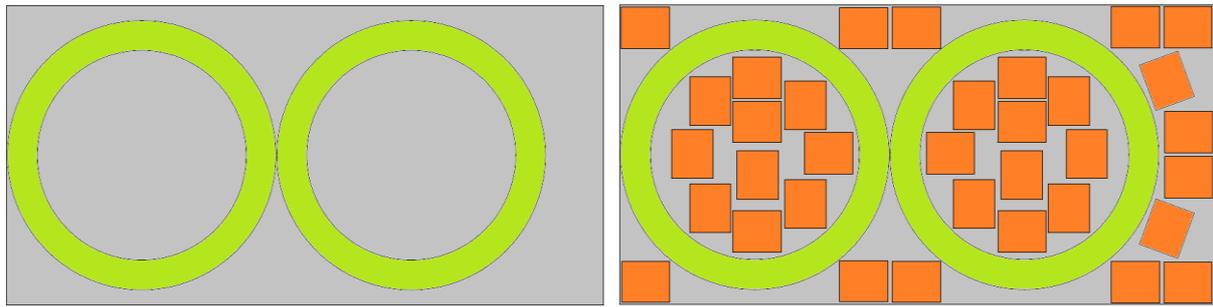


Figura 20 - Exemplo de diferentes aproveitamentos de chapa

A cinzento representam-se os desperdícios de material da chapa. Na chapa à esquerda 75% da chapa iria para a sucata, uma vez que no limite se guardariam em armazém os círculos internos e uma tira retirada da ponta. Ainda assim, é difícil manter a organização do inventário armazenando tantos pequenos pedaços de chapa uma vez que o inventário contempla várias espessuras e matérias-primas diferentes.

Sabendo que existe procura (interna ou externa) de forma regular por peças de mais pequenas dimensões e grandes quantidades, poderia aproveitar-se a chapa para juntar essas mesmas peças. Na direita, após conjugar peças mais pequenas, o desperdício foi reduzido para cerca de metade (37%).

Uma outra possibilidade, para reduzir a sucata, poderia passar pela sugestão aos clientes pela utilização de espessuras ligeiramente diferentes em que mesmo mantendo até o preço, poderia obter-se um aproveitamento da chapa muito superior e por isso poupar-se recursos.

6.3 Organização interna

Da forma que está organizada a gestão e o armazenamento das pontas existem muitos problemas tanto para os preparadores como para o pessoal da produção. A solução existente, baseada na visita ao armazém sempre que se prepara um programa ou uma ordem de fabrico, é custosa e pouco eficiente já que obriga a deslocações desnecessárias e não é fiável porque pode existir desorganização do armazém e aí não se conhecem com precisão as matérias-primas disponíveis. Por outro lado, o amontoado de pontas que existe em algumas situações dificulta ainda mais o processo.

A solução para este problema pode passar pela criação de uma pequena base de dados onde seja possível verificar as sobras de chapa que existem bem como a geometria destas (pelo menos

comprimento/largura do retângulo interno) o que já permitiria aos diferentes envolvidos no processo conhecer com alguma precisão as matérias-primas disponíveis.

Esta medida traria vantagens nas diversas etapas dos processos:

- Na orçamentação, quando fossem pedidas peças para as quais se pudesse aproveitar sobras antigas e de pouco uso, permitiria utilizar outra abordagem de negócio (com preços mais baixos) que permitissem gastar materiais que ocupam espaço;
- Na preparação seria possível saber exatamente quais as matérias-primas disponíveis para optar pela chapa que implicasse um menor desperdício sem ser necessária uma deslocação até ao armazém para medir as sobras existentes;
- Na produção, porque desta forma mais rapidamente se gastariam as pontas em armazém facilitando a gestão deste.

Por outro lado, a partir do momento em que uma chapa é utilizada, deveria ser feita uma marcação que permitisse um rápido acesso à mesma quando esta fosse selecionada pelos preparadores para ser usada na produção. A geração de um código aquando da preparação, a sua associação à ponta em questão (na base de dados) e a marcação da chapa após a produção, permitiria uma fácil comunicação entre a preparação e a produção sem quaisquer ambiguidades. Como referido, o tratamento dos desenhos é feito por duas vezes. Numa primeira fase (orçamentação) de uma forma mais simples e na segunda fase (preparação) com maior rigor para evitar erros. A melhor forma de resolver este problema passaria pela atribuição da responsabilidade pelos desenhos a uma só pessoa de maneira a que estes pudessem ser utilizados nas diversas fases do processo (orçamentação e preparação) sem quaisquer tipos de erros ou enganos.

6.4 Definição de preços

Tal como referido ao longo da secção “Consideração de outras variáveis”, não faz sentido cingir a definição dos custos e consequentemente dos preços apenas ao tempo de efetivo de corte e à matéria-prima necessária.

Dessa forma, a imposição das taxas referentes ao manuseamento da peça, da chapa e da preparação do processo poderia ser uma forma de refletir nos preços aplicados o esforço despendido nos diferentes processos. Ainda assim, quanto à preparação seria necessário uma revisão da forma de aplicação da taxa, uma vez que nem todas as ordens de fabrico obrigam ao

mesmo tempo de preparação e, frequentemente, uma ordem de fabrico serve mais do que um cliente.

Obviamente que a inclusão das taxas não serve apenas como penalização do cliente (e subida generalizada de preços) mas como ajuste aos processos que não justificam a logística que lhes é necessária. Por esse motivo, o valor por hora que neste momento absorve os custos de manuseamento de peça, manuseamento de chapa e preparação dos processos considerando-os como custos indiretos teria de ser revisto.

Uma outra forma de amenizar o problema que surge nos processos pequenos em que a consideração do tempo de corte efetivo é demasiado redutora, passa pela implementação de um desconto nas encomendas maiores.

O desconto, sendo dependente da quantidade de peças, do peso de matéria-prima, do número de chapas necessárias ou do valor da encomenda, permitiria que a área de negócios se tornasse mais competitiva nas grandes séries, sem prejuízo monetário, porque este tipo de processos permite aumentar consideravelmente o nível de utilização das máquinas de corte.

Outra alteração vai de encontro ao referido na secção “Rentabilização de recursos”. Em peças de pequenas dimensões, e sobretudo com prazos de entrega mais alargados, é possível fazer ajustes ao preço aplicado. Os prazos de entrega mais alargados permitem poupar matérias-primas, recursos humanos e combater ou amenizar os períodos de baixa produção.

Seria também importante que a área de negócios fizesse um estudo que permitisse definir claramente uma política de aproveitamento das sobras de matérias-primas. Como relatado na secção “TruTops Calculate” não estão claramente definidas as linhas de orientação da empresa e por isso é natural que os diferentes orçamentistas estejam a fazer considerações diferentes entre si e diferentes do que ocorre na realidade durante a preparação levando a incorretas avaliações dos custos com matérias-primas.

6.5 Variáveis dependentes das tecnologias utilizadas

Um dos principais problemas associados ao cálculo de custos com base no tempo de corte efetivo relaciona-se com o consumo de gases de corte. Em certas situações, o tempo de corte efetivo pode ser reduzido aumentando a velocidade de corte porém o consumo de gás não acompanha linearmente essa redução e por isso não faz sentido que este seja considerado como proporcional ao tempo.

Também entre diferentes matérias-primas ou chapas com diferentes espessuras existem diferenças no volume de gás consumido. Essas diferenças neste momento não são consideradas

aquando da orçamentação e desconhece-se o nível de influência nos custos reais associados ao corte. Para perceber o real impacto dos consumos de gás e concluir se é ou não conveniente considerá-los separadamente no processo de orçamentação deveria ser feito um estudo empírico dos consumos associados ao corte dos diferentes materiais a diferentes velocidades. A partir daí poderia escolher-se uma de duas abordagens: continuar a considerar estes custos como diretos ou passar a fazê-los depender do tipo de peça a ser cortada com a lógica correção do valor por hora para custos fixos indiretos. Outra forma poderia passar pela contabilização dos consumos de gás em cada processo produtivo e dessa recolha de informação poderia servir como informação para ser utilizada numa nova forma de cálculo dos custos.

Também nas quinagens se identificaram grandes diferenças entre orçamentistas. Por essa razão, optou-se por criar tabelas que permitissem estabelecer custos de forma mais lógica e coerente. Sendo certo que os sistemas utilizados até hoje são demasiado limitativos sugere-se a adoção de um tempo de preparação mínimo (independente da quantidade de peças iguais) que seria dividido pela quantidade de peças para a alocação do custo e a adoção do tempo de quinagem conforme apresentado na Tabela 12. Desta forma, em cada peça diferente seria sempre custeado um tempo de preparação (variável com a massa da peça) e o tempo para cada quinagem sem qualquer imprecisão do orçamentista independentemente de qualquer análise subjetiva do orçamentista. Ainda assim, estas tabelas não podem ser consideradas como definitivas uma vez que em peças especiais, que exijam maior complexidade técnica, estes valores devem ser revistos.

Outro fator não considerado até hoje relaciona-se com o fator de risco de defeitos e a possível necessidade de mais operações de fabrico para o cumprimento das especificações. Um exemplo muito frequentemente é de peças estreitas e compridas que tendencialmente geram empeno após o aquecimento que é feito durante o corte. Para essas peças é necessário recorrer a operações posteriores para garantir as tolerâncias geométricas pretendidas pelos clientes por isso seria vantajoso que se considerasse no momento da orçamentação um custo extra que cobrisse o trabalho nessas operações.

Em peças que são fabricadas frequentemente e que geram defeitos regularmente, deve ser feita uma análise séria para perceber se deve ser imputado algum custo extra para as operações de correção ou mesmo se será vantajoso continuar com a sua produção. Para evitar este tipo de defeitos frequentes bastaria desenvolver uma base de dados onde se associassem as especificações de peças à probabilidade de que ocorram erros. Por exemplo, no corte de uma peça com comprimento elevado e largura e espessura reduzida é provável que ocorram empenos por isso é sensato que essa previsão seja ponderada no orçamento.

6.6 Resultados esperados

Com a implementação das propostas sugeridas ao longo deste capítulo, prevê-se que sejam obtidas melhorias no processo e no funcionamento da empresa. Estas melhorias manifestam-se a partir de:

- Poupança de tempo de trabalho;
- Redução do número de defeitos por incumprimento de especificações;
- Redução dos prazos de entrega.

Instituindo-se a folha de instruções para os clientes e conseqüente normalização da informação pode esperar-se uma redução no trabalho de tratamento de desenhos. Segundo os orçamentistas, o tratamento de desenhos ocupa cerca de 30% do seu tempo de trabalho e por isso, este é o potencial de melhoria na eficiência e na redução do tempo de resposta a pedidos de orçamento. Para além da redução do tempo de resposta, a responsabilidade pelos desenhos, e por possíveis erros, passaria a ser apenas dos clientes, que os envia segundo regras muito bem definidas.

Recordando que a informação específica do processo passa do correio electrónico para o *TruTops*, depois para o *Excel* e finalmente para o *Primavera*, a simplificação deste processo melhoraria também a eficiência e a diminuiria os erros. Quanto à melhoria no aproveitamento da matéria-prima, é difícil, neste momento, estimar resultados uma vez que o grau de influência é dependente de fatores como: aumento dos prazos de entrega, redução do número de ordens de fabrico, diversidade e quantidade de produtos para *stock*, etc., porém ressalva-se que uma redução de 5% na quantidade de desperdício já permitiria a poupança de 10 a 20 toneladas de matérias-primas anualmente e conseqüentemente uma poupança de alguns milhares de euros. Numa típica visita ao armazém para escolha da matéria-prima a ser usada (quando se trata de sobras), os preparadores demoram cerca de 30 minutos e escolhem chapa para 4/5 ordens de fabrico. Tendo em conta que neste momento se realizam cerca de 2500 ordens de fabrico por ano, pode esperar-se uma poupança de cerca de 200 horas de trabalho anualmente (cerca de 10% da carga de trabalho de um dos colaboradores).

A carga de trabalho dos preparadores também poderia ser reduzida (aumentando a eficiência do trabalho) através da eliminação da redundância causada pelo duplo tratamento de desenhos. Estima-se que o tratamento de desenhos representa cerca de 35% da carga de trabalho dos preparadores e esse é o potencial de melhoria que pode ser atingido pela atribuição da tarefa a um responsável no início do processo ou pela normalização da informação no envio dos desenhos.

7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO

Neste capítulo apresentam-se as conclusões que surgem após a realização deste trabalho e sugestões de trabalho futuro. Apresentam-se também as limitações que surgiram ao longo destes meses que impediram a obtenção de resultados mais conclusivos.

O período de contacto com a empresa permitiu perceber, com clareza, que existe muita margem para progressão tanto a nível de mudanças estruturais como de eficiência do modelo de negócio. As mudanças estruturais são necessárias porque é claro que a área de negócio não está, neste momento, preparada para crescer e aceitar encomendas a uma escala maior.

Nos últimos anos têm-se assistido a muito investimento na área do corte laser. As empresas tendem a adaptar-se para que possam atuar melhor face aos seus concorrentes e assim conquistar os seus espaços de negócio. As adaptações que se aplicam têm obrigatoriamente de passar também pelos próprios sistemas de apuramento de custos e por isso este momento poderá ser importante para a introdução de novas metodologias. Algumas das sugestões referidas neste texto trariam melhorias no sistema de custeio utilizado pela empresa e por isso deve existir abertura para a aplicação das mesmas.

Tendo em conta que a principal aposta da empresa neste momento passa pelas encomendas de grandes séries, a empresa deve adotar uma política adequada a este tipo de negócios envolvendo os departamentos comercial e da qualidade.

Na orçamentação, notou-se um grande prejuízo das encomendas de grandes séries em função das pequenas séries proporcionado pelo modelo de orçamentação existente, centrado no valor por hora. Como referido ao longo deste texto, a maior mudança que se poderia estabelecer passaria pela consideração de outro tipo de fatores no momento do cálculo de custos, possibilitando uma revisão do valor por hora sustentável.

Através da implantação de algumas alterações na relação com o cliente, na gestão dos processos de orçamentação, preparação e produção pode alcançar-se uma melhoria da eficiência muito significativa que se demonstrará principalmente através de:

- Redução do trabalho repetitivo dos colaboradores;
- Diminuição do tempo de resposta a pedidos de orçamentação;
- Redução do desperdício de matérias-primas;
- Aquisição e tratamento de dados mais facilitados;
- Etc.

Foram também sugeridas várias alterações que deveriam ser feitas na empresa, a nível de organização do trabalho, divisão de tarefas e modificações nos processos. Prevê-se que estas mudanças tenham impacto positivo e significativo no dia-a-dia dos colaboradores e no desempenho da organização.

Espera-se que este trabalho possa ter uma contribuição importante para o futuro desta área de negócios, através das alterações que foram sendo sugeridas ao longo da dissertação e que possam vir a ser utilizadas como forma de análise dos novos modelos de orçamentação

A nível académico, a experiência revelou-se globalmente positiva. O principal objetivo passava por obter uma primeira experiência de vivência em contexto industrial e esse objetivo foi alcançado. A vida diária experienciada num ambiente empresarial permitiu contactar com muitas realidades da vida profissional nomeadamente: momentos de pressão, causados pelos apertados prazos de entrega, dificuldades na resolução de problemas, trocas de impressões entre colegas para melhores resultados, alterações na estrutura e nos colaboradores, etc..

As maiores limitações prenderam-se com o difícil acesso à informação que sustenta o modelo de orçamentação praticado. Tendo em conta que a orçamentação era baseada na integração de todos os custos para cálculo de um valor por hora teria sido interessante fazer um estudo de todos os valores que sustentam esse algoritmo no sentido de perceber quais poderiam ser atribuídos aos diferentes produtos.

Quanto a trabalhos futuros, seria vantajoso que a empresa fizesse um novo estudo de todos os custos existentes para que se pudesse estabelecer relações mais diretas entre o tipo de produtos e os custos que lhe são atribuídos. Dessa forma, poder-se-ia definitivamente subdividir o modelo anterior (baseado no valor por hora) uma vez que, apesar de este ser bastante prático e facilmente aplicável, é muito impreciso e não atribui os custos de forma razoável.

Por outro lado, sugere-se que seja feito um estudo do tipo de ferramentas que podem ser introduzidas na linha de produção, para que seja possível analisar, com mais clareza, a exatidão dos diferentes modelos de cálculo de custos que têm sido utilizados. A primeira fase deste processo passaria sempre pela introdução de ferramentas de controlo de produção para se obterem indicadores quantitativos do desempenho nas diferentes etapas do processo de produção.

Após um conhecimento mais rigoroso dos custos de produção sugere-se a implementação de algum módulo informático do sistema de gestão que permita fazer uma comparação entre os valores orçamentados e os valores obtidos na realidade. Dessa comparação será possível melhorar continuamente o sistema de custeio da empresa.

REFERÊNCIAS

- Almqvist, E. (2003). *History of Industrial Gases*. New York: Springer Science & Business Media.
- Alnoor, B., Horngren, C. T., & Datar, S. M. (2008). *Management and Cost Accounting*. New Jersey: Pearson Education.
- Badiru, A. B. (2013). *Handbook of Industrial and Systems Engineering, Second Edition*. New York: CRC Press.
- Black, J. (2008). *Lean Production: Implementing a World Class System*. New York: Industrial Press.
- Caristan, C. (2004). *Laser Cutting Guide for Manufacturing*. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers.
- Carlisle, R. (2010). *Scientific American Inventions and Discoveries*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Crosby, P. (1979). *Quality is free*. New York: McGraw-Hill.
- Dutta, M. (2003). *Cost Accounting: Principles And Practice*. New Delhi: Pearson Education India.
- Elshennawy, A. K., & Weheba, G. S. (2015). *Manufacturing Processes & Materials, 5th Edition*. Michigan: Society of Manufacturing Engineers.
- Fonseca, J. I. (1992). *Introdução à contabilidade de custos*. São Paulo: Curso sobre contabilidade de custos.
- Grote, K.-H., & Antonsson, E. K. (2009). *Springer Handbook of Mechanical Engineering, Volume 10*. Magdeburg: Springer Science & Business Media.
- Hackett, C. M. (2001). Plasma cutting stainless steel and aluminum. *The Fabricator*.
- Hansen, D., Mowen, M., & Guan, L. (2007). *Cost Management: Accounting and Control*. Mason: Cengage Learning.
- Hansen, D., Mowen, M., & Liming, G. (2007). *Cost Management: Accounting and Control*. Cengage Learning.
- Hussary, N., & Renault, T. (2007). The life and times of plasma cutting. *The Fabricator*.
- Hutchins, D. (1999). *Just in Time*. Hampshire: Gower Publishing, Ltd.
- Ion, J. (2005). *Laser Processing of Engineering Materials: Principles, Procedure and Industrial Application*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

- Kannatey-Asibu, E. J. (2009). *Principles of Laser Materials Processing*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Kaplan, R. S., & Cooper, R. (1998). *Cost & Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*. Cambridge: Harvard Business Press.
- Lal, J. (2009). *Cost Accounting*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.
- McIntyre, W. W. (2009). *Lean and Mean Process Improvement*. Florida: Walter McIntyre.
- Meisel, R. M., Babb, S. J., & Marsh, S. F. (2007). *The Executive Guide to Understanding and Implementing Lean Six Sigma: The Financial Impact*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Nigam, B., & Jain, I. (2001). *Cost Accounting: An Introduction*. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.
- Powell, J. (2012). *CO2 Laser Cutting*. Nottingham: Springer Science & Business Media.
- Rao, P. N. (2013). *Manufacturing Technology: Metal cutting and machine tools*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.
- Ryall, R. J. (1926). *Dictionary of Costing*. California: Sir I. Pitman.
- Schrader, G., & Elshennawy, A. (2000). *Manufacturing Processes and Materials, Fourth Edition*. Michigan: Society of Manufacturing Engineers.
- Shimbum, N. K. (1988). *Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects*. Oregon: Productivity Press.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland: Productivity Press.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1981). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. New York: Productivity Press.
- Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. Florida: CRC Press.
- Trumpf. (2015, Julho 23). Retrieved from Trumpf : <http://www.es.trumpf.com/es/productos/m225quinas-herramienta/productos/corte-de-tubos-por-laser/maquinas-de-corte-de-tubos/trulasertube7000.html>
- Trumpf. (2015, Agosto 12). *Trumpf*. Retrieved from Trumpf Machines: <http://www.trumpf-machines.com/en/products/2d-laser-cutting/laser-cutting-machines/trulaser-5030-5040-5060.html>
- Werkema, C. (2012). *Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil.
- Youssef, H. A., & El-Hofy, H. (2008). *Machining Technology: Machine Tools and Operation*. CRC Press.

APÊNDICE I – FOLHA DE NORMAS PARA A ORÇAMENTAÇÃO



Instruções para o pedido de orçamento

Ao longo do tempo notou-se que seria importante para os nossos clientes que os **pedidos de orçamentação fossem atendidos mais rapidamente**. Através deste procedimento a orçamentação pode ser feita mais rapidamente:

- Os desenhos das diferentes peças devem ser enviados em **ficheiros separados**;
- No desenho devem estar presentes apenas as **peças planificadas** com os contornos exteriores e interiores (linha de corte) e **linhas de quinagem**;
- Os desenhos devem estar em formato **dxg** (preferencial) ou **dwg**;
- Os desenhos devem estar representados em **mm** (escala 1:1);
- Os ficheiros devem ter o **nome/referência** da peça que representam;
- Para as **peças quinadas**, deve ser enviado um outro ficheiro com a representação dos **ângulos de quinagem**;
- Numa **tabela** anexa (no e-mail, em excel ou outro) deve constar:

Nome ou Referência	Matéria-Prima	Espessura	Quantidade

- Quaisquer outras **informações ou observações** que queiram ser comunicadas podem ser indicadas no **e-mail do pedido** ou **junto à tabela** de peças.