

MODELO DE CUSTEIO NOS PROJECTOS CABRIO

Paulo Jorge Madeira Coelho

Projeto de Mestrado
em Gestão de Projetos

Orientador:

Prof. Doutor Leandro Luís Pereira, Diretor do Mestrado Executivo em Gestão de Projetos,
ISCTE Business School

Outubro 2013

Resumo

Os desafios que as organizações hoje enfrentam são maiores que nunca, obrigando-as a uma adaptação quase diária. Além dos desafios internos, as organizações também se deparam com desafios de índole externa. No entanto, ainda que os primeiros possam ser facilmente influenciados pela organização, já os segundos assim não o serão. De facto, estamos perante uma conjuntura internacional em constante mudança onde a única certeza será a incerteza dos mercados.

Neste ambiente de competitividade com a conseqüente redução das margens de lucro, a estimação de custo assume um papel fundamental, na medida em que estimar-se o custo de um determinado produto o mais cedo possível e com grande precisão permitirá, por um lado, evitar investir recursos em produtos economicamente pouco viáveis ou mesmo inviáveis e, por outro, a possibilidade de se procurarem alternativas de conceção/ engenharia que resultem num produto e processo produtivo com menores custos.

O presente estudo, que se pretende que seja explanatório e didático, enquadra-se na investigação e desenvolvimento de um modelo de estimação de custo para capotas de automóveis *cabrio*, inserido na empresa Webasto Portugal.

Após o estudo de vários métodos de estimação de custo e recorrendo ao histórico de cinco projetos, desenvolveu-se um modelo paramétrico baseado em três variáveis, que permite estimar o custo com uma baixa margem de erro.

Importa referir que as capotas em análise seguem um padrão de produção semelhante pelo que face a outra realidade empresarial, como por exemplo diferentes tecnologias ou *labor rates*, o modelo poderá ter de ser adaptado.

Palavras-chave: Estimativa de custos; Modelos de estimação de custos; Regressão simples e regressão múltipla; Processo de desenvolvimento de uma estimativa de custo

Abstract

The challenges that organizations face today are bigger than ever, forcing them to adapt almost on a daily basis. In addition to the internal challenges, organizations also face challenges from external nature. However, even if the first can be easily influenced by the organization, it will not be the case for the second ones. In fact, we are facing an ever-changing international environment where the only certainty is the uncertainty behavior of the markets.

In this competitiveness environment, with the consequent profit margins' reduction, cost estimation assumes a key role, due to the fact that estimating the cost of a particular product as soon as possible and with great accuracy will allow, on the one hand, to avoid investing resources in lower economically viable products or even unfeasible and, on the other hand, the possibility of seeking alternatives for design engineering that results in a product and production process with lower costs.

The present study, intended to be explanatory and didactic, fits in the research and development of a cost estimation model for cabrios, inserted in Webasto Portugal Company.

After studying several methods of cost estimation and using the historical data of five projects, a parametric model based on three variables was developed, which allows the cost estimation with a low error margin.

It should be noted that the roofs under analysis follow a similar production standard which means that, facing another organizational reality, such as different technologies or labor rates, the model may have to be adapted.

Keywords: Cost estimation; Cost estimation models; Simple regression and multiple regression; Estimation cost development process

Agradecimentos

Ao meu orientador, o Professor Doutor Leandro Pereira, um agradecimento especial pela sua disponibilidade, motivação e indicações que se revelaram uma mais-valia para a realização deste trabalho.

À Webasto Portugal, por me ter permitido e suportado a realização deste trabalho. Um agradecimento a todos os meus colegas pela partilha das suas experiências. Um especial agradecimento ao Eng.º Rui Cunha, pelo apoio, cooperação e experiência transmitidos.

Ao ISCTE – Business School, pela forma profissional como lecionou o mestrado executivo em gestão de projetos.

Um agradecimento sincero à minha família, que tornou possível a minha formação académica e à qual devo o que sou hoje como pessoa.

À minha mulher agradeço de forma especial por todo o apoio, incentivo e, acima de tudo, compreensão pelos meus momentos de ausência para conseguir finalizar este projeto.

Finalmente, mas não menos importante, a minha gratidão para com todos os que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a concretização deste trabalho.

Índice

Índice de figuras	viii
Índice de tabelas	ix
Lista de abreviações	xi
Sumário executivo	xii
1. Definição do contexto do problema	14
1.1. Descrição do problema	14
1.2. Objetivo	14
2. Revisão da literatura	15
2.1. Definição de análise de custos e de estimativa de custos	15
2.2. Significância da estimação de custos.....	15
2.3. Métodos e técnicas de estimação de custo.....	16
2.4. Covariância e correlação	22
2.5. Regressão simples e regressão múltipla	23
2.6. Características básicas para uma estimativa de custos credível	26
2.7. Processo de desenvolvimento de uma estimativa de custo.....	27
2.8. Validação da estimativa de custo.....	28
2.9. Desafios na estimativa de custo	29
3. Quadro conceitual de referência	31
4. Metodologia	35
4.1. Instrumentos e técnicas de recolha e análise	35
4.2. Questão geral da investigação e hipótese	36
5. Análise de informação	37
5.1. Apresentação da empresa	37
5.2. Fase I - Recolha de dados e seleção das variáveis de custo	40
5.2.1. Recolha de dados	40
5.2.2. Seleção das variáveis de custo	44
5.3. Fase II e III - Cálculo e validação da CER	49
6. Conclusão	61
Referências	63
Apêndices	64
Apêndice A – Descrição dos 12 passos para uma estimativa de alta qualidade.....	65
Apêndice B – Normalização das rubricas de custos de cada projeto	68
Apêndice B.1. - Projeto #1	68
Apêndice B.2. - Projeto #2	72
Apêndice B.3. - Projeto #3	76
Apêndice B.4. - Projeto #4	80
Apêndice B.5. - Projeto #5	84
Apêndice C – Desenvolvimento do negócio e gama de produtos	88
Apêndice D – CBS (Cost Breakdown Structure)	89

Apêndice D.1. – CBS projeto #1	89
Apêndice D.2. – CBS projeto #2	90
Apêndice D.3. – CBS projeto #3	91
Apêndice D.4. – CBS projeto #4	92
Apêndice D.5. – CBS projeto #5	93
Apêndice E - Modelo de regressão linear simples (1 variável).....	94
Apêndice F - Modelo de regressão linear múltiplo (2 variáveis)	95
Apêndice G – Lista de equipamento e ferramentas.....	97

Índice de figuras

Figura 1 - Eficiência das modificações num produto.....	xiii
Figura 2 - Regressão simples: $Y = m_0 + m_X$	23
Figura 3 - Processo de estimativa de custo	27
Figura 4 - Os métodos de estimação de custo durante o ciclo de vida do produto	31
Figura 5 - Fases num processo da estimação de custo (Adaptado de Farineau <i>et al.</i> , 2001) ...	32
Figura 6 - Exemplo da estrutura de custos	35
Figura 7 - Organigrama Webasto Group (Adaptado de Jornal Webasto World, Fev. 2012)...	37
Figura 8 - Grupos de produtos na Webasto (Fonte: Webasto Group Intranet, Fev. 2012)	38
Figura 9 - Exemplos de produtos na Webasto (Adaptado de Webasto Group Intranet, 2012)	38
Figura 10 - VW-EOS RHT (<i>Retractable Hard Top</i>)	39
Figura 11 - Regra de pareto para o projeto #1	44
Figura 12 - Regra de pareto para o projeto #2	44
Figura 13 - Regra de pareto para o projeto #3	45
Figura 14 - Regra de pareto para o projeto #4	45
Figura 15 - Regra de pareto para o projeto #5	46
Figura 16 – Modelo de estimação de capotas	58
Figura 17 - Passos para recalibração da estimativa.....	62
Figura 18 - Desenvolvimento do negócio e evolução da gama de produtos (Fonte: Webasto Intranet SharePoint, Janeiro 2013)	88
Figura 19 - CBS para o projeto #1	89
Figura 20 - CBS para o projeto #2	90
Figura 21 - CBS para o projeto #3	91
Figura 22 - CBS para o projeto #4	92
Figura 23 - CBS para o projeto #5	93

Índice de tabelas

Tabela 1 - Exemplo de uma estimativa de custos analógica	17
Tabela 2 - Exemplo de um modelo paramétrico de estimação de custo	20
Tabela 3 - Pontos fortes, pontos fracos e adaptabilidade de cada método	22
Tabela 4 - Características para uma estimativa credível (Adaptado de GAO 2009, p.6)	26
Tabela 5 - Características para uma estimativa de qualidade (Adaptado de GAO 2009, p. 180)	29
Tabela 6 - Tipos de relação e equações gerais	34
Tabela 7 - Estrutura de custos para os projetos em análise	40
Tabela 8 - Rubricas de custo para o projeto #1	41
Tabela 9 - Rubricas de custo para o projeto #2	42
Tabela 10 - Rubricas de custo para o projeto #3	42
Tabela 11 - Rubricas de custo para o projeto #4	43
Tabela 12 - Rubricas de custo para o projeto #5	43
Tabela 13 - Variáveis para a rubrica BOM	47
Tabela 14 - Variáveis para a rubrica MATERIAL RUNNING COSTS	47
Tabela 15 - Variáveis para a rubrica LABOR COST.....	47
Tabela 16 - Variáveis para a rubrica OVERHEADS RUNNING COSTS	47
Tabela 17 - Variáveis para a rubrica INDIRECT LABOR	48
Tabela 18 - Variáveis que correspondem a 80% das rubricas de custos.....	48
Tabela 19 - Variáveis para construção do modelo paramétrico	49
Tabela 20 - Dicionário para variáveis não numéricas	49
Tabela 21 - Tabela de variáveis.....	50
Tabela 22 - Critérios análise de covariância	50
Tabela 23 - Matriz de covariância para as variáveis em análise	50

Tabela 24 - Análise de regressão estatística.....	52
Tabela 25 - Variáveis para cálculo da regressão	53
Tabela 26 - Modelo de regressão linear para a variável Tipo de Capota.....	53
Tabela 27 - Erro percentual, erro absoluto e coeficiente determinação para cada variável.....	54
Tabela 28 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Tipo de Capota.....	55
Tabela 29 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Km.....	55
Tabela 30 - Coeficiente de dispersão	56
Tabela 31 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Km e Scrap %.....	57
Tabela 32 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Km e Tipo Capota ..	57
Tabela 33 - Simulação da fórmula de estimação de custo	59
Tabela 34 - Descrição dos 12 passos para uma estimativa de alta qualidade (Adaptado de GAO 2009, p.9).....	67
Tabela 35 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #1.....	71
Tabela 36 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #2.....	75
Tabela 37- Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projecto #3.....	79
Tabela 38 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #4.....	83
Tabela 39 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #5.....	87
Tabela 40 - Simulação do modelo de regressão linear simples para todas as variáveis em análise.....	94
Tabela 41 - Simulação do modelo de regressão linear múltiplo para todas as combinações de duas variáveis	96
Tabela 42 - Matriz de equipamento e ferramentas para o projeto.....	98

Lista de abreviações

BOM.....	Bill Of Material
CBR.....	Case Based Reasoning
CER.....	Cost Estimating Relationship
DHS.....	Department of Homeland Security's
DOD.....	Department of Defense
DOE.....	Department of Energy
GAO.....	U.S. Government Accountability Office
ICEAA.....	International Cost Estimating and Analysis Association
ISPA.....	International Society of Parametric Analysts
NASA.....	National Aeronautics and Space Administration
PMI.....	Project Management Institute
PMBok.....	Project Management Body of Knowledge
SCEA.....	Society of Cost Estimating and Analysis
WBS.....	Work Breakdown Structure

Sumário executivo

Hoje mais do que nunca, as empresas têm de estar preparadas para enfrentar os riscos e desafios, quer sejam internos à organização, quer sejam de índole externa. A conjuntura macroeconómica marcada pela constante evolução dos mercados mundiais, a globalização com o papel crescente das economias emergentes (BRIC), a crise económica nomeadamente na Europa, a evolução tecnológica, entre outros fatores, obriga a um contínuo ciclo de readaptação muitas vezes complexo, por parte das empresas à realidade, de forma a manterem uma postura competitiva que lhes permita não só sobreviver mas, acima de tudo, crescer de forma sustentável. Neste sentido são muitas e diversas as políticas adotadas pelas empresas, desde políticas de desenvolvimento de novos produtos, de inovação e diferenciação, a políticas de redução de custos, parcerias, entre outras.

O aumento da competitividade e a conseqüente redução das margens de lucro dos produtos ou serviços prestados tem aumentado a importância do aspeto económico dos mesmos quando comparado com as suas qualidades técnicas. Esta conjuntura económica vem reforçar a importância da necessidade de se realizar uma estimativa de custo sempre que se pretenda desenhar e produzir um determinado produto. Por forma a evitar investir tempo e dinheiro em produtos que são economicamente pouco viáveis ou mesmo que se figuram inviáveis, é fundamental que se possa estimar o seu custo o mais cedo possível e com elevada precisão.

É precisamente neste campo da estimativa de custos que este trabalho se debruça. Aplicado à empresa Webasto Portugal, procura dar de uma forma rápida e precisa a todos os *stakeholders*¹, a resposta sobre qual será o custo estimado para a produção de uma capota face a um pedido de cotação, que por sua vez obedece a um determinado conjunto de requisitos e especificações definidas no caderno de encargos entregue pelo cliente. Um processo célere de estimação do valor do custo de produção facilmente permitirá comparar este último com o valor que o cliente espera pagar (isto se o valor for conhecido). Esta avaliação económica realizada o mais cedo possível é, assim, de fulcral importância para o construtor, uma vez que permitirá a este trabalhar na conceção/engenharia da capota de forma a reduzir os custos, procurando a melhor relação preço-funcionalidade, indo não só ao encontro do valor que o cliente espera pagar, mas também aumentando as margens de lucro e a competitividade face à

¹ De acordo com o PMBOK® Guide, os *stakeholders* são indivíduos ou entidades que estão ativamente envolvidos no projeto ou cujos interesses podem positivamente ou negativamente ser afetados pelo mesmo, ou são partes que podem exercer influência sobre o projeto e os seus resultados (Pereira, 2011).

concorrência. Nesta fase o construtor poderá, por exemplo, procurar outras tecnologias de produção mais económicas, e/ ou realizar pequenas alterações no produto sem no entanto pôr em causa o *design*, obedecendo sempre aos requisitos e especificações definidos pelo cliente no caderno de encargos.

Um modelo de estimação de custo poderá assim, fornecer o suporte à decisão, contribuindo para que esta se torne melhor e mais rápida, e, se necessário, atuar sobre a mesma de forma a criar-se mais valor económico para a organização. A possibilidade de se estimar numa fase inicial do projeto é ainda uma mais-valia para a organização na medida em que, quanto maior o avanço de um projeto, menor será a capacidade de baixar os custos, uma vez que o custo de qualquer alteração será cada vez maior com o avanço do mesmo, conforme representado na figura abaixo (Duverlie, 1999).

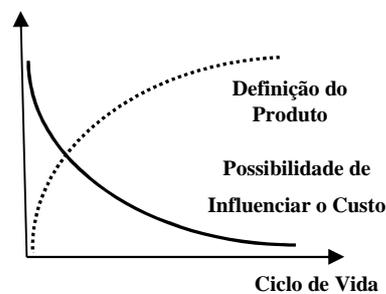


Figura 1 - Eficiência das modificações num produto

Hoje em dia são muitos os modelos e técnicas de estimação de custos disponíveis. No entanto, cada um deles terá a sua maior ou menor aplicabilidade dependendo da fase do ciclo de vida de um projeto. Tendo como base a revisão da literatura realizada, no presente estudo recorreu-se ao histórico de cinco projetos que serviram de base à formulação da hipótese de que, aplicando o modelo paramétrico, se consegue estimar o custo de uma capota para automóveis *cabrio* com uma margem de erro inferior a 20%.

Após a aplicação do modelo paramétrico, estatisticamente validado, concluiu-se que, recorrendo a três variáveis independentes (Tamanho, Km e Scrap%), se consegue estimar o valor de custo unitário para uma capota com um erro absoluto de 1,5%.

Uma recalibração do modelo deverá ser realizada periodicamente, pelo que os dados relativos a novos projetos devem ser guardados de forma a ser utilizados nesse processo.

1. Definição do contexto do problema

1.1. Descrição do problema

A Webasto Portugal é uma empresa do setor automóvel que se dedica à montagem de capotas para automóveis *cabrio*. De forma a manter a sua sustentabilidade, tem procurado, ao longo dos últimos anos, aumentar o seu volume de negócios pela conquista de novos projetos. Para além da concorrência externa à Webasto, enfrenta também a concorrência interna, entre as várias empresas da divisão *cabrio* que se encontram espalhadas pela Europa.

Procurando ganhar uma vantagem competitiva face à concorrência, o desenvolvimento de um modelo que permita estimar o custo de uma capota com o menor erro possível e de uma forma rápida a partir de um nível de informação macro, assume uma importância fulcral tendo em conta que tipicamente os prazos de resposta face às solicitações de cotação dos clientes são pequenos.

Adicionalmente importa também referir que os métodos tradicionais de estimação de custo tendem a ser aplicados depois de definidas todas as características do produto. O problema prende-se com a fase de conceção ou *design*, em que é difícil estimar custos antes da definição detalhada dos componentes do produto e quando existe apenas uma ideia geral das características que compõem o mesmo, ou seja, praticamente todo o espectro dos pedidos de cotação solicitados à Webasto.

Assim, assume-se de grande importância a construção de um modelo de estimação de custo que permita à empresa chegar rapidamente a um valor e, se for o caso disso, procurar alternativas que possam baixar o custo final da capota, proporcionando aos engenheiros a oportunidade de validar uma solução comparando-a com outras do ponto de vista económico.

1.2. Objetivo

É apresentado como principal objetivo deste trabalho a criação de um modelo de estimação de custo de uma capota para automóveis *cabrio* que possa servir de base à empresa Webasto Portugal, sempre que seja necessário responder às diversas solicitações de cotação, advenham estas internamente do grupo, ou de clientes externos. Pretende-se que este modelo seja de rápida execução e que apresente uma estimativa com um baixo valor de erro.

2. Revisão da literatura

2.1. Definição de análise de custos e de estimativa de custos

Muitas vezes os conceitos “estimativa de custos” e “análise de custos” misturam-se ou confundem-se. No entanto ambos têm significados diferentes, sendo que a estimativa de custos é uma atividade específica dentro da análise de custos. De acordo com US GAO (2009), **análise de custos** pode ser definida como:

- O processo de analisar, interpretar e estimar os recursos necessários para suportar sistemas no passado, no presente e no futuro, e selecionar alternativas;
- O esforço para desenvolver, analisar e documentar estimativas de custo recorrendo a técnicas e abordagens analíticas;
- Uma ferramenta para avaliar os recursos necessários nos pontos de decisão e *milestones* no processo de aquisição.

A **estimativa de custos**, por seu lado, envolve a recolha e análise de dados históricos e a aplicação de modelos quantitativos, de ferramentas e de técnicas para se prever o custo de um determinado projeto. A AACE International (2013: 25) define *Cost Estimate* como “A *compilation of all the probable costs of the elements of a project or effort included within an agreed upon scope.*”

2.2. Significância da estimação de custos

A estimação de custos é um elemento crítico em qualquer processo, quer ele seja de aquisição, de desenvolvimento ou de produção, e que suporta a decisão e avaliação dos recursos necessários. Os resultados obtidos através da estimativa de custo são usados para uma variedade de efeitos, incluindo os seguintes (Sullivan, 2011):

- Fornecer informação que possa ser usada para definir um preço de venda, quer seja para uma cotação, uma licitação, ou uma avaliação de contratos;
- Aferir se um determinado produto proposto pode ser produzido e distribuído tendo em conta a margem de lucro;
- Determinar qual a margem de capital que pode ser usado para alterações no processo ou outras melhorias;

- Estabelecer *benchmarks* para programas de melhoria de produtividade.

Frequentemente, depois de aprovada, a estimativa de custo, é utilizada como base para desenvolver um plano de utilização do *budget* ao longo do tempo. De facto, quanto maior a qualidade de uma estimativa de custos, maior será a sua credibilidade, o que por sua vez poderá ser bastante útil para justificar o *budget* necessário.

2.3. Métodos e técnicas de estimação de custo

São vários os métodos e técnicas que podem ser utilizados para uma estimação de custo. De acordo com vários normativos de referência, como o caso do PMBoK® (Project Management Institute, Inc, 2004), os mais usados nas estimativas são o método analógico, o método analítico ou *bottom-up* e o método paramétrico.

Outros métodos de estimação de custo incluem:

- A opinião de especialistas/peritos, que entra em conta com a experiência e conhecimento dos mesmos para a estimativa do custo;
- Ferramentas informáticas, como por exemplo folhas de cálculo, simuladores, ferramentas estatísticas, *softwares* de gestão, entre outros;
- Curvas de aprendizagem, que consistem numa forma de extrapolação dos custos reais.

I. Método analógico

Estimativa analógica ou também chamada de estimativa *top-down*, permite estimar o custo de um produto comparando com o custo de outros produtos existentes (Farineau et al. 2001). Recorre ao custo de produtos similares ajustando as diferenças para estimar o custo do novo produto. Tipicamente recorre-se a este método sempre que se queira estimar o custo numa fase inicial do ciclo de vida de um produto, onde a informação é escassa em detalhes mas onde as especificações técnicas são suficientemente boas para fazer os ajustes necessários (US GAO, 2009). Estes ajustes devem ser o mais objetivos possíveis, usando fatores que representam diferenças, como são os casos do tamanho, da tecnologia, da complexidade ou do desempenho. Por exemplo, se numa determinada estimativa de custo, se assume que um novo

componente irá ser 50% mais complexo que o atual mas não consegue explicar o porquê, então este fator de ajuste nunca poderá considerado e aceite. A complexidade deverá estar diretamente relacionada com os parâmetros do produto ou sistema; por exemplo, dizer que o novo produto será 50% mais leve, ou que demorará 50% do tempo a desempenhar uma determinada tarefa face ao produto ou sistema atual. Vejamos o seguinte exemplo meramente ilustrativo, de como um modelo analógico funciona para um sistema hidráulico, que faz o acionamento de uma capota de um modelo descapotável.

Parâmetro	Modelo Atual	Novo Modelo	Custo do novo modelo (assumindo uma relação linear)
Sistema hidráulico	VM1	VM2	
Nº cilindros	4	6	
Custo	1M €	X	Custo = (6/4) x 1M€ = 1,5M €

Tabela 1 - Exemplo de uma estimativa de custos analógica

A equação na tabela acima assume implicitamente uma relação linear entre o custo do sistema hidráulico e o número de cilindros que fazem parte do mesmo. No entanto, para que tal aconteça deverá haver uma razão científica ou de engenharia que fundamente por que é que o custo do sistema hidráulico é diretamente proporcional à quantidade de cilindros que o compõe. Sem mais dados, ou sem a opinião de um perito em custos de sistemas hidráulicos, é difícil saber-se quais os parâmetros que são os verdadeiros *cost drivers*.

As vantagens deste método passam pelo baixo custo de aplicação, pela rápida apresentação de soluções, e pela fácil aplicação por parte do usuário (Farineau et al. 2001). Por outro lado, ele necessita de uma boa base de dados e é geralmente menos preciso. É mais fidedigno, não só quando os produtos de projetos anteriores são de facto semelhantes, quer no que diz respeito à aparência, quer no que respeita às suas características técnicas, como também quando há um maior nível de conhecimento e experiência (*expertise*) de quem prepara a estimativa.

A analogia é muitas vezes utilizada como *cross-check* para outros métodos. Um caso particular dos métodos analógicos é o método *case-based reasoning* (CBR), que recorre a soluções de experiências ou casos anteriores para resolver um novo problema. Ele adapta as soluções passadas de forma a propor uma solução nova para o novo problema. Permite não só a combinação de vários métodos na fase de adaptação, como é ainda capaz de resolver casos particulares. Neste método, a base de dados desempenha o papel de uma memória coletiva da

empresa, sendo também um método evolutivo uma vez que a solução pode evoluir com a introdução de novos casos na base de dados (Farineau et al. 2001).

II. Método analítico ou bottom-up

Este método permite a estimação do custo de um produto a partir da decomposição do trabalho em tarefas individuais ou pacotes de trabalho (US GAO, 2009). Para cada um deles estima-se o seu custo chegando-se ao custo total da estimativa, efetuando-se a soma do custo de todas as tarefas individuais ou pacotes de trabalho. A precisão e o custo da estimativa estão relacionados, tanto com o tamanho, como com a complexidade de cada tarefa individual ou pacote de trabalho, ou seja, pequenas atividades aumentam tanto o custo como a precisão do processo de estimação.

Este método normalmente fornece resultados precisos, no entanto, necessita de informação detalhada sobre o produto e o processo de produção, por isso consome muito tempo para que se consiga recolher toda a informação necessária. Por outro lado, essa informação é normalmente escassa e de difícil acesso na fase de desenho do produto. O método analítico recorre a informação do departamento financeiro e de engenharia de uma empresa. Na prática, a estimação de custo utilizando este método é usada nas fases de desenvolvimento e de produção visando a estimação do custo de produção de um novo produto. Existem muitas ferramentas que utilizam este método, como por exemplo, *Cost Advantage (Cognition)* e *Devicode (CETIM)* (Farineau et al. 2001).

III. Método paramétrico ou modelação paramétrica

O modelo paramétrico ou, se quisermos, modelação paramétrica consiste, tal como o nome indica, na modelação de parâmetros que caracterizam um determinado produto, ou seja, utiliza as características do produto (parâmetros) num modelo matemático para prever os custos. Os modelos paramétricos são muitas vezes usados como forma de aconselhamento sobre a incerteza e os riscos associados aos custos e prazos do projeto (ISPA, 2008). No que diz respeito à complexidade, os modelos podem ser simples, como por exemplo, utilizar o custo por metro quadrado para estimar o custo total da construção de uma habitação, ou

complexos, ao utilizar por exemplo vários fatores para estimar o custo total da construção da habitação, incluindo o número de pisos, janelas e portas.

Os métodos paramétricos permitem a conversão de valores técnicos (volume, peso, material, potência, linhas de código, etc.) que caracterizam um produto, e que são do conhecimento do engenheiro, em custo, sem a necessidade de ter uma descrição detalhada do produto. É muito importante que os atributos ou parâmetros usados na estimativa de custo sejam os *cost drivers* do produto. Os parâmetros para os *cost drivers* encontram-se frequentemente nas especificações técnicas, ou no caderno de encargos do produto. O método paramétrico assume que os mesmos fatores que afetaram o custo no passado, irão continuar a afetar no futuro. Pressupõe o acesso a dados históricos, que por vezes poderão ser difíceis de obter. Se estes estão disponíveis então podem ser usados, por um lado para determinar os *cost drivers* e, por outro lado, para fornecer resultados estatísticos, sendo então ajustados para atender aos requisitos do novo produto. Ao contrário da analogia, o modelo paramétrico baseia-se em dados de muitos produtos sendo deste modo mais abrangente (US GAO, 2009).

Recorrendo aos dados históricos disponíveis, pretende-se através da estimativa paramétrica apresentar um custo que seja estatisticamente válido. Determinada a fórmula que nos permite chegar à estimativa de custo, ou seja, à relação da estimativa de custo paramétrica - CER (*Cost Estimating Relationship*) – poder-se-á então estimar o custo do novo produto, através da inserção das suas características específicas no modelo paramétrico. Importa ainda referir que as CER estabelecidas numa fase inicial do ciclo de vida do produto deverão ser frequentemente revistas de forma a assegurar-se que são atuais e que o intervalo dos dados ainda se aplica ao novo produto (US GAO, 2009). Para além disso, as relações de estimativa de custo paramétricas deverão ser bem documentadas, uma vez que podem ocorrer graves erros de estimativa se não forem corretamente usadas.

Algumas premissas são essenciais para a aplicação dos modelos paramétricos, sendo que em todos os casos deve existir um número mínimo de dados históricos adequados e relevantes, e os mesmos devem ser normalizados para obtermos uma estimativa de custo consistente e completa (US GAO, 2009).

Para se desenvolver uma CER paramétrica, é necessário determinar as variáveis ou, se quisermos, os *cost drivers*, que mais influenciam o custo. Depois de se estudar os requisitos técnicos e analisar os dados recorrendo, por exemplo, a gráficos de dispersão ou outros

métodos, deve-se analisar os *cost drivers* selecionados juntamente com os peritos. Após esta etapa, uma CER pode ser desenvolvida através de uma expressão matemática que pode variar de uma simples equação linear, a uma complexa equação de regressão. As CER mais simples incluem taxas, fatores e rácios (US GAO, 2009):

- **A taxa** faz recurso a um parâmetro para prever um custo, usando para tal uma relação de multiplicação. Definida a taxa como um custo em função de um parâmetro, as unidades da mesma serão sempre Euros por algo. Uma das taxas mais utilizadas na estimação de custos é a taxa de trabalho, expressa em euros por hora;
- **O fator** usa o custo de outro elemento para estimar o novo custo. Esse fator é depois multiplicado para se estimar o novo custo (fator de multiplicação). Por exemplo, os custos de marketing poderão ser estimados em 20% do total de custos de desenvolvimento de um novo produto;
- **O rácio** é uma relação entre duas grandezas e é muitas vezes usado na estimação do esforço. Por exemplo, pode-se dizer que o custo padrão da indústria para se montar um carro é de 10 horas por subcomponente (chassis, motor, pintura, interior e testes).

As taxas, fatores e rácios são muitas vezes o resultado de um simples cálculo, que muitas vezes não inclui quaisquer cálculos estatísticos. Em seguida vejamos um exemplo da CER para uma linha de montagem de capotas para automóveis.

Atributo	Cálculo
CER para abrir uma linha de montagem de capotas em função do número de postos de trabalho (PT)	$CER = 50.000€ + (20.000€ \times n.º \text{ PT})$
Intervalo de dados para a Relação de Estimação de Custo (CER)	20 – 50 PT (baseado no histórico de 10 projetos anteriores)
Custo para ativar 30 PT numa linha de montagem de capotas	$CER = 50.000€ + (20.000€ \times 30 \text{ PT})$ $CER = 650.000€$

Tabela 2 - Exemplo de um modelo paramétrico de estimação de custo

No exemplo acima, o número de postos de trabalho é o nosso *cost driver*. A equação linear apresenta uma componente fixa de 50.000€ e uma outra componente variável de 20.000€ por posto de trabalho. Neste exemplo podemos ainda referir que o intervalo de dados é de 20 a 50 postos de trabalho, pelo que esta relação de estimação de custo para uma linha de montagem não deverá ser usada para estimar o custo de uma linha de montagem com, por exemplo, 5 postos de trabalho ou de uma outra com mais de 100.

Importa ainda sublinhar que no extremo em que o número de postos de trabalho é zero, a equação apresenta um custo de 50.000€, o que não é lógico. Embora não sejam apresentados neste exemplo, para a relação de estimação de custo, quaisquer dados estatísticos, estes deverão fazer parte da mesma, pois vão permitir compreender o nível de variação dos dados e modelar o seu efeito com a análise de incerteza.

Cada um dos três métodos apresenta ainda pontos fortes, pontos fracos, assim como condições em que deverá ser aplicado. Essa análise encontra-se representada na tabela seguinte adaptada de US GAO (2009), ISPA (2008) e Farineau *et al.* (2001).

	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	APLICABILIDADE
ANALÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requer poucos dados, podendo ser usado antes da definição detalhada de requisitos; ▪ Baseado em dados atuais; ▪ Razoavelmente rápido; ▪ Baixo custo de aplicação; ▪ Fácil aplicação pelo usuário; ▪ O recurso a dados históricos é suficiente para que seja facilmente compreendido. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendência para ser subjetivo no que respeita aos fatores de ajuste dos parâmetros técnicos; ▪ Modelo cego no que respeita a <i>Cost drivers</i>; ▪ Baseia-se num único ponto de dados; ▪ A precisão depende da similaridade dos itens; ▪ É difícil avaliar o efeito de alterações de desenho; ▪ Muitas vezes é difícil encontrar dados exigidos para analogias. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quando os dados disponíveis são poucos; ▪ Para cruzamento de dados; ▪ Se se pretende ter uma ideia da estimativa de um modo grosseiro.
ENG. BUILD-UP / ANALÍTICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilmente auditado; ▪ Respeita os Prazos; ▪ Capacidade do estimador para determinar exatamente o que inclui a estimativa, e se nada foi esquecido; ▪ Sensível à taxa de trabalho (<i>Labor Rate</i>); ▪ Boa perceção dos maiores fatores de custo; ▪ Fácil transferência dos resultados para outros programas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requer um desenho detalhado, em que as especificações do produto têm de ser bem conhecidas e estáveis; ▪ Todas as alterações de produto e processo devem-se refletir na estimativa; ▪ Pesado, demorado e trabalhoso; ▪ Não é suficientemente flexível para responder a novas questões; ▪ A soma de pequenos erros pode-se tornar num erro grande; ▪ Alguns elementos podem ser omitidos por acidente; ▪ Para cada alternativa é necessário construir uma nova estimativa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estimativa de Produção; ▪ Desenvolvimento de <i>software</i>; ▪ Negociações.

PARAMÉTRICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporciona uma rápida estimativa; ▪ Encoraja à disciplina; ▪ Objetivo; ▪ Fácil seguimento do indicador de custos (<i>Cost Driver</i>) devido à sua fácil visibilidade; ▪ Não requer uma BOM; ▪ É mais fácil de lidar com alterações de âmbito, técnicas e de performance; ▪ Incorpora o efeito real (financiamento, dados técnicos, risco). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carece de detalhe; ▪ Barreiras culturais; ▪ Investimento do modelo; ▪ Necessário compreender o comportamento do modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estimativas de orçamentos; ▪ Estudos <i>Design-to-cost</i>; ▪ Para cruzamento de dados; ▪ Estimar a <i>Baseline</i>; ▪ Alocação de custos.
--------------------	--	--	--

Tabela 3 - Pontos fortes, pontos fracos e adaptabilidade de cada método

2.4. Covariância e correlação

As relações de estimativas de custo devem ser desenvolvidas utilizando técnicas de regressão de modo a poderem realizar-se inferências estatísticas. Marôco (2011: 673) define regressão como “...um conjunto vasto de técnicas estatísticas usadas para modelar relações entre variáveis e predizer o valor de uma variável dependente (ou de resposta), a partir de um conjunto de variáveis independentes (ou predictoras).”

Para o nosso estudo, o primeiro passo para se realizar uma análise de regressão é o de determinar qual é a relação existente entre custo – variável dependente – e os vários *cost drivers* – variáveis independentes. Essa relação é determinada recorrendo a um gráfico de dispersão dos dados; se os mesmos forem lineares podem encaixar-se numa regressão linear, se por sua vez forem não lineares, em que a transformação dos dados não produz um efeito linear, então pode ser usada uma regressão não linear (US GAO, 2009).

Importa então estudar a covariância, ou seja, como é que duas variáveis estão relacionadas. Quanto mais próxima do valor zero, menor a relação entre as variáveis, já se for diferente de zero, as variáveis podem apresentar uma determinada dependência entre si, sendo que um sinal positivo indica que elas se movem juntas, e um sinal negativo indica que elas se movem em direções opostas.

Partindo apenas da sua observação é difícil fazer qualquer julgamento sobre o poder da relação entre duas variáveis, pois ela não é padronizada. De forma a resolver esta situação,

a covariância é dividida pelo produto dos desvios-padrão das amostras das duas variáveis X e Y, ficando conseqüentemente padronizada. Esta medida de relacionamento é chamada de coeficiente de correlação (r), ou seja, é a medida padronizada da relação entre duas variáveis que permite estimar o grau de relacionamento linear entre elas.

A correlação nunca pode ser maior do que um ($r = 1$) ou menor do que menos um ($r = -1$). Se o valor da correlação se aproximar de zero significa que as duas variáveis não estão relacionadas. Uma correlação positiva indica que as duas variáveis evoluem no mesmo sentido, sendo a relação tanto maior quanto mais se aproximar de um. Ao contrário, uma correlação negativa indica que as duas variáveis evoluem em sentido inverso, sendo que a relação fica mais forte quanto mais se aproximar de menos um.

Importa referir que a correlação apenas consegue medir o grau de associação entre as variáveis, não sendo uma prova de causalidade entre elas (Martinez & Ferreira, 2010).

2.5. Regressão simples e regressão múltipla

Uma regressão simples é uma extensão do conceito correlação/covariância que tem por objetivo explicar e prever o comportamento da variável dependente partindo da variável independente. Se considerarmos a seguinte regressão simples:

$$Y = m_0 + m x \quad (1)$$

Y é a variável dependente e X a variável independente, e se as inserirmos num gráfico de dispersão, com Y no eixo vertical e X no eixo horizontal, a regressão tenta ajustar uma linha reta através dos pontos de tal modo que minimiza a soma dos desvios quadrados dos pontos da linha. Na figura abaixo vemos que quando a linha é ajustada, surgem dois parâmetros, um é o ponto em que a linha corta o eixo Y, chamado de interseção da regressão representado pela letra “ m_0 ”, e o outro é o declive da linha de regressão representado por “ m ”, que mede a direção e magnitude da relação.

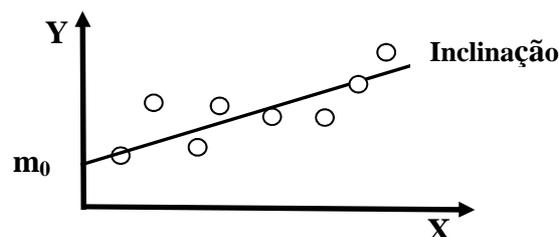


Figura 2 - Regressão simples: $Y = m_0 + m x$

Já a interceção da regressão “ m_0 ” pode ser lida como o valor que Y terá quando X é zero, ou então de uma forma mais direta baseada no modo de cálculo da mesma, como sendo a diferença entre o valor médio de Y e o valor ajustado da inclinação de X. Quando as duas variáveis (X e Y), estão correlacionadas positivamente, a inclinação também será positiva, se as duas variáveis estão correlacionadas negativamente, a inclinação será negativa.

O objetivo da regressão é o de prever com o máximo de precisão o valor da variável dependente (neste caso o custo) num determinado contexto real em função do conhecimento das variáveis independentes.

A regressão múltipla é uma extensão da regressão simples, em que é incluída mais do que uma variável independente (X_1, X_2, X_3, \dots) na tentativa de explicar a variável dependente Y. A formula da mesma pode ser:

$$Y = m_0 + m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots + m_n x_n \quad (2)$$

É importante ter em atenção que tanto a regressão simples como a múltipla baseiam-se numa relação linear entre a variável dependente e a variável independente. Se a relação é não-linear, o uso de uma regressão linear muito provavelmente conduzirá a predições incorretas. Em tais casos, as variáveis independentes precisarão de ser transformadas para tornar a relação mais linear.

Uma vez desenvolvida a regressão, os testes estatísticos terão de ser realizados de forma a determinar se a mesma é suficientemente robusta, ou seja, se o erro associado é o menor possível, para que possa ser usada na estimativa de custo. A maior parte dos testes estatísticos podem ser atualmente calculados a partir da função de análise de regressão presentes nas folhas de cálculo (US GAO, 2009). Entre as mais importantes estatísticas de regressão encontram-se:

- *Standard error* (SE);
- R-Quadrado (R^2);
- Estatística t (*Student*);
- Significância estatística;
- Estatística F (análise de variância).

Vamos então ver o significado de cada uma delas mais em detalhe.

Standard error (SE) ou desvio-padrão estimado numa série, mede a média do desvio em que os valores atuais de custo e os valores estimados variam. É desejável um valor baixo do SE (Sullivan *et al.*, 2011).

R-Quadrado (R^2) ou se quisermos chamar de coeficiente de determinação, mostra que percentagem de variação da variável dependente é explicada pela CER. Mede portanto a força ou intensidade da relação entre a variável independente e a variável dependente, variando no valor de 0 para 1. Se o valor for 1 há uma correlação perfeita na amostra entre a variável independente e a variável de custo (dependente). Por outro lado, se o coeficiente de determinação for 0, a equação de regressão não é útil na previsão de um valor de Y, uma vez que não existe qualquer relação entre custo e a variável. Significa portanto que quanto maior for o valor de R-Quadrado melhor (Farineau *et al.*, 2001; US GAO, 2009; ISPA, 2008).

Estatística t, foi introduzida em 1908 por William Sealy Gosset². É utilizada para se avaliar se os coeficientes individuais da equação são estatisticamente significativos. É calculada através da divisão do coeficiente do valor estimado pelo seu desvio-padrão.

Significância estatística, Se a probabilidade do coeficiente de uma variável independente for igual a zero, então ela poderá ser considerada estatisticamente significativa. O nível de significância refere-se à probabilidade de o resultado de correlação obtido se dever ao acaso, ou seja, níveis de significância próximos de 0 indicam que a relação é significativa, pois a probabilidade de o resultado ser aleatório é muito baixa. Por exemplo, um nível p de 0,05 (nível de significância), indica que há 5% de probabilidade de que a relação entre as variáveis, encontrada na amostra, não tenha significância estatística (US GAO, 2009).

A estatística F, ou o valor de F observado. Usado para determinar se a relação observada entre as variáveis dependentes e independentes e R^2 ocorre por acaso (Farineau *et al.*, 2001). É usada para verificar se a CER é estatisticamente significativa verificando se qualquer um dos coeficientes das variáveis é igual a zero. Quanto maior for a estatística F melhor será a regressão, no entanto, o importante é o nível de significância.

² William Sealy Gosset foi um químico da cervejaria Guinness em Dublin ("*student*" era seu pseudónimo). Gosset foi contratado por Claude Guinness que tinha como política recrutar os melhores alunos das universidades de Oxford e Cambridge para os cargos de bioquímico e estatístico da sua indústria Guinness. Gosset desenvolveu o Teste t de forma a monitorizar a qualidade da cerveja tipo *stout*. Ele publicou o Teste t na revista académica *Biometrika* em 1908, mas foi obrigado por Claude Guinness a usar o seu pseudónimo, que acreditava que o facto de usar estatística era um segredo industrial.

2.6. Características básicas para uma estimativa de custos credível

Desde há alguns anos que se tem vindo a estudar quais as características básicas que conduzem a uma estimação de custo eficaz. De acordo com o relatório de 1972 *Theory and Practice of Cost Estimating for Major Acquisitions* (US GAO, 2009) e que se mantém válido à data de hoje, essas características resumem-se a 9, conforme tabela seguinte:

Característica	Descrição
Identificação da tarefa	De forma a assegurar a elaboração de uma estimativa devidamente documentada, o estimador deverá estar provido com: <ul style="list-style-type: none"> - Descrição do produto, incluindo características técnicas e desempenho; - Regras básicas e suposições; - Condições e constrangimentos;
Participação dos Stakeholders na preparação de estimativas	Os <i>stakeholders</i> devem estar envolvidos na decisão dos objetivos pretendidos, nos requisitos e na definição dos parâmetros do produto; Os dados devem ser verificados de forma independente no que respeita à exatidão, integridade e fiabilidade.
Disponibilidade de dados válidos	Recorrer a várias fontes de dados adequadas e revelantes, usando o histórico de produtos semelhantes para projetar o custo de novos produtos; Estes dados devem estar diretamente relacionados com as características de desempenho do produto.
Estrutura padronizada para a estimativa	Usar uma WBS <i>standard</i> o mais detalhada possível, ajustando-a à medida que o produto se torna mais definido. O recurso a uma WBS assegura por um lado que partes da estimativa não sejam esquecidas, e por outro facilita a comparação com outros produtos ou programas.
Constituição de Provisões	Todas as incertezas devem ser identificadas e devem-se constituir provisões que possam cobrir o efeito da incerteza no custo da estimativa.
Ter em conta a inflação	A inflação, tal como outros aspetos económicos, deverão estar refletidos de forma adequada e realista no ciclo de vida da estimativa de custo.
Reconhecimento dos custos excluídos	Todos os custos associados ao produto devem ser incluídos, todos os outros excluídos devem ser conhecidos e justificada a sua exclusão.
Revisão independente das estimativas	A realização de uma análise a uma determinada estimativa por uma entidade independente é fundamental para a confiança na mesma. Essa análise independente deverá verificar e, se necessário, corrigir a estimativa de forma a garantir a consistência e integridade da mesma.
Revisão das estimativas sempre que haja alterações significativas	As estimativas devem ser atualizadas de modo a refletirem quaisquer alterações de requisitos do produto, uma vez que as mesmas poderão acarretar custos que poderão influenciar significativamente na tomada de decisão.

Tabela 4 - Características para uma estimativa credível (Adaptado de GAO 2009, p.6)

2.7. Processo de desenvolvimento de uma estimativa de custo

No desenvolvimento de uma estimativa de custo devem ser seguidas algumas boas práticas. Tal como o nome indica, estas práticas são o resultado de vários anos de estudos que representam um processo global de métodos estabelecidos e repetitivos que conduzem a estimativas de custo de grande qualidade, de fácil compreensão, precisas e abrangentes, que podem ser facilmente replicadas e atualizadas (US GAO 2009). Vejamos o exemplo abaixo.

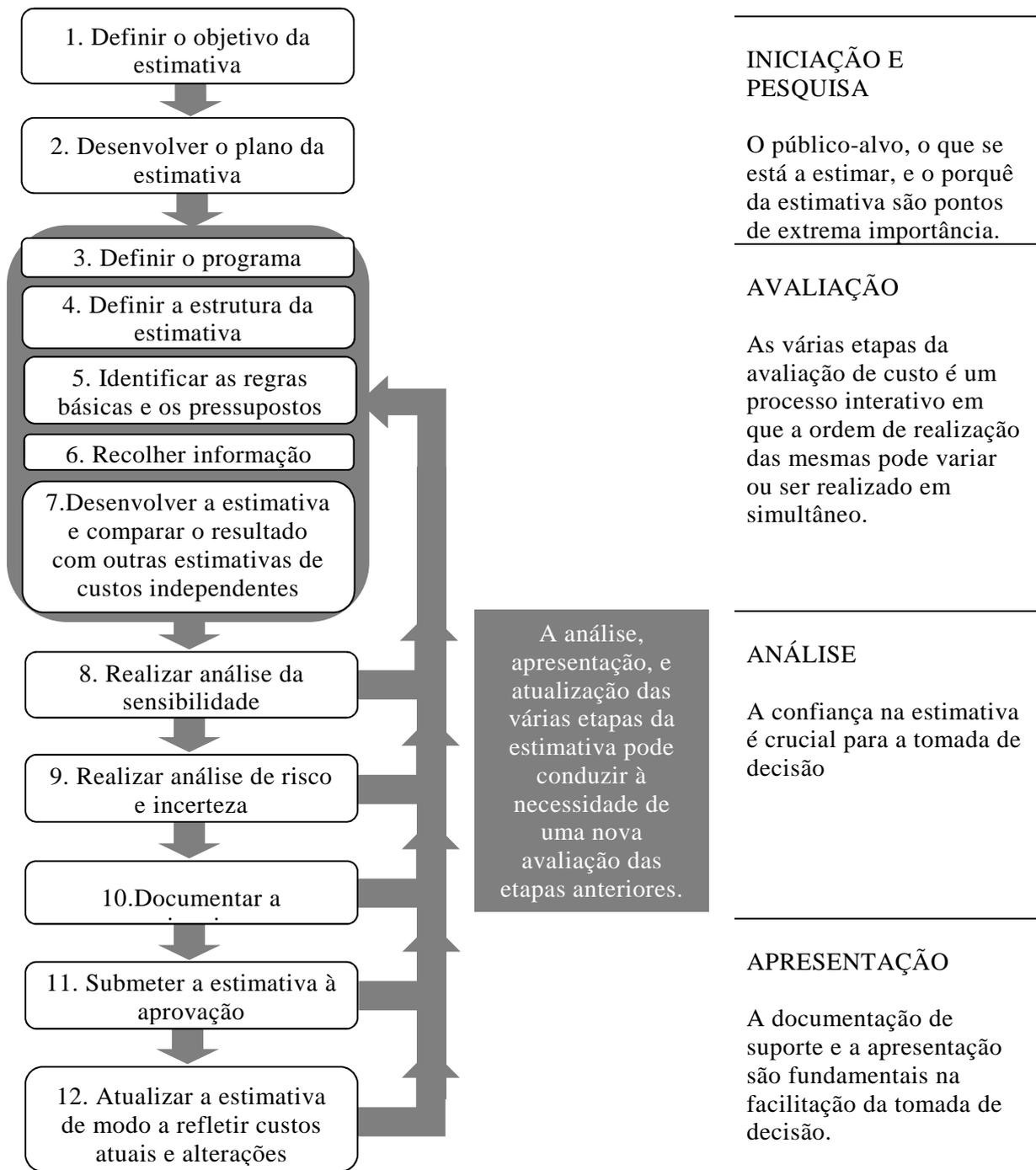


Figura 3 - Processo de estimativa de custo

Cada uma das 12 etapas retratadas na figura acima contribui, não só para o desenvolvimento de uma estimativa de elevada qualidade, como também para a entrega atempada da mesma, de modo a suportar e facilitar as tomadas de decisão. Estas etapas são referenciadas por várias instituições ou organismos de referência, como são os casos de GAO, DHS, DOD, DOE, NASA, SCEA, entre outros. Na tabela em apêndice A, procura-se explicar que tarefa ou conjunto de tarefas estão associadas a cada uma das etapas.

2.8. Validação da estimativa de custo

Sempre que se desenvolva um modelo de estimativa de custo, dever-se-á proceder à validação dos seus elementos de custo no que respeita à sua credibilidade. É importante que os dados sejam adequados, os métodos de estimativa aceites e a documentação o mais detalhada possível. Só assim se poderá desenvolver um modelo com qualidade, que por um lado forneça uma estimativa o mais precisa possível baseada em pressupostos reais de quanto será o custo total, e que por outro, possa ser facilmente justificado e aceite por quem o irá utilizar (US GAO, 2009).

A validação será sempre, portanto, uma boa prática. As melhores práticas estabelecidas por profissionais e organizações da área de análise de custos, como por exemplo a SCEA, identificam quatro características fundamentais para uma estimativa de custo fiável e com elevada qualidade:

1. Bem documentada;
2. Abrangente e de fácil compreensão;
3. Precisa;
4. Credível.

Vejamos cada uma delas em mais detalhe relacionando-as com as respetivas 12 etapas de uma estimativa com elevada qualidade descritas na figura anterior.

Característica	Etapa da Estimativa
Bem documentada , ou seja, que inclua os dados originais, cálculos detalhados e resultados claros. Que inclua a explicação do porquê de determinados métodos e referências terem sido escolhidos e tomados em linha de conta. Os dados deverão ainda permitir a sua rastreabilidade até à origem	1. / 3. / 5. / 6. / 10. / 11.

dos mesmos sempre que sejam auditados. Uma documentação com rigor não só aumenta a credibilidade de estimativa como serve de suporte à tomada de decisões por parte de uma organização.	
Abrangente e de fácil compreensão , ser suficientemente detalhada e consistente para assegurar que nenhum elemento de custo seja esquecido ou contabilizado duas vezes.	2. / 4.
Precisa , que seja imparcial, ou seja, que não seja nem demasiado otimista nem demasiado pessimista, baseando-se na maior probabilidade dos custos. Se os erros matemáticos existirem, que sejam mínimos. Sempre que haja alterações nos planos ou pressupostos deverá haver o cuidado de rever a estimativa, por forma a mantê-la atualizada.	7. / 12.
Credível , que alguma limitação na análise devida à incerteza dos dados ou a suposições, seja discutida. Que a análise de risco e incerteza seja realizada para se determinar o nível de risco associado com a estimativa. Que seja feito um cruzamento de dados aos resultados da estimativa. E que se verifique se outros métodos de estimação de custo independentes produzem resultados semelhantes.	7. / 8. / 9.

Tabela 5 - Características para uma estimativa de qualidade (Adaptado de GAO 2009, p. 180)

2.9. Desafios na estimativa de custo

Já vimos que efetuar uma estimativa com qualidade requer, entre outras coisas:

- O acesso a documentação detalhada e dados históricos;
- O conhecimento dos requisitos do programa;
- A realização de uma análise de risco e incerteza;
- Analistas com experiência e conhecimento;
- A realização de planos de contingência;
- Outros.

Na maior parte dos casos, quanto melhores forem os dados disponíveis, assim como a experiência e conhecimento do estimador, melhor será o resultado da estimativa do ponto de vista da minimização do erro.

Durante um processo de estimação são vários os desafios que vão surgindo e que muitas vezes levam a estimativas erradas, desfasadas da realidade. São alguns exemplos os seguintes (US GAO, 2009):

- Existência de poucos dados ou dados pouco fiáveis;
- Dados não normalizados;
- Nova tecnologia ou tecnologia complexa e pouco dominada que poderá não estar pronta a usar no momento em que a mesma seja necessária, levando a um aumento de custos que não estavam previstos;
- Otimismo na estimação, risco de sobrestimar ou de subestimar;
- Inexperiência do estimador de custo;
- Projeções irrealistas (por exemplo, poupanças);
- Instabilidade do programa ou projeto devido, por exemplo, a constantes alterações no *design* ou a cortes no *budget*;
- Outros.

É também importante realçar que por vezes limitações ao nível de tempo e de fundos, provocam constrangimentos no processo de estimativa de custos que poderão ter impacto na qualidade da mesma. Por exemplo, se no processo de recolha, análise e normalização de dados, que tipicamente necessita de bastante tempo, existir a pressão do tempo, pode-se facilmente cair no risco de se deixar dados para trás que poderão ter um impacto significativo na estimativa.

Finalmente, uma breve nota sobre os desafios da partilha de informação entre a “comunidade de custos”. Um dos *papers* apresentados na última *International Cost Estimating and Analysis Association Annual Conference* em Junho de 2013, aborda precisamente a temática da recolha e partilha de informação. Segundo Harper e Dorr (2013), se por um lado, o ato de encontrar ou partilhar dados de custos dentro da própria organização é já de si um processo difícil, por outro, fora dela torna-se muitas vezes um grande desafio. Na sua apresentação referem-se a “*Huge challenge when it comes to sharing or finding useful cost Factors, Analogies, CER’s & Techniques/Studies (FACTS)*”. O FACTS é um projeto de pesquisa interno que pretende superar este desafio e facilitar a partilha da informação pela “comunidade de custos”. Apresentam como uma solução “*The handshake*”, uma plataforma de rede social *open source*, desenvolvida pelo MITRE Corporation³ em que a informação (*cost Factors, Analogies, CER’s & Techniques/Studies*) é guardada e disponibilizada.

³MITRE Corporation é uma organização americana sem fins lucrativos fundada em 1958, que fornece sistemas de engenharia, pesquisa e desenvolvimento e tecnologia de informação de suporte ao governo.

3. Quadro concetual de referência

Sendo a estimativa de custo “*the predictive process used to quantify, cost, and price the resources required by the scope of an investment option, activity, or project*” (Borowicz *et al.*, 2013: 1), espera-se que a mesma seja o mais exata possível, condição considerada fundamental para os *stakeholders*. Exemplos disso são o promotor do projeto que irá alicerçar o cálculo do retorno do capital investido na estimativa, o departamento financeiro que irá basear-se na mesma para a gestão de *cash flows* e o gestor de projetos que usará a estimativa como *baseline* para o custo e prazo (Ogilvie *et al.*, 2012).

O processo de estimação de custo inclui: o planeamento da estimativa, a definição do âmbito da estimativa, a determinação de custos para esse âmbito, o preço do projeto, a revisão, validação e documentação da estimativa (Borowicz *et al.*, 2013). Vimos que essencialmente são usados três métodos de estimação de custo durante o ciclo de vida de um produto: método analítico, método analógico, método paramétrico. A seleção do método a aplicar depende da fase do ciclo de vida em que se encontra o produto, existindo uns melhores que outros dependendo do contexto (Duverlie, 1999). A figura abaixo ilustra as diferentes fases do ciclo de vida de um produto relacionando-as com os três métodos de estimação.

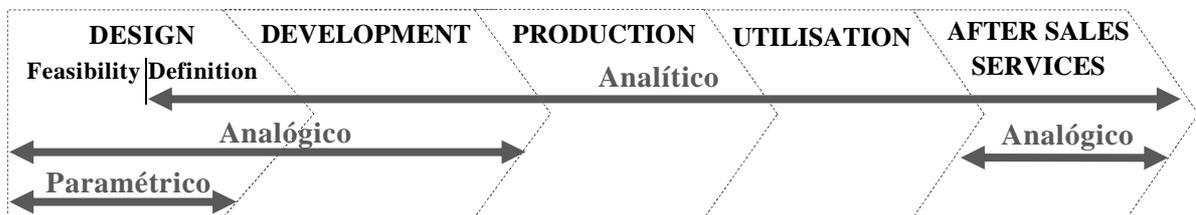


Figura 4 - Os métodos de estimação de custo durante o ciclo de vida do produto

No processo de estimação de custos é frequente surgirem dificuldades metodológicas na fase de *design*, independentemente do método utilizado. A descrição física do produto nem sempre é fácil, pois este ainda não se encontra completamente definido, podendo sofrer alterações. No entanto, a descrição física é necessária em todos os três métodos apresentados:

- No **analógico**, para determinar o grau de semelhança com outros produtos;
- Para aplicar a CER, na **estimação paramétrica**;
- Para determinar o procedimento de produção, usando o método **analítico**.

No que diz respeito ao processo de produção, na fase de *design*, este não se encontra ainda definido ou é desconhecido, o que inviabiliza o uso do método analítico. De acordo com

recomendações internacionais, como a NASA ou o ISPA, a utilização de modelos paramétricos deverá ser usada em detrimento e substituição de abordagens mais elaboradas, cujo rigor é questionável e são consumidores de esforço.

Face ao exposto, a elaboração deste modelo irá debruçar-se sobre a aplicação do método paramétrico para determinar a estimativa de custo para uma capota. É de facto uma ferramenta bastante útil para preparar estimativas numa fase inicial de conceção, onde a informação técnica é insuficiente para que possam ser utilizados outros métodos mais detalhados (Dysert, 2001). É utilizado na fase de *design*, onde após recebido o caderno de encargos do produto enviado pelo cliente, o fator *time to market* se torna crucial, uma vez que os prazos para responder aos pedidos de cotação são normalmente curtos. Chegando rapidamente a um valor do custo, ter-se-á mais tempo, se for o caso, para uma análise conjunta com os vários especialistas de cada departamento da empresa (qualidade, engenharia de produto, R&D, compras, manufatura, etc.), que possa conduzir a uma otimização do produto e do processo produtivo, resultando na redução do custo. O modelo paramétrico recorre a dados históricos e a técnicas estatísticas para desenvolver uma CER. Durante o processo de criação de uma CER, é fundamental utilizar-se uma metodologia clara de forma a evitar erros que possam reduzir a sua precisão (Farineau *et al.*, 2009). O processo desta metodologia é composto por três fases principais, a recolha e a análise de dados, o cálculo da CER, e a validação da CER, representadas na figura seguinte. Estas três fases requerem várias ferramentas matemáticas, como são os casos de métodos para análise de dados e métodos de regressão, resumidos nos capítulos anteriores.

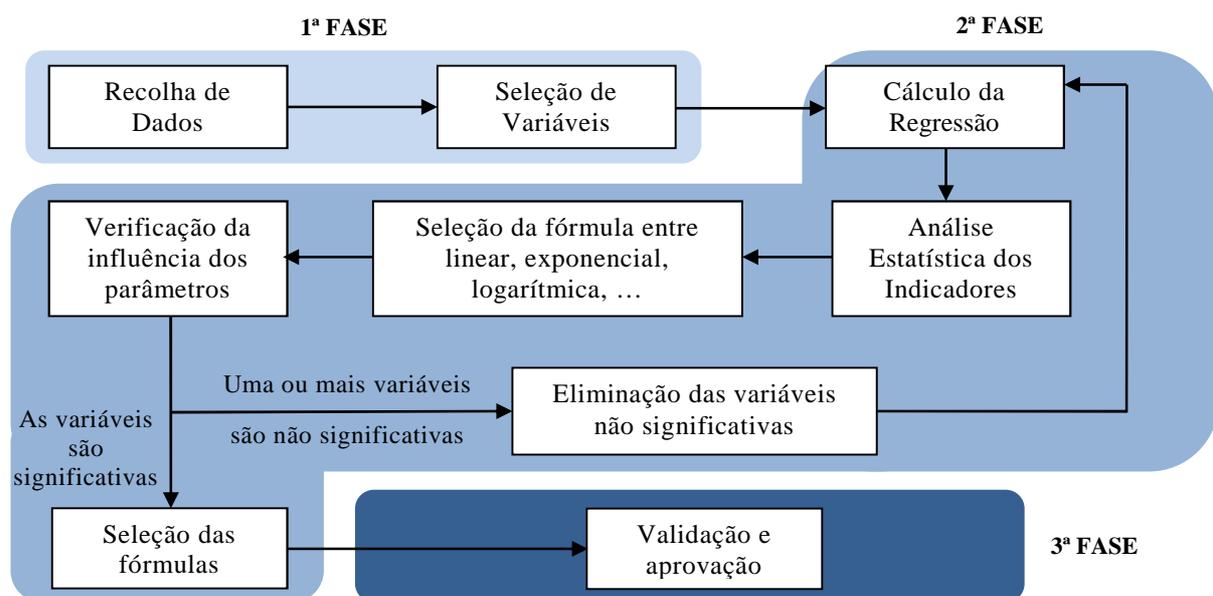


Figura 5 - Fases num processo da estimação de custo (Adaptado de Farineau *et al.*, 2001)

1ª Fase: Recolha de dados e seleção de variáveis.

O primeiro passo será definir o âmbito do modelo paramétrico. Nesta fase aconselha-se a desenvolver uma WBS pois, por um lado, é uma boa forma de descrever o problema, e por outro, ajuda a identificar potenciais *cost drivers* para o desenvolvimento da CER (Sullivan *et al.*, 2011). A recolha e análise de dados é a fase mais importante para a construção da fórmula de estimação de custo, pois a qualidade e a precisão irão ser largamente influenciadas pelos dados. Nesta fase reúne-se a quantidade máxima de informação em relação ao âmbito para o qual pretendemos realizar uma CER. É aconselhável proceder a uma recolha a um nível mais micro e só mais tarde agregar os dados, se isso contribuir para um melhor modelo (Larry, & Dysert, 2008). Mais uma vez o recurso a uma WBS é uma boa forma de organizar os dados e de assegurar que nenhum elemento é negligenciado (Sullivan *et al.*, 2011). Detalhes como o ano a que os dados de custo se referem (para a normalização), assim como a localização, a complexidade ou todos que possam afetar os custos, devem ser incluídos.

Após a recolha dos dados, segue-se a normalização dos mesmos antes de se partir para a análise. Normalizar significa ajustar os dados tendo em conta as diferenças entre os dados reais para cada projeto e uma base padrão que será usada no modelo paramétrico (Larry, & Dysert, 2008). Por exemplo, atualizar os custos de anos anteriores para o presente, tendo em conta o nível de inflação de cada ano, ou ainda atualizar *labor rates*.

2ª Fase: Cálculo da CER.

Existe um vasto número de métodos e técnicas que podem ser utilizados na análise de dados. Esta tipicamente consiste em realizar-se uma análise de regressão dos custos *versus* determinados parâmetros ou variáveis selecionadas de modo a chegar-se aos *cost drivers* chave para o modelo (Larry, & Dysert, 2008). Hoje em dia a utilização de *softwares*, uns com mais funcionalidades que outros, vieram simplificar o trabalho. Efetivamente, a maioria das folhas de cálculo permite simular e efetuar análises de regressão. Os dados normalizados são carregados e várias simulações de análise de regressão linear e não-linear permitem determinar os melhores algoritmos que farão parte do modelo paramétrico. A tabela seguinte apresenta os tipos de equações mais comuns no desenvolvimento de uma CER (Sullivan *et al.*, 2011).

Relação	Equação Geral
Linear	Custo (Y) = m₀ + m₁ x₁ + m₂ x₂ + ...
Potencial	Custo (Y) = m₀ + m₁ x₁^{n₁} + m₂ x₂^{n₂} + ...
Logarítmica	Custo (Y) = m₀ + m₁ log(x₁) + m₂ log(x₂) + ...
Exponencial	Custo (Y) = m₀ + m₁ exp^{n₁x₁} + m₂ exp^{n₂x₂} + ...

Tabela 6 - Tipos de relação e equações gerais

Com m₀, m₁ e m₂ a representarem constantes e x₁ e x₂ as variáveis.

Depois de determinado o tipo de equação a utilizar, é necessário determinar os valores dos coeficientes da equação. Uma das técnicas mais comuns é recorrer ao método dos mínimos quadrados, que procura encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados (Sullivan *et al.*, 2011). Este método tem como requisitos que exista uma relação linear entre a variável independente – *cost driver* – e a variável dependente – o custo – e que a distribuição seja normal e independente.

3ª Fase: Validação da CER.

Depois de desenvolvida a CER é fundamental que a mesma seja testada no que diz respeito à sua precisão e validade da estimação do custo (Larry, & Dysert, 2008). Vários testes estatísticos permitem aferir da qualidade, precisão e aplicabilidade da fórmula da CER. Entre eles constam, conforme já descrito em capítulo anterior, os seguintes:

- *Standard error* (SE);
- R-Quadrado (R²);
- Significância estatística;
- Estatística F (análise de variância);
- Estatística t (*Student*).

4. Metodologia

4.1. Instrumentos e técnicas de recolha e análise

Este estudo propõe-se desenvolver um modelo de estimação de custo para capotas de *cabriolets* inserido na empresa Webasto Portugal. Pretende-se com este modelo dotar a empresa de uma ferramenta que lhe permita, de uma forma simples e rápida, poder estimar o custo de uma capota e, caso necessário, prover ações que possam, em tempo útil, reduzir os custos, aumentando assim a sua vantagem competitiva face à concorrência.

Com o intuito de dar resposta ao estudo, recorreu-se aos dados históricos de cinco projetos de convertíveis do grupo Webasto entre os anos de 2010 e 2012. Cada um dos projetos foi identificado como Projeto #1, Projeto #2, Projeto #3, Projeto #4, Projeto #5. Recorrendo à folha de cálculo do Microsoft Excel criou-se uma tabela padrão onde se colocaram todos os dados recolhidos para cada um dos projetos. Existiu o cuidado de se criar uma estrutura de apresentação dos custos comum a todos os projetos e alinhada com as folhas de cálculo utilizadas atualmente pela empresa. Essa estrutura possui 3 níveis de detalhe, conforme o exemplo seguinte, para o custo de material por capota (*material per piece*):

5. MATERIAL PER PIECE		1º Nível	728,37 €
5.1. BILL OF MATERIAL		2º Nível	615,00 €
5.2. RUNNING COSTS/PIECE			113,37 € 16 Racks/Camião
- TRANSP. COSTS INBOUND			28,09 €
- TRANSP. COSTS OUTBOUND			74,72 € 2060Km; 3 roof/rack
- ADVANCED WAREHOUSE		3º Nível	4,41 €
- SCRAP RATE FOR MATERIAL			6,15 € (1% x BOM)

Figura 6 - Exemplo da estrutura de custos

As estruturas de custo com os três níveis para cada um dos projetos em análise podem ser visualizadas no apêndice B. Algumas rubricas são alimentadas com o *output* do trabalho realizado por outros departamentos. Importa também mencionar que os dados dos projetos foram normalizados tendo em conta o ano 2012. Por exemplo, os custos com a mão de obra foram atualizados de acordo com a *labor rate* praticada em 2012 pela Webasto Portugal.

De entre os métodos de estimação de custos analisados, o método paramétrico enquadra-se neste estudo, uma vez que o mesmo é aplicado na fase de *design*, ou seja, numa fase inicial de conceção onde a informação técnica é muitas vezes insuficiente para que se

possa aplicar outros métodos que carecem de mais detalhe. Por outro lado este método permite chegar a resultados muito rapidamente, o que é de extrema importância face aos curtos prazos de resposta às solicitações dos clientes.

Tendo em consideração as rubricas de custo, importa identificar que variáveis independentes lhe estão associadas. De forma a evitar que duas ou mais variáveis estejam a contribuir para o mesmo efeito, recorre-se à análise de covariância.

O passo seguinte será a análise de regressão, que tem por objetivo explicar e prever o comportamento da variável dependente partindo da variável independente (regressão simples), ou variáveis independentes (regressão múltipla). Alguns testes estatísticos são necessários de realizar a fim de se aferir se a regressão é suficientemente robusta. Recomenda-se assim a realização dos seguintes testes, *Standard error* (SE), R-Quadrado (R^2), Estatística t (*Student*), Significância estatística; Estatística F (análise de variância). Depois de estatisticamente validada, a análise de regressão irá então fornecer os dados para a CER a partir da qual se obtém a equação para o cálculo do custo unitário por capota.

4.2. Questão geral da investigação e hipótese

A grande questão que se coloca no presente trabalho é então a seguinte:

Será que existem modelos de estimação de custo que permitem estimar o custo de uma capota para um automóvel *cabrio*?

Tendo como base a revisão da literatura que, entre outros aspetos, se debruça nos diversos métodos de estimação de custos e nas vantagens e desvantagens de cada um, assim como na aplicabilidade dos mesmos nas várias fases de ciclo de vida de desenvolvimento de um produto, iremos de seguida formular a hipótese que servirá de base para o estudo, e que será validada no capítulo seguinte através da aplicação de várias ferramentas estatísticas.

No presente estudo consideremos então a seguinte hipótese:

Aplicando o modelo paramétrico consegue-se estimar o custo de uma capota para automóveis *cabrio* com uma margem de erro inferior a 20%.

5. Análise de informação

No presente capítulo pretende-se validar a hipótese formulada de que, recorrendo ao modelo paramétrico, tendo como base dados históricos e técnicas estatísticas, se consegue desenvolver uma CER que permita calcular o custo de uma capota. Antes de seguirmos para o modelo importa primeiro fazer uma breve apresentação da Webasto Portugal enquadrando-a no grupo Webasto SE.

5.1. Apresentação da empresa

A Webasto SE é uma multinacional alemã, líder mundial no ramo automóvel cuja sede se localiza em Stockdorf, a cerca de 20Km de Munique. A empresa foi fundada em 1901 em Esslingen, perto de Estugarda, por Wilhelm Baier, tendo-se deslocado em 1908 para as atuais instalações. Um resumo dos pontos mais importantes relativos ao desenvolvimento do negócio e à evolução da gama de produtos desde 1901 poderá ser consultado na figura representada no apêndice C.

O *core business* da empresa assenta na construção de *roof systems*, *convertible roof systems* e em *parking and auxiliary heaters*, tendo apresentado em 2012 os seguintes indicadores:

- Volume de vendas de 2,305 milhões de euros;
- 10.000 Empregados;
- Mais de 50 fábricas em mais de 46 países.

A Webasto opera em duas divisões:

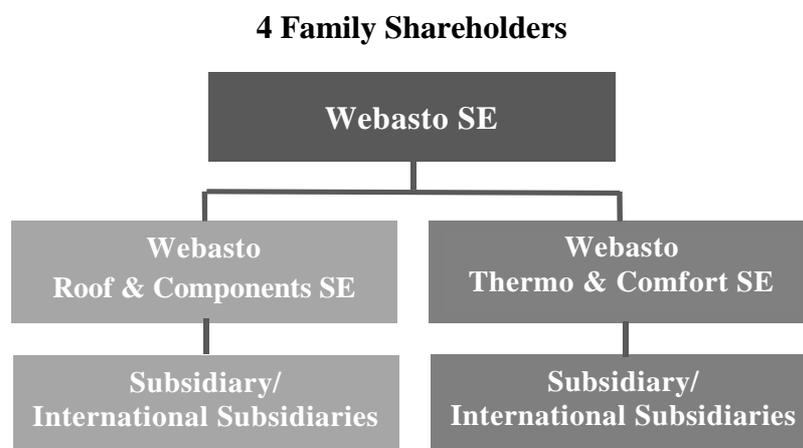


Figura 7 - Organigrama Webasto Group (Adaptado de Jornal Webasto World, Fev. 2012)

As duas divisões da Webasto SE - *Webasto Roof & Components SE* e *Webasto Thermo & Comfort SE* - apresentam quatro grupos de produtos diferentes conforme indicado na figura seguinte.

		Car	Truck	Bus	Defense	Off-road	Special	Rail	RV	Marine
										
R O O F	Convertible	●								
	Sunroofs	●	●	●	●	●	●	●		●
T H E R M O	Air Conditioning		●	●	●	●	●	●	●	●
	Heaters	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Figura 8 - Grupos de produtos na Webasto (Fonte: Webasto Group Intranet, Fev. 2012)

A *Webasto Roof & Components SE*, engloba as áreas de convertíveis (*convertible*) e de tetos de abrir (*sunroofs*). Por outro lado, na *Webasto Thermo & Comfort SE* encontram-se os sistemas de ar condicionado (*air conditioning*) e de aquecimento (*heating systems*). Na figura seguinte poderemos ver alguns dos produtos fabricados em cada uma das divisões.

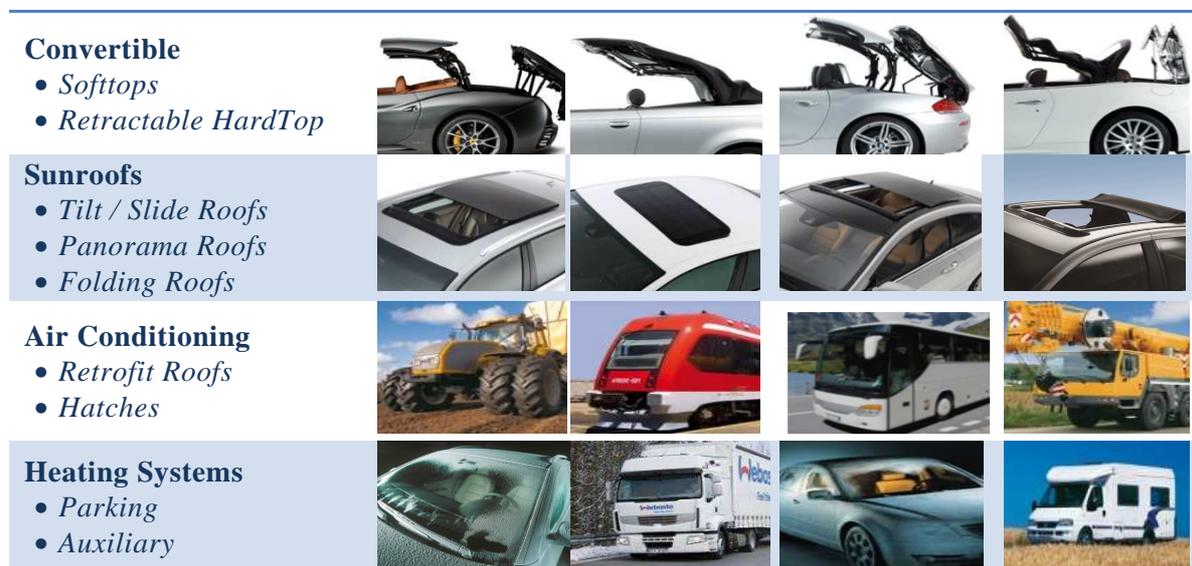


Figura 9 - Exemplos de produtos na Webasto (Adaptado de Webasto Group Intranet, 2012)

A Webasto Portugal encontra-se inserida na divisão de convertíveis da *Webasto Roof & Components SE*. Localizada no parque industrial da Autoeuropa, na Quinta da Marquesa em Palmela, dedica-se à produção de tejadilhos retráteis para a indústria automóvel. Com uma

5.2. Fase I - Recolha de dados e seleção das variáveis de custo

5.2.1. Recolha de dados

Conforme se referiu no capítulo da metodologia, os dados recolhidos sobre cada um dos cinco projetos foram divididos por várias rubricas de custo e inseridos numa folha de cálculo do Microsoft Excel. De modo a simplificarmos a visualização da estrutura de custos vamos começar por agregar os custos em apenas dois níveis. Ficamos então com uma estrutura do tipo:

I. Informação geral:

A. GENERAL FIGURES
B. WORKING MODEL

II. Rubricas de Custo Engenharia:

RUBRICA DE CUSTO	TIPO
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)	ENGENHARIA
1.1. R&D	
1.2. PROTOTYPING	
1.3. START-UP	
2. SG&A (SELLING GENERAL & ADMINISTRATIVE EXPENSES)	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	
3. INVESTMENT	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	
3.3. TRANSPORT RACKS	
4. LAUNCH / RAMP UP	
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	

III. Rubricas de Custo Encomenda:

RUBRICA DE CUSTO	TIPO
5. MATERIAL	ENCOMENDA
5.1. BILL OF MATERIAL (BOM)/PIECE	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	
6. DIRECT LABOR COSTS	
6.1. LABOR COST/PIECE	
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR/PIECE	
7. INDIRECT LABOR COSTS	
7.1. INDIRECT LABOR PER YEAR	
8. OVERHEADS	
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME	

Tabela 7 - Estrutura de custos para os projetos em análise

Os dados de cada projeto foram atualizados para o ano de 2012 de forma a obter uma normalização dos mesmos. Mais uma vez, no apêndice B poderá consultar todas as rubricas de custo em mais detalhe para cada um dos cinco projetos em causa. De forma a manter a confidencialidade dos dados, alguns valores não serão apresentados, sendo apenas indicado o total para cada rubrica e sub-rubrica.

Vejamos de seguida, para cada um dos cinco projetos, a representação da estrutura anterior. A CBS (*Cost Breakdown Structure*) de 1º e 2º nível para cada um dos projetos poderá ser observada no apêndice D.

PROJETO #1 - RUBRICA DE CUSTO	VALOR	TIPO	POR PEÇA	%
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)	6.382.020 €	ENGENHARIA	47,99 €	4,4%
1.1. R&D	4.312.930 €		32,43 €	3,0%
1.2. PROTOTYPING	1.214.530 €		9,13 €	0,8%
1.3. START-UP	854.560 €		6,43 €	0,6%
2. SG&A SELLING GENERAL & ADMINISTRATIVE	3.625.014 €		27,26 €	2,5%
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.625.014 €		27,26 €	2,5%
3. INVESTMENT	9.198.303 €		69,16 €	6,3%
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	4.365.000 €		32,82 €	3,0%
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	1.985.600 €		14,93 €	1,4%
3.3. TRANSPORT RACKS	2.847.703 €		21,41 €	2,0%
4. LAUNCH / RAMP UP	1.190.966 €		8,95 €	0,8%
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	510.748 €		3,84 €	0,4%
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	396.169 €		2,98 €	0,3%
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	284.049 €	2,14 €	0,2%	
5. MATERIAL	728,37 €	ENCOMENDA	728,37 €	66,5%
5.1. BILL OF MATERIAL (BOM)/PIECE	615,00 €		615,00 €	56,1%
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	113,37 €		113,37 €	10,3%
6. DIRECT LABOR COSTS	99,04 €		99,04 €	9,0%
6.1. LABOR COST/PIECE	97,58 €		97,58 €	8,9%
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR/PIECE	1,46 €		1,46 €	0,1%
7. INDIRECT LABOR COSTS	1.570.562 €		35,43 €	3,2%
7.1. INDIRECT LABOR PER YEAR	1.570.562 €		35,43 €	3,2%
8. OVERHEADS	3.386.566 €		76,39 €	7,0%
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	604.481 €	13,64 €	1,2%	
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	2.782.085 €	62,75 €	5,7%	
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME	817.938 €	3,08 €	0,3%	
PREÇO DE CUSTO			1.095,66 €	

Tabela 8 - Rubricas de custo para o projeto #1

PROJETO #2 - RUBRICA DE CUSTO	VALOR	TIPO	POR PEÇA	%	
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)	9.309.928 €	ENGENHARIA	65,96 €	6,6%	
1.1. R&D	6.127.954 €		43,42 €	4,4%	
1.2. PROTOTYPING	1.760.000 €		12,47 €	1,3%	
1.3. START-UP	1.421.974 €		10,07 €	1,0%	
2. SG&A SELLING GENERAL & ADMINISTRATIVE	3.350.692 €		23,74 €	2,4%	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.350.692 €		23,74 €	2,4%	
3. INVESTMENT	5.995.260 €		42,48 €	4,3%	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	3.190.000 €		22,60 €	2,3%	
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	2.054.260 €		14,55 €	1,5%	
3.3. TRANSPORT RACKS	751.000 €		5,32 €	0,5%	
4. LAUNCH / RAMP UP	1.452.785 €		10,29 €	1,0%	
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	234.668 €		1,66 €	0,2%	
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	613.502 €		4,35 €	0,4%	
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	604.615 €		4,28 €	0,4%	
5. MATERIAL	648,44 €	ENCOMENDA	648,44 €	65,2%	
5.1. BILL OF MATERIAL (BOM)/PIECE	575,00 €		575,00 €	57,9%	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	73,44 €		73,44 €	7,4%	
6. DIRECT LABOR COSTS	72,00 €		72,00 €	7,2%	
6.1. LABOR COST/PIECE	70,59 €		70,59 €	7,1%	
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR/PIECE	1,41 €		1,41 €	0,1%	
7. INDIRECT LABOR COSTS	1.896.057 €		53,73 €	5,4%	
7.1. INDIRECT LABOR PER YEAR	1.896.057 €		53,73 €	5,4%	
8. OVERHEADS	2.219.616 €		62,90 €	6,3%	
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	461.903 €		13,09 €	1,3%	
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	1.757.713 €		49,81 €	5,0%	
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME	3.550.625 €		14,38 €	1,4%	
PREÇO DE CUSTO			993,93 €		

Tabela 9 - Rubricas de custo para o projeto #2

PROJETO #3 - RUBRICA DE CUSTO	VALOR	TIPO	POR PEÇA	%	
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)	65.000 €	ENGENHARIA	1,04 €	0,1%	
1.1. R&D	- €		- €	0,0%	
1.2. PROTOTYPING	- €		- €	0,0%	
1.3. START-UP	65.000 €		1,04 €	0,1%	
2. SG&A SELLING GENERAL & ADMINISTRATIVE	- €		- €	0,0%	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	- €		- €	0,0%	
3. INVESTMENT	2.655.141 €		42,51 €	5,4%	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	2.141.000 €		34,28 €	4,4%	
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	2.141 €		0,03 €	0,0%	
3.3. TRANSPORT RACKS	512.000 €		20 €	1,0%	
4. LAUNCH / RAMP UP	251.167 €		4,02 €	0,5%	
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	44.863 €		0,72 €	0,1%	
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	123.824 €		1,98 €	0,3%	
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	82.480 €		1,32 €	0,2%	
5. MATERIAL	602,19 €	ENCOMENDA	602,19 €	77,1%	
5.1. BILL OF MATERIAL (BOM)/PIECE	516,74 €		516,74 €	66,2%	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	85,45 €		85,45 €	10,9%	
6. DIRECT LABOR COSTS	22,96 €		22,96 €	2,9%	
6.1. LABOR COST/PIECE	22,51 €		22,51 €	2,9%	
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR/PIECE	0,45 €		0,45 €	0,1%	
7. INDIRECT LABOR COSTS	525.643 €		44,18 €	5,7%	
7.1. INDIRECT LABOR PER YEAR	525.643 €		44,18 €	5,7%	
8. OVERHEADS	606.913 €		51,01 €	6,5%	
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	254.490 €		21,39 €	2,7%	
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	352.424 €		29,62 €	3,8%	
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME	806.890 €		12,92 €	1,7%	
PREÇO DE CUSTO			780,83 €		

Tabela 10 - Rubricas de custo para o projeto #3

PROJETO #4 - RUBRICA DE CUSTO	VALOR	TIPO	POR PEÇA	%
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)	6.430.280 €	ENGENHARIA	67,69 €	6,3%
1.1. R&D	4.180.780 €		44,01 €	4,1%
1.2. PROTOTYPING	1.418.500 €		14,93 €	1,4%
1.3. START-UP	831.000 €		8,75 €	0,8%
2. SG&A SELLING GENERAL & ADMINISTRATIVE	3.750.006 €		39,47 €	3,6%
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.750.006 €		39,47 €	3,6%
3. INVESTMENT	8.083.240 €		85,09 €	7,9%
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	3.969.000 €		41,78 €	3,9%
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	1.826.500 €		19,23 €	1,8%
3.3. TRANSPORT RACKS	2.287.740 €		24,08 €	2,2%
4. LAUNCH / RAMP UP	833.582 €		8,77 €	0,8%
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	227.766 €		2,40 €	0,2%
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	358.416 €		3,77 €	0,3%
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	247.400 €		2,60 €	0,2%
5. MATERIAL	650,50 €	ENCOMENDA	650,50 €	60,1%
5.1. BILL OF MATERIAL (BOM)/PIECE	560,00 €		560,00 €	51,7%
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	90,50 €		90,50 €	8,4%
6. DIRECT LABOR COSTS	88,60 €		88,60 €	8,2%
6.1. LABOR COST/PIECE	87,29 €		87,29 €	8,1%
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR/PIECE	1,31 €		1,31 €	0,1%
7. INDIRECT LABOR COSTS	1.413.613 €		44,64 €	4,1%
7.1. INDIRECT LABOR PER YEAR	1.413.613 €		44,64 €	4,1%
8. OVERHEADS	3.006.808 €		94,95 €	8,8%
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	604.481 €	19,09 €	1,8%	
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	2.402.328 €	75,86 €	7,0%	
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME	532.000 €	2,80 €	0,3%	
PREÇO DE CUSTO			1.082,51 €	

Tabela 11 - Rubricas de custo para o projeto #4

PROJETO #5 - RUBRICA DE CUSTO	VALOR	TIPO	POR PEÇA	%
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)	5.574.400 €	ENGENHARIA	56,45 €	5,5%
1.1. R&D	3.308.900 €		33,51 €	3,2%
1.2. PROTOTYPING	1.511.500 €		15,31 €	1,5%
1.3. START-UP	754.000 €		7,64 €	0,7%
2. SG&A SELLING GENERAL & ADMINISTRATIVE	3.097.712 €		31,37 €	3,0%
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.097.712 €		31,37 €	3,0%
3. INVESTMENT	8.102.200 €		82,05 €	7,9%
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	4.004.000 €		40,55 €	3,9%
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	1.887.500 €		19,12 €	1,9%
3.3. TRANSPORT RACKS	2.210.700 €		22,39 €	2,2%
4. LAUNCH / RAMP UP	824.964 €		8,35 €	0,8%
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	234.668 €		2,38 €	0,2%
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	341.696 €		3,46 €	0,3%
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	248.600 €		2,52 €	0,2%
5. MATERIAL	636,84 €	ENCOMENDA	636,84 €	61,7%
5.1. BILL OF MATERIAL (BOM)/PIECE	546,00 €		546,00 €	52,9%
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	90,84 €		90,84 €	8,8%
6. DIRECT LABOR COSTS	87,77 €		87,77 €	8,5%
6.1. LABOR COST/PIECE	86,48 €		86,48 €	8,4%
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR/PIECE	1,30 €		1,30 €	0,1%
7. INDIRECT LABOR COSTS	1.413.613 €		42,95 €	4,2%
7.1. INDIRECT LABOR PER YEAR	1.413.613 €		42,95 €	4,2%
8. OVERHEADS	2.777.807 €		84,40 €	8,2%
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	604.481 €	18,37 €	1,8%	
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	2.173.327 €	66,03 €	6,4%	
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME	628.992 €	2,73 €	0,3%	
PREÇO DE CUSTO			1.032,92 €	

Tabela 12 - Rubricas de custo para o projeto #5

5.2.2. Seleção das variáveis de custo

Após o processo de recolha e normalização dos dados segue-se a seleção das variáveis de custos que irão fazer parte do modelo paramétrico. Como o que se pretende não é nada mais do que uma macro estimação do valor de custo de uma capota, recorrendo à regra de Pareto ou regra 80/20, podemos analisar quais os 20% de rubricas de custo que correspondem a 80% dos custos. Esta análise permite concentrarmo-nos nas rubricas de custo que mais contribuem para o custo da capota. Vejamos esta análise aplicada a cada um dos 5 projetos.

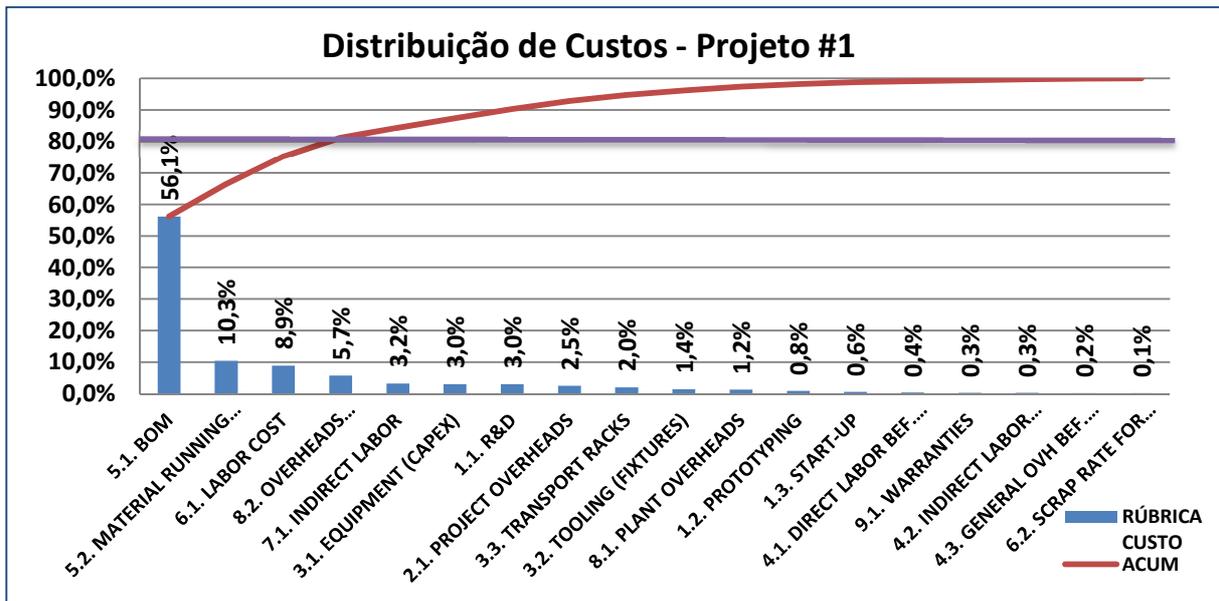


Figura 11 - Regra de pareto para o projeto #1

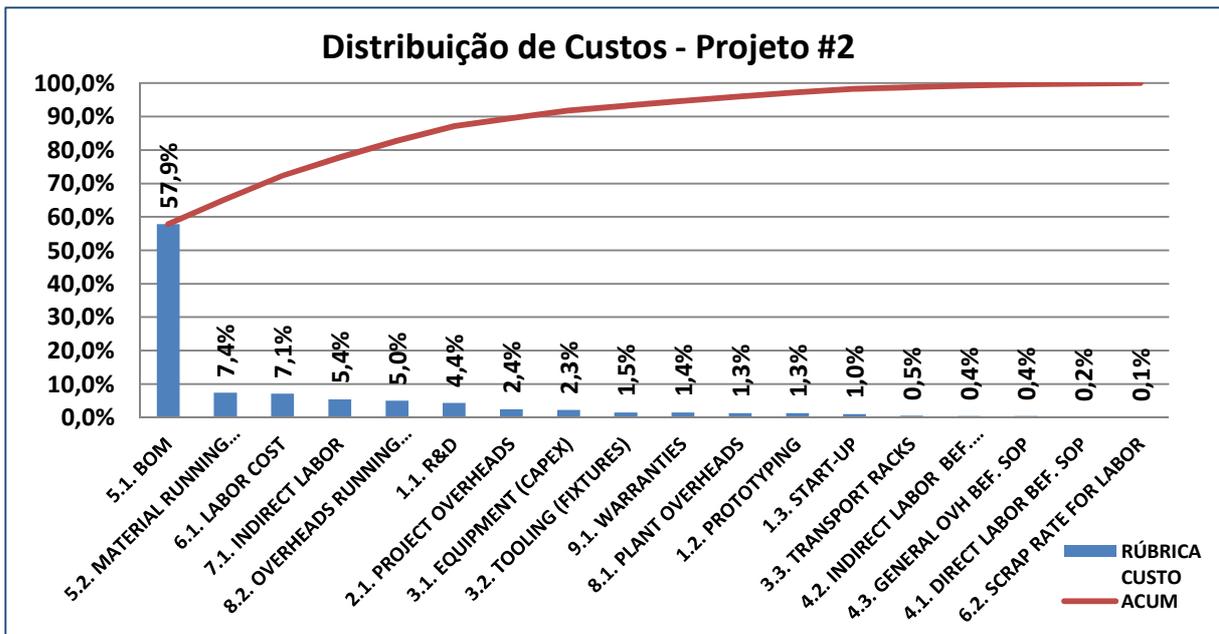


Figura 12 - Regra de pareto para o projeto #2

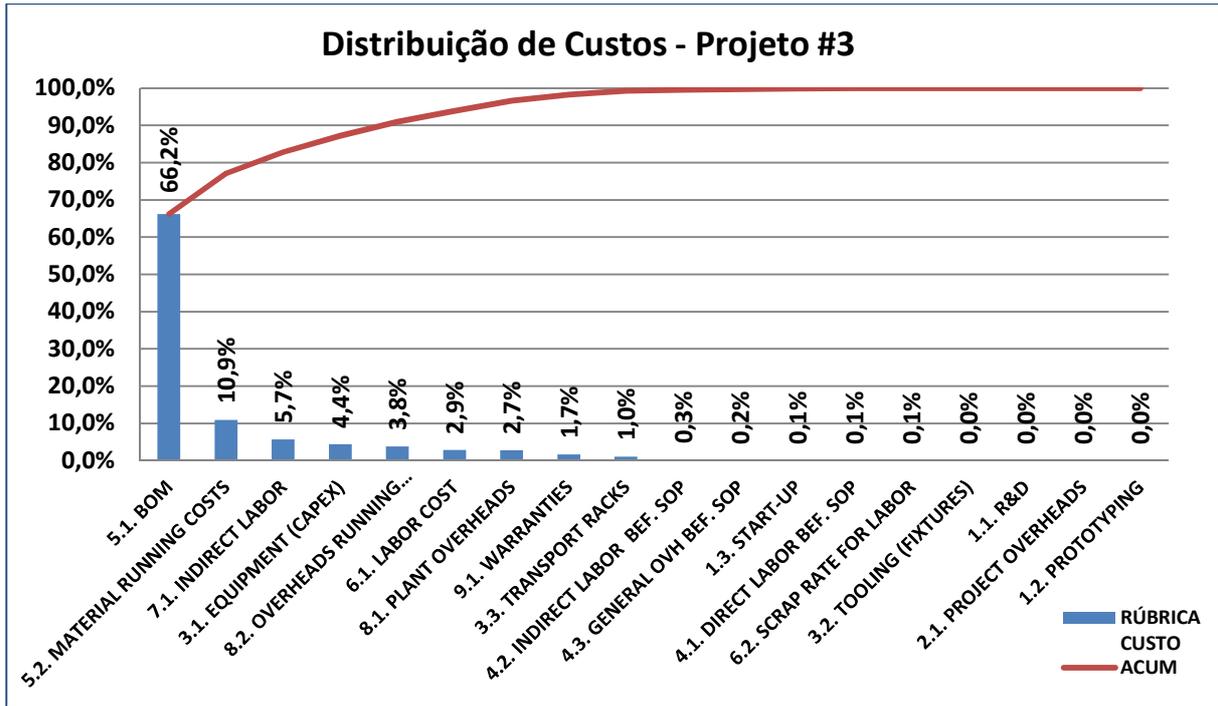


Figura 13 - Regra de pareto para o projeto #3

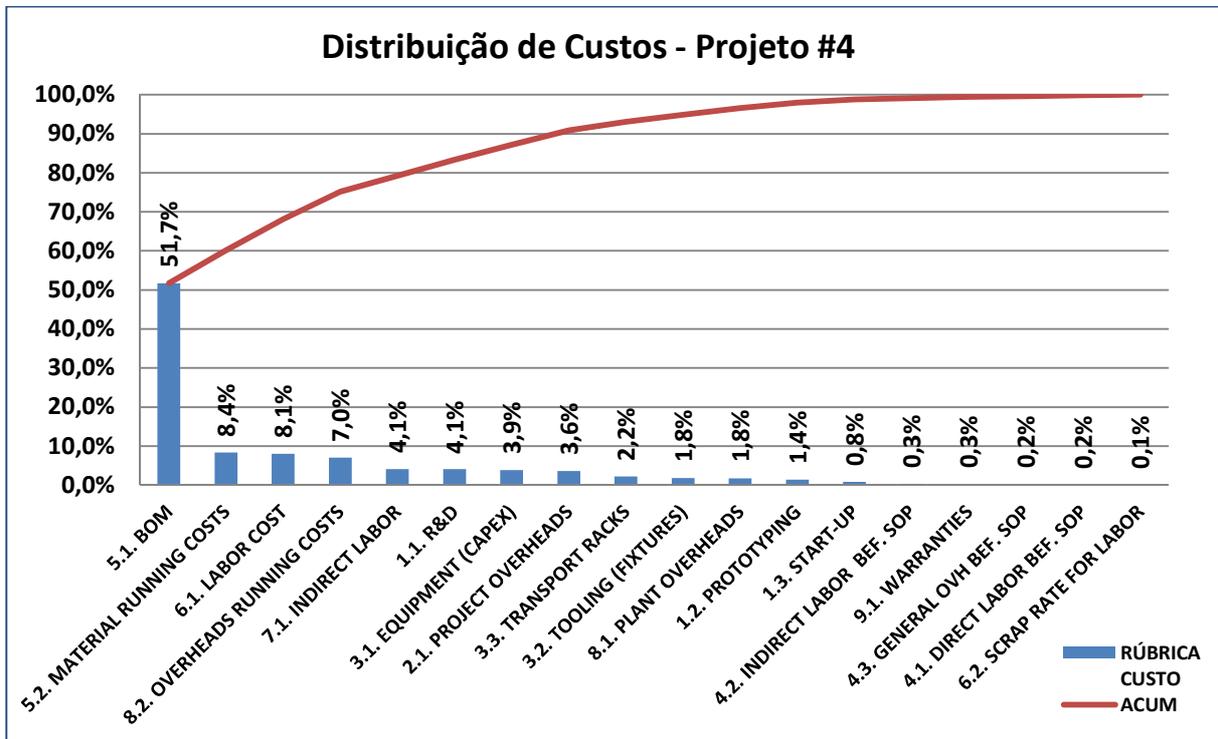


Figura 14 - Regra de pareto para o projeto #4

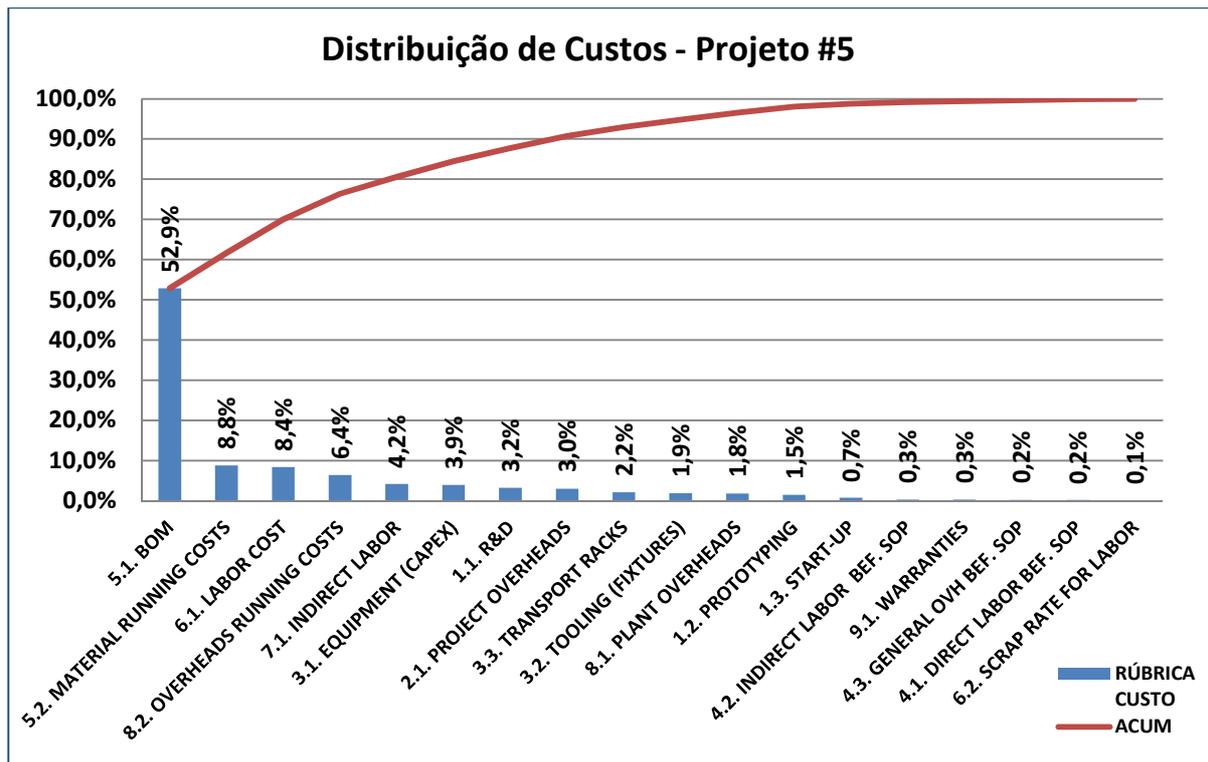


Figura 15 - Regra de pareto para o projeto #5

Da análise de Pareto realizada a cada projeto verificamos que as cinco rubricas de custo que correspondem a cerca de 20% e que constituem cerca de 80% dos custos são:

- BOM;
- MATERIAL RUNNING COSTS;
- LABOR COST;
- OVERHEADS RUNNING COSTS;
- INDIRECT LABOR.

De salientar que a rubrica de custo BOM corresponde sempre a mais de 50% do custo total da capota em todos os projetos em análise, e que as duas primeiras somam mais de 60% do custo de uma capota. Para cada uma das rubricas de custo atrás mencionadas, vamos então procurar que variáveis lhe estão associadas para depois partirmos para a construção do modelo paramétrico. Importa referir que para a identificação dessas variáveis recorri, por um lado, à minha experiência de 9 anos na área dos convertíveis, assim como à experiência de alguns colegas de outros departamentos, e finalmente à análise das sub-rubricas de cálculo de cada uma das cinco rubricas de custos acima mencionadas.

- Rubrica BOM

Variáveis →	Tipo de Capota	Nº de Arcos ou Segmentos	Acionamento da Capota
Projeto #1	Lona (Soft Top)	4	Elétrico
Projeto #2	Lona (Soft Top)	2	Elétrico
Projeto #3	Rígida (Hard Top)	1	Elétrico
Projeto #4	Lona (Soft Top)	3	Elétrico
Projeto #5	Lona (Soft Top)	3	Elétrico

Tabela 13 - Variáveis para a rubrica BOM

- Rubrica MATERIAL RUNNING COSTS

Variáveis →	Km (distância para o cliente)	Scrap %
Projeto #1	2060	1% BOM
Projeto #2	2300	2% BOM
Projeto #3	2700	1% BOM
Projeto #4	2500	1% BOM
Projeto #5	2500	1% BOM

Tabela 14 - Variáveis para a rubrica MATERIAL RUNNING COSTS

- Rubrica LABOR COST

Variáveis →	Volume per Working day	Takt Time
Projeto #1	281	3,3 min.
Projeto #2	176	5,3 min.
Projeto #3	52	17,9 min.
Projeto #4	140	6,6 min.
Projeto #5	146	6,4 min.

Tabela 15 - Variáveis para a rubrica LABOR COST

- Rubrica OVERHEADS RUNNING COSTS

Variáveis →	Volume do Projeto
Projeto #1	265.996
Projeto #2	247.000
Projeto #3	62.460
Projeto #4	190.000
Projeto #5	230.400

Tabela 16 - Variáveis para a rubrica OVERHEADS RUNNING COSTS

- Rubrica INDIRECT LABOR

Variáveis →	Total Operadores	Volume médio anual
Projeto #1	46	44.333
Projeto #2	51,50	35.286
Projeto #3	12,50	11.897
Projeto #4	40	31.667
Projeto #5	40	32.940

Tabela 17 - Variáveis para a rubrica INDIRECT LABOR

Vimos atrás, numa primeira fase, as rubricas de custo que correspondem a cerca de 80% dos custos de uma capota e, logo de seguida, para cada uma delas, identificaram-se as variáveis que a compunham. Foram então identificadas 10 variáveis para o total das 5 rubricas de custo resumidas na tabela seguinte:

Variáveis	Rubrica
Tipo de Capota	BOM
Tamanho (Nº de Arcos ou Segmentos)	BOM
Acionamento da Capota	BOM
Km (distância para o cliente)	MATERIAL RUNNING COSTS
<i>Scrap %</i>	MATERIAL RUNNING COSTS
<i>Volume per Working day</i>	LABOR COST
<i>Takt Time</i>	LABOR COST
Volume do Projeto	OVERHEADS RUNNING COSTS
Total Operadores	INDIRECT LABOR
Volume médio anual	INDIRECT LABOR

Tabela 18 - Variáveis que correspondem a 80% das rubricas de custos

De modo a facilitar e a acelerar o processo de estimação de custos interessa-nos que se encontre um número reduzido de variáveis a partir das quais facilmente possamos fazer uma estimativa de custo com uma percentagem de erro o mais baixa possível.

Deste modo, e se partirmos para a construção do modelo paramétrico tendo como base as duas primeiras rubricas de custo - BOM e *Material Running Costs* - que totalizam mais de 60% do custo total, teremos as seguintes variáveis:

Variáveis	Rubrica
Tipo de Capota	BOM
Tamanho (N° de Arcos ou Segmentos)	BOM
Acionamento da Capota	BOM
Km (distância para o cliente)	MATERIAL RUNNING COSTS
Scrap %	MATERIAL RUNNING COSTS

Tabela 19 - Variáveis para construção do modelo paramétrico

5.3. Fase II e III - Cálculo e validação da CER

Ainda antes de fazermos o cálculo da regressão para a determinação da CER, necessitamos de converter todas as variáveis de contexto para um valor numérico, neste caso o Tipo de Capota, Tipo de Acionamento da Capota e o Scrap%. Para que no futuro a adição de dados provenientes de novos projetos siga o mesmo critério de conversão que os atuais aplicados na conceção do modelo inicial, importa criar uma tabela de critérios para cada uma das variáveis não numéricas. Tipicamente adota-se que a escala aumenta à medida que o custo da variável aumenta, ou seja, o custo agrava a escala. Desta forma, qualquer pessoa poderá alimentar o modelo seguindo a tabela de uma forma objetiva, funcionando esta como que um dicionário para o critério a aplicar a cada variável.

Tipo de Capota		Tipo de Acionamento		Scrap%	
Lona (Soft Top)	1	Manual	1	1% BOM	1
Rígida (Hard Top)	2	Elétrico	2	2% BOM	2
		Hidráulico	3	3% BOM	3
		Eletro-hidráulico	4	4% BOM	4

Tabela 20 - Dicionário para variáveis não numéricas

Recorrendo à tabela acima, sempre que se trate por exemplo de uma capota em lona, devemos substituir o texto pelo correspondente número, neste caso pelo número 1. O mesmo raciocínio se aplica por exemplo se nos referirmos a uma capota de acionamento manual, em que devemos utilizar o número 1. Desta forma, obtemos a tabela seguinte com as 5 variáveis em análise:

<i>Variável Projeto</i>	<i>Tipo Capota</i>	<i>Tamanho (Nº Arcos Segmentos)</i>	<i>Tipo de Acionamento</i>	<i>Km</i>	<i>Scrap %</i>	<i>Custo Total [€]</i>
Proj. #1	1	4	2	2060	1	1095,66
Proj. #2	1	2	2	2300	2	993,93
Proj. #3	2	1	2	2700	1	780,73
Proj. #4	1	3	2	2500	1	1082,51
Proj. #5	1	3	2	2500	1	1032,92

Tabela 21 - Tabela de variáveis

Numa primeira análise às 5 variáveis anteriores podemos desde já excluir a variável “Acionamento da Capota”, uma vez que para todos os projetos em análise ela é uma constante, ou seja, todas as capotas do histórico considerado são de acionamento elétrico. De facto, se uma determinada variável registar sempre o mesmo valor, ela deverá ser excluída pois a regressão não poderá inferir sobre o seu impacto se a mesma não apresentar dispersão dos seus valores.

Importa também, numa primeira instância, identificar que pares de variáveis quantitativas acima mencionadas estão correlacionados entre si e qual o seu grau de correlação. Se duas variáveis estiverem muito correlacionadas significa que ambas podem estar a refletir a mesma causa, o que é de evitar uma vez que iriam dar um peso superior ao real a uma causa, acabando por viciar o modelo. Sendo a correlação uma medida padronizada da relação entre duas variáveis, ela pode ser calculada a partir da covariância. Recorrendo por exemplo a uma folha de cálculo (no Microsoft Excel, função *correl*), iremos calcular a covariância entre as variáveis identificadas, sendo que matematicamente:

INDICADOR	ACÇÃO	COR
> 0.8	Não usar o par de variáveis	Vermelho
> 0.66 e ≤ 0.8	Evitar usar o par de variáveis	Amarelo
≤ 0.66	Pode-se usar o par de variáveis	Verde

Tabela 22 - Critérios análise de covariância

VARIÁVEL	Tipo Capota	Tamanho	Km	Scrap %
Tipo Capota		-0.78	0.66	-0.25
Tamanho	-0.78		-0.74	-0.29
Km	0.66	-0.74		-0.26
Scrap %	-0.25	-0.29	-0.26	

Tabela 23 - Matriz de covariância para as variáveis em análise

Tal como se encontra refletido na tabela acima, efetuar a correlação entre as mesmas duas variáveis, sejam elas A-B ou B-A, é matematicamente igual, produzindo o mesmo valor. Por outro lado, também não se deve correlacionar uma determinada variável com ela própria.

Da análise de covariância acima verificamos que não existe nenhum par de variáveis com valor superior a 0.8, ou seja, que se encontre na zona vermelha que corresponde à indicação da não utilização do par de variáveis. Verificamos ainda que dois pares se enquadram na zona amarela, o par Tamanho e Tipo de Capota e o par Tamanho e Km. Iremos no entanto analisar o efeito destas variáveis na construção do modelo paramétrico, pois se por um lado o enquadramento na zona amarela apenas nos dá uma indicação de que o par se deve evitar, não obrigando à sua não utilização, por outro estas variáveis pertencem às duas rubricas de maior custo e a sua não utilização iria restringir-nos à análise de apenas três variáveis.

Agora que já convertemos todas as variáveis de contexto para um valor numérico e efetuamos o estudo da covariância, podemos realizar a análise de regressão. O cálculo da regressão, foi feito recorrendo à folha de cálculo *MS Excel* e à função PROJ.LIN que por definição, de acordo com a ajuda do *MS Excel* em 23 de Julho 2013, calcula os dados estatísticos de uma linha utilizando o método dos “quadrados mínimos” de modo a calcular uma reta que se adapte melhor aos dados e, em seguida, devolve uma matriz que descreve a linha.

Tendo em consideração a equação para a linha: $y = mx + b$, a função PROJ.LIN possui a seguinte sintaxe: LIN (Y;X;Const;Est), em que os argumentos significam:

- **Y** = Valores conhecidos y;
- **X** = Valores conhecidos de x;
- **Const** = Constante. Se a constante for VERDADEIRO (1), b é calculado normalmente. Se a constante for FALSO (0), b é definido como igual a 0 e m é ajustado de forma a que $y = mx$;
- **Est** = Estatística. Se a Estatística for VERDADEIRO (1), PROJ.LIN devolve a estatística de regressão adicional. Se a Estatística for FALSO, PROJ.LIN só devolve os coeficientes m e a constante b.

Para uma equação com mais do que uma variável independente x, ou seja, uma equação do tipo,

$$\mathbf{Y} = \mathbf{m}_0 + \mathbf{m}_1 \mathbf{x}_1 + \mathbf{m}_2 \mathbf{x}_2 + \mathbf{m}_3 \mathbf{x}_3 + \dots + \mathbf{m}_n \mathbf{x}_n \quad (3)$$

Aplicando a função PROJ.LIN do Excel iremos obter uma tabela do seguinte tipo:

	A	B	C	D	E	F
1	m_n	m_{n-1}	...	m_2	m_1	m_0
2	dv_n	dv_{n-1}	...	dv_2	dv_1	dv_0
3	R^2	dv_Y				
4	F	d_f				
5	SS_{reg}	$SS_{residual}$				

Tabela 24 - Análise de regressão estatística

Sendo que cada valor representa:

- m_1, m_2, \dots, m_n = Média;
- dv_1, dv_2, \dots, dv_n = Desvio-padrão dos coeficientes m_1, m_2, \dots, m_n ;
- dv_0 = Valor do desvio-padrão para a constante m_0 (o valor de dv_0 é N/A quando a constante é FALSO);
- R^2 = Coeficiente de determinação. Compara os valores Y estimados e reais variando no valor de 0 para 1. Se o valor for 1 há uma correlação perfeita na amostra, ou seja, não há nenhuma diferença entre o valor estimado de Y e o valor de Y real. Por outro lado, se o coeficiente de determinação for 0, a equação de regressão não é útil na previsão de um valor de Y;
- dv_Y = Erro padrão da estimativa de Y;
- F = A estatística F, ou o valor de F observado. Usado para determinar se a relação observada entre as variáveis dependentes e independentes ocorre por acaso;
- d_f = Graus de liberdade. Os graus de liberdade são usados para se encontrar os valores críticos de F numa tabela estatística;
- SS_{reg} = A soma dos quadrados da regressão;
- $SS_{residual}$ = O residual da soma dos quadrados.

Voltando à tabela com as variáveis em análise e depois de termos excluído a variável Tipo de Acionamento por não apresentar dispersão nos valores, e não existindo a necessidade

de se eliminar qualquer variável de acordo com a análise de covariância efetuada, iremos obter a seguinte tabela:

Variável Projeto	Tipo Capota	Tamanho	Km	Scrap%	Custo Total [€]
Proj. #1	1	4	2060	1	1095,66
Proj. #2	1	2	2300	2	993,93
Proj. #3	2	1	2700	1	780,73
Proj. #4	1	3	2500	1	1082,51
Proj. #5	1	3	2500	1	1032,92

Tabela 25 - Variáveis para cálculo da regressão

Utilizando a primeira variável da tabela – Tipo de Capota – vamos então proceder ao cálculo da regressão aplicando a função do Excel PROJ.LIN. Para tal é necessário seleccionar duas colunas e cinco linhas na folha de cálculo, e aplicar a função anterior aos valores das colunas Tipo de Capota e Custo Total da tabela. Após pressionar as teclas *Shift + Alt + Enter*, a função irá devolver a seguinte tabela:

Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear		
	Tipo Capota	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
Média	720,81	0	720,81	-34,2%	34,2%
Dv. Padrão	165,8427522	#N/A	720,81	-27,5%	27,5%
R ² (C. Det.)	0,825256732	469,07	1.441,62	84,7%	84,7%
Estatística F	18,89072445	4	720,81	-33,4%	33,4%
Σ Quadrados	4156536,449	880122	720,81	-30,2%	30,2%
C. Dispersão	23,0%		Média	-8,1%	42,0%

Tabela 26 - Modelo de regressão linear para a variável Tipo de Capota

Temos então para a seguinte equação:

$$Y = m_0 + m_1 x_1, \text{ com } m_0 = 0 \quad (4)$$

$$\text{Custo unitário da capota} = 720,81\text{€} \times \text{Tipo de Capota}$$

Esta equação não considera qualquer componente fixa ($m_0 = 0$), pois na realidade esta componente não existe, ou se existir é muito pequena, sendo por isso passível de ser ignorada.

De facto a análise da regressão permite-nos obter os indicadores médios que mais se adequam para o modelo a aplicar no cálculo da estimativa de custo da capota, uma vez que ao

calcular a intensidade de cada variável, tem como princípio a minimização do erro total através da minimização do somatório do quadrado dos erros, ou seja, o nosso R^2 , na procura de cada valor médio.

Calculando a percentagem de erro para este modelo, verificamos que o mesmo apresenta um valor relativamente baixo de -8,1%, no entanto, não podemos utilizar este indicador para concluirmos se estamos na presença de um bom modelo, pois projetos com erros positivos são anulados pelos projetos com erros negativos. Para se determinar quanto é que o modelo em média está a errar na estimativa de cálculo, necessitamos de recorrer ao cálculo do erro absoluto para cada um dos projetos e depois calcular a média dos mesmos. Isto significa que enquanto por um lado o erro percentual nos permite concluir se o modelo em termos médios está a subestimar ou sobrestimar, por outro lado, o erro absoluto permite-nos obter a média de erro do modelo. O erro absoluto pode ser calculado através da seguinte equação:

$$\text{ABS (Erro\%)} = \frac{|(\text{Estimativa} - \text{Real})|}{\text{Real}} \quad (5)$$

Aplicando a equação anterior chegamos a um valor de erro absoluto de 42%, ou seja, estamos perante um modelo que apenas com a variável Tipo de Capota, apresenta um elevado valor de erro. Um outro indicador usado para medir o quão bem a equação explica a variabilidade dos dados é o coeficiente de determinação (R^2), que neste caso em particular apresenta um bom valor de 82,5%, o que significa que a variável Tipo de Capota explica 82,5% da variância do custo unitário por capota.

Os mesmos passos de cálculo podem ser aplicados a cada uma das variáveis em análise (ver cálculos no Apêndice E), que de forma resumida apresentam os seguintes coeficientes de determinação e erros absolutos:

Variável	R^2 Coef. Det.	Erro %	ABS (Erro%)
Tipo de Capota	82,5%	-8,1%	42,0%
Tamanho	92,7%	-12,6%	23,4%
Km	96,5%	0,8%	15,5%
Scrap%	88,7%	-8,8%	29,0%

Tabela 27 - Erro percentual, erro absoluto e coeficiente determinação para cada variável

Verificamos que isoladamente e tendo em conta as estatísticas erro absoluto e coeficiente de determinação, a variável que apresenta melhores valores é a variável Km. No entanto, vamos de seguida procurar melhorar o nosso modelo verificando a influência da utilização conjunta das duas primeiras variáveis para a construção do modelo paramétrico. Aplicando novamente a função PROJ.LIN às variáveis Tipo de Capota e Tamanho, obtemos:

Análise de Regressão Linear				Modelo de Regressão Linear		
	Tamanho	Tipo Capota	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
Média	234,9089655	309,7193103	0	1.249,36	14,0%	14,0%
Dv. Padrão	42,8791327	94,67456155	#N/A	779,54	-21,6%	21,6%
R² (C. Det.)	0,98412043	163,2788728	#N/A	854,35	9,4%	9,4%
Estatística F	92,96099907	3	#N/A	1.014,45	-6,3%	6,3%
∑ Quadrados	4956678,669	79979,97093	#N/A	1.014,45	-1,8%	1,8%
C. Dispersão	18,3%	30,6%		Média	-1,2%	10,6%

Tabela 28 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Tipo de Capota

Verificamos que existe uma melhoria do modelo no que respeita ao nível de erro absoluto quando comparado com o valor mais baixo obtido das variáveis isoladamente (15,5%), ou seja, uma melhoria de cerca de 5%. Mas podemos e devemos ainda analisar outros indicadores estatísticos, nomeadamente o coeficiente de determinação. O modelo apresenta um excelente coeficiente de determinação de 98,4%, ou seja, a utilização destas duas variáveis explica em 98,4% a variação dos dados.

Mas será que utilizando outras combinações de variáveis conseguimos melhorar ainda mais o nosso modelo, baixando o erro e aumentando o coeficiente de determinação R²? Para responder a esta pergunta teremos de repetir o exercício anterior recorrendo à regressão linear múltipla (2 variáveis). Os resultados deste exercício poderão ser consultados no Apêndice F, sendo que a combinação com o menor erro absoluto e melhor coeficiente de determinação é a que entra com as variáveis Tamanho e Km. Temos então o seguinte resultado:

Análise de Regressão Linear				Modelo de Regressão Linear		
	Tamanho	Km	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
Média	147,7234564	0,253317132	0	1.112,73	1,6%	1,6%
Dv. Padrão	29,07461924	0,03353032	#N/A	878,08	-11,7%	11,7%
R² (C. Det.)	0,996378192	77,97822289	#N/A	831,68	6,5%	6,5%
Estatística F	412,6578094	3	#N/A	1.076,46	-0,6%	0,6%
∑ Quadrados	5018416,83	18241,80974	#N/A	1.076,46	4,2%	4,2%
C. Dispersão	19,7%	13,2%		Média	0,0%	4,9%

Tabela 29 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Km

Efetivamente, utilizando estas duas variáveis chegamos a um excelente registo de erro absoluto inferior a 5%. Igualmente excelente é o seu coeficiente de determinação (99,6%), a apresentar uma melhoria de 3,6% face ao anterior valor de 96,5% para a variável Km.

A função PROJ.LIN, permite-nos ainda aferir sobre o ruído que a variável possui no histórico, isto é, se o valor da média é estável ou se alguns valores do histórico são significativamente diferentes. De facto, se analisarmos o desvio-padrão face à média, estamos a realizar um teste estatístico que nos permitirá auferir sobre a estabilidade do valor no passado. Assim sendo, se dividirmos o valor do desvio-padrão pela média, obtemos o valor do coeficiente de dispersão. O coeficiente de dispersão avalia o desvio-padrão face à média e permite ter uma perceção mais exata sobre a dispersão da amostra face ao valor central. A aplicação do coeficiente é interpretada da seguinte forma (Pereira, 2011):

INDICADOR	SIGNIFICADO
$\geq 80\%$	Elevada dispersão da amostra face ao valor médio
$\geq 66\%$ e $< 80\%$	Média dispersão da amostra face ao valor médio
$< 66\%$	Baixa dispersão da amostra face ao valor médio

Tabela 30 - Coeficiente de dispersão

Estatisticamente recomenda-se que para ser aceite o valor deverá ser inferior a 2/3, ou seja, 67%. No nosso caso, e se olharmos para a tabela anterior, tanto a variável Tamanho como a variável Km apresentam um valor inferior a 67%, respetivamente 19,7% e 13,2%.

Estamos agora na presença de uma equação do tipo:

$$Y = m_0 + m_1 x_1 + m_2 x_2, \text{ com } m_0 = 0 \quad (6)$$

$$\text{Custo unitário da capota} = 147,72\text{€} \times \text{Tamanho} + 0,25\text{€} \times \text{Km}$$

Mas será que poderemos ainda melhorar o modelo? Vamos então realizar uma nova regressão linear múltipla com 3 variáveis e analisar os dados estatísticos. As variáveis a adicionar na análise são a variável Scrap % e a variável Tipo de Capota. Vejamos então as análises de regressão para ambos os casos.

Proj #	Km	Tamanho	Scrap %	Custo Un [€]
#1	2060	4	1	1.096
#2	2300	2	2	994
#3	2700	1	1	781
#4	2500	3	1	1.083
#5	2500	3	1	1.033

Análise de Regressão Linear					Modelo de Regressão Linear		
	Scrap %	Tamanho	Km	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
Média	130,43	146,91	0,190	0	1.110,09	1,3%	1,3%
Dv. Padrão	30,34	11,13	0,019	#N/A	992,35	-0,2%	0,2%
R² (C. Det.)	0,999	29,851	#N/A	#N/A	791,11	1,3%	1,3%
Estatística F	1883,33	2	#N/A	#N/A	1.046,89	-3,3%	3,3%
∑ Quadrados	5034876	1782	#N/A	#N/A	1.046,89	1,4%	1,4%
C. Dispersão	23,3%	7,6%	10,2%		Média	0,1%	1,5%

Tabela 31 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Km e Scrap %

Proj #	Km	Tamanho	Tipo Capota	Custo Un [€]
#1	2060	4	1	1.096
#2	2300	2	1	994
#3	2700	1	2	781
#4	2500	3	1	1.083
#5	2500	3	1	1.033

Análise de Regressão Linear					Modelo de Regressão Linear		
	Tipo Capota	Tamanho	Km	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
Média	-131,51	122,63	0,345	0	1.071,05	-2,2%	2,2%
Dv. Padrão	144,53	40,707	0,107	#N/A	908,74	-8,6%	8,6%
R² (C. Det.)	0,997	80,314	#N/A	#N/A	792,85	1,6%	1,6%
Estatística F	259,60	2	#N/A	#N/A	1.100,50	1,7%	1,7%
∑ Quadrados	5023758	12901	#N/A	#N/A	1.100,50	6,5%	6,5%
C. Dispersão	-109,9%	33,2%	31,0%		Média	-0,2%	4,1%

Tabela 32 - Regressão linear múltipla aplicada às variáveis Tamanho e Km e Tipo Capota

A introdução da variável Scrap % apresenta-nos um erro absoluto de 1,5%, enquanto a variável Tipo de Capota nos apresenta um erro absoluto de 4,1%. Igualmente melhor é o valor do coeficiente de determinação com a adição da variável Scrap %, a corrigir para os 99,9% face aos 99,7% da variável Tipo de Capota.

Adicionando a variável Scrap % ao modelo, verificamos que, como já referido, existe uma redução do erro absoluto de 4,9% para 1,5%, ou seja, melhora em 3,4%.

No que respeita ao coeficiente de dispersão, a variável Scrap % apresenta-se com um bom valor de 23,3%. A variável Tamanho melhora o seu coeficiente de dispersão passando de 19,7% para 7,6% e o mesmo acontece com a variável Km a reduzir 3%, ou seja, dos 13,2% para os 10,2%.

Significa isto que a introdução da variável Scrap % vem melhorar o nosso modelo, pelo que ficamos com uma equação do tipo:

$$Y = m_0 + m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3, \text{ com } m_0 = 0$$

Custo uni. da capota

$$= 146,92\text{€} \times \text{Tamanho} + 0,19\text{€} \times \text{Km} + 130,43\text{€} \times \text{Scrap \%}$$
(7)

Vejamos de seguida a representação gráfica do modelo de estimação tendo em conta a variável com maior influência no mesmo, ou seja, o Tamanho.

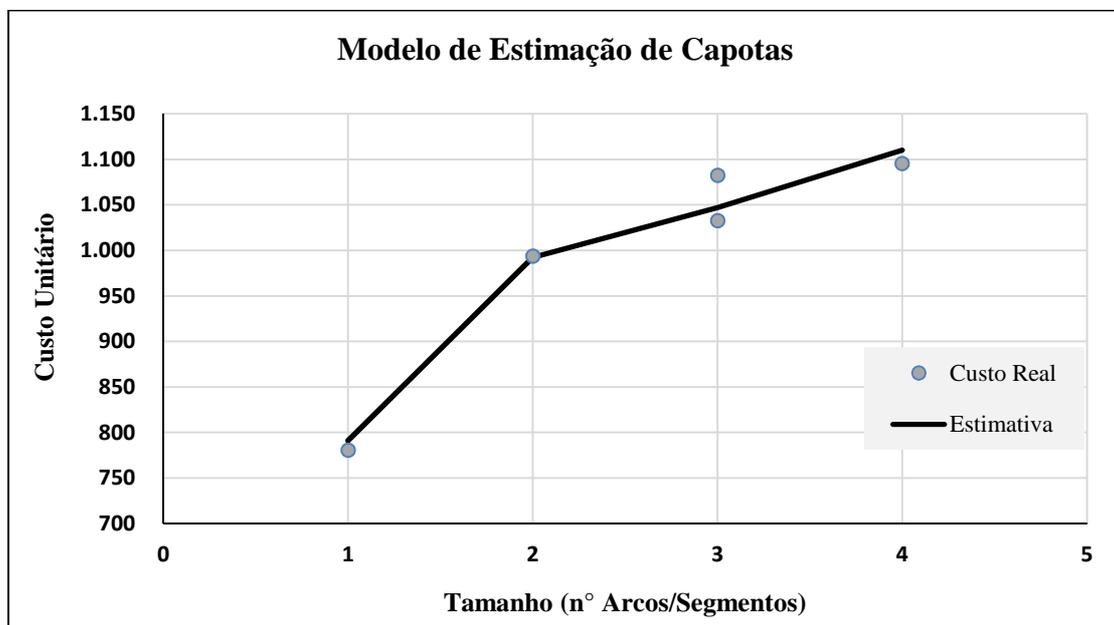


Figura 16 – Modelo de estimação de capotas

Podemos agora fazer algumas simulações e verificarmos se o modelo segue um comportamento lógico em termos de estimativa do custo. Assim, se variarmos cada uma das variáveis e mantivermos as outras duas constantes obteremos o seguinte resultado:

	Tamanho	Km	Scrap %	€ / uni
Comportamento do custo uni. por capota versus variação da variável "Tamanho"	1	1	1	278
	2	1	1	424
	3	1	1	571
	4	1	1	718
Comportamento do custo uni. por capota versus variação da variável "Km"	1	500	1	372
	1	1000	1	467
	1	1500	1	562
	1	2000	1	657
Comportamento do custo uni. por capota vs variação da variável "Scrap %"	1	1	0,5	212
	1	1	1	278
	1	1	1,5	343
	1	1	2	408

Tabela 33 - Simulação da fórmula de estimação de custo

A simulação mostra que o valor do custo unitário de uma capota vai aumentando à medida que as variáveis independentes aumentam, o que seria de esperar, pois à medida que o tamanho, ou seja, o número de segmentos ou arcos que compõem uma capota aumenta, será de esperar que o custo da capota também aumente. O mesmo se passa para a variável Km, sendo que à medida que a distância entre o local de produção e o da entrega ao cliente aumenta, o custo vai-se também incrementando. Em relação à terceira variável Scrap%, o mesmo raciocínio se pode aplicar, uma vez que a um incremento da percentagem de sucata, que por sua vez está relacionada com a BOM (o valor da sucata é calculado em percentagem do valor da BOM), corresponde igualmente um aumento do custo unitário por capota.

Face a estes resultados, podemos então concluir que o modelo alcançado tem validade do ponto de vista empírico.

Vejamus um exemplo de aplicação do modelo. Suponhamos que temos uma proposta de cotação para uma capota, para a qual, de entre outras características, se destacam as seguintes como relevantes para o modelo:

- Capota de lona com 3 arcos;
- Localização do cliente: 2000 km;
- Definiu-se um nível de *Scrap* de 1% (em função da BOM).

Aplicando a nossa equação de estimação de custo teremos,

Custo unitário da capota = $146,92\text{€} \times \text{Tamanho} + 0,19\text{€} \times \text{Km} + 130,43 \times \text{Scrap \%}$, ou seja,

Custo unitário da capota = $146,92\text{€} \times 3 + 0,19\text{€} \times 200 + 130,43\text{€} \times 1$, pelo que,

Custo unitário da capota = 951,19€

6. Conclusão

Antes de partirmos para os cálculos e análise do modelo de estimativa de custos, formulámos a hipótese de que “Aplicando o modelo paramétrico consegue-se estimar o custo de uma capota para automóveis *cabrio* com uma margem de erro inferior a 20%.”.

Vimos que os resultados obtidos vêm confirmar esta hipótese. Recorrendo ao modelo paramétrico, usando três variáveis independentes, Tamanho, Km e Scrap%, chegou-se a uma fórmula que nos permite estimar o valor de custo para uma capota com um excelente valor de erro absoluto de 1,5%. Excelente, foi também o valor obtido do coeficiente de determinação a cifrar-se nos 99,9%.

A aplicação deste modelo traz várias vantagens para a empresa. Primeiro, permite à mesma responder prontamente a uma solicitação de cotação. De facto, hoje em dia os clientes impõem prazos de resposta cada vez mais curtos, pelo que o fator *time to market* assume cada vez mais uma importância revelante para a competitividade das organizações. Segundo, possibilita à organização a realização de uma reengenharia de custo, isto é, a obtenção de uma estimativa de forma célere vem criar uma espécie de “*buffer* de tempo”, que poderá ser utilizado pelos engenheiros da organização de forma a se encontrarem alternativas de engenharia que possibilitem baixar os custos, tornando a empresa mais competitiva. Terceiro, este processo de procura por soluções economicamente mais competitivas, estimula a criatividade dos recursos humanos que intervêm neste processo, podendo conduzir a soluções inovadoras que acrescentem valor, quer para a organização, quer para o cliente.

No entanto, existem algumas limitações na aplicação desta fórmula para estimar o custo de uma capota. Os dados dos projetos que serviram de base para o cálculo do modelo paramétrico foram ajustados de acordo com a realidade da empresa e, como tal, baseiam-se num determinado padrão de capotas, que tem por base de fabricação uma tecnologia e processos característicos da empresa. Vejamos três exemplos distintos. O primeiro está relacionado com o tipo de tecnologia e de ferramentas utilizado que pode ser diferente dos seus concorrentes. Em apêndice G, pode ser visualizada a matriz de equipamentos e ferramentas que serviu de *input* para os projetos em causa. Outra diferença não menos importante a ter em atenção prende-se com a *labor rate*, que difere entre empresas, especialmente entre empresas situadas em países diferentes. Um terceiro exemplo é a taxa de

inflação que também é diferente entre países, e que no presente estudo foi utilizada para atualizar os valores dos cinco projetos referentes aos anos de 2010 e 2011 para o ano de 2012.

Finalmente, importa referir que este modelo deverá ser atualizado com os resultados obtidos sempre que existam novos projetos. De facto, uma recalibração do processo deverá ser feita de uma forma periódica. Esta periodicidade dependerá muito do ritmo de execução de projetos pela organização, assim como dos avanços tecnológicos na fabricação de capotas. O processo de recalibração passará por voltar a executar os passos do capítulo “Análise de informação”, nomeadamente a análise de regressão linear, que irá reajustar os coeficientes - m_1 , m_2 e m_3 (m_0 continua igual a zero) – das três variáveis independentes, Km, Tamanho, e Scrap %.

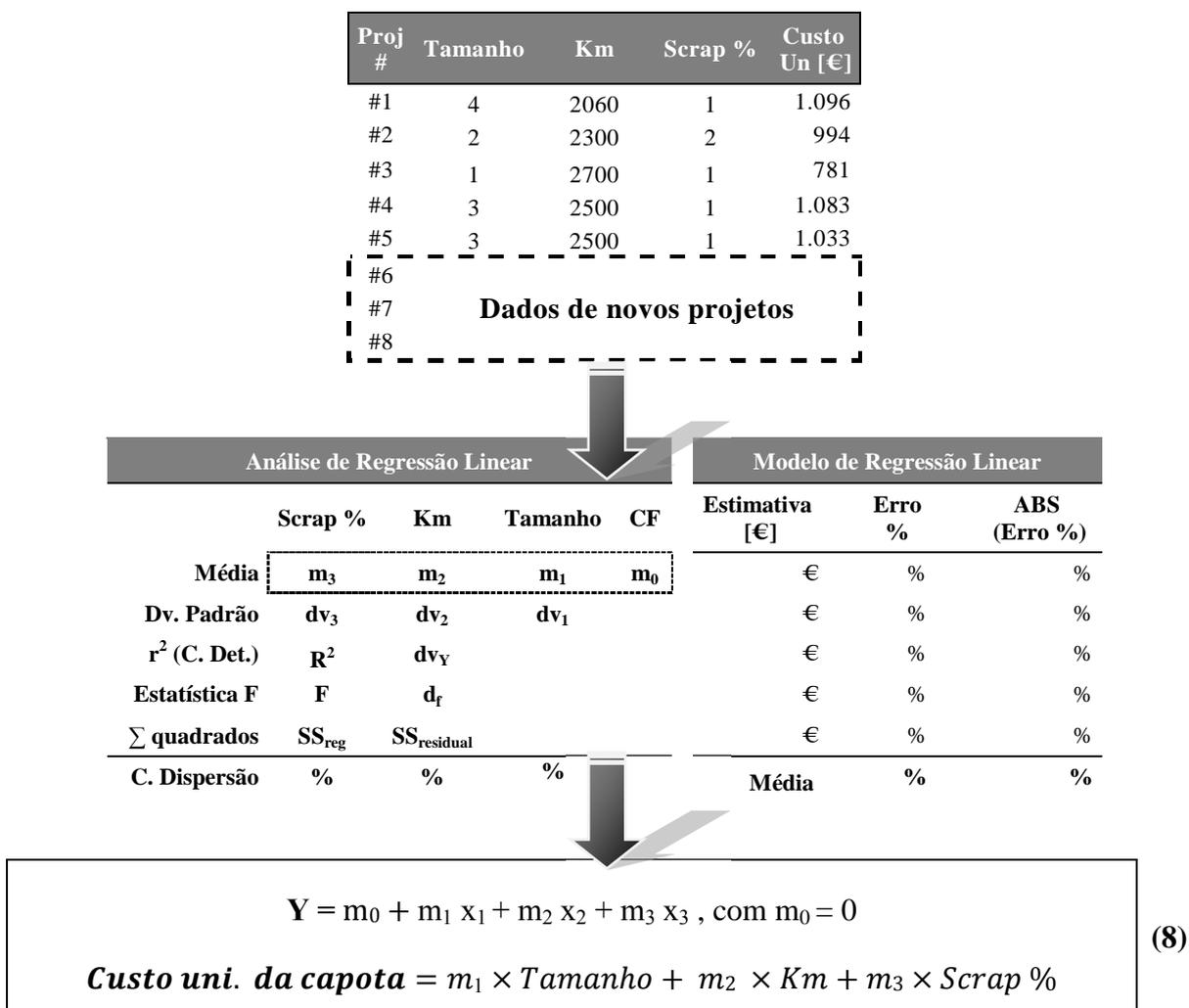


Figura 17 - Passos para recalibração da estimativa

Referências

- AACE International*. 2013. Cost engineering terminology: Recommended practice No. 10S-90. April 25.
- Borowicz, J. J. 2013. Required skills and knowledge of project cost estimating: Recommended practice No. 46R-11. *AACE International*, January 16.
- Duverlie, P. & Castelain, J. M. 1999. Cost estimation during design step: Parametric method versus case based reasoning method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15:895-906.
- Dysert, L. R. 2001. Developing a parametric model for estimating process control costs. *Cost Engineering*, 43:31-34.
- Dysert, L. R., & Pickett, T. W. 2005. So you think you're an estimator?. *Cost Engineering*, 47:30-35.
- Farineau, T., Rabenasolo, B., Castelain, J. M., Meyer, Y., Duverlie, P. 2001. Use of parametric models in an economic evaluation step during the design phase. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17:79-86.
- Harper, D., & Dorr, R. 2013. *Getting (and sharing!) the FACTS: factors, analogies, CERs & tools/studies*. Paper apresentado na ICEAA Professional Development & Training Workshop, New Orleans.
- I.S.P.A. International Society of Parametric Analysis. 2008. *Parametric Estimation Handbook*. Vienna: International Society of Parametric Analysis.
- Larry, R. & Dysert, L. R. 2008. An introduction to parametric estimating. *AACE International Transactions*, 03:1-7.
- Marôco, J. 2011. Regressão linear, *Análise estatística com o SPSS Statistics*: 672-799. Pero Pinheiro: ReportNumber.
- Martinez, L. F. & Ferreira, A. I. 2010. Associação entre variáveis, *Análise de dados com SPSS primeiros passos*: 65-77. Lisboa: Escolar Editora.
- Ogilvie, A., Brown Jr., R. A., Biery, F. P., Barshop, P. 2012. Quantifying estimate accuracy and precision for the processes industries: A review of industry data. *Cost Engineering*, November/December: 28-38.
- Pereira, L. 2011. *Gestão de conhecimento em projetos*. Lisboa: FCA – Editora de Informática
- Project Management Institute. 2008. *PMBOK® Guide. A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Newton Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Sullivan, W., Wicks, E., & Koell, P. 2011. Cost-estimation techniques. In *Engineering economy*, ed. 15: 71-113. New Jersey: Prentice Hall.
- United States Government Accountability Office. 2009. *GAO cost estimating and assessment guide*. Washington, D.C.: Executive Office of the President.

Apêndices

Apêndice A – Descrição dos 12 passos para uma estimativa de alta qualidade

Etapa	Descrição	Tarefa
1	Definir o objetivo da estimativa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir o propósito da estimativa, o nível de detalhe e o âmbito; ▪ Mencionar a quem se destina a estimativa.
2	Desenvolver o plano da estimativa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Quem constituirá a equipa da estimativa e qual o seu plano mestre; ▪ Determinar que entidade independente irá realizar a estimativa de custo; ▪ Delinear uma abordagem e definir um calendário estimativa.
3	Definir o programa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Documentar todas as referências técnicas, identificar o propósito do programa, assim como as suas características de desempenho e todas as configurações; ▪ Documentar quaisquer implicações tecnológicas; ▪ Definir o plano e a estratégia de aquisições do programa; ▪ Verificar qual a relação com outros sistemas existentes, incluindo sistemas antecessores ou similares; ▪ Verificar que suporte é necessário (mão de obra, treino, etc.), quais os requisitos de segurança e itens de risco; ▪ Quantidade necessária para o desenvolvimento, testes e produção do sistema; ▪ Definir planos de desenvolvimento e de manutenção do sistema.
4	Definir a estrutura da estimativa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir uma WBS (<i>Work Breakdown Structure</i>), com a descrição de cada elemento no dicionário da WBS; ▪ Escolher o melhor método de estimativa para cada elemento da WBS; ▪ Identificar possíveis controlos cruzados para o custo mais provável e para os <i>drivers</i> planeados; ▪ Desenvolver uma <i>checklist</i> para a estimativa de custo.
5	Identificar as regras básicas e os pressupostos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir claramente o que a estimativa inclui e exclui; ▪ Identificar os pressupostos globais e específicos do programa; ▪ Identificar as informações relativas ao planeamento do programa em cada fase e por estratégia de aquisição; ▪ Identificar qualquer constrangimento de prazo ou de orçamento, assim como as premissas relativas à inflação e custos de viagem; ▪ Especificar, se for o caso, que equipamento o governo irá fornecer, assim como a utilização de instalações existentes; ▪ Identificar o adjudicatário principal e os subcontratados principais; ▪ Determinar os ciclos de substituição/atualização de tecnologia, as premissas tecnológicas e novas tecnologias a serem desenvolvidas; ▪ Descrever o efeito da nova forma de fazer negócios.
6	Recolher informação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Criar um plano de recolha de informação com foco nos dados mais pertinentes sejam técnicos, programáticos, de custo ou de risco; ▪ Investigar todas as possíveis fontes de dados;

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normalizar os dados recolhidos tendo em conta, por exemplo, a inflação e as lições apreendidas; ▪ Analisar os dados tendo em conta os indicadores de custo, tendências e desvios, e compará-los com os dados históricos; ▪ Analisar todas as fontes de dados e documentar toda a informação pertinente, incluindo uma avaliação da fiabilidade e precisão dos dados; ▪ Guardar os dados para futuras estimativas.
7	Desenvolver a estimativa e comparar o resultado com outras estimativas de custos independentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolver o modelo de custo estimando cada elemento da WBS usado as melhores metodologias a partir dos dados recolhidos, incluindo todos os pressupostos da estimativa. Na realidade a falta de dados muitas vezes determina a abordagem. Já num ambiente rico em dados a abordagem à estimativa deve preceder a investigação das fontes de dados; ▪ Expressar os custos em unidades anuais; ▪ Fasear os resultados, espalhando os custos anuais pelo momento em que se espera que ocorram com base no planeamento realizado; ▪ Somar todos os elementos da WBS de modo a obter uma estimativa global; ▪ Validar a estimativa procurando por eventuais erros, como por exemplo omissão de custos, ou dupla contagem; ▪ Comparar o valor da estimativa com o valor da estimativa independente e analisar onde e porque existem diferenças; ▪ Cruzar os fatores de custo de modo a verificar se os resultados são semelhantes; ▪ Atualizar o modelo sempre que surjam mais dados ou que existam alterações comparando os resultados com as estimativas anteriores
8	Realizar análise da sensibilidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Testar a sensibilidade dos elementos de custo induzindo alterações nos valores da estimativa e alterações nos pressupostos; ▪ Identificar os efeitos na estimativa global resultante da alteração do planeamento e das quantidades; ▪ Determinar que pressupostos são fatores de custo e quais são os elementos de custo mais afetados pelas alterações.
9	Realizar análise de risco e de incerteza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisar junto de especialistas, o nível de custo, o planeamento e os riscos técnicos associados a cada elemento da WBS; ▪ Analisar cada risco no que respeita à severidade e probabilidade; ▪ Identificar os limites para cada elemento de risco tendo em conta o mínimo, o mais provável e o máximo; ▪ Certificar que os riscos estão correlacionados; ▪ Utilizar um método de análise estatístico universalmente utilizado (por exemplo a simulação Monte Carlo), para determinar o intervalo de confiança em torno da estimativa; ▪ Identificar o nível de confiança no valor da estimativa; ▪ Determinar o valor dos fundos de contingência e adicionar este à estimativa, para se calcular a estimativa de custo ajustada ao risco; ▪ Desenvolver um plano de controlo e mitigação dos riscos.

10	Documentar a estimativa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Documentar todos os passos dados no desenvolvimento da estimativa para que qualquer pessoa não familiarizada com o programa possa recriá-lo e chegar ao mesmo resultado; ▪ Documentar o propósito da estimativa, a equipa que a desenvolveu, quem a aprovou e em que data; ▪ Descrever o programa, o seu planeamento e a <i>baseline</i> técnica usada para desenvolver a estimativa; ▪ Apresentar as diversas fases do ciclo de vida dos custos do programa; ▪ Discutir todas as regras e pressupostos assumidos; ▪ Incluir fontes de dados auditáveis e rastreáveis para cada elemento de custo e descrever como é que os dados foram tratados; ▪ Descrever detalhadamente a metodologia de cálculo e o raciocínio realizado, na obtenção de cada elemento de custo; ▪ Descrever os resultados do risco, incerteza, e análises de sensibilidade e se foram identificados quaisquer fundos de contingência; ▪ Verificar como esta estimativa se compara com outras anteriores.
11	Submeter a estimativa à aprovação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resumir o custo do ciclo de vida da estimativa; ▪ Incluir uma explicação técnica e programática da <i>baseline</i> e das incertezas verificadas; ▪ Comparar a estimativa a uma estimativa de custo independente, explicando as diferenças verificadas; ▪ Comparar o ciclo de vida da estimativa de custo, ou a estimativa de custo independente, com o orçamento. A comparação deverá ser suficientemente detalhada de modo a permitir uma fácil defesa, evidenciando a precisão e a alta qualidade aplicada; ▪ De um modo geral, focar os maiores elementos de custo e indicadores de custo, ou <i>cost drivers</i>; ▪ Tornar o conteúdo claro e completo para que todos aqueles que não estão familiarizados possam facilmente compreender e interpretar o resultado da estimativa; ▪ Preparar documentação extra, por exemplo slides que contenham informação que possa servir de suporte a eventuais questões; ▪ Documentar o <i>feedback</i> da gestão; ▪ Requerer a aprovação da estimativa.
12	Atualizar a estimativa de modo a refletir custos atuais e alterações	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atualizar a estimativa de modo a refletir quaisquer alterações técnicas ou de pressupostos no programa, ou mantê-la atualizada à medida que o programa avança por novas fases ou <i>milestones</i>; ▪ Reportar em reuniões o progresso dos custos; ▪ Documentar as lições aprendidas com os elementos sobre os quais se verificaram desvios de custo e prazos face ao que foi estimado; ▪ Documentar todas as alterações ao programa e como é que as mesmas afetam a estimativa de custo.

Tabela 34 - Descrição dos 12 passos para uma estimativa de alta qualidade (Adaptado de GAO 2009, p.9)

Apêndice B – Normalização das rubricas de custos de cada projeto

Apêndice B.1. - Projeto #1

RUBRICAS DE CUSTO		PROJECTO # 1	
A. GENERAL FIGURES			
PRODUCTION LOCATION #1	Palmela (PT)		
PRODUCTION LOCATION #2	Palmela (PT)		
PRODUCTION LOCATION (Car)	Mulhouse (FR)		
DELIVERY CONDITION	Exwks		
VOLUME OVER LIFETIME	265.996	Units over lifetime	
LIFECYCLE (Years)	6	Years	
VOLUME (average) PER YEAR (Vol. over lifetime/Lifecycle)	44.333	Units / per year	
VOLUME (average) PER WORKING DAY	281	Units / working day	
B. WORKING MODEL			
WORKING DAYS (per year)	226	Days	
SHIFTS	2	Shifts	
NET WORKING HOURS / SHIFT	7,75	Hours / shift	
EQUIPMENT AVAILABILITY	85%		
DEPRECIATION	3	Years (Customer request)	
OPERATOR EFFICIENCY	100%		
PHYSIOLOGICAL FACTOR	8%		
OPERATOR CYCLE TIME (average) [n° shift x 7,75h x 60min x 100% x Equipment availability] / [Volume (average) per working day]	2,81	Minutes	
EQUIPMENT CYCLE TIME (average) [Op. Cycle Time (av) / Op. Efficiency] - [Physiological factor x Op. Cycle Time (av) / Op. Efficiency]	2,59	Minutes	
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)		6.382.020,00 €	
1.1. R&D	4.312.930 €	CATEGORY	
- PROJECT MANAGEMENT	460.000 €	INTERNAL	
- DESIGN & ENGINEERING	2.303.000 €	INTERNAL	
- TESTING	702.500 €	INTERNAL	
- D&D EXTERNAL	415.000 €		EXTERNAL
- TESTING	200.350 €		EXTERNAL
- TRAVEL COSTS	232.080 €		EXTERNAL
- ICO PROJECTS (e. g. MCC development)	-		EXTERNAL
1.2. PROTOTYPING	1.214.530 €	CATEGORY	
- TOOLING	624.530 €	INTERNAL	
- PROTOTYPES	590.000 €	INTERNAL	EXTERNAL
1.3. START-UP	854.560 €	CATEGORY	
- PILOTLINE	254.500 €	INTERNAL	
- KAIZEN / WPS		INTERNAL	
- PROJECT			EXTERNAL
- PLANT	600.060 €		EXTERNAL

2. SG&A (SELLING GENERAL & ADM. EXPENSES)		3.625.013,90 €	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.625.014 €	PER HOUR	HOURS
- MANUFACTURING ENG.	- €	- €	15546
- PRODUCT COSTING	- €	- €	2795
- QUALITY	- €	- €	7196
- QUALITY APQP	- €	- €	5752
- LOGISTICS PLANNER	- €	- €	3350
- PURCHASING	- €	- €	9060
- TECHNICAL ANALYSIS	- €	- €	2824
- SALES	- €	- €	2790

3. INVESTMENT		9.198.303,36 €	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	4.365.000 €		
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	1.985.600 €		
3.3. TRANSPORT RACKS	2.847.703 €		
- TRANSPORT RACKS INBOUND	757.662 €		
- TRANSPORT RACKS OUTBOUND	2.090.041 €		
- OTHERS INVESTMENTS (Testing, IT, CATIA, Office, etc.)			

4. LAUNCH / RAMP UP		1.190.965,74 €		
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	510.748 €	Month	Allocate	Per Op.
- LINE OPERATORS	510.748 €		148	- €
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	396.169 €	Years	Allocate	Salary/Year
- LOGISTICS STAFF (Disposition, Scheduler,...)	- €	0,5	2	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- SUPERVISOR	- €	0,3	3	- €
- TEAM LEADER	- €	0,3	9	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	0,3	5	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	0,3	3	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	0,2	8	- €
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	284.049 €			
- MATERIAL FOR EQUIPMENT CAPABILITY	92.250 €			
- TRAINNING	60.314 €			
- TRAVELLING	71.485 €			
- EXTERNAL WORKS	60.000 €			

5. MATERIAL PER PIECE		728,37 €
5.1. BILL OF MATERIAL	615,00 €	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	113,37 €	16 Racks/Camião
- TRANSP. COSTS INBOUND	28,09 €	
- TRANSP. COSTS OUTBOUND	74,72 €	2060Km; 3 roof/rack
- ADVANCED WAREHOUSE	4,41 €	
- SCRAP RATE FOR MATERIAL	6,15 €	(1% x BOM)

6. DIRECT LABOR COSTS PER PIECE		99,04 €
[(Assembly Time x Net hourly rate / 60) x (100% + Scrap rate for labor)]		
6.1. LABOR COST/PIECE	97,58 €	
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #1	263,00	Minutes
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #2	217,70	Minutes
- NET HOURLY RATE - Location #1	12,18 €	
- NET HOURLY RATE - Location #2	12,18 €	
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#1 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	81	Operators
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#2 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	67	Operators
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR	1,46 €	
- SCRAP RATE FOR LABOR (%)	1,50%	

7. INDIRECT LABOR COSTS PER PIECE		35,43 €	
[Indirect Labor per Year x lifecycle time / Volume over lifetime]			
7.1. INDIRECT LABOR COST PER YEAR	1.570.562 €	45,75 Employees.	
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- SUPERVISOR	- €	3,00	- €
- TEAM LEADER	- €	9,00	- €
- LOGISTICS STAFF (Dispo, Scheduler,...)	- €	1,50	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	8,00	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	5,00	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	2,00	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	3,00	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	1,00	- €
- SUPPLIER QUALITY ENGINEERING	- €	1,00	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,50	- €
- QUALITY AUDITOR PROCESS	- €	2,00	- €
- QUALITY AUDITOR INCOMING	- €	2,00	- €
- MEASURING TECHNICIAN (3D measuring room)	- €	0,75	- €
- KAIZEN OFFICE	- €	1,00	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	1,00	- €
- QUALITY INSPECTOR	- €	4,00	- €
- RESIDENT ENGINEER	- €	1,00	- €

8. OVERHEADS PER PIECE		76,39 €	
[Plant Overheads per year + Running Costs per year) x (lifecycle time) / Volume over lifetime]			
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	604.481 €	6,50	3 Years deprec.
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- PLANT MANAGER	- €		- €
- PRODUCTION MANAGER	- €		- €
- QUALITY MANAGER	- €	0,50	- €
- LOGISTICS MANAGER	- €		- €
- MANAGER HR/FI/CO/IT	- €		- €
- IT STAFF	- €	1,00	- €
- HR/FI/CO STAFF	- €	3,00	- €
- NON BOM PURCHASING	- €	1,00	- €
- SECRETARY	- €	0,50	- €
- BUILDING INFRASTRUCTURE	- €	0,50	- €
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	2.782.085 €		
- ANCILLARY MATERIAL	109.058 €	(0,4% x BOM x Volume/Year)	
- ENERGY (current, gas, water)	84.000 €		
- IT/TELEPHONE	26.875 €		
- FACILITY MAINTENANCE (inc. security, cleaning,...)	5.000 €		
- PRODUCTION LINE MAINTENANCE [Investment Manuf. (Equipment + Tools/Jigs) x 3,5%]	222.271 €	3,5%	
- TRAVEL EXPENSES	69.769 €	Based on Indirect labor costs	
- DEPRECIATION ON FIXED ASSETS/TECH. EQUIPMENT [Total Investment / Lifecycle (years)]	1.533.051 €	Linear over production lifetime	
- INDUSTRIAL WASTE REMOVAL	43.200 €		
- DEPRECIATIONS ON INVEST TOOLS	0 €		
- RENTAL AND LEASE COSTS	117.855 €		
- LEGAL SERVICE AND TAXES	23.040 €		
- INSURANCES	24.000 €		
- DOCUMENT MANAGEMENT	24.000 €		
- SYSTEM AUDIT (ISO/TS AND ISO14001)	9.000 €		
- FINANCE AUDIT COSTS	18.000 €		
- IT GROUP SERVICES	180.000 €	25.000€ Per month	
- TRAINING COSTS PER YEAR	40.050 €	200€ Per Employee	
- MISCELLANEOUS	252.917 €		
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME		817.938 €	
9.1. WARRANTIES [0,5% x BOM x Volume Over Lifetime]	817.938 €		

Tabela 35 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #1

Apêndice B.2. - Projeto #2

RUBRICAS DE CUSTO		PROJECTO # 2	
A. GENERAL FIGURES			
PRODUCTION LOCATION #1	Palmela (PT)		
PRODUCTION LOCATION #2	Palmela (PT)		
PRODUCTION LOCATION (Car)	Oxford (UK)		
DELIVERY CONDITION	Exwks		
VOLUME OVER LIFETIME	247.000	Units over lifetime	
LIFECYCLE (Years)	7	Years	
VOLUME (average) PER YEAR (Vol. over lifetime/Lifecycle)	35.286	Units / per year	
VOLUME (average) PER WORKING DAY	176	Units / working day	
B. WORKING MODEL			
WORKING DAYS (per year)	240	Days	
SHIFTS	2	Shifts	
NET WORKING HOURS / SHIFT	7,75	Hours / shift	
EQUIPMENT AVAILABILITY	85%		
DEPRECIATION	4	Years (Customer request)	
OPERATOR EFFICIENCY	100%		
PHYSIOLOGICAL FACTOR	8%		
OPERATOR CYCLE TIME (average) [n° shift x 7,75h x 60min x 100% x Equipment availability] / [Volume (average) per working day]	4,49	Minutes	
EQUIPMENT CYCLE TIME (average) [Op. Cycle Time (av.) / Op. Efficiency] - [Physiological factor x Op. Cycle Time (average) / Op. Efficiency]	4,13	Minutes	
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)		9.309.928,00 €	
1.1. R&D	6.127.954 €	CATEGORY	
- PROJECT MANAGEMENT	640.998 €	INTERNAL	
- DESIGN & ENGINEERING	3.262.133 €	INTERNAL	
- TESTING	999.323 €	INTERNAL	
- D&D EXTERNAL	533.000 €		EXTERNAL
- TESTING	330.000 €		EXTERNAL
- TRAVEL COSTS	362.500 €		EXTERNAL
- ICO PROJECTS (e. g. MCC development)	-		EXTERNAL
1.2. PROTOTYPING	1.760.000 €	CATEGORY	
- TOOLING	1.100.000 €	INTERNAL	
- PROTOTYPES	660.000 €	INTERNAL	EXTERNAL
1.3. START-UP	1.421.974 €	CATEGORY	
- PILOTLINE	299.061 €	INTERNAL	
- KAIZEN / WPS	90.000 €	INTERNAL	
- PROJECT			EXTERNAL
- PLANT	1.032.913 €		EXTERNAL

2. SG&A (SELLING GENERAL & ADM. EXPENSES)		3.350.692,14 €	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.350.692 €	PER HOUR	HOURS
- MANUFACTURING ENG.	- €	- €	15140
- PRODUCT COSTING	- €	- €	2127
- QUALITY	- €	- €	5287
- QUALITY APQP	- €	- €	5010
- LOGISTICS PLANNER	- €	- €	3233
- PURCHASING	- €	- €	9430
- TECHNICAL ANALYSIS	- €	- €	2534
- SALES	- €	- €	2890

3. INVESTMENT		5.995.260,00 €	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	3.190.000 €		
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	2.054.260 €		
3.3. TRANSPORT RACKS	751.000 €		
- TRANSPORT RACKS INBOUND	700.000 €		
- TRANSPORT RACKS OUTBOUND	- €		
- OTHERS INVESTMENTS (Testing, IT, CATIA, Office, etc.)	51.000 €		

4. LAUNCH / RAMP UP		1.452.785,18 €		
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	234.668 €	Month	Allocate	Per Op.
- LINE OPERATORS	234.668 €		68	- €
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	613.502 €	Years	Allocate	Salary/Year
- LOGISTICS STAFF (Disposition, Scheduler,...)	- €	0,8	3	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	0,6	2	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,6	1	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- SUPERVISOR	- €	0,3	4	- €
- TEAM LEADER	- €	0,3	10	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	0,8	5	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	0,3	4	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	0,2	5	- €
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	604.615 €			
- MATERIAL FOR EQUIPMENT CAPABILITY	410.640 €			
- TRAINING	60.000 €			
- TRAVELLING	93.975 €			
- EXTERNAL WORKS	40.000 €			

5. MATERIAL PER PIECE		648,44 €
5.1. BILL OF MATERIAL	575,00 €	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	73,44 €	36 Racks/ Camião
- TRANSP. COSTS INBOUND	30,34 €	
- TRANSP. COSTS OUTBOUND	31,60 €	
- ADVANCED WAREHOUSE	- €	2300Km; 4 Roofs/Rack
- SCRAP RATE FOR MATERIAL	11,50 €	(2% x BOM)

6. DIRECT LABOR COSTS PER PIECE		72,00 €
[(Assembly Time x Net hourly rate / 60) x (100% + Scrap rate for labor)]		
6.1. LABOR COST/PIECE	70,59 €	
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #1	347,75	Minutes
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #2	0,00	Minutes
- NET HOURLY RATE - Location #1	12,18 €	
- NET HOURLY RATE - Location #2	0,00 €	
- NUMBER OF OPERATORS (average) - Location #1 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	68	Operators
- NUMBER OF OPERATORS (average) - Location #2 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	0	Operators
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR	1,41 €	
- SCRAP RATE FOR LABOR (%)	2,00%	

7. INDIRECT LABOR COSTS PER PIECE		53,73 €	
[Indirect Labor per Year x lifecycle time / Volume over lifetime]			
7.1. INDIRECT LABOR COST PER YEAR	1.896.057 €	51,50 Employees.	
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- SUPERVISOR	- €	4,00	- €
- TEAM LEADER	- €	10,00	- €
- LOGISTICS STAFF (Dispo, Scheduler,...)	- €	3,00	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	5,00	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	5,00	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	2,00	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	4,00	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	2,00	- €
- SUPPLIER QUALITY ENGINEERING	- €	1,00	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,50	- €
- QUALITY AUDITOR PROCESS	- €	2,00	- €
- QUALITY AUDITOR INCOMING	- €	2,00	- €
- MEASURING TECHNICIAN (3D measuring room)	- €	2,00	- €
- KAIZEN OFFICE	- €	3,00	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	1,00	- €
- QUALITY INSPECTOR	- €	4,00	- €
- RESIDENT ENGINEER	- €	1,00	- €

8. OVERHEADS PER PIECE			62,90 €
[Plant Overheads per year + Running Costs per year] x (lifecycle time) / Volume over lifetime]			
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	461.903 €	10,40	4 Years deprec.
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- PLANT MANAGER	- €		- €
- PRODUCTION MANAGER	- €		- €
- QUALITY MANAGER	- €	0,40	- €
- LOGISTICS MANAGER	- €		- €
- MANAGER HR/FI/CO/IT	- €		- €
- IT STAFF	- €	2,00	- €
- HR/FI/CO STAFF	- €	5,00	- €
- NON BOM PURCHASING	- €	1,00	- €
- SECRETARY	- €	1,00	- €
- BUILDING INFRASTRUCTURE	- €	1,00	- €
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	1.757.713 €		
- ANCILLARY MATERIAL	81.157 €	(0,4% x BOM x Volume / Year)	
- ENERGY (current, gas, water)	86.400 €		
- IT/TELEPHONE	33.600 €		
- FACILITY MAINTENANCE (inc. security, cleaning...)	148.119 €		
- PRODUCTION LINE MAINTENANCE [Investment Manuf. (Equipment + Tools/Jigs) x 3,0%]	157.328 €	3,0%	
- TRAVEL EXPENSES	72.100 €	Based on Indirect labor costs	
- DEPRECIATION ON FIXED ASSETS/TECH. EQUIPMENT [Total Investment / Lifecycle (years)]	0 €	Linear over production lifetime	
- INDUSTRIAL WASTE REMOVAL	43.200 €		
- DEPRECIATIONS ON INVEST TOOLS	0 €		
- RENTAL AND LEASE COSTS	120.800 €		
- OUTSOURCE WAREHOUSE SERVICES	551.197 €	RTT + EXT. WAREHOUSE	
- LEGAL SERVICE AND TAXES	23.040 €		
- INSURANCES	24.000 €		
- DOCUMENT MANAGEMENT	24.000 €		
- SYSTEM AUDIT (ISO/TS AND ISO14001)	9.000 €		
- FINANCE AUDIT COSTS	18.000 €		
- IT GROUP SERVICES	180.000 €	25.000€ Per month	
- TRAINING COSTS PER YEAR	25.980 €	200€ Per Employee	
- MISCELLANEOUS	159.792 €		
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME			3.550.625 €
9.1. WARRANTIES [2,5% x BOM x Volume Over Lifetime]	3.550.625 €		

Tabela 36 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #2

Apêndice B.3. - Projeto #3

RUBRICAS DE CUSTO	PROJECTO # 3
--------------------------	---------------------

A. GENERAL FIGURES		
PRODUCTION LOCATION #1	Palmela (PT)	
PRODUCTION LOCATION #2	Palmela (PT)	
PRODUCTION LOCATION (Car)	Eslovênia	
DELIVERY CONDITION	Exwks	
VOLUME OVER LIFETIME	62.460	Units over lifetime
LIFECYCLE (Years)	5	Years
VOLUME (average) PER YEAR (Vol. over lifetime/Lifecycle)	11.897	Units / per year
VOLUME (average) PER WORKING DAY	52	Units / working day

B. WORKING MODEL		
WORKING DAYS (per year)	230	Days
SHIFTS	1	Shifts
NET WORKING HOURS / SHIFT	7,75	Hours/ shift
EQUIPMENT AVAILABILITY	85%	
DEPRECIATION	5	Years (Customer request)
OPERATOR EFFICIENCY	100%	
PHYSIOLOGICAL FACTOR	8%	
OPERATOR CYCLE TIME (average) [n° shift x 7,75h x 60min x 100% x Equipment availability] / [Volume (average) per working day]	7,64	Minutes
EQUIPMENT CYCLE TIME (average) [Op. Cycle Time (av) / Op Efficiency] - [Physiological factor x Op. Cycle Time (average) / Op. Efficiency]	7,03	Minutes

1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)		65.000,00 €	
1.1. R&D	- €	CATEGORY	
- PROJECT MANAGEMENT	- €	INTERNAL	
- DESIGN & ENGINEERING	- €	INTERNAL	
- TESTING	- €	INTERNAL	
- D&D EXTERNAL	- €		EXTERNAL
- TESTING	- €		EXTERNAL
- TRAVEL COSTS	- €		EXTERNAL
- ICO PROJECTS (e. g. MCC development)	- €		EXTERNAL
1.2. PROTOTYPING	- €	CATEGORY	
- TOOLING	- €	INTERNAL	
- PROTOTYPES	- €	INTERNAL	EXTERNAL
1.3. START-UP	65.000 €	CATEGORY	
- PILOTLINE	- €	INTERNAL	
- KAIZEN / WPS	25.000 €	INTERNAL	
- PROJECT	- €		EXTERNAL
- PLANT	40.000 €		EXTERNAL

2. SG&A (SELLING GENERAL & ADM. EXPENSES)		0,00 €	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	- €	PER HOUR	HOURS
- MANUFACTURING ENG.	- €	- €	0
- PRODUCT COSTING	- €	- €	0
- QUALITY	- €	- €	0
- QUALITY APQP	- €	- €	0
- LOGISTICS PLANNER	- €	- €	0
- PURCHASING	- €	- €	0
- TECHNICAL ANALYSIS	- €	- €	0
- SALES	- €	- €	0

3. INVESTMENT		2.655.141,00 €	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	2.141.000 €		
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	2.141 €		
3.3. TRANSPORT RACKS	512.000 €		
- TRANSPORT RACKS INBOUND	400.000 €		
- TRANSPORT RACKS OUTBOUND	100.000 €	Recover racks	
- OTHERS INVESTMENTS (Testing, IT, CATIA, Office, etc.)	12.000 €		

4. LAUNCH / RAMP UP		251.167,27 €		
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	44.863 €	Month	Allocate	Per Op.
- LINE OPERATORS	44.863 €		13	- €
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	123.824 €	Year	Allocate	Salary/Year
- LOGISTICS STAFF (Disposition, Scheduler,...)	- €	0,3	1,0	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	0,5	1,0	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	0,5	0,5	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,2	0,0	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	0,2	0,5	- €
- SUPERVISOR	- €	0,3	1,0	- €
- TEAM LEADER	- €	0,3	2,0	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	0,2	1,0	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	0,5	1,0	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	0,2	1,0	- €
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	82.480 €			
- MATERIAL FOR EQUIPMENT CAPABILITY	10.640 €			
- TRAINING	21.840 €			
- TRAVELLING	40.000 €			
- EXTERNAL WORKS	10.000 €			

5. MATERIAL PER PIECE		602,19 €
5.1. BILL OF MATERIAL	516,74 €	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	85,45 €	18 Racks/Camião
- TRANSP. COSTS INBOUND	18,26 €	
- TRANSP. COSTS OUTBOUND	56,50 €	
- ADVANCED WAREHOUSE	5,52 €	2700Km; 6 Roofs/Rack
- SCRAP RATE FOR MATERIAL	5,17 €	(1% x BOM)

6. DIRECT LABOR COSTS PER PIECE		22,96 €
[(Assembly Time x Net hourly rate / 60) x (100% + Scrap rate for labor)]		
6.1. LABOR COST/PIECE	22,51 €	
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #1	110,89	Minutes
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #2	0,00	Minutes
- NET HOURLY RATE - Location #1	12,18 €	
- NET HOURLY RATE - Location #2	0,00 €	
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#1 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	13	Operators
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#2 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	0	Operators
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR	0,45 €	
- SCRAP RATE FOR LABOR (%)	2,00%	

7. INDIRECT LABOR COSTS PER PIECE		44,18 €	
[Indirect Labor per Year x lifecycle time / Volume over lifetime]			
7.1. INDIRECT LABOR COST PER YEAR	525.643 €	12,50 Employees.	
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- SUPERVISOR	- €	1,00	- €
- TEAM LEADER	- €	2,00	- €
- LOGISTICS STAFF (Dispo, Scheduler,...)	- €	1,00	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	1,00	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	1,00	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	1,00	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	1,00	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	0,50	- €
- SUPPLIER QUALITY ENGINEERING	- €	0,50	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,00	- €
- QUALITY AUDITOR PROCESS	- €	0,50	- €
- QUALITY AUDITOR INCOMING	- €	1,00	- €
- MEASURING TECHNICIAN (3D measuring room)	- €	0,50	- €
- KAIZEN OFFICE	- €	0,00	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	0,50	- €
- QUALITY INSPECTOR	- €	0,00	- €
- RESIDENT ENGINEER	- €	1,00	- €

8. OVERHEADS PER PIECE			51,01 €
[Plant Overheads per year + Running Costs per year] x (lifecycle time) / Volume over lifetime]			
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	254.490 €	3,80	5 Years deprec.
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- PLANT MANAGER			
- PRODUCTION MANAGER			
- QUALITY MANAGER	- €	0,30	- €
- LOGISTICS MANAGER			
- MANAGER HR/FI/CO/IT			
- IT STAFF	- €	1,00	- €
- HR/FI/CO STAFF	- €	1,00	- €
- NON BOM PURCHASING	- €	0,50	- €
- SECRETARY	- €	0,50	- €
- BUILDING INFRASTRUCTURE	- €	0,50	- €
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	352.424 €		
- ANCILLARY MATERIAL	24.591 €	(0,4% x BOM x Volume / Year)	
- ENERGY (current, gas, water)	2.400 €	Based on 200m2	
- IT/TELEPHONE	21.120 €		
- FACILITY MAINTENANCE (inc. security, cleaning...)	20.000 €		
- PRODUCTION LINE MAINTENANCE [Investment Manuf. (Equipment + Tools/Jigs) x 3,0%]	64.294 €	3,0%	
- TRAVEL EXPENSES	17.500 €	Based on Indirect labor costs	
- DEPRECIATION ON FIXED ASSETS/TECH. EQUIPMENT [Total Investment / Lifecycle (years)]	0 €	Linear over production lifetime	
- INDUSTRIAL WASTE REMOVAL	10.800 €		
- DEPRECIATIONS ON INVEST TOOLS	0 €		
- RENTAL AND LEASE COSTS	20.800 €		
- OUTSOURCE WAREHOUSE SERVICES	0 €		
- LEGAL SERVICE AND TAXES	11.520 €		
- INSURANCES	6.000 €		
- DOCUMENT MANAGEMENT	12.000 €		
- SYSTEM AUDIT (ISO/TS AND ISO14001)	4.500 €		
- FINANCE AUDIT COSTS	9.000 €		
- IT GROUP SERVICES	90.000 €		
- TRAINING COSTS PER YEAR	5.860 €	200€ Per Employee	
- MISCELLANEOUS	32.039 €		
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME			806.890 €
9.1. WARRANTIES [2,5% x BOM x Volume Over Lifetime]	806.890 €		

Tabela 37- Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projecto #3

Apêndice B.4. - Projeto #4

RUBRICAS DE CUSTO		PROJECTO # 4	
A. GENERAL FIGURES			
PRODUCTION LOCATION #1	Palmela (PT)		
PRODUCTION LOCATION #2	n.a.		
PRODUCTION LOCATION (Car)	Germany		
DELIVERY CONDITION	Exwks		
VOLUME OVER LIFETIME	190.000	Units over lifetime	
LIFECYCLE (Years)	6	Years	
VOLUME (average) PER YEAR (Vol. over lifetime/Lifecycle)	31.667	Units / per year	
VOLUME (average) PER WORKING DAY	140	Units / working day	
B. WORKING MODEL			
WORKING DAYS (per year)	226	Days	
SHIFTS	2	Shifts	
NET WORKING HOURS / SHIFT	7,75	Hours / shift	
EQUIPMENT AVAILABILITY	85%		
DEPRECIATION	3	Years (Customer request)	
OPERATOR EFFICIENCY	100%		
PHYSIOLOGICAL FACTOR	8%		
OPERATOR CYCLE TIME (average) [n° shift x 7,75h x 60min x 100% x Equipment availability] / [Volume (average) per working day]	5,64	Min	
EQUIPMENT CYCLE TIME (average) [Op. Cycle Time (av.) / Op. Efficiency] - [Physiological factor x Op. Cycle Time (average) / Op. Efficiency]	5,19	Min	
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)		6.430.280,00 €	
1.1. R&D	4.180.780 €	CATEGORY	
- PROJECT MANAGEMENT	505.000 €	INTERNAL	
- DESIGN & ENGINEERING	2.106.000 €	INTERNAL	
- TESTING	620.000 €	INTERNAL	
- D&D EXTERNAL	514.200 €		EXTERNAL
- TESTING	200.500 €		EXTERNAL
- TRAVEL COSTS	235.080 €		EXTERNAL
- ICO PROJECTS (e. g. MCC development)	-		EXTERNAL
1.2. PROTOTYPING	1.418.500 €	CATEGORY	
- TOOLING	808.500 €	INTERNAL	
- PROTOTYPES	610.000 €	INTERNAL	EXTERNAL
1.3. START-UP	831.000 €	CATEGORY	
- PILOTLINE	231.000 €	INTERNAL	
- KAIZEN / WPS	50.000 €	INTERNAL	
- PROJECT			EXTERNAL
- PLANT	550.000 €		EXTERNAL

2. SG&A (SELLING GENERAL & ADM. EXPENSES)		3.750.005,90 €	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.750.006 €	PER HOUR	HOURS
- MANUFACTURING ENG.	- €	- €	16546
- PRODUCT COSTING	- €	- €	2995
- QUALITY	- €	- €	7306
- QUALITY APQP	- €	- €	5856
- LOGISTICS PLANNER	- €	- €	3460
- PURCHASING	- €	- €	9260
- TECHNICAL ANALYSIS	- €	- €	3124
- SALES	- €	- €	2410

3. INVESTMENT		8.083.240,00 €	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	3.969.000 €		
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	1.826.500 €		
3.3. TRANSPORT RACKS	2.287.740 €		
- TRANSPORT RACKS INBOUND	597.680 €		
- TRANSPORT RACKS OUTBOUND	1.690.060 €		
- OTHERS INVESTMENTS (Testing, IT, CATIA, Office, etc.)			

4. LAUNCH / RAMP UP		833.581,73 €		
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	227.766 €	Month	Allocate	Per Op.
- LINE OPERATORS	227.766 €		66	- €
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	358.416 €	Years	Allocate	Salary/Year
- LOGISTICS STAFF (Disposition, Scheduler,...)	- €	0,5	2	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- SUPERVISOR	- €	0,3	3	- €
- TEAM LEADER	- €	0,3	7	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	0,3	4	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	0,3	2	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	0,2	6	- €
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	247.400 €			
- MATERIAL FOR EQUIPMENT CAPABILITY	84.000 €			
- TRAINING	50.800 €			
- TRAVELLING	62.600 €			
- EXTERNAL WORKS	50.000 €			

5. MATERIAL PER PIECE		650,50 €
5.1. BILL OF MATERIAL	560,00 €	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	90,50 €	
- TRANSP. COSTS INBOUND	24,10 €	
- TRANSP. COSTS OUTBOUND	56,80 €	
- ADVANCED WAREHOUSE	4,00 €	
- SCRAP RATE FOR MATERIAL	5,60 €	(1% x BOM)

6. DIRECT LABOR COSTS PER PIECE		88,60 €
[(Assembly Time x Net hourly rate / 60) x (100% + Scrap rate for labor)]		
6.1. LABOR COST/PIECE	87,29 €	
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #1	430,00	Minutes
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #2	0,00	Minutes
- NET HOURLY RATE - Location #1	12,18 €	
- NET HOURLY RATE - Location #2	12,18 €	
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#1 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	66	Operators
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#2 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	0	Operators
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR	1,31 €	
- SCRAP RATE FOR LABOR (%)	1,50%	

7. INDIRECT LABOR COSTS PER PIECE		44,64 €	
[Indirect Labor per Year x lifecycle time / Volume over lifetime]			
7.1. INDIRECT LABOR COST PER YEAR	1.413.613 €	40,00 Employees.	
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- SUPERVISOR	- €	3,00	- €
- TEAM LEADER	- €	7,00	- €
- LOGISTICS STAFF (Dispo, Scheduler,...)	- €	1,50	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	6,00	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	4,00	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	2,00	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	2,00	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	1,00	- €
- SUPPLIER QUALITY ENGINEERING	- €	1,00	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,50	- €
- QUALITY AUDITOR PROCESS	- €	2,00	- €
- QUALITY AUDITOR INCOMING	- €	2,00	- €
- MEASURING TECHNICIAN (3D measuring room)	- €	1,00	- €
- KAIZEN OFFICE	- €	1,00	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	1,00	- €
- QUALITY INSPECTOR	- €	4,00	- €
- RESIDENT ENGINEER	- €	1,00	- €

8. OVERHEADS PER PIECE			94,95 €
[Plant Overheads per year + Running Costs per year) x (lifecycle time) / Volume over lifetime]			
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	604.481 €	6,50	3 Years deprec.
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- PLANT MANAGER	- €	0,50	- €
- PRODUCTION MANAGER			
- QUALITY MANAGER			
- LOGISTICS MANAGER			
- MANAGER HR/FI/CO/IT			
- IT STAFF	- €	1,00	- €
- HR/FI/CO STAFF	- €	3,00	- €
- NON BOM PURCHASING	- €	1,00	- €
- SECRETARY	- €	0,50	- €
- BUILDING INFRASTRUCTURE	- €	0,50	- €
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	2.402.328 €		
- ANCILLARY MATERIAL	70.933 €	(0,4% x BOM x Volume/Year)	
- ENERGY (current, gas, water)	84.000 €		
- IT/TELEPHONE	28.000 €		
- FACILITY MAINTENANCE (inc. security, cleaning...)	12.000 €		
- PRODUCTION LINE MAINTENANCE [Investment Manuf. (Equipment + Tools/Jigs) x 3,5%]	202.843 €	3,5%	
- TRAVEL EXPENSES	61.000 €	Based on Indirect labor costs	
- DEPRECIATION ON FIXED ASSETS/TECH. EQUIPMENT [Total Investment / Lifecycle (years)]	1.347.207 €	Linear over production lifetime	
- INDUSTRIAL WASTE REMOVAL	36.000 €		
- DEPRECIATIONS ON INVEST TOOLS	0 €		
- RENTAL AND LEASE COSTS	117.855 €		
- LEGAL SERVICE AND TAXES	23.040 €		
- INSURANCES	24.000 €		
- DOCUMENT MANAGEMENT	24.000 €		
- SYSTEM AUDIT (ISO/TS AND ISO14001)	9.000 €		
- FINANCE AUDIT COSTS	18.000 €		
- IT GROUP SERVICES	144.000 €	20.000€ Per month	
- TRAINING COSTS PER YEAR	22.500 €	200€ Per Employee	
- MISCELLANEOUS	177.950 €		
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME			532.000 €
9.1. WARRANTIES [0,5% x BOM x Volume Over Lifetime]	532.000 €		

Tabela 38 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #4

Apêndice B.5. - Projeto #5

RUBRICAS DE CUSTO		PROJECTO # 5	
A. GENERAL FIGURES			
PRODUCTION LOCATION #1	Palmela (PT)		
PRODUCTION LOCATION #2	N.a.		
PRODUCTION LOCATION (Car)	Germany		
DELIVERY CONDITION	Exwks		
VOLUME OVER LIFETIME	230.400	Units over lifetime	
LIFECYCLE (Years)	7	Years	
VOLUME (average) PER YEAR (Vol. over lifetime/Lifecycle)	32.914	Units/ per year	
VOLUME (average) PER WORKING DAY	146	Units/ working day	
B. WORKING MODEL			
WORKING DAYS (per year)	226	Days	
SHIFTS	2	Shifts	
NET WORKING HOURS / SHIFT	7,75	Hours / shift	
EQUIPMENT AVAILABILITY	85%		
DEPRECIATION	3	Years (Customer request)	
OPERATOR EFFICIENCY	100%		
PHYSIOLOGICAL FACTOR	8%		
OPERATOR CYCLE TIME (average) [n° shift x 7,75h x 60min x 100% x Equipment availability] / [Volume (average) per working day]	5,43	Minutes	
EQUIPMENT CYCLE TIME (average) [Op. Cycle Time (av) / Op. Efficiency] - [Physiological factor x Op. Cycle Time (average) / Op. Efficiency]	5,00	Minutes	
1. D&D (DESIGN & DEVELOPMENT)		5.574.400,00 €	
1.1. R&D	3.308.900 €	CATEGORY	
- PROJECT MANAGEMENT	432.000 €	INTERNAL	
- DESIGN & ENGINEERING	1.506.000 €	INTERNAL	
- TESTING	730.000 €	INTERNAL	
- D&D EXTERNAL	344.100 €		EXTERNAL
- TESTING	130.500 €		EXTERNAL
- TRAVEL COSTS	166.300 €		EXTERNAL
- ICO PROJECTS (e. g. MCC development)	-		EXTERNAL
1.2. PROTOTYPING	1.511.500 €	CATEGORY	
- TOOLING	701.500 €	INTERNAL	
- PROTOTYPES	810.000 €	INTERNAL	EXTERNAL
1.3. START-UP	754.000 €	CATEGORY	
- PILOTLINE	224.000 €	INTERNAL	
- KAIZEN / WPS	50.000 €	INTERNAL	
- PROJECT			EXTERNAL
- PLANT	480.000 €		EXTERNAL

2. SG&A (SELLING GENERAL & ADM. EXPENSES)		3.097.711,80 €	
2.1. PROJECT REALIZATION (OVERHEAD)	3.097.712 €	PER HOUR	HOURS
- MANUFACTURING ENG.	- €	- €	10460
- PRODUCT COSTING	- €	- €	2690
- QUALITY	- €	- €	6830
- QUALITY APQP	- €	- €	5560
- LOGISTICS PLANNER	- €	- €	3500
- PURCHASING	- €	- €	7665
- TECHNICAL ANALYSIS	- €	- €	3200
- SALES	- €	- €	2250

3. INVESTMENT		8.102.200,00 €	
3.1. MANUFACTURING EQUIPMENT (CAPEX)	4.004.000 €		
3.2. MANUFACTURING TOOLING (FIXTURES)	1.887.500 €		
3.3. TRANSPORT RACKS	2.210.700 €		
- TRANSPORT RACKS INBOUND	620.000 €		
- TRANSPORT RACKS OUTBOUND	1.590.700 €		
- OTHERS INVESTMENTS (Testing, IT, CATIA, Office, etc.)			

4. LAUNCH / RAMP UP		824.963,52 €		
4.1. DIRECT LABOR BEFORE SOP	234.668 €	Month	Allocate	Per Op.
- LINE OPERATORS	234.668 €		68	- €
4.2. INDIRECT LABOR BEFORE SOP	341.696 €	Years	Allocate	Salary/Year
- LOGISTICS STAFF (Disposition, Scheduler, ...)	- €	0,5	2	- €
- PROCESS ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	0,5	2	- €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	0,5	1	- €
- SUPERVISOR	- €	0,3	3	- €
- TEAM LEADER	- €	0,3	7	- €
- MAINTENANCE STAFF	- €	0,3	3	- €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	0,3	2	- €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	0,2	4	- €
4.3. GENERAL OVERHEADS BEFORE SOP	248.600 €			
- MATERIAL FOR EQUIPMENT CAPABILITY	81.900 €			
- TRAINING	51.400 €			
- TRAVELLING	65.300 €			
- EXTERNAL WORKS	50.000 €			

5. MATERIAL PER PIECE		636,84 €
5.1. BILL OF MATERIAL	546,00 €	
5.2. RUNNING COSTS/PIECE	90,84 €	
- TRANSP. COSTS INBOUND	23,30 €	
- TRANSP. COSTS OUTBOUND	58,20 €	
- ADVANCED WAREHOUSE	3,88 €	
- SCRAP RATE FOR MATERIAL	5,46 €	(1% x BOM)

6. DIRECT LABOR COSTS PER PIECE		87,77 €
[(Assembly Time x Net hourly rate / 60) x (100% + Scrap rate for labor)]		
6.1. LABOR COST/PIECE	86,48 €	
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #1	426,00	Minutes
- ASSEMBLY TIME (te) - Location #2	0,00	Minutes
- NET HOURLY RATE - Location #1	12,18 €	
- NET HOURLY RATE - Location #2	12,18 €	
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#1 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	68	Operators
- NUMBER OF OPERATORS (average) Location#2 [Volume (average) per working day x Assembly Time x (100% + Scrap rate for labor)] / [Net working hours/shift x 60min x n° Shifts]	0	Operators
6.2. SCRAP RATE FOR LABOR	1,30 €	
- SCRAP RATE FOR LABOR (%)	1,50%	

7. INDIRECT LABOR COSTS PER PIECE		42,95 €
[Indirect Labor per Year x lifecycle time / Volume over lifetime]		
7.1. INDIRECT LABOR COST PER YEAR	1.413.613 €	40,00 Employees
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project Salary/Year
- SUPERVISOR	- €	3,00 - €
- TEAM LEADER	- €	7,00 - €
- LOGISTICS STAFF (Dispo, Scheduler, ...)	- €	1,50 - €
- WAREHOUSE (Receiving and Shipping)	- €	6,00 - €
- MAINTENANCE STAFF	- €	4,00 - €
- PROCESS ENGINEERING	- €	2,00 - €
- PROCESS TECHNICIANS	- €	2,00 - €
- QUALITY ASSURANCE ENGINEERING	- €	1,00 - €
- SUPPLIER QUALITY ENGINEERING	- €	1,00 - €
- QUALITY SYSTEMS HSE ENGINEERING	- €	0,50 - €
- QUALITY AUDITOR PROCESS	- €	2,00 - €
- QUALITY AUDITOR INCOMING	- €	2,00 - €
- MEASURING TECHNICIAN (3D measuring room)	- €	1,00 - €
- KAIZEN OFFICE	- €	1,00 - €
- PRODUCT ENGINEERING	- €	1,00 - €
- QUALITY INSPECTOR	- €	4,00 - €
- RESIDENT ENGINEER	- €	1,00 - €

8. OVERHEADS PER PIECE			84,40 €
[Plant Overheads per year + Running Costs per year) x (lifecycle time) /Volume over lifetime]			
8.1. PLANT OVERHEADS PER YEAR	604.481 €	6,50	3 Years deprec.
ORGANISATION:	Total / Year	Allocate Project	Salary/Year
- PLANT MANAGER			
- PRODUCTION MANAGER			
- QUALITY MANAGER	- €	0,50	- €
- LOGISTICS MANAGER			
- MANAGER HR/FI/CO/IT			
- IT STAFF	- €	1,00	- €
- HR/FI/CO STAFF	- €	3,00	- €
- NON BOM PURCHASING	- €	1,00	- €
- SECRETARY	- €	0,50	- €
- BUILDING INFRASTRUCTURE	- €	0,50	- €
8.2. RUNNING COSTS PER YEAR	2.173.327 €		
- ANCILLARY MATERIAL	71.885 €	(0.4% x BOM x Volume/Year)	
- ENERGY (current, gas, water)	84.000 €		
- IT/TELEPHONE	25.000 €		
- FACILITY MAINTENANCE (inc. security, cleaning...)	12.000 €		
- PRODUCTION LINE MAINTENANCE [Investment Manuf. (Equipment + Tools/Jigs) x 3.5%]	206.203 €	3,5%	
- TRAVEL EXPENSES	61.000 €	Based on Indirect labor costs	
- DEPRECIATION ON FIXED ASSETS/TECH. EQUIPMENT [Total Investment / Lifecycle (years)]	1.157.457 €	Linear over production lifetime	
- INDUSTRIAL WASTE REMOVAL	36.000 €		
- DEPRECIATIONS ON INVEST TOOLS	0 €		
- RENTAL AND LEASE COSTS	117.855 €		
- LEGAL SERVICE AND TAXES	23.040 €		
- INSURANCES	24.000 €		
- DOCUMENT MANAGEMENT	24.000 €		
- SYSTEM AUDIT (ISO/TS AND ISO14001)	9.000 €		
- FINANCE AUDIT COSTS	18.000 €		
- IT GROUP SERVICES	120.000 €	20.000€ per month	
- TRAINING COSTS PER YEAR	22.900 €	200€ Per Employee	
- MISCELLANEOUS	160.987 €		
9. ANCILLARY COSTS OVER LIFETIME			628.992 €
9.1. WARRANTIES [0,5% x BOM x Volume Over Lifetime]	628.992 €		

Tabela 39 - Normalização das rubricas de custos relativas aos dados do projeto #5

Apêndice C – Desenvolvimento do negócio e gama de produtos

Na figura apresenta-se um resumo dos pontos mais importantes relativos ao desenvolvimento do negócio da Webasto e à evolução da gama de produtos, desde 1901.



Figura 18 - Desenvolvimento do negócio e evolução da gama de produtos (Fonte: Webasto Intranet SharePoint, Janeiro 2013)

Apêndice D – CBS (Cost Breakdown Structure)

Apêndice D.1. – CBS projeto #1

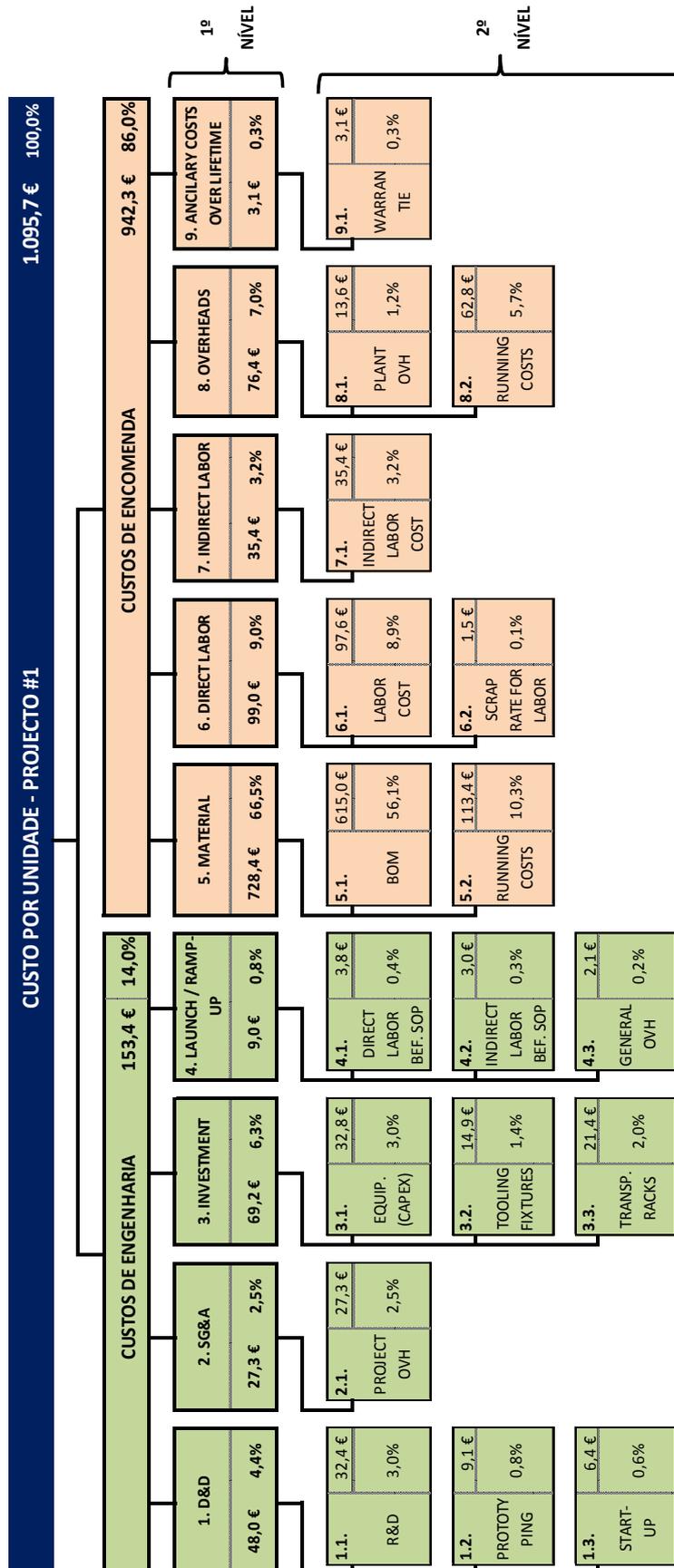


Figura 19 - CBS para o projeto #1

Apêndice D.2. – CBS projeto #2

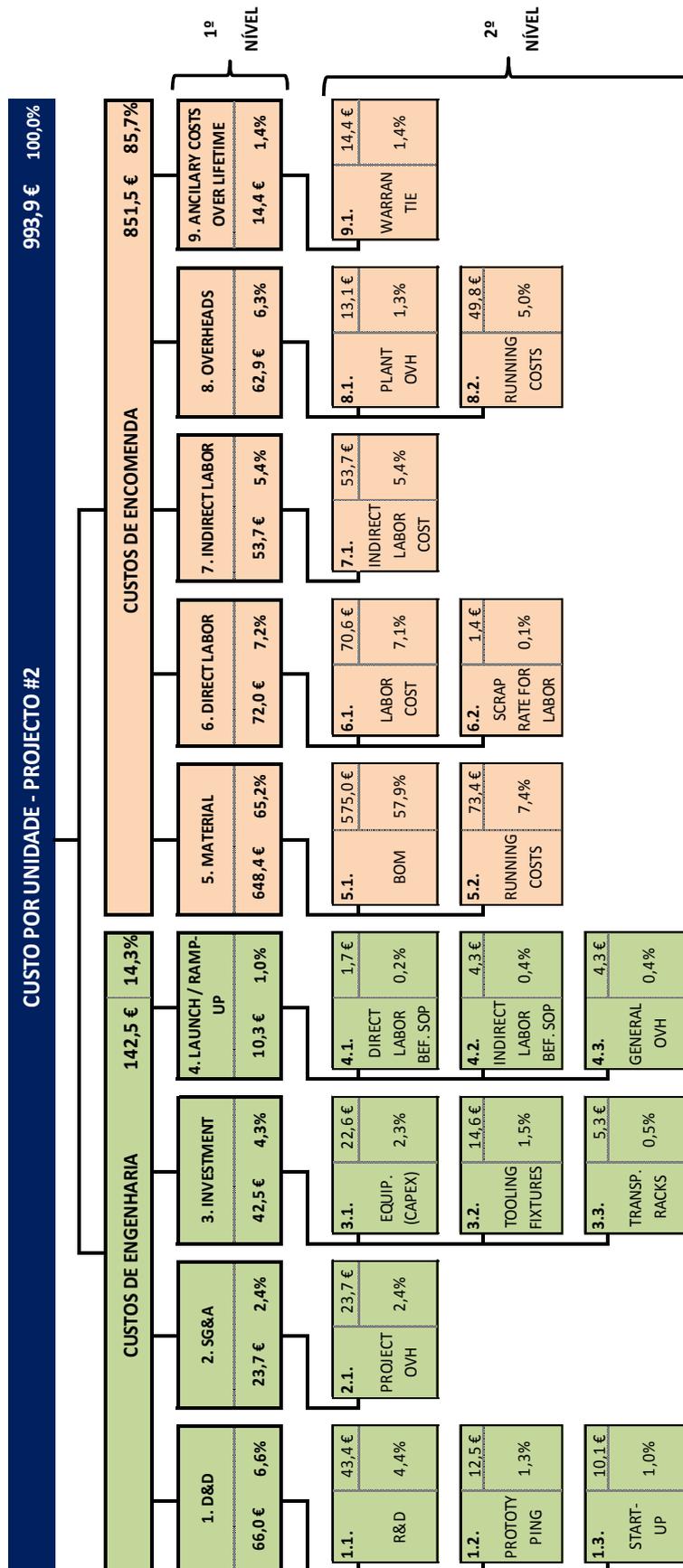


Figura 20 - CBS para o projeto #2

Apêndice D.3. – CBS projeto #3

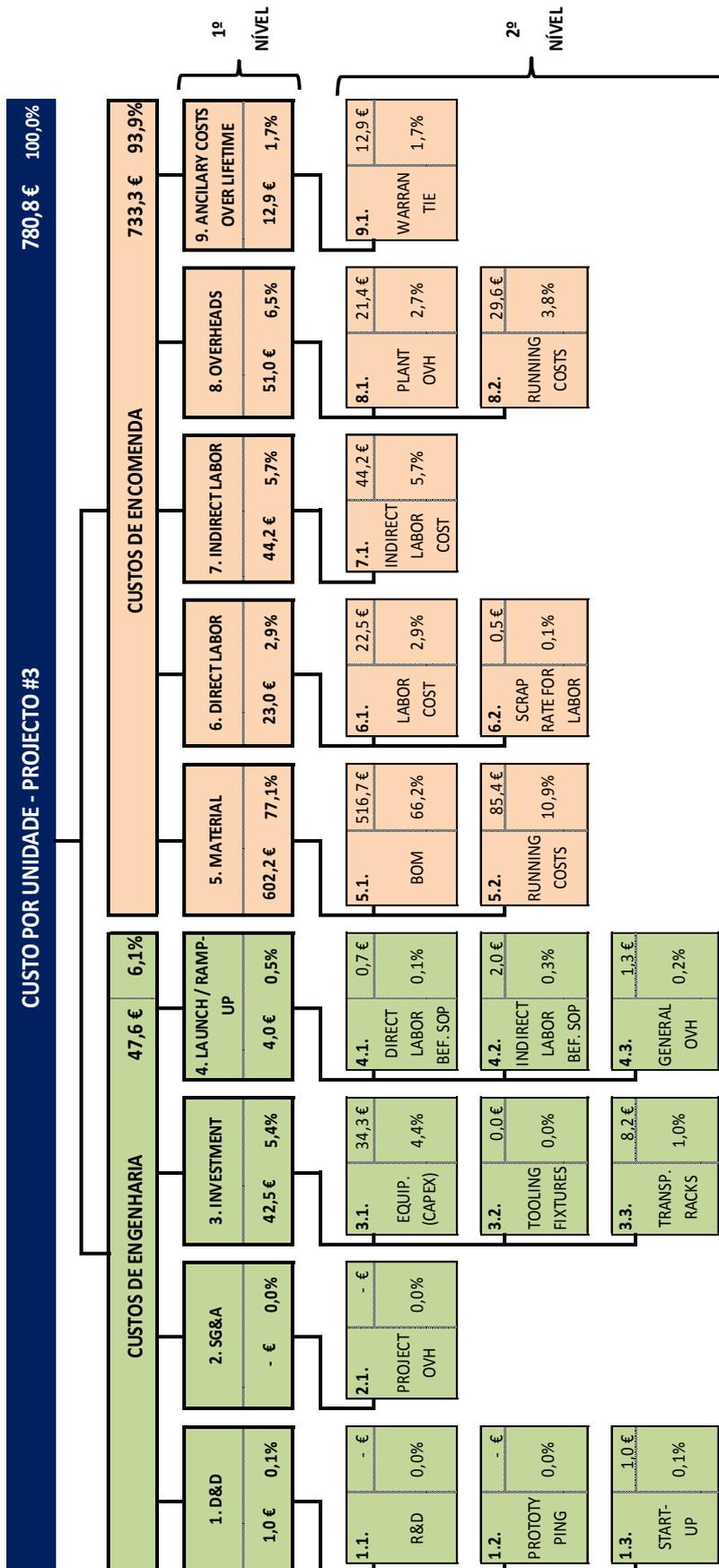


Figura 21 - CBS para o projeto #3

Apêndice D.4. – CBS projeto #4

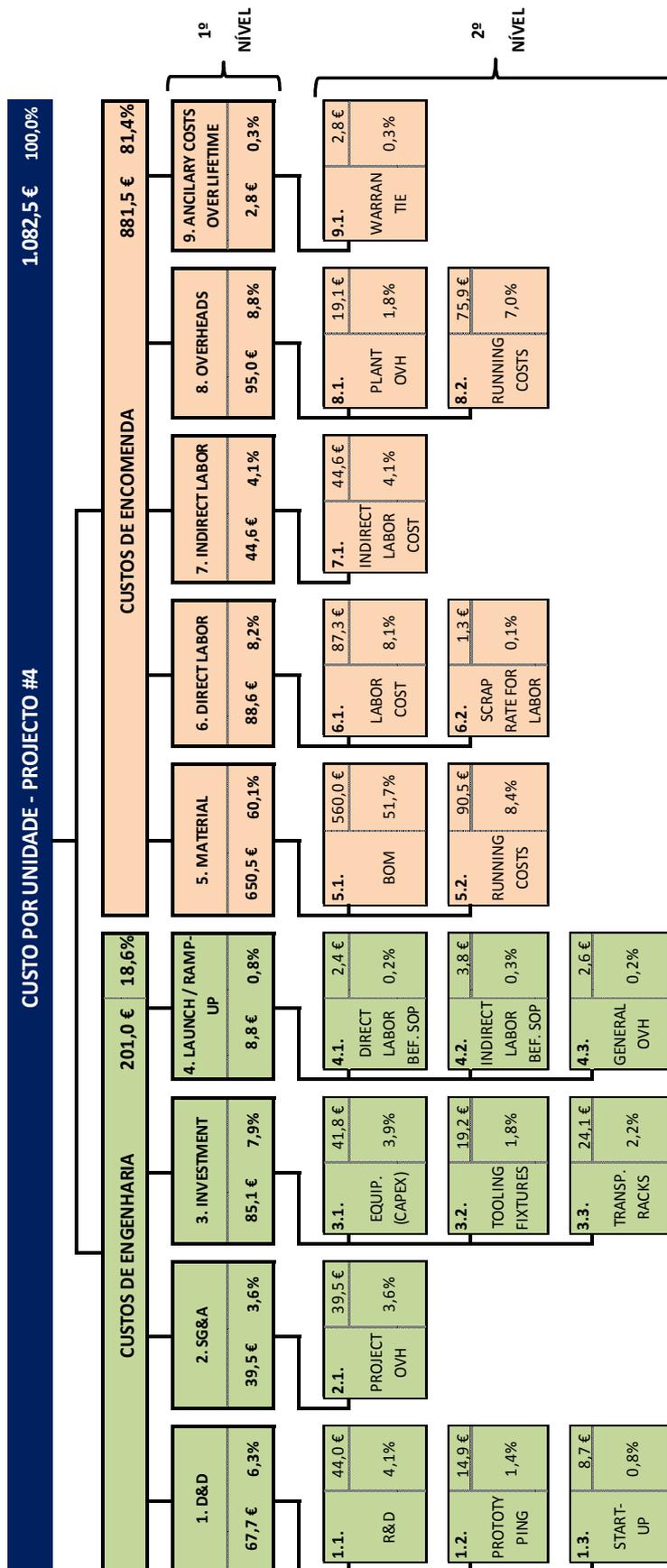


Figura 22 - CBS para o projeto #4

Apêndice D.5. – CBS projeto #5

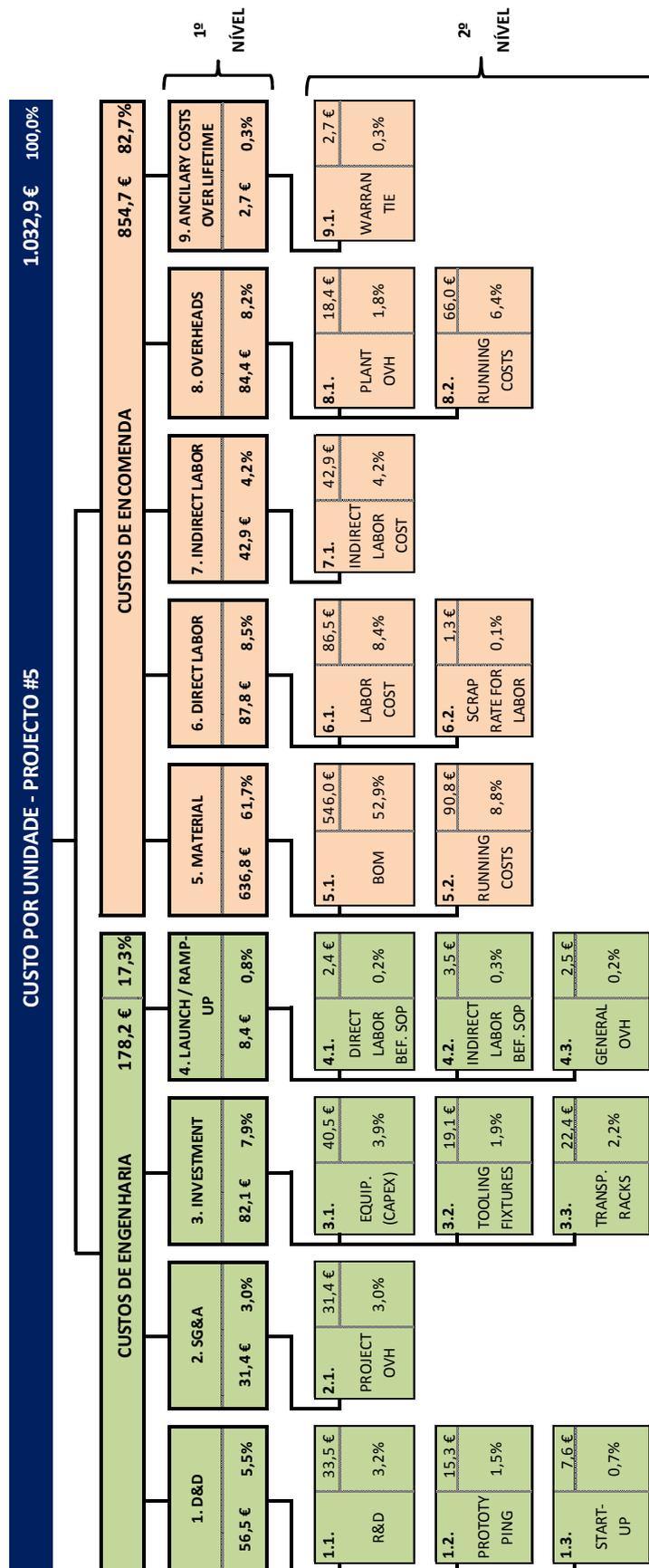


Figura 23 - CBS para o projeto #5

Apêndice E - Modelo de regressão linear simples (1 variável)

Projeto			Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear		
Proj #	Tipo Capota	Custo Un[€]		Tipo Capota	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
#1	1	1.096	Média	720,81	0	720,81	-34,2%	34,2%
#2	1	994	Dv. Padrão	165,84	#N/A	720,81	-27,5%	27,5%
#3	2	781	R² (C. Det.)	0,825	469,07	1.441,62	84,7%	84,7%
#4	1	1.083	Estatística F	18,890	4	720,81	-33,4%	33,4%
#5	1	1.033	∑ Quadrados	4156536	880122	720,81	-30,2%	30,2%
			C. Dispersão	23,0%		Média	-8,1%	42,0%

Projeto			Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear		
Proj #	Tamanho	Custo Un[€]		Tamanho	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
#1	4	1.096	Média	346,09	0	1.384,36	26,3%	26,3%
#2	2	994	Dv. Padrão	48,39	#N/A	692,18	-30,4%	30,4%
#3	1	781	R² (C. Det.)	0,927	302,2	346,09	-55,7%	55,7%
#4	3	1.083	Estatística F	51,151	4	1.038,27	-4,1%	4,1%
#5	3	1.033	∑ Quadrados	4671360	365298	1.038,27	0,5%	0,5%
			C. Dispersão	14,0%		Média	12,6%	23,4%

Projeto			Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear		
Proj #	Km	Custo Un[€]		Km	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
#1	2060	1.096	Média	0,407	0	838,77	-23,4%	23,4%
#2	2300	994	Dv. Padrão	0,038	#N/A	936,49	-5,8%	5,8%
#3	2700	781	R² (C. Det.)	0,965	209,29	1.099,35	40,8%	40,8%
#4	2500	1.083	Estatística F	110,984	4	1.017,92	-6,0%	6,0%
#5	2500	1.033	∑ Quadrados	4861447	175212	1.017,92	-1,5%	1,5%
			C. Dispersão	9,5%		Média	0,8%	15,5%

Projeto			Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear		
Proj #	Scrap %	Custo Un[€]		Scrap %	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
#1	1	1.096	Média	747,46	0	747,46	-31,8%	31,8%
#2	2	994	Dv. Padrão	133,12	#N/A	1.494,92	50,4%	50,4%
#3	1	781	R² (C. Det.)	0,887	376,53	747,46	-4,3%	4,3%
#4	1	1.083	Estatística F	31,526	4	747,46	-31,0%	31,0%
#5	1	1.033	∑ Quadrados	4469572	567087	747,46	-27,6%	27,6%
			C. Dispersão	17,8%		Média	-8,8%	29,0%

Tabela 40 - Simulação do modelo de regressão linear simples para todas as variáveis em análise

Apêndice F - Modelo de regressão linear múltiplo (2 variáveis)

Proj #	Km	Tamanho	Custo Un[€]	Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear			
				Tamanho	Km	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)	
#1	2060	4	1.096	Média	147,72	0,253	0	1.112,73	1,6%	1,6%
#2	2300	2	994	Dv. Padrão	29,07	0,033	#N/A	878,08	-11,7%	11,7%
#3	2700	1	781	R² (C. Det.)	0,996	77,97	#N/A	831,68	6,5%	6,5%
#4	2500	3	1.083	Estatística F	412,65	3	#N/A	1.076,46	-0,6%	0,6%
#5	2500	3	1.033	∑ Quadrados	5018417	18241	#N/A	1.076,46	4,2%	4,2%
				C.Dispersão	19,7%	13,2%		Média	0,0%	4,9%

Proj #	Tipo Capota	Tamanho	Custo Un[€]	Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear			
				Tamanho	Tipo Capota	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)	
#1	1	4	1.096	Média	234,90	309,71	0	1.249,36	14,0%	14,0%
#2	1	2	994	Dv. Padrão	42,87	94,67	#N/A	779,54	-21,6%	21,6%
#3	2	1	781	R² (C. Det.)	0,984	163,27	#N/A	854,35	9,4%	9,4%
#4	1	3	1.083	Estatística F	92,961	3	#N/A	1.014,45	-6,3%	6,3%
#5	1	3	1.033	∑ Quadrados	4956679	79979	#N/A	1.014,45	-1,8%	1,8%
				C.Dispersão	18,3%	30,6%		Média	-1,2%	10,6%

Proj #	Scrap %	Tamanho	Custo Un[€]	Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear			
				Tamanho	Scrap %	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)	
#1	1	4	1.096	Média	210,17	353,38	0	1.194,08	9,0%	9,0%
#2	2	2	994	Dv. Padrão	51,55	113,82	#N/A	1.127,12	13,4%	13,4%
#3	1	1	781	R² (C. Det.)	0,982	170,01	#N/A	563,56	-27,8%	27,8%
#4	1	3	1.083	Estatística F	85,625	3	#N/A	983,90	-9,1%	9,1%
#5	1	3	1.033	∑ Quadrados	4949945	86713	#N/A	983,90	-4,7%	4,7%
				C.Dispersão	24,5%	32,2%		Média	-3,9%	12,8%

Proj #	Tipo Capota	Km	Custo Un[€]	Análise de Regressão Linear			Modelo de Regressão Linear			
				Km	Tipo	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)	
#1	1	2060	1.096	Média	0,621	-426,46	0	854,50	-22,0%	22,0%
#2	1	2300	994	Dv. Padrão	0,106	204,29	#N/A	1.003,74	1,0%	1,0%
#3	2	2700	781	R² (C. Det.)	0,985	154,31	#N/A	826,01	5,8%	5,8%
#4	1	2500	1.083	Estatística F	104,248	3	#N/A	1.128,11	4,2%	4,2%
#5	1	2500	1.033	∑ Quadrados	4965216	71443	#N/A	1.128,11	9,2%	9,2%
				C.Dispersão	17,2%	-47,9%		Média	-0,4%	8,4%

				Análise de Regressão Linear				Modelo de Regressão Linear		
Proj #	Scrap %	Km	Custo Un[€]		Km	Scrap %	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
#1	1	2060	1.096	Média	0,340	137,15	0	837,56	-23,6%	23,6%
#2	2	2300	994	Dv. Padrão	0,121	232,54	#N/A	1.056,32	6,3%	6,3%
#3	1	2700	781	R² (C. Det.)	0,968	228,76	#N/A	1.055,16	35,2%	35,2%
#4	1	2500	1.083	Estatística F	46,619	3	#N/A	987,16	-8,8%	8,8%
#5	1	2500	1.033	∑ Quadrados	4879653	157005	#N/A	987,16	-4,4%	4,4%
				C.Dispersão	35,7%	169,5%		Média	0,9%	15,6%

				Análise de Regressão Linear				Modelo de Regressão Linear		
Proj #	Scrap %	Tipo Capota	Custo Un[€]		Tipo	Scrap %	CF	Estimativa [€]	Erro %	ABS (Erro %)
#1	1	1	1.096	Média	284,93	498,13	0	783,08	-28,5%	28,5%
#2	2	1	994	Dv. Padrão	271,57	271,57	#N/A	1.281,22	28,9%	28,9%
#3	1	2	781	R² (C. Det.)	0,917	371,86	#N/A	1.068,02	36,8%	36,8%
#4	1	1	1.083	Estatística F	16,711	3	#N/A	783,08	-27,7%	27,7%
#5	1	1	1.033	∑ quadrados	4621803	414855	#N/A	783,08	-24,2%	24,2%
				C.Dispersão	95,3%	54,5%		Média	-2,9%	29,2%

Tabela 41 - Simulação do modelo de regressão linear múltiplo para todas as combinações de duas variáveis

Apêndice G – Lista de equipamento e ferramentas

PRODUCTION EQUIPMENT MATRIX	PROJECT #					
	Equipment			Tooling		
	Cost	Uni.	Total Cost	Cost	Uni.	Total Cost
1. TEXTILE PRODUCTION			- €			- €
Cutter						
HeadLiner						
Canopy						
Insulation (Welding machine, Gluing cell...)						
Test Model						
Test Stations for textile						
Others Equipment (inc. Ultra-sonic, Fell Seam, Hot air Welding...)						
2. GLUING PROCESS			- €			- €
Backlight Glass			- €			- €
Robot and Gripper disc (glass handle)						
Centering table						
Glue application Nordson (ex Hot melt equipment)						
Control system						
Installation and Training						
Vehicle Glass						
Convoyer (folding tools)						
Primer station						
Side and Middle Parts			- €			- €
Seam Welding						
Robot						
Glue application Nordson (ex Hot melt equipment)						
Control system						
Installation and Training						
Gluing side panel to the central part						
Press middle part (ex. manufacture BIMA, Meyer, ...)						
Adhesive application						
Climate Chamber						
3. ROOF SHELL PRODUCTION			- €			- €
Assemble			- €			- €
4. MECHANICAL PRODUCTION			- €			- €
Drilling CNC (ex. Dachlenker/Contour Bow, Hauptlenker...)						
Welding (ex. Hauptlager/Main Bearing...)						
Gauges (ex. Hauptlager/Main Bearing...)						
Pressing Tools						
VDKD / Tonneaux Cover Assembling						
5. CINEMATICS ASSEMBLE			- €			- €
Bush Pressing / Bush Flanging						

Radial/Press Riveting					
6. PRE-ASSEMBLIES			- €		- €
PA - Frontverschluss /Front Latch (inc. Testing)					
PA - Frontspiegel/Antrieb /(Front spiegel/drive)					
PA - Verschlussaufnahmen/Closure recordings					
PA - Hydraulics&Electric					
PA - Seals					
PA - Spiegel					
PA - Tension Bow					
PA - E-Drive (inc. Tester)					
PA - Flooding/Sliding Sunroof (inc. Tester)					
PA - Water Bag					
Hot air welding machine					
Sewing machine					
Handling for Sub-assemblies					
Tools for Pre-assy (inc. Screw Drivers)					
Water Test for Sub-assemblies					
Visual Management (labels, shelves, Scrap table, Info Boards...)					
7. FINAL ASSEMBLIES			- €		- €
Assemble Line					
FTS-System (AGV's)					
Control Station for FTS (AGV's)					
Assemble Jig inc. Flying Gauges					
EOL - End Of Line Tester					
Laser Tracking System					
Robot for Laser Tracking					
Handling Jig Roof System					
Water Test Cabin					
Audit Cubing/Master Cubing (Dimension Check)					
Tools for Final-assy (inc. Screw Drivers)					
8. OTHERS			- €		- €
Line Feeding (Mizusumashi, Supermarket, Visual Management...)					
IT Preparation (POI's, MES, Printers...)					
Spare parts 2%					
Other Plant Invest					
TOTAL COSTS			- €		- €

Tabela 42 - Matriz de equipamento e ferramentas para o projeto