

**Priorização de intervenções no desenvolvimento de produtos  
utilizando a Casa da Qualidade e avaliação multicritério**

**João Pedro de Oliveira Dias Coelho**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientadores: Prof. João Carlos da Cruz Lourenço  
Prof.<sup>a</sup> Isabel Maria da Silva João

**Júri**

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Mónica Duarte Correia de Oliveira  
Orientador: Prof. João Carlos da Cruz Lourenço  
Vogal: Prof. Fernando Henrique de Carvalho Cruz

**Julho 2017**

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Prof. João Lourenço e à Profª. Isabel João pela oportunidade de serem os orientadores desta dissertação e por toda a disponibilidade e partilha de conhecimento ao longo do seu desenvolvimento.

Aos engenheiros Davis Reis e Lénia Belas e aos restantes intervenientes por toda a ajuda oferecida no desenvolvimento desta dissertação.

À minha família, em especial aos meus pais por sempre acreditarem em mim e por todos os sacrifícios para que chegasse até aqui.

À minha namorada Inês e a todos os meus amigos, por todos estes anos de companheirismo e amizade e por todas as palavras de incentivo nos momentos de menor motivação.

Obrigado a todos.

## Resumo

A casa da qualidade é uma das ferramentas do *Quality Function Deployment* (em português, desdobramento da função qualidade) que permite analisar vários aspectos relacionados com as necessidades dos clientes e com as características técnicas de um produto. Na sua estrutura tradicional, é constituída por seis “divisões”: requisitos do cliente (*whats*), matriz de planeamento, características técnicas (*hows*), relações *whats/hows*, correlações técnicas e matriz técnica. Na casa da qualidade são determinadas importâncias para os requisitos do cliente, pontuações para o desempenho da empresa e suas concorrentes e também as relações entre *whats/hows* e *hows/hows*. Posteriormente, utilizando a informação recolhida, são calculadas pontuações para os requisitos dos clientes e para as características técnicas.

No entanto, na análise da literatura sobre a casa da qualidade foram identificados erros metodológicos na perspectiva da análise multicritério: atribuição de pesos directamente aos requisitos do cliente e utilização de escalas ordinais como sendo escalas cardinais.

Este trabalho centra-se na aplicação de abordagens de análise multicritério de apoio à decisão (concretamente a MACBETH) em conjunto com a casa da qualidade com o objectivo de ultrapassar os erros metodológicos relacionados com a atribuição directa de pesos/pontuações e com a utilização de escalas ordinais como sendo cardinais. Esta abordagem transforma uma casa da qualidade tradicional numa ferramenta de apoio à decisão que reflecte o verdadeiro sistema de valores do cliente permitindo fazer uma priorização mais correcta nas intervenções a fazer ao produto de maneira a satisfazer as necessidades dos clientes.

**Palavras-chave:** avaliação multicritério; casa da qualidade; desenvolvimento de produtos; priorização de intervenções; *Quality Function Deployment*; MACBETH

## **Abstract**

The house of quality is one of the tools used in Quality Function Deployment that allows the analysis of the customer needs and relate them with product technical characteristics. In its traditional form the house of quality is subdivided into six “rooms”: customer needs (whats), planning matrix, technical characteristics (hows), whats/hows relations, technical correlations and technical matrix. In each of these “rooms” are determined importances for costumer needs, scores for the performance of the company and its competition in each customer need and are defined the intensity of the relationships between whats/hows and hows/hows.

However, in the literature analysed about the house of quality it was been identified methodological errors in the multicriteria analysis perspective: direct weight assignment to the customer needs and the usage of ordinal scales as cardinal scales.

This study focus on the application of multicriteria decision analysis methods (MACBETH concretely) jointly with the house of quality with the main objective of surpass the methodological errors found related the direct weighting/score and the use of ordinal scales as cardinal. This approach turn the house of quality into a decision analysis tool that reflect the real customer values and allows a more correct prioritization of the interventions that are need to take to meet his needs.

**Keywords:** multicriteria analysis; house of quality; product development; interventions prioritization; Quality Function Deployment; MACBETH.

## Índice

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Quality Function Deployment .....	1
1.2. Benefícios do Quality Function Deployment .....	2
1.3. Âmbito, objectivos e motivação .....	4
1.4. Fases de desenvolvimento do trabalho .....	4
1.5. Organização da dissertação .....	5
2. QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT E DESCRIÇÃO DAS SUAS COMPONENTES.....	6
2.1. A casa da qualidade .....	6
2.1.1. A. Requisitos dos clientes.....	7
A1. Identificação dos clientes.....	7
A2. Requisitos dos clientes (whats) .....	7
A3. Importância dos whats .....	9
2.1.2. B. Matriz de planeamento .....	10
B1. Benchmarking do cliente (avaliação competitiva) .....	10
B2. Objectivos estratégicos dos whats .....	11
B3. Taxa de melhoria dos whats .....	11
B4. Argumentos de venda dos whats .....	12
B5. Importância estratégica dos whats .....	12
2.1.3. C. Matriz das características técnicas .....	13
C1. Características técnicas (hows).....	13
C2. Unidades dos hows .....	14
C3. Direcção dos hows .....	14
2.1.4. D. Matriz de relações whats/how's .....	14
2.1.5. E. Matriz de correlações .....	15
2.1.6. F. Matriz técnica.....	16
F1. Importância absoluta dos hows .....	16
F2. Importância relativa dos hows .....	18
F3. Avaliação competitiva técnica .....	19
F4. Objectivos técnicos .....	19
F5. Dificuldades técnicas .....	20
F6. Importância estratégica dos hows .....	21
2.1.7. Análise à casa da qualidade .....	21
2.2. Casa da qualidade e escalas de mensuração .....	22
2.2.1. Escalas nominais .....	23
2.2.2. Escalas ordinais.....	23

2.2.3. Escalas de intervalos .....	23
2.2.4. Escalas de razões.....	24
2.2.5. Conclusões do capítulo .....	24
<b>3. APLICAÇÕES DA CASA DA QUALIDADE ENCONTRADAS NA LITERATURA E ERROS METODOLÓGICOS DETECTADOS.....</b>	<b>25</b>
3.1. Introdução.....	25
3.2. Aplicações da casa da qualidade.....	25
3.3. Erros metodológicos encontrados .....	27
3.3.1. Utilização de escalas ordinais como cardinais .....	27
3.3.2. Utilização de pesos como indicadores directos de importância .....	28
<b>4. METODOLOGIAS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO.....</b>	<b>29</b>
4.1. Introdução.....	29
4.2. Analytic Hierarchy Process.....	29
4.3. Métodos Outranking .....	30
4.3.1. ELECTRE .....	31
4.3.2. PROMETHEE .....	31
4.4. Métodos de construção de escalas de valor .....	33
4.4.1. Direct rating.....	33
4.4.2. Método da bissecção.....	33
4.5. Métodos de ponderação.....	33
4.5.1. Swing weighting.....	34
4.5.2. Trade-off procedure .....	34
4.6. Modelo Aditivo .....	34
4.7. MACBETH .....	35
4.8. MACBETH na casa da qualidade.....	35
<b>5. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO .....</b>	<b>39</b>
5.1. Introdução.....	39
5.2. Enquadramento .....	39
5.3. Identificação dos clientes .....	40
5.4. Identificação dos requisitos dos clientes .....	40
5.5. Metodologia MACBETH na casa da qualidade: avaliação dos clientes.....	41
5.5.1. Desempenho das alternativas nos requisitos do cliente .....	45
5.5.2. Ponderação dos requisitos dos clientes .....	47

5.6.	Metodologia MACBETH na casa da qualidade: benchmarking do cliente .....	48
5.7.	Metodologia MACBETH na casa da qualidade: argumentos de venda .....	49
5.8.	Objectivos estratégicos para os requisitos do cliente .....	50
5.9.	Desvios observados (sem e com ponderação) .....	51
5.10.	Identificação das características técnicas.....	52
5.11.	Metodologia MACBETH na casa da qualidade: avaliação das características técnicas .....	52
5.11.1.	Desempenho das alternativas nas características técnicas.....	54
5.11.2.	Determinação de pontuações: avaliação competitiva técnica.....	54
5.11.3.	Construção da matriz de relações whats/hows .....	57
5.11.4.	Construção da matriz de correlações how/how.....	59
5.11.5.	Importância das características técnicas.....	60
5.11.6.	Análise à casa da qualidade .....	61
6.	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS .....	69
	ANEXO A.....	73
	ANEXO B.....	77
	ANEXO C.....	87
	ANEXO D.....	91

## Índice de figuras

FIGURA 1- EXEMPLO DO DESDOBRAMENTO DE VÁRIAS "CASAS DA QUALIDADE" (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	2
FIGURA 2 - CUSTOS DE ARRANQUE E DE PRÉ-PRODUÇÃO NA TOYOTA AUTO-BODY ANTES E DEPOIS DA QFD (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988).....	3
FIGURA 3 - MUDANÇAS NO DESIGN NO SECTOR AUTOMÓVEL JAPONÊS (COM QFD) FACE AO AMERICANO (SEM QFD) (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	3
FIGURA 4 - FASES DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	5
FIGURA 5 - ESTRUTURA TRADICIONAL DE UMA CASA DA QUALIDADE (FONTE: ADAPTADO DE CHAN E WU 2002)6	
FIGURA 6 - EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE AFINIDADE (FONTE: ADAPTADO DE FICALORA E COHEN (2010))....	8
FIGURA 7 - EXEMPLO DE UM DIAGRAMA DE ÁRVORE (FONTE: ADAPTADO DE FICALORA E COHEN (2010)) .....	8
FIGURA 8 - ESTRUTURA HIERÁRQUICA DOS WHATS DO EXEMPLO DA PORTA DE UM AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	9
FIGURA 9 - IMPORTÂNCIA DOS WHATS DO EXEMPLO DA PORTA DE UM AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	10
FIGURA 10 - BENCHMARKING DO CLIENTE DO EXEMPLO DA PORTA DE UM AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	11
FIGURA 11 - CARACTERÍSTICAS DE ENGENHARIA E UNIDADES DE MENSURAÇÃO DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988).....	14
FIGURA 12 - MATRIZ DE RELAÇÕES DOS WHATS/HOWS DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	15
FIGURA 13 MATRIZ DE CORRELAÇÕES DOS HOWS/HOWS DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	16
FIGURA 14 - CASA DA QUALIDADE A&T (FONTE: ADAPTADO DE WALDEN 2003) .....	17
FIGURA 15 - IMPORTÂNCIA RELATIVA DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	18
FIGURA 16 - BENCHMARKING TÉCNICO DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	19
FIGURA 17 - OBJECTIVOS TÉCNICOS DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	20
FIGURA 18 - DIFICULDADES TÉCNICAS DO EXEMPLO DE UMA PORTA AUTOMÓVEL (FONTE: HAUSER E CLAUSING 1988) .....	20
FIGURA 19 - PASSOS APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROMETHEE (ADAPTADO DE: (BEHZADIAN ET AL., 2010)) .....	32
FIGURA 20 - MACBETH NA CASA DA QUALIDADE - IMPORTÂNCIA DOS REQUISITOS DOS CLIENTES .....	36
FIGURA 21 - MACBETH NA CASA DA QUALIDADE - BENCHMARKING DO CLIENTE .....	36
FIGURA 22 - MACBETH NA CASA DA QUALIDADE - MATRIZ DE RELAÇÕES WHATS/HOWS.....	37
FIGURA 23 - MACBETH NA CASA DA QUALIDADE - MATRIZ DE CORRELAÇÕES HOWS/HOWS.....	37
FIGURA 24 - MACBETH NA CASA DA QUALIDADE - SALES POINTS .....	38
FIGURA 25 - MACBETH NA CASA DA QUALIDADE - AVALIAÇÃO COMPETITIVA TÉCNICA.....	38



FIGURA 26 – MAPA COGNITIVO GERAL DAS PERCEPÇÕES DOS CLIENTES SOBRE A QUALIDADE DE SACOS DE ALÇA PLÁSTICOS .....	41
FIGURA 27 - ESCALA DE VALOR DO REQUISITO "DEVE SER AMIGO DO AMBIENTE" COM NOVOS NÍVEIS DE DESEMPENHO .....	46
FIGURA 28 – MATRIZ DE JULGAMENTOS DE PONDERAÇÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE .....	47
FIGURA 29 – PESOS OBTIDOS PARA OS REQUISITOS DO CLIENTE (EM %).....	48
FIGURA 30 - MATRIZ DE JULGAMENTOS DO REQUISITO "DEVE SUPORTAR O PESO DO CONTEÚDO" .....	48
FIGURA 31 - JULGAMENTOS DE DIFERENÇA DE ATRACTIVIDADE PARA A CARACTERÍSTICA TÉCNICA "COMPRIMENTO DO SACO" .....	55
FIGURA 32 - ESCALA DE VALOR PARA A CARACTERÍSTICA TÉCNICA "COMPRIMENTO DO SACO" .....	55
FIGURA 33 - MATRIZ DE JULGAMENTOS AS RELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS COM O REQUISITO DO CLIENTE "DEVE SUPORTAR O PESO DO CONTEÚDO".....	58
FIGURA 34 - MATRIZ DE RELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS COM OS REQUISITOS DO CLIENTE .....	58
FIGURA 35 - MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	60
FIGURA 36 - ESCALA DE VALOR PARA A CARACTERÍSTICA TÉCNICA "ESPESSURA" .....	63
FIGURA 37 - CASA DA QUALIDADE DOS SACOS DE ALÇA.....	65

### Índice de tabelas

TABELA 1 - LITERATURA DE APLICAÇÕES DA CASA DA QUALIDADE	26
TABELA 2 - LITERATURA DE APLICAÇÕES DA METODOLOGIA QFD COMBINADA COM AHP	30
TABELA 3 - TIPO DE RELAÇÕES OUTRANKING	31
TABELA 4 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MACBETH NAS VÁRIAS COMPONENTES DA CASA DA QUALIDADE	40
TABELA 5 - REQUISITOS DO CLIENTE E RESPECTIVA BASE DE COMPARAÇÃO	42
TABELA 6 – NÍVEIS DE DESEMPENHO PARA O REQUISITO "DEVE SUPORTAR O PESO DO CONTEÚDO"	42
TABELA 7 – DESCRITOR DE DESEMPENHO DO REQUISITO "NÃO DEVE SER POSSÍVEL VER O CONTEÚDO"	43
TABELA 8 - DESCRITOR DE DESEMPENHO DO REQUISITO "A IMPRESSÃO NÃO DEVE SAIR"	43
TABELA 9 - NÍVEIS QUALITATIVOS DEFINIDOS PARA O REQUISITO "DEVE TER UM TAMANHO ADEQUADO"	43
TABELA 10 - DESCRITOR DE DESEMPENHO DO REQUISITO "DEVE SER "AMIGO" DO AMBIENTE"	44
TABELA 11 - DESCRITOR DE DESEMPENHO DO REQUISITO "NÃO DEVE RASGAR COM FACILIDADE"	44
TABELA 12 - DESCRITOR DE DESEMPENHO DO REQUISITO "DEVE SER FÁCIL DE ABRIR"	44
TABELA 13 - DESCRITOR DE DESEMPENHO DO REQUISITO "DEVE SER CONFORTÁVEL DE UTILIZAR" <sup>(1)</sup>	45
TABELA 14 - DESEMPENHOS DOS SACOS DE ALÇA NOS REQUISITOS DO CLIENTE	45
TABELA 15 - PONTUAÇÕES DOS SACOS NOS REQUISITOS DO CLIENTE	49
TABELA 16 - ARGUMENTOS DE VENDA DO SACO A	50
TABELA 17 - PONTUAÇÕES DO SACO A E OBJECTIVOS ESTRATÉGICOS	51
TABELA 18 - DESVIOS DOS REQUISITOS DO CLIENTE	52
TABELA 19 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E RESPECTIVA BASE DE COMPARAÇÃO	53
TABELA 20 - NÍVEIS QUANTITATIVOS DEFINIDOS PARA A "RESISTÊNCIA AO RASGAMENTO LONGITUDINAL"	53
TABELA 21 - TESTES REALIZADOS E DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS	54
TABELA 22 - PONTUAÇÕES DOS SACOS, AVALIAÇÃO COMPETITIVA E OBJECTIVOS TÉCNICOS	56
TABELA 23 - IMPORTÂNCIA TÉCNICA E IMPORTÂNCIA RELATIVA DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	61

## Lista de abreviaturas

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CA – *Customer Attribute*

COP - *Condition of order preservation*

EC – Engeneering characteristic

ELECTREE - **EL**imination **Et** **C**hoix **T**raduisant la **RE**alité

HOQ – *House of quality*

MACBETH - **M**asuring **A**ttractiveness by a **C**ategorical **B**ased **E**valuation **T**echnique

PROMETHEE - **P**reference **R**anking **O**rganization **METH**od for **E**nrichment of **E**valuations

QFD – *Quality Function Deployment*

RFV – Reforma de fiscalidade verde

SP – *Sales Point*

# 1. Introdução

## 1.1. *Quality Function Deployment*

Satisfazer as necessidades e requisitos impostos pelos clientes sempre foi um dos principais desafios encontrados pelas empresas, daí ter surgido a necessidade de desenvolver ferramentas que ajudassem no processo de desenvolvimento de produtos e simultaneamente manter o foco nas necessidades do cliente. Akao e Mizuno (1967) desenvolveram e introduziram o conceito de *Quality Function Deployment* (QFD - em português usualmente designado como *desdobramento da função qualidade*). Embora esta metodologia apenas tenha sido utilizada como uma alternativa viável em 1972 pelos Japoneses da Mitsubishi no Kobe Shipyard (Prasad, 1998; Chen, 2007), posteriormente foi utilizada por várias empresas como a Hewlett-Packard, General Motors, AT&T e a Procter and Gamble para o desenvolvimento e melhoramento dos seus produtos (Hauser e Clausing 1988; Prasad 1998; Akao e Mazur 2003).

*Quality Function Deployment* é uma metodologia que permite fazer fluir as necessidades e expectativas do cliente por todo o processo de desenvolvimento de um produto permitindo que a “voz do cliente” não se perca e deteriore. A base que sustenta esta metodologia é o conceito de sistema de qualidade, que é o conjunto das várias funções de qualidade que estão inerentes a um produto, ou seja, todos os processos e componentes que de alguma forma têm impacto sobre a sua qualidade global. A QFD é caracterizada pelo desdobramento sistemático das várias funções de qualidade, isto é, das relações entre os requisitos do cliente (*whats*) e as características técnicas (*hows*) que podem ser implementadas no produto com a finalidade de colmatar as necessidades do cliente. Na fase inicial são determinados os *whats* que representam as exigências do cliente e após uma análise por parte da equipa de QFD, são determinados os *hows* que podem ser implementados no produto com a finalidade de responder às várias exigências. Na próxima fase da metodologia é feito o desdobramento da qualidade das várias características do produto, ou seja, os *hows* determinados anteriormente entrarão como *input* e assim sucessivamente nas várias fases de desenvolvimento (ver Figura 1). O objectivo da QFD é essencialmente melhorar a qualidade de um determinado produto, criando valor para o cliente através da análise das várias componentes que lhe são inerentes (Akao 1988; Mazur 1993; Bergquist e Abeyssekera 1996; Govers 1996; Prasad 1998 Chan 2005).

De forma a obter melhores resultados com a aplicação da metodologia QFD, é essencial que a equipa responsável pelos projectos seja constituída por elementos dos vários departamentos da empresa (engenharia, produção, *marketing*, financeiro, logística, etc.). Esta multidisciplinidade permite encontrar soluções eficientes que respondam às necessidades dos clientes tendo sempre em consideração os vários componentes de um produto, como por exemplo o *design*, produção, distribuição e os vários recursos à disposição da empresa.

A casa da qualidade (*house of quality* - HOQ) é uma ferramenta gráfica da metodologia QFD. A HOQ é uma matriz que auxilia a equipa de QFD na análise da “voz do cliente”, das relações entre as necessidades dos clientes e as características do produto e também no estabelecimento de soluções e alternativas para melhorar a sua qualidade global. Desta forma toda a informação relativa às características que influenciam a qualidade de um produto fica sistematizada. Na HOQ é representado outros tipos de informação que sejam relevantes para a análise do produto, como por exemplo análises

de *benchmarking* ou uma avaliação das dificuldades técnicas ou custos associados à alteração de uma determinada característica. No subcapítulo 2.1 será feita uma descrição mais detalhada da construção e das várias secções de uma HOQ.

Através da QFD é possível converter as exigências dos clientes (*whats* ou CA's) em características de engenharia (*hows* ou EC's) de maneira a que igualem ou excedam as expectativas dos clientes. Posteriormente os vários *hows* (componentes, processos, etc.) associados ao produto podem ser desdobrados com o objectivo de perceber como podem ser melhorados e assim sucessivamente (Hauser e Clausing 1988; Mazur 1993; Govers 1996; Prasad 1998; Chan 2005;). Os *hows* anteriormente determinados serão assim os *whats* de uma nova HOQ com o objectivo de obter novos *hows* e assim sucessivamente (ver Figura 1). A qualidade do produto final vai ser determinada em função da qualidade de todos os seus componentes, assim utilizando a metodologia QFD é possível melhorar a qualidade em todos os aspectos associados ao produto com a finalidade de criar valor para o cliente (Akao, 1988). Este estudo vai-se focar essencialmente na primeira "casa da qualidade, que diz respeito à conversão dos requisitos do cliente em características de engenharia, uma vez que as técnicas e metodologias podem ser utilizadas também nas "casas da qualidade" procedentes.

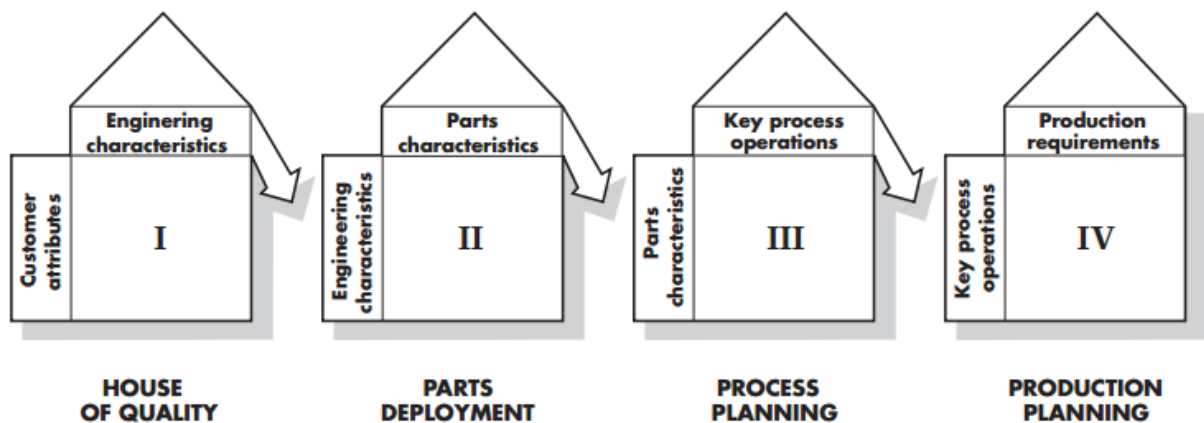


Figura 1- Exemplo do desdobramento de várias "casas da qualidade" (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

## 1.2. Benefícios do *Quality Function Deployment*

A metodologia QFD quando aplicada adequadamente resulta num conjunto de benefícios para a empresa que a implementa no processo de desenvolvimento e melhoramento dos seus produtos (Chan e Wu 2002; Carnevalli e Miguel 2008; Prasad 1998).

Através da implementação da metodologia QFD é possível reduzir os custos de arranque e de pré-produção entre 20% e 60%, como foi o caso da Toyota que conseguiu uma redução de cerca de 60% relativamente a este tipo de custos após a implementação do QFD (Hauser e Clausing 1988; Prasad 1998; Chan e Wu 2002) (ver Figura 2).

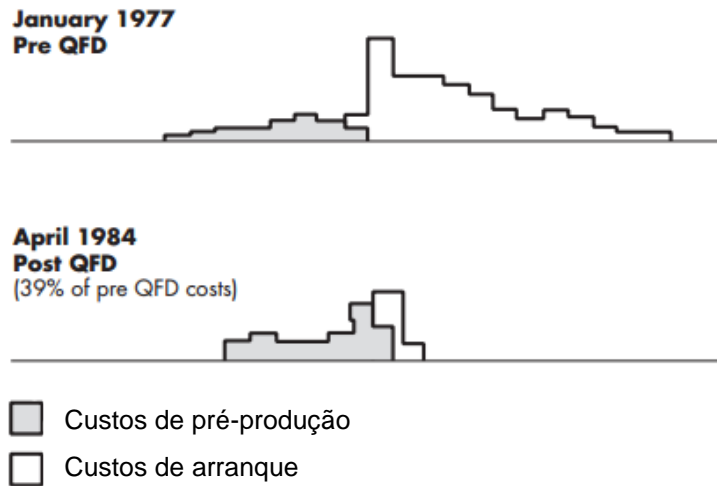


Figura 2 - Custos de arranque e de pré-produção na *Toyota Auto-Body* antes e depois da QFD (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

Foi verificada também uma redução nas mudanças feitas ao produto durante o processo de desenvolvimento entre cerca de 30% e 50% (Chan e Wu 2002). As empresas da indústria automóvel japonesa, pioneiras na implementação desta metodologia, comparativamente com as empresas dos E.U.A. que não a utilizavam, necessitaram de fazer menos alterações no *design* dos seus automóveis tanto durante o processo de desenvolvimento do projecto como após o arranque da produção (Hauser e Clausing 1988). Neste caso, antes de se iniciar a produção dos automóveis, as empresas japonesas já tinham concluído cerca de 90% das mudanças necessárias (ver Figura 3).

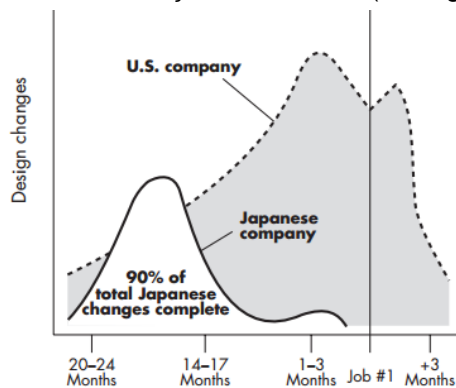


Figura 3 - Mudanças no *design* no sector automóvel japonês (com QFD) face ao americano (sem QFD) (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

Os ciclos de *design* foram reduzidos entre cerca de 30% e 50% e as reclamações de clientes também foram reduzidas entre 20% e 50%, ou seja, o produto entrava mais rapidamente no mercado e com uma melhor qualidade, pois a necessidade de fazer mudanças no produto foi reduzida (Chan e Wu 2002; Prasad 1998).

Numa perspectiva qualitativa, foram obtidos benefícios como o melhoramento da comunicação e do trabalho em equipa e o aumento do foco no cliente (Chan e Wu 2002). A vertente multidisciplinar da metodologia QFD permite que os vários departamentos da empresa comuniquem entre si facilitando a partilha de informação e promovendo o trabalho em equipa, o que conseqüentemente torna possível para a empresa encontrar alternativas mais eficientes para o desenvolvimento dos seus produtos tendo

em conta todos os recursos que estão à sua disposição (Chan e Wu 2002; Carnevalli e Miguel 2008). A implementação da QFD permite uma maior concentração nas necessidades do cliente e nas percepções que o cliente tem sobre os produtos da concorrência o que possibilita determinar as áreas em que é necessário melhorar o produto e também na descoberta de oportunidades de melhoria. Assim, através da metodologia QFD o processo de desenvolvimento do produto torna-se mais orientado para o cliente e em última instância os níveis de satisfação do cliente aumentam (Chan e Wu 2002).

### **1.3. Âmbito, objectivos e motivação**

O objectivo desta dissertação passa essencialmente por identificar fragilidades e erros cometidos na aplicação da casa da qualidade, colocando ênfase à atribuição de pesos e às escalas de mensuração utilizadas.

A atribuição directa de pesos (Keeney, 1992) e a utilização de escalas ordinais como escalas cardinais (Franceschini e Rupil 1999) são os principais erros cometidos durante a construção de uma HOQ. O método mais utilizado na bibliografia de aplicação da casa da qualidade consiste na atribuição directa de pesos aos vários requisitos dos clientes recorrendo à utilização de escalas definidas arbitrariamente, por exemplo, de 1 (requisito negligenciável) a 5 (requisito indispensável). Este tipo de procedimentos pode originar uma priorização errada dos requisitos do cliente e das características de engenharia o que conseqüentemente resultará numa tomada de decisão que não corresponderá às necessidades dos clientes.

Para minimizar as conseqüências negativas que são inerentes a este tipo de erros, pretende-se analisar a aplicação de metodologias multicritério consistentes na ponderação e na valorização dos requisitos do cliente na construção de uma casa da qualidade.

Ao implementar metodologias multicritério consistentes é possível determinar pesos para as necessidades dos clientes de maneira que estes reflitam o seu sistema de valores. Assim, ao aliar a avaliação multicritério com a casa da qualidade é possível melhorar a aplicação desta metodologia de apoio à decisão. Deste modo é possível tirar maior partido dos benefícios proporcionados pela casa da qualidade facilitando o processo de desenvolvimento ou melhoria do produto.

### **1.4. Fases de desenvolvimento do trabalho**

Na primeira fase deste trabalho são identificados os erros metodológicos relacionados com a aplicação da casa da qualidade no desenvolvimento e melhoramento de produtos. É feita uma revisão de literatura com o objectivo de conhecer quais são as práticas e técnicas utilizadas na construção de uma casa da qualidade e quais as áreas em que a esta ferramenta foi implementada. São também descritas algumas metodologias multicritério que podem vir a ser ou foram utilizadas em conjunto com a casa da qualidade a fim de eliminar os erros metodológicos que foram identificados nos casos de aplicação.

A segunda fase consiste em integrar uma metodologia multicritério com a casa da qualidade e aplicar a uma situação real de desenvolvimento ou melhoramento de um produto. O caso o estudo desenvolvido está relacionado com o melhoramento da qualidade de sacos de alça plásticos. Para determinar todas as pontuações necessárias à implementação da casa da qualidade será utilizada a metodologia de análise multicritério MACBETH com o objectivo de superar as fragilidades encontradas na implementação tradicional da casa da qualidade.

Por fim, a última etapa consiste em analisar e discutir os resultados obtidos através da associação de uma metodologia multicritério à casa da qualidade.

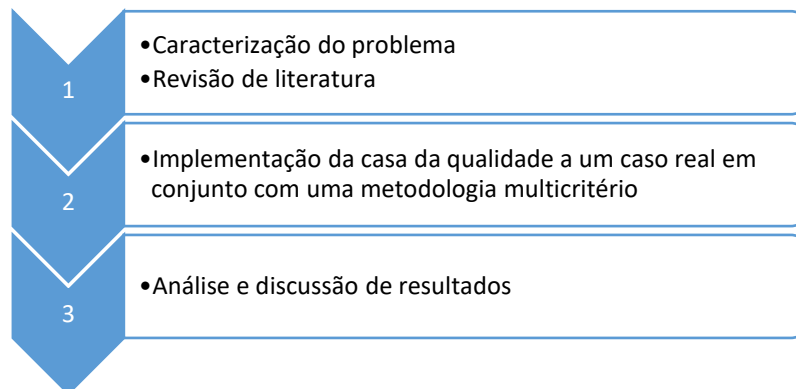


Figura 4 - Fases de desenvolvimento do trabalho

### 1.5. Organização da dissertação

A parte remanescente desta dissertação de mestrado está organizada da seguinte forma. No capítulo 2 apresenta-se uma descrição pormenorizada das várias componentes da casa da qualidade, identificando várias técnicas e métodos utilizados na sua construção. Neste capítulo também são descritos os vários tipos de escalas de mensuração e quais as suas propriedades e limitações. No capítulo 3 é exposta uma revisão da literatura sobre a implementação da casa da qualidade por áreas de aplicação. No capítulo 4 são apresentadas algumas metodologias multicritério que foram ou que podem ser utilizadas em conjunto com a metodologia QFD de maneira a transformar a casa da qualidade numa ferramenta de apoio à decisão. No capítulo 5 é feita a aplicação da metodologia de análise multicritério MACBETH em conjunto com a casa da qualidade no processo de melhoramento de um tipo de sacos de alça plásticos.

## 2. Quality Function Deployment e descrição das suas componentes

### 2.1. A casa da qualidade

A casa da qualidade é um conjunto de matrizes que auxiliam a equipa de QFD na análise das necessidades do cliente e como estas podem ser satisfeitas através de características de engenharia ou características técnicas a desenvolver. Os requisitos dos clientes (*whats*) que representam o conjunto das suas necessidades e aos quais são atribuídos pesos de maneira a estabelecer prioridades, são analisados pela equipa de QFD com o objectivo de determinar características técnicas e de engenharia (*hows*) que de alguma forma consigam satisfazer as necessidades dos clientes. As prioridades das características de engenharia são determinadas com base na importância que cada *what* tem para o cliente, nas relações *what/how*, *how/how* e também nos desempenhos dos principais produtos concorrentes (Hauser e Clausing 1988; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

Embora a estrutura da casa da qualidade possa diferir, na sua estrutura tradicional, é composta por seis “divisões” principais: requisitos do cliente, matriz de planeamento (avaliação competitiva efectuada pelos clientes), características de engenharia ou características técnicas, matriz de relações *whats/hows*, matriz de correlações entre as várias características técnicas e avaliação competitiva técnica, as quais estão subdivididas noutras componentes (ver Figura 5). Durante a análise de vários casos de aplicação, verificou-se que muitos autores não consideram todas as componentes de uma casa da qualidade tradicional e que também são utilizadas várias metodologias durante todo o processo do seu preenchimento (Chan e Wu 2002). Nas próximas subsecções serão explicadas em maior detalhe cada uma das “divisões” e “subdivisões” de uma casa da qualidade e quais as metodologias utilizadas no seu preenchimento, ilustrando com casos de aplicação.

Durante a análise da literatura sobre a implementação da metodologia QFD verificou-se uma inconsistência na nomenclatura utilizada nas várias componentes e também nas metodologias utilizadas no processo de construção da casa da qualidade. Deste modo, será adoptada a nomenclatura representada na Figura 5.

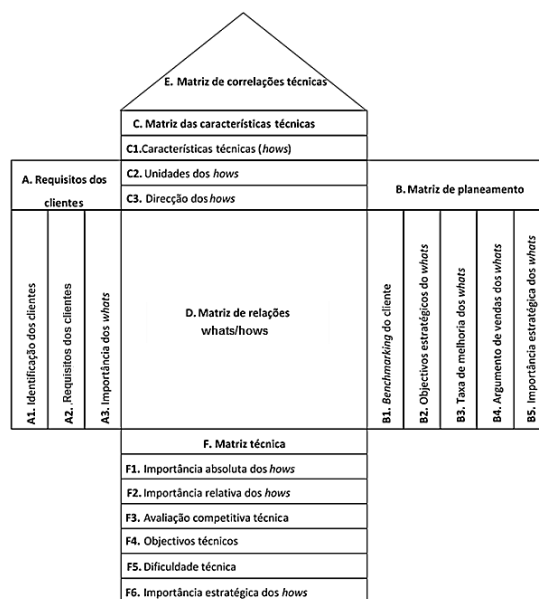


Figura 5 - Estrutura tradicional de uma casa da qualidade (Fonte: adaptado de Chan e Wu 2002)



### **2.1.1.A. Requisitos dos clientes**

Os requisitos dos clientes desempenham um papel fundamental no planeamento de um novo produto ou nos melhoramentos a efectuar a um produto já existente, sendo esta é a fase mais importante de todo o processo de aplicação da metodologia QFD, pois é nesta etapa que se tem que perceber quais são as necessidades dos clientes de maneira a criar soluções que as possam satisfazer de forma eficaz; uma má interpretação destas necessidades pode comprometer os resultados finais e levar a equipa de QFD a estabelecer objectivos que não vão de encontro aos requisitos dos clientes.

#### **A1. Identificação dos clientes**

Embora esta componente esteja identificada na Figura 5, esta não é representada numa casa da qualidade, no entanto é o primeiro passo na aplicação a metodologia QFD. Identificar os clientes aos quais o produto se destina é um passo fundamental na metodologia QFD, pois só assim é possível determinar quais os requisitos que realmente são necessários implementar ou melhorar no produto de maneira a satisfazer as necessidades dos clientes. Os grupos de clientes relevantes para o estudo podem ser encontrados através de estratégias de *marketing* e da segmentação de mercado (Chan e Wu 2002). Existem três tipos de clientes: clientes internos, como accionistas e empregados; clientes intermédios, como retalhistas e armazenistas; e consumidores finais, que geralmente são o principal foco na implementação do QFD (Chan e Wu 2002; Govers 1996; Hauser e Clausing 1988).

#### **A2. Requisitos dos clientes (*whats*)**

Nesta fase é feita uma recolha de informação junto dos clientes aos quais se destina o produto com o objectivo de determinar quais são os requisitos que são considerados importantes na sua perspectiva. Os *whats* são geralmente expressos pelas próprias palavras dos clientes e podem ser obtidos através de questionários, entrevistas ou em *focus groups* (Chan e Wu 2002; Mazur 1993; Akao 1988).

Os requisitos dos clientes são expressos através das suas próprias palavras, pelo que é comum não se obter o nível de detalhe pretendido, ou então serem expressos com demasiada especificidade. Consequentemente, toda a informação obtida deve ser tratada de maneira a obter o nível de detalhe pretendido, a que os requisitos sejam expressos de uma forma mensurável e a que não existam redundâncias. Para facilitar a análise e a estruturação da informação recolhida é frequente recorrer-se a diagramas de afinidade e de árvore para organizar a informação em grupos lógicos e estabelecer uma hierarquia (Akao, 1988; Mazur, 1993; Vairaktarakis, 1999; Lineberger *et al.*, 2014).

Os diagramas de afinidade são uma ferramenta que permite organizar informação de uma forma estruturada seguindo uma hierarquia. A hierarquia é contruída após toda a informação ser recolhida e seguindo uma abordagem *bottom-up* (da ideia mais específica para um caso mais geral). No caso de aplicação da casa da qualidade, as frases que expressam as necessidades e expectativas do cliente são recolhidas e posteriormente são organizadas em grupos lógicos pela equipa de QFD. Na Figura 6 pode-se observar um diagrama de afinidade construído para organizar as necessidades e expectativas que o cliente tem em relação a um programa de computador. Neste caso, os requisitos do cliente foram agrupados em três categorias distintas: “comandos são fáceis de reconhecer/utilizar”, “programa é

rápido a responder” e “é fácil gerir o tipo de letra”. A satisfação dos vários requisitos do cliente que compõem os vários grupos contribuirá para que no geral o programa seja satisfatório de utilizar.

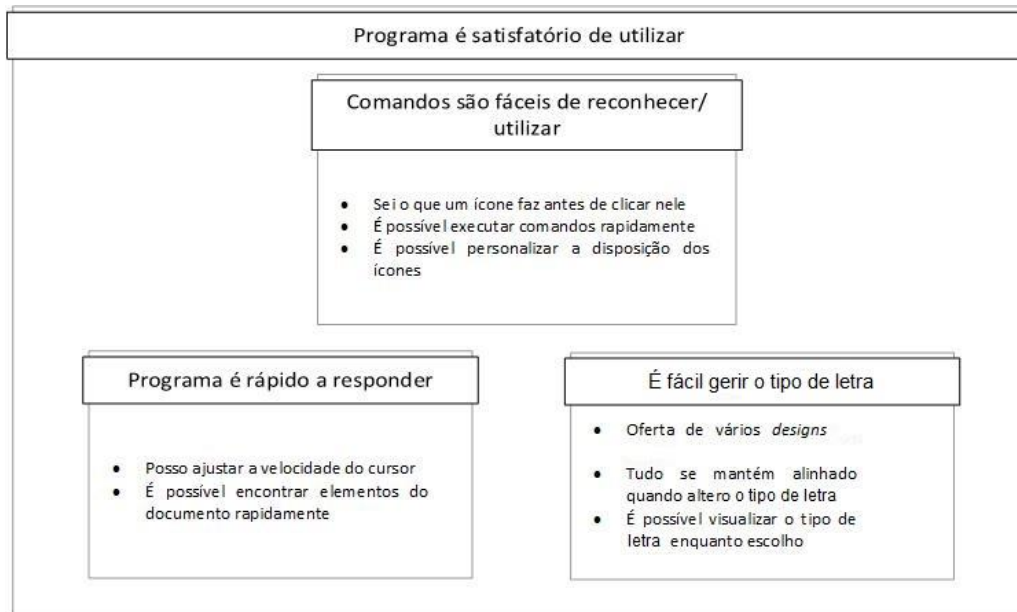


Figura 6 - Exemplo de um diagrama de afinidade (Fonte: Adaptado de Ficalora e Cohen (2010))

Os diagramas de árvore, tal como os diagramas de afinidade são utilizados para organizar um conjunto de ideias seguindo uma estrutura hierárquica, no entanto o processo é feito segundo uma abordagem *top-down* (de uma ideia mais geral para uma mais específica). Neste tipo de processo, geralmente é utilizada a hierarquia obtida através do diagrama de afinidade e após uma análise de todos os seus elementos, no caso de a equipa QFD achar que a lista de necessidades do cliente está incompleta podem ser adicionados novos elementos que sejam considerados fundamentais.

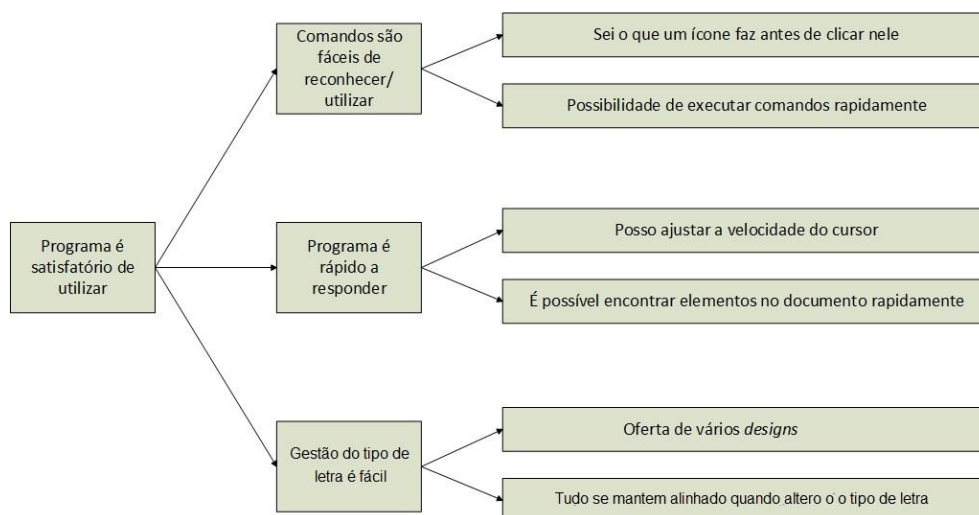


Figura 7 - Exemplo de um diagrama de árvore (Fonte: Adaptado de Ficalora e Cohen (2010))

Embora na literatura analisada sobre implementação da metodologia QFD não haja referência à utilização de mapas cognitivos para determinar a voz do consumidor, este tipo de ferramenta poderia

ser uma alternativa aos diagramas de árvore e de afinidade. Os mapas cognitivos são uma ferramenta que permite organizar um grupo de ideias de uma forma estruturada, ligando todas as ideias através de setas que representam a sua causalidade, ou seja, indicando a causa e consequência (Brightman, 2003; Bryson *et al.*, 2004; Eden, 2004; Montibeller *et al.*, 2007).

Hauser e Clausing (1988) descrevem um exemplo de aplicação da metodologia QFD à melhoria da qualidade de uma porta de um carro; neste caso os requisitos do cliente foram estabelecidos segundo uma hierarquia de três níveis (ver Figura 8). No nível primário foram definidas duas categorias: “fácil operação e uso” (“*good operation and use*”) e “boa aparência” (“*good appearance*”). Ao nível secundário, dentro da categoria “fácil operação e uso” foram definidas três categorias: “porta fácil de abrir e de fechar” (“*easy to open and close door*”), “isolamento” (“*isolation*”) e “apoio de braço” (“*arm rest*”). No nível terciário são representados os requisitos do cliente com um nível de detalhe a que seja possível encontrar soluções para os conseguir satisfazer; neste caso, na subcategoria “apoio de braço” foram considerados dois requisitos do cliente: “suave e confortável” (“*soft and comfortable*”) e “na posição correcta” (“*in right position*”).

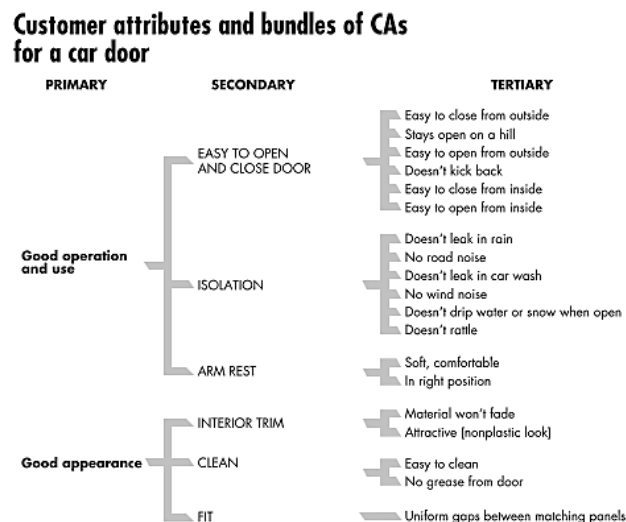


Figura 8 - Estrutura hierárquica dos *whats* do exemplo da porta de um automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

### A3. Importância dos *whats*

Os diferentes requisitos determinados anteriormente têm diferentes níveis de importância para os clientes, pelo que nesta fase são determinados pesos que expressem o seu nível de importância. Os pesos são atribuídos de forma directa pelos clientes também durante a fase de recolha de informação e tipicamente são atribuídos recorrendo a escalas definidas previamente. Geralmente são utilizadas escalas em que cada nível representa um determinado grau de importância, como por exemplo uma escala de 5 níveis, onde 1 representa “nada importante” e 5 representa “muito importante”. Contudo outro tipo de escalas é utilizado, como por exemplo escalas de 9 níveis ou escalas de 100 pontos sendo neste ultimo caso distribuídos por todos os requisitos (Chan e Wu 2002; Hauser e Clausing 1988; Chan 2005; Govers 1996; Akao 1988; Wang et al. 1998).

No exemplo descrito por Hauser e Clausing (1988) foram atribuídas pontuações a cada um dos *whats*. Na Figura 9 pode-se observar os pesos atribuídos a um conjunto de *whats*, onde, por exemplo os requisitos “fácil de fechar por fora” (“*easy to close from outside*”) e “mantem-se aberta numa inclinação” (“*stays open on a hill*”) receberam os pesos 7 e 5, respectivamente.

Easy to close from outside	7
Stays open on a hill	5
Easy to open from outside	3
Doesn't kick back	3
⋮	
Doesn't leak in rain	3
No road noise	2
⋮	

Figura 9 - Importância dos *whats* do exemplo da porta de um automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

### 2.1.2.B. Matriz de planeamento

A matriz de planeamento é a próxima divisão da casa da qualidade a ser preenchida e nesta secção é feita a análise de *benchmarking* e são definidos outros aspectos relativos aos requisitos dos clientes determinados anteriormente, tais como os objectivos estratégicos dos *whats*, os argumentos de venda e a sua importância estratégica. Através desta matriz é possível perceber qual é o desempenho do produto da empresa percebido pelo cliente face à concorrência em cada um dos requisitos e assim determinar quais requerem maior atenção (Chan e Wu 2002; Hauser e Clausing 1988; Griffin e Huser 1993).

#### B1. *Benchmarking* do cliente (avaliação competitiva)

Os clientes escolhem um produto de entre as várias marcas existentes no mercado, pelo que é de extrema importância avaliar o desempenho das principais empresas concorrentes em cada um dos requisitos no ponto de vista do cliente. Esta análise permite que a equipa de QFD perceba quais os requisitos em que os produtos da concorrência são melhores e assim identificar aspectos críticos e oportunidades de melhoramento de modo a manter a competitividade no mercado (Chan e Wu 2002; Hauser e Clausing 1988; Govers 1996).

Tal como na determinação da importância do cliente nos *whats*, as várias empresas são tipicamente avaliadas recorrendo a escalas de 5 pontos, onde por exemplo, 1 pode representar “muito mau” e 5 representar “muito bom” (Chan e Wu 2002; Hauser e Clausing 1988; Chan 2005; Govers 1996).

Na análise de *benchmarking* feita à porta de um automóvel (Hauser e Clausing 1988), a pontuação atribuída a cada empresa nos diferentes requisitos do cliente é feita recorrendo a uma escala de 5 pontos, em que 1 representa o pior nível e 5 o melhor nível (ver Figura 10). Neste caso pode-se verificar que a empresa “*OUR CAR*” no requisito “fácil de fechar por fora” teve um pior desempenho relativamente às empresas da concorrência e além disso este é considerado um requisito importante para o cliente o que o torna num aspecto que é crítico melhorar. No requisito “mantem-se aberta numa

inclinação” as várias empresas tiveram uma pontuação entre 1 e 2 e este é um requisito que tem alguma importância para o cliente e pode representar uma oportunidade de melhoria.

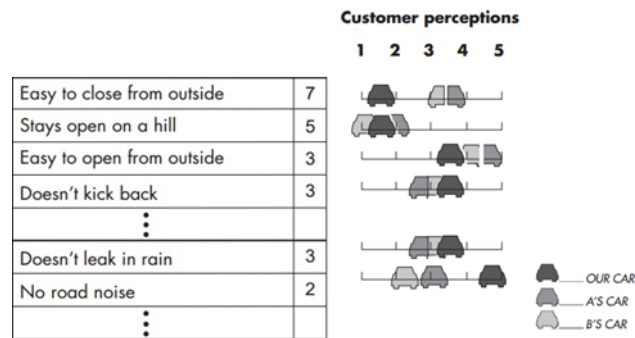


Figura 10 - *Benchmarking* do cliente do exemplo da porta de um automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

## B2. Objectivos estratégicos dos *whats*

Os objectivos estratégicos dos vários requisitos do cliente são definidos pela equipa de QFD e baseados na análise de *benchmarking* realizada anteriormente e devem ser estabelecidos utilizando a mesma escala da análise de *benchmarking* e de acordo com os recursos da empresa. No caso de a empresa ter um pior desempenho num requisito relativamente à empresa concorrente, na perspectiva do cliente, pode-se definir um objectivo que iguale ou supere a pontuação obtida pela concorrência nesse mesmo requisito (Chan e Wu 2002; Hauser e Clausing 1988; Chan 2005; Akao 1988).

No exemplo de aplicação da casa da qualidade descrito por Hauser e Clausing (1988) não foram considerados os objectivos estratégicos dos *whats*, no entanto no requisito “fácil de fechar por fora” seria sensato definir, por exemplo, um objectivo estratégico de 5, uma vez que é um *what* em que a empresa “OUR CAR” se encontra mal classificada em relação à concorrência e assim ficaria estabelecida uma meta para ficar melhor qualificada no ponto de vista do cliente.

## B3. Taxa de melhoria dos *whats*

A taxa de melhoria dos *whats* ( $T_i$ ) é calculada através do quociente da pontuação atribuída ao seu objectivo estratégico ( $OE_i$ ) e da pontuação atribuída pelo cliente na análise de *benchmarking* ( $BC_i$ ) (Akao, 1988; Chan, 2005) e representa a taxa de melhoramento necessária para atingir o objectivo estratégico do *what* (ver equação 1).

$$T_i = \frac{OE_i}{BC_i} \quad (1)$$

onde:

$OE_i$  objectivo estratégico do *what*  $i$

$BC_i$  pontuação obtida no *benchmarking* do cliente no *what*  $i$

$T_i$  taxa de melhoria do *what*  $i$

$i$  conjunto dos *whats*,  $i=1, 2, \dots, n-1, n$

Esta é uma componente que também não foi considerada no exemplo descrito por Hauser e Clausing (1988), porém admitindo o objectivo alvo imputado ao requisito “fácil de fechar por fora” no

ponto anterior e que a empresa “OUR CAR” obteve uma pontuação de 2 (valor arredondado) nesse mesmo requisito, a taxa de melhoria seria calculada assim:

$$T(\text{“fácil de fechar por fora”}) = \frac{5}{2} = 2.5 \quad (2)$$

Neste caso, o requisito “fácil de fechar por fora” necessitava de uma taxa de melhoria de 2.5, para alcançar uma pontuação de 5 no *benchmarking* do cliente.

#### **B4. Argumentos de venda dos *whats***

O próximo passo da matriz de planeamento consiste em determinar os argumentos de venda (em inglês *sales points (SP)*) dos vários requisitos do cliente. Este elemento da matriz de planeamento representa quais os requisitos do cliente que podem trazer vantagem competitiva comparativamente à concorrência e mostram a sua importância em termos de *marketing* e de promoção do produto. Por exemplo, um argumento de venda considerado “forte” é imputado a um requisito com grande importância para o cliente e em que as empresas da concorrência foram avaliadas como sendo fracas, ou seja, a requisitos que representem oportunidades de melhoria e que tragam vantagem competitiva para a empresa ( Akao 1988; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

Os argumentos de venda dos requisitos do cliente são definidos pela equipa de QFD e tipicamente são classificados como “forte”, “moderado” ou “neutro” aos quais são atribuídos os valores 1.5, 1.25 ou 1.2 e 1 respectivamente, assim são identificados os requisitos que contribuem para que o produto tenha um maior potencial de venda (Akao 1988; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

Os argumentos de venda não foram avaliados no exemplo descrito por Hauser e Clausing (1988), contudo, ao requisito “mantem-se aberta numa inclinação” poderia ser imputado um *sale point* de 1.5, uma vez que é um requisito que tem alguma importância para o cliente e no qual a concorrência também teve uma má avaliação. Assim desta forma uma melhoria significativa neste aspecto poderia representar uma oportunidade de mercado e poderia ser um requisito a ser utilizado para promover o produto.

#### **B5. Importância estratégica dos *whats***

A importância estratégica dos *whats* ( $IE_i$ ) representa o peso de cada requisito no ponto de vista dos clientes considerando aspectos como o *benchmarking* do cliente e dos argumentos de venda (*sales points*). Os requisitos com maior importância estratégica estão associados a um maior benefício e devem ter prioridade sobre os restantes. Ao analisar a bibliografia sobre QFD verifica-se que a importância estratégica dos *whats* pode ser calculada de diversas formas, no entanto esta componente da casa da qualidade é mais frequentemente calculada através das equações (3) e (4) (Akao 1988; Chan e Wu 2002; Chan 2005):

$$IE_i = IC_i \times T_i \times SP_i \quad (3)$$

$$IE_i = (OE_i - BC_i) \times IC_i \times SP_i \quad (4)$$

onde:

$IC_i$  importância do *what*  $i$

- $T_i$  taxa de melhoria do *what i*
- $SP_i$  argumento de venda do *what i*
- $OE_i$  objectivo estratégico do *what i*
- $BC_i$  pontuação obtida no *benchmarking* do cliente no *what i*
- $IE_i$  importância estratégica absoluta do *what i*
- $i$  conjunto dos *whats*,  $i=1, 2, \dots, n-1, n$

A importância estratégica absoluta dos *whats* pode ser representada em forma de percentagem através da importância estratégica relativa do *whats* ( $IR_i$ ) que é calculada segundo a equação:

$$IR_i = \frac{IE_i}{\sum_{i=1}^n IE_i} \quad (5)$$

No exemplo descrito por Hauser e Clausing (1988) a importância estratégica dos requisitos não é calculada, porém, admitindo os valores determinados anteriormente para o requisito “fácil de fechar por fora” e que lhe foi imputado um argumento de venda de 1.2, a sua importância estratégica pode ser calculada utilizando a equação (3) ou (4):

$$IE(\text{"fácil de fechar por fora"}) = 7 \times 2.5 \times 1.2 = 21 \quad (6)$$

$$IE(\text{"fácil de fechar por fora"}) = (5 - 2) \times 7 \times 1.2 = 25.2 \quad (7)$$

Neste caso a importância estratégica do requisito na equação (6) é feita recorrendo à equação (3) e a importância estratégica do requisito em (7) é calculada recorrendo à equação (4).

### 2.1.3.C. Matriz das características técnicas

Nesta componente da casa da qualidade são representadas as várias características técnicas (*hows*) que podem ser implementadas de maneira a satisfazer as necessidades dos clientes, as suas unidades de mensuração e também o sentido em que devem ser manipuladas.

#### C1. Características técnicas (*hows*)

Após recolher e analisar toda a informação relativa às necessidades dos clientes, a equipa de QFD é responsável por encontrar soluções que de alguma forma satisfaçam os requisitos dos clientes. Nesta fase, para facilitar a análise e organização dos vários *hows*, tal como na fase de identificação dos requisitos do cliente, é comum recorrer também a diagramas de afinidade, de árvore e de relação (Hauser e Clausing 1988; Govers 1996; Prasad 1998; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

No exemplo de Hauser e Clausing (1988), foi determinado um conjunto de características técnicas (ver Figura 11). Através da manipulação destas características técnicas vai ser possível responder às necessidades do cliente, por exemplo, manipulando as características técnicas “energia para fechar a porta” (“*energy to close door*”) e “existência das juntas de vedação da porta” (“*door seal resistance*”) será possível tornar a porta do automóvel mais fácil de fechar, ou seja, diminuindo a energia necessária

para fechar a porta e também a resistência das juntas de vedação, a porta tornar-se-á mais fácil de fechar por fora.

	-	Energy to close door							
	+	Check force on level ground							
	+	Check force on 10° slope							
	-	Energy to open door							
	-	Peak closing force							
		...							
	+	Door seal resistance							
	+	Acoustic transmission, window							
	+	Road noise reduction							
	+	Water resistance							
		...							
Measurement units		ft-lb	lb	lb			lb/ft	db	

Figura 11 - Características de engenharia e unidades de mensuração do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

## C2. Unidades dos *hows*

As características de engenharia, tal como os requisitos do cliente devem ser expressas de uma forma mensurável. Deste modo torna-se possível delinear metas de uma forma mais precisa (Hauser e Clausing 1988; Govers 1996; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

Na figura anterior estão representadas as unidades de medida de cada uma das características de engenharia determinadas no exemplo de melhoria de uma porta automóvel (Hauser e Clausing 1988). Por exemplo, a característica de engenharia “energia para fechar a porta” foi expressa em *lb.ft* e a “resistência do selo da porta” em *lb/ft* (ver Figura 11).

## C3. Direcção dos *hows*

Na aplicação da metodologia QFD também é comum identificar qual o sentido em que se deve manipular o requisito, i.e., identificar se aumentar ou diminuir uma das características de engenharia tem um impacto positivo ou negativo na opinião do cliente sobre o produto.

No exemplo de Hauser e Clausing (1988) (ver Figura 11), utilizou-se o símbolo “+” para representar as características de engenharia que têm de sofrer um aumento e o símbolo “-” para as que têm de ser reduzidas. À característica de engenharia “energia para fechar a porta” (“*energy to close door*”) foi associado o símbolo “-”, o que significa que quanto menos energia for necessária para fechar a porta melhor, por outro lado, à característica de engenharia “resistência do selo da porta” foi associado o símbolo “+” indicando que a resistência do selo da porta deve ser aumentada (Hauser e Clausing 1988; Chan e Wu 2002).

### 2.1.4.D. Matriz de relações *whats/hows*

Nesta matriz é representado o impacto que cada um dos *hows* tem sobre os *whats* e cabe à equipa de QFD avaliar cada uma destas relações. Estas relações podem ser avaliadas de uma forma quantitativa, em que são utilizados números para representar a magnitude da relação, ou então de uma forma qualitativa, utilizando símbolos (Prasad, 1998). Tipicamente existem quatro níveis de relação: relação



“forte”, “moderada”, “fraca” e “sem relação”, aos quais estão associados um número (avaliação quantitativa) ou um símbolo (avaliação qualitativa) (Govers 1996; Chan 2005; Chan e Wu 2002; Prasad 1998; Akao 1988). No entanto também podem ser representadas relações com impactos negativos, isto significa que a implementação ou manipulação de um *how* pode ter um impacto negativo num dos *whats* (Hauser e Clausing 1988).

Hauser e Clausing (1988) definiram quatro níveis de relação: relação “forte positiva” (✓), “média positiva” (✓), “média negativa” (✗) e “forte negativa” (✗) as quais são expressas através de símbolos (ver Figura 12). Neste caso pode-se verificar, por exemplo, que o *what* “fácil de fechar por fora” (“*easy to close from outside*”) tem uma relação “forte positiva” com o *how* “energia para fechar a porta” (“*energy to close door*”), no entanto esse mesmo requisito do cliente tem uma relação média negativa com o *how* “resistência do selo da porta”.

		Relationships									
		✓	✓	✗	✗						
		Strong positive	Medium positive	Medium negative	Strong negative						
		- Energy to close door	+ Check force on level ground	+ Check force on 10° slope	.....	.....	.....	+ Door seal resistance	+ Road noise reduction	.....	.....
Easy to close from outside	7	✓						✗			
Stays open on a hill	5		✓	✓							
Doesn't leak in rain	3							✓			
No road noise	2							✓	✓		

Figura 12 - Matriz de relações dos *whats/how*s do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

### 2.1.5.E. Matriz de correlações

Esta matriz é a responsável pela denominação casa da qualidade, devido à sua forma triangular no topo que lhe dá a aparência de uma casa. Nesta fase, a equipa de QFD tem de avaliar como todos os *hows* estão e correlacionados e quão forte é a sua relação. Deste modo é possível visualizar quais são as características de engenharia que se suportam e identificar quais as que estão relacionadas inversamente (Bergquist e Abeysekera 1996). As correlações dos *hows*, tal como na matriz anterior, podem ser avaliadas de forma quantitativa ou qualitativa (Prasad, 1998) e utilizando as mesmas metodologias (Chan e Wu 2002; Chan 2005; Hauser e Clausing 1988; Govers 1996).

Hauser e Clausing (1988) utilizaram os mesmos níveis de relação da matriz de relações *whats/how*s para representar as correlações dos *hows* (ver Figura 13). Neste exemplo, os *hows* “energia para fechar a porta” e “resistência do selo da porta” foram considerados como tendo uma relação “média negativa”, ou seja, com diminuição da energia necessária para fechar a porta a resistência do selo também irá diminuir, quando o que se pretende é aumentar a sua resistência.

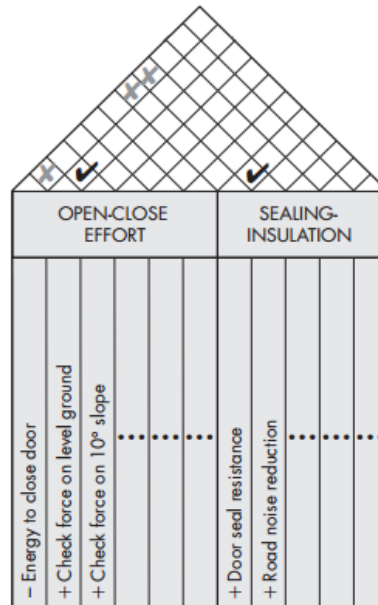


Figura 13 Matriz de correlações dos *hows/hows* do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

### 2.1.6.F. Matriz técnica

Esta é a fase final de construção da casa da qualidade e nesta componente são calculadas as importâncias absolutas e relativas dos vários *hows* com base em toda a informação obtida anteriormente, é feita também uma análise de *benchmarking* do ponto de vista técnico e determinados os objectivos técnicos e qual o seu grau de dificuldade. Por fim, nesta componente, são calculadas as importâncias estratégicas das características de engenharia.

### F1. Importância absoluta dos *hows*

Este elemento da matriz técnica traduz o quanto uma determinada característica de engenharia está relacionada com todos os requisitos do cliente e é calculado através da importância estratégica absoluta dos *whats* (Govers 1996; Chan e Wu 2002; Chan 2005) (equação 8) ou da importância estratégica relativa dos *whats* (Franceschini e Rupil 1999) (equação 9) e da sua relação com o *how*. A importância absoluta dos *hows* ( $IA_j$ ) é calculada da seguinte forma:

$$IA_j = \sum_{i=1}^n IE_i \times R_{i,j} \quad (8)$$

ou

$$IA_j = \sum_{i=1}^n IR_i \times R_{i,j} \quad (9)$$

onde:

- $IE_i$  importância estratégica absoluta do *what i*
- $IR_i$  importância estratégica relativa do *what i*
- $R_{ij}$  grau de relação entre o *what i* e o *how j*
- $i$  conjunto dos *whats*,  $i=1, 2, \dots, n-1, n$
- $j$  conjunto dos *hows*,  $j=1, 2, \dots, m-1, m$

Hauser e Clausing (1988) no seu exemplo não consideram esta componente, porém no estudo efectuado por Jim Walden (2003) ao modelo de negócio da A&T (ver Figura 14) a importância absoluta é calculada recorrendo à equação (9). Neste caso, a intensidade das relações entre os requisitos do cliente e as características de engenharia são expressas de acordo com a seguinte simbologia: relação forte associada ao valor 9 (⊙), relação moderada associada ao valor 3 (○) e relação fraca associada ao valor 1 (△). A importância absoluta da característica de engenharia “Boeing vision 2016”<sup>1</sup>, por exemplo, for calculada da seguinte forma:

$$IA(\text{“Boeing vision 2016”}) = 9 \times 10.2 + 9 \times 3.4 + 3 \times 3.4 + 3 \times 8.5 + 1 \times 3.8 = 161.9 \quad (10)$$

Performance Excellence Criteria Item	A&M-SoCal Best Practice/Initiative																				Competitive Comparison										
	Employee involvement	Lean enterprise	Process-based management	Customer relationship mgt.	Integrated planning process	Leadership system	Enterprise perf. integration	Performance excellence sust. Affordability	Community involvement	Boeing Vision 2016	Earned value mgt. system	BQMS/ISO 9001:2000	Multiple cust./mult. config.	Supplier partnering	Defects/cycle time reduction	Safe workplace	Clear operating priorities	Career development	Diversity	Degree of Importance		A&M-SoCal Rating (02/00)	Company "A" Rating	Company "B" Rating	Planned Level	Improvement Ratio	Sales Points	Importance Weight	Relative Weight (%)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.1 Organizational leadership	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8	4	3	3	5	1.2	1.2	10.2	⊙	X	
1.2 Public resp. & citizenship						○	△	○	○	○	○					△					4	5	3	2	5	1.0	4	3.4	○	X	
2.1 Strategy development			△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	△						4	4	3	3	4	1.0	4	3.4	⊙	X	
2.2 Strategy deployment				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						5	4	3	2	4	1.0	5	4.3	○	X	
3.1 Cust. & market knowledge				○	○	○	○	○	○	○	○			○							4	5	3	2	5	1.0	1.5	6	5.1	○	X
3.2 Cust. satisf. & relationships	△	○	○	○	○	△	△	○	○				○	○			○				5	3	3	2	4	1.3	1.5	10	8.5	○	⊙
4.1 Measurement of org. perf.	△	○	○	○	○	△	○	○				△	△			△					4	3	3	2	4	1.3	5.3	4.5	○	⊙	
4.2 Analysis of org. perf.	△	△	○	○	△	△	○	○	○			△	△			△					5	4	3	1	4	1.0	5	4.3	○	X	
5.1 Work systems	○										△										3	2	2	3	3	1.5	4.5	3.8	○	○	
5.2 Empl. educ., training, & dev.	○	△									△										2	2	3	3	3	1.5	3	2.6	X	⊙	
5.3 Empl. well-being and satisf.	○					△	△			△											2	2	2	3	3	1.5	3	2.6	○	○	
6.1 Product & service processes	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○		6	4	3	2	4	1.0	1.2	7.2	6.1	○	○
6.2 Support processes			○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○		1	4	3	1	4	1.0	1	0.9	○	X	
6.3 Suppl. & partnering processes			○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○		1	5	2	2	5	1.0	1.2	1.2	1.0	⊙	X
7.1 Customer focused results				○										○							10	4	3	1	4	1.0	1.5	15	12.8	○	X
7.2 Financial & market results			△	○	○	△	△	△	△	△	△	△									10	4	3	3	4	1.0	10	8.5	⊙	X	
7.3 Human resource results	○					△	△	△	△	△	△	△									7	3	2	2	4	1.3	9.3	7.9	⊙	X	
7.4 Supplier & partner results			○				△	△	△	△	△	△			○	○					2	4	2	1	4	1.0	2	1.7	○	X	
7.5 Org. effectiveness results	△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○					10	4	3	1	4	1.0	10	8.5	○	X	
Importance Weight	152	76	186	449	167	170	225	126	170	53	162	23	79	274	56	72	36	215	56	42											
Relative Weight (%)	5.4	2.7	6.7	16.4	6.0	6.1	8.1	4.5	6.1	1.9	5.8	0.8	2.8	9.8	2.0	2.6	1.3	7.7	2.0	1.5											

Figura 14 - Casa da qualidade A&T (Fonte: adaptado de Walden 2003)

<sup>1</sup> Neste caso, a importância estratégica relativa do *what* foi denominada por peso relativo (*relative weight*).

## F2. Importância relativa dos *hows*

A importância absoluta dos *hows* ( $IA_j$ ) em muitos casos de aplicação da casa da qualidade é expressa em termos de percentagem, o que permite fazer uma avaliação mais imediata da importância de uma característica de engenharia em relação às restantes. A importância relativa dos *hows* ( $IR_j$ ) pode ser calculada recorrendo à seguinte equação:

$$IR_j = \frac{IA_j}{\sum_{j=1}^m IA_j} \times 100 \quad (11)$$

onde:

$IA_j$  importância absoluta do *how*  $j$

$IR_j$  importância relativa do *how*  $j$

$j$  conjunto dos *hows*,  $j=1, 2, \dots, m-1, m$

No estudo de Walden (2003) a importância relativa de “*Boeing vision 2016*” é calculada da seguinte forma:

$$IR(\text{“Boeing vision 2016”}) = \frac{161.9}{2789} \times 100 = 5.8\% \quad (12)$$

No exemplo de Hauser e Clausing (1988) a importância relativa das características de engenharia não foi determinada recorrendo à equação (11), no entanto foi determinada através da análise de toda a casa da qualidade e os pesos imputados para exprimir o grau de importância de cada um dos *hows* foram atribuídos de forma directa. Neste caso, diminuir a energia necessária para fechar e abrir a porta foram consideradas as características de engenharia com maior importância (ver Figura 15).

	OPEN-CLOSE EFFORT					SEALING-INSULATION					
	- Energy to close door	+ Check force on level ground	+ Check force on 10° slope	- Energy to open door	- Peak closing force	...	+ Door seal resistance	+ Acoustic transmission, window	+ Road noise reduction	+ Water resistance	...
<b>Imputed importance (%)</b> <small>(all total 100%)</small>	10	6	4	9	1		6	2	4	3	

Figura 15 - Importância relativa do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

### F3. Avaliação competitiva técnica

Nesta componente é feita uma análise de uma perspectiva técnica ao desempenho do produto das empresas avaliadas no *benchmarking* do cliente, em cada uma das características técnicas. Em alguns casos este tipo de informação é difícil de obter, pelo que a única forma de conseguir este tipo de informação sobre o produto é através da sua compra e posterior experimentação. A avaliação competitiva técnica pode ser feita medindo o desempenho de cada característica de engenharia na sua unidade de mensuração ou através da atribuição de pontuação tal como na análise de *benchmarking* no ponto de vista do cliente feita anteriormente (Chan e Wu 2002; Chan 2005; Govers 1996; Bergquist e Abeyssekera 1996; Prasad 1998; Hauser e Clausing 1988).

Objective measures	Measurement units	ft-lb	lb	lb			lb/ft	db		
	Our car door		11	12	6			3	9	
A's car door		9	12	6			2	5		
B's car door		9.5	11	7			2	6		

Figura 16 - *Benchmarking* técnico do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

No exemplo descrito por Hauser e Clausing (1988) foi feita uma análise de *benchmarking* do ponto de vista técnico, em que o desempenho da porta do automóvel da empresa “OUR CAR” e de duas empresas concorrentes foi avaliado nos vários *hows* (ver Figura 16). Neste caso pode-se verificar que a porta da empresa “OUR CAR” necessita de mais energia para ser fechada (11 *ft.lb*) comparando com as empresas “A’S CAR” e “B’S CAR” (9 *ft.lb* e 9.5 *ft.lb* respectivamente), razão pela qual na análise de *benchmarking* do ponto de vista do cliente tenha obtido uma pior pontuação no requisito “fácil de fechar por fora” (ver Figura 10).

### F4. Objectivos técnicos

Com base nos dados obtidos anteriormente, a equipa de QFD consegue estabelecer metas para o seu produto. Dado que as características de engenharia são expressas de uma forma mensurável é possível estabelecer metas objectivas de acordo com os recursos da empresa e assim implementar características no produto que o tornem melhor que o da concorrência aos olhos do cliente (Hauser e Clausing 1988; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

Hauser e Clausing (1988) no seu exemplo definiram objectivos técnicos para cada uma das características de engenharia da porta do automóvel. Para a energia necessária de para fechar a porta definiram uma meta de 7.5 *ft.lb* (ver Figura 17), valor que é menor que o desempenho do produto da concorrência identificado na análise de *benchmarking* técnico (ver Figura 16).

	OPEN-CLOSE EFFORT					SEALING-INSULATION					
	- Energy to close door	+ Check force on level ground	+ Check force on 10° slope	- Energy to open door	- Peak closing force	...	+ Door seal resistance	+ Acoustic transmission, window	+ Road noise reduction	+ Water resistance	...
<b>Targets</b>	7.5 ft-lb	9 lb	6 lb	7.5 ft-lb	12 lb		3 lb/ft	.10 db	9 db	70 psi	

Figura 17 - Objectivos técnicos do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

## F5. Dificuldades técnicas

Após definir os objectivos técnicos a equipa de QFD atribui uma pontuação a dificuldade de implementar cada uma das características de engenharia, onde são considerados factores como o tempo, recursos financeiros e de produção. Geralmente, as pontuações são atribuídas utilizando escalas do mesmo tipo que as utilizadas na determinação da importância dos *whats* e na análise de *benchmarking* do cliente (Hauser e Clausing 1988; Chan e Wu 2002; Chan 2005).

No exemplo descrito por Hauser e Clausing (1988), foram atribuídas pontuações à dificuldade de implementação de cada uma das características de engenharia (ver Figura 18). As pontuações atribuídas à dificuldade de implementação foram baseadas numa escala de 5 pontos, onde 1 representa o nível de “mais fácil” e 5 o nível “mais difícil”. Neste caso, por exemplo, às características de engenharia “força ao nível do solo” (“*check force on level ground*”) e “resistência à água” (“*water resistance*”) foram imputados os níveis de dificuldade maiores, por outro lado a característica de engenharia “energia para abrir a porta” (“*energy to open door*”) foi considerada fácil de manipular tendo sido atribuída a pontuação mais baixa (ver Figura 18).

	OPEN-CLOSE EFFORT					SEALING-INSULATION					
	- Energy to close door	+ Check force on level ground	+ Check force on 10° slope	- Energy to open door	- Peak closing force	...	+ Door seal resistance	+ Acoustic transmission, window	+ Road noise reduction	+ Water resistance	...
<b>Technical difficulty</b>	4	5	1	1	3		1	3	3	5	

Figura 18 - Dificuldades técnicas do exemplo de uma porta automóvel (Fonte: Hauser e Clausing 1988)

## F6. Importância estratégica dos *hows*

A importância estratégica dos *hows* ( $IE_j$ ), para além de ter em consideração a relação dos *whats* com os *hows*, também considera a informação obtida no *benchmarking* técnico, os objectivos técnicos do *how* e a sua dificuldade de implementação e tal como na importância estratégica dos *whats*, valores maiores correspondem a maiores níveis de prioridade (Chan e Wu 2002). A importância estratégica dos *hows* pode ser calculada segundo a equação:

$$IE_j = \frac{(OT_j - BT_j) \times IR_j}{DT_j} \quad (13)$$

onde:

- $OT_j$  objectivo técnico do *how*  $j$
- $BT_j$  benchmarking técnico do *how*  $j$
- $IR_j$  importância relativa do *how*  $j$
- $DT_j$  dificuldade técnica do *how*  $j$
- $IE_j$  importância estratégica do *how*  $j$
- $j$  conjunto dos *hows*  $j=1, 2, \dots, m-1, m$

A equação (13) só deve ser utilizada para calcular a importância estratégica dos *hows* no caso de a análise de *benchmarking* do ponto de vista técnico e os objectivos técnicos forem definidos através de pontuações tal como na matriz de planeamento. Ao utilizar a equação (13) com os desempenhos dos *hows* expressos nas suas unidades de mensuração poderia não se ter a mesma base de comparação o que originaria resultados inconsistentes, ou seja, não faria sentido comparar a importância estratégica de duas características técnicas, em que as unidades de mensuração sejam metros (comprimento) numa e quilogramas (peso) noutra. No exemplo de Hauser e Clausing (1988), os *hows* são expressos em unidades diferentes, por exemplo, a energia para fechar a porta é expressa em *ft.lb*, a resistência do selo da porta em *lb/ft* e o barulho da estrada em *dB*. Deste modo não faria sentido comparar as importâncias estratégicas obtidas pela equação (13) devido aos *hows* terem diferentes unidades de mensuração.

### 2.1.7. Análise à casa da qualidade

Após concluir o preenchimento de todas as componentes da primeira casa da qualidade o resultado final é uma priorização sobre as características técnicas que estão relacionadas com os requisitos do cliente. No entanto, antes de tomar quaisquer decisões deve ser feita uma análise à casa da qualidade com o objectivo de identificar situações que comprometam o seu rigor ou que de alguma forma indiquem qual o rumo a tomar para reflectir a voz do cliente no produto. Yang & El-haik (2003) sugerem o seguinte procedimento para identificar estes casos:

1. Na matriz de relações uma coluna em branco ou que tenha apenas relações fracas com os requisitos do cliente significa que essa característica técnica resulta num sobredimensionamento do produto ou que na realidade não tem um grande impacto na percepção do cliente. Também

na mesma matriz devem ser procuradas linhas em branco ou com relações fracas com as características técnicas. Esta situação representa uma falha em satisfazer os requisitos do cliente, sendo necessário identificar características técnicas que estejam relacionadas com esses mesmo requisitos. Em alguns casos é possível que a tecnologia existente não permita satisfazer um determinado requisito do cliente, e nestas situações é necessário avaliar e compreender melhor o requisito o objectivo de encontrar alternativas.

2. Nesta análise devem ser também procurados casos em que a avaliação técnica esteja em conflito com a avaliação do cliente. Esta situação ocorre quanto na componente de *benchmarking* cliente o produto tem uma pontuação fraca relativamente à que é atribuída na avaliação de uma das características técnicas. A principal causa destes pontos de conflito é uma má interpretação e compreensão do que é o requisito do cliente.
3. As características técnicas que estão associados a um maior número de relações fortes devem ser identificadas, pois estas características têm um forte impacto na percepção geral que o cliente tem sobre a qualidade do produto. No entanto, também devem ser analisadas as correlações relativas a essas características técnicas, pois quando alteradas podem ter um impacto sobre as restantes.
4. Durante a análise da casa da qualidade podem ser identificadas também oportunidades de negócio, ou seja, casos em que o produto e os produtos concorrentes têm um desempenho fraco na avaliação de *benchmarking* do cliente num determinado requisito. Nesta situação, os esforços devem ser orientados para melhorar o produto nestes aspectos, criando a possibilidade de o afirmar relativamente à concorrência.
5. Nos requisitos do cliente em que o produto tem um pior desempenho no ponto de vista do cliente relativamente à concorrência, é encontrada uma oportunidade de *benchmarking*. Nestas situações as características técnicas que proporcionam uma avaliação do cliente superior num determinado requisito devem ser implementadas no produto através de *benchmarking*. Esta abordagem permite economizar tempo e recursos no processo de desenvolvimento.
6. Por fim, a fase final de análise à casa da qualidade consiste em identificar as características técnicas que obtiveram uma maior pontuação, pois são estas que de alguma forma estão relacionadas e têm mais impacto nos requisitos do cliente. Estas características técnicas serão o *input* de uma nova casa da qualidade, resultando no desdobramento da função qualidade (QFD) permitindo levar a voz do cliente a todas as fases de desenvolvimento do produto.

## **2.2. Casa da qualidade e escalas de mensuração**

Mensuração consiste num conjunto de regras para atribuir símbolos a objectos de modo a (1) representar os seus requisitos numericamente ou (2) a definir se os objectos pertencem ou não à mesma categoria em relação a um requisito (Nunnally e Bernstein 1994). Durante o processo construção de uma casa da qualidade é necessário recorrer à mensuração para fazer a atribuição de pontuações a objectos em determinados requisitos, no entanto nem sempre os tipos de escalas utilizados nas aplicações encontradas na literatura sobre QFD e a casa da qualidade são as mais adequadas.



As escalas de mensuração são uma das principais componentes da construção de uma casa da qualidade, pois é através de escalas que são determinadas as prioridades dos clientes, os seus níveis de satisfação, as relações dos *whats* com os *hows* entre outros elementos. Geralmente os clientes expressam a sua opinião sobre um produto através de julgamentos verbais que posteriormente são convertidos em valores numéricos, no entanto este processo pode resultar em distorções da informação se não forem utilizadas escalas de mensuração adequadas. Por exemplo, a utilização de escalas que não sejam apropriadas na aplicação da casa da qualidade, pode originar uma priorização errada (Franceschini e Rupil 1999). Nas próximas subsecções serão descritos os vários tipos de escalas e também as suas propriedades e limitações.

### **2.2.1. Escalas nominais**

As escalas nominais equivalem ao nível mais baixo de mensuração, este tipo de escala é utilizado para categorizar objectos, i.e., para atribuição de símbolos ou números de modo a posicionar um objecto numa determinada categoria. As escalas nominais testam apenas se determinados objectos são ou não equivalentes e não têm associada qualquer noção de ordem pelo que não podem ser sujeitos a nenhuma operação matemática. Exemplos comuns de escalas nominais são os números de telefone, matrículas dos automóveis ou profissões (Nunnally e Bernstein 1994; Franceschini e Rupil 1999; Stevens 1946).

### **2.2.2. Escalas ordinais**

As escalas ordinais permitem definir se um objecto é maior (>) ou menor (<) que outro num determinado requisito quando a equivalência não se verifica. Deste modo, embora seja permitido fazer uma ordenação dos objectos, não é conhecido o intervalo que separa as várias categorias, i.e., quanto um objecto é maior ou menor (ou mais ou menos preferível) que outro que esteja noutra categoria. Relativamente às operações admissíveis, pode ser aplicada a mediana para descrever a tendência central, estatísticas não paramétricas para realizar testes de hipóteses e transformações que não alterem a ordem das várias categorias. Exemplos deste tipo de escala podem ser o escalão de rendimento anual de uma família ou a hierarquia de uma empresa (Nunnally e Bernstein 1994; Franceschini e Rupil 1999; Stevens 1946).

### **2.2.3. Escalas de intervalos**

As escalas de intervalos têm todas as propriedades das escalas ordinais, no entanto as distâncias dos intervalos entre cada dois níveis são conhecidas. Contudo a magnitude absoluta de um objecto em determinado requisito é desconhecida devido ao valor nulo (zero) da escala ser definido arbitrariamente. Devido a estas propriedades, neste tipo de escalas não tem sentido calcular a razão de valores individuais, mas sim apenas a razão da diferença de intervalos de valores. Por esse motivo, uma escala de intervalos só pode ser convertida noutra escala de intervalos que contenha o mesmo tipo e quantidade de informação através de uma transformação linear. Neste tipo de escala já podem ser aplicadas estatísticas paramétricas (por exemplo, média, desvio padrão e correlação de *Pearson*) e testes paramétricos (*t-Student*, *F*). Exemplos de aplicação de escalas de intervalos são as escalas

de temperatura em graus *Celsius* e *Fahrenheit* (Stevens, 1946; Nunnally e Bernstein, 1994; Franceschini e Rupil, 1999).

#### **2.2.4. Escalas de razões**

As escalas de razões possuem todas as características das escalas de intervalos, no entanto estas escalas possuem um zero absoluto (fixo), o que permite representar a inexistência de um requisito e comparar razões de valores directamente entre escalas que representem informação da mesma natureza. Nas escalas de razão são admissíveis todas as operações permitidas nas escalas anteriores e, adicionalmente, podem ser aplicadas estatísticas como a média geométrica e o coeficiente de variação. A escala de temperatura de Kelvin, distâncias e pesos são exemplos de escalas de razões (Nunnally e Bernstein 1994; Franceschini e Rupil 1999; Stevens 1946).

#### **2.2.5. Conclusões do capítulo**

Na literatura analisada sobre a implementação da casa da qualidade, as escalas do tipo ordinal são utilizadas, por exemplo nas componentes de *benchmarking* do cliente, avaliação competitiva técnica e nas matrizes de relações e correlações. As pontuações calculadas e graus de relação atribuídos utilizando este tipo de escalas, posteriormente são utilizados no cálculo da importância das características técnicas. No entanto, as escalas do tipo ordinal apenas representam uma ordem de importância entre níveis aos quais não está associado nenhum valor numérico pelo que este tipo de procedimento não é adequado. Nos capítulos seguintes são mostrados os erros metodológicos encontrados na implementação da casa da qualidade, em particular os erros associados à utilização de escalas de mensuração do tipo ordinal.

### **3. Aplicações da casa da qualidade encontradas na literatura e erros metodológicos detectados**

#### **3.1. Introdução**

Neste capítulo apresentam-se vários casos de aplicação da casa da qualidade para o desenvolvimento e melhoramento de produtos, apresentando as diversas áreas em que a casa da qualidade tem vindo a ser implementada. Também são evidenciadas as principais fragilidades encontradas na aplicação tradicional da casa da qualidade identificando casos de aplicação onde foram cometidos esses erros.

#### **3.2. Aplicações da casa da qualidade**

Inicialmente a casa da qualidade começou por ser aplicada em áreas ligadas à indústria numa perspectiva de desenvolvimento e melhoramento de produtos. No entanto, dados os benefícios que são possíveis de atingir com a implementação da casa da qualidade e a sua versatilidade, a aplicação desta ferramenta estendeu-se pelos diversos sectores da indústria e mais tarde também ao sector dos serviços.

No sector industrial, a casa da qualidade, na sua forma tradicional, tem vindo a ser aplicada numa perspectiva de melhoramento e desenvolvimento do *design* de produtos. Hauser e Clausing (1988) descreveram a aplicação da casa da qualidade para o melhoramento da porta de um automóvel, Usma-Alvarez et. al. (2010) aplicaram a casa da qualidade para responder aos requisitos dos clientes no *design* de cadeiras de rodas utilizadas em *râguebi*. Kujit-Evers et al. (2009) e Hashim e Dawal (2012) aplicaram a metodologia no desenvolvimento de chaves de fendas e de uma bancada de trabalho, respectivamente, com o objectivo de encontrar soluções para as tornar mais ergonómicas. Esta metodologia também tem sido aplicada no sector dos produtos alimentares com a finalidade de melhorar a sua qualidade (Vatthanakul *et al.*, 2010; Park, Ham e Lee, 2012), no *design* de embalagens (Marjudi et al. 2013; Mohamad e Yusoff 2013) e também no desenvolvimento de novos produtos, como refrigerantes (Moldovan, 2014) e champôs (Zaim e Şevkli 2002). Outras áreas de aplicação no sector industrial foram a análise de modelos e estratégias de negócio (Walden, 2003), análise da qualidade de vestuário masculino (Golshan, Javanshir, e Rashidi 2012), no melhoramento e desenvolvimento de *software* (Sun e Liu 2010) e no desenvolvimento de mapas turísticos (López e Balboa 2008).

Nos serviços, a casa da qualidade tem vindo a ser muito utilizada no sector da educação em áreas como o planeamento e estruturação de cursos do ensino superior (Aytac e Deniz 2005; Peters et al. 2005; Chen 2007; Wang et al. 2009; Bagchi 2010; Congcong et al. 2010; Crişan e Enache 2011; Zheng et al. 2011; Gupta et al. 2012; An 2011; Silva et al. 2013). Outros estudos foram realizados no sector da educação aplicando a casa da qualidade, como a estruturação de um jardim de infância (Sá e Saraiva 2001), melhoramento e análise dos serviços prestados por uma biblioteca ( Garibay et al. 2010; Chen e Chou 2011) e também na análise de plataformas de *e-learning* (Ho *et al.*, 2009; Leba, Ionica e Edelhoiser, 2013). A casa da qualidade também foi implementada no sector da saúde na análise dos requisitos de segurança em radiologia (Moores, 2006) e na análise de qualidade de serviços hospitalares (Azadi e Farzipoor 2013; Jeong e Oh 1998).

Tabela 1 - Literatura de aplicações da casa da qualidade

Sector	Área de Aplicação	Autor(es)
Industrial	Porta automóvel	Hauser e Clausing, 1988
	<i>Design</i> cadeira de rodas	Usma-Alvarez et al., 2010
	<i>Design</i> chaves de fendas	Kuijt-Evers et al., 2009
	<i>Design</i> bancada de trabalho	Hashim e Dawal, 2012
	Produtos alimentares	Park et al., 2012
		Vatthanakul et al., 2010
	<i>Design</i> de embalagens	Marjudi et al., 2013
		Mohamad e Yusoff, 2013
	Desenvolvimento de refrigerantes	Moldovan, 2014
	Desenvolvimento de champôs	Zaim e Şevkli, 2002
	Análise de estratégias de negócio	Walden, 2003
	Vestuário	Golshan, Javanshir e Rashidi, 2012
	Software	Sun e Liu, 2010
Mapas turísticos	López e Balboa, 2008	
Serviços	Planeamento de cursos superiores	An, 2011
		Aytac e Deniz, 2005
		Bagchi, 2010
		Chen, 2007
		Crişan e Enache, 2011
		Gupta et. al., 2012
		Peters et. al., 2005
		Wang et al., 2009
		Zhong et. al., 2011
	Estruturação de um jardim de infância	Sá e Saraiva, 2001
	Melhoramento de bibliotecas	Chen e Chou, 2011
		Garibay et. al., 2010
	Sistemas e-Learning	Leba et. al., 2013
		Ho et al., 2008
	Saúde - segurança radiologia	Moores, 2006
	Qualidade de hospitais	Azadi e Farzipoor, 2013
Jeong e Oh, 1998		

### 3.3. Erros metodológicos encontrados

Durante a análise de toda a literatura encontrada sobre a aplicação da casa da qualidade, foram encontrados erros metodológicos na construção e preenchimento de várias componentes. Os erros encontrados estão relacionados com:

- A utilização de escalas ordinais como sendo escalas cardinais;
- Na utilização de pesos como indicadores directos de importância.

Estas abordagens resultam em pesos e pontuações arbitrárias e conseqüentemente em priorizações erradas.

#### 3.3.1. Utilização de escalas ordinais como cardinais

A utilização de escalas ordinais é muito frequente no processo de construção de uma casa da qualidade e geralmente são utilizadas para expressar o grau de importância dos *whats*, na atribuição de pontuações nas análises de *benchmarking* e também para expressar o tipo de relações e correlações. Os principais erros encontrados na literatura relacionados com este tipo de escala foram essencialmente a utilização das pontuações atribuídas em várias componentes da casa da qualidade para o cálculo de médias, como já foi explicado na secção 2.2.2 não é uma operação admissível em escalas ordinais.

Na determinação das importâncias dos requisitos dos clientes é comum recorrer a escalas ordinais para exprimir o seu grau de importância e posteriormente calcular a média da pontuação obtida em cada requisito. Por exemplo, no estudo realizado por Park et. al. (2012), na fase de questionários ao cliente, foi pedido que este avaliasse a importância de cada um dos requisitos tendo como base uma escala ordinal de 5 pontos, onde 1 representa “não é importante” e 5 representa “extremamente importante”. Após recolher esta informação, a importância de cada requisito do cliente foi determinada como sendo a média das pontuações atribuídas pelos clientes, que, tal como visto anteriormente, é um procedimento incorrecto quando estão a ser utilizadas escalas ordinais. Este tipo de erro ocorre noutros estudos e casos de aplicação da casa da qualidade na fase de determinar a importância dos *whats* (Kuijt-Evers et al., 2009; Usma-Alvarez et al., 2010; Marjudi et al., 2013). Também na análise de *benchmarking* do cliente é frequente calcular a média das pontuações atribuídas pelos clientes para expressar o nível em que cada empresa se enquadra (López e Balboa 2008; Usma-Alvarez et al. 2010; Park et al. 2012; Golshan et al. 2012;).

Outro tipo de erro cometido na construção na casa da qualidade é a utilização das pontuações baseadas em escalas ordinais para calcular as importâncias estratégicas dos *whats* e dos *hows*. Este é um procedimento incorrecto porque os níveis das escalas ordinais apenas representam uma ordem de importância, não tendo qualquer valor numérico associado e também porque a grandeza dos intervalos entre cada dois níveis é desconhecida. No estudo feito por Walden (2003), a importância estratégica dos *whats* (*importance weight*) é calculada recorrendo à equação (3), onde as variáveis (importância dos *whats*, taxa de melhoria dos *whats* e argumento de venda) foram determinadas com base em escalas ordinais. As importâncias dos *whats* e dos *hows* com base nas equações (3), (4), (8) e (9), e recorrendo a escalas ordinais, foram determinadas noutros estudos de aplicação da casa da qualidade (Walden 2003; Park et al. 2012; Usma-Alvarez et al. 2010; Hashim e Dawal 2012; Vatthanakul

et al. 2010; Mohamad e Yusoff 2013; Golshan et al. 2012; Sun e Liu 2010; Aytac e Deniz 2005; Chen 2007; Gupta et al. 2012; Peters et al. 2005; Wang et al. 2009; Zheng et al. 2011; Garibay et al. 2010; Jeong e Oh 1998).

### **3.3.2. Utilização de pesos como indicadores directos de importância**

Atribuir os pesos directamente aos requisitos, baseando-se apenas na noção intuitiva da sua importância relativa é considerado “o erro crítico mais comum” (Keeney, 1992). De facto, no modelo de agregação aditiva os pesos são constantes de escala que permitem transformar unidades de valor parcial (nos requisitos) em unidades de valor global. Para esse efeito, os pesos devem reflectir os *trade-offs* existentes entre requisitos, tendo por base as respectivas escalas de desempenho. Não ter em consideração estes aspectos gera pesos arbitrários. Por exemplo, um cliente atribui pesos de forma directa, considerando que o requisito “segurança” é mais importante que o requisito “custo” (*trade-off* constante). No entanto os níveis de importância para cada um dos requisitos dependem do desempenho de cada um, ou seja, a segurança só vai ser mais importante até um determinado nível de custo (*trade-off* real) (Poel, 2007).

Ao construir a casa da qualidade é frequente utilizar-se este método de atribuição directa de pesos para os vários requisitos, e desta forma ignorar por completo os *trade-offs* existentes, o que origina, como já foi dito anteriormente, pesos arbitrários. Este erro prejudica qualquer empresa que esteja a desenvolver ou melhorar um produto, pois levará certamente à recomendação de decisões incorrectas. Este tipo de erro ocorre na primeira fase de construção da casa da qualidade, quando é pedido aos clientes para atribuírem de forma directa pesos a todos os requisitos. Como esta é a fase mais importante da construção da casa da qualidade, onde são traduzidas as verdadeiras necessidades do cliente, este erro origina uma priorização dos requisitos sem qualquer significado substantivo o que compromete os resultados finais da casa da qualidade.

## 4. Metodologias multicritério de apoio à decisão

### 4.1. Introdução

Neste capítulo são apresentadas várias metodologias multicritério que foram ou que podem ser utilizadas em conjunto com a casa da qualidade com o objectivo de ultrapassar alguns erros metodológicos cometidos.

### 4.2. *Analytic Hierarchy Process*

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é uma metodologia multicritério de apoio à decisão desenvolvida por Saaty (1980). Este método consiste em decompor um problema multicritério complexo e estruturá-lo hierarquicamente e posteriormente determinar coeficientes de ponderação para cada um dos elementos, em cada nível da hierarquia, através da comparação de todos os pares possíveis (Belton e Stewart 2002; Figueira et al. 2005; Goodwin e Wright 2007; Wang et al. 1998; Saaty 1987; Zakarian e Kusiak 1999).

O primeiro passo de implementação da metodologia QFD consiste em estruturar o problema segundo uma hierarquia e de maneira a que os elementos no mesmo nível sejam independentes. Posteriormente, o problema é decomposto nos vários requisitos que foram considerados como sendo importantes para a tomada de decisão, este processo assemelha-se à construção de hierarquias no processo de QFD tradicional. O próximo passo consiste em comparar, através de julgamentos verbais ou numéricos, cada um dos pares de elementos possíveis em cada um dos níveis da hierarquia. Estes julgamentos para além de reflectirem a ordem de preferência, também indicam a intensidade da preferência. Posteriormente os julgamentos efectuados são transformados em pesos relativos de cada um dos elementos, através do cálculo do vector próprio (vector de prioridades) da matriz de comparações. A fase final da implementação da metodologia QFD consiste em confirmar a consistência da matriz de comparações e repetir julgamentos caso seja verificada alguma inconsistência (Goodwin e Wright 2007; Bana e Costa e Vansnick 2008; Hsiao 2002; Saaty 1987; Saaty 1990).

Esta metodologia tem vindo a ser aplicada em conjunto com a QFD e a casa da qualidade (ver Tabela 2) para determinar a importância dos requisitos do cliente (Bhattacharya et al. 2005; Chuang 2001; Congcong et al. 2010; Hsiao 2002; Köksal e Eđitman 1998; Myint 2003; Partovi e Epperly 1999; Scott et al. 2013; Wang et al. 1998; Zakarian e Kusiak 1999), comparar alternativas nos vários requisitos (análise de *benchmarking*) (Chuang, 2001; Hsiao, 2002) e para determinar o grau de relação que existe entre os *whats/hows* e *hows/hows* (Partovi 1999; Partovi 2006; Partovi 2007; Partovi e Epperly 1999; Partovi e Corredoira 2002; Scott et al. 2013). Na Tabela 2 é apresentada a literatura relativa à implementação conjunta das metodologias AHP e QFD por área de aplicação e por tipo de procedimento efectuado.

Tabela 2 - Literatura de aplicações da metodologia QFD combinada com AHP

Área de Aplicação	Autor(es)	Procedimento
Design de produto	Hsiao, 2002	1,3
	Myint, 2003	1
	Wang et al., 1998	1
Escolha de processo químico	Partovi, 2007	2
Localização de instalações	Chuang, 2001	1,3
	Partovi, 2006	2
Manutenção da paz	Partovi e Epperly, 1999	1,2
Planeamento de curso superior	Congcong et al., 2010	1
Seleção de equipas	Zakarian e Kusiak, 1999	1
Seleção de fornecedores	Scott et al., 2013	1,2
Seleção de projectos	Partovi, 1999	2
Seleção de regras no futebol	Partovi e Corredoira, 2002	2
Seleção de requisitos	Köksal e Eđitman, 1998	1
Seleção de robots	Bhattacharya et al., 2005	1

Nota: 1 - Determinação da importância do cliente; 2 - Determinação do grau de relação dos *whats/hows* e *hows/hows*; 3 - Comparação entre alternativas (análise de *benchmarking*);

Os pesos calculados através do vector de prioridades representam a ordem de preferência entre os vários requisitos/alternativas e o seu grau de intensidade. Segundo Bana e Costa e Vansnick (2008), os rácios dos pesos determinados pela determinação do vector próprio, deveriam também preservar a ordem da intensidade da preferência estabelecida pelas comparações par a par, no entanto em alguns casos, os rácios dos pesos dos requisitos/alternativas violam a condição de preservação da ordem (COP – *condition of order preservation*). Para esta condição se verificar, por exemplo, para o conjunto de alternativas  $x_1, x_2, x_3, x_4$ , onde  $x_1$  é preferida a  $x_2$ ,  $x_3$  é preferida a  $x_4$ , e se os julgamentos do avaliador reflectirem que a intensidade de preferência de  $x_1$  sobre  $x_2$  é superior à intensidade de preferência de  $x_3$  sobre  $x_4$ , tem que se confirmar que através dos pesos do vector de prioridade  $w$ ,  $w(x_1) > w(x_2)$ ,  $w(x_3) > w(x_4)$  (preservação da ordem de preferência) e  $w(x_1)/w(x_2) > w(x_3)/w(x_4)$  (preservação da ordem da intensidade de preferência). Em alguns casos de aplicação da metodologia AHP, mesmo após a validação da consistência da matriz de julgamentos, o COP não é confirmado (Bana e Costa e Vansnick 2008), o que põe em causa a validade deste método.

### 4.3. Métodos *Outranking*

Os métodos *outranking* estabelecem uma relação de preferência de várias alternativas tendo em conta os seus desempenhos num grupo de critérios e com comparações entre cada duas alternativas. Na literatura analisada sobre a casa da qualidade é frequente encontrar a aplicação deste tipo de métodos para ultrapassar algumas das suas fragilidades, nomeadamente na priorização das características técnicas. Neste capítulo serão descritas as abordagens à casa da qualidade utilizando os métodos *outranking* ELECTRE e PROMETHEE.



### 4.3.1.ELECTRE

ELECTRE (*EL*imination *Et* *Choix Traduisant la RE*alité) é uma família de metodologias multicritério que permite escolher a melhor alternativa de acordo com um conjunto de critérios através da construção de relações de *outranking* (Figueira, Greco e Ehrgott, 2005). Considerando duas alternativas  $a$  e  $b$ , as possíveis relações de *outranking* estão representadas na Tabela 3, onde  $S$ ,  $P$ ,  $I$  e  $R$  representam respectivamente “tão ou mais preferível a”, “preferível a”, “indiferente a” e “incomparável a”.

Tabela 3 - Tipo de relações *outranking*

Relações de <i>outranking</i>	Preferência, indiferença ou incomparabilidade?
$aSb$ e não $bSa$	$aPb$ ( $a$ é estritamente preferível a $b$ )
$bSa$ e não $aSb$	$bPa$ ( $b$ é estritamente preferível a $a$ )
$aSb$ e $bSa$	$aIb$ ( $a$ e $b$ são indiferentes)
Não $aSb$ e não $bSa$	$aRb$ ( $a$ e $b$ são incomparáveis)

Franceschini e Rossetto (1995 e 1997) propõem a utilização do método ELECTRE II em conjunto com a casa da qualidade na fase de priorização das características técnicas. Este método da família ELECTRE permite ordenar um conjunto de alternativas da melhor para a pior com base nos índices de concordância e discordância (Miranda e Almeida, 2004; Figueira, Greco e Ehrgott, 2005).

Na literatura analisada, neste tipo de abordagem, a preferência de cada alternativa sobre outra é determinada através de condições de dominância e de não dominância, resultando na ordenação da preferência das alternativas. Franceschini e Rossetto (1995), utilizam este método para calcular a ordem de importância das características técnicas, no entanto o resultado não representa um valor numérico que traduza o quanto uma característica técnica é mais importante que outra. Além disso, nas restantes etapas de construção da casa da qualidade são utilizadas as abordagens tradicionais, às quais estão associados os erros metodológicos descritos anteriormente.

### 4.3.2.PROMETHEE

O conceito PROMETHEE (**P**reference **R**anking **O**rganization **METH**od for **E**nrichment of **E**valuations) foi introduzido por J.P. Brans em 1982 e consiste numa metodologia de análise multicritério que permite determinar uma ordem de preferência para um conjunto de alternativas que têm desempenhos diferentes em vários critérios.

Sendo  $A$  um conjunto de alternativas, para cada alternativa  $a_i \in A, i = 1, \dots, n$ ,  $f_j(a_i)$  é a *performance* dessa alternativa no critério  $j, j = 1, \dots, k$ . O conjunto da *performance* de todas as alternativas pode ser representado pela matriz  $M$ , a partir da qual são feitas comparações entre todos os pares de alternativas em cada um dos critérios (Macharis *et al.*, 2004; Figueira, Greco e Ehrgott, 2005; Lopes, 2005).

$$M = \begin{bmatrix} f_1(a_1) & f_2(a_1) & \dots & f_k(a_1) \\ f_1(a_2) & f_2(a_2) & \dots & f_k(a_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1(a_k) & f_2(a_k) & \dots & f_k(a_k) \end{bmatrix}$$

Na Figura 19 estão representados os vários passos necessários para aplicação da metodologia PROMETHEE.

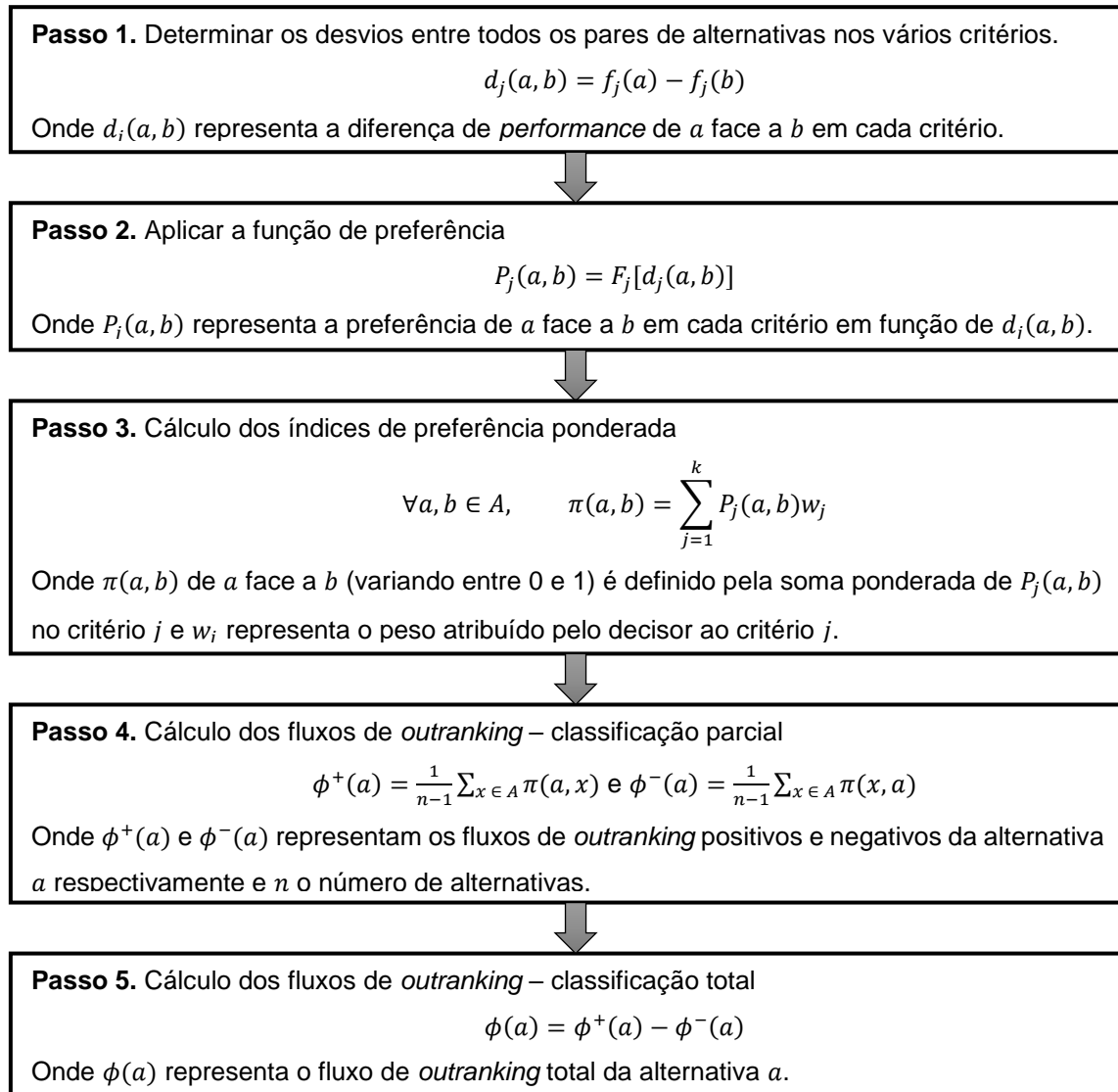


Figura 19 - Passos aplicação da metodologia PROMETHEE (adaptado de: (Behzadian *et al.*, 2010))

Na literatura analisada foram encontrados alguns estudos onde este tipo de abordagem foi utilizado em conjunto com a casa da qualidade na fase de priorização das características técnicas (Behzadian, Samizadeh, et al. 2010a; Behzadian, Samizadeh, et al. 2010b; Behzadian et al. 2013; Roghanian e Alipour 2014; Hosseini Motlagh et al. 2015). Tal como a metodologia ELECTREE, esta abordagem resulta apenas numa ordenação das características técnicas à qual não está associado nenhum valor numérico e também as restantes componentes da casa da qualidade são preenchidas recorrendo aos métodos tradicionais.

#### **4.4. Métodos de construção de escalas de valor**

Nesta secção são apresentados os métodos de construção de escalas de valor que permitem converter o desempenho de alternativas num critério em pontuação, nomeadamente os métodos *direct rating* e da bissecção.

##### **4.4.1. *Direct rating***

O *direct rating* (Edwards, 1977) é um método utilizado para a construção de funções de valor para requisitos em que os desempenhos das alternativas não sejam facilmente quantificáveis (Goodwin e Wright 2007). Exemplos deste tipo de requisitos podem ser, “localização”, “imagem” ou “facilidade de operação”.

O primeiro passo do *direct rating* consiste em ordenar por ordem decrescente de preferência as várias alternativas num determinado requisito. Posteriormente são atribuídas pontuações à melhor e à pior alternativa, geralmente é atribuída a pontuação 100 à melhor e 0 à pior. Qualquer outra pontuação poderia ser utilizada, no entanto deste modo os julgamentos e a aritmética tornam-se mais fáceis de realizar. No próximo passo o decisor deve atribuir pontuações às restantes alternativas de maneira que os intervalos entre alternativas representem a intensidade de preferência de uma alternativa sobre a outra. O último passo consiste em determinar a consistência da escala criada, e como se trata de uma escala de intervalos (o zero foi estabelecido arbitrariamente), não se podem comparar as alternativas directamente. Sendo assim, para validar a escala devem fazer-se comparações às diferenças de preferência, ou seja, aos intervalos entre as alternativas (Goodwin e Wright 2007).

##### **4.4.2. Método da bissecção**

O método da bissecção (Winterfeldt e Edwards 1986) é utilizado para a construção de escalas de valor em que os desempenhos das alternativas sejam expressos em escalas quantitativas contínuas (Goodwin e Wright 2007). Exemplos deste tipo de requisitos podem ser, “distância”, “área” ou “tempo de viagem”.

O primeiro passo neste método consiste em atribuir pontuações às alternativas que tenham, na opinião do decisor, o melhor e o pior desempenho num determinado requisito, geralmente atribui-se 100 pontos à melhor e 0 à pior. Seguidamente pede-se ao decisor que identifique um desempenho que considere que seja em termos de pontuação equidistante entre o melhor e o pior desempenho, e a esse valor de desempenho determinado atribui-se a pontuação 50. Este passo pode ser repetido as vezes necessárias até se atingir o nível de detalhe desejado, sempre determinando o valor do desempenho que seja equidistante entre os extremos dos intervalos determinados (Goodwin e Wright 2007).

#### **4.5. Métodos de ponderação**

Através dos métodos de ponderação é possível determinar pesos para critérios que posteriormente podem ser utilizados para calcular pontuações globais a partir de pontuações parciais. Este tipo de procedimentos evita que se cometa o “erro crítico mais comum” em análise multicritério descrito em 3.3.2. Neste capítulo são descritos os métodos *swing weighting* e *trade-off procedure* para a ponderação de pesos através da comparação par a par de níveis de *performance*.

### 4.5.1. *Swing weighting*

A primeira fase do método de ponderação *swing weighting* (Edwards e Barron 1994) consiste em ordenar os vários requisitos por ordem decrescente de importância dos respectivos *swings* definidos entre dois níveis de referência (por exemplo, os níveis pior e melhor). Para isso pergunta-se ao decisor, qual é o requisito em que prefere passar para o melhor nível de desempenho, considerando, como ponto de partida, um cenário em que os desempenhos estão no pior nível em todos os requisitos. Este procedimento é repetido, até se obter uma ordenação dos *swings* de todos os requisitos.

A segunda etapa deste método consiste em determinar os pesos de cada um dos requisitos. Para isso pede-se ao decisor que quantifique a passagem do pior nível para o melhor nível sabendo que num determinado requisito de referência (que tipicamente é o primeiro requisito a ser selecionado na etapa anterior) essa passagem foi quantificada em 100 pontos. Este processo é repetido até se terem quantificado os *swings* de todos os requisitos por comparação com o *swing* do requisito de referência. Por fim é necessário normalizar os pesos obtidos para que a sua soma seja igual a 1, para isso divide-se cada um dos pesos pela soma de todos eles (Goodwin e Wright 2007; Bell et al. 1977; Figueira et al. 2005).

### 4.5.2. *Trade-off procedure*

O método *trade-off procedure* (Keeney e Raiffa 1976) consiste em comparar duas alternativas fictícias em que o seu desempenho é igual em todos os requisitos, excepto em dois. Tal como no método de *swing weighting*, é necessário ordenar o conjunto de requisitos por ordem de importância dos respectivos *swings* definidos por dois níveis de referência de desempenho. Posteriormente selecciona-se um requisito para servir de referência, tipicamente o requisito que foi considerado mais importante.

O próximo passo consiste em realizar o ajustamento de uma alternativa fictícia no requisito de referência de maneira a que as duas alternativas sejam indiferentes para o cliente. Estas iterações necessitam e ser realizadas  $n-1$  vezes, sendo  $n$  o número total de requisitos. A última fase deste método é a determinação dos pesos dos requisitos através da resolução de um sistema de equações lineares, a que se junta uma equação que indica que a soma dos pesos é igual a 1. Note-se que para este método ser aplicado é necessário conhecer a escala de valor associada ao requisito de referência (Goodwin e Wright 2007; Bell et al. 1977; Figueira et al. 2005).

## 4.6. Modelo Aditivo

O modelo aditivo permite agregar aditivamente as pontuações em cada critério de uma determinada alternativa, ou seja, transformar valores parciais de pontuação numa pontuação global. Este modelo é dado pela equação (14).

$$V(a) = \sum_{i=1}^n k_i v_i(a) \quad (14)$$

Onde  $V(a)$  representa a pontuação global da alternativa “a”,  $v_i(a)$  a pontuação da alternativa “a” no critério  $i$  e  $k_i$  é factor de escala (peso) do critério  $i$  que torna adicionáveis todas as pontuações parciais ( $\sum_{i=1}^n k_i = 1$ ) (Belton e Stewart, 2002; Lourenço, 2002).

## 4.7. MACBETH

O MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) é uma abordagem multicritério de apoio à decisão que utiliza apenas julgamentos qualitativos para avaliar diferenças de atractividade com o objectivo de determinar pontuações para um conjunto de alternativas e também pesos para os vários requisitos. Os julgamentos do decisor são efectuados utilizando uma escala semântica de diferenças de atratividade entre dois estímulos, que pode ser considerada: “extrema”, “muito forte”, “forte”, “moderada”, “fraca”, “muito fraca” ou “nenhuma”. No entanto, no caso de existir discordância ou hesitação por parte dos decisores, esta abordagem permite seleccionar duas ou mais categorias consecutivas.

Esta metodologia começa por fazer comparações entre cada duas alternativas ou requisitos, avaliando qualitativamente a sua diferença de atractividade escolhendo uma ou mais categorias que representem o grau de atractividade. De cada vez que um julgamento é efectuado, a consistência da matriz de julgamento é avaliada, e no caso de inconsistência o MACBETH sugere alterações de maneira a que o conjunto de julgamentos efectuados seja consistente. Por fim, tendo em conta todos os julgamentos efectuados o MACBETH determina pontuações para cada uma das alternativas ou pesos para os critérios (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2005, 2012; Figueira, Greco e Ehr Gott, 2005). Após a determinação de escalas de valor e pesos para os critérios, é possível determinar pontuações parciais de alternativas e transforma-las em pontuações globais utilizando o modelo aditivo (explicado de seguida).

A metodologia MACBETH pode ser utilizada para ultrapassar os erros metodológicos identificados no capítulo 3.3 na implementação da casa da qualidade relacionados com a atribuição de pesos de forma directa, a utilização de escalas definidas arbitrariamente e com a utilização de escalas ordinais como sendo cardinais. Neste estudo propõe-se a utilização da metodologia MACBETH para definir escalas de intervalos para as várias fases de construção da casa da qualidade e para determinar a importância dos requisitos do cliente. Utilizando esta metodologia, as escalas e pesos definidos refletem o sistema de valores dos clientes, aproximando o modelo construído aos seus verdadeiros requisitos. Deste modo, é possível fazer uma análise às características técnicas dos produtos, encontrar soluções e definir prioridades de maneira a minimizar a diferença entre a percepção e as necessidades que os clientes têm relativamente à qualidade de um determinado produto.

## 4.8. MACBETH na casa da qualidade

Pretende-se aplicar a metodologia MACBETH nas várias fases de construção da casa da qualidade com o objectivo de eliminar os erros metodológicos cometidos durante a sua implementação seguindo uma abordagem tradicional. Propõe-se a utilização da metodologia MACBETH na atribuição de pesos nos requisitos dos clientes e na construção de escalas para converter desempenhos em pontuações. Nas figuras seguintes, a sombreado, é mostrado onde a metodologia MACBETH é implementada em conjunto com a casa da qualidade.

Na primeira fase de construção da casa da qualidade, após a identificação dos requisitos do cliente, a metodologia MACBETH é utilizada para calcular a sua importância através de julgamentos de atractividade (Figura 20).

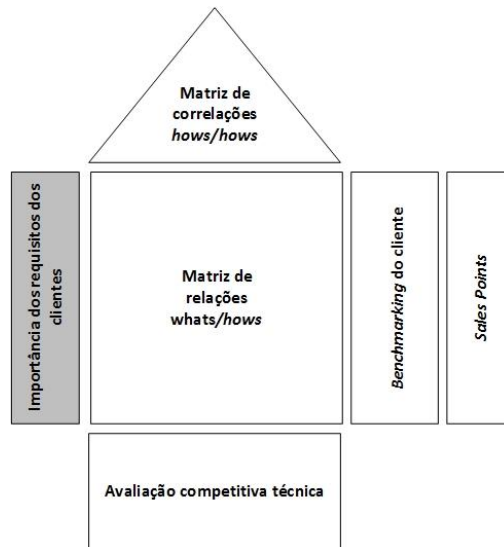


Figura 20 - MACBETH na casa da qualidade - importância dos requisitos dos clientes

Na componente da análise de *benchmarking* do cliente, a metodologia MACBETH é utilizada para definir escalas de valor que convertam o desempenho de cada uma das alternativas em pontuações de acordo com o sistema de valores do cliente em cada um dos seus requisitos (Figura 21).

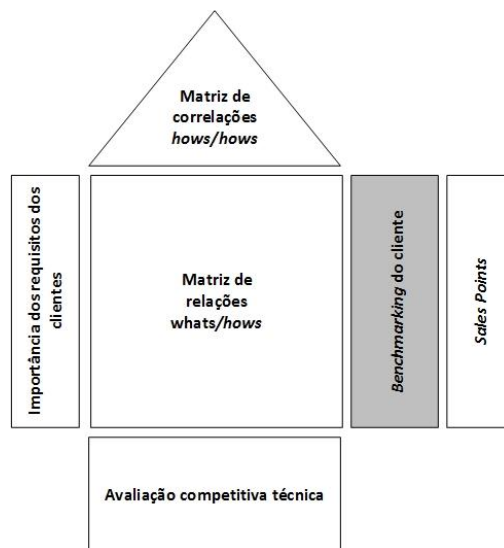


Figura 21 - MACBETH na casa da qualidade - *benchmarking* do cliente

A metodologia MACBETH pode ser utilizada também para determinar pesos para as relações que são atribuídas a cada um dos pares de requisitos do cliente e de características técnicas. Após serem determinados os tipos de relações, são feitos julgamentos de diferença de atractividade entre todos os pares de tipos de relações utilizados na casa da qualidade, por exemplo, entre uma relação fraca e uma relação forte (Figura 22).

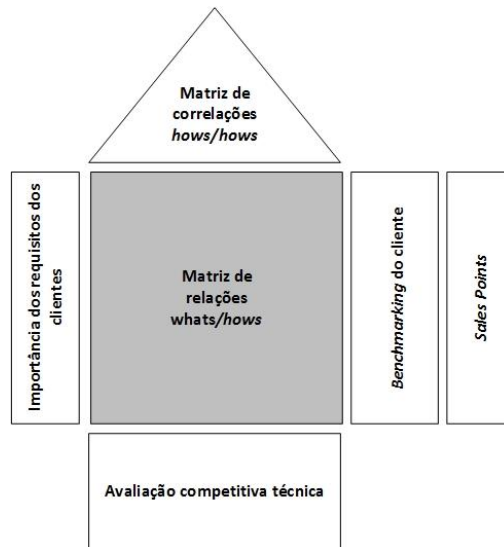


Figura 22 - MACBETH na casa da qualidade - matriz de relações *whats/how*s

Tal como na determinação de pesos para as relações entre *whats* e *how*s, a metodologia MACBETH pode ser utilizada, seguindo a mesma abordagem, para determinar pesos para as correlações entre cada uma das características técnicas, fazendo julgamentos de diferença de atractividade entre cada um dos pares de tipos de correlações, por exemplo entre uma relação nula e uma relação fraca positiva (Figura 23).

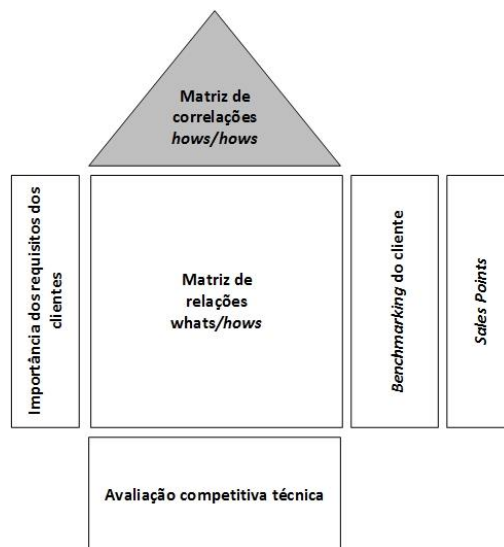


Figura 23 - MACBETH na casa da qualidade - matriz de correlações *how*s/*how*s

Na componente de determinação de pesos para os argumentos de venda (*sales points*) pode ser utilizado o método de ponderação MACBETH, à semelhança do que foi feito para determinar a importância de cada um dos requisitos do cliente (Figura 24).

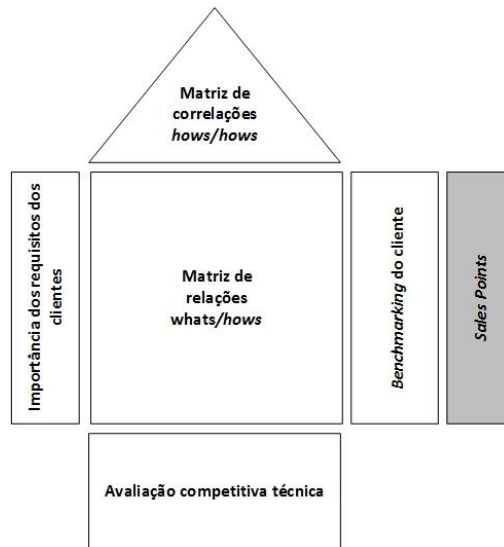


Figura 24 - MACBETH na casa da qualidade - sales points

Por fim, a metodologia MACBETH será utilizada na fase de avaliação competitiva técnica (Figura 25) para determinar escalas de valor que convertam o desempenho das características técnicas em pontuações, seguindo a mesma abordagem utilizada na fase de *benchmarking* do cliente.

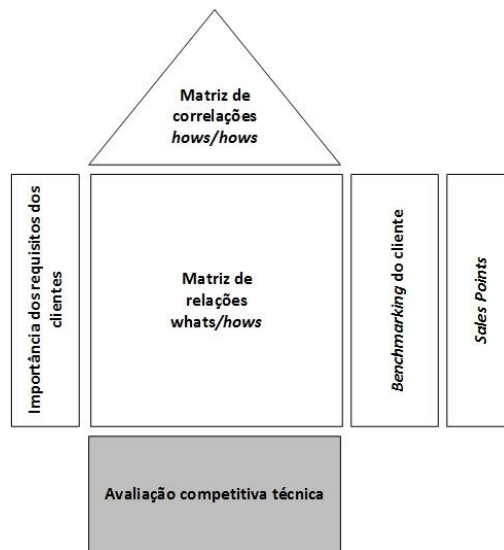


Figura 25 - MACBETH na casa da qualidade - avaliação competitiva técnica



## 5. Descrição do caso de estudo

### 5.1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se o caso real em estudo nesta dissertação, em que se aplica a casa da qualidade conjuntamente com a metodologia MACBETH de apoio à decisão. O caso em estudo está relacionado com o melhoramento dos sacos de asa plásticos, fornecidos por uma empresa a uma cadeia de hipermercados.

### 5.2. Enquadramento

O caso em estudo apresentado nesta dissertação foi realizado em parceria com uma média empresa do sector industrial da transformação de plásticos, em que a principal área de negócio é a produção de artigos de transporte e embalagem. Os produtos que representam a grande parte da facturação desta empresa são essencialmente: sacos de lixo, de alça e de auto-serviço, de *paperlike*, para gelo, películas e alumínios.

No início do ano de 2015, entrou em vigor a reforma da fiscalidade verde (RFV) com o objectivo de “contribuir para a ecoinovação e a eficiência na utilização de recursos, a redução da dependência energética do exterior e a indução de padrões de produção e de consumo mais sustentáveis, bem como fomentar o empreendedorismo e a criação de emprego, a concretização eficiente de metas e objetivos internacionais e a diversificação das fontes de receita, num contexto de neutralidade do sistema fiscal e de competitividade económica.”(APA - Agência Portuguesa do Ambiente, 2014). Uma das medidas impostas pela RFV é a implementação de uma taxa de 0,08€ + IVA por unidade, sobre os sacos de plásticos denominados como “leves” (com uma espessura inferior a 50µm) com o objectivo de reduzir o número deste tipo de sacos utilizado por cidadão.

Esta situação incentivou os fornecedores de sacos de alça plásticos e as grandes cadeias de hipermercados a procurar soluções que fossem isentas da taxa da RFV. Para tal foram desenvolvidos sacos com uma espessura superior a 50µm e com maior durabilidade, comparando com os sacos de alça “leves”. Através desta alternativa, o consumidor final paga o mesmo por cada saco de plástico, no entanto o valor da taxa aplicada não é arrecadado pelo Estado, mas sim pelas cadeias de hipermercado. Para além de ser desenvolvido um tipo de saco que é isento da taxa de RFV, também é necessário desenvolver um saco com qualidade na perspectiva do cliente final pelo que surgiu a necessidade de fazer um estudo sobre a qualidade dos mesmos sob o ponto de vista dos clientes e identificar os requisitos que são exigidos nos sacos de alça plásticos. Com este tipo de estudo, utilizando a casa da qualidade como ferramenta de análise, é possível determinar as características técnicas a melhorar ou a desenvolver com o objectivo de produzir um produto que vá de encontro às necessidades dos clientes.

Os sacos em análise, denominados neste estudo por “sacos A”, são comparados com sacos produzidos por outros fornecedores, uns para a mesma cadeia de hipermercado (“sacos B”) e outros para uma outra cadeia de hipermercados (“sacos C”). Após ser feita a análise sob o ponto de vista do cliente, são determinadas as características técnicas que influenciam os requisitos do cliente e é também feita uma comparação do ponto de vista técnico entre os três tipos de sacos.

Esta abordagem, utilizando a casa da qualidade em conjunto com a metodologia MACBETH de apoio à decisão, vai permitir encontrar soluções e definir prioridades sobre as intervenções a implementar para que os requisitos do cliente sejam satisfeitos.

A metodologia MACBETH foi utilizada na ponderação dos critérios para as várias componentes da casa da qualidade e na construção de escalas de valor para os desempenhos das alternativas de sacos, permitindo superar as fragilidades da casa da qualidade relacionadas com a atribuição directa de pesos e com a utilização de escalas de valor (pontuações) definidas arbitrariamente. A Tabela 4 mostra a que componentes da casa da qualidade foi aplicada a abordagem MACBETH.

Tabela 4 - Aplicação da metodologia MACBETH nas várias componentes da casa da qualidade

Ponderação MACBETH	Construção de escalas de Pontuação
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importância dos <i>whats</i></li> <li>• Relações entre <i>whats</i> e <i>hows</i></li> <li>• Correlações entre <i>hows</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Benchmarking</i> dos clientes</li> <li>• Avaliação competitiva técnica</li> </ul>

### 5.3. Identificação dos clientes

Em primeiro lugar é necessário identificar qual o grupo de clientes ao qual o produto se destina. Neste caso particular, os clientes de interesse para o estudo devem ser pessoas que fazem compras frequentemente neste tipo de supermercados, sendo este o público-alvo a ser abordado com o objetivo de recolher informação sobre as suas necessidades e exigências. Também deve ser recolhida informação juntos dos funcionários de caixa uma vez que lidam diariamente com este tipo de sacos e com os clientes e têm alguma percepção sobre quais os seus requisitos.

Neste estudo também foi considerada a opinião do departamento de qualidade e do comercial responsável pela venda destes sacos. O departamento de qualidade tem alguma compreensão sobre quais os requisitos do cliente uma vez que é o departamento responsável por lidar com as reclamações e sugestões de clientes. Por outro lado, como se trata de um produto de marca própria, é mais comum o cliente expressar a sua opinião junto da cadeia de hipermercado e neste caso o comercial representa um papel importante, pois é o responsável por estabelecer a ponte entre a empresa e a cadeia de hipermercado.

### 5.4. Identificação dos requisitos dos clientes

Para recolher a informação necessária sobre os requisitos dos clientes procedeu-se à entrevista de pessoas que pertencem ao grupo de interesse para o estudo. Foram entrevistadas cerca de 30 clientes em ambos os hipermercados a que se destinam os sacos.

Os entrevistados foram abordados com questões do tipo: “quais são as características de um bom saco?” ou “o que garante qualidade a um saco?”. Através desta abordagem os entrevistados foram incentivados a pensar sobre quais as necessidades e expectativas que têm em relação ao produto. Obtiveram-se respostas como “deve suportar o peso das compras” ou “deve ter tamanho suficiente para transportar as compras”. Na maioria das entrevistas as respostas foram bastantes esclarecedoras relativamente aos seus requisitos, no entanto houve alguns casos em que os entrevistados

responderam que os sacos “deviam ser reutilizáveis” ou que “deviam ser resistentes”. Para entender melhor quais as necessidades do cliente, perguntou-se quais os factores que conferem resistência ou que permitem que seja reutilizável. No entanto, as respostas obtidas foram semelhantes a outras dadas por outros entrevistados: “devem suportar o peso das compras” e “não se deve rasgar com facilidade”.

Durante a fase de entrevistas notou-se muita homogeneidade nas respostas obtidas, esta situação pode ser explicada pelo facto de se estar a avaliar um produto com características bastante simples que estejam relacionadas com as necessidades e expectativas dos clientes.

De forma a agregar e analisar melhor toda a informação recolhida na fase de entrevistas, as respostas obtidas foram estruturadas utilizando o mapa cognitivo apresentado na Figura 26. Embora neste caso a informação a sistematizar seja reduzida, desta forma é mais fácil analisar toda a informação recolhida e avaliar a necessidade de explorar algumas das respostas com o objectivo de atingir um maior nível de especificidade. Explorando as respostas dos entrevistados também permitiu entender quais as necessidades e expectativas do cliente para cada requisito e também auxiliou na fase de contruir descritores de desempenho. Na figura abaixo os requisitos do cliente estão identificados com fundo azul.

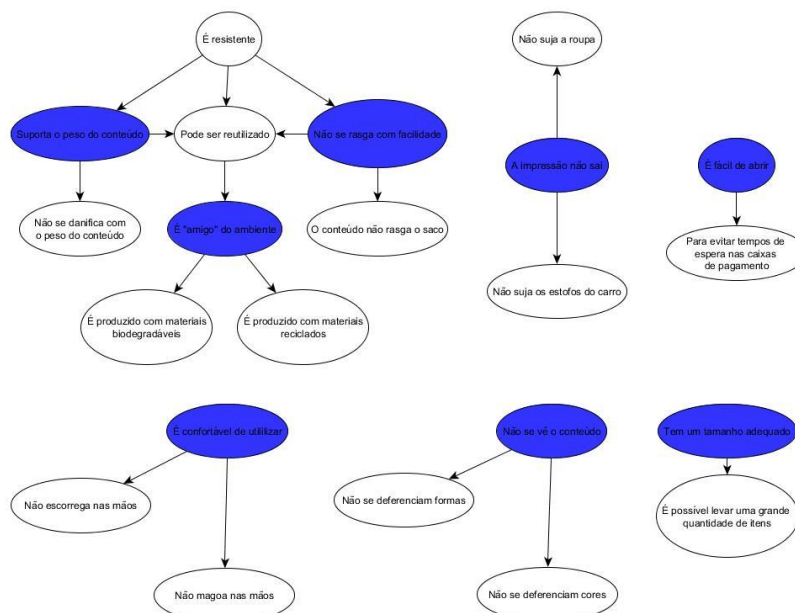


Figura 26 – Mapa cognitivo geral das percepções dos clientes sobre a qualidade de sacos de alça plásticos

### 5.5. Metodologia MACBETH na casa da qualidade: avaliação dos clientes

Nesta fase, utilizou-se a metodologia MACBETH para determinar pesos para os diferentes requisitos do cliente e escalas de valor para os desempenhos das diferentes alternativas de sacos de asa plásticos (*benchmarking* do cliente). Neste processo, o grupo de decisão foi composto por apenas cinco das pessoas que foram abordadas nas entrevistas para identificação dos requisitos dos clientes. Este grupo de decisão foi composto por pessoas que na fase de entrevista demonstraram um espírito mais crítico relativamente à análise da qualidade do produto e sobre as suas necessidades e expectativas. Para facilitar os julgamentos de atractividade nos vários critérios foram mostrados aos elementos do grupo de decisão vários tipos de sacos de alça plásticos, os quais puderam ser testados, dando uma maior percepção do desempenho dos vários sacos nos requisitos identificados pelos clientes.

Em primeiro lugar os requisitos dos clientes foram inseridos no *software* M-MACBETH como sendo nós critérios e indicando qual a base comparação utilizada: directa entre alternativas, indirecta quantitativa ou indirecta qualitativa, dependendo da natureza do requisito. Na Tabela 5 estão identificados os vários requisitos do cliente identificados e também a base de comparação utilizada em cada um.

Tabela 5 - Requisitos do cliente e respectiva base de comparação

<b>Requisitos do cliente</b>	<b>Base de comparação</b>
Deve suportar o peso do conteúdo	Descritor de desempenho quantitativo: peso máximo suportado (em kg) (ver Tabela 6)
Não deve ser possível ver o conteúdo	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 7)
A impressão não deve sair	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 8)
Deve ter um tamanho adequado	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 9)
Deve ser "amigo" do ambiente	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 10)
Não deve rasgar com facilidade	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 11)
Deve ser fácil de abrir	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 12)
Deve ser confortável de utilizar	Descritor de desempenho qualitativo (ver Tabela 13)

Para os requisitos com descritores de desempenho qualitativos foram definidos um conjunto de níveis que representam desempenhos plausíveis dos sacos de asa plásticos em cada um dos requisitos. Posteriormente foi questionado ao grupo de decisão quais os níveis que representavam um desempenho bom e um desempenho neutro. Para o descritor de desempenho quantitativo foi questionado ao grupo de decisão para identificar um nível de desempenho bom e um nível de desempenho neutro, e com base nessas respostas foram criados níveis de desempenho intermédios entre estes dois níveis e também níveis acima de bom e abaixo de neutro para serem posteriormente utilizados na construção da função de valor (ver Tabela 6). Nas tabelas 6 a 13 os níveis de desempenho bom e neutro estão assinalados com fundo verde e azul, respectivamente.

Tabela 6 – Níveis de desempenho para o requisito "Deve suportar o peso do conteúdo"

<b>Deve suportar o peso do conteúdo</b>
13 kg
12 kg
11 kg
10 kg = Bom
9 kg
8 kg = Neutro
7 kg
6 kg

Tabela 7 – Descritor de desempenho do requisito "Não deve ser possível ver o conteúdo"

<b>Não deve ser possível ver o conteúdo</b>	<b>Abreviado</b>
Não se consegue ver para dentro do saco, diferenciar formas e cores	Transp1
É possível diferenciar formas e não cores	Transp2 = Bom
É possível diferenciar formas e cores	Transp3
É possível diferenciar formas e cores, os rótulos do conteúdo são perceptíveis, mas não se conseguem ler	Transp4 = Neutro
É possível ver todo o conteúdo do saco nitidamente	Transp5

Tabela 8 - Descritor de desempenho do requisito "A impressão não deve sair"

<b>A impressão não deve sair</b>	<b>Abreviado</b>
A impressão sai apenas aplicando algum tipo de diluente	Imp1
A tinta começa a sair quando existe fricção na zona impressa, no entanto é necessário aplicar alguma força	Imp2 = Bom
A tinta começa a sair quando existe alguma fricção na zona impressa (contacto com a roupa enquanto se transporta o saco), no entanto são necessárias muitas passagens	Imp3 = Neutro
A tinta começa a sair quando existe alguma fricção na zona impressa (contacto com a roupa enquanto se transporta o saco)	Imp4
A tinta sai passando a mão levemente pela zona impressa	Imp5

Para o requisito “deve ter um tamanho adequado” foram definidos cinco cabazes constituídos por diferentes produtos, resultando em diferentes volumes sendo o cabaz um o menos volumoso e o cabaz cinco o mais volumoso. O grupo de decisão, partindo de um conjunto de produtos definiu o que considerava um cabaz com um tamanho de nível bom e outro de nível neutro (Tabela 9). Os níveis definidos para este requisito servem de representação do volume do saco e não do peso suportado.

Tabela 9 - Níveis qualitativos definidos para o requisito "Deve ter um tamanho adequado"

<b>Deve ter um tamanho adequado</b>	<b>Abreviado</b>
4 pacotes de leite de 1litro, 2 garrafas de refrigerante de 1,5litros, 1 lata de feijão de 850gr, 1kg de arroz, 1kg de farinha, 1kg de açúcar e 1 pacote de cereais de 850gr.	Cabaz 5
3 pacotes de leite de 1litro, 2 garrafas de refrigerante de 1,5litros, 1 lata de feijão de 850gr, 1kg de arroz, 1kg de farinha, 1kg de açúcar e 1 pacote de cereais de 850gr.	Cabaz 4 = Bom
3 pacotes de leite de 1litro, 1 garrafa de refrigerante de 1,5litros, 1 lata de feijão de 850gr, 1kg de arroz, 1kg de farinha, 1kg de açúcar e um pacote de cereais de 850gr.	Cabaz 3
2 pacotes de leite de 1litro, 1 lata de feijão de 850gr, 1kg de arroz, 1kg de farinha, 1kg de açúcar e um pacote de cereais de 850gr.	Cabaz 2 = Neutro
1 pacote leite de 1litro, 1 lata de feijão de 850gr, 1kg de arroz e um pacote de cereais de 850gr.	Cabaz 1

Tabela 10 - Descritor de desempenho do requisito "Deve ser "amigo" do ambiente"

<b>Deve "ser "amigo" do ambiente</b>	<b>Abreviado</b>
100% de reciclado e biodegradável	100%B
75% de reciclado e biodegradável	75%B
50% de reciclado e biodegradável	50%B
25% de reciclado e biodegradável	25%B
0% de reciclado e não é biodegradável	0%B
100% de reciclado e não é biodegradável	100%
75% de reciclado e não biodegradável	75%
50% de reciclado e não biodegradável	50%
25% de reciclado e não é biodegradável	25%
0% de reciclado e não é biodegradável	0%

Tabela 11 - Descritor de desempenho do requisito " Não deve rasgar com facilidade"

<b>Não deve rasgar com facilidade</b>	<b>Abreviado</b>
É necessário colocar objectos muito pesados e com arestas afiadas/pontiagudas para o danificar	Resist4 = Bom
Perfurado com objectos que tenham arestas afiadas/pontiagudas, no entanto não rasga	Resist3
Rasga com objectos que tenham arestas afiadas/pontiagudas	Resist2 = Neutro
Rasga com objectos sem arestas afiadas/pontiagudas	Resist1

Tabela 12 - Descritor de desempenho do requisito "deve ser fácil de abrir"

<b>Deve ser fácil de abrir</b>	<b>Abreviado</b>
Abre sem qualquer tipo de dificuldade	S/ dificuldade = Bom
Abre utilizando as pontas dos dedos	Ponta dos dedos
Abre utilizando as palmas das mãos	Palma da mão
Abre utilizando as pontas dos dedos e abanando para entrar ar	Ponta dos Dedos + abanar = Neutro
Abre utilizando as palmas das mãos e abanando para entrar ar	Palma da mão + abanar

Tabela 13 - Descritor de desempenho do requisito "deve ser confortável de utilizar" <sup>(2)</sup>

Deve ser confortável de utilizar	Abreviado
Não magoa nem escorrega nas mãos quando tem 10kg	Conf1 = Bom
Não magoa, mas escorrega nas mãos quando tem 10kg	Conf2
Não escorrega, mas magoa nas mãos quando tem 6kg	Conf3 = Neutro
Magoa e escorrega nas mãos quando tem 10kg	Conf4
Não magoa, mas escorrega nas mãos com 6kg	Conf5
Não escorrega, mas magoa nas mãos com 6kg	Conf6
Magoa e escorrega nas mãos com 6kg	Conf7

### 5.5.1. Desempenho das alternativas nos requisitos do cliente

As alternativas a avaliar são os três tipos de sacos de asa plásticos, os quais têm diferentes desempenhos nos requisitos que são considerados importantes para os clientes. Os desempenhos de cada um dos sacos de asa plástico avaliados nos diferentes critérios com uma base de comparação indirecta estão representados na Tabela 14.

Tabela 14 - Desempenhos dos sacos de alça nos requisitos do cliente

Requisito do Cliente	Saco A	Saco B	Saco C
Deve suportar o peso do conteúdo	15 kg	14 kg	17 kg
Não deve ser possível ver o conteúdo	Transp2	Transp2	Transp3
A impressão não deve sair	Imp2	Imp1	Imp1
Deve ser fácil de abrir	Ponta dos Dedos	Ponta dos Dedos	Sem dificuldade
Deve ter um tamanho adequado	Cabaz3	Cabaz3	Cabaz4
Deve ser "amigo" do ambiente	45%	30%	20%
Não deve rasgar com facilidade	Resist2	Resist3	Resist4
Deve ser confortável de utilizar	Conf3	Conf3	Conf2

Relativamente ao peso suportado todos os sacos foram cheios com diferentes pesos de acordo com os níveis estabelecidos para este critério. Todos os sacos avaliados suportaram um peso superior ao que foi definido pelo grupo de decisão como sendo um nível bom (10 kg) sem sofrer qualquer tipo de dano. O desempenho de cada saco neste requisito foi determinado através de um teste de fadiga (*job test*).

De forma a avaliar a transparência de cada um dos sacos no critério do cliente "não deve ser possível ver o conteúdo", cada saco foi enchido com objectos de várias formas e cores simulando uma situação de compras. De acordo com os níveis estabelecidos para este critério, o grupo de decisão

<sup>2</sup> Foram utilizados descritores definidos na avaliação do requisito do cliente "deve suportar o peso do conteúdo" como referência na avaliação do desempenho dos sacos neste requisito, 10kg (nível bom) e 6kg (nível mais baixo do descritor).

definiu qual dos níveis representava melhor o desempenho de cada um dos sacos relativamente à sua transparência.

O desempenho dos sacos no critério “a impressão não deve sair”, o grupo de decisão experimentou cada um dos sacos numa perspectiva da sua utilização numa situação normal de compras, não havendo qualquer tipo de desgaste na área impressa devido ao contacto com a roupa. De maneira a avaliar até que ponto a impressão resistia à fricção, cada tipo de saco esfregado sucessivas vezes vários tipos de tecido, tendo apenas os sacos A sofrido algum desgaste na impressão.

A avaliação do desempenho no critério de cliente “deve ter um tamanho adequado” foi feita recorrendo a um conjunto de cinco potenciais cabazes de compras (níveis bom e neutro definidos pelo grupo de decisão) em que cada um representa um nível de desempenho. Cada um dos cabazes foi formado por vários produtos resultando em diferentes volumes ocupados, sendo o cabaz um o menos volumoso e o cabaz cinco o mais volumoso.

Em relação ao critério “deve ser “amigo” do ambiente” o desempenho dos sacos não foi determinado pelo grupo de decisão directamente, mas pelas suas características. O desempenho é definido de acordo com os materiais utilizados (serem reciclados e biodegradáveis). Como nenhum dos níveis qualitativos definidos para construir a escala de valor neste requisito representa o desempenho das alternativas, foram introduzidos níveis intermédios que refletissem o desempenho das alternativas e posteriormente as pontuações para os novos níveis (45%, 30% e 25% de reciclado e não biodegradável) foram validadas pelo grupo de decisão (ver Figura 27). Uma abordagem semelhante foi utilizada por (Bana e Costa *et al.*, 2008).

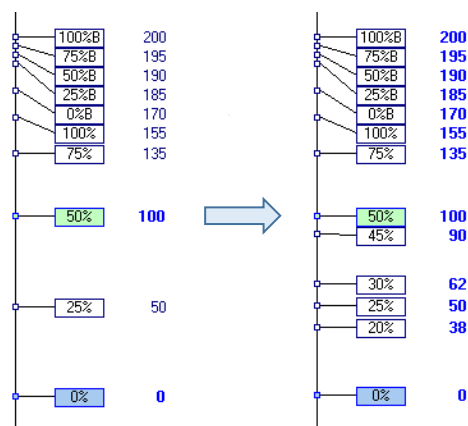


Figura 27 - Escala de valor do requisito "deve ser amigo do ambiente" com novos níveis de desempenho

Na avaliação do desempenho dos sacos no critério “não deve romper com facilidade”, cada um dos sacos foi enchido com diferentes conjuntos de objectos em que cada conjunto representava um nível de desempenho.

Para determinar o desempenho dos sacos no requisito do cliente “deve ser fácil de abrir”, foi dado ao grupo de decisão um conjunto de sacos de cada tipo nunca antes abertos e definido qual o descritor que representa cada tipo de saco.

Em último lugar, foram determinados desempenhos para o requisito do cliente “deve ser confortável de utilizar”, para isso os vários tipos de sacos foram cheios com diferentes pesos e utilizados pelo grupo de decisão e posteriormente foi definido o descritor o que melhor representa cada um dos sacos.



## 5.5.2.Ponderação dos requisitos dos clientes

Para ponderar os requisitos do cliente utilizou-se o método MACBETH e o software M-MACBETH. Procedeu-se da seguinte forma:

1. Colocou-se a seguinte questão ao grupo de decisores “imaginando que existe um saco que tem um desempenho “neutro” em todos os requisitos, em quanto uma passagem de “neutro” para “bom” no requisito “Deve ter um tamanho adequado” aumenta a sua atractividade?”. Esta pergunta é feita para cada um dos requisitos do cliente e é respondida pelo grupo utilizando a escala semântica MACBETH (ver Figura 28). Deste processo resulta uma ordenação dos requisitos do cliente por atractividade decrescente dos respectivos ganhos em desempenho que se obtêm com a mudança de neutro para bom.
2. O próximo passo consiste em fazer julgamentos de diferença de atractividade entre os ganhos de neutro para bom em dois requisitos do cliente de cada vez. Começou-se por comparar o requisito cujo ganho de neutro para bom foi considerado mais importante com o requisito com o segundo mais importante ganho de neutro para bom, neste caso perguntando “Em quanto é mais atractiva a passagem de “neutro” para “bom” no requisito “Deve suportar o peso do conteúdo” comparativamente com a passagem de “neutro” para “bom” no requisito “Deve ter um tamanho adequado?”. Depois, seguindo a mesma abordagem, o ganho com a passagem de “neutro” para “bom” no requisito “Deve suportar o peso do conteúdo” foi comparado com os restantes ganhos entre neutro e bom preenchendo a matriz da esquerda para a direita. Este processo foi repetido em todas as linhas da matriz de julgamentos de ponderação até a parte superior da matriz estar toda preenchida.

	[Peso Suportado]	[Tamanho]	[Resistente]	[Impressão]	[Transp.]	[Ecológico]	[FacilAber]	[Conforto]	[tudo inf.]	Escala atual	
[Peso Suportado]	nula	moderada	moderada	mt. forte	mfort-extr	mt. forte	mfort-extr	mfort-extr	mt. forte	25	extrema
[Tamanho]		nula	moderada	mt. forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	23	mt. forte
[Resistente]			nula	forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	21	moderada
[Impressão]				nula	moderada	forte	forte	forte	forte	11	fraca
[Transp.]					nula	moderada	moderada	forte	forte	8	mt. fraca
[Ecológico]						nula	fraca	forte	forte	6	nula
[FacilAber]							nula	moderada	positiva	5	
[Conforto]								nula	positiva	1	
[tudo inf.]									nula	0	

Julgamentos consistentes

Figura 28 – Matriz de julgamentos de ponderação dos requisitos do cliente

Com os julgamentos de diferença de atractividade inseridos na matriz de ponderação o software M-MACBETH gerou uma proposta de coeficientes de ponderação para os requisitos do cliente, que foram validados pelo grupo de decisão. Os pesos obtidos apresentam-se na Figura 29.

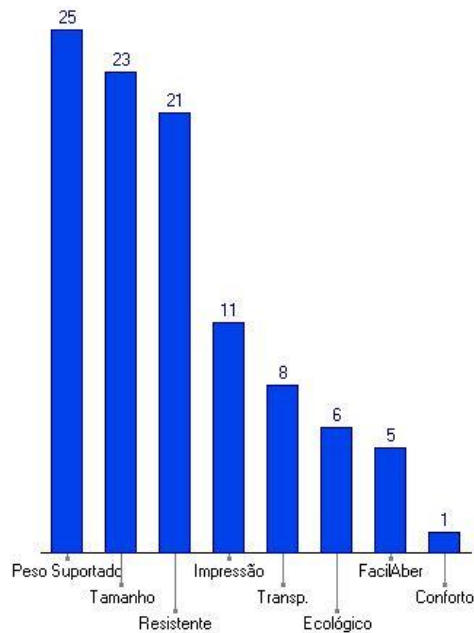


Figura 29 – Pesos obtidos para os requisitos do cliente (em %)

### 5.6. Metodologia MACBETH na casa da qualidade: *benchmarking* do cliente

Nesta etapa é utilizada a metodologia MACBETH para construir escalas que permitam converter desempenho em pontuações e assim avaliar o desempenho de cada alternativa nos requisitos do cliente de acordo com o seu sistema de valores. Com o objectivo de tornar mais perceptível as diferenças entre cada um dos níveis, foi fornecido ao grupo de decisão vários exemplos que representassem os vários níveis de cada um dos requisitos do cliente. O processo de preenchimento das matrizes de julgamentos de diferença atractividade entre cada um dos níveis, é idêntico ao realizado na etapa de ponderação dos requisitos do cliente. Em primeiro lugar pediu-se ao grupo de decisão para ordenar em cada um dos requisitos os vários níveis por ordem de preferência, posteriormente foram feitos julgamentos de diferença de atractividade utilizando a escala semântica MACBETH.

Na fase de julgamentos foram feitas questões do tipo “um saco que suporte um peso de 6kg, qual o ganho em termos de atractividade se passar a suportar 7kg?”, neste caso específico o grupo de decisão classificou como uma diferença de atractividade “moderada” (Figura 30). As restantes matrizes de julgamentos estão representadas no Anexo A.

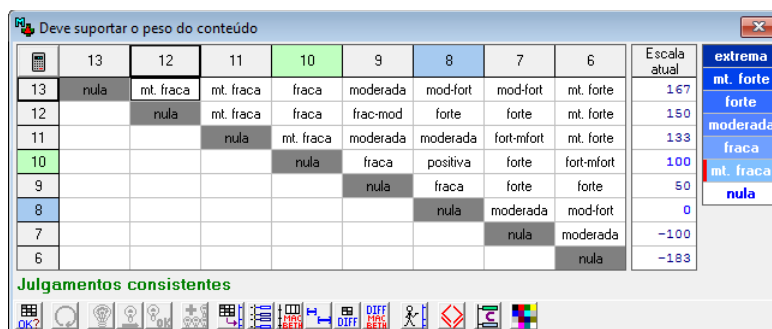


Figura 30 - Matriz de julgamentos do requisito "deve suportar o peso do conteúdo"

Depois de realizar todos os julgamentos de atratividade entre níveis de desempenho, verificar que todos os julgamentos realizados são consistentes e de definir uma escala de valor de acordo com esses julgamentos é possível determinar pontuações para cada uma das alternativas nos vários requisitos. Este processo é feito automaticamente pelo M-MACBETH após inserir os desempenhos das alternativas no *software*, que aplicando o modelo aditivo permite obter a pontuação global de cada uma das alternativas de sacos. As pontuações parciais obtidas para cada alternativa nos vários requisitos estão representadas na Tabela 15, sendo as pontuações globais apresentadas na coluna “Global”. Da figura abaixo é possível concluir que os sacos do tipo C, os quais obtiveram uma pontuação de 121,18, de um ponto de vista global foram considerados os melhores pelo grupo de decisão seguidos dos sacos B e A, com uma pontuação de 101,28 e 90,1 respectivamente.

Tabela 15 - Pontuações dos sacos nos requisitos do cliente

Requisito do Cliente	Saco A	Saco B	Saco C
Deve suportar o peso do conteúdo	201	184	235
Não deve ser possível ver o conteúdo	100	20	20
A impressão não deve sair	100	133,33	133,33
Deve ser fácil de abrir	67	67	100
Deve ter um tamanho adequado	50	50	100
Deve ser “amigo” do ambiente	90	62	38
Não deve romper com facilidade	0	56	56
Deve ser confortável de utilizar	0	0	40
<b>Pontuação Global</b>	90,1	101,28	121,18

### 5.7. Metodologia MACBETH na casa da qualidade: argumentos de venda

Como descrito anteriormente na secção 2.1.2.B4 os argumentos de venda são utilizados para imputar a cada um dos requisitos do cliente uma importância relativamente à sua capacidade de promover o produto. Nesta fase, foram calculados argumentos de venda para cada um dos requisitos do cliente com base nos coeficientes de ponderação dos requisitos e nas pontuações de cada um dos tipos de saco. O cálculo de cada argumento de venda ( $u_j$ ) foi calculado comparando a pontuação do saco A com o saco da concorrência com melhor pontuação e multiplicando pela importância do requisito  $j$  (equação 15).

$$u_j = [w_j] \times [v_j(A) - \max[v_j(B), v_j(C)]] \quad (15)$$

Onde  $w_j$  representa o coeficiente de ponderação do requisito  $j$  e  $v(x)$  a pontuação do saco  $x$  no requisito  $j$  com  $x = \{A, B, C\}$ . Utilizando esta abordagem é possível comparar o desempenho o saco A relativamente à concorrência num determinado requisito e também entre todo o conjunto de requisitos do cliente de acordo com a sua importância. Da aplicação da equação (15), obtêm-se três tipos de resultados:

1. Se  $u_j < 0$ , então o requisito  $j$  não serve como argumento de venda para promover o saco A. Serve também para indicar a debilidade do saco A no requisito  $j$  face ao melhor saco da concorrência (quanto menor  $u_j$  pior é o saco A).
2. Se  $u_j = 0$ , então o requisito  $j$  não serve como argumento de venda para promover o saco A. Indica que o saco A está ao mesmo nível que a concorrência ou que o requisito  $j$  não tem importância para o cliente.
3. Se  $u_j > 0$ , então o requisito  $j$  serve como argumento de venda para promover o saco A (quanto maior  $u_j$  maior será a força do requisito  $j$  como argumento de venda).

Aplicando a equação 15 a todos os requisitos do cliente, obtêm-se os argumentos de venda para o saco A (ver Tabela 16). De todos os requisitos do cliente, os únicos que podem ser utilizados como argumentos de venda para promover o saco são “não deve ser possível ver o conteúdo” e “deve ser “amigo” do ambiente”. Os restantes requisitos do cliente, para além de não servirem como argumento de venda, obtiveram uma pontuação negativa, o que significa que o saco A está abaixo do nível da concorrência.

Tabela 16 - Argumentos de venda do saco A

Requisito do Cliente	Argumento de Venda
Deve suportar o peso do conteúdo	-8,5
Não deve ser possível ver o conteúdo	6,4
A impressão não deve sair	-3,67
Deve ser fácil de abrir	-1,65
Deve ter um tamanho adequado	-11,5
Deve ser “amigo” do ambiente	1,68
Não deve rasgar com facilidade	-11,76
Deve ser confortável de utilizar	-0,4

## 5.8. Objectivos estratégicos para os requisitos do cliente

Nesta componente da casa da qualidade são definidos objectivos estratégicos a atingir em cada um dos requisitos do cliente. Existem várias hipóteses que podem ocorrer de acordo com as pontuações obtidas pelos sacos nos vários requisitos do cliente, e onde a abordagem a tomar deve ser definida de acordo com os objectivos da empresa.

1. Atingir o nível bom – exemplo: quando a pontuação de A é melhor que a pontuação de B e C e está abaixo do nível bom.
2. Manter o nível bom – exemplo: quando a pontuação de A é melhor que a pontuação de B e C e está ao nível bom.
3. Piorar para o nível bom - exemplo: quando a pontuação de A é melhor que a pontuação de B e C e está acima do nível bom (objectivo de evitar sobredimensionamento do produto).

4. Atingir a pontuação máxima da concorrência quando é igual ou superior ao nível bom - exemplo: quando a pontuação de A é pior que B ou C e está abaixo ou ao nível bom.
5. Superar a pontuação máxima da concorrência em x% da diferença da passagem do nível bom para neutro quando é igual ou superior ao nível bom - exemplo: quando a pontuação de A é pior que B ou C e está abaixo ou ao nível bom.

A determinação de objectivos estratégicos depende dos critérios definidos pela empresa e podem ser aplicados ao conjunto de requisitos do cliente ou individualmente dependendo, por exemplo, da sua importância. Neste caso, a empresa decidiu que os objectivos estratégicos para os requisitos do cliente devem ser definidos de acordo com os seguintes critérios:

1. O objectivo estratégico mínimo é o nível bom (pontuação 100).
2. Não se deve baixar a pontuação do saco A em nenhum requisito.
3. A pontuação do saco A, quando a concorrência está em acima ou ao nível bom, deve superar a pontuação máxima da concorrência em 15% da diferença do nível neutro para bom nesse requisito.

Os objectivos estratégicos para os requisitos dos clientes de acordo com os critérios definidos, podem ser calculados através da equação 16 e os resultados obtidos estão representados na Tabela 17. Observando as pontuações do saco A e os objectivos estratégicos resultantes da aplicação da equação 16, existe necessidade de melhorar em todos os requisitos, excepto no requisito “não deve ser possível ver o conteúdo” no qual o saco A obteve uma pontuação equivalente ao nível bom (100).

$$oe_j = \begin{cases} \text{máx} [100, v_j(A), \text{máx}[v_j(B), v_j(C)]] & , \text{ se } \text{máx}[v_j(A), v_j(B), v_j(C)] < 100 \\ \text{máx}[v_j(A), \text{máx}[v_j(B), v_j(C)] \times 1,15] & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (16)$$

Onde,  $oe_j$  é objectivo estratégico no requisito  $j$  e  $v_j(x)$  é a pontuação do saco  $x$  no requisito do cliente  $j$  com  $x = \{A, B, C\}$ .

Tabela 17 - Pontuações do saco A e objectivos estratégicos

<b>Requisito do cliente</b>	<b>Pontuação saco A</b>	<b>Objectivo estratégico</b>
Deve suportar o peso do conteúdo	201	270,25
Não deve ser possível ver o conteúdo	100	100
A impressão não deve sair	100	153,33
Deve ser fácil de abrir	67	115
Deve ter um tamanho adequado	50	115
Deve ser "amigo" do ambiente	90	100
Não deve rasgar com facilidade	0	100
Deve ser confortável de utilizar	0	100

## 5.9. Desvios observados (sem e com ponderação)

Posteriormente a calcular as pontuações de todos os sacos e de definir objectivos estratégicos, é necessário avaliar qual a diferença de pontuação entre o desempenho do saco A e o objectivo estratégico. Para isso definiu-se:

1. Desvio sem ponderação: permite avaliar a diferença de pontuação entre o desempenho do saco A e o objectivo estratégico definido para um requisito (equação 17).
2. Desvio com ponderação: permite avaliar a diferença de pontuação entre o desempenho do saco A e o objectivo estratégico definido para um requisito e também comparar com os restantes requisitos do cliente (equação 18).

$$\Delta E_j = v(A)_j - oe_j \quad (17)$$

$$\Delta E^*_j = (v(A)_j - oe_j) \times w_j \quad (18)$$

Se  $\Delta E_j < 0$ , então é necessário melhorar o saco no requisito  $j$  para atingir o  $oe_j$  e quanto menor for o valor de  $\Delta E_j$  mais longe se está do objectivo estratégico. O mesmo se aplica a  $\Delta E^*_j$ , no entanto é possível comparar os vários desvios considerando a importância que estes têm para os clientes. Na Tabela 18 estão representados os desvios do saco A calculados para os vários requisitos do cliente.

Tabela 18 - Desvios dos requisitos do cliente

Requisito do cliente	$\Delta E_j$	$\Delta E^*_j$
Deve suportar o peso do conteúdo	-69,25	-17,31
Não deve ser possível ver o conteúdo	0	0
A impressão não deve sair	-360	-39,6
Deve ser fácil de abrir	-48	-2,4
Deve ter um tamanho adequado	-65	-14,95
Deve ser "amigo" do ambiente	-10	-0,6
Não deve rasgar com facilidade	-100	-21
Deve ser confortável de utilizar	-100	-1

## 5.10. Identificação das características técnicas

Após recolher toda a informação sobre quais os requisitos do cliente, é necessário definir características técnicas que estejam relacionadas com estes de maneira a encontrar soluções que os satisfaçam. Esta componente da casa da qualidade foi feita em conjunto com o departamento de qualidade, sendo o grupo de decisão formado pelo engenheiro de qualidade e pela técnica de laboratório. Em cada um dos requisitos do cliente perguntou-se ao grupo de decisão quais as características técnicas que influenciavam esse requisito, por exemplo, “quais os factores que influenciam o peso suportado pelo saco?” e obteve-se respostas como “espessura do saco” ou “resistência ao impacto”.

## 5.11. Metodologia MACBETH na casa da qualidade: avaliação das características técnicas

Tal como foi feito na avaliação dos requisitos do cliente também é necessário determinar pontuações para as alternativas analisadas (avaliação competitiva ou *benchmarking* técnico). Em primeiro lugar as características técnicas foram inseridas no *software* M-MACBETH como sendo nós critério com uma base de comparação indirecta de natureza quantitativa (Tabela 19).

Tabela 19 - Características técnicas e respectiva base de comparação

<b>Características técnicas (<i>hows</i>)</b>	<b>Base de comparação</b>
Resistência ao rasgamento longitudinal	Descritor de desempenho quantitativo (mN)
Resistência ao rasgamento transversal	Descritor de desempenho quantitativo (mN)
Resistência ao impacto ( <i>dart drop</i> )	Descritor de desempenho quantitativo (g)
Tensão na ruptura longitudinal	Descritor de desempenho quantitativo (MPa)
Tensão na ruptura transversal	Descritor de desempenho quantitativo (MPa)
Opacidade	Descritor de desempenho quantitativo (%)
Espessura	Descritor de desempenho quantitativo ( $\mu\text{m}$ )
Largura do saco	Descritor de desempenho quantitativo (mm)
Comprimento do saco	Descritor de desempenho quantitativo (mm)
Largura dos foles	Descritor de desempenho quantitativo (mm)
Comprimento das alças	Descritor de desempenho quantitativo (mm)
Largura das alças	Descritor de desempenho quantitativo (mm)
Tensão na ruptura na soldadura das alças	Descritor de desempenho quantitativo (Mpa)
Tensão na ruptura na soldadura lateral	Descritor de desempenho quantitativo (Mpa)
Tensão na ruptura na soldadura de fundo	Descritor de desempenho quantitativo (Mpa)
Alongamento à ruptura transversal	Descritor de desempenho quantitativo (%)
Alongamento na ruptura longitudinal	Descritor de desempenho quantitativo (%)
Teste de atrito	Descritor de desempenho quantitativo (%)
Resistência à queda	Descritor de desempenho quantitativo (kg)
Tensão superficial	Descritor de desempenho quantitativo (dyn/cm)
Adesão da tinta	Descritor de desempenho quantitativo (%)

Para cada uma das características técnicas foi definido um nível de desempenho bom e um nível de desempenho neutro, estabelecidos pelo departamento de qualidade, tendo em conta os resultados obtidos na avaliação do cliente nos vários requisitos. Posteriormente, de acordo com as respostas obtidas foram criados mais níveis de desempenho intermédios e também níveis acima de bom e abaixo de neutro. Por exemplo, os níveis definidos para a característica técnica “resistência ao rasgamento longitudinal” estão representados na Tabela 20, onde os níveis de desempenho bom e neutro estão assinalados com fundo verde e azul respectivamente. Note-se que os níveis de desempenho que foram definidos são necessários para se proceder à construção de uma função de valor para cada um dos aspectos técnicos antes referidos. Os níveis de desempenho para as restantes características técnicas estão representados no Anexo B.

Tabela 20 - Níveis quantitativos definidos para a "Resistência ao rasgamento longitudinal"

<b>Resistência ao rasgamento longitudinal</b>
2000 mN
1750 mN = Bom
1500 mN
1250 mN = Neutro
1000 mN
750 mN

### 5.11.1.Desempenho das alternativas nas características técnicas

Os desempenhos das três alternativas de sacos foram determinados realizando vários testes industriais específicos a cada característica de vários exemplares de cada um dos tipos de saco. Os testes realizados para cada uma das características e o desempenho de cada um dos sacos estão representados na Tabela 21.

Tabela 21 - Testes realizados e desempenho das alternativas

Características técnicas ( <i>hows</i> )	Teste realizado	Unidade	Saco A	Saco B	Saco C
Resistência ao rasgamento longitudinal	Ensaio <i>Elmendorf</i>	mN	1563,8	866,86	1591,56
Resistência ao rasgamento transversal	Ensaio <i>Elmendorf</i>	mN	3123,84	3003,28	2681,54
Resistência ao impacto ( <i>dart drop</i> )	<i>Dart Drop</i>	g	84,8	153,6	179,5
Tensão na ruptura longitudinal	Ensaio de tracção	Mpa	16,82	19,73	14,69
Tensão na ruptura transversal	Ensaio de tracção	Mpa	14,79	22,28	13,45
Opacidade	Medição opacidade	%	28	23	25
Espessura	Medição de perfil	µm	56,3	55,2	57,1
Largura do saco	Medição	mm	465	473	780
Comprimento do saco	Medição	mm	470	422	452
Largura dos foles	Medição	mm	75,5	91,5	107,5
Comprimento das alças	Medição	mm	120	160	150
Largura das alças	Medição	mm	58	65	77
Tensão na ruptura na soldadura das alças	Ensaio de tracção	Mpa	34,71	29,52	25,47
Tensão na ruptura na soldadura lateral	Ensaio de tracção	Mpa	19,87	12,41	15,08
Tensão na ruptura na soldadura de fundo	Ensaio de tracção	Mpa	19,95	18,96	16,14
Alongamento à ruptura transversal	Ensaio de tracção	%	656,68	603,4	451,65
Alongamento à ruptura longitudinal	Ensaio de tracção	%	471,48	287,78	375,28
Atrito	Teste de atrito	%	0,13	0,13	0,06
Resistência à queda	Teste de queda	Kg	6	7	14
Tensão de superficial	Teste <i>Corona</i>	dyn/cm	40	40	42
Adesão da tinta	<i>Cross-Cut Tape</i>	%	20	10	5

### 5.11.2.Determinação de pontuações: avaliação competitiva técnica

À semelhança do que foi realizado na fase de *benchmarking* do cliente, nesta etapa serão determinadas escalas de valor que convertam o desempenho dos vários sacos em pontuações parciais de acordo com os juízos de valor realizados pelo grupo de decisão, formado pelo engenheiro de qualidade e pela técnica de laboratório. As escalas são construídas efectuando julgamentos de diferença de atractividade entre todos os pares de níveis definidos para cada uma das características técnicas utilizando a escala semântica MACBETH. Em cada um dos requisitos, perguntou-se ao grupo de decisão qual a diferença de atractividade entre todos os pares de níveis, por exemplo na característica técnica “comprimento do saco”, “como é classificada a mudança de comprimento de um saco de 550



para 600 mm, tendo em conta as necessidades do cliente?”. As respostas obtidas para os julgamentos de atractividade da característica técnica “comprimento do saco” e a escala resultante estão representados respectivamente nas Figura 31 e 32. Os julgamentos de diferença de atractividade e respectivas escalas de valor resultantes para as restantes características técnicas estão representadas no Anexo B.

Comprimento do saco						Escala atual	
	650	600	550	500	450		extrema
650	nula	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	150	mt. forte
600		nula	moderada	positiva	forte	100	forte
550			nula	moderada	frac-mod	50	moderada
500				nula	mt. fraca	0	fraca
450					nula	-16	mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

Figura 31 - Julgamentos de diferença de atractividade para a característica técnica "comprimento do saco"

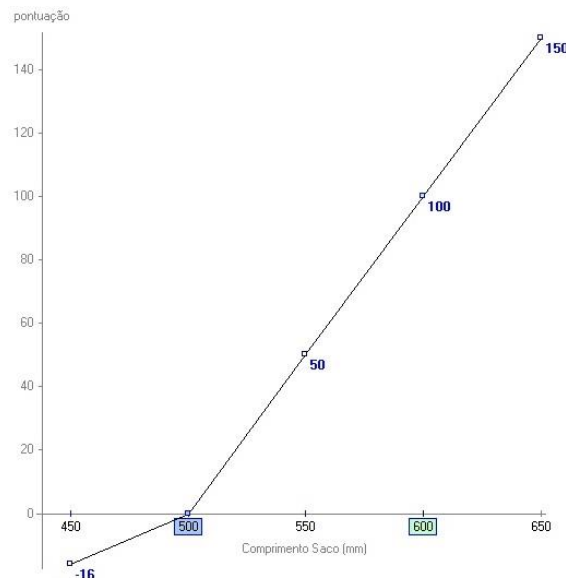


Figura 32 - Escala de valor para a característica técnica "comprimento do saco"

Após serem realizados todos os julgamentos de diferença de atractividade e as escalas de valor resultantes serem aprovadas pelo grupo de decisão, são calculadas pontuações para cada um dos tipos de saco nas várias características técnicas (Tabela 22).

À semelhança do que foi realizado na fase de avaliação do desempenho dos sacos na perspectiva do cliente também foi calculada a diferença de pontuação entre o saco A e o melhor da concorrência em cada uma das características técnicas (equação 19).

$$\Delta T_i = c(A)_i - \text{máx}[c(B)_i, c(C)_i] \quad (19)$$

Onde,  $\Delta T_i$  é a avaliação competitiva técnica do saco A na característica técnica  $i$ ,  $c(x)_i$  é a pontuação do saco  $x$  na característica técnica  $i$  e  $x = \{A, B, C\}$ . Se  $\Delta T_i > 0$ , o saco A é melhor que a concorrência

na característica técnica  $i$  (quanto maior melhor), se  $\Delta T_i < 0$ , então o saco A é pior que o melhor saco da concorrência na característica técnica  $i$  (quanto menor pior), se  $\Delta T_i = 0$  o saco A está ao nível do melhor saco da concorrência na característica técnica  $i$ . A avaliação competitiva técnica do saco A está representada na Tabela 22.

À semelhança do procedimento realizado para definir os objectivos estratégicos, também foram definidos critérios para estabelecer objectivos estratégicos para cada uma das características técnicas de acordo com o desempenho do saco A relativamente à concorrência (Tabela 22). Foram utilizados os seguintes critérios:

1. O objectivo técnico mínimo é o nível bom (100 pontos)
2. Sempre que  $c_i(A) \leq \max[c_i(B), c_i(C)]$ , o objectivo técnico deve ser superior em 15% da diferença do nível neutro e do nível bom da característica técnica  $i$  ao  $\max[c_i(B), c_i(C)]$ .

Tabela 22 - Pontuações dos sacos, avaliação competitiva e objectivos técnicos

Características técnicas ( <i>hows</i> )	Saco A	Saco B	Saco C	Avaliação competitiva técnica	Objectivo Técnico
Resistência ao rasgamento longitudinal	70,21	-91,95	74,65	-4,44	100,00
Resistência ao rasgamento transversal	105,94	100,16	45,02	5,78	119,81
Resistência ao impacto ( <i>dart drop</i> )	-29,86	37,82	72,53	-102,39	100,00
Tensão na ruptura longitudinal	20,50	93,25	-32,75	-72,75	100,00
Tensão na ruptura transversal	-121,00	230,54	-255,00	-351,54	265,12
Opacidade	30,00	-20,00	0,00	30,00	100,00
Espessura	-56,00	76,00	-152,00	-132,00	100,00
Largura do saco	17,10	26,22	215,00	-197,90	247,25
Comprimento do saco	-24,00	-62,40	-38,40	14,40	100,00
Largura dos foles	-11,25	32,50	93,75	-105,00	100,00
Comprimento das alças	-150,00	75,00	0,00	-225,00	100,00
Largura das alças	34,40	71,50	120,30	-85,90	138,35
Tensão na ruptura na soldadura das alças	97,10	45,20	4,70	51,90	100,00
Tensão na ruptura na soldadura lateral	96,75	-89,75	-23,00	119,75	100,00
Tensão na ruptura na soldadura de fundo	98,75	74,00	3,50	24,75	100,00
Alongamento na ruptura transversal	122,67	101,36	-38,68	21,31	122,67
Alongamento na ruptura longitudinal	106,01	-35,09	21,74	84,27	106,01
Atrito	40,00	40,00	180,00	-140,00	207,00
Resistência à queda	0,00	25,00	166,00	-166,00	190,90
Tensão superficial	67,00	67,00	100,00	-33,00	115,00
Adesão da tinta	25,00	75,00	100,00	-75,00	115,00

### 5.11.3. Construção da matriz de relações *whats/hows*

Nesta fase de construção da casa da qualidade, contrariamente à abordagem tradicional onde são atribuídos valores arbitrários às relações entre os requisitos do cliente e as características técnicas, foi utilizada a metodologia MACBETH, e o software M-MACBETH, para determinar os valores dessas relações. Procedeu-se da seguinte forma para cada um dos requisitos do cliente:

1. Na escala de intensidades de relação com as características técnicas estabeleceu-se o nível de referência inferior como sendo uma relação nula (ausência de relação) e o nível de referência superior como sendo uma relação extrema (relação perfeita), a que foram atribuídos os valores 0 e 1, respectivamente.
2. Pediu-se ao grupo de decisão para indicar a intensidade da relação da característica técnica com o requisito do cliente utilizando a escala semântica MACBETH (nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte, ou extrema). Este procedimento permitiu ordenar as características técnicas de acordo com os juízos qualitativos expressos pelo grupo de decisão. Quando existiam duas características técnicas com o mesmo nível qualitativo de relação com o requisito do cliente, perguntou-se ao grupo de decisão se tinham a mesma intensidade de relação com o requisito do cliente ou se alguma delas tinha maior intensidade e ordenaram-se as características técnicas de acordo com as respostas obtidas. Por exemplo, o grupo de decisão considerou que as características técnicas “espessura” e “tensão de ruptura longitudinal” têm uma relação “muito forte” (equivalente a 5 na escala semântica MACBETH) com o requisito do cliente “deve suportar o peso do conteúdo”. Perguntou-se ao grupo de decisão: “considera que as intensidades das relações destas duas características técnicas com o requisito do cliente são indiferentes entre si? Se não são, qual delas tem maior intensidade de relação com o requisito de cliente?”. Neste caso, como a resposta foi que a “tensão de ruptura longitudinal” tem maior intensidade e colocou-se esta característica técnica acima da “espessura” na matriz de julgamentos MACBETH (Figura 33).
3. Posteriormente, comparou-se entre si cada duas características técnicas consecutivas relativamente à diferença de intensidade que cada uma delas apresenta com o requisito do cliente preenchendo a diagonal imediatamente acima da diagonal principal da matriz MACBETH (uma abordagem semelhante foi utilizada em (Bana e Costa *et al.*, 2014)). Por exemplo, a diferença de intensidade das relações entre as características técnicas “tensão de ruptura longitudinal” e “espessura” com o requisito do cliente “deve suportar o peso do conteúdo” foi considerada “muito fraca” ou 1 (i.e., ambas têm intensidades de relação “muito forte” com o requisito do cliente em análise, mas existe uma diferença “muito fraca” entre estas duas intensidades) (Figura 33).

	sup.	RuptSoldAlças	RuptSoldFundo	TensaoRuptLong	Espessura	RuptSoldLateral	LarguraAlças	AlongLong	RasgTransv	LarguraSaco	ResistImpacto	ResistQueda	RasgLong	TensaoRuptTransv	AlongTransv	LarguraFoles	Opacidade	ComprimentoSaco	ComprimentoAlças	Atrito	TensaoAderência	AderênciaTinta	inf.
sup.	0	0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	6	6	6	6	6	6	6
RuptSoldAlças	0	0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
RuptSoldFundo	0	0	0	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
TensaoRuptLong				0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
Espessura					0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
RuptSoldLateral						0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
LarguraAlças							0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
AlongLong								0	1	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
RasgTransv									0	0	P	P	P	P	P	P	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6
LarguraSaco										0	0	1	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
ResistImpacto											0	0	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
ResistQueda												0	0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P
RasgLong													0	1	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
TensaoRuptTransv														0	1	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6
AlongTransv															0	2	P	P	P	P	P	P	P
LarguraFoles																0	1	P	P	P	P	P	P
Opacidade																	0	0	0	0	0	0	0
ComprimentoSaco																	0	0	0	0	0	0	0
ComprimentoAlças																	0	0	0	0	0	0	0
Atrito																	0	0	0	0	0	0	0
TensaoAderência																	0	0	0	0	0	0	0
AderênciaTinta																	0	0	0	0	0	0	0
inf.																	0	0	0	0	0	0	0

Figura 33 - Matriz de julgamentos as relações das características técnicas com o requisito do cliente “deve suportar o peso do conteúdo”

Aplicando este procedimento a cada um dos requisitos do cliente foi possível determinar valores para as suas relações com cada uma das características técnicas (ver Figura 34). As restantes matrizes de julgamentos estão representadas no anexo C.

Requisitos do cliente (Whats)	Importância do cliente	Características Técnicas (How's)																				
		Resistência ao rasgamento longitudinal	Resistência ao rasgamento transversal	Resistência ao impacto (dart drop)	Tensão na ruptura longitudinal	Tensão na ruptura transversal	Opacidade	Espessura	Largura do saco	Comprimento do saco	Largura dos folios	Comprimento das alças	Largura das alças	Tensão na ruptura na soldadura das alças	Tensão na ruptura na soldadura lateral	Tensão na ruptura na soldadura de fundo	Alongamento à ruptura transversal	Alongamento na ruptura longitudinal	Tese de atrito	Resistência à queda	Tensão Superficial	Adesão da tinta
		mN	mN	e	Mpa	Mpa	%	µm	mm	mm	mm	mm	mm	Mpa	Mpa	Mpa	%	%	%	Kg	dyn/cm	%
Deve suportar o peso do conteúdo	0,25	0,40	0,55	0,49	0,86	0,29		0,79	0,55		0,07		0,64	1,00	0,71	1,00	0,24	0,57		0,49		
Não deve ser possível ver o conteúdo	0,08						1,00	0,71														
A impressão não deve sair	0,11																				0,83	1,00
Deve ser fácil de abrir	0,05												0,22						0,78			
Deve ter um tamanho adequado	0,23								1,00	0,88	0,62	0,12	0,38									
Deve ser "amigo" do ambiente	0,06	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40								0,40	0,40	0,40	0,33	0,33		0,50		
Não deve rasgar com facilidade	0,21	0,71	0,65	0,95	0,41	0,24		1,00	0,29		0,12				0,52	0,91	0,18	0,24		0,95		
Deve ser confortável de utilizar	0,01							0,25	0,25	0,42	0,25	0,83	0,75					0,08				

Figura 34 - Matriz de relações das características técnicas com os requisitos do cliente

#### **5.11.4. Construção da matriz de correlações *how/how***

Na construção do “tecto” da casa da qualidade, para determinar valores para as correlações das características técnicas, utilizou-se uma abordagem semelhante ao que foi feito na fase anterior de construção da matriz de relações. Procedeu-se da seguinte forma:

1. Pediu-se ao grupo de decisão para identificar quais as correlações negativas e positivas entre as características técnicas.
  - a. Nas correlações positivas, estabeleceu-se o nível superior como sendo uma correlação extrema positiva e o nível inferior como sendo uma correlação nula (ausência de relação), a que foram atribuídos os valores 1 e 0, respectivamente.
  - b. Nas as correlações negativas, estabeleceu-se o nível superior como sendo uma correlação nula (ausência de relação) e o nível inferior como sendo uma correlação extrema negativa, a que foram atribuídos os valores 0 e -1, respectivamente.
2. Para cada conjunto de correlações, negativas e positivas, pediu-se ao grupo de decisão para indicar a intensidade de cada correlação utilizando a escala semântica MACBETH (nula, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte, ou extrema). Este procedimento permitiu ordenar as correlações de acordo com os juízos qualitativos efectuados pelo grupo de decisão.
  - a. Nas correlações positivas perguntou-se ao grupo de decisão qual a diferença de intensidade entre a correlação nula e cada uma das correlações.
  - b. Nas correlações negativas perguntou-se ao grupo de decisão qual a diferença de intensidade entre uma correlação negativa extrema e cada uma das correlações.Quando existiam duas correlações a que foram atribuídas a mesma intensidade em comparação com uma correlação nula (correlações positivas) e uma correlação extrema negativa (correlações negativas), perguntou-se ao grupo de decisão se alguma delas tinha uma maior intensidade e ordenou-se as correlações de acordo com as respostas obtidas.
3. Posteriormente comparou-se entre si cada uma das correlações consecutivas relativamente à diferença de intensidade entre cada uma delas, preenchendo a diagonal superior das duas matrizes de correlações.

A aplicação desta abordagem aos dois conjuntos de correlações (negativas e positivas) permitiu determinar valores para cada uma das correlações. Na Figura 35, estão representados os valores determinados para as correlações positivas (verde) e para correlações negativas (a vermelho) e as matrizes de julgamentos estão representadas no anexo D.

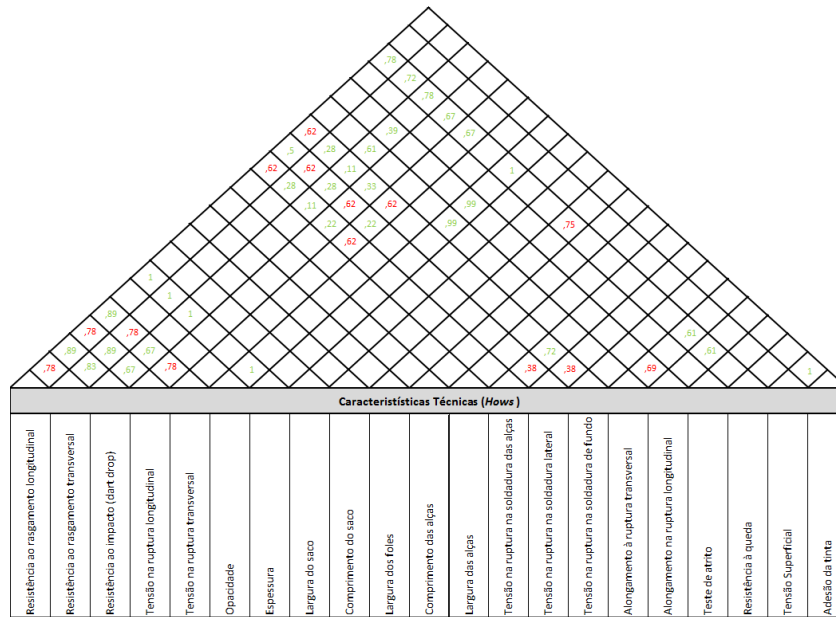


Figura 35 - Matriz de correlações das características técnicas

### 5.11.5. Importância das características técnicas

Para determinar a importância de cada uma das características técnicas, considerou-se as relações existentes com os requisitos dos clientes e também a diferença ponderada entre a pontuação do saco A e o objectivo estratégico. Desta maneira, na importância técnica é reflectida não só peso atribuído pelo cliente, mas também a diferença entre a pontuação do saco A e o objectivo estratégico definido, ou seja, quanto mais importância tiver um requisito para o cliente e quanto maior for a distância para o objectivo estratégico maior será o impacto na importância técnica. A importância técnica também pode ser expressa em termos relativos para pode comparar directamente a importância técnica de cada característica entre si. A importância técnica e a importância técnica relativa para cada característica técnica podem ser obtidas pela equação (20) e (21) respectivamente.

$$IT_j = \sum_{i=1}^n R_{i,j} \times \Delta E^*_i \quad (20)$$

$$ITR_j = \frac{\sum_{i=1}^n R_{i,j} \times \Delta E^*_i}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{i,j} \times \Delta E^*_i} \quad (21)$$

Onde,  $i$  representa o conjunto dos requisitos do cliente,  $j$  representa o conjunto das características técnicas,  $R_{i,j}$  representa a relação do requisito  $i$  com a característica técnica  $j$  e  $\Delta E^*_i$  representa a diferença de pontuação ponderada entre o saco A e o objectivo estratégico no requisito do cliente  $j$ .

As importâncias técnicas e importâncias técnicas relativas calculadas para cada característica técnica estão representadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Importância técnica e importância relativa das características técnicas

Características técnicas ( <i>hows</i> )	Importância Técnica	Importância Relativa
Tensão na ruptura na soldadura das alças	36,66	9,31%
Tensão na ruptura na soldadura de fundo	36,66	9,31%
Espessura	35,84	9,10%
Largura do saco	30,81	7,82%
Resistência ao impacto ( <i>dart drop</i> )	28,73	7,30%
Resistência à queda	28,73	7,30%
Largura das alças	25,39	6,45%
Tensão na ruptura longitudinal	23,74	6,03%
Resistência ao rasgamento transversal	23,47	5,96%
Tensão na ruptura na soldadura lateral	23,45	5,95%
Resistência ao rasgamento longitudinal	22,14	5,62%
Alongamento na ruptura longitudinal	15,19	3,86%
Comprimento do saco	14,84	3,77%
Largura dos foles	13,25	3,36%
Tensão na ruptura transversal	10,30	2,62%
Alongamento na ruptura transversal	8,13	2,07%
Adesão da tinta	5,87	1,49%
Tensão superficial	4,87	1,24%
Comprimento das alças	3,88	0,99%
Atrito	1,87	0,48%
Opacidade	0,00	0,00%

### 5.11.6. Análise à casa da qualidade

Após concluir todas as etapas de construção da casa da qualidade, o resultado final está representado na Figura 37. Para fazer uma análise à casa da qualidade Yang e El-haik (2003) propõem um procedimento de 7 etapas com a identificação de:

1. Colunas em branco ou com relações fracas.
2. Linhas em branco ou com relações fracas.
3. Pontos de conflito.
4. Características técnicas que estejam relacionadas com muitos requisitos de cliente, que tenham requisitos legais ou internos da empresa.
5. Pontos críticos.
6. Oportunidades de *benchmarking*.
7. Características técnicas que necessitem de uma análise mais detalhada na próxima fase da metodologia QFD.

Em relação aos dois primeiros passos, a casa da qualidade resultante não apresenta linhas nem colunas em branco e nos casos em que apenas existe uma relação por linha/coluna esta nunca é uma relação fraca, sendo que o valor de relação mínimo nestes casos é de 0,78 num máximo de 1. Isto significa que todos os requisitos do cliente estão associados a uma característica técnica e que todas

as características técnicas identificadas estão associadas a um requisito do cliente. No entanto, uma coluna em branco também pode representar uma característica técnica que seja uma imposição legal ou um requisito interno da empresa que não está relacionada com os requisitos do cliente, mas que está correlacionada com as restantes características técnicas identificadas, pelo que também deve ser considerada na análise.

O próximo passo consiste em identificar pontos de conflito. Esta situação ocorre quando existe um conflito entre o *benchmarking* do cliente e a avaliação competitiva técnica, por exemplo, quando os clientes classificam o produto como o pior comparando com a concorrência, mas numa perspectiva técnica a empresa a empresa classifica-o como o melhor. Nestes casos surge a dúvida de quem tem razão, o cliente ou a empresa, sendo necessário perceber o problema: os clientes não estão a ter uma real percepção da qualidade do produto ou está a haver uma falha na interpretação das necessidades do cliente. Ao analisar a casa da qualidade (Figura 37), pode-se observar alguns conflitos entre a avaliação do cliente no requisito “não deve rasgar com facilidade” e as características técnicas com que está relacionado. O saco A neste requisito foi considerado pelo cliente a pior alternativa, no entanto no ponto de vista técnico da empresa, esta alternativa teve a melhor pontuação nas seguintes características: técnicas “resistência ao rasgamento transversal”, “tensão na ruptura da soldadura lateral”, “tensão na ruptura da soldadura de fundo” e “alongamento na ruptura transversal”. Nesta situação é necessário compreender se o cliente não está a ter uma percepção adequada da qualidade do saco A ou se existe uma falha na interpretação das necessidades do cliente neste requisito e neste caso identificar novas características técnicas que se relacionem com o requisito do cliente. Existe outro ponto de conflito entre o requisito do cliente “deve ser confortável de utilizar” e a característica técnica “alongamento na ruptura longitudinal”, no entanto a sua relação é bastante fraca. A baixa pontuação no ponto de vista do cliente no requisito do cliente “deve ser confortável de utilizar”, pode ser explicada pelo fraco desempenho do saco A nas restantes características técnicas.

Ao analisar as características técnicas com os requisitos do cliente, pode-se observar que na sua maioria estão relacionadas com vários requisitos do cliente. Embora as características técnicas “opacidade”, “teste de atrito”, “tensão superficial” e “adesão da tinta” estejam relacionadas apenas com um requisito do cliente, estas relações nunca são inferiores a 0,78.

A característica técnica “espessura” para além de ser a que está relacionada com mais requisitos do cliente também representa um requisito interno da empresa e do seu cliente directo (cadeia de hipermercado) que impõe que os sacos não tenham uma espessura inferior a 50µm. Embora a espessura dos sacos esteja correlacionada positivamente com diversas características técnicas e esta sinergia pudesse ser aproveitada para melhorar outros aspectos técnicos, aumentar a espessura acima dos 55µm resultaria numa diminuição da pontuação nesta característica técnica (Figura 36). Devido a estas condicionantes, este é um parâmetro técnico ao qual se deve dar especial atenção.



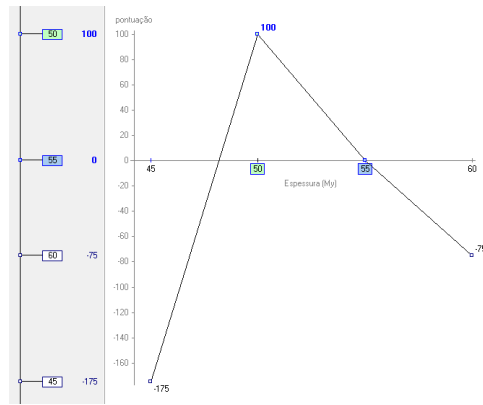


Figura 36 - Escala de valor para a característica técnica "espessura"

O próximo passo do procedimento de análise à casa da qualidade, consiste em identificar pontos críticos, ou seja, requisitos do cliente onde a empresa e a concorrência estão a ter desempenhos fracos na perspectiva do cliente de maneira a criar uma vantagem competitiva. Ao analisar a casa da qualidade, pode-se observar que existem dois requisitos do cliente onde a empresa e a concorrência têm um fraco desempenho: “não deve rasgar com facilidade” e “deve ser confortável de utilizar”. Estes dois requisitos representam uma oportunidade de melhoria no ponto de vista do cliente. No entanto o requisito “deve ser confortável de utilizar” é menos importante para o cliente comparativamente com o requisito “não deve rasgar com facilidade”, e preferivelmente a empresa deve concentrar esforços na melhoria deste requisito pois a sua melhoria terá um maior impacto como argumento de venda. A análise neste requisito deve ser feita com bastante detalhe, uma vez que as características técnicas que estão relacionadas com este requisito têm várias correlações negativas. Por exemplo, a característica técnica “tensão de ruptura da soldadura de fundo”, que tem uma relação de 0,91 com o requisito do cliente “não deve rasgar com facilidade”, também tem correlações negativas com as características técnicas “resistência ao rasgamento transversal”, “tensão na ruptura longitudinal” e “resistência ao rasgamento na soldadura lateral”.

As oportunidades de *benchmarking* consistem em incorporar características técnicas da concorrência às quais foram atribuídas pontuações mais altas. Neste caso poderiam ser implementadas, por exemplo, as dimensões do saco em dois aspectos, largura e largura das alças, pois nestas características técnicas o saco A teve as pontuações mais baixas e a solução podia passar por implementar as dimensões da melhor alternativa da concorrência. No entanto, neste caso esta situação não se aplica, pois, a decisão da empresa foi definir objectivos técnicos de maneira a ser superior à concorrência.

Na última etapa de análise à casa da qualidade pretende-se identificar quais as características técnicas que necessitam de ser investigadas com mais detalhe, continuando o processo de QFD numa nova casa da qualidade. No caso apresentado, as características técnicas que foram consideradas mais importantes passar do nível neutro para o nível bom, de uma forma geral, estão relacionadas com a resistência dos sacos e com as suas dimensões (ver Tabela 23). Estes resultados estão alinhados com as importâncias atribuídas aos requisitos do cliente, onde aos requisitos “deve suportar o peso do conteúdo”, “deve ter um tamanho adequado” e “não deve rasgar com facilidade” foram atribuídos pesos maiores. Portanto, as características técnicas que estão relacionadas com estes requisitos devem ser

analisadas com melhor detalhe numa nova casa da qualidade seguindo a abordagem QFD de maneira a encontrar soluções que satisfaçam as necessidades dos clientes. No entanto, existem características técnicas que podem ser melhoradas sem comprometer as restantes, pois não têm correlações. Por exemplo, a “largura do saco” e a “largura das alças”, onde o saco A teve as piores pontuações, podem ser aumentadas de acordo com as necessidades do cliente sem necessidade de fazer uma análise mais detalhada, pois estas características não estão correlacionadas com outras e a solução para satisfazer o cliente é o aumento das dimensões do saco nestes atributos.



Figura 37 - Casa da qualidade dos sacos de alças

## 6. Conclusão

Na presente dissertação foi analisada a casa da qualidade como ferramenta de apoio à decisão na priorização de intervenções em produtos. O objectivo principal deste estudo consistiu em combinar esta ferramenta com a análise multicritério para ultrapassar algumas das suas fragilidades.

Na literatura analisada sobre a implementação da casa da qualidade é possível destacar essencialmente dois tipos de erros metodológicos no ponto de vista da análise multicritério:

1. Atribuição directa de pesos com base na noção intuitiva de importância (considerado o “erro crítico mais comum”). Este tipo de procedimento gera pesos arbitrários que não consideram os *trade-offs* entre requisitos.
2. Utilização de escalas ordinais como cardinais. Na abordagem tradicional de aplicação da casa da qualidade, estas escalas definidas arbitrariamente que apenas representam uma ordem de importância, não têm qualquer valor numérico associado. Logo, é incorrecto utilizar as pontuações obtidas através destas escalas no cálculo de importâncias estratégicas e técnicas.

Verificou-se na análise da literatura que para ultrapassar algumas destas inconsistências, a casa da qualidade foi utilizada em conjunto com abordagens que incorporam a análise de múltiplos critérios de avaliação, nomeadamente, a AHP e os métodos *outranking* ELECTRE e PROMETHEE. No entanto, estes métodos não resolvem os problemas associados à casa da qualidade. O método AHP utilizado na determinação da importância dos requisitos do cliente, graus de relação e comparação de alternativas por vezes não respeita a condição de preservação de preferência (COP). Por outro lado, os métodos *outranking* utilizados na priorização das características técnicas, apenas refletem uma ordem de preferência à qual não está associado nenhum valor numérico. Mesmo utilizando estes métodos, as restantes fases de construção da casa da qualidade são realizadas utilizando os procedimentos tradicionais aos quais estão associados os erros metodológicos descritos anteriormente.

Para ultrapassar as fragilidades identificadas da casa da qualidade, propôs-se a utilização da abordagem MACBETH em conjunto com o *software* de apoio à decisão M-MACBETH para a determinação de coeficientes de ponderação e de escalas de valor que reflitam verdadeiramente o sistema de valores do cliente. A escolha deste método para tratar a casa da qualidade, reside no seguinte:

1. Contrariamente a outros métodos multicritério de apoio à decisão, a abordagem MACBETH utiliza julgamentos de diferença de atractividade qualitativos, que são preferíveis a métodos quantitativos, em particular para decisores com menor competência para realizar julgamentos numéricos.
2. Durante todo o processo de avaliação das diferenças de atractividade, o *software* M-MACBETH avalia a consistência de cada julgamento com os que foram efectuados anteriormente e em caso de inconsistência sugere alterações para a resolver.

Neste estudo, a casa da qualidade foi aplicada em conjunto com a abordagem MACBETH em parceria com uma empresa industrial no ramo da transformação de plásticos. Contextualizando o problema, devido à Reforma de Fiscalidade Verde, os sacos de alça com uma espessura inferior a 50µm estão sujeitos a uma taxa de 0,08€ + IVA o que levou os produtores e cadeias de hipermercado a criar soluções fora do âmbito da legislação (sacos com espessura superior a 50 µm) e aproveitar o mercado da venda de sacos de alça. O objecto de estudo foram os sacos de alça produzidos para uma cadeia de hipermercados (designados por A). Estes foram comparados com dois tipos de saco produzidos por empresas concorrentes, dos quais um é para a mesma cadeia de hipermercado (saco B) e o outro para uma diferente (saco C).

Para compreender quais as necessidades e expectativas dos clientes em relação aos sacos de alça plásticos, em primeiro lugar questionou-se potenciais clientes sobre o que determina a boa qualidade de um saco, posteriormente as respostas obtidas foram analisadas e organizadas com o objectivo de determinar os requisitos dos clientes. Na próxima fase de construção da casa da qualidade, respeitante à avaliação competitiva do cliente, foi formado um grupo de decisão constituído por cinco potenciais clientes para, utilizando a metodologia MACBETH, determinar importâncias para cada um dos requisitos e para construir escalas de intervalos que traduzissem o desempenho de cada um dos tipos de saco em pontuação. Após conclusão desta fase, com base nas pontuações de cada alternativa, comparou-se o saco A com a concorrência e foram calculados os argumentos de venda e definidos objectivos estratégicos. Também nesta fase foi calculada a diferença ponderada entre a pontuação do saco A e o objectivo estratégico definido, traduzindo o desempenho do saco A face à concorrência em cada requisito de acordo com a importância do cliente.

A etapa de avaliação técnica da casa da qualidade foi elaborada em conjunto com o departamento de qualidade da empresa onde foi desenvolvido o estudo, sendo o grupo de decisão formado pelo engenheiro de qualidade e pela técnica de laboratório. Nesta fase, em primeiro lugar foram identificadas quais as características técnicas que estão relacionadas com cada um dos requisitos do cliente e posteriormente, utilizando a metodologia MACBETH, foram construídas escalas de valor que transformassem o desempenho de cada uma das alternativas em pontuações de acordo com ponto de vista técnico. Após determinar as pontuações de cada alternativa na componente técnica, foram calculadas as diferenças de pontuação do saco A face à melhor alternativa e definidos objectivos técnicos em cada característica técnica. Posteriormente, para construir as componentes relativas às relações e correlações, o grupo de decisão identificou onde existiam, nas respectivas matrizes, e foram determinadas pontuações que representassem as suas intensidades, recorrendo mais uma vez à metodologia MACBETH.

Posteriormente, recorrendo à diferença ponderada da análise competitiva do cliente e às relações entre requisitos do cliente e características técnicas, foram calculadas as importâncias no ponto de vista técnico. Este elemento da casa da qualidade reflecte o desempenho do saco A em termos técnicos de acordo com a avaliação do seu desempenho no ponto de vista do cliente e com a diferença de pontuação face à melhor alternativa da concorrência, evidenciando as potenciais características técnicas candidatas a sofrerem intervenções para melhoria.

Analisando a casa da qualidade resultante, pode observar-se que as necessidades e expectativas dos clientes em relação aos sacos de alça a que foram atribuídas maior importância, estão

essencialmente relacionadas com a sua resistência (devem suportar o peso do conteúdo e não devem rasgar com facilidade) e também com as suas dimensões.

Na análise da casa da qualidade foram identificados pontos de conflito entre a avaliação competitiva técnica e a avaliação competitiva do cliente nos requisitos “não deve rasgar com facilidade” e “deve ser confortável de utilizar”. Nestes casos fica a dúvida se os requisitos do cliente estão a ser traduzidos correctamente na componente técnica ou se é o cliente que não está a ter uma boa percepção da qualidade do saco A. Estes dois pontos de conflito também foram considerados pontos críticos, pois representam uma oportunidade de melhoria face também ao fraco desempenho da concorrência nesses requisitos, em particular no requisito “não deve rasgar com facilidade” pois é um dos requisitos considerados mais importantes para o cliente e pode representar um forte argumento de venda.

Recomenda-se, como perspectiva de trabalho futuro e como acções a tomar, o seguinte:

1. Aumentar as dimensões do saco A de acordo com as necessidades do cliente nas componentes: largura, largura das alças, comprimento e comprimento das alças. Esta pode ser uma acção de melhoria tomada de imediato, pois estas características técnicas não têm influência nas restantes.
2. Continuar o processo de QFD e analisar com maior detalhe, numa nova casa da qualidade, as características técnicas que estão relacionadas com a resistência do saco. Devido a existirem muitas correlações fortes positivas e negativas entre estas características técnicas, é essencial analisar também o processo produtivo e para encontrar soluções que satisfaçam as necessidades dos clientes.
3. Incorporar também na casa da qualidade as matérias primas utilizadas em cada tipo de saco, algo que não foi feito neste estudo devido à dificuldade em obter informação relativa à concorrência. Isto seria algo importante a considerar, pois os tipos de matérias primas utilizadas na produção têm um grande impacto no desempenho dos sacos.

Como conclusão final, considera-se que a informação apresentada na casa da qualidade pode ser melhorada substancialmente utilizando a abordagem MACBETH. A eliminação dos erros metodológicos e uma consequente representação real do sistema de valores do cliente permite tomadas de decisão mais correctas.

## Referências

- Akao, Y.** (1988) *Quality Function Deployment - Integrating Customer Requirements into Product Design*. Productivity Press
- Akao, Y. e Mazur, G. H.** (2003) «The leading edge in QFD: past, present and future», *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20(1), pp. 20–35. doi: 10.1108/02656710310453791.
- An, Y.** (2011) *Application of Quality Function Deployment to Higher Education, 2011 International Conference on Management and Service Science*. Ieee. doi: 10.1109/ICMSS.2011.5998067.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente** (2014) *Fiscalidade Verde - Enquadramento*
- Aytac, A. e Deniz, V.** (2005) «Quality Function Deployment in Education: A Curriculum Review», *Quality & Quantity*, 39(4), pp. 507–514. doi: 10.1007/s11135-004-6814-8.
- Azadi, M. e Farzipoor, S. R.** (2013) «A combination of QFD and imprecise DEA with enhanced Russell graph measure: A case study in healthcare», *Socio-Economic Planning Sciences*. Elsevier Ltd, 47(4), pp. 281–291. doi: 10.1016/j.seps.2013.05.001.
- Bagchi, U.** (2010) «Delivering student satisfaction in higher education: A QFD approach», ... *Systems and Service Management (ICSSSM), 2010 ...*, pp. 1–4
- Bana e Costa, C., De Corte, J.-M. e Vansnick, J.-C.** (2005) *M-MACBETH - Manual do Usuário*
- Bana e Costa, C. A. et al.** (2008) «Development of reusable bid evaluation models for the Portuguese Electric Transmission Company», *Decision Analysis*, 5(1), pp. 22–42. doi: 10.1287/deca.1080.0104.
- Bana e Costa, C. A., De Corte, J.-M. e Vansnick, J.-C.** (2012) «MACBETH», *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(2), pp. 359–387. doi: 10.1142/S0219622012400068.
- Bana e Costa, C. A. et al.** (2014) «A Socio-technical Approach for Group Decision Support in Public Strategic Planning: The Pernambuco PPA Case», *Group Decision and Negotiation*, 23(1), pp. 5–29. doi: 10.1007/s10726-012-9326-2.
- Bana e Costa, C. a. e Vansnick, J.-C.** (2008) «A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP», *European Journal of Operational Research*, 187(3), pp. 1422–1428. doi: 10.1016/j.ejor.2006.09.022.
- Behzadian, M., Samizadeh, R. e Nazemi, J.** (2010a) «Decision making in house of quality: A hybrid AHP-PROMETHEE approach», *IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 930–934. doi: 10.1109/IEEM.2010.5674213.
- Behzadian, M., Samizadeh, R. e Nazemi, J.** (2010b) «Decision making in house of quality: A hybrid AHP-PROMETHEE approach», em *2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. IEEE, pp. 930–934. doi: 10.1109/IEEM.2010.5674213.
- Behzadian, M. et al.** (2010) «PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications», *European Journal of Operational Research*. Elsevier B.V., 200(1), pp. 198–215. doi: 10.1016/j.ejor.2009.01.021.
- Behzadian, M. et al.** (2013) «PROMETHEE Group Decision Support System and the House of Quality», *Group Decision and Negotiation*, 22(2), pp. 189–205. doi: 10.1007/s10726-011-9257-3.
- Bell, D. E., Keeney, R. L. e Raiffa, H.** (1977) *Conflicting objectives in decisions, Conflicting objectives in decisions*. Wiley
- Belton, V. e Stewart, T. J.** (2002) *Multiple Criteria Decision Analysis*. 1st ed. Editado por Springer Science+Business Media Dordrech. Boston, MA: Springer US. doi: 10.1007/978-1-4615-1495-4.
- Bergquist, K. e Abeysekera, J.** (1996) «Quality function deployment (QFD)—A means for developing usable products», *International Journal of Industrial Ergonomics*, 8141(95)
- Bhattacharya, A., Sarkar, B. e Mukherjee, S. K.** (2005) «Integrating AHP with QFD for robot selection under requirement perspective», *International Journal of Production Research*, 43(17), pp. 3671–3685. doi: 10.1080/00207540500137217.
- Brightman, J.** (2003) «Mapping methods for qualitative data structuring (QDS)», em *IOE Conference*. London
- Bryson, J. et al.** (2004) *Visible thinking: Unlocking causal mapping for practical business results, England, UK: John Wiley and Sons Ltd*. John Wiley & Sons, Ltd
- Carnevali, J. a. e Miguel, P. C.** (2008) «Review, analysis and classification of the literature on QFD—Types of research, difficulties and benefits», *International Journal of Production Economics*, 114(2), pp. 737–754. doi: 10.1016/j.ijpe.2008.03.006.
- Chan, L.** (2005) «A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example», *Omega*, 33(2), pp. 119–139. doi: 10.1016/j.omega.2004.03.010.
- Chan, L.-K. e Wu, M.-L.** (2002) «Quality Function Deployment: A Comprehensive Review of Its Concepts and Methods», *Quality Engineering*, 15(1), pp. 23–35. doi: 10.1081/QEN-120006708.
- Chen, S.** (2007) «Using Quality Function Deployment to Plan Curricula in Higher Education», *Journal of Human Resource and Adult Learning*, 3(December), pp. 39–49

- Chen, Y.-T. e Chou, T.-Y.** (2011) «Applying GRA and QFD to Improve Library Service Quality», *The Journal of Academic Librarianship*. Elsevier Inc., 37(3), pp. 237–245. doi: 10.1016/j.acalib.2011.02.016.
- Chuang, P.-T.** (2001) «Combining the Analytic Hierarchy Process and Quality Function Deployment for a Location Decision from a Requirement Perspective», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 18(11), pp. 842–849. doi: 10.1007/s001700170010.
- Congcong, W. et al.** (2010) «Research on the Professional Curriculum System Optimization of Industrial Engineering Based on QFD», *2010 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*. Ieee, pp. 473–477. doi: 10.1109/ICIII.2010.278.
- Crişan, A. e Enache, R.** (2011) «Designing customer oriented courses and curricula in higher education. A possible model», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 11, pp. 235–239. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.01.068.
- Eden, C.** (2004) «Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems», *European Journal of Operational Research*, 159(3), pp. 673–686. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00431-4.
- Edwards, W.** (1977) «How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decisionmaking», *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 7(5), pp. 326–340. doi: 10.1109/TSMC.1977.4309720.
- Edwards, W. e Barron, F. H.** (1994) «SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement», *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60(3), pp. 306–325. doi: 10.1006/obhd.1994.1087.
- Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott, M.** (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis - State of the Art*. Boston, MA: Springer US
- Franceschini, F. e Rupil, A.** (1999) «Rating scales and prioritization in QFD», *International Journal of Quality & Reliability Management*, 16(1), pp. 85–97. doi: 10.1108/02656719910250881.
- Garibay, C., Gutiérrez, H. e Figueroa, A.** (2010) «Evaluation of a Digital Library by Means of Quality Function Deployment (QFD) and the Kano Model», *The Journal of Academic Librarianship*. Elsevier Inc., 36(2), pp. 125–132. doi: 10.1016/j.acalib.2010.01.002.
- Golshan, S., Javanshir, H. e Rashidi, A.** (2012) «An empirical survey to investigate quality of men's clothing market using QFD method», *Management Science Letters*, 2(5), pp. 1741–1746. doi: 10.5267/j.msl.2012.04.013.
- Goodwin, P. e Wright, G.** (2007) *Decision analysis for management judgment*. 3rd Editio. John Wiley & Sons, Ltd
- Govers, C.** (1996) «What and how about quality function deployment (QFD)», *International journal of production economics*, 47(95), pp. 575–585
- Griffin, A. e Huser, J. R.** (1993) «The voice of the customer», *Marketing Science*, 12(1), pp. 1–27
- Gupta, R., Gupta, S. e Nagi, K.** (2012) «Analysis & Designing an Engineering Course Using QFD», *International Journal of Modern Engineering Research*, 2(3), pp. 2–7
- Hashim, A. M. e Dawal, S. Z. M.** (2012) «Kano Model and QFD integration approach for Ergonomic Design Improvement», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 57, pp. 22–32. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.1153.
- Hauser, J. e Clausing, D.** (1987) «The Quality of Mercy: “Charitable Torts” and Their Continuing Immunity», *Harvard Law Review*, 100(6), p. 1382. doi: 10.2307/1341164.
- Ho, W. et al.** (2009) «Measuring performance of virtual learning environment system in higher education», *Quality Assurance in Education*, 17(1), pp. 6–29. doi: 10.1108/09684880910929908.
- Hosseini Motlagh, S. M. et al.** (2015a) «Fuzzy PROMETHEE GDSS for technical requirements ranking in HOQ», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(9–12), pp. 1993–2002. doi: 10.1007/s00170-014-6233-5.
- Hosseini Motlagh, S. M. et al.** (2015b) «Fuzzy PROMETHEE GDSS for technical requirements ranking in HOQ», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(9–12), pp. 1993–2002. doi: 10.1007/s00170-014-6233-5.
- Hsiao, S.** (2002) «Concurrent design method for developing a new product», *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29(May 2001), pp. 41–55
- Jeong, M. e Oh, H.** (1998) «Quality function deployment: An extended framework for service quality and customer satisfaction in the hospitality industry», *Hospitality Management*, 17, pp. 375–390
- Keeney, R. L.** (1992) *Value-Focused Thinking*. Harvard University Press
- Keeney, R. L. e Raiffa, H.** (1976) *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. New York: John Wiley & Sons, Ltd
- Köksal, G. e Eğitman, A.** (1998) «Planning and design of industrial engineering education quality», *Computers & Industrial Engineering*, 35(98), pp. 639–642
- Kuijt-Evers, L. F. M. et al.** (2009) «Application of the QFD as a design approach to ensure comfort in using hand tools: can the design team complete the House of Quality appropriately?», *Applied*



- ergonomics*. Elsevier Ltd, 40(3), pp. 519–26. doi: 10.1016/j.apergo.2008.09.009.
- Leba, M., Ionica, A. C. e Edelhofer, E.** (2013) «QFD – Method for eLearning Systems Evaluation», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Elsevier B.V., 83, pp. 357–361. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.06.070.
- Lineberger, K. et al.** (2014) «A Systems Engineering Approach to Quantitative Comparison of Molecular Instruments for Use on the International Space Station», *Procedia Computer Science*. Elsevier Masson SAS, 28(Cser), pp. 340–346. doi: 10.1016/j.procs.2014.03.042.
- Lopes, M. R.** (2005) *USO DAS METODOLOGIAS PROMETHEE E F-PROMETHEE NA AVALIAÇÃO DE CLIENTES*
- López, F. J. A. e Balboa, J. L. G.** (2008) «Approximating Cartography to the Customer's Expectations: Applying the "House of Quality" to Map Design», *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 43(2), pp. 107–123. doi: 10.3138/carto.43.2.107.
- Lourenço, J. C.** (2002) «Modelo aditivo hierárquico: exemplos de métodos de ponderação e problemas associados»
- Macharis, C. et al.** (2004) «PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis - Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP», *European Journal of Operational Research*, 153(2), pp. 307–317. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00153-X.
- Marjudi, S. et al.** (2013) «QFD in Malaysian SMEs Food Packaging CAD (PackCAD) Testing», *Procedia Technology*. Elsevier B.V., 11(Iceei), pp. 518–524. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.223.
- Mazur, G.** (1993) «QFD for service industries», *Proceedings of the Fifth Symposium on Quality*, pp. 1–17
- Miranda, C. e Almeida, A.** (2004) «VISÃO MULTICRITÉRIO DA AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PELA CAPES : O CASO DA ÁREA ENGENHARIA III BASEADO NOS MÉTODOS ELECTRE II E MAUT»
- Mohamad, S. M. e Yusoff, A. R.** (2013) «Improvement of Take-away Water Cup Design by using Concurrent Engineering Approach», *Procedia Engineering*. Elsevier B.V., 53, pp. 536–541. doi: 10.1016/j.proeng.2013.02.069.
- Moldovan, L.** (2014) «QFD Employment for a New Product Design in a Mineral Water Company», *Procedia Technology*, 12, pp. 462–468. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.515.
- Montibeller, G. et al.** (2007) «Reasoning maps for decision aid: an integrated approach for problem-structuring and multi-criteria evaluation», *Journal of the Operational Research Society*, 59(5), pp. 575–589. doi: 10.1057/palgrave.jors.2602347.
- Moore, B. M.** (2006) «Radiation safety management in health care – The application of Quality Function Deployment», *Radiography*, 12(4), pp. 291–304. doi: 10.1016/j.radi.2005.07.011.
- Myint, S.** (2003) «A framework of an intelligent quality function deployment (IQFD) for discrete assembly environment», *Computers & Industrial Engineering*, 45(2), pp. 269–283. doi: 10.1016/S0360-8352(03)00035-4.
- Nunnally, J. C. e Bernstein, I.** (1994) *Psychometric Theory*. McGraw - Hill
- Park, S.-H., Ham, S. e Lee, M.-A.** (2012) «How to improve the promotion of Korean beef barbecue, bulgogi, for international customers. An application of quality function deployment.», *Appetite*. Elsevier Ltd, 59(2), pp. 324–32. doi: 10.1016/j.appet.2012.05.008.
- Partovi, F. e Corredoira, R.** (2002) «Quality function deployment for the good of soccer», *European Journal of Operational Research*, 137(May 1904), pp. 642–656
- Partovi, F. Y.** (1999) «a Quality Function Deployment Approach To Strategic Capital Budgeting», *The Engineering Economist*, 44(3), pp. 239–260. doi: 10.1080/00137919908967522.
- Partovi, F. Y.** (2006) «An analytic model for locating facilities strategically», *Omega*, 34(1), pp. 41–55. doi: 10.1016/j.omega.2004.07.018.
- Partovi, F. Y.** (2007) «An analytical model of process choice in the chemical industry», *International Journal of Production Economics*, 105(1), pp. 213–227. doi: 10.1016/j.ijpe.2006.03.006.
- Partovi, F. Y. e Epperly, J. M.** (1999) «A quality function deployment approach to task organization in peacekeeping force design», *Socio-Economic Planning Sciences*, 33(2), pp. 131–149. doi: 10.1016/S0038-0121(99)00005-1.
- Peters, M. H., Kethley, B. R. e Bullington, K.** (2005) «Course Design Using the House of Quality», *Journal of Education for Business*, 80(6), pp. 309–315. doi: 10.3200/JOEB.80.6.309-315.
- Poel, I.** (2007) «Methodological problems in QFD and directions for future development», *Research in Engineering Design*, 18(1), pp. 21–36. doi: 10.1007/s00163-007-0029-7.
- Prasad, B.** (1998) «Review of QFD and related deployment techniques», *Journal of manufacturing Systems*, (3), pp. 221–234
- Roghani, E. e Alipour, M.** (2014) «A fuzzy model for achieving lean attributes for competitive advantages development using AHP-QFD-PROMETHEE», *Journal of Industrial Engineering*

*International*, 10(3), p. 68. doi: 10.1007/s40092-014-0068-4.

**Sá, P. M. e e Saraiva, P.** (2001) «The development of an ideal kindergarten through concept engineering/quality function deployment», *Total Quality Management*, 12(3), pp. 365–372. doi: 10.1080/09544120120034500.

**Saaty, R. W.** (1987) «The analytic hierarchy process—what it is and how it is used», *Mathematical Modelling*, 9(3–5), pp. 161–176. doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.

**Saaty, T. L.** (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill

**Saaty, T. L.** (1990) «How to make a decision: The analytic hierarchy process», *European Journal of Operational Research*, 48(1), pp. 9–26. doi: 10.1016/0377-2217(90)90057-1.

**Scott, J. a., Ho, W. e Dey, P. K.** (2013) «Strategic sourcing in the UK bioenergy industry», *International Journal of Production Economics*. Elsevier, 146(2), pp. 478–490. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.01.027.

**Silva, J. et al.** (2013) «Evaluation of a Collaborative Aerospace Lifecycle Systems Engineering Master's Program», *Procedia Computer Science*, 16(Cser 13), pp. 957–966. doi: 10.1016/j.procs.2013.01.100.

**Stevens, S. S.** (1946) «On the theory of scales of measurement.», *Science (New York, N.Y.)*, 103(2684), pp. 677–80

**Sun, Y. e Liu, X. (Frank)** (2010) «Business-oriented software process improvement based on CMMI using QFD», *Information and Software Technology*. Elsevier B.V., 52(1), pp. 79–91. doi: 10.1016/j.infsof.2009.08.003.

**Usma-Alvarez, C. C. et al.** (2010) «Identification of design requirements for rugby wheelchairs using the QFD method», *Procedia Engineering*, 2(2), pp. 2749–2755. doi: 10.1016/j.proeng.2010.04.061.

**Vairaktarakis, G.** (1999) «Optimization tools for design and marketing of new/improved products using the house of quality», *Journal of Operations Management*, 17(6), pp. 645–663. doi: 10.1016/S0272-6963(99)00020-0.

**Vatthanakul, S. et al.** (2010) «Gold kiwifruit leather product development using Quality function deployment approach», *Food Quality and Preference*. Elsevier Ltd, 21(3), pp. 339–345. doi: 10.1016/j.foodqual.2009.06.002.

**Walden, J.** (2003) «Performance excellence: a QFD approach excellence», *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20(1), pp. 123–133

**Wang, H., Xie, M. e Goh, T. N.** (1998) «A comparative study of the prioritization matrix method and the analytic hierarchy process technique in quality function deployment», *Total Quality Management*, 9(6), pp. 421–430. doi: 10.1080/0954412988361.

**Wang, K., Zhong, P. e Li, J.** (2009) «Application of QFD in Enterprise Requirements-Oriented Quality Management of Higher Education», *2009 International Conference on Management and Service Science*. Ieee, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICMSS.2009.5303158.

**Winterfeldt, D. von e Edwards, W.** (1986) *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge: Cambridge University Press

**Yang, K. e El-haik, B.** (2003) *Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development*. 1st ed., McGraw Hill Professional. 1st ed. McGraw - Hill

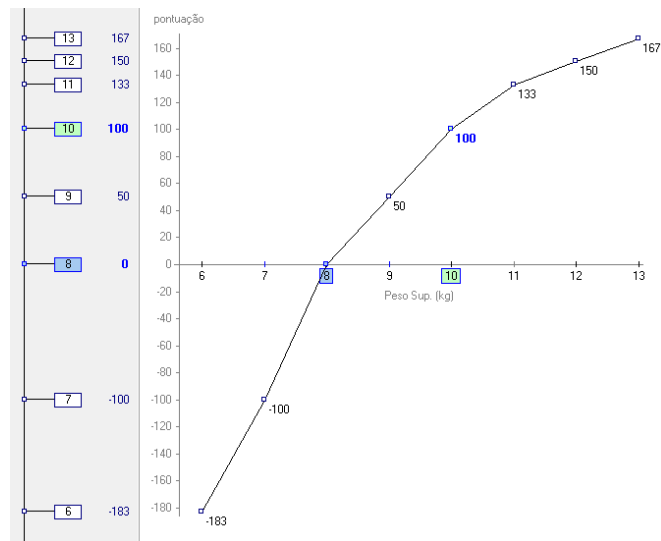
**Zaim, S. e Şevkli, M.** (2002) «The Methodology of Quality Function Deployment with Crisp and Fuzzy Approaches and an Application in the Turkish Shampoo Industry.», *Journal of Economic & Social Research*, 4(1), pp. 27–53

**Zakarian, A. e Kusiak, A.** (1999) «Forming teams: an analytical approach», *IIE Transactions*, 31(1), pp. 85–97. doi: 10.1080/07408179908969808.

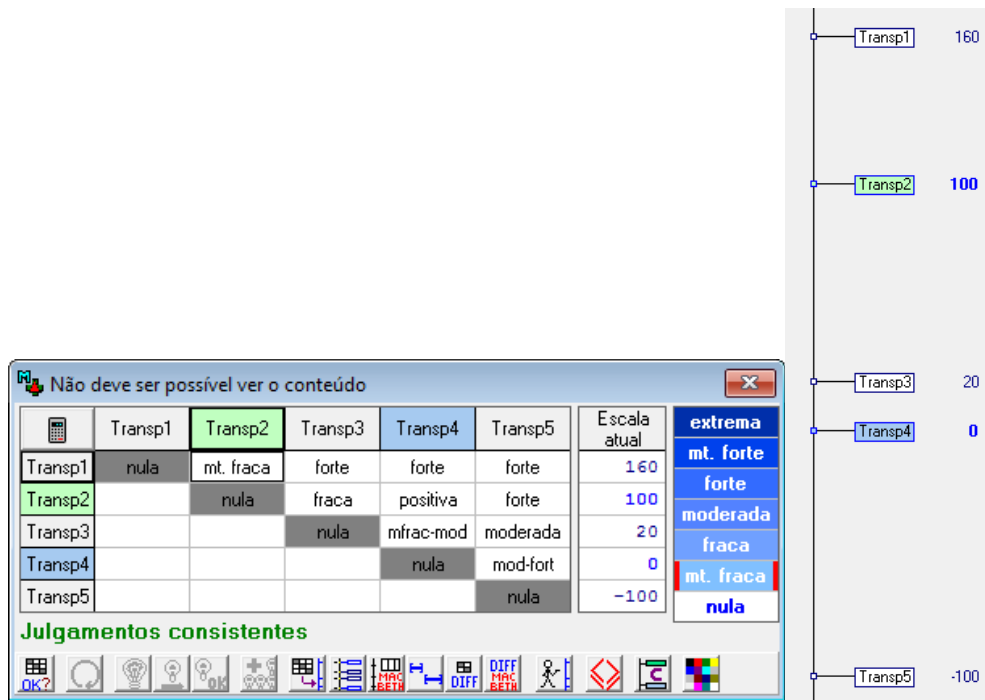
**Zheng, Z. et al.** (2011) «Customers' satisfaction diagnosis for higher vocational education curriculum evaluation based on GAP-QFD», *Grey Systems and Intelligent ...*, pp. 767–771

## Anexo A

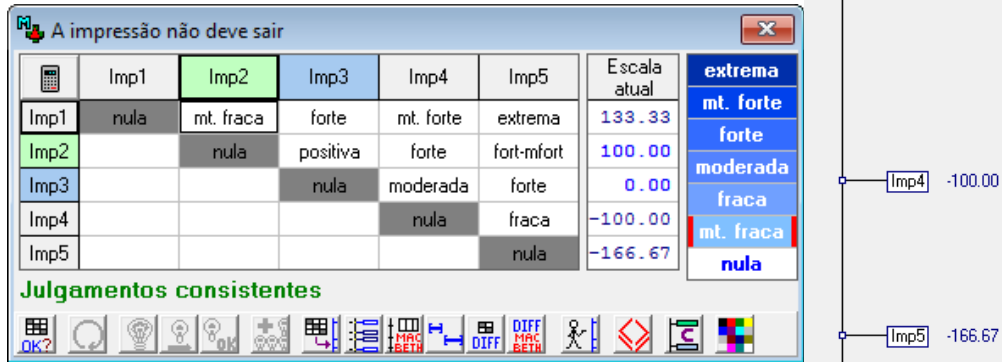
### Matrizes de julgamentos e escalas de pontuação dos whats



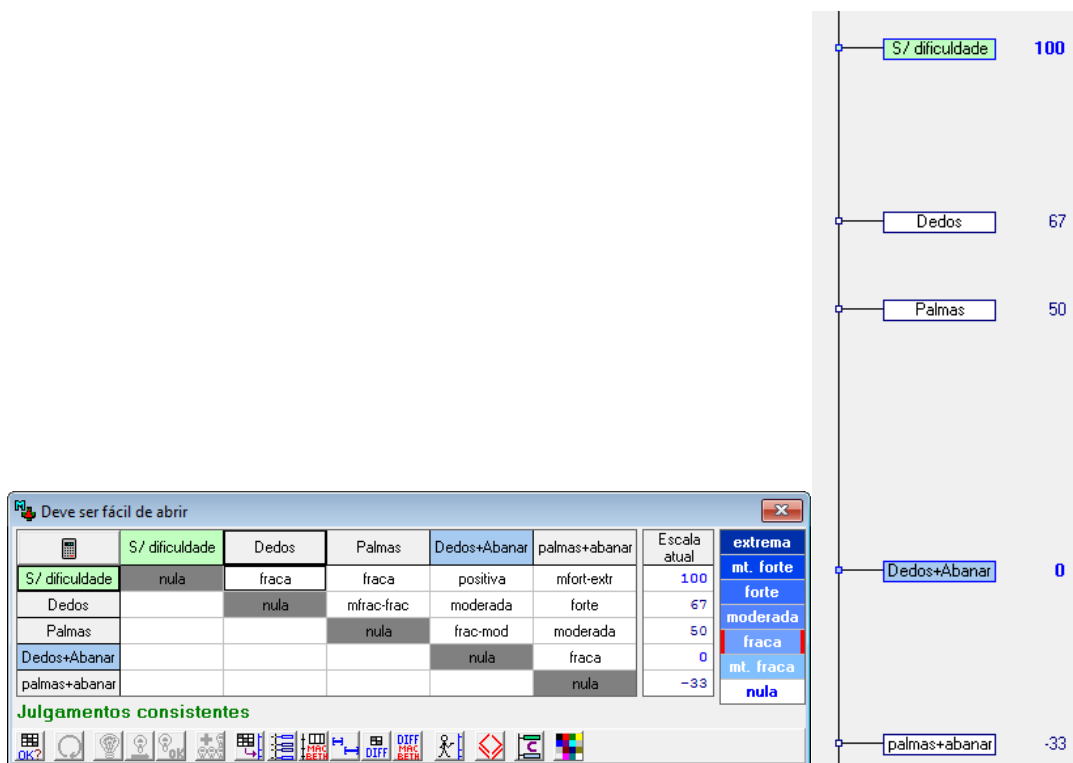
Anexo A Figura 1 - Escala de valor construída para o requisito "deve suportar o peso do conteúdo"



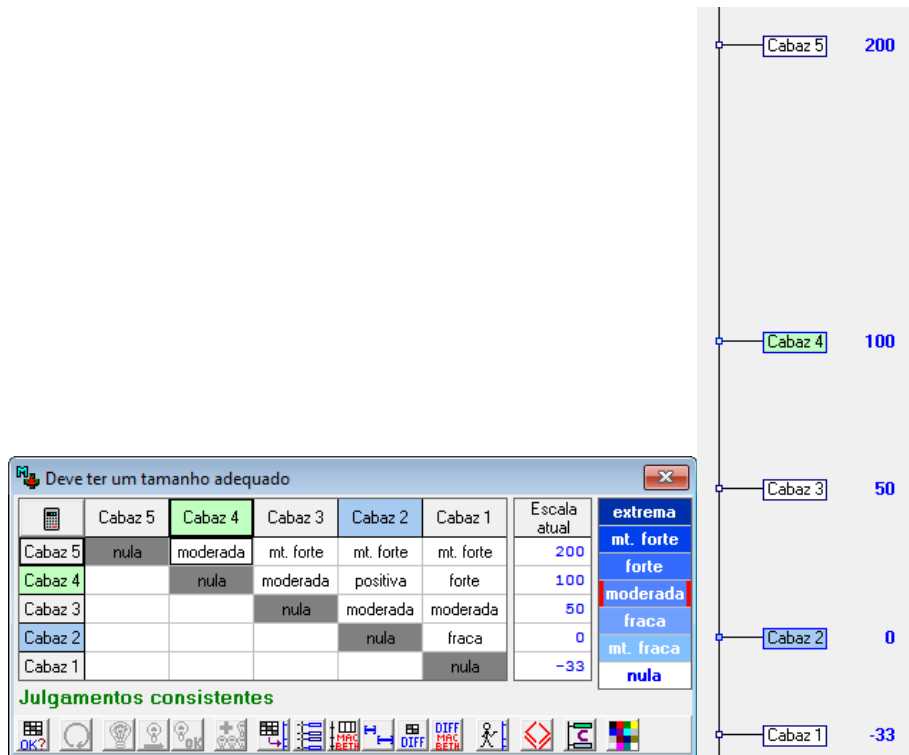
Anexo A Figura 2 – Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito " não deve ser possível ver o conteúdo"



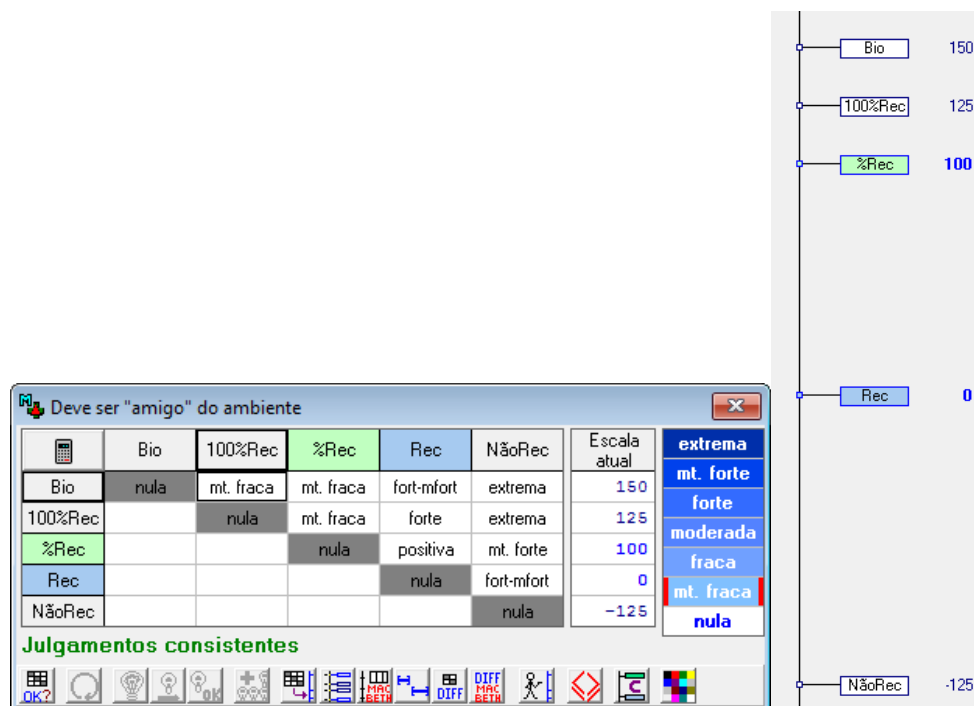
Anexo A Figura 3 - Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito "a impressão não deve sair"



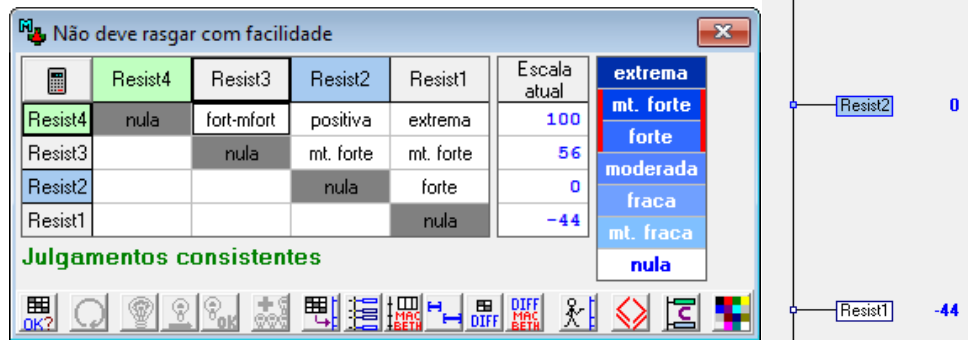
Anexo A Figura 4 - Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito "deve ser fácil de abrir"



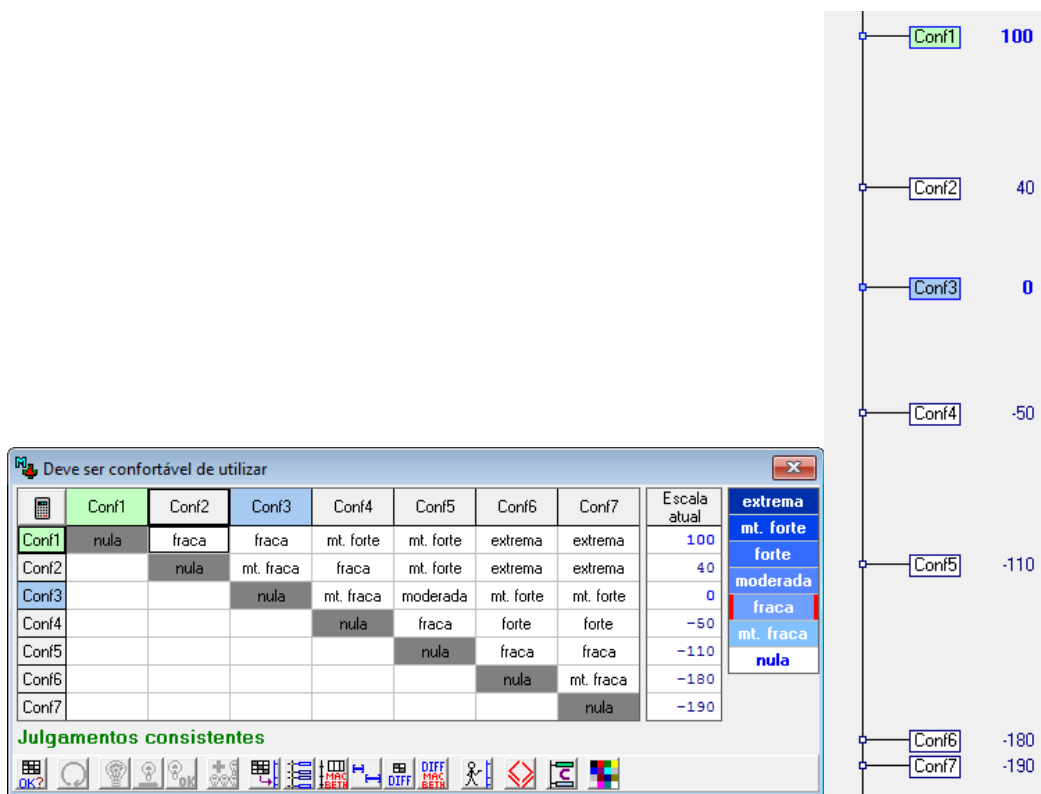
Anexo A Figura 5 - Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito "deve ter um tamanho adequado"



Anexo A Figura 6 - Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito "deve ser amigo do ambiente"



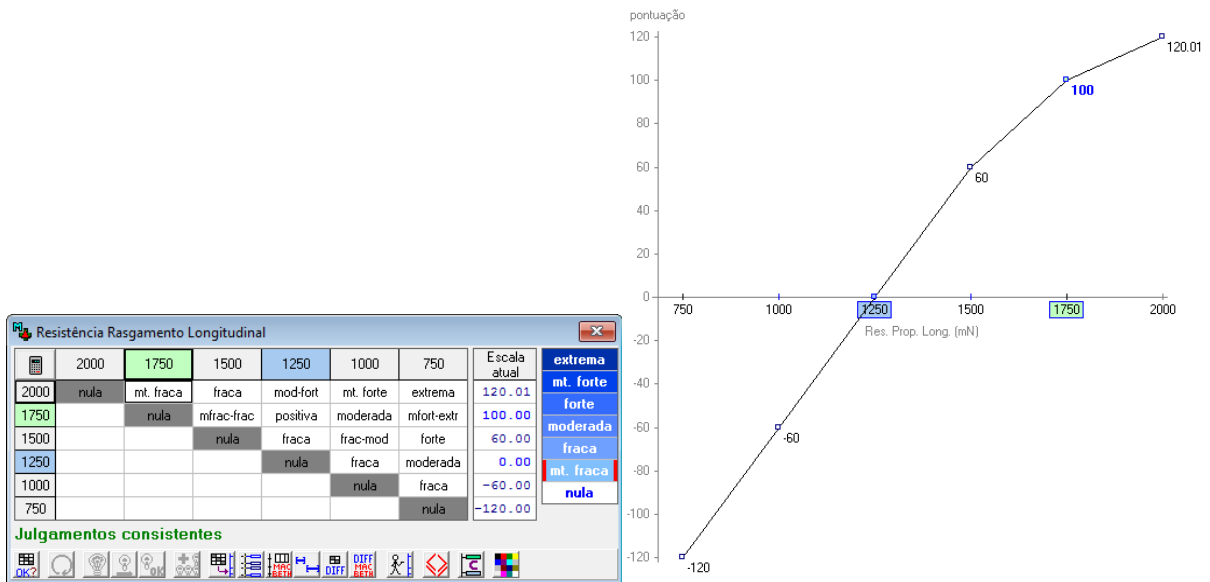
Anexo A Figura 7 - Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito "não deve rasgar com facilidade"



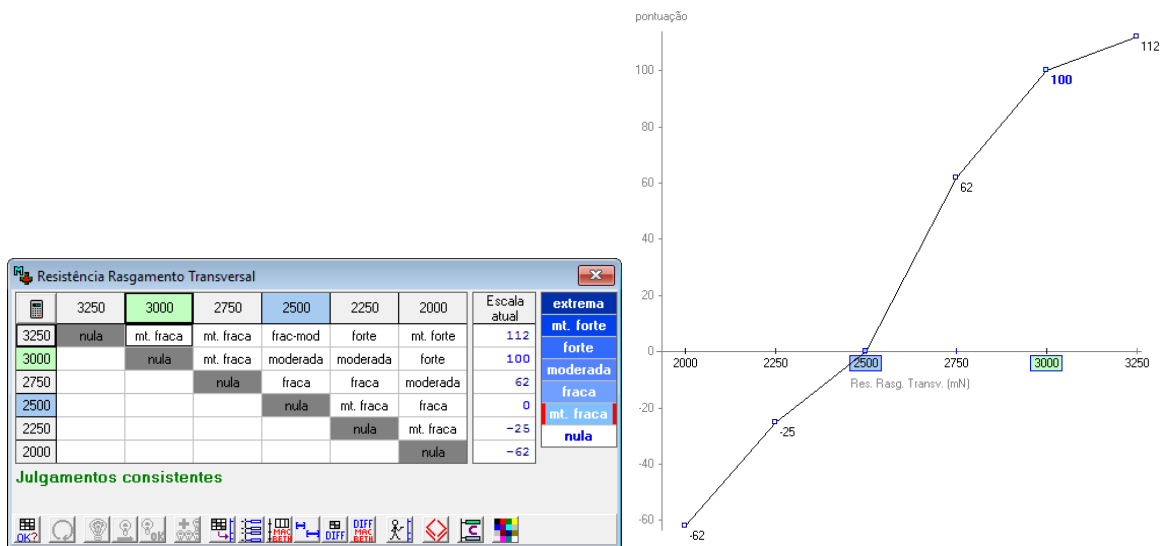
Anexo A Figura 8 - Matriz de julgamentos e escala termómetro construída para o requisito "deve ser confortável de utilizar"

## Anexo B

### Matrizes de julgamentos e escalas de pontuação dos hows



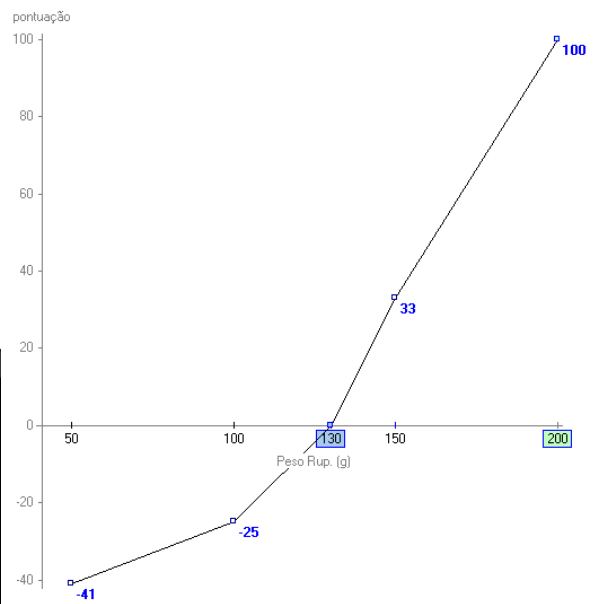
Anexo B Figura 1 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "resistência ao rasgamento longitudinal"



Anexo B Figura 2 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "resistência ao rasgamento transversal"

	200	150	130	100	50	Escala atual	
200	nula	mt. forte	positiva	mt. forte	extrema	100	extrema
150		nula	forte	forte	mt. forte	33	mt. forte
130			nula	moderada	forte	0	forte
100				nula	fraca	-25	moderada
50					nula	-41	fraca
							mt. fraca
							nula

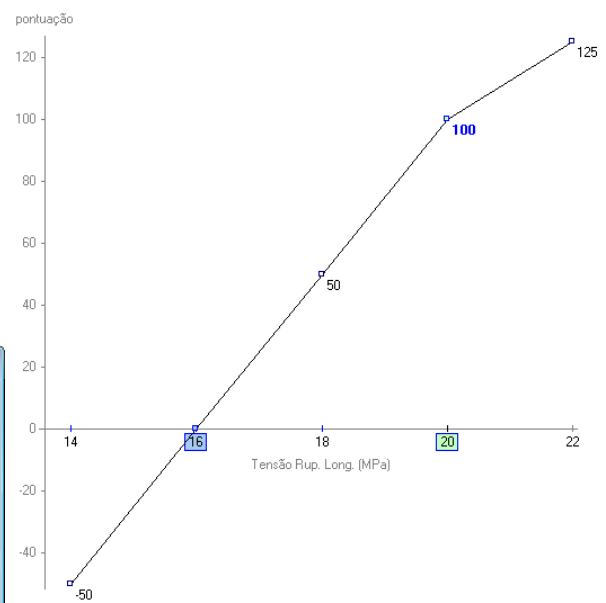
**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 3 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "resistência ao impacto"

	22	20	18	16	14	Escala atual	
22	nula	mt. fraca	fraca	forte	fort-mfort	125	extrema
20		nula	mfrac-frac	positiva	forte	100	mt. forte
18			nula	fraca	moderada	50	forte
16				nula	fraca	0	moderada
14					nula	-50	fraca
							mt. fraca
							nula

**Julgamentos consistentes**

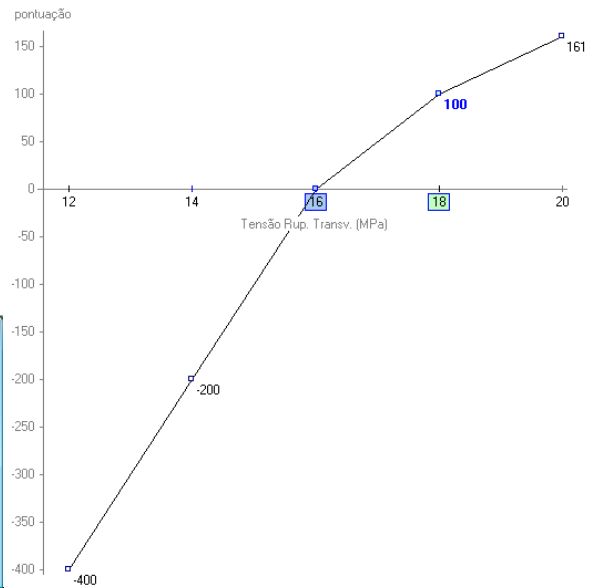


Anexo B Figura 4 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "tensão na ruptura longitudinal"



	20	18	16	14	12	Escola atual	
20	nula	mt. fraca	fraca	moderada	fort-mfort	161	extrema
18		nula	positiva	frac-mod	forte	100	mt. forte
16			nula	fraca	mod-fort	0	forte
14				nula	fraca	-200	moderada
12					nula	-400	fraca
							mt. fraca
							nula

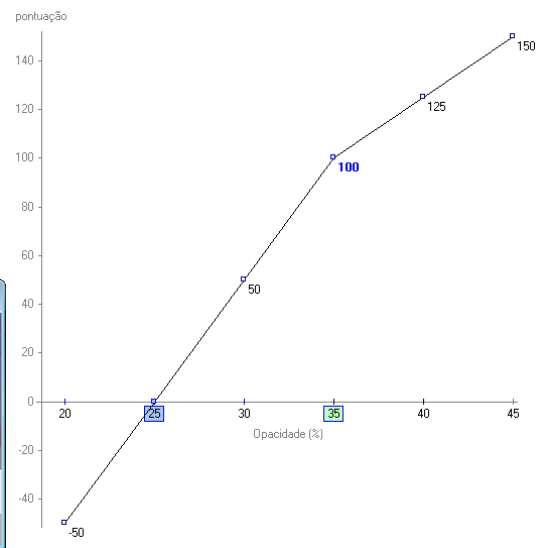
**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 5 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "tensão na ruptura transversal"

	45	40	35	30	25	20	Escola atual	
45	nula	mt. fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	150	extrema
40		nula	mt. fraca	moderada	mod-fort	forte	125	mt. forte
35			nula	frac-mod	moderada	mod-fort	100	forte
30				nula	frac-mod	frac-mod	50	moderada
25					nula	fraca	0	fraca
20						nula	-50	mt. fraca
								nula

**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 6 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "opacidade"

	50	55	60	45	Escola atual	
50	nula	positiva	mt. forte	extrema	100	extrema
55		nula	mt. fraca	mt. forte	0	mt. forte
60			nula	fraca	-75	forte
45				nula	-246	moderada
						fraca
						mt. fraca
						nula

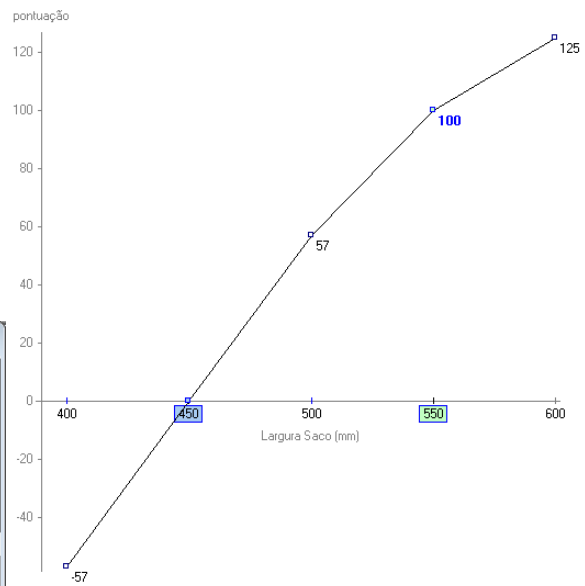
**Julgamentos consistentes**

Anexo B Figura 7 - Matriz de julgamentos da característica técnica "espessura"

**Largura do saco**

	600	550	500	450	400	Escala atual
600	nula	mt. fraca	fraca	forte	mt. forte	125
550		nula	mt. fraca	positiva	forte	100
500			nula	fraca	fraca	57
450				nula	fraca	0
400					nula	-57

**Julgamentos consistentes**

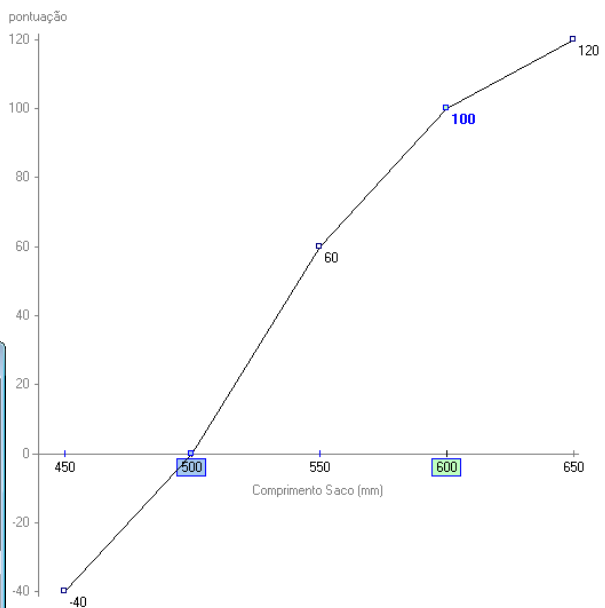


Anexo B Figura 8 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "largura do saco"

**Comprimento do saco**

	650	600	550	500	450	Escala atual
650	nula	mt. fraca	fraca	moderada	mt. forte	120
600		nula	mt. fraca	positiva	forte	100
550			nula	fraca	frac-mod	60
500				nula	mt. fraca	0
450					nula	-40

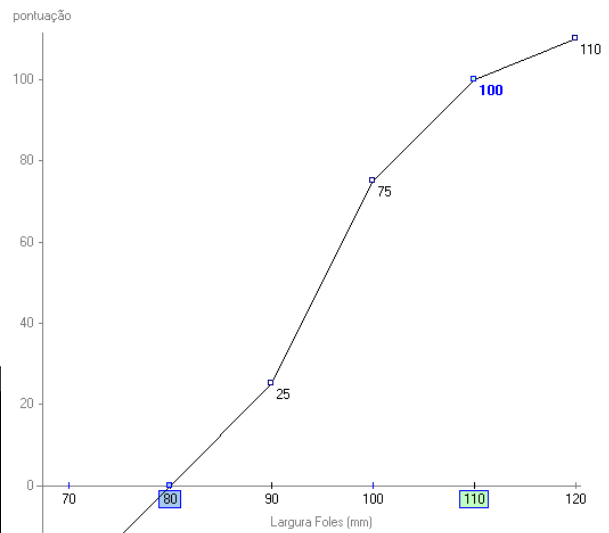
**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 9 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "comprimento do saco"

	120	110	100	90	80	70	Escola atual	
120	nula	mt. fraca	mt. fraca	fraca	frac-mod	moderada	110	extrema
110		nula	mt. fraca	fraca	positiva	frac-mod	100	mt. forte
100			nula	mt. fraca	fraca	fraca	75	moderada
90				nula	mt. fraca	mt. fraca	25	fraca
80					nula	mt. fraca	0	mt. fraca
70						nula	-25	nula

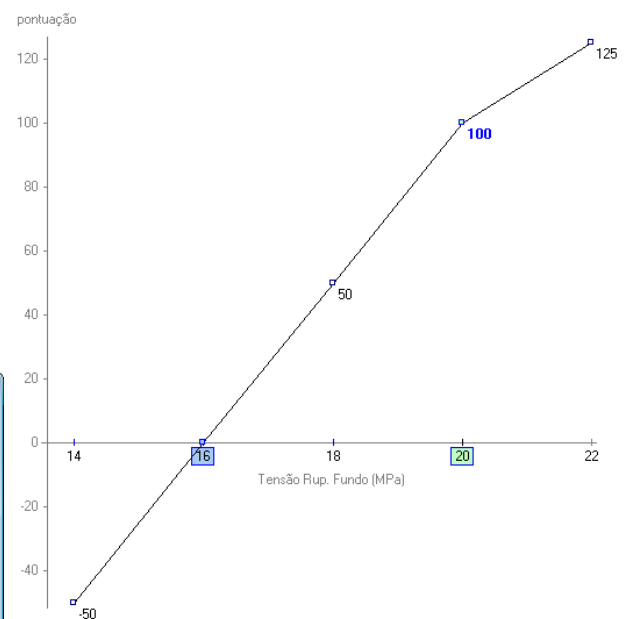
Julgamentos consistentes



Anexo B Figura 10 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "largura dos foles"

	22	20	18	16	14	Escola atual	
22	nula	mt. fraca	frac-mod	moderada	forte	125	extrema
20		nula	fraca	positiva	mod-fort	100	mt. forte
18			nula	fraca	moderada	50	moderada
16				nula	fraca	0	fraca
14					nula	-50	mt. fraca

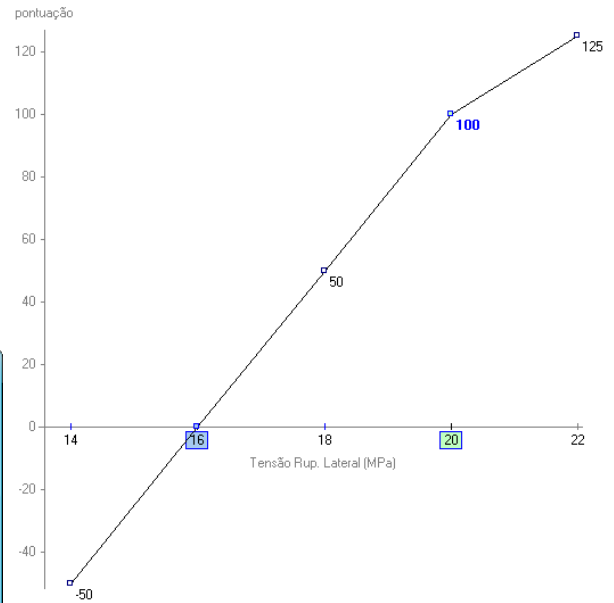
Julgamentos consistentes



Anexo B Figura 11 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "tensão na ruptura na soldadura de fundo"

	22	20	18	16	14	Escala atual
22	nula	mt. fraca	frac-mod	moderada	forte	125
20		nula	fraca	positiva	mod-fort	100
18			nula	fraca	moderada	50
16				nula	fraca	0
14					nula	-50

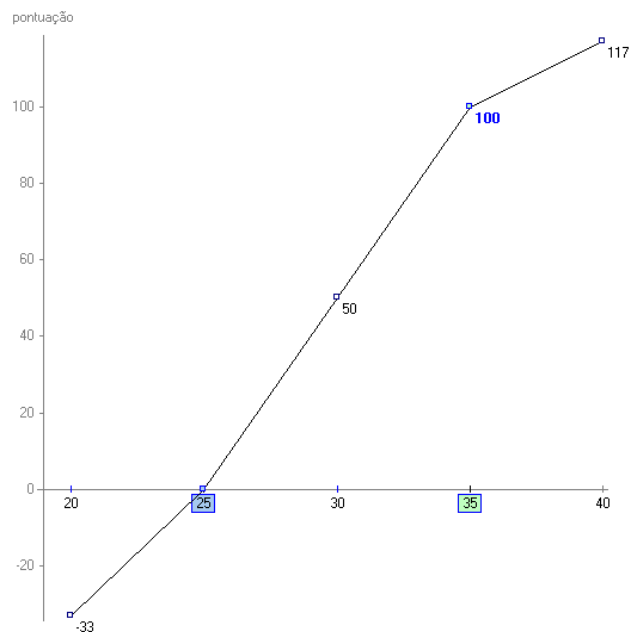
**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 12 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "tensão na ruptura na soldadura lateral"

	40	35	30	25	20	Escala atual
40	nula	mt. fraca	moderada	forte	mt. forte	117
35		nula	moderada	positiva	forte	100
30			nula	moderada	mod-fort	50
25				nula	fraca	0
20					nula	-33

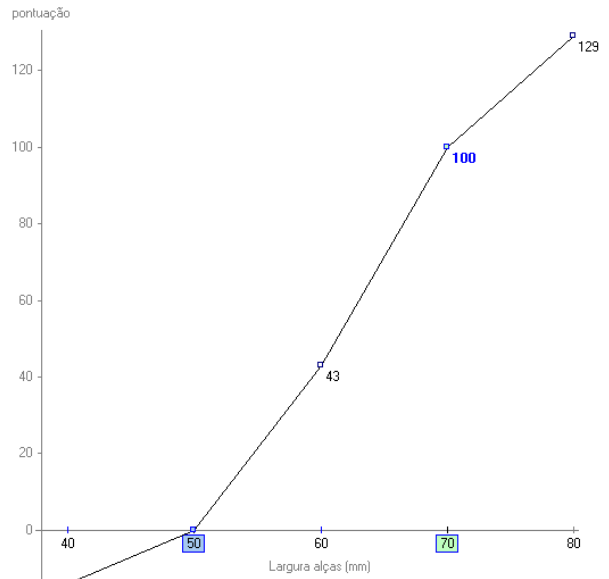
**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 13 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "tensão na ruptura na soldadura das alças"

	80	70	60	50	40	Escala atual
80	nula	mt. fraca	forte	mt. forte	mt. forte	129
70		nula	fraca	positiva	mod-forc	100
60			nula	fraca	fraca	43
50				nula	mt. fraca	0
40					nula	-14

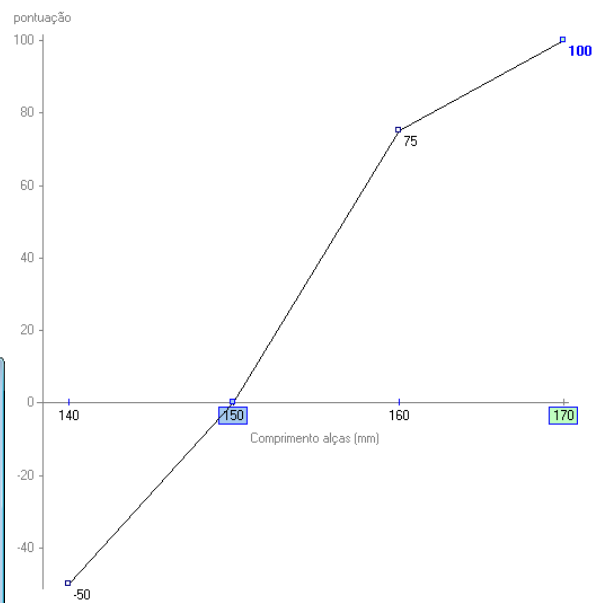
**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 14 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "largura das alças"

	170	160	150	140	Escala atual
170	nula	mt. fraca	positiva	forte	100
160		nula	moderada	moderada	75
150			nula	fraca	0
140				nula	-50

**Julgamentos consistentes**

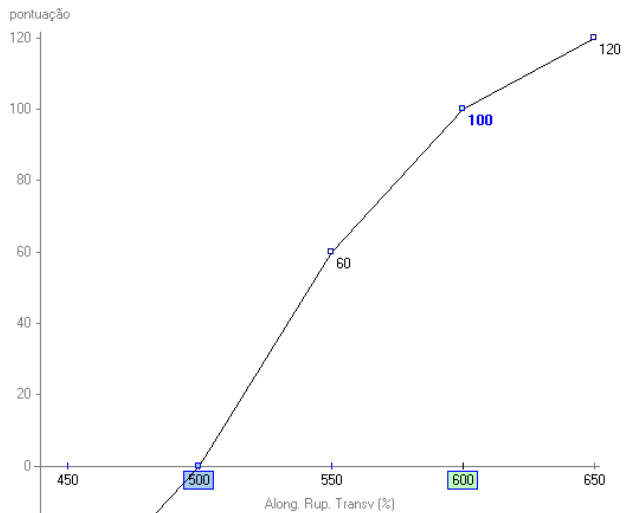


Anexo B Figura 15 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "comprimento das alças"

Alongamento à ruptura transversal

	650	600	550	500	450	Escala atual	
650	nula	mt. fraca	moderada	mod-fort	mt. forte	120	extrema
600		nula	frac-mod	positiva	forte	100	mt. forte
550			nula	moderada	moderada	60	forte
500				nula	frac-mod	0	moderada
450					nula	-40	frac

Julgamentos consistentes

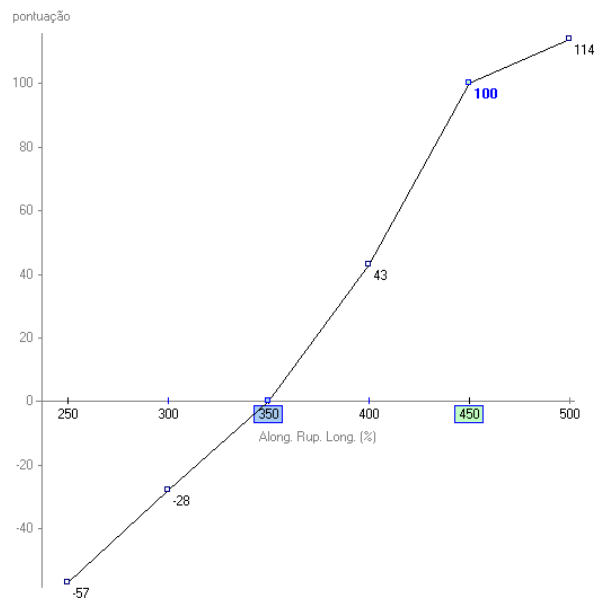


Anexo B Figura 16 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "alongamento à ruptura transversal"

Alongamento à ruptura longitudinal

	500	450	400	350	300	250	Escala atual	
500	nula	mt. fraca	frac-mod	forte	fort-mfort	mt. forte	114	extrema
450		nula	frac	positiva	mod-fort	forte	100	mt. forte
400			nula	frac	moderada	moderada	43	forte
350				nula	frac	frac-mod	0	moderada
300					nula	frac	-28	frac
250						nula	-57	mt. fraca

Julgamentos consistentes



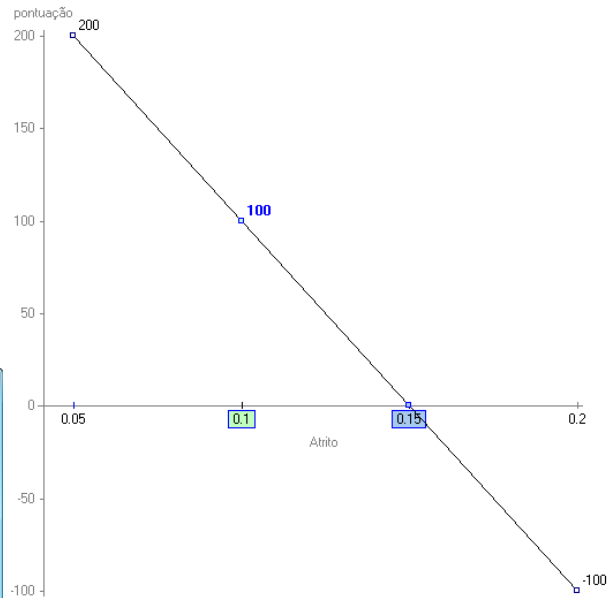
Anexo B Figura 17 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "alongamento à ruptura longitudinal"

**Teste de atrito**

	0.05	0.1	0.15	0.2	Escala atual
0.05	nula	mt. fraca	fraca	frac-mod	200
0.1		nula	positiva	fraca	100
0.15			nula	mfrac-frac	0
0.2				nula	-100

**Julgamentos consistentes**

extrema  
mt. forte  
forte  
moderada  
fraca  
mt. fraca  
nula



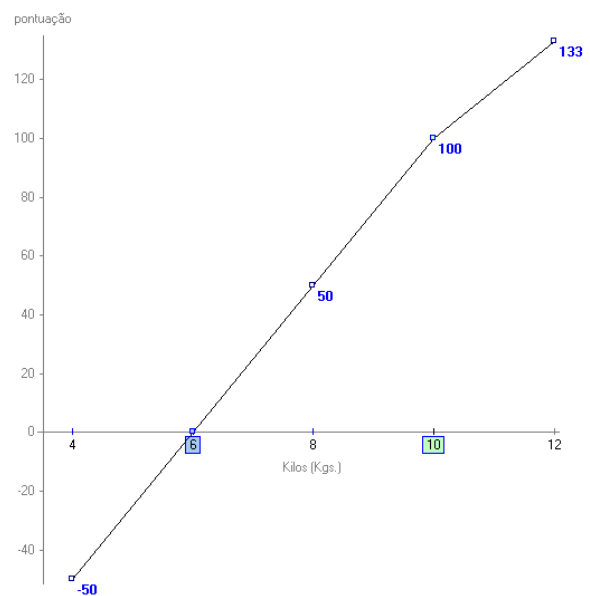
Anexo B Figura 18 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "teste de atrito"

**Teste de queda**

	12	10	8	6	4	Escala atual
12	nula	fraca	moderada	mod-fort	mt. forte	133
10		nula	moderada	positiva	mt. forte	100
8			nula	moderada	forte	50
6				nula	mod-fort	0
4					nula	-50

**Julgamentos consistentes**

extrema  
mt. forte  
forte  
moderada  
fraca  
mt. fraca  
nula

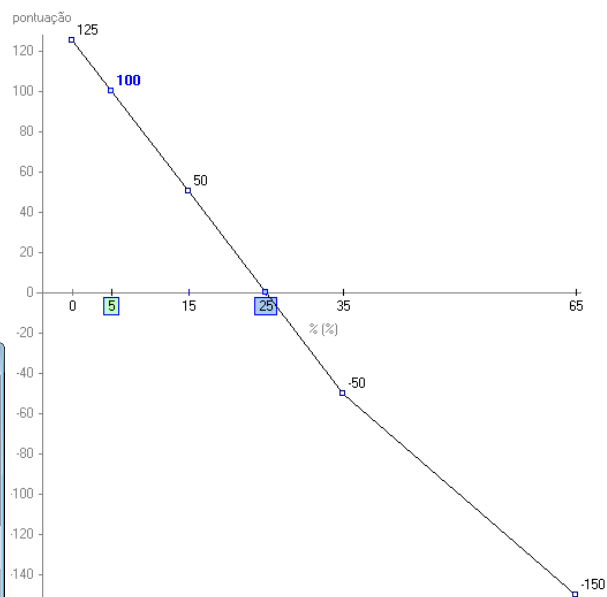


Anexo B Figura 19 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "teste de queda"

**Teste de aderência da tinta**

	0	5	15	25	35	65	Escala atual
0	nula	mt. fraca	fraca	moderada	forte	extrema	125
5		nula	fraca	positiva	forte	extrema	100
15			nula	fraca	moderada	mt. forte	50
25				nula	fraca	forte	0
35					nula	mod-fort	-50
65						nula	-150

**Julgamentos consistentes**

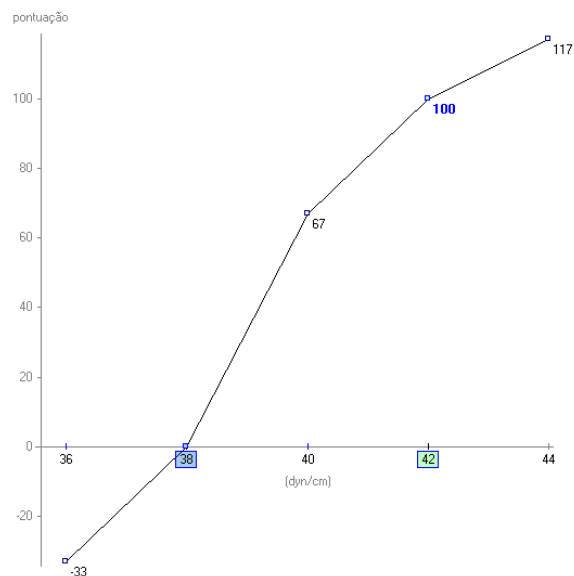


Anexo B Figura 20 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "teste de aderência da tinta"

**Tensão Superficial**

	44	42	40	38	36	Escala atual
44	nula	mt. fraca	mfrac-frac	forte	mt. forte	117
42		nula	fraca	positiva	forte	100
40			nula	moderada	moderada	67
38				nula	fraca	0
36					nula	-33

**Julgamentos consistentes**



Anexo B Figura 21 - Matriz de julgamentos e escala de valor construída para a característica técnica "tensão superficial"



## Anexo C

### Matrizes de julgamentos e pontuações para relações *whats/hows*

Nas matrizes os números representam os vários níveis da escala semântica MACBETH, sendo 0 equivalente a “nulo” e 6 a “extremo”. “P” representa uma diferença positiva.

Não deve ser possível ver o conteúdo

	sup.	Opacidade	Epessura	RasgLong	RasgTransv	ResistImpacto	TensaoRuptLong	TensaoRuptTransv	LarguraSaco	ComprimentoSaco	LarguraFoles	ComprimentoAlças	LarguraAlças	RuptSoldAlças	RuptSoldLateral	RuptSoldFundo	AlongTransv	AlongLong	Atrito	ResistQueda	TensaoAderência	AderênciaTinta	inf.	Escala atual
sup.	0	0	P	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	6	1.00
Opacidade	0	0	Z	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	6	1.00
Epessura			0	5	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5	0.71
RasgLong				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RasgTransv				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistImpacto				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptLong				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptTransv				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraSaco				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoSaco				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraFoles				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoAlças				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraAlças				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldAlças				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldLateral				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldFundo				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongTransv				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongLong				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Atrito				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistQueda				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoAderência				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AderênciaTinta				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
inf.				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Julgamentos consistentes

Anexo C Figura 1 – Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “não deve ser possível ver o conteúdo”

A impressão não deve sair

	sup.	AderênciaTinta	TensaoAderência	RasgLong	RasgTransv	ResistImpacto	TensaoRuptLong	TensaoRuptTransv	Opacidade	Epessura	LarguraSaco	ComprimentoSaco	LarguraFoles	ComprimentoAlças	LarguraAlças	RuptSoldAlças	RuptSoldLateral	RuptSoldFundo	AlongTransv	AlongLong	Atrito	ResistQueda	inf.	Escala atual
sup.	0	0	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00
AderênciaTinta	0	0	1-2	6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	6	1.00
TensaoAderência			0	5	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	P	5-6	5	0.83
RasgLong				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RasgTransv				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistImpacto				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptLong				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptTransv				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Opacidade				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Epessura				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraSaco				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoSaco				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraFoles				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoAlças				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraAlças				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldAlças				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldLateral				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldFundo				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongTransv				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongLong				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Atrito				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistQueda				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
inf.				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Julgamentos consistentes

Anexo C Figura 2 - Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “a impressão não deve sair”

Deve ser fácil de abrir																									
	sup.	Atrito	LarguraFoles	Espessura	LarguraAlças	TensãoAderência	RuptSoldAlças	ComprimentoAlças	Rasglong	RasgTransv	ResistImpacto	TensaoRuptLong	TensaoRuptTransv	Opacidade	LarguraSaco	ComprimentoSaco	RuptSoldLateral	RuptSoldFundo	AlongTransv	AlongLong	ResistQueda	AderênciaTinta	inf.	Escala atual	
sup.	0	2	P	P	2-6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00	
Atrito	0	4	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	4	0.78
LarguraFoles			0	1	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	3	0.38
Espessura				0	2	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2	0.22
LarguraAlças					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensãoAderência					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldAlças					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoAlças					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Rasglong					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RasgTransv					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistImpacto					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptLong					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptTransv					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Opacidade					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraSaco					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoSaco					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldLateral					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldFundo					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongTransv					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongLong					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistQueda					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AderênciaTinta					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
inf.					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Julgamentos consistentes

Anexo C Figura 3 - Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “deve ser fácil de abrir”

Deve ter um tamanho adequado																									
	sup.	LarguraSaco	ComprimentoSaco	LarguraFoles	LarguraAlças	ComprimentoAlças	ResistQueda	Rasglong	RasgTransv	ResistImpacto	TensaoRuptLong	TensaoRuptTransv	Opacidade	Espessura	RuptSoldAlças	RuptSoldLateral	RuptSoldFundo	AlongTransv	AlongLong	Atrito	TensãoAderência	AderênciaTinta	inf.	Escala atual	
sup.	0	0	P	P	P	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00	
LarguraSaco	0	0	1	P	P	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00
ComprimentoSaco			0	2	P	P	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5	0.88
LarguraFoles				0	2	P	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3	0.62
LarguraAlças					0	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2	0.38
ComprimentoAlças						0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	1	0.12
ResistQueda							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Rasglong							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RasgTransv							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ResistImpacto							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptLong							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensaoRuptTransv							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Opacidade							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Espessura							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldAlças							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldLateral							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldFundo							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongTransv							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AlongLong							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Atrito							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensãoAderência							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AderênciaTinta							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
inf.							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Julgamentos consistentes

Anexo C Figura 4 - Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “deve ter um tamanho adequado”

Deve ser "amigo" do ambiente

	sup.	ResistImpacto	ResistQueda	RasgLong	RasgTransv	TensaoRuptLong	TensaoRuptTransv	RuptSoldAlças	RuptSoldLateral	RuptSoldFundo	AlongTransv	AlongLong	Espessura	Opacidade	LarguraSaco	ComprimentoSaco	LarguraFoles	ComprimentoAlças	LarguraAlças	Atrito	TensãoAderência	AderênciaTinta	inf.	Escala atual
sup.	0	3	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00
ResistImpacto		0	0	0	0	P	P	P	P	P	P	P	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	0.50
ResistQueda		0	0	0	0	P	P	P	P	P	P	P	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	0.50
RasgLong		0	0	0	0	P	P	P	P	P	P	P	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	0.50
RasgTransv		0	0	0	0	1	P	P	P	P	P	P	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	3-6	0.50
TensaoRuptLong						0	0	0	0	0	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	0.40
TensaoRuptTransv						0	0	0	0	0	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	0.40
RuptSoldAlças						0	0	0	0	0	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	0.40
RuptSoldLateral						0	0	0	0	0	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	0.40
RuptSoldFundo						0	0	0	0	0	1	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	0.40
AlongTransv											0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0.33
AlongLong											0	0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	0.33
Espessura													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Opacidade													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraSaco													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoSaco													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraFoles													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoAlças													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraAlças													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Atrito													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensãoAderência													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AderênciaTinta													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
inf.													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Julgamentos consistentes

Anexo C Figura 5 - Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “deve ser “amigo” do ambiente”

Não deve rasgar com facilidade

	sup.	Espessura	ResistQueda	ResistImpacto	RuptSoldFundo	RasgLong	RasgTransv	RuptSoldLateral	TensaoRuptLong	LarguraSaco	TensaoRuptTransv	AlongLong	AlongTransv	LarguraFoles	Opacidade	Atrito	TensãoAderência	AderênciaTinta	ComprimentoSaco	ComprimentoAlças	RuptSoldAlças	LarguraAlças	inf.	Escala atual	
sup.	0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	1.00	
Espessura		0	0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	6	1.00
ResistQueda			0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	6	0.95
ResistImpacto			0	0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	6	0.95
RuptSoldFundo					0	2	2-6	P	P	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	5	0.91
RasgLong						0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	5	0.71
RasgTransv							0	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	5	0.65
RuptSoldLateral								0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	4	0.52
TensaoRuptLong									0	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	4	0.41
LarguraSaco										0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	3	0.29
TensaoRuptTransv											0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	3	0.24
AlongLong												0	0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	3	0.24
AlongTransv													0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	2	0.18
LarguraFoles															0	1	P	P	P	P	P	P	P	1	0.11
Opacidade															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Atrito															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TensãoAderência															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
AderênciaTinta															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoSaco															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
ComprimentoAlças															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
RuptSoldAlças															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
LarguraAlças															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
inf.															0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Julgamentos consistentes

Anexo C Figura 6 - Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “não deve rasgar com facilidade”

Deve ser confortável de utilizar																				Escala atual							
sup.	sup.	ComprimentoAlças	LarguraAlças	ComprimentoSaco	LarguraFoles	LarguraSaco	Espessura	AlongLong	RasgLong	RasgTransv	ResistImpacto	TensaoRuptLong	TensaoRuptTransv	Opacidade	RuptSoldAlças	RuptSoldLateral	RuptSoldFundo	AlongTransv	Atrito	ResistQueda	TensaoAderência	AderênciaTinta	inf.				
sup.	0	2	P	P	P	P	P	P	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1.00	6 extrema	
ComprimentoAlças		0	1	P	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	4	0.83	5 mt. forte
LarguraAlças			0	3	P	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	3	0.75	3 moderada
ComprimentoSaco				0	2	P	P	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	3	0.42	2 fraca
LarguraFoles					0	0	0	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2	0.25	1 mt. fraca
LarguraSaco					0	0	0	P	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2	0.25	0 nula
Espessura					0	0	0	2	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2-6	2	0.25	
AlongLong								0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	1	0.08	
RasgLong									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
RasgTransv									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
ResistImpacto									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
TensaoRuptLong									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
TensaoRuptTransv									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
Opacidade									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
RuptSoldAlças									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
RuptSoldLateral									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
RuptSoldFundo									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
AlongTransv									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
Atrito									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
ResistQueda									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
TensaoAderência									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
AderênciaTinta									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
inf.									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	

**Julgamentos consistentes**

Anexo C Figura 7 - Matriz de julgamentos e pontuações obtidas para as relações das características técnicas com o requisito do cliente “deve ser confortável de utilizar”

## Anexo D

### Matrizes de julgamentos e pontuações para correlações (hows)

	CorP36	CorP30	CorP31	CorP1	CorP2	CorP7	CorP6	CorP5	CorP20	CorP11	CorP33	CorP12	CorP13	CorP23	CorP25	CorP34	CorP35	CorP18	CorP4	CorP19	CorP22	CorP9	CorP10	CorP16	CorP24	CorP21	CorP15	CorP17	CorP27	CorP28	CorP29	Nula	Escala atual	
CorP36	1																																1.00	
CorP30		1																																0.99
CorP31			1																															0.99
CorP1				1																														0.89
CorP2					1																													0.89
CorP7						1																												0.89
CorP6							1																											0.83
CorP5								1																										0.78
CorP20									1																									0.78
CorP11										1																								0.72
CorP33											1																							0.72
CorP12												1																						0.67
CorP13													1																					0.67
CorP23														1																				0.67
CorP25															1																			0.67
CorP34																1																		0.61
CorP35																	1																	0.61
CorP18																		1																0.61
CorP4																			1															0.60
CorP19																				1														0.59
CorP22																					1													0.53
CorP9																						1												0.28
CorP10																							1											0.28
CorP16																								1										0.28
CorP24																									1									0.22
CorP21																										1								0.22
CorP15																											1							0.11
CorP17																												1						0.11
CorP27																													1					0.00
CorP28																														1				0.00
CorP29																															1			0.00
Nula																																		0.00

Anexo D Figura 1 – Matriz de julgamentos e pontuações das correlações positivas

	Nula	CorN11	CorN12	CorN13	CorN3	CorN4	CorN6	CorN8	CorN9	CorN10	CorN14	CorN1	CorN7	CorN2	CorN5	Extrema Negativa	Escala atual
Nula	0	1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	6	0.00
CorN11		0	2	2-6	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	4	-0.15
CorN12			0	0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	4	-0.38
CorN13				0	2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	4	-0.38
CorN3					0	0	0	0	0	0	P	P	P	P	P	3	-0.62
CorN4						0	0	0	0	0	P	P	P	P	P	3	-0.62
CorN6							0	0	0	0	P	P	P	P	P	3	-0.62
CorN8								0	0	0	P	P	P	P	P	3	-0.62
CorN9									0	0	P	P	P	P	P	3	-0.62
CorN10										0	1	P	P	P	P	3	-0.62
CorN14												0	1	P	P	3	-0.69
CorN1														0	0	2	-0.78
CorN7															0	2	-0.78
CorN2																0	-0.78
CorN5																	-0.78
Extrema Negativa																	-1.00

**Julgamentos consistentes**

Anexo D Figura 2 - Matriz de julgamentos e pontuações das correlações negativas