



TÉCNICO
LISBOA

**Implementação do QFD como ferramenta de Gestão da
Qualidade com o contributo da Análise Sensorial no
desenvolvimento de produtos na Indústria Alimentar**

Pedro Miguel Lopes de Matos Galamba

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Química

Orientadores: Prof.^a Doutora Maria das Mercedes Leote Tavares Esquível

Engenheira Maria José Neto Silva Sobrinho Pires

Júri

Presidente: Prof. Doutor Sebastião Manuel Tavares da Silva Alves

Orientador: Engenheira Maria José Neto Silva Sobrinho Pires

Vogal: Prof.^a Doutora Maria de Fátima Guerreiro Coelho Soares Rosa

Junho 2015

Para a minha mãe Maria Fernanda, matriarca do meu mundo.

Para o meu pai Carlos, homem de armas e jovial conselheiro.

Ao meu irmão André, dotado perfeccionista e eterno amigo.

Agradecimentos

Não poderia deixar de agradecer a todas as pessoas que, directa ou indirectamente, me ajudaram e contribuíram para a realização deste projecto.

À Professora Mercedes Esquível agradeço a sua disponibilidade, a partilha de conhecimentos sobre o tema e a maneira como encarou este projecto comigo.

À Engenheira Maria José Pires agradeço a oportunidade de estagiar numa grande empresa, o contributo científico que deu ao projecto, os seus ensinamentos e a atitude encorajadora.

À Cristiana Loureiro, ao Xil Veríssimo, à Patrícia Candeias e à Ana Cação agradeço a forma amigável com que me receberam no departamento I+D, o apoio em todas as etapas do trabalho, os conselhos e a boa disposição. Fizeram-me sentir parte da equipa e isso ajudou em muito na conclusão do projecto.

A todos os elementos do departamento da qualidade, em particular à Fátima Ribeiro, agradeço a boa disposição e o ambiente saudável que me proporcionaram.

Aos meus pais agradeço a força, o apoio total em todas as minhas decisões e a crença nas minhas ambições desde sempre. Sem eles tudo isto seria impossível.

À minha avó, agradeço a disponibilidade e todos os esforços que fez por mim, mesmo numa altura complicada da sua vida.

Ao meu irmão André agradeço a amizade incondicional e as alegrias partilhadas.

A todos os meus verdadeiros amigos, em especial ao Bernardo Reis, à Filipa Alves e ao Manuel Facada, agradeço todos os momentos passados desde o início do curso.

Por último mas não menos importante, agradeço à Joana Moutinho pela paciência, pela preocupação desmedida e pela mentalidade ambiciosa com que me contagiou e continua a contagiar.

Muito obrigado a todos.

Pedro Galamba

Coruche, Maio de 2015

Resumo

O principal objectivo desta dissertação consistiu na implementação do QFD (Quality Function Deployment) na linha de produção de pão de forma.

O desdobramento da função da qualidade, QFD, permitiu desdobrar os requisitos do consumidor em etapas e variáveis do processo.

Realizou-se um inquérito *online* a fim de definir os requisitos mais importantes para o consumidor em relação ao pão de forma.

Para escolher as características técnicas do produto utilizou-se a análise sensorial.

Definiu-se um painel piloto de provadores não treinados, dimensionou-se uma sala específica para testes e estabeleceu-se um procedimento para as provas sensoriais.

Construiu-se a primeira matriz e as características técnicas do produto foram priorizadas a partir do somatório da intensidade das relações com os requisitos pré-definidos.

Desdobraram-se as características em etapas do processo, priorizaram-se as etapas, e estas desdobraram-se nas suas variáveis operatórias mais importantes através da construção da segunda e da terceira matriz.

Através dos resultados obtidos pelas inter-relações definidas pelo desdobramento da qualidade, integrou-se o QFD com a análise de modo e efeito de falhas (AMFE) para perceber os desvios encontrados na qualidade do produto.

Construíram-se matrizes de análise de falhas para as características onde foram encontrados os maiores desvios, relacionando-as com as possíveis causas existentes no processo.

Com base nos resultados obtidos, apresentaram-se soluções de melhoria para corrigir as características do pão de forma e otimizar as etapas do processo mais importantes.

Palavras-chave: QFD, análise sensorial, voz do consumidor, indústria de panificação.

Abstract

The main purpose of this thesis consists in the implementation of QFD (Quality Function Deployment) in sliced bread production line.

The deployment of quality function allows deploying customer requirements into process stages and process variables.

An online survey was conducted in order to define the most significant customer requirements related to sliced bread.

The sensory analysis was used to choose the product technical specifications.

A pilot panel of untrained assessors was set up, a test room was scaled-up and a procedure for sensory tests was set up.

The first matrix was built and the product technical specifications were ranked through the sum of relations intensity with the pre-defined requirements.

The technical specifications and the process stages were deployed, the process stages were ranked and then were deployed in its most important operative variables through the construction of the second and third matrix.

Through the obtained results of the quality deployment, QFD was integrated with FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) in order to understand the deviations of the product quality.

Failure matrixes of the product specifications with more quality deviations were built and the related causes were established.

Based on the results, improvement solutions were submitted in order to fix sliced bread specifications and optimize the most important process stages.

Keywords: QFD, sensory analysis, voice of customer, baking industry.

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Índice	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Produção de pão de forma.....	1
1.1.1. Contextualização histórica	1
1.2. State of the Art.....	3
1.3. Enquadramento do Projecto.....	4
1.4. Esquema da Dissertação	4
2. Aplicação da Metodologia QFD.....	5
2.1. Requisitos do Consumidor	5
2.1.1. Modelo de Kano	5
2.1.2. Matrizes da Qualidade	7
2.1.3. Requisitos do Consumidor (“Quês” da Matriz).....	7
2.2. Características Técnicas do Produto (“Comos” da matriz)	15
2.2.1. Análise Sensorial.....	15
2.2.2. Características técnicas do produto com base na análise sensorial	26
2.3. Correlações entre as Características técnicas	26
2.4. Dificuldade Técnica	27
2.5. Avaliação Técnica Competitiva	28
2.6. Matriz de Relações “Quês” vs “Comos”	29
2.7. Importância das características técnicas e Objectivos.....	30
2.8. Representação da Primeira Matriz	31
3. Desdobramento da Função da Qualidade	33
3.1. Segunda Matriz.....	34
3.1.1. Características do Produto.....	34
3.1.2. Processo de Produção	35
3.1.3. Matriz de Relações “Quês” vs “Comos”	39

3.1.4.	Importância técnica e Objectivos	41
3.1.5.	Representação da Segunda Matriz.....	42
3.2.	Terceira Matriz.....	43
3.2.1.	Etapas do Processo	43
3.2.2.	Variáveis Operatórias de cada Etapa do Processo	44
3.2.3.	Matriz de Relações “Quês” vs “Comos”	44
3.2.4.	Importância técnica e Objectivos	45
3.2.5.	Representação da Terceira Matriz	46
4.	Análise de falhas	48
4.1.	Falhas e Causas.....	48
4.2.	Análise dos modos de falha e efeitos (AMFE)	50
4.3.	Resultados e Soluções de Melhoria	1
5.	Conclusões	3
6.	Trabalhos Futuros.....	5
	Bibliografia	7

Índice de Figuras

Figura 1 – Protótipo da primeira máquina fatiadora de Rohwedder, comercializada pela primeira vez a 7 de Julho de 1928.	1
Figura 2 – Ilustração dos vários processos de produção de pão de forma.	2
Figura 3- – gráfico do modelo da Qualidade de Kano. [11]	6
Figura 4 – % de informação de ideias inovadoras recolhidas por número de clientes entrevistados. [15].....	8
Figura 6 – Dados dos consumidores que responderam ao inquérito.	9
Figura 7 – Dados acerca do consumo de pão de forma	10
Figura 7 – Preferências de escolha e critérios de avaliação.....	11
Figura 8 – Representação ordem de relevância das características na opinião do inquirido.	12
Figura 9 – Ilustração do conceito actual de análise sensorial. [17]	16
Figura 10 – Diferentes áreas da língua onde são percebidos os 4 sabores básicos.[50]	18
Figura 11 – Detecção de odores e aromas pelo ser humano. [50].....	19
Figura 13 – Relações de atributos do flavour. a – incluindo temperatura e sensação de dor; b – outros estímulos físicos. [63]	20
Figura 13 - Escala hedónica mista utilizada na ficha de avaliação de produtos.....	22
Figura 14 – Perfil sensorial, em coordenadas polares, do produto standard, relativamente aos 5 atributos da escala hedónica.....	22
Figura 15 – Dinâmica do QFD. [28].....	33
Figura 16 – Desdobramento de matrizes. [28]	34
Figura 19 – Ilustração da divisora utilizada. [64]	35
Figura 20 – Ilustração da etapa de boleado. [64].....	36
Figura 19 – a) Forma rectangular utilizada na produção do pão; b) Forma rectangular com tampa [30].	36
Figura 20 – Variação da percentagem de actividade da levedura em função da temperatura.[30]	37
Figura 21 – Esquema de um forno tipo túnel. [31], [32]	37

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Vantagens e Desvantagens do pão de forma, na visão de um consumidor.	13
Tabela 2.2 – Priorização das necessidades do consumidor através do grau de importância.	14
Tabela 2.3 – Classificação final da Avaliação competitiva.....	15
Tabela 2.4 – Percepção sensorial e características detectáveis pelos 5 sentidos.	17
Tabela 2.5 – Soluções padrão para os testes de identificação dos sabores básicos.....	18
Tabela 2.6 – Descrição das características mecânicas primárias e secundárias.....	20
Tabela 2.7 – Ordenação numérica das classificações dos julgamentos.	23
Tabela 2.8 – Tabela de resultados da Análise de Variância.....	24
Tabela 2.9 – Correlações das características técnicas do produto.	27
Tabela 2.10 – Dificuldade técnica das características do produto.....	28
Tabela 2.11 – Avaliação técnica competitiva com a concorrência.....	29
Tabela 2.12 – Matriz de relações do QFD.	30
Tabela 2.15 – 1ª Matriz do QFD.....	31
Tabela 3.1 – Graus de importância das Características do Produto.	35
Tabela 3.2 – Dificuldade técnica imposta para as etapas do processo.	39
Tabela 3.3 – Matriz de relação da 2ª Matriz do QFD.	41
Tabela 3.4 – 2ª Matriz do QFD.....	42
Tabela 3.5 – Graus de importância das etapas do processo.....	44
Tabela 3.7 – Dificuldade técnica imposta para as etapas do processo.	44
Tabela 3.8 – Matriz de relações da 3ª matriz do QFD.	45
Tabela 3.9 – 3ª Matriz do QFD.....	46
Tabela 4.1 – Causas da falha na regularidade do miolo. [29], [61]	48
Tabela 4.2 – Causas da falta de coesividade. [29], [61]	49
Tabela 4.3 – Causas de flavour pobre. [29], [61]	49
Tabela 4.4 – Matriz de análise de falhas integrada com o QFD, para as falhas na coesividade.	51
Tabela 4.5 - Matriz de análise de falhas integrada com o QFD, para as falhas na regularidade do miolo.	52
Tabela 4.6 - Matriz de análise de falhas integrada com o QFD, para as falhas no <i>flavour</i>	52

1. Introdução

1.1. Produção de pão de forma

1.1.1. Contextualização histórica

Para se perceber a origem do pão de forma fatiado é preciso voltar-se aos finais do século XIX, inícios do século XX, nos EUA, em que 90% do pão consumido era produzido em casa e o povo americano começava a preocupar-se com a integridade e a pureza das suas reservas de comida. [1]

O amassar com as mãos era visto como uma fonte de contaminação e as leveduras usadas eram tidas como suspeitas – “*Bread rises when infected with the yeast germ because millions of these little worms have been born and have died*”. [2]

Imaginando um cenário destes, dificilmente alguém seria levado a abrir a sua própria padaria. Contudo, a sua produção em massa começou a ser vista com bons olhos. A produção em massa dos pães de forma começou a ser feita em fábricas limpas, com misturadores mecânicos e toda a regulamentação governamental da época.

Mas estes pães industriais ao serem incrivelmente macios tornavam o simples fatiar em casa numa tarefa quase impossível, sem o desfazer. A solução passava então pelas máquinas fatiadoras de pão.

Foi então que, em 1912, Otto Frederick Rohwedder, joalheiro de profissão, nascido no Missouri, vendeu as suas três joalherias, rumou a Iowa com a sua família e investiu na invenção que viria a mudar o consumo de pão de forma. [3]

O seu primeiro protótipo (Figura 1), que mantinha as fatias do pão juntas com alfinetes metálicos, foi recusado e considerado uma ideia inaceitável por outros padeiros, uma vez que os alfinetes tendiam a cair. De maneira a melhorá-lo, pensou ainda em envolver o pão acabado de fatiar em papel encerado, mas novamente os padeiros se opuseram a tal método.¹

E a 7 de Julho 1928, depois de em 1917 perder tudo o que até à data tinha construído num incêndio, Rohwedder teve a oportunidade que esperava. A *Chilicothe Baking Company*, em Chilicothe, Missouri, instalou a sua máquina chamando-lhe “*Kleen Maid Sliced Bread*”. [4]

No dia seguinte à venda do pão de forma fatiado, foram vários os comentários feitos por jornais locais, intitulando o feito como o maior passo na indústria de panificação desde o pão embrulhado, que o levaram a tornar-se num enorme sucesso e este fenómeno rapidamente se

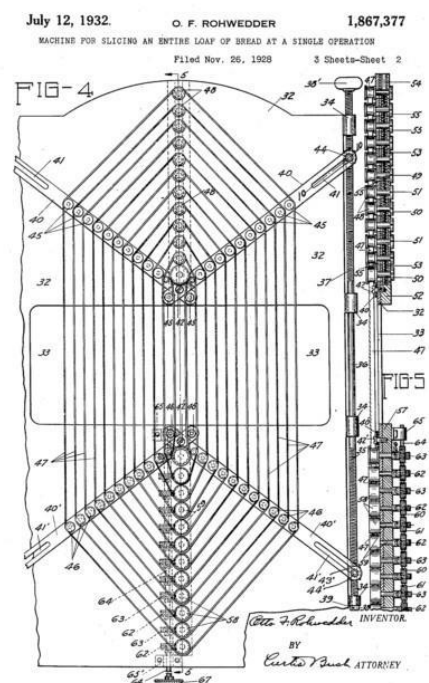


Figura 1 – Protótipo da primeira máquina fatiadora de Rohwedder, comercializada pela primeira vez a 7 de Julho de 1928.

¹ Fonte: <http://mentalfloss.com/article/49168/brief-history-sliced-bread>, consultado a 11/05/2015.

espalhou pelos Estados Unidos. Em 1930, pegando no modelo de Rohwedder, a *Wonder Bread* começou a construir as suas próprias máquinas fatiadoras e a distribuir pão pré-fatiado por todo o país.

Durante a 2ª Guerra Mundial, a 18 de Janeiro de 1943, o governo dos EUA parou a produção das fábricas em detrimento da produção de armamento de guerra e com o objectivo de poupar dinheiro para o país, proibindo qualquer padaria em Nova Iorque de fatiar o seu próprio pão obrigando as famílias americanas a cortá-lo novamente. Contudo, dois meses depois, o governo revogou a proibição afirmando que as poupanças depois da proibição tinham sido insignificantes. [2]

Hoje em dia, o pão de forma fatiado é um fenómeno global e parte inerente do mercado mundial, sendo produzido em todos os cantos do mundo, em várias formas e sabores, com e sem cêdea, podendo ser consumido de diferentes maneiras, existindo vários processos industrializados para a sua produção.² (Figura 2)

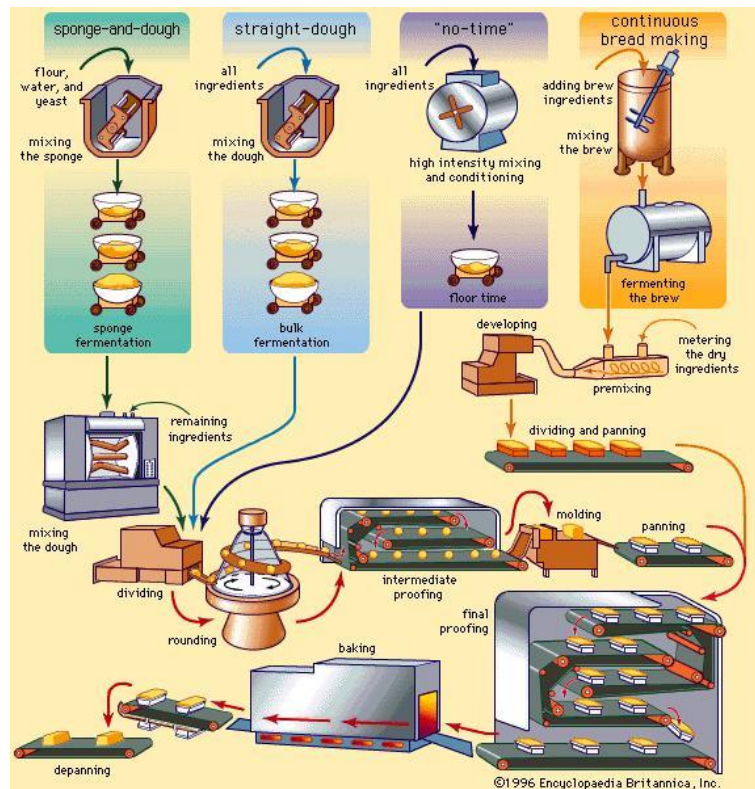


Figura 2 – Ilustração dos vários processos de produção de pão de forma.

² Fonte: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/49594/baking/50226/Baking>, consultado a 11/05/2015.

1.2. State of the Art

Em qualquer organização com um sistema de gestão da qualidade implementado, são aplicadas várias ferramentas que permitem o controlo, a monitorização e o acompanhamento da qualidade desejada. Concretamente no departamento de I+D, as ferramentas de gestão da qualidade são aplicadas aos projectos fazendo parte integrante dos procedimentos de desenvolvimento de novos produtos e de melhoria contínua.

Dentro das ferramentas de gestão da qualidade utilizadas destacam-se pela sua utilidade as matrizes de dupla entrada, denominadas de matrizes da qualidade, que relacionam as características do produto e do processo com os requisitos do consumidor, com os riscos associados a cada etapa, com as possíveis causas e provenientes falhas, que definem a priorização das etapas dos procedimentos e a priorização de projectos entre si, entre outras funções. [5] Uma das ferramentas mais utilizada no desenvolvimento de novos produtos, e que representa bem as relações mencionadas através de matrizes, é o QFD.

Esta ferramenta teve origem no Japão, na década de 60, e inicialmente foi criada pelos professores Akao e Mizuno [10] com o objectivo de auxiliar e garantir o cumprimento dos requisitos do consumidor durante o desenvolvimento do produto. A partir daí, foram várias as evoluções metodológicas e as alterações feitas à sua concepção.

Paralelamente a essa evolução levada a cabo no Japão, a partir de 1986, houve nos Estados Unidos da América uma intensa difusão do QFD, muito embora já existissem diferentes metodologias semelhantes à desenvolvida pela equipa do professor Akao. [6]

A versatilidade do QFD é tal que foram desenvolvidos vários tipos de métodos de aplicação: QFD_r (QFD restrito), o QD (apenas desdobramento da Qualidade) e o QFD padrão – o mais utilizado.

A aplicação desta ferramenta permite o desdobramento dos requisitos do consumidor até às características técnicas quantificáveis e específicas do produto e identificar os pontos fortes e fracos do produto e do processo e as falhas e os desvios à idealização inicial. Contudo, o risco associado a cada falha e as suas possíveis causas não são contabilizados. [6]

Outra ferramenta utilizada no desenvolvimento de novos produtos é a metodologia AMEF (Análise de Modo e Efeito de Falhas) que consiste na análise sistemática do histórico das falhas. Esta análise permite avaliar aspectos relacionados com as falhas do produto e a sua confiabilidade, permite priorizar e eliminar falhas, problemas e erros potenciais nos produtos em desenvolvimento através de uma matriz da qualidade onde as relações das falhas com o risco e as possíveis causas ajudam a visualizar quais as acções de melhoria contínua a aplicar para controlar o processo.

O QFD e a análise de falhas têm focos diferentes e por isso, normalmente, não são aplicadas em conjunto nos projectos, derivado do facto de terem sido desenvolvidas em alturas diferentes na história da gestão da qualidade. [7] No entanto, os esforços nos dias de hoje são feitos de modo a poder integrar as duas ferramentas da qualidade no mesmo projecto conseguindo assim desdobrar os requisitos do consumidor em características da qualidade do produto e do processo e analisar quais as possíveis falhas que metem em causa a sua confiabilidade. [7]; [8]

É possível, portanto, integrar os dois métodos através das conclusões retiradas das matrizes do QFD, utilizando os indicadores de priorização de importância do QFD para quantificar, numa matriz de análise de falhas, as falhas potenciais ou existentes.

Esta nova abordagem permite a compreensão da intensidade das relações entre os requisitos do consumidor e os riscos de desenvolvimento no início de um projecto de modo a evitar que se cometam falhas e erros que possam inviabilizar e aumentar os custos associados, sendo já utilizada em projectos importantes de grandes companhias, como a NASA e U.S. Air Force. [9]

1.3. Enquadramento do Projecto

Este trabalho está inserido num vasto número de projectos de melhoria contínua do departamento de investigação e desenvolvimento e consistiu na implementação do QFD como ferramenta de gestão da qualidade com o contributo da análise sensorial para o acompanhamento dos produtos da linha de produção do pão de forma.

Tendo em vista a descoberta dos pontos fracos e posterior melhoria dos produtos, o QFD foi aplicado primeiramente aos produtos da linha do pão de forma com melhor desempenho no mercado. Este desempenho no mercado é determinado pela satisfação do cliente e pelas suas exigências e o produto escolhido para acompanhar foi um pão de forma X..

Os produtos foram provados semanalmente, sendo que um procedimento para o regime de provas foi estabelecido para que os resultados sensoriais dessa análise servissem de base do QFD.

Outro dos objectivos do projecto foi uma análise de possíveis causas de falhas existentes no processo através de uma matriz.

Após a análise dos resultados o passo seguinte será a implementação do QFD em todas as linhas de produção.

1.4. Esquema da Dissertação

O esquema da dissertação encontra-se dividido por capítulos.

No capítulo 2 são transmitidos os conceitos teóricos para o desenvolvimento da primeira matriz do QFD, tendo como foco os requisitos do consumidor através da voz do consumidor (VOC) e as características da qualidade do produto através da análise sensorial.

O capítulo 3 descreve o desdobramento da função da qualidade nas matrizes seguintes, que incluem a descrição do processo de produção e as variáveis operatórias a ter em conta no processo.

A integração do QFD com a análise de falhas e causas é feita no capítulo 4 onde são também propostas soluções de melhoria.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as principais conclusões da dissertação e o capítulo 6 as sugestões de trabalhos futuros.

2. Aplicação da Metodologia QFD

A primeira parte do projecto consistiu na obtenção dos requisitos definidos pelo consumidor através de um inquérito sobre hábitos de consumo e das características técnicas do produto através da análise sensorial para aplicar o QFD padrão.

2.1. Requisitos do Consumidor

2.1.1. Modelo de Kano

A análise de Kano consiste num método para determinar as necessidades dos consumidores, sejam elas verbalizadas ou não. Segundo este método, os requisitos do produto podem ser classificados como básicos, proporcionais e inesperados. (Figura 3)

Os requisitos básicos não são expressos pelo cliente já que são inerentes à funcionalidade do produto. No entanto se não existirem, a satisfação do consumidor não é atingida, pois são tidos como requisitos obrigatórios do produto (expected requirements).

Nos requisitos proporcionais, a satisfação do consumidor é tanto maior quanto mais o produto oferecido vá de encontro com as suas necessidades e exigências. Estes requisitos correspondem a certas necessidades expressas pelo consumidor e são subjectivas.

Por último, os requisitos inesperados correspondem a expectativas que o consumidor não manifesta. São inovações introduzidas nos produtos que aumentam a satisfação do consumidor, mas que quando não existem não causam insatisfação porque não são esperadas.

Verifica-se ainda uma evolução temporal no sentido em que as características inesperadas, ao fim de um certo tempo, passam a proporcionais e no final serão tidas como características básicas. Por exemplo, o airbag ou os vidros eléctricos de um automóvel são características que inicialmente eram inesperadas para o cliente e que ao serem implementadas fizeram a diferença em relação à concorrência. Actualmente são consideradas características básicas e o airbag é um requisito obrigatório de segurança.

Na Figura 3 está representado o modelo da Qualidade de Kano com os tipos de requisitos do consumidor, em que a seta a azul claro representa o decaimento das características com o tempo.

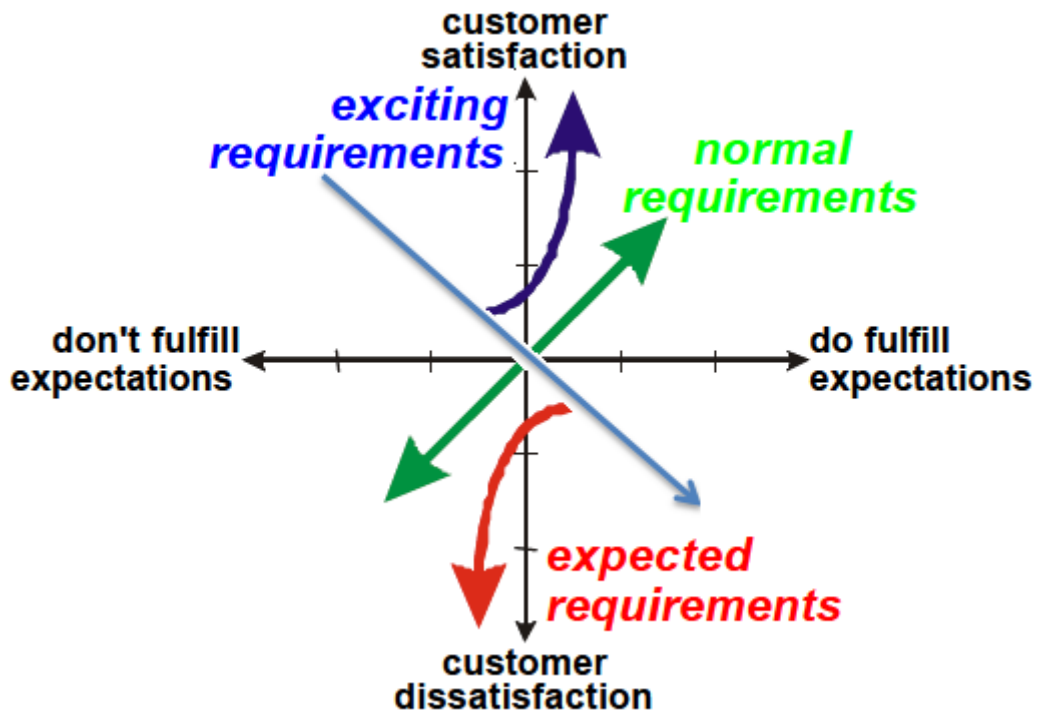


Figura 3- – gráfico do modelo da Qualidade de Kano. [11]

Estas três categorias de requisitos que descrevem as expectativas do consumidor são muito interessantes pois permitem distinguir as necessidades que vão surgindo e as novas expectativas do consumidor. Devem ser aproveitadas de forma a inovar e estar um passo à frente da concorrência, pois ao identificar as características atractivas de um produto, antecipando-se aos concorrentes mais directos, poder-se-á chegar a uma resposta a uma nova necessidade que surja inexistente até então.

Na indústria alimentar, no sector da padaria e em especial do pão de forma, os requisitos proporcionais giram em volta de produtos que permitam ao consumidor desfrutar de uma sensação de “acabado de fazer” em todas as fatias e com uma validade de longa duração. As inovações deste produto nas diferentes empresas ficam-se basicamente em algumas alterações nas matérias-primas utilizadas e as suas quantidades e também no processo de fabrico.

No entanto, é preciso “entrar” na cabeça do consumidor geral para conseguir obter a sua visão acerca do pão de forma e retirar da VOC as necessidades mais importantes a satisfazer inicialmente e transformá-las em características do produto em desenvolvimento. A melhor maneira de consegui-lo é através de vários inquéritos a todo o tipo de consumidores que existem no mercado.

2.1.2. Matrizes da Qualidade

O desdobramento da função da Qualidade é um método simples, que tem como características ouvir o que os consumidores pensam sobre um produto e aquilo que realmente querem, precisam ou esperam e, de seguida, utilizar um sistema lógico para determinar a melhor maneira de satisfazer essas exigências com os recursos disponíveis.

Consiste pois na conversão das necessidades do consumidor em características de qualidade do produto, através do desdobramento sucessivo de matrizes compostas por relações e correlações entre essas mesmas variáveis. Para além de se poder obter a satisfação do consumidor, o uso do QFD quando aplicado na fase de desenvolvimento do produto permite reduzir as possíveis modificações e alterações de processos, diminuindo assim o risco e os custos associados.

Por fim, a vantagem mais importante é, sem dúvida, a obtenção de dados a partir da percepção do consumidor que permitem a identificação das alterações dos valores sociais e a detecção de novas oportunidades de negócio. Se as necessidades dos diferentes consumidores forem tidas em conta e forem satisfeitas, então a vantagem competitiva recairá para o competidor que melhor satisfaça todo o seu mercado alvo. [12]

Como ponto de partida do QFD, utilizou-se a casa da qualidade (House of Quality) obtida através do cruzamento dos requisitos do consumidor - aquilo que expressa - os “Quês” da matriz, com os parâmetros quantitativos para a qualidade do produto, designados de “Comos”. [13], [14]

Os parâmetros quantitativos correspondem aos requisitos técnicos do produto, são mensuráveis e são definidos pela organização para garantir a competitividade no mercado.

Pelo que foi dito anteriormente, a implementação do QFD requer, obrigatoriamente, um conhecimento profundo sobre o processo de fabrico bem como sobre os termos definidos *a priori* que caracterizam sensorialmente os produtos em desenvolvimento, de modo a conseguir intervir no referido processo da maneira desejada.

2.1.3. Requisitos do Consumidor (“Quês” da Matriz)

A construção da matriz inicial tem como ponto de partida a identificação das necessidades do cliente em duas vertentes: a) identificação dos requisitos actuais do cliente e b) identificação das alterações necessárias para satisfazê-las.

A captação da Voz do Cliente (VOC) tem como primeira fase um estudo de mercado, fase essencial no início do projecto. Permite determinar e priorizar as necessidades do consumidor e o ambiente do mercado alvo. A melhor forma de chegar ao consumidor é através de entrevistas, que devem ser encaradas com uma mentalidade aberta a fim de conseguir recolher todos os pensamentos do consumidor, mesmo aqueles que não são expressos ou que, por falta de conhecimento técnico, são sentidos, mas não são quantificados, como por exemplo, a sensação de secura, ou gomosidade do pão. (ver subcapítulo 2.2.1)

De modo a recolher informação acerca de novas ideias inovadoras para o produto, devem ser realizadas entre 12 a 20 entrevistas ao conjunto de consumidores previamente seleccionados e que sejam representativos do mercado alvo. Como se pode visualizar na Figura 4, 90% de informação de ideias inovadoras é obtida para cerca de 20 entrevistas não se verificando ganhos na informação para valores superiores. [15]

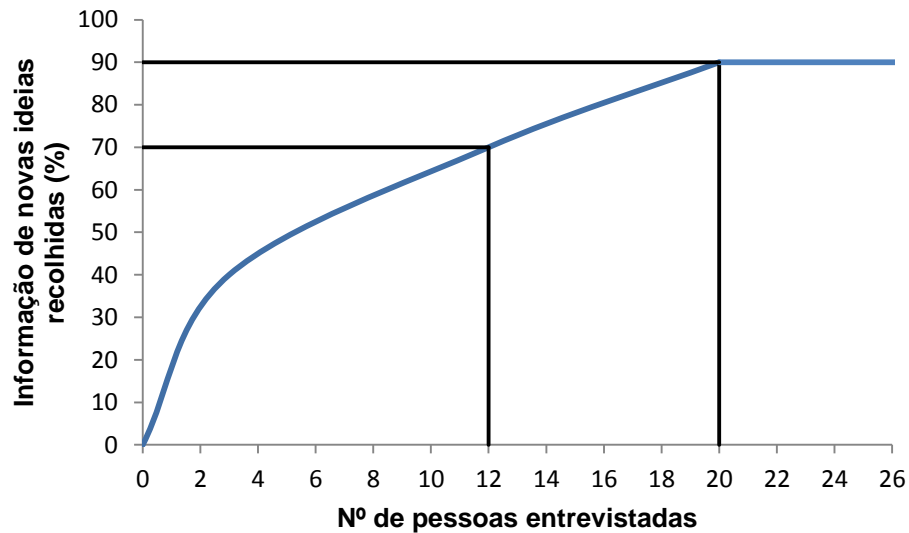


Figura 4 – % de informação de ideias inovadoras recolhidas por número de clientes entrevistados. [15]

Neste projecto, esta etapa do estudo de mercado através da VOC não foi considerada já que o objectivo principal foi o acompanhamento e melhoramento do produto pão de forma X que os requisitos para o consumidor já estavam definidos.

2.1.3.1. Inquérito ao consumidor

Desenvolveu-se um inquérito com o departamento de marketing, realizado *online*, sobre os hábitos de consumo de pão de forma embalado tentando chegar a todos os consumidores num curto espaço de tempo.

É ainda de salientar, que não foram contempladas no inquérito questões para clientes não consumidores de pão de forma embalado, não permitindo a identificação das causas do pão de forma não fazer parte dos seus hábitos de consumo.

O inquérito, realizado em Outubro de 2014, foi composto por quatro partes.

Na primeira parte, caracterizou-se a população e, de acordo com a Figura 5, vê-se que as respostas recebidas foram na maioria da população jovem adulta, com 93% entre os 15 e os 50 anos, 77% de solteiros e 67% do sexo feminino.

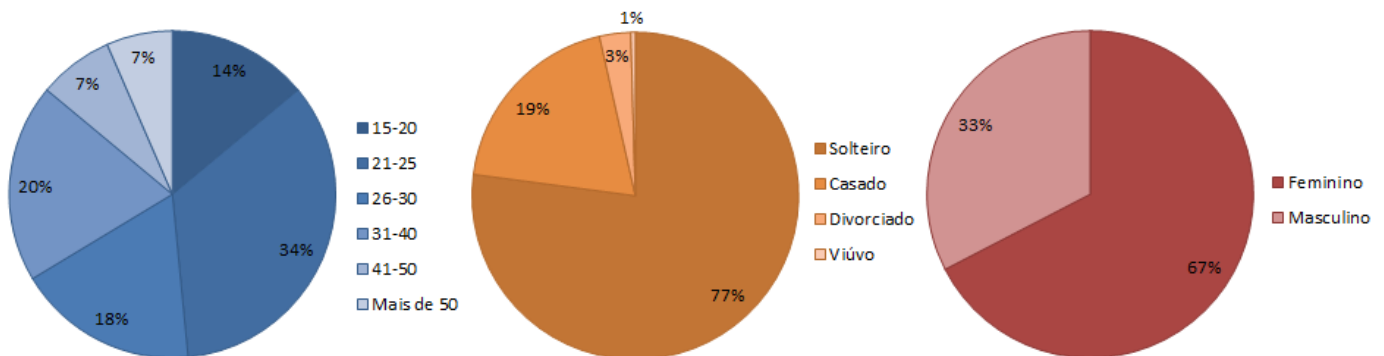


Figura 5 – Dados dos consumidores que responderam ao inquérito.

A segunda parte do inquérito foi composta por questões de escolha múltipla, específicas para os consumidores habituais de pão de forma e teve como objectivo perceber a frequência de consumo dos diferentes tipos de pão de forma.

Como se pode verificar na Figura 6, 70% dos inquiridos consome pão de forma uma vez por mês e fá-lo maioritariamente ao pequeno-almoço e ao lanche (87%), raramente consumindo nas principais refeições do dia. O consumo de pão de forma com acompanhamento é destacadamente preferido (96%) sendo que o acompanhamento preferido é a manteiga (28%) seguido do queijo e fiambre juntos (22%).

Em relação aos tipos de pão de forma, o pão de forma branco com côdea é o mais conhecido (32%) e consumido (29%), seguindo-se o pão branco sem côdea e o pão integral.

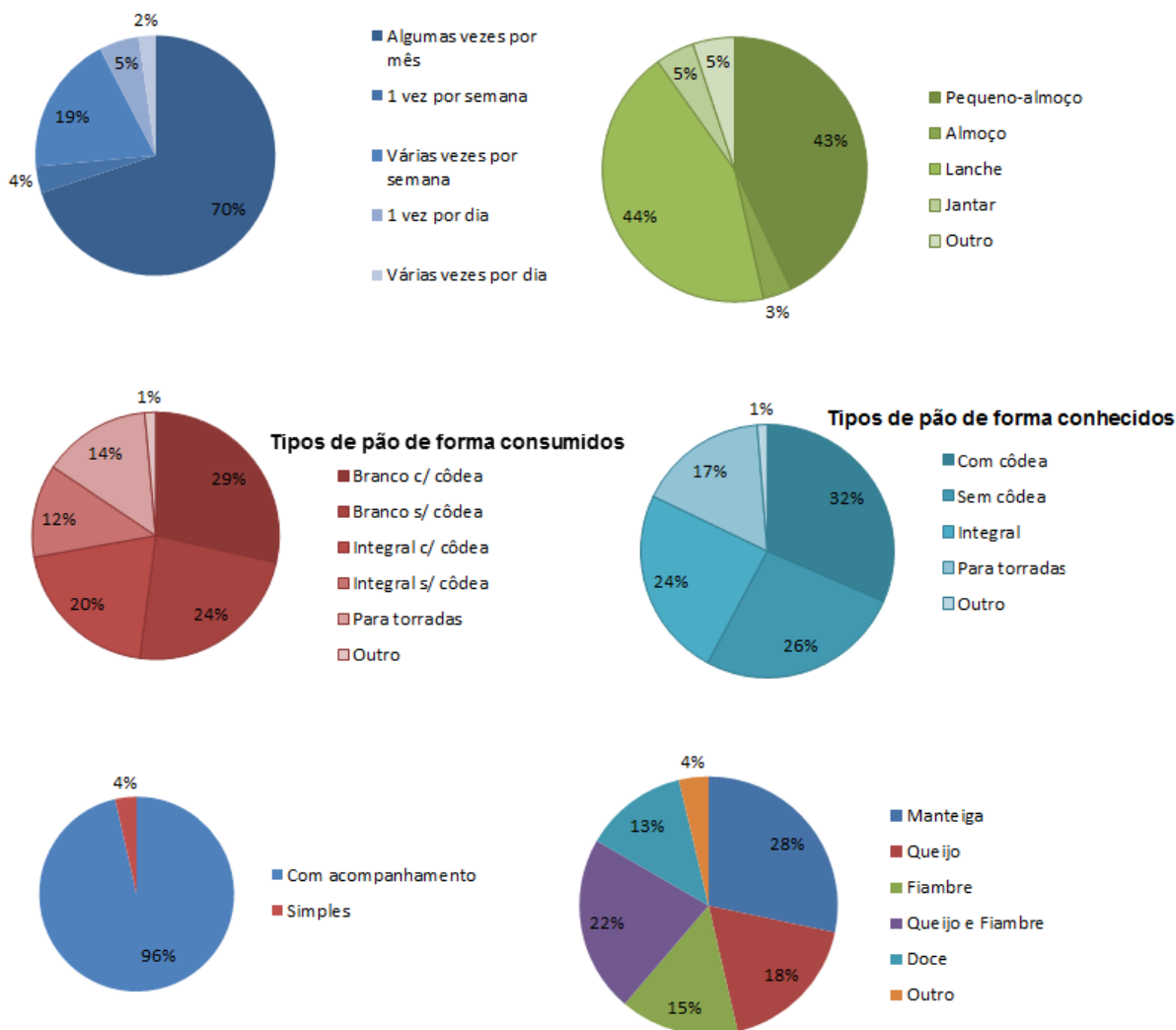


Figura 6 – Dados acerca do consumo de pão de forma

Na terceira parte do inquérito tentou-se identificar quais os factores que influenciam a escolha do consumidor, os seus hábitos de compra, os critérios de avaliação utilizados na compra de pão de forma e de que forma a publicidade influencia a imagem do produto na sua escolha. (Figura 7)

Cerca de 84% dos inquiridos escolhem e compram o pão de forma que consomem e no que diz respeito ao local de compra, cerca de 50% preferem hipermercados para o efeito.

Embora a embalagem não seja um critério importante na escolha do produto, 65,1% dos inquiridos são influenciados através dos meios de comunicação e pela publicidade feita através da TV.

Relativamente aos factores de selecção no acto da compra, destacam-se claramente o preço do produto e o prazo de validade, com 27% e 26%, respectivamente, podendo-se concluir que o cliente quer a mesma qualidade pelo preço mais baixo no mercado e com a maior durabilidade possível.

Por fim, a maioria dos consumidores, durante a selecção do seu pão de forma, utiliza as mãos como ferramenta de avaliação da textura do pão o que poderá afectar a embalagem e o pão em si.

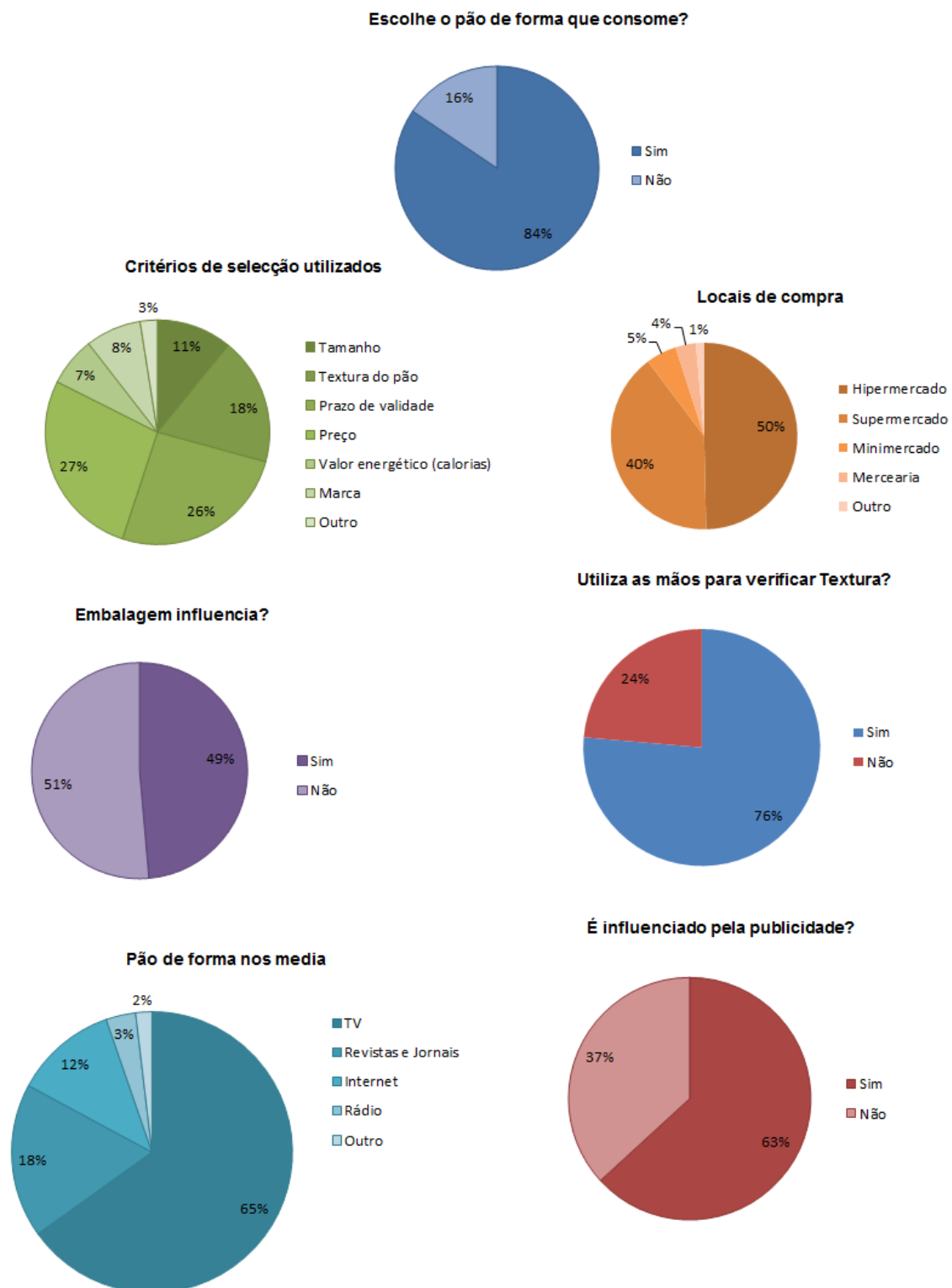


Figura 7 – Preferências de escolha e critérios de avaliação.

Na quarta e última parte do inquérito, as questões focaram-se na priorização das características do pão de forma, seleccionadas em conjunto com o departamento de marketing, e na opinião acerca das vantagens e desvantagens que encontram neste produto.

A relevância foi classificada de 1 a 6, em que 1 representa a menos relevante e 6 representa a característica de maior relevância para o consumidor.

Os resultados obtidos encontram-se na Figura 8.

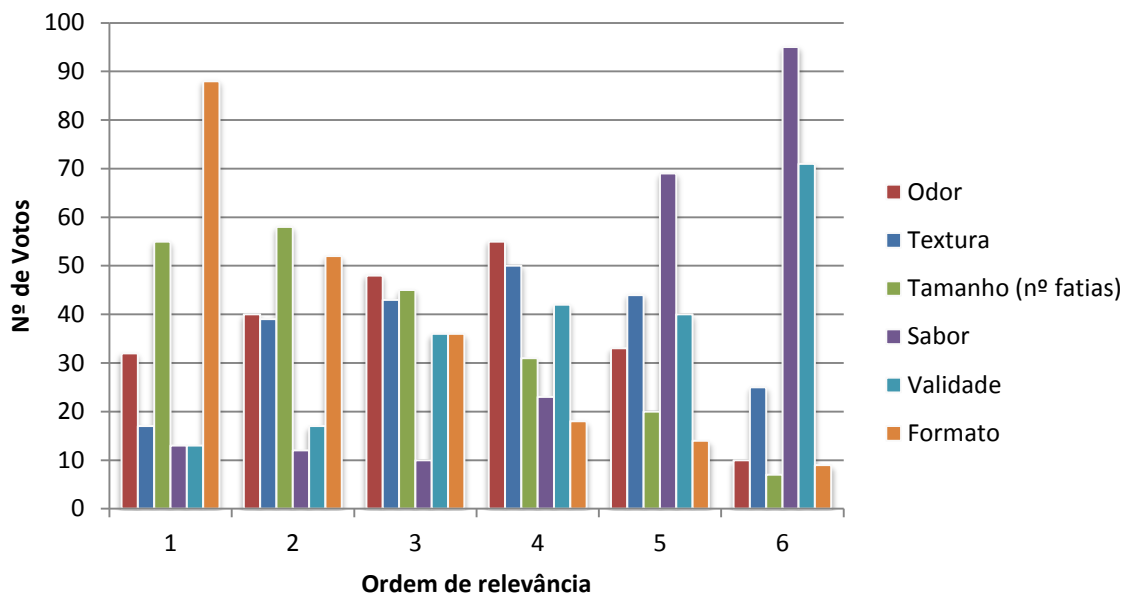


Figura 8 – Representação ordem de relevância das características na opinião do inquirido.

Analisando a Figura 8, percebe-se que o consumidor escolheu o **sabor** como a característica mais relevante, com 95 votos. Considerando as classificações mais relevantes e acima da média, a **validade** é a segunda característica com mais votos.

Seguindo a mesma filosofia de interpretação, o menos relevante para o cliente foi o **formato**, com 88 votos, seguindo-se o **tamanho**, definido como o número de fatias de pão por embalagem, com 58 votos. Em relação às duas características restantes, **odor** e a **textura**, considerou-se como tendo uma relevância média ocupando a **textura** a posição 4 e o **odor** a posição 3, adoptando uma visão global de todas as votações.

As características de um pão de forma, por ordem crescente de relevância para o consumidor, ficam então priorizadas da seguinte forma:

Formato < Tamanho (nº de fatias/embalagem) < Odor < Textura < Validade < Sabor

Na parte final do inquérito, abriu-se espaço para os inquiridos enunciarem uma vantagem e uma desvantagem que achassem mais pertinente e importante. Na Tabela 2.1, apresentam-se as respostas obtidas.

Tabela 2.1 – Vantagens e Desvantagens do pão de forma, na visão de um consumidor.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Prático (de consumir, de transportar, de preparar, devido ao formato); • Textura fofa; • Prazo de validade longo; • Facilidade de armazenamento após abertura da embalagem (apenas necessário voltar a fechar a embalagem com atilho); • Consumo adequado a todas as idades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preço elevado (relação qualidade/preço); • Aditivos (químicos e conservantes menos saudável; visão do consumidor); • Artificial; • Sabor não se compara ao pão tradicional de padaria; • Embalagem frágil (o seu manuseamento deforma o pão)

O tratamento dos dados obtidos foi simplificado ao máximo, pois o objectivo era conseguir absorver o máximo de ideias possíveis transmitidas directa e indirectamente pelo consumidor, para depois as traduzir em características reais do produto.

Pode-se pois concluir que o sabor e a validade são muito importantes para o consumidor e que o formato do pão e o seu tamanho são características de pouca relevância.

Em relação às vantagens comentadas pelos consumidores, a ideia mais relevante retirada das respostas é que o pão de forma é consumido por ser um produto de prático consumo, de simples preparação (já fatiado), fácil de transportar e de armazenar, depois de aberta a embalagem. A sua textura fofa e aspecto fresco são um aliciante para o consumo por parte de todas as idades e o prazo de validade de alguns pães faz com que o consumidor opte por comprá-lo em detrimento de outros.

No que a desvantagens diz respeito, os comentários dos inquiridos centram-se maioritariamente no preço elevado de alguns tipos de pão de forma em relação a preço/quantidade. Os consumidores afirmam também que o pão de forma produzido à escala industrial é mais “artificial” em termos de sabor e aspecto, comparativamente com o pão de produção artesanal, tornando-o “menos saudável” devido à adição de “agentes químicos e conservantes” e de uso limitado, uma vez que não o consideram um bom acompanhamento para refeições, por exemplo. A embalagem maleável dos produtos também se torna numa desvantagem na medida em que permite a deformação do pão durante o seu transporte, distribuição e exposição ao público.

Pesando todas as partes do inquérito realizado, para além do formato, tamanho, odor, textura, prazo de validade e sabor, também o preço do produto foi destacado nos critérios de selecção pelo consumidor. A textura, o odor e o sabor são parâmetros importantes na avaliação sensorial dos produtos e estão directamente relacionados com a frescura e consistência fofa do pão ao longo da sua validade.

O formato, apesar de pouco relevante para o consumidor, é um dos parâmetros que define a escolha do pão de forma, pois está relacionado com a aparência do produto, razão pela qual lhe foi atribuída uma importância relativa de 2.

Com base no que foi dito anteriormente cada um dos requisitos foi priorizado usando uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco importante e 5 muito importante, conforme apresentado na Tabela 2.2. [14], [18]

Tabela 2.2 – Priorização das necessidades do consumidor através do grau de importância.

Requisitos do Consumidor	Importância (1 – pouco importante 5 – Muito importante)
Preço	5
Sabor e Odor (Aroma)	5
Prazo de Validade	4
Textura	3
Formato	2
Tamanho (nº de fatias)	1

2.1.3.2. Avaliação Competitiva

A avaliação competitiva entra na casa da qualidade com a função de avaliar e comparar os requisitos do produto, do ponto de vista do consumidor, com os de outros produtos semelhantes e que competem no mercado através das empresas concorrentes.

É importante também identificar as garantias dadas a cada produto, o serviço de apoio ao cliente, a confiabilidade e também se existe algum registo de reclamações do cliente para identificar possíveis áreas de melhoria.

A avaliação é realizada com base numa escala de 1 a 5 em que 1 corresponde ao pior classificado e 5 ao melhor classificado relativamente a um determinado requisito. [12], [14]

Neste projecto, foi comparado um pão de forma X com outro semelhante existente no mercado, produzido pelo Concorrente A.

A classificação do preço, prazo de validade, tamanho e formato foi facilmente obtida numa análise visual dos pães.

A avaliação do sabor, odor e a textura dos dois pães, foi realizada em conjunto com o departamento de marketing e consistiu em avaliações semanais, ao longo dos dias de vida do produto (DDV) até ao fim do período de validade.

Na Tabela 2.3, representa-se a classificação obtida para cada característica.

Tabela 2.3 – Classificação final da Avaliação competitiva.

Requisitos do Consumidor	Pão de forma X	Classificação (1 – mínimo 5 – máximo)	Pão de forma Concorrente A	Classificação (1 – mínimo 5 – máximo)
Preço	Mais caro	2	Mais barato	3
Sabor e Odor (Aroma)	Esperado	4	Desagradável	2
Prazo de Validade	Igual nos produtos em estudo			2
Textura	Esperado, para o DDV em questão.	4	Demasiado gumosa	2
Formato	Ok, o esperado	4	Ok, o esperado	3
Tamanho (Nº de fatias)	Mais fatias	5	Menos fatias	2

Para complementar a avaliação pode acrescentar-se à matriz as reclamações para a identificação dos requisitos do consumidor que se encontram não conformes.

2.2. Características Técnicas do Produto (“Comos” da matriz)

2.2.1. Análise Sensorial

A análise sensorial permite obter um consenso sobre quais as características técnicas de um produto a seleccionar na sua descrição sensorial.

Muitas vezes, o consumidor consegue distinguir e perceber as sensações durante a experiência de prova do produto, mas não as consegue exprimir por falta desse mesmo conhecimento aprofundado sobre análise sensorial. Estas características devem ser significativas, mensuráveis, globais e devem ser especificadas de modo a evitar que as soluções técnicas a aplicar numa dessas características sejam condicionadas por outras soluções.

Qualquer produto já desenvolvido tem as suas características bem definidas, chamadas de parâmetros descritores *standard*. A análise sensorial ajudará também a perceber se houve alteração das características do pão de forma X, definidas inicialmente.

Na indústria alimentar, a análise sensorial pode ser definida como o “exame das características organolépticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”, sendo aí, organoléptica definida como “a qualificação de uma propriedade de um produto perceptível pelos órgãos dos sentidos”. [16]

Entende-se, pois, que é uma disciplina da ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reacções às características dos alimentos e materiais (Figura 9) tal como são percebidas pelos cinco sentidos: visão, olfacto, paladar, tacto e audição.

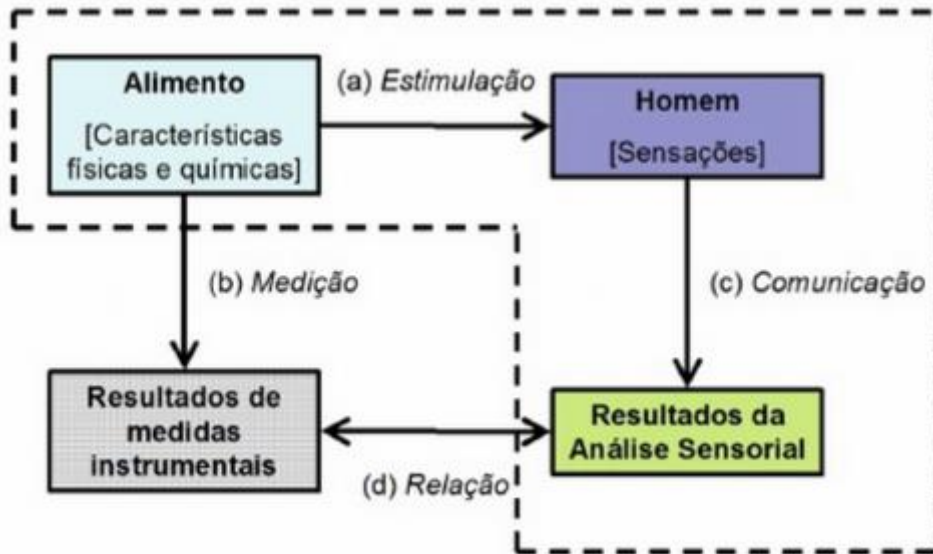


Figura 9 – Ilustração do conceito actual de análise sensorial. [17]

Apesar da evolução tecnológica, alguns estímulos apenas são percebidos pelos sentidos sendo demasiado complexos para serem medidos por instrumentos de análise. Em algumas situações, como por exemplo, na medição da textura do pão, os resultados obtidos através da instrumentação existente são utilizáveis em tempo útil, mas no que toca a medições e comparação de sabores, não há nenhum método instrumental que permita produzir resultados válidos e consistentes.

A análise sensorial pode aplicar-se no desenvolvimento/reformulação de produtos alimentares, em teste de tempo de vida útil, estudos de “shelf-life”, no controlo de qualidade da matéria-prima/produto final, em testes de mercado, estudos de preferência e muitas outras áreas da indústria alimentar. Actualmente, os departamentos de Investigação e Desenvolvimento (I+D) e marketing em conjunto providenciam ideias com valor para guiar a estratégia de desenvolvimento e de comercialização dos produtos, o que contribui para a redução do risco da não correspondência entre os atributos sensoriais dos produtos e os requisitos, exigências e expectativas dos consumidores.

Para se obterem testes sensoriais bem-sucedidos é obrigatório definir objectivos claros, de planeamento experimental robusto, aplicando técnicas estatísticas apropriadas e boas práticas éticas para a apresentação de resultados favoráveis. [17]

Cada um dos sentidos evoca características capazes de serem medidas pelo ser humano e que permitem tirar conclusões acerca do produto em estudo, interpretando os resultados. Na Tabela 2.4 representam-se as características medidas pelos cinco sentidos.

Tabela 2.4 – Percepção sensorial e características detectáveis pelos 5 sentidos.

Sentidos	Percepção Sensorial	Características específicas
Visão	Aparência	Cor
		Tamanho
		Forma
		Superfície
Paladar	Sabor	Doce
		Salgado
		Amargo
		Ácido
		Umami
Tacto	Textura	Propriedades mecânicas
		Propriedades tácteis
		Mouth-feeling
Olfacto	Aroma	Odor
		Compostos aromáticos
Audição	Som	Intensidade
		Qualidade

Qualquer um destes sentidos é importante em análise sensorial, mas na indústria alimentar, e em especial na indústria de panificação, os sentidos em foco durante a análise de produtos são o paladar, o tacto e o olfacto. A visão também é utilizada na verificação do aspecto geral do pão, e embora seja o primeiro indicador da qualidade para um consumidor, em análise sensorial é utilizada como um sentido superficial que não permite obter características específicas do produto.

O paladar está associado à percepção de substâncias não voláteis que, quando dissolvidas em água, gordura ou saliva, são detectadas por células receptoras do gosto nas papilas gustativas, situadas principalmente na língua mas também na cavidade oral e garganta e que estão divididas por áreas onde os quatro sabores básicos (doce, salgado, ácido, amargo) são sentidos. Por vezes contabiliza-se também o umami, que corresponde à sensação de “saboroso e agradável” potenciado pelos glutamatos³ presentes nos alimentos.

O doce é dos cinco sabores básicos aquele que é mais aceite globalmente por todas as culturas e etnias, classificado como um sabor “agradável”. Detecta-se principalmente nas papilas gustativas situadas na ponta da língua (Figura 10) e está associado a altos teores de hidrocarbonetos presentes nos alimentos.

O sabor salgado corresponde à detecção de NaCl. O Na⁺ entra nas células receptoras, via canais de sódio, causando uma despolarização que se propaga pelos nervos sensoriais.

³ Glutamato monossódico: composto do ácido glutâmico, um dos aminoácidos mais abundantes na natureza.
Fonte: <http://www.portalumami.com.br>

A espécie detectada na sensação de sabor ácido é o ião H^+ . Estes iões bloqueiam a entrada dos canais de potássio e a sensação de azedo é percebida pelo cérebro através dos estímulos enviados.

As substâncias amargas provocam uma libertação do ião Ca^{2+} , que provoca uma despolarização transmitida pelo nervo primário ao cérebro. [19]

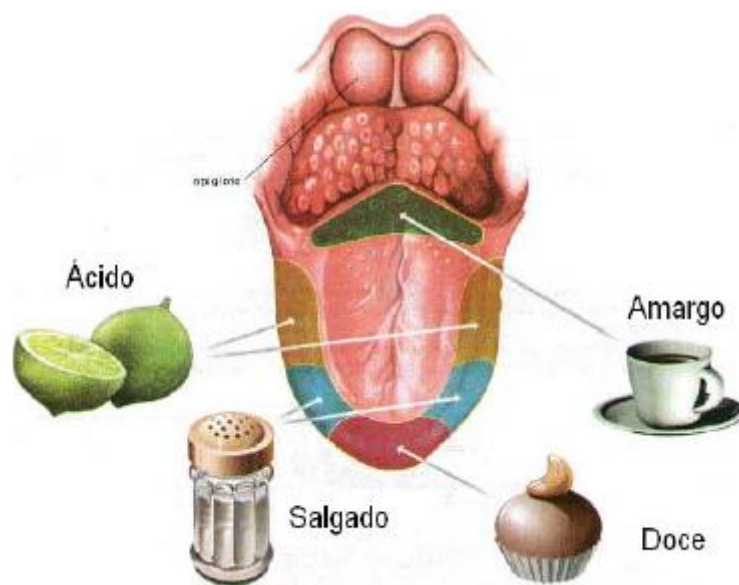


Figura 10 – Diferentes áreas da língua onde são percebidos os 4 sabores básicos.[50]

O sabor pode ainda ser influenciado pela temperatura, concentração do estímulo e com a área da língua estimulada. (Figura 10)

Estes quatro sabores básicos podem ser identificados através das soluções padrão normalizadas apresentadas na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Soluções padrão para os testes de identificação dos sabores básicos.

Sabor	Substância de referência	MM (g/mol)	Concentração (g/l)
Ácido	Ácido cítrico cristalizado (mono hidratado)	210,14	1,20
Amargo	Cafeína cristalizada (monohidratada)	212,12	0,54
Doce	Sacarose	342,2	24
Salgado	Cloreto de sódio (anidro)	58,46	4

Estas soluções devem ser diluídas em série e dispostas ao provador por ordem crescente de concentração, do mais diluído ao mais concentrado, permitindo ao provador a percepção do acréscimo de intensidade do sabor básico.

O olfacto é bastante mais complexo que o paladar em termos anatómicos e fisiológicos mas, resumidamente, consiste na habilidade de detectar e processar substâncias voláteis, moléculas químicas vaporizadas de reduzido peso molecular, nunca maior que 249 g/mol. Estas moléculas devem ser solúveis em água e ter pressão de vapor elevada. São responsáveis pela

determinação do aroma dos alimentos. [19] As moléculas gasosas são dissolvidas no muco nasal e interagem com os receptores das células olfactivas, situadas no epitélio olfactivo da cavidade nasal. Os elementos do olfacto são a intensidade, tipo e variedade sendo esta última definida em relação a um padrão.

Por fim, o odor é definido como o conjunto de sensações olfactivas devido às substâncias voláteis dos alimentos que entram no nariz através das fossas nasais e o aroma é o conjunto de sensações olfactivas libertadas pelos alimentos na boca e percebidos pelo órgão olfactivo por via retronasal. [17] (Figura 11)

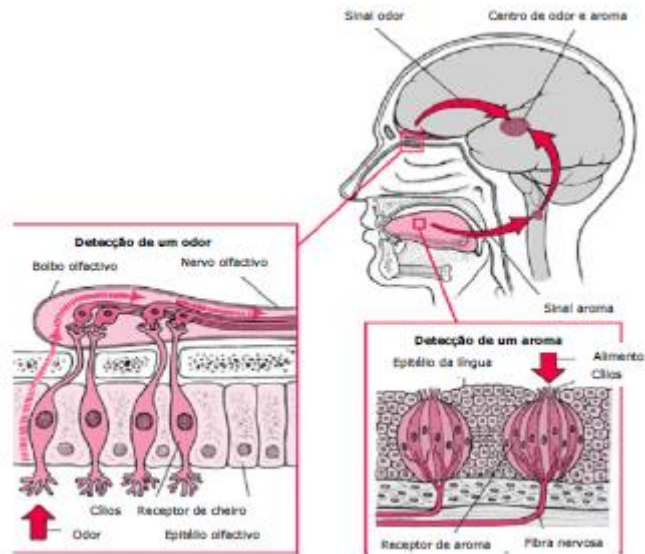


Figura 11 – Detecção de odores e aromas pelo ser humano. [50]

Em análise sensorial, termos como gosto, aroma, sabor e flavour não são sinónimos nem correspondem à mesma descrição. Gosto é sentido unicamente pelo paladar (para senti-lo deve apertar-se o nariz durante a prova do alimento).

A combinação, em análise sensorial, de pelo menos dois dos fenómenos gosto, aroma e sabor, é denominada de *flavour* (Figura 12) [63] e deve ser caracterizado através de um perfil de flavour que consiste na utilização de escalas descritivas para caracterizar os seus componentes e características residuais (intensidade e ordem de percepção).

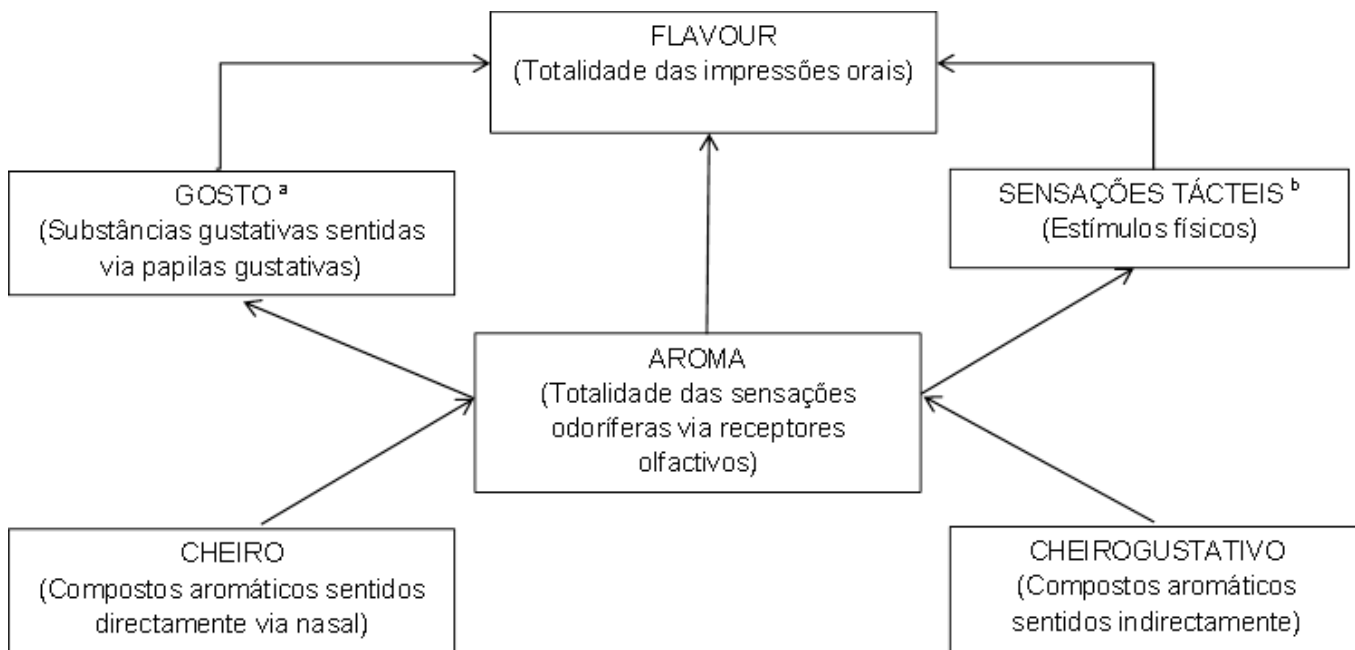


Figura 12 – Relações de atributos do flavour. a – incluindo temperatura e sensação de dor; b – outros estímulos físicos. [63]

O tacto tem na sua percepção sensorial a textura.

As propriedades texturais de um alimento são classificadas por grupo de características físicas e mecânicas, sentidas pelo tacto (boca e mãos), e eventualmente pela audição e estão relacionadas com a deformação (quando mordido, prensado, cortado, etc) e é através dessa alteração na integridade do alimento que se pode ter noção da resistência, coesividade, fibrosidade, granulicidade, aspereza, crocante, entre outras. As propriedades texturais podem ser classificadas em três categorias: mecânicas, geométricas e de composição, que por sua vez podem ser subdivididas em primárias e secundárias, como descrito na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Descrição das características mecânicas primárias e secundárias.

Características Primárias		
Atributo	Descrição Física	Descrição Sensorial
Dureza	Força necessária para atingir determinada deformação	Força necessária para comprimir um alimento sólido entre os molares ou entra a língua e o palato no caso dos semi-sólidos
Coesividade	Grau de deformação que um material suporta até existir ruptura	Força necessária para comprimir um alimento entre os dentes até a ruptura
Viscosidade	Taxa de escoamento por unidade de força	Força necessária para espalhar pela língua um líquido contido numa colher
Resiliência	Taxa a que um material deformado volta à sua condição inicial, depois da força deformante ser removida	Grau em que um produto volta à sua forma original, depois de ter sido comprimido entre dentes

Adesividade	Força necessária para ultrapassar as forças de atracção entre a superfície do alimento e dos outros materiais com que ele contacta	Força necessária para remover o alimento que fica aderente à boca em geral ao palato durante o processo de mastigação
Características Secundárias		
Friabilidade/Fragilidade	Produto com alta dureza e baixa coesividade	Força pela qual a estrutura inicial do material se desintegra
Mastigabilidade	Produto duro, coesivo e elástico	Tempo necessário (em segundos) para mastigar, de forma constante, um produto até à fase própria de deglutição
Gomosidade	Produto de baixa dureza e alta coesividade	Sensação de ocupação ou cobertura da cavidade bucal durante a mastigação

2.2.1.1. Materiais e Métodos

Definição do Painel

O objectivo da análise sensorial no âmbito do projecto é verificar a aceitabilidade no mercado consumidor, isto é, se um produto agrada ou desagrade ou se é preferido a outro.

Este método, designado como afectivo, deverá ser realizado com um painel constituído por um número de provadores que varia entre 20, número mínimo usual para analisar o produto no laboratório designado por painel piloto, e 600 se for uma avaliação em massa, sendo nesse caso denominado por painel de consumidores. [16] Neste projecto utilizou-se um painel piloto, composto pelos trabalhadores disponíveis na fábrica.

O processo de selecção dos provadores tem algumas restrições com critérios rigorosos de modo a conseguir-se obter um painel homogéneo e conforme com as necessidades e as avaliações sensoriais a realizar.

Critérios como idade, género, possíveis problemas de saúde como alergias, diabetes ou problemas de visão, hábitos alimentares, orientação étnica e cultural são muito importantes no que toca a definição de um painel, mas deve ser tido também em conta a disponibilidade e o interesse dos próprios indivíduos, pois devem estar motivados e mostrar uma atitude positiva em relação às provas. Caso não cumpram os critérios definidos deverão ser excluídos. [24], [25]

Sendo assim, visto que a lista de provadores aprovados é composta por mais de 200 trabalhadores e que a sala de análise sensorial apenas terá capacidade para 6 provadores por sessão, definiu-se um horário, duração e uma calendarização adequada para evitar situações de desgaste.

A escala utilizada na avaliação dos produtos foi uma escala hedónica. É uma escala bipolar, mista, em que números e expressões estão interligados em cada divisão da escala, apenas com 5 categorias (Figura 13) pois, uma vez que não haverá treino especializado, torna-se mais fácil para os provadores classificarem os parâmetros em estudo no tempo previsto, evitando indecisões e maus julgamentos causados pela extensão de categorias.

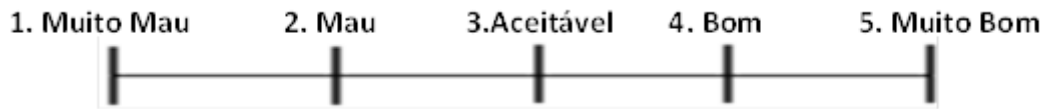


Figura 13 - Escala hedónica mista utilizada na ficha de avaliação de produtos

- Registo de resultados

Os resultados devem ser inseridos numa folha de cálculo do software Microsoft® Excel específica para cada produto, com a finalidade de acompanhar o seu desenvolvimento ao longo do tempo em que decorre a avaliação sensorial.

Cada questão da ficha de avaliação de produto e deve ser registada no campo existente nessa mesma folha;

- Tratamento de resultados

Com os resultados obtidos comparam-se qualitativamente as amostras de produto em avaliação com o produto *standard* através da representação gráfica num sistema de coordenadas polares das médias das classificações atribuídas a cada atributo do perfil sensorial definido.

O produto *standard* deverá ter todos os atributos sensoriais no valor médio das classificações hedónicas, ou seja, o 3, como representado na Figura 14.

Parâmetros de Produto Standard

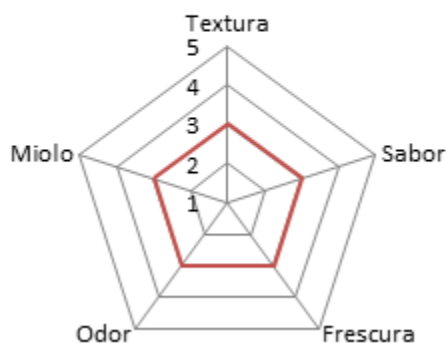


Figura 14 – Perfil sensorial, em coordenadas polares, do produto standard, relativamente aos 5 atributos da escala hedónica.

O tratamento de resultados deve ser complementado com outro teste estatístico, que permita comparar as médias das classificações atribuídas e definir um grau de importância entre elas.

A análise de variância é utilizada na comparação das médias das classificações e confronta a variância entre os vários produtos com a variância dentro de cada um dos produtos.

Esta análise baseia-se em dois princípios fundamentais: na subdivisão por componentes da variabilidade total, determinada pela soma dos quadrados totais, SQT, e respectivos graus de liberdade, e na estimativa e comparação da variância, σ^2 , dessas estimativas.

Baseia-se ainda em três pressupostos: na independência dos resultados, garantida através de provas sensoriais aleatórias, na distribuição normal dos resultados e na homogeneidade das variâncias. [17]

Depois de ordenadas as classificações das avaliações sensoriais obtém-se a Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Ordenação numérica das classificações dos julgamentos.

Juizes	Amostra 001	Amostra 002	Amostra 003	Total
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
Total				
Média				

Todas as informações recolhidas nas avaliações, quantificadas pela SQT, podem ser divididas em duas componentes distintas. Uma que determina as diferenças entre as médias das classificações das amostras de produto, chamada de soma dos quadrados dos desvios ao valor médio entre produtos/efeitos/grupos, SQG, e outra que quantifica o grau de variabilidade aleatória, ou seja, o erro intrínseco das observações de cada produto, denominada de soma dos quadrados do erro, SQE. A soma destas variáveis resulta na SQT.

$$SQT = SQG + SQE \quad \text{Eq. 1}$$

$$SQG = SQA + SQJ \quad \text{Eq. 2}$$

Em que SQA é o termo da variabilidade relativamente às amostras e SQJ é o termo da soma dos quadrados dos desvios relativamente aos juizes.

A cada SQ deve estar associado um factor de correcção, Fc, para garantir uma distribuição normal dos resultados, definido como a razão entre o quadrado do número total de pontos e o número total de julgamentos.

$$Fc = \frac{(n^{\circ} \text{ total de pontos})^2}{(n^{\circ} \text{ total julgamentos})} \quad \text{Eq. 3}$$

A Tabela 2.8 apresenta a análise de variância utilizada no tratamento dos dados da análise sensorial.

Tabela 2.8 – Tabela de resultados da Análise de Variância.

Fonte de Variação	GL	SQ	MQ	Valor F
Amostras	$GL_{Amostra}$	SQA	MQA	$F_{Amostra}$
Juízes	GL_{Juizes}	SQJ	MQJ	F_{Juizes}
Erro	GL_{Erro}	SQE	MQE	-
Total	GL_{Totais}	SQT	-	-

Em que as somas dos quadrados (SQ) dos vários factores são calculadas pelas Eq. 4 a Eq. 6.

$$SQA = (SQT \text{ das amostras}) / (n^{\circ} \text{ de apreciações sobre cada amostra}) - Fc \quad \text{Eq. 4}$$

$$SQJ = (SQT \text{ das observações dos juizes}) / (n^{\circ} \text{ observações de cada juiz}) - Fc \quad \text{Eq. 5}$$

$$SQT = SQT \text{ de todas as observações} - Fc \quad \text{Eq. 6}$$

Pegando na Eq. 1 e desenvolvendo-a, chega-se assim à soma dos quadrados do erro.

$$SQE = SQT - (SQA + SQJ) \quad \text{Eq. 7}$$

Os graus de liberdade, GL, são determinados pela Eq. 8, em que N representa o número de amostras, juizes e observações totais.

$$GL = N - 1 \quad \text{Eq. 8}$$

Calculados os graus de liberdade das variáveis, podem obter-se os graus de liberdade do erro, subtraindo às observações totais os outros graus de liberdade, de acordo com a Eq. 9.

$$GL_{\text{Erro}} = GL_{\text{Totais}} - (GL_{\text{Amostra}} + GL_{\text{Juizes}}) \quad \text{Eq. 9}$$

A Média Quadrática para cada variável obtém-se a partir da divisão da soma dos quadrados de cada variável pelos respectivos graus de liberdade. (Eq. 10 a Eq. 12)

$$MQA = SQA/GL_{\text{Amostra}} \quad \text{Eq. 10}$$

$$MQJ = SQJ/GL_{\text{Juizes}} \quad \text{Eq. 11}$$

$$MQE = SQE/GL_{\text{Erro}} \quad \text{Eq. 12}$$

O valor F, da distribuição de Fisher-Snedecor, utilizado na estatística de teste é obtido dividindo a média quadrática da variável pela média quadrática do erro.

$$F_{\text{Amostras ou Juizes}} = MQ(A \text{ ou } J)/MQE \quad \text{Eq. 13}$$

Os valores de F calculados são comparados com os valores tabelados em função dos graus de liberdade do numerador, dos graus de liberdade do denominador e do intervalo de confiança.

Se o valor calculado for maior que o tabelado, então existirá uma diferença significativa do atributo sensorial entre as amostras analisadas.

Em relação à variabilidade dos juizes, se o valor de F calculado for maior que o tabelado, então pode-se concluir que os juizes têm comportamentos diferentes entre si.

Se a variação entre os juizes for significativa podem-se comparar as médias entre si para determinar quais as amostras diferentes do conjunto e fazer a apreciação das classificações dos juizes utilizando o teste de Tuckey.

Deve calcular-se o desvio padrão da média das amostras e compará-lo com os valores tabelados.

$$S = \sqrt{\frac{MQE}{N^{\circ} \text{ de observações por amostra}}} \quad \text{Eq. 14}$$

Para comparações específicas entre as médias das amostras, duas a duas, pode usar-se a Diferença Mínima Significativa, ou LDS, multiplicando o valor tabelado para o valor de F pelo desvio padrão calculado.

$$LDS = Valor F \times S \quad \text{Eq. 15}$$

Posto isto, e comparando as amostras entre elas, quaisquer duas amostras são consideradas diferentes, para um determinado nível de significância, se as respectivas médias diferirem em módulo mais do que o valor obtido da LDS.

Os resultados obtidos apresentam-se usando letras para indicar a diferença. Cada dois valores que não tenham a mesma letra são significativamente diferentes a 95% de significância. [16]

2.2.2. Características técnicas do produto com base na análise sensorial

As características específicas do produto a implementar na matriz devem ser definidas tendo em conta os resultados obtidos nas avaliações e provas realizadas e devem ser aprovadas em conjunto com o departamento de marketing de modo a existir um consenso entre todos os intervenientes.

Posto isto, foram definidas e escolhidas as seguintes 7 principais características do pão de forma X:

- Textura: Fofo, Miolo regular e Coesividade do miolo;
- Sabor a pão natural;
- Cor branca;
- Forma da fatia regular/uniforme;
- Odor a pão natural.

2.3. Correlações entre as Características técnicas

As características do produto devem ser relacionadas umas com as outras na matriz. As suas correlações são representadas no “telhado” da casa da qualidade através de uma nomenclatura que deve ser definida *a priori*, depois da escolha das características.

Estas relações têm por objectivo determinar interacções potencialmente positivas e negativas utilizando símbolos para classificar e distinguir as relações fortes, médias ou fracas, positivas e negativas. [14].

As correlações devem ser estabelecidas em conjunto com o departamento de marketing e toda a equipa responsável pelas provas. Deve ter-se em conta que demasiadas interacções positivas podem sugerir uma potencial redundância de que não há pontos críticos e assim o foco devem

ser as interacções negativas, considerando a tecnologia utilizada no produto para superar as possíveis implicações ou considerar as vantagens e desvantagens no estabelecimento dos objectivos técnicos.

As correlações definidas encontram-se na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Correlações das características técnicas do produto.

Fofo							
Sabor							
Cor		+					
Miolo	++						
Forma da Fatia	+			-			
Coesividade	++		-	+			
Odor		++					
	Fofo	Sabor	Cor	Miolo	Forma da Fatia	Coesividade	Odor

Legenda	
++	Fortemente Positiva
+	Positiva
-	Negativa
--	Fortemente Negativa

Analisando a tabela anterior, repara-se que a fofura é a característica mais relacionada com as restantes e tem uma relação fortemente positiva com o miolo e coesividade e uma relação positiva com a forma da fatia. Esta relação pode ser explicada uma vez que quanto mais uniforme e coeso for o miolo e quanto mais uniforme for a fatia, mais o pão é fofo e satisfaz o consumidor. Salienta-se também a relação fortemente positiva entre o sabor e o odor. (ver subcapítulo 2.2.1) No que toca a relações negativas, definiram-se duas entre a coesividade e a cor e a forma da fatia e o miolo, uma vez que na primeira a cor pode alterar-se adicionando componentes à receita inicial para melhorar a coesividade do pão e na segunda devido ao facto da forma da fatia, ao desviar-se da conformidade, poder influenciar a estrutura do miolo negativamente.

2.4. Dificuldade Técnica

As alterações das características do produto também têm diferentes dificuldades técnicas e devem ser incluídas na matriz. A dificuldade de obter, manter ou alterar uma característica foi definida pela equipa de análise sensorial assumindo uma escala de 1 a 5, em que 1 representa uma característica fácil de obter e 5 representa uma característica difícil.

Sendo a fofura um atributo sensorial de textura muito importante no pão de forma é, ao mesmo tempo, difícil de mantê-la num produto, pois depende de vários parâmetros ao longo do processo produtivo. Por isso foi a única característica classificada com 5 na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Dificuldade técnica das características do produto.

Características do Produto	Dificuldade técnica (1 – Fácil 5 – Difícil)
Fofo	5
Sabor	3
Cor	1
Miolo	4
Forma da Fatia	2
Coesividade	4
Odor	2

2.5. Avaliação Técnica Competitiva

A avaliação técnica competitiva das características do produto consiste na comparação das características técnicas entre o produto e os produtos da concorrência feita pela equipa do QFD. Mais uma vez, utilizou-se para as avaliações comparativas o pão de forma X produzido pelo Concorrente A.

Como já foi referido, realizou-se um acompanhamento composto por várias avaliações semanais, para diferentes dias de vida (DDV) dos produtos até ao fim da validade, em conjunto com o departamento de marketing, de modo a estudar o comportamento das várias características técnicas do produto e as diferenças entre eles.

Foi definida também uma escala, de 1 a 5, sendo 1 o mínimo e 5 o máximo. [12], [14] Os resultados dessas avaliações encontram-se na Tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Avaliação técnica competitiva com a concorrência.

Características do Produto	Pão de forma X	Classificação (1 – mínimo 5 – máximo)	Pão de forma Concorrente A	Classificação (1 – mínimo 5 – máximo)
Fofo	Ok, durante DDV	4	Fatias demasiado gumosas	2
Sabor	Esperado	3	Desagradável	1
Cor	Ok	5	Ok	5
Miolo	Alvéolos irregulares	2	Alvéolos finos	5
Forma da Fatia	Uniforme, quadrada	5	Aspecto irregular	2
Coesividade	Pouco coeso	2	Coeso	5
Odor	Esperado	3	Desagradável	1

2.6. Matriz de Relações “Quês” vs “Comos”

A matriz de relações é representada no centro da matriz do QFD e tem um grande peso nas possíveis conclusões a retirar no fim de estar desenvolvida. É composta pelo estabelecimento de relações entre os requisitos do consumidor (Quês) e as características técnicas do produto (Comos). Normalmente, as relações são definidas recorrendo a símbolos aos quais correspondem pontuações e que devem distinguir a intensidade das relações como Forte, Média ou Fraca de modo a identificar os requisitos do projecto com maior influência na satisfação do cliente e também a ausência e/ou inadequabilidade das relações.

Estas relações foram definidas em reuniões de departamento e foram discutidas várias ideias e maneiras de abordar cada uma delas, chegando-se à conclusão que o melhor método de abordagem seria encarar as relações através de uma perspectiva de produção, definindo a intensidade de cada relação com base na importância que a característica técnica tem no requisito do consumidor.

Por exemplo, o preço do produto depende fortemente do preço das matérias-primas, dos custos de produção e da margem de lucro definida pela empresa. E são estes ingredientes os grandes responsáveis pelas características do pão de forma, logo, foram estabelecidas relações fortes entre o preço e a fofura e o sabor, características sensoriais do produto bastante importantes.

Todas as relações definidas encontram-se representadas na matriz de relações com a respectiva simbologia na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Matriz de relações do QFD.

Requisitos do Consumidor	Importância 1- Pouco Importante 5 - Muito Importante	Fofo	Sabor	Cor	Miolo	Forma da Fatia	Coesividade	Odor
Preço	5	●	●			○	△	○
Prazo de Validade	4	●	○		●		△	○
Aroma	5		●	○				○
Formato	2					●		
Tamanho (Nº de fatias)	1	○			○	○		
Textura	3	●			○		●	
Dificuldade técnica 1 - Fácil 5 - Difícil		5	3	1	4	2	4	2
Quês vs Comos								
●	9	Relação Forte						
○	3	Relação Média						
△	1	Relação Fraca						

2.7. Importância das características técnicas e Objectivos

A importância técnica para cada característica é definida através da soma das pontuações das relações da matriz, ponderadas com o valor da importância definida pelo consumidor.

O valor do somatório representa a Importância Técnica Absoluta (Eq. 16) sendo o valor da Importância Técnica relativa (em percentagem) obtida dividindo o valor do somatório pelo valor total. (Tabela 2.13)

$$IT_{Absoluta} = \sum (\text{Importância} \times \text{Força da relação}) \quad \text{Eq. 16}$$

A avaliação técnica descrita em 2.5 juntamente com a importância relativa (parte inferior da matriz QFD apresentada na Tabela 2.13) permite identificar quais as características de maior importância e as que precisam de ser objecto de acções de melhoria.

Os objectivos Técnicos são valores definidos para as características técnicas depois da análise da matriz do QFD.

2.8. Representação da Primeira Matriz

Tabela 2.13 – 1ª Matriz do QFD.

Correlações Características do Produto								Legenda							
Fofo								Comos vs Comos		Quês vs Comos					
Sabor								++	Fortemente Positiva	●	9	Relação Forte			
Cor		+						+	Positiva	○	3	Relação Média			
Miolo	++							-	Negativa	△	1	Relação Fraca			
Forma da Fatia	+			-				--	Fortemente Negativa			Benchmarking			
Coesividade	++			-	+					A		Concorrente A			
Odor		++													
Características técnicas do Produto								Avaliação Competitiva							
Direcção de Melhoria								(1 - Mínimo 5 - Máximo)							
		1	2	3	4	5	6	7							
Requisitos do Consumidor	Importância 1- Pouco importante 5- Muito importante	Fofo	Sabor	Cor	Miolo	Forma da Fatia	Coesividade	Odor	X - Nós A - Concorrente A					Nº Reclamações Cliente/ano	
									1	2	3	4	5	2014	2015
Preço	5	●	●			○	△	○	X	A					
Prazo de Validade	4	●	○		●		△	○	XA						
Aroma	5		●	○				○	A		X				
Formato	2					●				A	A	X			
Tamanho (Nº de fatias)	1	○			○	○			A				X		
Textura	3	●			○		●		A		X				
Dificuldade técnica 1 - Fácil 5 - Difícil		5	3	1	4	2	4	2							
	Unidades Características Produto	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)							
Avaliação Técnica Competitiva (1 - Mínimo 5 - Máximo)		1	2	3	4	5						TOTAL			
		A	A	X	X	A	X	X						390	
		X	X	XA	A	X	A						100%		
Importância Técnica	Absoluta	111	102	15	48	36	36	42							
	Relativa	28,5%	26,2%	3,8%	12,3%	9,2%	9,2%	10,8%							
	Ranking	1	2	7	3	5	6	4							
Objectivos Técnicos		a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)							

a) valores confidenciais

Através da ordenação dos resultados da Importância Técnica Absoluta foi possível verificar que as três características mais importantes foram o fofa, o sabor e o miolo e que as menos importantes foram a cor e a coesividade, estando o odor muito próximo do miolo.

A próxima etapa deste projecto será o desdobramento da função da qualidade, em que se deve avançar para as características técnicas do processo e relacioná-las com as características do produto mais relevantes.

De modo a passar à próxima etapa do processo devem escolher-se as características técnicas do produto que mais se relacionaram com os requisitos do consumidor. À partida escolher-se-iam as três características mais importantes já referidas, mas devem ser tidas em conta outras componentes da matriz.

Através da avaliação competitiva dos requisitos do consumidor verifica-se que o produto em estudo se encontra melhor classificado em todas as exigências excepto no preço e no prazo de validade (classificação 2). Já na avaliação técnica competitiva, os pontos fracos do produto estão claramente destacados no miolo e na coesividade em relação à concorrência.

Visto que o miolo está classificado como terceiro mais importante tecnicamente, então deve ser uma característica a desdobrar.

Quanto à coesividade, através das correlações das características técnicas no telhado da casa da qualidade, verifica-se que está positivamente ligada à fofura.

A forma da fatia destaca-se pela positiva em relação à concorrência, tal como a cor, com classificação máxima, embora tenham pouca importância no *ranking* de priorização estabelecido. Sendo assim, e assumindo o compromisso de considerar todos os dados da matriz, decidiu-se em equipa que se deveriam desdobrar todas as características técnicas do produto, uma vez que para além das mais importantes tecnicamente, as menos importantes são as melhores classificadas em relação à concorrência e estão positivamente ligadas na matriz de correlações.

3. Desdobramento da Função da Qualidade

A metodologia QFD consiste num conjunto de matrizes que são desenvolvidas com o objectivo de orientar e coordenar as acções dentro da equipa que desenvolve o produto de modo a que não sejam apenas eliminadas as reclamações do cliente mas também para que possam fornecer uma resposta activa aos seus desejos futuros e expectativas.

Na primeira matriz, os requisitos do consumidor foram relacionados com as características técnicas mensuráveis do produto. As características técnicas, na segunda fase do projecto, irão ser relacionadas com as várias etapas do processo de produção.

Na terceira e última fase do QFD, as etapas do processo serão relacionadas com as variáveis operatórias utilizadas na produção do pão de forma.

Na Figura 15 e Figura 16 estão representadas a dinâmica do QFD e os seus vários desdobramentos possíveis.

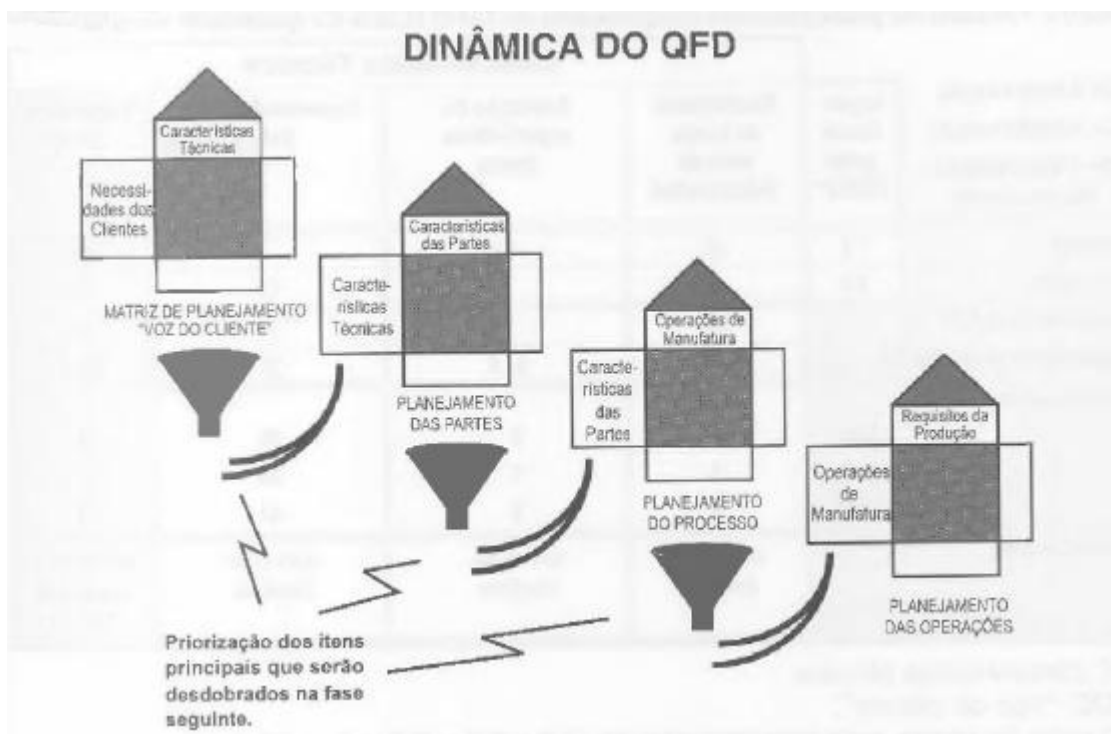


Figura 15 – Dinâmica do QFD. [28]

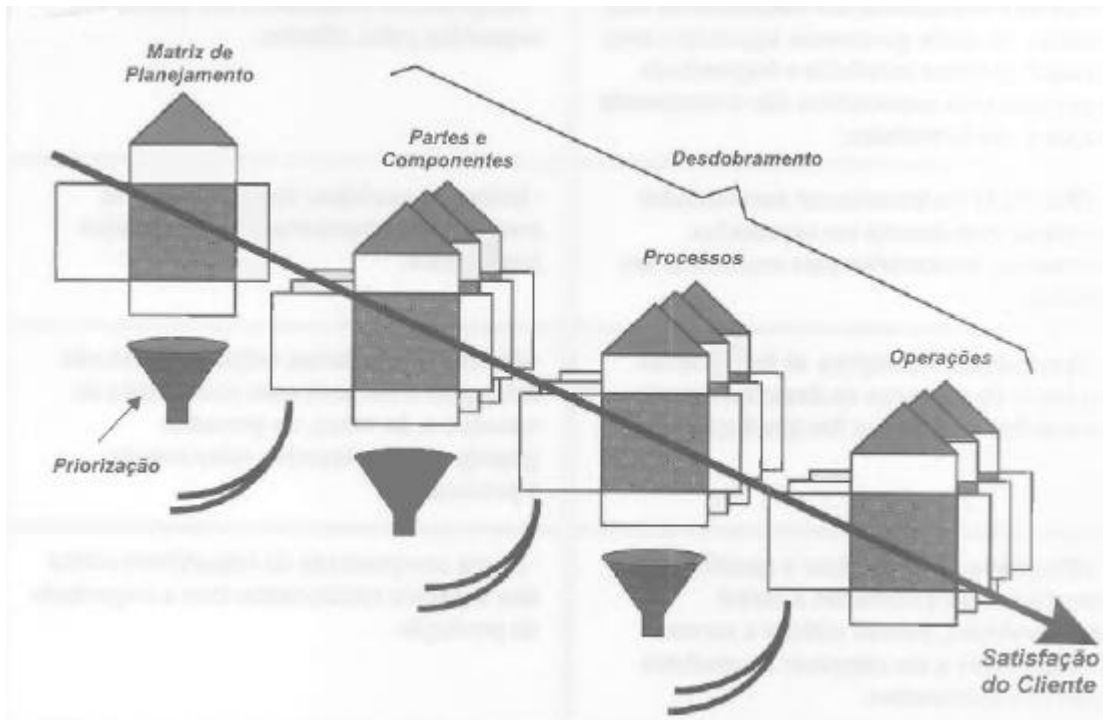


Figura 16 – Desdobramento de matrizes. [28]

3.1. Segunda Matriz

Para o desenho da segunda matriz, adoptou-se o mesmo método de construção que na primeira, embora existam algumas diferenças.

Após o primeiro desdobramento, o objectivo nesta matriz é desdobrar as características do produto, que passam a ser os “Quês”, nos “Comos”, que são as etapas no processo.

A matriz de correlações, que se situa no topo da matriz e representa “o telhado” da casa da qualidade, deixa de existir, pois embora cada etapa do processo esteja dependente da etapa a montante, são todas distintas e foi decidido em equipa que não se relacionariam as várias etapas entre si. Também deixará de existir a Avaliação Técnica Competitiva uma vez que se desconhecem os processos de produção utilizados pelas empresas concorrentes.

3.1.1. Características do Produto

3.1.1.1. Grau de Importância

As características transportadas da primeira matriz entram agora nas linhas da segunda. A partir dos resultados obtidos anteriormente, definiu-se o grau de importância, tal como se tinha definido para os requisitos do consumidor. (Tabela 3.1)

Tabela 3.1 – Graus de importância das Características do Produto.

Características do Produto	Importância Técnica Relativa (%)	Ranking (1ª Matriz)	Grau de Importância (1 – pouco importante 5 – Muito importante)
Fofo	28,5	1	5
Sabor a Pão natural	26,2	2	5
Cor	3,8	7	1
Miolo Regular	12,3	3	4
Fatia Regular/Uniforme	9,2	5	3
Fatia Coesa	9,2	6	2
Odor a Pão natural	10,8	4	4

3.1.2. Processo de Produção

O processo de produção do pão de forma à escala industrial é um processo semi-contínuo cujas etapas se descrevem a seguir.

3.1.2.1. Etapas do Processo

3.1.2.1.1. Formulação/ Pesagens

É a primeira etapa do processo e é feita numa zona específica, com ambiente controlado para evitar a contaminação das matérias-primas que ali são pesadas. Depois de pesado, cada ingrediente é colocado num recipiente apropriado e transportado até à zona dos amassados.

3.1.2.1.2. Amassados

Na etapa de amassado, os ingredientes são colocados pelos operários, segundo a instrução definida pelo departamento de I+D, numa bateadeira.

A elasticidade ideal pode ser verificada com o esticar da massa até se formar uma película muito fina, chamada de véu, que não quebre. [29]

3.1.2.1.3. Divisora

Depois de formada, despeja-se a massa panar da cuba misturadora para a primeira etapa da linha contínua, a divisora.

Aqui, a massa total é dividida conforme o peso em massa estabelecido pela instrução. (Figura 17)

A velocidade de corte da massa panar é um parâmetro que pode influenciar a estrutura alveolar do pão.

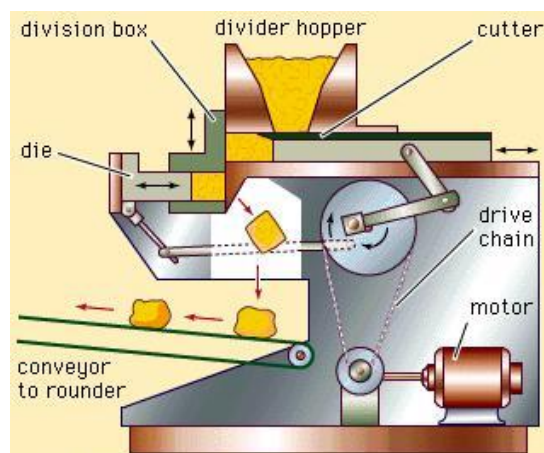


Figura 17 – Ilustração da divisora utilizada. [64]

3.1.2.1.4. Boleado

A massa panar proveniente da divisora entra num circuito de pirâmide em espiral com o objectivo de bolear, tornando a massa em forma de esfera com o auxílio de ar comprimido. (Figura 18) A massa arrefece durante esta etapa e a bola de massa passa num sensor de peso de modo a rejeitar qualquer uma que não tenha o peso em massa definido.

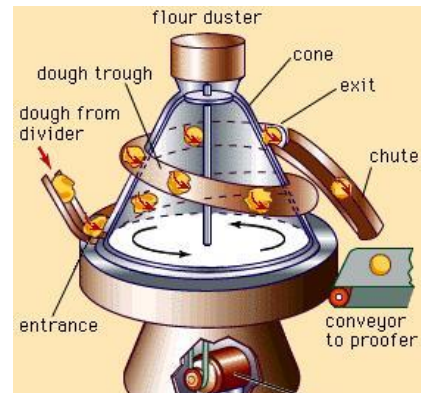


Figura 18 – Ilustração da etapa de boleado. [64]

3.1.2.1.5. Pré-fermentação

Depois de passado o sensor de peso, a massa panar entra na câmara de pré-fermentação.

3.1.2.1.6. Laminadora

Nesta etapa, a massa panar é esticada e laminada por um conjunto de vários rolos polvilhados com alguma farinha para evitar que a massa fique colada. Depois disso é dada à massa a forma cilíndrica que deve ser uniforme.

3.1.2.1.7. Formadora

As formas recebem o cilindro de massa e a jusante à etapa de fermentação é colocada uma tampa no molde de modo a ficar bem isolada no processo de cozedura. É uma etapa relativamente simples, no entanto é importante que a massa caia correctamente centrada dentro da forma.

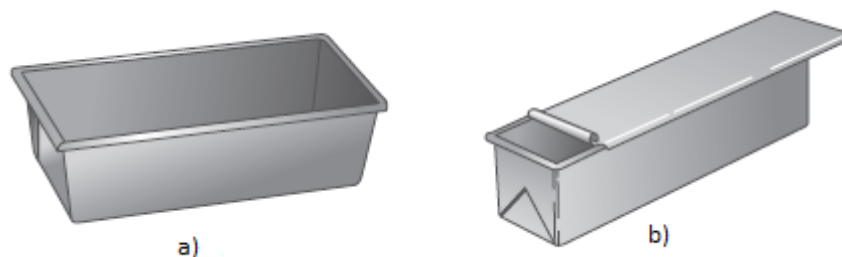


Figura 19 – a) Forma rectangular utilizada na produção do pão; b) Forma rectangular com tampa [30].

3.1.2.1.8. Fermentação [30]

A fermentação é o processo anaeróbio de libertação de energia através da acção da levedura (incluída nas matérias-primas) num ambiente controlado numa câmara.

A levedura é um fungo que realiza o processo de fermentação, provocando a decomposição dos açúcares presentes na massa panar, transformando os açúcares complexos, como a sacarose e maltose, em açúcares simples e os açúcares simples em CO_2 e álcoois. Estas reacções dão-se assim que se mistura a levedura com os restantes ingredientes, mas é intensificada durante esta etapa através das condições do processo.

A formação de bolhas de CO₂, que são retidas pela rede de glúten da massa panar, fazem-na crescer, produzindo a sua estrutura interna com alvéolos, enquanto que os álcoois evaporam total e imediatamente durante a sua cozedura. [62]

Sendo a levedura um microorganismo vivo é sensível às mudanças de temperatura. Através da Figura 20 verificam-se as variações da actividade da levedura em função da temperatura a que é sujeita.

A temperatura óptima de trabalho é cerca de 37°C.

Temperaturas abaixo dos 5°C são ideais para o armazenamento da levedura, pois a sua actividade é nula, mas temperaturas superiores a 65°C causam a sua morte.

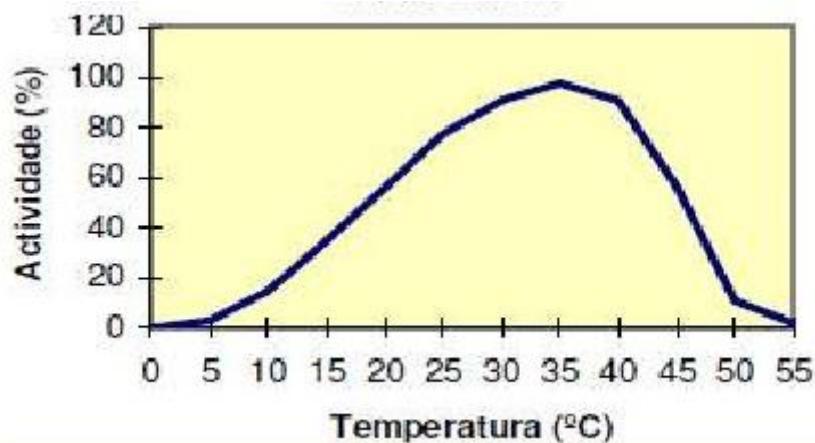


Figura 20 – Variação da percentagem de actividade da levedura em função da temperatura.[30]

3.1.2.1.9. Forno

Depois da etapa de fermentação, a tampa é colocada na forma e a massa segue para o forno.

O forno utilizado é do tipo túnel (Figura 21) em que a alimentação é feita através de um tapete transportador estando o forno com as condições operatórias bem definidas pela produção.

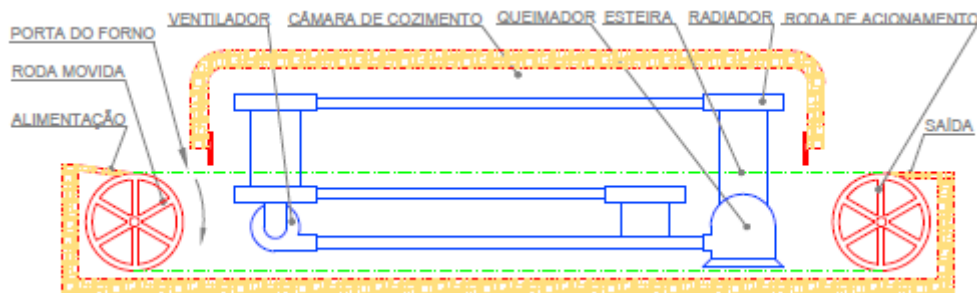


Figura 21 – Esquema de um forno tipo túnel. [31], [32]

Aqui dá-se o processo de cozedura da massa e a transformação no produto final, etapa determinante no aspecto e sabor do pão. Esta cozedura está dividida em várias etapas.

Na 1ª etapa, as formas com a massa levedada são alimentadas ao forno praticamente à temperatura de fermentação. A temperatura da massa aumenta rapidamente até

aproximadamente 50°C. Durante este período de subida de temperatura, as enzimas continuam a transformar os açúcares simples em CO₂ a um ritmo elevado, aumentando o volume de massa consideravelmente. Logo que o interior da massa esteja perto dos 50°C, a maioria das enzimas são destruídas e toda a produção de CO₂ é terminada.

Quando a temperatura se situa entre os 50°C e os 80°C começa então a 2ª etapa.

As bolhas de CO₂ presentes na massa vão, através do calor fornecido pelo forno, dilatar-se e permitir a formação de alvéolos no interior da massa. Ao mesmo tempo, as restantes enzimas continuam a transformar o amido, dando-se então o processo de caramelização da còdea.

Ao serem atingidas temperaturas a rondar os 70°C, o glúten coagula e o crescimento da massa é interrompido. Os grânulos do amido são fraccionados dando origem a pequenos compostos gelatinosos.

Por fim, tem-se a 3ª etapa, iniciando-se a coloração.

Nesta etapa, estando o forno a, aproximadamente, 170°C, ocorre a degradação dos hidratos de carbono através da reacção de Maillard, formando-se compostos voláteis responsáveis pelo cheiro característico do pão e pela cor acastanha. [62] Através da evaporação das moléculas de água das extremidades da massa, forma-se uma còdea resistente e o miolo coze e deixa de ser gomoso e adesivo. As diferentes características entre a còdea e o miolo devem-se ao facto de que, no interior da massa, nunca se conseguirem atingir temperaturas tão elevadas como nas extremidades. [33]

3.1.2.1.10. Desmolde

Seguidamente ao forno, ainda quente, o pão é retirado da forma, através de um mecanismo hidráulico e automático. As formas seguem de volta para a etapa formadora e o pão desenformado é levado por outro tapete para a etapa de arrefecimento.

3.1.2.1.11. Arrefecimentos

Nesta etapa, os pães entram numa câmara de arrefecimento, com as condições de temperatura controladas de modo a arrefecer o produto até à temperatura ambiente.

3.1.2.1.12. Eliminação da còdea

A eliminação da còdea é efectuada numa sala isolada, com filtros HEPA, de modo a evitar o maior número possível de partículas estranhas ao pão.

3.1.2.1.13. Fatiadora

Eliminada a còdea, o pão chega à fatiadora, onde lâminas de corte a elevada velocidade dividem o pão em fatias uniformes e o empurram para a última etapa do processo.

3.1.2.1.14. Embalamento

O embalamento do pão é feito automaticamente. O pão, proveniente da fatiadora chega a um sistema hidráulico que o empurra para dentro de um saco.

Antes de ser distribuído por cestas, o produto embalado é fechado com um atilho e passa ainda por um controlador de peso e por um detector de metais.

3.1.2.1.15. Dificuldade Técnica

A definição da dificuldade técnica das várias etapas do processo foi feita de maneira semelhante ao realizado para as características técnicas do produto na primeira matriz, usando a mesma escala de 1 a 5, em que 1 representa Fácil e 5 Difícil. As etapas do processo em que devem ser controlados mais parâmetros operatórios e de maior risco de não conformidades foram tidas como dificuldade máxima, como o caso da fermentação e da cozedura no forno. Já a formulação e pesagens e as etapas de arrefecimento foram classificadas com 2 e 1, respectivamente, uma vez que a instrução está definida e o controlo é fácil de realizar e manter. Na Tabela 3.2 encontram-se as dificuldades técnicas escolhidas.

Tabela 3.2 – Dificuldade técnica imposta para as etapas do processo.

Etapas do Processo	Dificuldade técnica (1 – Fácil 5 – Difícil)
Formulação e Pesagens	2
Amassado	3
Divisora	4
Boleado	2
Pré-fermentação	3
Laminadora	4
Formadora	4
Fermentação	5
Forno	5
Desmolde	4
Arrefecimento	1
Eliminação da côdea	4
Fatiadora	3
Embalamento	4

3.1.3. Matriz de Relações “Quês” vs “Comos”

A matriz definirá a intensidade das relações entre cada característica técnica do produto e as etapas do processo para depois se estabelecer a importância técnica relativa. O critério escolhido pela equipa foi a influencia do controlo das várias etapas do processo nas características do produto.

Em relação à fofura do pão, definiram-se relações fortes com a etapa de amassado, onde se devem misturar homogeneamente todos os ingredientes e onde se obtém a massa que dará

origem ao produto final, e com a etapa do forno, onde a massa é cozida e se obtém praticamente o produto nas condições para consumo, faltando apenas a remoção da côdea.

Definiram-se ainda relações médias com as etapas de pré-fermentação e fermentação, uma vez que nelas se dá o repouso, o crescimento e desenvolvimento da estrutura da massa e estas etapas contribuem de alguma maneira para a obtenção da fofura desejada.

Como relações fracas, foram ainda escolhidas as etapas de laminadora, arrefecimentos, eliminação da côdea e embalamento. As três primeiras influenciam indirectamente a fofura do pão na medida em que se não operarem correctamente a podem prejudicar e o produto não satisfaz os requisitos do consumidor identificados na matriz. Já a embalagem, tem a missão de conservar a fofura do produto até ao fim da vida.

O sabor a pão natural apresenta apenas uma relação forte com a etapa de formulação e pesagens, uma vez que são os ingredientes e matérias-primas utilizados os principais responsáveis pelo sabor característico do pão. O perfil de temperatura do forno influencia também o seu sabor, sendo definida uma relação média.

As relações fracas do sabor foram definidas com as etapas de pré-fermentação e fermentação, onde ocorrem a maioria das reacções e que se não ocorrerem não desenvolvem a massa e o seu sabor, com a eliminação da côdea, pois se existirem resíduos o sabor da côdea estará presente e por fim, com a embalagem, que tal como em relação à fofura, tem como objectivo conservar o seu sabor.

Para a cor, apenas foram definidas uma relação forte com a eliminação da côdea, porque se não for bem sucedida apresentará vestígios, e uma relação média com a formulação e pesagens, pois as matérias-primas utilizadas quando misturadas originam a cor da massa que dará origem ao produto final.

Quanto ao miolo regular, definiram-se relações fortes com a laminadora e com a fermentação, etapa destacadamente responsável pela criação da estrutura interna da massa, e relações médias com as etapas de amassado, divisora, boleado, pré-fermentação e com o forno que indirectamente pode influenciar as condições do miolo consoante as condições de operação.

A regularidade e uniformidade da fatia estão fortemente relacionadas com a formadora, com a fermentação e com o forno e, claro, com a eliminação da côdea e com a fatiadora, que dão a forma final ao produto.

A laminadora, que estica a massa e a enrola antes de ser levada até à forma tem de ter os seus rolos bem ajustados de modo a não criar bolhas de ar dentro do rolo, sendo assim foi definida uma relação média. As relações fracas foram definidas com a etapa de boleado e de desmolde, pois têm alguma relevância no resultado final do produto.

A coesividade da fatia, e do pão na totalidade, está fracamente relacionada com as etapas divisora e de arrefecimento e apresenta uma relação média com a fermentação.

Na matriz de correlações entre as características foi definida uma relação fortemente positiva com a fofura e através da avaliação competitiva verificou-se que a qualidade do parâmetro se encontra abaixo do ideal, por isso decidiu-se incluir a coesividade na matriz com o objectivo de a conseguir melhorar embora não tenham sido definidas muitas relações com as etapas do processo que permitam o seu desdobramento. No entanto, estando correlacionada com as outras características, se estas forem optimizadas a coesividade melhorará também.

O odor a pão natural apresenta uma relação forte com a etapa formulação/pesagens, pelos mesmos motivos que o sabor.

Foi definida uma relação média com a etapa do forno e relações fracas foram com as etapas de pré-fermentação, fermentação, eliminação da còdea e embalagem, relações muito idênticas ao sabor. Os resultados são apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Matriz de relação da 2ª Matriz do QFD.

Características técnicas do Produto	Importância 1- Pouco importante 5- Muito importante	Etapas do Processo													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fofo	5		●			○	△		○	●		△	△		△
Sabor a Pão natural	5	●				△			△	○			△		△
Cor	1	○													
Miolo Regular	4		○	○	○	○	●		●	○					
Fatia Regular/Uniforme	3				△	○	○	●	●	●	△		●	●	
Fatia Coesa	2			△		○			○			△			
Odor a Pão natural	4	●				△			△	○			△		△
Dificuldade técnica 1 - Fácil 5 - Difícil		2	3	4	2	3	4	4	5	5	4	1	4	3	4
Quês vs Comos															
●	9	Relação Forte													
○	3	Relação Média													
△	1	Relação Fraca													

3.1.4. Importância técnica e Objectivos

A Importância Técnica Absoluta é definida exactamente como na matriz anterior, através do somatório da multiplicação da importância definida para as características do produto pela respectiva relação estabelecida com as etapas do Processo.

$$IT_{Absoluta} = \sum (Importância \times Força \ da \ relação) \quad Eq. \ 17$$

Esta componente da matriz permite identificar quais as etapas do processo que, pela sua importância, poderão ser objecto de acções de melhoria e quais aqueles que são os pontos fortes do produto em estudo e fornecem ao produto a qualidade esperada.

Esta importância deve ser complementada com a introdução dos Objectivos Técnicos definidos para cada etapa, de modo a ajudar no acompanhamento dos objectivos iniciais.

3.1.5. Representação da Segunda Matriz

Tabela 3.4 – 2ª Matriz do QFD.

		Etapas do Processo														Avaliação Competitiva					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	(1 - Mínimo 5 - Máximo)					
Características técnicas do Produto	Importância 1- Pouco importante 5- Muito importante	Formulação e Pesagens	Amassado	Divisora	Boleado	Pré-fermentação	Laminadora	Fomadora	Fermentação	Forno	Desmolda	Arrefecimentos	Eliminação de Córdea	Faliadora	Embalamento	X - Nós A - Concorrente A					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5										
Fofo	5		●			○	△		○	●		△	△		△	A			X		
Sabor a Pão natural	5	●				△			△	○			△		△	A		X			
Cor	1	○											●							XA	
Miolo Regular	4		○	○	○	○	●		●	○						X				A	
Fatia Regular/Uniforme	3				△	○	○	●	●	●	△		●	●		A				X	
Fatia Coesa	2			△		○			○			△		●		X				A	
Odor a Pão natural	4	●				△			△	○			△		△	A		X			
Dificuldade técnica 1 - Fácil 5 - Difícil		2	3	4	2	3	4	4	5	5	4	1	4	3	4						
	Unidades Características Processo	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)						
Importância Técnica	Absoluta	84	57	14	15	51	50	27	93	111	3	7	50	27	14	502					
	Relativa	16,7%	11,4%	2,8%	3,0%	10,2%	10,0%	5,4%	18,5%	22,1%	0,6%	1,4%	10,0%	5,4%	2,8%	100%					
	Ranking	3	4	11	10	5	6	8	2	1	14	13	7	9	12						
Objectivos Técnicos		a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)						

a) valores confidenciais

Todas as etapas são importantes no processo e devem ser executadas na perfeição para que o produto seja obtido como planeado inicialmente, mas existem sempre erros nos processos em contínuo e é nesse sentido que se deve melhorar individualmente cada etapa do processo.

Analisando esta segunda matriz desenhada, maioritariamente através do *ranking* estabelecido pela importância técnica, as cinco etapas mais importantes na obtenção das características do produto são, por ordem decrescente de importância, o forno, a fermentação, formulação e pesagens, amassado e pré-fermentação, esta última em igualdade percentual com a laminadora. Em primeiro lugar, o forno é destacadamente o mais importante e uma etapa fulcral na produção do pão, uma vez que é aí que se dá a transformação da massa em produto final.

De seguida tem-se a fermentação e a formulação e pesagens, a primeira responsável pelo crescimento e desenvolvimento da estrutura da massa e a segunda representa a concepção da fórmula e da mistura dos ingredientes e das matérias-primas que dão início ao processo.

Logo depois da mistura das matérias-primas, surgem as etapas de amassado, pré-fermentação e laminadora, importantes nas características físicas da massa e no enrolamento da mesma de forma a evitar qualquer tipo de grumos, bolhas de ar e fazer com que essa seja homogénea e uniforme no seu todo.

Por fim e classificadas com menor importância estão o desmolde e os arrefecimentos, com pouca afinidade para com as características técnicas do produto. Têm a sua importância no processo, como é óbvio, mas a matriz define a importância das relações entre as variáveis de desdobramento e é essa importância técnica que está a ser tida em conta.

Sendo assim, escolhendo as 6 etapas do processo mais importantes tecnicamente, pode então passar-se para a terceira e última fase do QFD. De maneira a aprofundar ainda mais a importância do processo nos requisitos do consumidor, deve fazer-se o desdobramento das etapas do processo nas variáveis operatórias específicas de cada uma delas.

3.2. Terceira Matriz

Na última fase de desenvolvimento do QFD relacionar-se-á as etapas do processo com as variáveis operatórias definidas para cada etapa, que também serão classificadas consoante a sua importância e consoante a sua dificuldade técnica. O resultado obtido nesta etapa apresenta-se na Tabela 3.8.

3.2.1. Etapas do Processo

Visto que o desdobramento desta matriz é feito a partir do processo de produção deve definir-se primeiro a importância das etapas que transitam da matriz anterior.

Em conjunto com a equipa do departamento de I+D, seleccionaram-se como etapas mais importantes as que tinham uma importância relativa superior a 10% e foram classificadas, tal como nos casos anteriores, de acordo com o grau de importância. Os resultados são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Graus de importância das etapas do processo.

Etapas do Processo	Importância Técnica Relativa (%)	Ranking (2ª Matriz)	Grau de Importância (1 – pouco importante 5 – Muito importante)
Receita e Pesagens	16,7	3	5
Amassado	11,4	4	4
Pré-fermentação	10,2	5	3
Laminadora	10	5	3
Fermentação	18,5	2	5
Forno	22,1	1	5

3.2.2. Variáveis Operatórias de cada Etapa do Processo

Para cada etapa foram definidas, pela equipa do departamento de I+D, as variáveis operatórias mais importantes e determinantes. Algumas delas relacionam-se com várias etapas do processo ao mesmo tempo. Este último factor é bastante relevante uma vez que é importante existirem estas relações e demonstra que o processo está todo interligado.

Foram seleccionadas as variáveis e classificadas de acordo com a dificuldade técnica conforme se apresenta na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Dificuldade técnica imposta para as etapas do processo.

Variáveis Operatórias	Unidades	Dificuldade técnica (1 – Fácil 5 – Difícil)
V1	u1	3
V2	u2	4
V3	u3	2
V4	u4	4
V5	u5	1
V6	u6	1
V7	u7	3
V8	u8	4
V9	u9	5
V10	u10	4
V11	u11	5

3.2.3. Matriz de Relações “Quês” vs “Comos”

A matriz de relações (Tabela 3.7) foi construída com a mesma simbologia utilizada nas outras matrizes. Assumiu-se que as relações fortes seriam aquelas em que as etapas do processo

apenas funcionassem correctamente com a variável operatória bem controlada. Por exemplo, a temperatura no forno ou a humidade relativa na câmara de fermentação.

As relações médias e fracas foram distinguidas como sendo variáveis que acrescentam ou que não retiram qualidade ao produto final mesmo estando desviadas do *set-point* estabelecido.

Tabela 3.7 – Matriz de relações da 3ª matriz do QFD.

Etapas do Processo	Importância 1 - Pouco importante 5 - Muito importante	Variáveis Operatórias										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
Formulação e pesagens	5						●					
Pré-fermentação	3	○	○	○			△		△			
Laminadora	3		△	○					○	●	●	
Fermentação	5	●	●	●			○		○			●
Forno	5		●	●	●		○		○			●
Amassado	4		●			●	●	●	●			○
Dificuldade técnica 1 - Fácil 5 - Difícil		3	4	2	4	1	1	3	4	5	3	5

3.2.4. Importância técnica e Objectivos

A importância técnica, tal como anteriormente, é obtida pelo somatório da multiplicação do nível importância, das etapas do processo, pelas pontuações das intensidades estabelecidas na matriz de relações, e foi na última linha (*ranking*) que se ordenaram as variáveis operatórias de acordo com os valores calculados.

3.2.5. Representação da Terceira Matriz

Tabela 3.8 – 3ª Matriz do QFD.

Etapas do Processo		Variáveis Operatórias											Quês vs Comos			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	●	○	△	
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	9	3	1	
Formulação e pesagens	5						●									
Pré-fermentação	3	○	○	○			△		△							
Laminadora	3		△	○					○	●	●					
Fermentação	5	●	●	●			○		○			●				
Forno	5		●	●	●		○		○			●				
Amassado	4		●			●	●	●	●			○				
Dificuldade técnica 1 - Fácil 5 - Difícil		3	4	2	4	1	1	3	4	5	3	5				
Unidades Características		a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)				
Importância Técnica	Absoluta	54	138	108	45	36	114	36	78	27	27	102	765			
	Relativa	7,1%	18,0%	14,1%	5,9%	4,7%	14,9%	4,7%	10,2%	3,5%	3,5%	13,3%	100%			
	Ranking	6	1	3	7	8	2	9	5	10	11	4				
Objectivos Técnicos		a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)				

a) valores confidenciais

Por fim, e com o desdobramento da função da qualidade terminado, as conclusões a retirar acerca do produto em estudo e as soluções de melhoria a adoptar devem ser tiradas olhando para as três matrizes simultaneamente.

As matrizes do QFD devem ser vistas como um todo e, uma vez que estão interligadas entre si, pelas características do produto e etapas do processo, ao implementar alguma correcção essencial numa das suas componentes, todas as outras irão ser melhoradas e os requisitos do consumidor identificados na matriz poderão assim ser satisfeitos.

4. Análise de falhas

4.1. Falhas e Causas

As causas responsáveis pela perda de qualidade no pão de forma durante o seu tempo de vida podem ser agrupadas em cinco categorias: [29]

- Matérias-primas e Ingredientes;
- Receita;
- Equipamento;
- Condições de processo;
- Cuidados após a cozedura.

Através do QFD foi possível identificar quais os requisitos mais relevantes para o consumidor, as características principais do produto e a sua situação actual no mercado em comparação com a concorrência, as etapas do processo e as variáveis operatórias mais importantes na produção do pão de forma e assim perceber quais as causas dos desvios à qualidade e também onde poderão existir essas falhas.

Na primeira matriz foram identificadas as características mais desviadas do *standard*. São elas a regularidade do miolo, a coesividade da fatia, acrescentando-se o sabor e o odor do pão pela sua relevância para o consumidor.

Para a detecção das possíveis causas associadas a não conformidades nestas características, fez-se uma análise sistemática e lógica de acordo com a metodologia de *troubleshooting*.

O miolo é considerado não regular quando apresenta alvéolos irregulares e bolhas de ar com diâmetro superior a 1 cm, sendo as possíveis causa apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Causas da falha na regularidade do miolo. [29], [61]

Falha	Causa Principal	Causas Derivadas
Miolo não regular	Bolhas de ar	Massa velha
		Mistura inadequada
		Tempo de batido curto
		Falha de humidade na fermentação
		Formas impróprias e em más condições
		Elevada humidade na fermentação
		Elevada temperatura na fermentação
		Demasiado tempo de fermentação
		Demasiado pó residual da farinha
		Excesso de óleo na divisora
		Pré-fermentação insuficiente
		Massa muito dura
		Baixa temperatura do forno
		Manuseamento descuidado no forno

		Tempo de residência no forno baixa
--	--	------------------------------------

Já a coesividade depende da textura do miolo para aguentar a deformação sem existir ruptura.

Na Tabela 4.2 apresentam-se as possíveis causas para a falta de coesividade.

Tabela 4.2 – Causas da falta de coesividade. [29], [61]

Falha	Causa Principal	Causas Derivadas
Falta de coesividade	Parte inferior do pão irregular	Demasiada Mistura
		Humidade concentrada na base das formas
		Formas demasiado quentes
		Elevada humidade na fermentação
		Pão subdimensionado
	Rachas na côdea (desintegração do miolo)	Formas impróprias
		Muito fermentado
		Mistura pobre
		Perda de qualidade da massa
		Temperatura muito alta nas etapas intermédias e finais
		Temperatura no forno muito baixa

O sabor e odor desviam-se da qualidade desejada quando o pão tem um “flavour pobre” cujas causas possíveis são apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Causas de flavour pobre. [29], [61]

Falha	Causa Principal	Causas Derivadas
Sabor e odor	<i>Flavour pobre</i>	Massa velha
		Receita desajustada
		Mistura inadequada
		% de sal em defeito ou em excesso
		Tempo de batido curto
		Farinha em armazenamento impróprio
		Pouca qualidade das matérias-primas
		Tempo de fermentação desajustado
		Produto em contacto com equipamento sem higienização
		Falta de manutenção nos equipamentos
		Produto cozido velho
		Massa antiga e queimada agarrada às formas
Odores absorvidos do exterior		

4.2. Análise dos modos de falha e efeitos (AMFE)

Identificadas as principais causas dos desvios à qualidade do produto partiu-se para a construção das matrizes que relacionem as causas principais das falhas (regularidade do miolo, coesividade e *flavour* pobre) com as etapas e variáveis operatórias definidas pelo desdobramento das matrizes do QFD.

Para a integração do QFD com a análise de falhas decidiu-se utilizar as variáveis operatórias priorizadas pela importância técnica da terceira matriz, a sua dificuldade técnica e a intensidade de relações com as etapas do processo, priorizadas na segunda matriz, e que se relacionam com as características técnicas referidas em 4.1.

Para cada variável é identificado de que forma o controlo é actualmente efectuado, ou seja, o método de controlo, o equipamento utilizado, os documentos e os valores de referência.

Para realizar a análise de falhas utilizou-se a mesma nomenclatura e simbologia para diferenciar a intensidade de relações na matriz, representadas anteriormente.

A priorização dos resultados da matriz foi feita através do somatório dos produtos da dificuldade técnica das variáveis operatórias com as respectivas intensidades das relações definidas com as principais causas das falhas detectadas.

$$\text{Priorização das relações} = \sum (\text{Dificuldade técnica} \times \text{Intensidade da relação}) \quad \text{Eq. 18}$$

De seguida apresentam-se as matrizes de análise de falhas para a coesividade do pão de forma, regularidade do miolo e *flavour* nas Tabela 4.4, Tabela 4.5 e Tabela 4.6, respectivamente.

Tabela 4.4 – Matriz de análise de falhas integrada com o QFD, para as falhas na coesividade.

Legenda		
Intensidade das Relações		
●	9	Relação Forte
○	3	Relação Média
△	1	Relação Fraca
Priorização		
		Relações acima da média
		Relações abaixo da média

Análise de falhas na Coesividade		Coesividade da fatia							Somatório Intensidades	
		Pré-fermentação			Fermentação					
QFD		V6	V2	V3	V6	V2	V3	V11		
Intensidade Relações QFD		Fraca	Média	Média	Média	Forte	Forte	Forte		
Dificuldade Técnica		1	4	2	1	4	4	5		
Controlo										
Controlo do Equipamento	Valores de Referência	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Variável Controlada	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Método	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Documento de Referência	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Responsabilidade	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Equipamento Medição/Controlo	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Modo Validação	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
Falha	Causa Principal	Causas Derivadas								
Falta de Coesividade	Parte Inferior do pão irregular	Demasiada Mistura								0
		Humidade concentra na base das formas				○	△	△	○	8
		Formas demasiado quentes					●	○		12
		Elevada humidade na fermentação				○			○	6
		Pão subdimensionado							●	9
	Rachas na côdea (desintegração do miolo)	Formas impróprias							○	3
		Muito fermentado	△	○	○	○	●	●	●	37
		Mistura pobre								0
		Perda de qualidade da massa	△			△		○	○	8
		Temperatura muito alta nas etapas intermédias e finais		●			●			18
Temperatura no forno muito baixa					△			1		
Priorização		2	48	6	10	116	64	150	396	
		0.5%	12.1%	1.5%	2.5%	29.3%	16.2%	37.9%	100%	TOTAL

a) valores confidenciais

Tabela 4.5 - Matriz de análise de falhas integrada com o QFD, para as falhas na regularidade do miolo.

Análise de falhas na Regularidade do Miolo		Miolo Regular														Somatório Intensidades		
		Amassado				Pré-fermentação			Fermentação				Forno					
		V2	V6	V3	V11	V6	V2	V3	V6	V2	V3	V11	V6	V2	V3		V11	
QFD		Forte	Forte	Forte	Médio	Fraca	Média	Média	Média	Forte	Forte	Forte	Média	Forte	Forte	Forte		
Intensidade Relações QFD		4	1	4	5	1	4	2	1	4	4	5	1	4	4	5		
Dificuldade Técnica																		
Controlo																		
Controlo do Equipamento	Valores de Referência	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Variável Controlada	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Método de Controlo	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Documento de Referência	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Responsabilidade	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Equipamento Medição/Controlo	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Modo Validação	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
Falha	Causa Principal	Causas Derivadas																
Miolo não Regular	Bolhas de ar	Massa velha			△							△					3	
		Tempo de batido curto			●				△			○						22
		Falha de humidade na fermentação									○	●	●					33
		Formas impróprias e em más condições																6
		Elevada humidade na fermentação								○	○	○	●					18
		Elevada temperatura de fermentação										○	○					33
		Demasiado pó da farinha				●				●		○	●			●		27
		Excesso de óleo na Divisora														○	●	12
		Pré-fermentação insuficiente										○	●					12
		Massa muito dura		●	●	○	○	○	○	○			○	○				36
		Baixa Temperatura no forno												△	●	○	△	14
		Manuseamento descuidado no forno															△	1
Tempo de residência no forno baixo														●	○	12		
Priorização		0	9	72	65	3	48	20	9	84	72	200	4	72	72	180	910	
		0.0%	1.0%	7.9%	7.1%	0.3%	5.3%	2.2%	1.0%	9.2%	7.9%	22.0%	0.4%	7.9%	7.9%	19.8%	100%	

a) valores confidenciais

Tabela 4.6 - Matriz de análise de falhas integrada com o QFD, para as falhas no flavour.

Análise de falhas no Flavour		Flavour											Somatório Intensidades		
		Formulação e Pesagens		Pré-fermentação			Fermentação				Forno				
		V6	V6	V2	V3	V6	V2	V3	V11	V6	V2	V3		V11	
QFD		Forte	Fraca	Média	Média	Média	Forte	Forte	Forte	Média	Forte	Forte	Forte		
Intensidade Relações QFD		1	1	4	2	1	4	4	5	1	4	4	5		
Dificuldade Técnica															
Controlo															
Controlo do Equipamento	Valores de Referência	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Variável Controlada	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Método Controlo	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Documento de Referência	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Responsabilidade	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Equipamento Medição/Controlo	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
	Modo Validação	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)		
Falhas	Causa Principal	Causas Derivadas													
Flavour pobre (sabor e odor)	Flavour pobre	Massa velha	△											1	
		Receita desajustada	●							△				11	
		Mistura inadequada	○											3	
		% de sal em defeito ou em excesso				○								6	
		Tempo de batido curto	○			△				○	○			16	
		Farinha em armazenamento impróprio	○											3	
		Pouca qualidade das matérias-primas	△											1	
		Tempo de fermentação desajustado		△	○	○	○	●	●	●					37
		Produto em contacto com equipamento sem higienização				△				△	△			△	5
		Falta de manutenção dos equipamentos			○	○		○		○		○	○	△	18
		Produto cozido velho										○		○	3
		Massa antiga e queimada agarrada às formas									●	○	○	●	24
Odores absorvidos do exterior	○				○					○			12		
Priorização		23	4	24	22	6	48	64	130	3	36	40	85	485	
		4.7%	0.8%	4.9%	4.5%	1.2%	9.9%	13.2%	26.8%	0.6%	7.4%	8.2%	17.5%	100%	

a) valores confidenciais

4.3. Resultados e Soluções de Melhoria

A aplicação da metodologia do QFD permitiu perceber e destacar as etapas do processo e as causas que mais influenciam as falhas na qualidade técnica do produto.

Nas Tabela 4.4 a Tabela 4.6, as variáveis operatórias com o maior número de relações com as causas derivadas foram a V2, V3 e o V11. Não sendo esta última uma variável controlada revela-se um ponto crítico e uma oportunidade de melhoria tomando medidas no sentido da sua monitorização.

Como foi dito anteriormente, nesta etapa, a actividade da levedura e a formação de dióxido de carbono e dos álcoois através dos açúcares das enzimas podem influenciar o crescimento da massa e o seu volume. A variação da actividade da levedura com a temperatura é uma boa forma de prever o desenvolvimento da massa consoante os valores estabelecidos para a temperatura e a humidade da câmara de fermentação e ajudam a evitar a causa “muito fermentado”, destacada a verde no somatório das intensidades na Tabela 4.4.

Relativamente à regularidade do miolo, da Tabela 4.5 destaca-se novamente na priorização a V11 na etapa da fermentação, mas também na etapa de cozedura no forno, para além da V2 e V3 definido para essas etapas e também na etapa de amassado.

A existência de pó residual nas farinhas utilizadas prejudica a massa durante o seu amassamento originando bolhas de ar e impedindo uma homogeneização correcta.

Em relação aos desvios existentes no *flavour*, através da Tabela 4.6, as variáveis operatórias mais relacionadas com as causas apresentadas na matriz foram novamente as correspondentes à etapa de fermentação e também o peso do produto na etapa do forno.

Das possíveis causas, destaca-se o facto de poder existir um desajuste no tempo de fermentação, que pode proporcionar um excessivo ou defeituoso desenvolvimento de ácidos na estrutura interna do pão, que prejudica sempre a qualidade do produto, em especial o seu *flavour*.

Por fim, e de modo a evitar ou corrigir as falhas existentes é necessário implementar soluções de melhoria, estabelecer e programar novos métodos de controlo para que a qualidade do produto vá de encontro com os requisitos do consumidor identificados na matriz.

Sendo assim, as propostas de soluções de melhoria são as seguintes:

- Na etapa de fermentação:
 - Implementar um sistema de controlo do peso do produto à entrada e à saída da câmara de fermentação. Em conjunto com os valores lidos para a temperatura, velocidade das prateleiras e humidade relativa dentro da câmara podem detectar-se mais rapidamente as variações que poderão ocorrer. Para isso devem ser colocados sensores de peso em pontos específicos da linha de produção;

- Na etapa do forno:
 - Estudar o perfil de temperatura no forno para a optimização da curva de cozedura. Para além de se conseguir obter a temperatura óptima para a cozedura do pão, através dos balanços energéticos ao forno é possível calcular a massa do pão, à entrada e à saída do forno e perceber e quantificar a quantidade de água libertada durante o processo de cozedura e, por conseguinte, controlar a caramelização da crosta e detectar mais rapidamente possíveis falhas no equipamento.

5. Conclusões

No desenvolvimento de novos produtos a VOC é essencial no estabelecimento dos requisitos e na sua priorização, através de entrevistas ao consumidor, bem como os meetings realizados com o departamento de marketing durante todo o projecto.

O QFD é sem dúvida uma ferramenta de enorme valor para qualquer indústria e possibilita aos responsáveis pelo desenvolvimento dos produtos uma maior margem de manobra na sua concepção, antecipando a visualização de possíveis erros em partes já avançadas do projecto e reduzindo os custos associados ao desenvolvimento de produtos.

A indústria alimentar tem a particularidade de ser uma indústria em constante mudança, devido tanto à evolução dos hábitos do consumidor como a variabilidade inerente aos processos produtivos.

É por isso importante utilizar a análise sensorial como método de controlo dos parâmetros técnicos definidos como muito importantes. É um método que ajuda na detecção das falhas das características técnicas ao longo do tempo de vida do produto e que pode ser utilizado de diferentes maneiras, permitindo ainda situar o produto no mercado onde se insere, comparando-o com a concorrência.

Através do QFD, o pão de forma X revelou ser um dos produtos de panificação industrializada mais conhecidos e consumidos no mercado contanto com um prazo de validade que assegura as condições de consumo do produto, embora tenha um preço por unidade elevado. Na primeira matriz de relações destacou-se a importância do preço do produto e a sua forte influência nas características mais relevantes como a fofura e o sabor. Sendo o produto produzido numa empresa líder de mercado, o consumidor não tem problemas em pagar o preço estabelecido pela marca para ver satisfeitos os seus requisitos.

As características técnicas foram desdobradas nas etapas do processo e, como seria de esperar, concluiu-se que as etapas do forno e de fermentação são as mais importantes de toda a linha de produção, nunca esquecendo as matérias-primas utilizadas na formulação. São de longe as etapas mais importantes para a obtenção de um pão de forma conforme com as características técnicas mais importantes, como a fofura, o sabor e a regularidade do miolo, e devem operar com o máximo de rigor possível. Este rigor foi verificado através da definição dos objectivos técnicos para cada etapa do processo e através das avaliações semanais realizadas com o auxílio da análise sensorial.

Na matriz final do QFD, desdobraram-se as etapas mais relevantes nas suas variáveis operatórias. Foi notório o destaque da V2 de cada etapa como a variável mais importante, como também seria de esperar, ficando logo depois a V6 como a segunda variável operatória priorizada. É uma variável que pode passar despercebida nas condições operatórias de cada etapa mas que tem um peso importante na definição da temperatura interna da massa, ajuda a ligar todos os ingredientes e permite, consoante as condições de operação nas etapas de fermentação e forno, obter o peso final desejado.

Para se conseguir compreender de onde derivavam as oportunidades de melhoria detectadas nas características técnicas do produto integrou-se o QFD com a análise de falhas construindo assim matrizes para cada uma das características com mais oportunidades de melhoria, utilizando as priorizações, a intensidade das relações e a dificuldade técnica resultantes do desdobramento da qualidade. Esta ferramenta não foi utilizada na sua plenitude, mas foi um método importante para a detecção das possíveis causas gerais responsáveis pela variabilidade encontrada na coesividade e regularidade do miolo e no *flavour*. O excesso de fermentação, desajuste do tempo de processo nas etapas de forno e fermentação ou valores de temperatura acima do estabelecido para as distintas etapas foram os factores que apresentaram mais relações com as variáveis operatórias priorizadas através do QFD e podem influenciar negativamente a textura e a coesividade do miolo, o aparecimento de bolhas de ar no interior do miolo e o *flavour*. Assim, depois de se perceber quais os pontos de melhoria do produto em estudo, a integração do QFD com a AMFE possibilitou a definição de soluções de melhoria contínua na linha de produção capazes de corrigir e prevenir os desvios à idealidade definidos para o pão de forma X e monitorizar com maior precisão todas as etapas e variáveis do processo de produção.

6. Trabalhos Futuros

Durante a realização deste projecto, por limitação de tempo ficaram por realizar alguns trabalhos. Apresentam-se seguidamente algumas sugestões relevantes que merecem uma especial atenção:

- Complementar as análises de satisfação do consumidor com a determinação dos requisitos não mencionados através de entrevistas abertas a clientes e potenciais clientes;
- Aplicar o procedimento estabelecido para as provas utilizando os funcionários da empresa;
- Criar uma base de dados que contenha todo o estudo estatístico dos produtos, com registos de todas as provas para cada dia de vida e a comparação com os *standards* definidos;
- Expandir os testes sensoriais utilizando provadores não treinados da população geral;
- Criar um painel de *experts* para as avaliações sensoriais;
- Implementar o QFD em todas as linhas de produção;
- Aplicar a ferramenta AMFE de um modo sistemático no desenvolvimento de novos produtos.

Bibliografia

Livros e Artigos

- [2] Christian, Eugene (1904). *Raw Foods and How to Use Them*. (consultado a 11/05/2015)
- [5] Cheung, A. L. (2001). *The Matrix Diagram*.
- [6] Melo Filho, L. D. R. De & Cheng, L. C. (2007). *QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento: caso em uma empresa de materiais*.
- [7] Germán Frank, A., Cuzzuol Pedrini, D., & Echeveste, M. E. (2008). *Integração Das Visões De QFD e FMEA Por Meio De Um Índice De Risco De Falhas Modificado*. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.
- [8] Sinn, J. W. (2007). *Lean Six Sigma Quality Transformation Toolkit (LSSQTT) "Failure Mode And Effects Analysis (FMEA), Quality Function Deployment (QFD), Base For Reliable Quality Communication."*
- [9] Kenley, C. R. (2004). *Requirements Risk Assessment - Integrating QFD and Risk Assessment*.
- [10] Abreu, P. S., Vieira, V. C., & Dedini, F. G. (2009). *A contribution for the QFD implementation as a tool to identify the market real necessities*.
- [11] Huber, C., & Mazur, G. H. (2002). *QFD and Design for Six Sigma*. 14th Symposium on QFD, 1 – 12.
- [12] De Carvalho Reis, M. (2012). *Aula de QFD - Desdobramento da Função de Qualidade*.
- [13] Nascimento, T. F., Chaves, C. A., & Liphau, E. E. (2008). *APLICAÇÃO DO QFD NA ÁREA DE VENDAS DE UMA PADARIA*.
- [14] Subbaian, S. (2010). *QFD: How to deploy the voice of customer to your organization*. Revisto a 19/05/2015.
(Fonte:<http://pt.slideshare.net/sridharoptimist/quality-functiondeploymentsteps?related=4>)
- [15] Shiba, S. (1995). *La Conception à l'Ecoute du Marché*. Paris.
- [16] Noronha, João de Freire. *Análise Sensorial – Metodologia, Apontamentos de Análise Sensorial*. Escola Superior Agrária de Coimbra. 2003
- [17] Esteves, E. (2014). *Introdução à Análise Sensorial*. Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve. Faro

- [18] De, M., Filho, M. D. S., Cnpat, E., & Ce, C. (2004). *O QFD e a análise sensorial no desenvolvimento do produto na indústria de alimentos : Perspectivas para futuras pesquisas.*
- [28] De Souza Abreu, F. (1997). QFD - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DA QUALIDADE - ESTRUTURANDO A SATISFAÇÃO DO CLIENTE. *Revista de Administração de Empresas*, 37, 47–55.
- [30] Gisslen, W. (2013). *PROFESSIONAL BAKING* (6th ed.). Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [31] Carzino, M. C. (2006). *Projeto e análise para dimensionamento automático de fornos para cozimento de pães e biscoitos.*
- [32] Matz, Samuel A. (1960) *Bakery technology and engineering.*
- [33] *CONFEÇÃO DE MASSAS ESPECIAIS DE PANIFICAÇÃO - CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA O SETOR ALIMENTAR.* (2012).
- [34] Balestra, F. (2009). *Empirical and fundamental mechanical tests in the evaluation of dough and bread rheological properties.*
- [35] Alim, I., & Lezcano, E. P. (1990). *Análisis de producto Productos panificados*, 1 – 27.
- [36] *Análise Sensorial de Alimentos.* (n.d.). In *Métodos Físico-Químicos para Análise Sensorial.* Serrão, Bruno. Consultado em <http://pt.scribd.com/doc/11757612/Analise-Sensorial-de-Alimentos-Capitulo-6>
- [37] Andrietta, J. M., Augusto, P., & Miguel, C. (2002). *Os Benefícios Da Utilização Do Método Qfd No Desenvolvimento De Produto Em Uma Empresa Que Adotou O Seis Sigma.* XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, (2), 1 – 8.
- [38] Antunes, G. (n.d.). *Importância do QFD no Desenvolvimento do Produto e do Processo.*
- [39] Bakke, A., Vickers, Z., Marquart, L., & Sjoberg, S. (2007). Consumer Acceptance of Refined and Whole Wheat Breads. *Whole Grains and Health*, 255–262.
- [40] Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement.* S. L. Taylor, Ed. 2ª edição. Academic Press.
- [41] Carnevalli, J. A., Sassi, A. C., & Miguel, P. a. C. (2004). *Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras.* *Gestão & Produção*, 11 (1), 33 – 49.
- [42] Cheng, L. C. (2003). *QFD EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: CARACTERÍSTICAS METODOLÓGICAS E UM GUIA PARA INTERVENÇÃO.*

- [43] Curic, D., Novotni, D., Skevin, D., Rosell, C. M., Collar, C., Le Bail, A., Gabric, D. (2008). *Design of a quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake off technology for bread making*. Food Research International, 41 (7), 714 – 719.
- [44] Esteves, E. (2001). *Notas Sobre a Selecção E Treino Dum Painel De Provadores Para Análise Sensorial De Produtos Alimentares (versão online)*, 1 – 7.
- [45] Faria, E. V. De. (2013). *Análise sensorial como ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos*.
- [46] Fik, M., & Surwka, K. (2002). *Effect of prebaking and frozen storage on the sensory quality and instrumental texture of bread*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(11), 1268–1275.
- [47] GÂmbaro, a, & Varela, P. (2002). *Textural Quality of White Pan Bread By Sensory and Instrumental Measurements*. Journal of Texture, 33 (2002), 401 – 413.
- [48] Kihlberg, I., Johansson, L., Kohler, A., & Risvik, E. (2004). *Sensory qualities of whole wheat pan bread—influence of farming system, milling and baking technique*. Journal of Cereal Science, 39 (1), 67 – 84.
- [49] L. A. dos Reis, C. I. (2011). *Construção de uma Matriz da Qualidade, baseada no sistema TPM, para a Indústria Alimentar*.
- [50] Lino Pereira, M. (2013). *Noções Básicas de Análise Sensorial*. Lisboa.
- [51] Marsili, R. (1997). *Techniques for analyzing food aroma*.
- [52] Miguel, P. a. C. (2009). *QFD no desenvolvimento de novos produtos: um estudo sobre a sua introdução em uma empresa adotando a pesquisa-ação como abordagem metodológica*. 105–128.
- [53] Nagyová, L., Rovný, P., Stávková, J., Uličná, M., & Maďarova, L. (2009). *Consumer perception of bread quality*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 57(3), 115–122.
- [54] Noronha, J. (2005). *O Laboratório de Análise Sensorial: Implantação das Instalações*, 1 – 15.
- [55] Oliveira, S. N. De, & Rodrigues, M. C. P. (2011). *ROLE OF SENSORY ANALYSIS AS TOOL OF SUPPORT FOR DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS*, 40–44.
- [56] Pereira, M. L. (2013). *Formação Avançada em Análise Sensorial*. Lisboa.

[57] Švec, I., & Hrušková, M. (2010). *Evaluation of wheat bread features*. Journal of Food Engineering, 99 (4), 505 – 510.

[58] Yamashina, H., Ito, T., & Kawada, H. (2000). *Innovative product development process by integrating QFD with TRIZ*. Seimitsu Kogaku Kaishi/Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 66(11).

[59] Zaidi, A. (1993). *QFD - Despliegue de la función de calidad*. (J. N. Medina & M. N. Gozalbes, Eds.). Madrid.

[63] Manual Interno de Análise Sensorial. 2014. (confidencial)

Websites

[1] <http://www.smithsonianmag.com/arts-culture/why-we-have-sliced-bread> (consultado a 11/05/2015)

[3] <http://www.dailymail.co.uk/femail/article-2358285/The-greatest-thing---A-look-history-sliced-bread-jeweler-inventor-celebrates-85th-anniversary.html> (consultado a 11/05/2015)

[4] <http://mentalfloss.com/article/49168/brief-history-sliced-bread> (consultado a 11/05/2015)

[19] UFSC., *R. eletrônica do departamento de química*-. (n.d.). QÍMIO SENSORES.
Fonte: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/benzeno/efeitos2.html>

[23] <http://www.webarcondicionado.com.br/calculo-de-btu>

[29] www.bakersassist.nl/processing5-2.htm, consultado a 11/05/2015.

[61] Bread Troubleshooting Guide. Progressive Baker.
<http://www.progressivebaker.com/downloads/Bread.pdf>, consultado a 23/05/2015.

[62] <http://www.aquimicadascoisas.org> , consultado a 04/06/2015

[64] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/49594/baking/50226/Baking>, consultado a 11/05/2015

Normas

[20] *ISO 8589:2007 (E) – Sensory Analysis – General guidance for the design of test rooms*.

[21] *ISO 8589: 2007/Amd1:2014 (E) – General guidance for the design of test rooms, AMENDMENT 1*.

[22] *ISO 8589:2007 (E) – Sensory Analysis – General guidance for the design of test rooms*.

[24] *ISO 13300 – Sensory Analysis – General guidance for the staff of a sensory evaluation laboratory.*

[25] *ISO 8586 – Sensor Analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.*

[26] *ISO/DIS 11136 – Sensory Analysis – Methodology – General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area.*

[27] *ISO 8586 – Sensor Analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.*

[60] *ISO/CD 9001: 2013 – Quality Management and Quality Assurance/ Quality Systems*