



Venda automática de bilhetes em transporte público recorrendo a interface auxiliar de voz

LUÍS PEDRO DA COSTA FREITAS

Setembro de 2022

Venda automática de bilhetes em transporte público recorrendo a interface auxiliar de voz

Luís Freitas

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Sistemas Gráficos e Multimédia**

Orientador: Filipe de Faria Pacheco (FFP)

Dedicatória

**A todos os que contribuíram para este objetivo fosse concretizado, o meu sincero
Obrigado!**

Resumo

Com a evolução do tempo, o aparecimento de novas soluções tecnológicas revelam uma melhoria significativa nos processos realizados no dia a dia do ser humano.

A presente dissertação, surgiu com o objetivo de avaliar e melhorar a usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público da Comboios de Portugal (CP), quer utilizando os meios de interface atuais (visor, toque, teclas), quer complementando-os com recurso a um novo interface baseado na voz.

Assim com a finalidade de obter dados coerentes iniciais, analisou-se e avaliou-se a usabilidade das máquinas da CP, através de um questionário que foi disponibilizado online a um grupo alargado de pessoas, para concluir quais os aspetos menos bons e os que podem ser melhorados, com vista a facilitar os utilizadores na aquisição das viagens. De forma a melhorar os aspetos referidos pelos inquiridos, revelou-se a necessidade de realizar uma análise de valor para verificar o valor do produto a ser desenvolvido para o mercado que está inserido.

De seguida, foi estudado o contexto das soluções existentes no mercado, bem como das tecnologias capazes de desenvolver um assistente digital, com o intuito de avaliar qual a melhor abordagem para o desenvolvimento do projeto, tendo sido encontrada uma solução viável dentro das limitações e objetivos deste trabalho. Realizada toda a análise, passamos para a modelação da solução a ser desenvolvida, e descrevemos a implementação respetiva incluindo reformulação dos vários passos da compra, incluir informação mais clara e permitir interação opcional por voz.

Por fim foi realizada uma avaliação da implementação validando a premissa inicial que é possível a melhoria da usabilidade e a voz é uma mais valia com vista a este objetivo.

Palavras-chave: Transportes públicos, Venda bilhetes, Usabilidade, Interação pessoa-máquina, Interação por voz

Abstract

With the evolution of time, the emergence of new technological solutions reveals a significant improvement in the processes performed in the daily life of the human being .

The present dissertation, emerged with the objective of evaluating and improving the usability of the ticket vending machines for public transport of Comboios de Portugal (CP), either using the current means of interface (display, touch, keys), or complementing them with the use of a new voice-based interface.

Thus, in order to obtain initial consistent data, the usability of CP's machines was analyzed and evaluated, through a questionnaire that was made available online to a large group of people, to conclude which aspects were less good and which could be improved, in order to facilitate users in the acquisition of trips. In order to improve the aspects mentioned by the respondents, it was revealed the need to perform a value analysis to verify the value of the product to be developed for the market it is inserted in.

Next, the context of the existing solutions in the market was studied, as well as the technologies capable of developing a digital assistant, in order to evaluate the best approach for the development of the project, and a viable solution was found within the limitations and objectives of this work. Once all the analysis was done, we moved on to the modeling of the solution to be developed, and described the respective implementation including reformulation of the various steps of the purchase, including clearer information and allowing optional voice interaction.

Finally, an evaluation of the implementation was performed, validating the initial premise that usability improvement is possible and voice is an asset towards this goal.

Agradecimentos

Quero expressar desde já o meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a concretização desta etapa e sempre me ajudaram ao longo do meu percurso académico.

Desde já começo por agradecer ao Professor Filipe de Faria Pacheco, orientador no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), por toda a disponibilidade, ajuda e conselhos dados ao longo deste projeto de dissertação.

Um especial agradecimento aos meus pais e aos meus familiares pelo apoio incondicional, pela inspiração e incentivo ao longo destes anos.

À Diana, por toda a força, presença, compreensão e, acima de tudo, por tudo o que ultrapassamos juntos.

Aos meus amigos, que desde sempre me viram crescer, agradeço todo o apoio, a força, compreensão e amizade ao longo de todo o meu percurso.

A todos que contribuíram para o meu percurso académico, o meu sincero obrigado!

"Still I Rise"

Maya Angelou

Conteúdo

Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Lista de Acrónimos	xxi
1 Introdução	1
1.1 Contexto	1
1.2 Interpretação do problema	2
1.3 Objectivo	2
1.4 Abordagem preconizada	3
1.5 Contribuições	3
1.6 Análise de valor	3
1.7 Estrutura do documento	4
2 Contexto	7
2.1 Contexto	7
2.1.1 Usabilidade	7
2.1.2 Interface e Interação pessoa-máquina	8
2.2 Abordagem ao Problema	8
2.2.1 Problema	8
2.2.2 Conceitos Importantes	9
2.2.3 Intervenientes	9
2.2.4 Restrições	10
3 Inquérito de Usabilidade	11
3.1 Análise dos inquiridos	11
3.1.1 Interface	13
3.1.2 Compreensão da informação	13
3.1.3 Qualidade da informação	14
3.1.4 Tempo para a realização das tarefas	14
3.1.5 Funcionalidades	14
3.1.6 Utilização da voz	15
3.2 Correlação de dados	15
3.2.1 Correlação 1	16
3.2.2 Correlação 2	17
3.2.3 Correlação 3	18
3.2.4 Correlação 4	19
3.3 Conclusões	20
4 Análise de Valor	21

4.1	Processo de inovação	21
4.1.1	Fuzzy Front End	22
4.1.2	The New Concept Development Model	22
4.1.3	Comercialização	24
4.2	Valor, Valor para o cliente e valor percebido	24
4.2.1	Valor	25
4.2.2	Valor para o cliente	25
4.2.3	Valor Percebido	25
4.3	Proposta de Valor	26
4.4	Modelo de CANVAS	26
4.5	Quality Function Deployment	27
5	Estado da Arte	31
5.1	Soluções e Abordagens Existentes	31
5.1.1	Alexa	31
	Uso da Alexa	32
5.1.2	Google Assistant	32
	Uso da Google Assistant	33
5.2	Tecnologias Relevantes	34
5.2.1	Google Speech API	34
5.2.2	Microsoft Cognitive API	34
5.2.3	DialogFlow	34
5.2.4	Web Speech API	34
5.3	Conclusões	35
6	Análise	37
6.1	Domínio do Problema	37
6.1.1	Conceitos do Negócio	37
6.1.2	Modelo de Domínio	37
6.1.3	Requisitos Funcionais	38
6.1.4	Requisitos Não Funcionais	40
	Usabilidade	40
	Fiabilidade	40
	Desempenho	40
	Suportabilidade	41
	Restrições de Design	41
	Restrições de Físicas	41
7	Design	43
7.1	Abordagens Possíveis e Escolha de Arquitetura	43
7.1.1	Protótipo com Segregação de Responsabilidades	43
7.1.2	Protótipo com Centralização de Base de Dados	44
7.1.3	Avaliação e Escolha da Solução de Design	45
7.2	Design Detalhado	45
7.2.1	Diagrama de Componentes Detalhado do Sistema	45
	WebSpeech API	46
	Prototipo	46
	BackEndPrototipo	46
	MongoDB	47

7.2.2	Diagrama de Implantação do Sistema	47
7.2.3	Vista de Cenário do Sistema	47
7.2.4	Modelação de Dados	48
7.2.5	Comandos de Voz	49
8	Implementação	51
8.1	Estrutura dos componentes	51
8.1.1	Prototipo	52
	WebSpeech API	53
	Services	55
	Models	56
8.1.2	BackEndPrototipo	56
8.2	Protótipo	58
9	Avaliação e Experimentação	61
9.1	Métricas de Avaliação	61
9.2	Metodologia	61
9.2.1	Testes de software	61
9.2.2	Inquérito	62
9.3	Atribuição dos métodos de avaliação	62
9.4	Resultados	63
9.4.1	Testes unitários	63
9.4.2	Testes de Integração	64
9.4.3	Resultados do Inquérito	65
9.5	Conclusão da Avaliação	66
10	Conclusões	67
10.1	Objetivos Alcançados	67
10.2	Limitações e Trabalho Futuro	67
10.3	Considerações Finais	68
	Bibliografia	69
	Apêndice A Inquérito	73
	Apêndice B Resultados do Inquérito	81
	Apêndice C Fluxo da aquisição de bilhetes	97
	Apêndice D Inquérito Final	101

Lista de Figuras

2.1	Atual máquina bilheteira da CP	9
3.1	Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A interface é fácil de utilizar" e "A informação disponibilizada é completa" . .	16
3.2	Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A interface é fácil de utilizar" e "A máquina tem todas as funcionalidade" . .	17
3.3	Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A informação disponibilizada é fácil de compreender" e "A informação disponibilizada é completa"	18
3.4	Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A máquina tem todas as funcionalidades" e "Seria útil a utilização da voz para interagir com o sistema"	19
4.1	Processo de inovação (P. A. Koen, Ajamian et al. 2002)	21
4.2	Modelo New Concept Development (NCD) (P. A. Koen, Ajamian et al. 2002)	22
4.3	<i>Business Model CANVAS</i>	27
4.4	<i>Quality Function Deployment</i>	28
6.1	Modelo de domínio do sistema	38
6.2	Diagrama de caso de uso	39
6.3	Diagrama System Sequence Diagram (SSD)	39
7.1	Diagrama de componentes do sistema com segregação de responsabilidades	43
7.2	Diagrama de componentes do sistema com centralização de API	44
7.3	Diagrama de componentes detalhado do sistema	46
7.4	Diagrama de implantação do sistema	47
7.5	Diagrama representativo do processo de interação do utilizador com o Protótipo	48
7.6	Diagrama representativo do processo de interação do utilizador com o protótipo	49
8.1	Estrutura do repositório	51
8.2	Estrutura do projeto <i>Prototipo</i>	52
8.3	Estrutura do <i>package services</i>	55
8.4	Estrutura do <i>package models</i>	56
8.5	Estrutura do projeto <i>BackEndPrototipo</i>	56
8.6	Página do 3º passo	59
8.7	Página do 4º passo	60
9.1	Cobertura dos testes <i>BackEndPrototipo</i>	63
9.2	<i>Collection</i> de testes do <i>Postman</i>	64
9.3	<i>Coverage</i> dos testes <i>Postman</i>	65
A.1	Primeira etapa do questionário	73

A.2	Segunda etapa do questionário	74
A.3	Segunda etapa do questionário - Continuação	74
A.4	Terceira etapa do questionário	75
A.5	Quarta etapa do questionário	75
A.6	Quarta etapa do questionário - Continuação	76
A.7	Quinta etapa do questionário	76
A.8	Quinta etapa do questionário - Continuação	77
A.9	Sexta etapa do questionário	78
A.10	Sexta etapa do questionário - Continuação	78
A.11	Sétima e última etapa do questionário	79
B.1	Resposta dos inquiridos relativamente à aceitação do preenchimento do questionário	81
B.2	Resposta dos inquiridos relativamente à idade	81
B.3	Resposta dos inquiridos relativamente ao género	82
B.4	Resposta dos inquiridos relativamente à ocupação	82
B.5	Resposta dos inquiridos relativamente ao uso dos transportes públicos da CP	82
B.6	Resposta dos inquiridos relativamente à frequência do uso dos comboios	83
B.7	Resposta dos inquiridos relativamente à forma como compram viagens	83
B.8	Resposta dos inquiridos relativamente ao porquê de comprarem ao balcão 1/2	83
B.9	Resposta dos inquiridos relativamente ao porquê de comprarem ao balcão 2/2	84
B.10	Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a interface ser de fácil utilização	84
B.11	Média das respostas à questão de concordância com a interface ser de fácil utilização	84
B.12	Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a informação disponibilizada ser de fácil compreensão	85
B.13	Média das respostas à questão de concordância com a informação disponibilizada ser de fácil compreensão	85
B.14	Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a informação disponibilizada ser completa	85
B.15	Média das respostas à questão de concordância com a informação disponibilizada ser completa	85
B.16	Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com o facto de conseguirem completar tarefas rapidamente	86
B.17	Média das respostas à questão de concordância com o facto de conseguirem completar tarefas rapidamente	86
B.18	Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a máquina ter todas as funcionalidades	86
B.19	Média das respostas à questão de concordância com a máquina ter todas as funcionalidades	86
B.20	Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a utilização de voz para a interação com a máquina	87
B.21	Média das respostas à questão de concordância com a utilização de voz para a interação com a máquina	87
B.22	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da interface 1/3	87
B.23	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da interface 2/3	88

B.24	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da interface 3/3	88
B.25	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada fosse mais fácil de compreender no ecrã 1/3	89
B.26	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada fosse mais fácil de compreender no ecrã 2/3	89
B.27	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada fosse mais fácil de compreender no ecrã 3/3	90
B.28	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada no ecrã mais completa 1/2	90
B.29	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada no ecrã mais completa 2/2	91
B.30	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria a rapidez na execução das tarefas 1/2	91
B.31	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria a rapidez na execução das tarefas 2/2	92
B.32	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria relativas a novas funcionalidades 1/3	92
B.33	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria relativas a novas funcionalidades 2/3	93
B.34	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria relativas a novas funcionalidades 3/3	93
B.35	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de como integrar a voz no sistema 1/3	94
B.36	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de como integrar a voz no sistema 2/3	94
B.37	Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de como integrar a voz no sistema 3/3	95
C.1	Página do 1º passo	97
C.2	Página do 2º passo	98
C.3	Página do 3º passo	98
C.4	Página do 4º passo	99
C.5	Página do 5º passo	99
C.6	Página do 6º passo	100
C.7	Página do 7º passo	100
D.1	Resposta dos inquiridos "O uso da voz facilita a utilização do sistema em geral?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"	101
D.2	Resposta dos inquiridos "Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente útil?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"	102
D.3	Resposta dos inquiridos "Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente irrelevante?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"	103
D.4	Resposta dos inquiridos "Considera vantajoso a informação adicional ao longo do processo de compra (e.g.preço)?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"	104

Lista de Tabelas

4.1	Legenda da Tabela: Benefícios vs Custos/Sacrifícios.	25
5.1	Legenda da Tabela: Resumo das tecnologias <i>speech-to-text</i>	35
5.2	Legenda da Tabela: Resumo das tecnologias <i>text-to-speech</i>	36
9.1	Legenda da Tabela: Associação entre indicadores e métodos de avaliação .	62

Lista de Acrónimos

API	Application Programming Interface.
CP	Comboios de Portugal.
DEI	Departamento de Engenharia Informática.
FFE	Fuzzy Front End.
INDES	Interface e Design.
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto.
ISO	International Organization for Standardization.
MEI	Mestrado em Engenharia Informática.
NCD	New Concept Development.
NIF	Número de Identificação Fiscal.
QFD	Quality Function Deployment.
SSD	System Sequence Diagram.
TMDEI	Tese/Dissertação/Estágio.
UI	User Interface.
UML	Unified Modeling Language.
UX	User Experience.

Capítulo 1

Introdução

No âmbito da unidade curricular de Tese/Dissertação/Estágio (TMDEI) do Mestrado em Engenharia Informática (MEI) do Departamento de Engenharia Informática (DEI) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), é proposto que os alunos realizem um projecto de tese ou dissertação, num ambiente curricular ou académico, com o objectivo de desenvolver um projecto para um contexto real.

O projecto proposto que será discutido ao longo do presente documento visa ultrapassar os problemas das actuais máquinas de compra de bilhetes de transporte público da empresa Comboios de Portugal (CP).

Neste capítulo será feita uma contextualização e uma interpretação do problema e serão definidos os objectivos e os resultados esperados com o presente trabalho. Por fim, será feita uma breve descrição da análise de valor associada à solução prevista, assim como a sua abordagem preconizada, que descreverá, resumidamente, os passos necessários para a solução.

1.1 Contexto

O projecto a ser desenvolvido ao longo da presente dissertação surgiu no seio de uma análise de interface de usabilidade, onde se verificou que as necessidades dos utilizadores não eram satisfeitas com o actual serviço disponibilizado pelas máquinas de bilhetes da CP. Contudo, é de referir que não existe nenhuma ligação com esta entidade para a realização deste projecto. É ainda de realçar que este desenvolvimento é um protótipo e que posteriormente poderá ser apresentado à CP.

Para agradar aos utilizadores do serviço da CP, surge a necessidade de aprimorar e simplificar o processo de aquisição de bilhetes de viagens. Neste sentido, e com o intuito de otimizar o processo, é proposto um novo sistema que permita cumprir os requisitos que os usufruidores do serviço necessitam e também a realização das suas tarefas sem ser necessário recorrerem a um balcão.

Este novo serviço além de criar valor, a utilização de um novo serviço pode ter impacto directo na afluência às máquinas de bilheteira, removendo filas de espera dos balcões.

1.2 Interpretação do problema

Nos dias de hoje a interacção pessoa-máquina tem um papel fundamental nas necessidades diárias do ser humano. Esta interacção começa desde logo com o uso da televisão, telemóvel ou mesmo com um carro no quotidiano. Ao longo dos tempos, com o desenvolvimento de novos produtos, assistimos a uma preocupação com a sensibilidade da interacção pessoa-máquina, ou seja, tornar mais fácil a interacção para a pessoa, fazendo com que se sinta confortável a utilizar o produto (Bailey et al. 2009).

Do ponto de vista da usabilidade, para que a interacção de um utilizador com um serviço ou produto seja agradável e fácil, é necessário avaliar a sua usabilidade segundo modelos e normas, que serão referidos nos capítulos 2 e 8. Para além disso, a usabilidade também se interliga com um factor, nomeadamente, de um utilizador saber utilizar um serviço ou produto, sem muita complexidade, sem recorrer a um manual de instruções.

A solução proposta para esta dissertação, visa melhorar a compra de bilhetes nas máquinas de transporte público da CP. No sentido de atingir este objectivo a abordagem para esta proposta engloba conceitos como *speech-to-text*, interacção pessoa-máquina e usabilidade.

Posto isto, feita a análise prévia das máquinas e também da análise das avaliações dos utilizadores sobre as actuais máquinas da CP, onde podemos verificar ao longo do capítulo 3, com as respostas dos utilizadores ao inquérito realizado sobre a usabilidade, podemos ter uma imagem mais clara das limitações apontadas pelos utilizadores destas máquinas.

Em suma, a usabilidade destas máquinas, segundo o estudo realizado, existem aspectos que podem ser melhorados e onde podem ser acrescentadas funcionalidades com a finalidade de melhorar e simplificar este serviço.

1.3 Objectivo

O sistema a ser desenvolvido terá como principal objectivo melhorar e simplificar a compra de bilhetes de transporte públicos nas máquinas disponibilizadas pelas entidade CP, recorrendo a uma interface por voz e outras técnicas.

Os objectivos delineados para o projecto são os seguintes:

- Adicionar a interacção (possivelmente bi-direcional) centrada na voz, mantendo a funcionalidade de interacção no ecrã;
- Melhorar a informação disponibilizada ao utente no ecrã e em papel (exemplo: recibo);

Para atingir o primeiro objectivo, é necessário proceder a uma identificação de quais as tecnologias mais vantajosas para o desenvolvimento da solução e posteriormente interpretar a forma de utilização da voz no processo de aquisição de bilhetes.

Relativamente ao segundo objectivo, é necessário identificar os pontos de melhoria de informação, onde podemos verificar no capítulo 3, e posteriormente desenhar uma solução melhorada.

Em suma, para atingir os objectivos delineados para o projecto é necessário fazer uma análise detalhada dos aspectos referidos, para ser possível conciliar a utilização da voz com a melhoria da informação disponibilizada e posteriormente o processo de compra ser mais eficaz e rápido para os utilizadores deste sistema.

1.4 Abordagem preconizada

Numa primeira abordagem ao projecto proposto para a dissertação, após a realização de uma interpretação da actual situação, o primeiro passo é questionar os utilizadores deste meio de transporte sobre o funcionamento destas máquinas através de um questionário *online*.

Após esta tarefa, é necessário validar as respostas e consequentemente formular conclusões de acordo com os resultados obtidos. Logo de seguida, é necessário avaliar quais as tecnologias existentes no mercado e posteriormente concluir quais as tecnologias que trazem mais vantagem para a realização do presente projecto.

Relativamente à implementação, esta será feita de forma incremental, onde esta só será iniciada aquando a conclusão de quais as tecnologias a serem utilizadas. A par da implementação incremental serão realizados testes de usabilidade com utilizadores para validarem e avaliarem o desenvolvimento do novo sistema.

1.5 Contribuições

Com o desenvolvimento deste projecto, é esperado que os utilizadores das máquinas de venda de bilhetes de transporte público consigam ser mais eficazes na interacção com a máquina, ou seja, que consigam completar as tarefas que precisam com mais facilidade.

É ainda esperado, com o desenvolvimento de novas funcionalidades, ou seja, com o recurso a voz, que este seja um processo mais rápido e simples para a aquisição dos bilhetes de transporte público para qualquer utilizador.

1.6 Análise de valor

No decorrer dos dias de hoje, a competitividade entre empresas é cada vez maior, onde quem se destaca é quem apresenta uma melhor qualidade dos produtos que dispõe.

A análise de valor é uma metodologia onde o objectivo é analisar e corresponder a uma procura de aumentar o valor de um determinado produto ou serviço. Esta análise é feita através de processos que permitem às minimizar os custos de produção do produto final sem diminuir a qualidade e aumentando o seu valor, garantindo a qualidade do mesmo.

No capítulo 4, Análise de Valor, serão aprofundadas várias métricas de avaliação que permitem definir e estabelecer os valores do presente projecto.

1.7 Estrutura do documento

O presente documento está estruturado segundo capítulos onde contêm secções e sub-secções. Está assim dividido em nove grandes capítulos:

- Introdução;
- Contexto;
- Inquérito de Usabilidade;
- Análise de Valor;
- Estado da Arte;
- Análise;
- Design;
- Implementação;
- Avaliação e Experimentação;
- Conclusões.

O primeiro capítulo, tem um carácter introdutório, onde é feita a descrição, de uma forma clara, do problema, dos objectivos a atingir com o projecto, uma abordagem preconizada e por último, uma breve análise de valor do presente projecto.

No capítulo 2, é feito um contexto e análise do problema de uma forma aprofundada. Será, ainda, apresentados conceitos importantes a reter, bem como os intervenientes e possíveis restrições e limitações para a solução.

De seguida, no capítulo 3, será realizada a análise e interpretação dos resultados de um questionário, disponibilizado *online*, cujo o intuito é o de avaliar a usabilidade das actuais máquinas da CP. A realização deste questionário tem com base avaliar os principais problemas actuais dos utilizadores e também o ponto de vista destes relativamente ao uso da voz.

Já no capítulo 4, Análise de Valor, é feita uma análise pensada, do valor que o projecto tem, com o objectivo de apresentar qual o real valor do mesmo para quem irá usufruir do sistema. A análise irá ser baseada em modelos que serão referidos no capítulo.

Relativamente ao capítulo 5, Estado da Arte, é feita uma síntese de soluções e tecnologias que apresentem soluções semelhantes para este problema terminando o capítulo com uma conclusão de quais as melhores tecnologias para a solução do projecto bem como a tecnologia a ser utilizada.

Nos dois capítulos seguintes, Análise e Design, é referida uma abordagem técnica e detalhada sobre a solução idealizada, recorrendo a um modelo de domínio e vários diagramas que fundamentam as decisões tomadas para a atingir os objectivos definidos.

De seguida no capítulo 8, Implementação, é documentada a implementação da solução para o problema recorrendo a alguns excertos de código, a comunicação entre componentes e os respectivos testes desenvolvidos.

No penúltimo capítulo, Avaliação e Experimentação, explicar-se-á as formas de avaliação para a solução a nível quantitativo e qualitativo, as respectivas métricas de avaliação e por fim as metodologias de experimentação para a solução desenvolvida.

Por fim, no último capítulo, Conclusão, serão apresentados todos os objectivos alcançados ao longo do trabalho e as limitações encontradas. É feita, ainda, uma identificação do trabalho futuro e uma consideração final de todo o trabalho produzido.

Capítulo 2

Contexto

No presente capítulo será aprofundado o contexto do problema de uma forma mais detalhada. Para atingir o objectivo deste capítulo irá ser realizado um contexto há actual situação, bem como uma análise a conceitos importantes como usabilidade, interface e interacção pessoa-máquina. Será feita, ainda, uma abordagem ao problema, conceitos importantes, intervenientes e restrições que possam existir.

2.1 Contexto

Desde as primeiras interacções e impressões com um determinado objecto temos de conseguir decifrar qual a sua usabilidade e se o seu uso é benéfico para a finalidade pretendida.

Com o decorrer dos tempos, a usabilidade e interacção pessoa-máquina vem a sofrer alterações com o intuito de melhorar a utilização de produtos/sistemas dos utilizadores. Esta melhoria deve-se ao facto de haver uma maior preocupação com o desenvolvimento das interfaces que por consequência leva a uma melhoria da usabilidade dos utilizadores.

A solução proposta para a presente dissertação tem como objectivo melhorar a usabilidade e a interacção das pessoas com a máquina de bilhetes da empresa CP, com vista a automatizar e simplificar o processo de compra de viagens. Para atingir os objectivos delineados para o projecto proposto, abordam-se conceitos como usabilidade, interacção pessoa-máquina, que serão referidos neste capítulo. Há, ainda, outros dois conceitos importantes para este projecto, são os conceitos de *speech-to-text* e *text-to-speech* que serão abordados no capítulo 5.

A abordagem proposta deve permitir ao utilizador, sem conhecimento prévio do novo sistema, através da integração por voz ou pelo uso das teclas disponíveis ou mesmo pelo uso destas duas vertentes, conseguir interagir com o sistema de forma a conseguir cumprir os requisitos que pretende.

2.1.1 Usabilidade

Segundo International Organization for Standardization (ISO), a norma *ISO 13407: 1999* disponibiliza indicações sobre actividades de design centrado no ser humano ao longo dos ciclos de vida de sistemas interactivos baseados num computador. (*ISO 13407:1999(en), Human-centred design processes for interactive systems s.d.*).

Já a norma *ISO 9241-11 : 1998*, referente à usabilidade, baseia-se na medida pela qual um produto pode ser utilizado, por utilizadores específicos, para atingir determinados objectivos com efectividade, eficiência e satisfação num contexto de uso específico. (*ISO 9241-11:1998(en), Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability* s.d.).

Assim sendo, podemos concluir que a usabilidade, é um termo utilizado para definir a facilidade com que o ser humano pode utilizar uma ferramenta com a finalidade de realizar uma determinada tarefa. A usabilidade pode também referir-se a métodos de mensuração da usabilidade. Na comunicação entre computador e utilizador, a usabilidade refere-se à simplicidade e destreza com que pode ser utilizado, nomeadamente um *website*, um programa, entre outros.

2.1.2 Interface e Interação pessoa-máquina

A interação pessoa-máquina, segundo Laurel 2003, ou seja, User Experience (UX) reflecte as reacções e comportamentos dos utilizadores quando experimentam e utilizam directamente ou indirectamente um produto, sistema, ou serviço.

A interação de uma pessoa com uma máquina tem sempre associado uma interface, seja através de um ecrã ou através de uma interface física como por exemplo uma máquina de lavar louça. O desenho de uma User Interface (UI) apelativa é de extrema importância pois é a chave do sucesso para o produto ou serviço desenvolvido. (Gebhart, Giessler e Abeck 2016)

Como a *UI/UX* são os principais componentes do *front-end*, deve-se ter em conta, durante o desenvolvimento de uma interface a forma como o utilizador irá interagir com esta. Deve-se ter um cuidado com o desenvolvimento, nomeadamente, com as cores utilizadas, letras, tamanho e o *layout*. (Laurel 2003)

2.2 Abordagem ao Problema

Na presente secção será feita uma análise ao problema, identificando os principais conceitos do mesmo. É ainda relatado quais os intervenientes que fazem parte do problema e também as restrições existentes no desenvolvimento do presente projecto.

2.2.1 Problema

O problema inicial foi colocado em causa, através de um estudo realizado no âmbito da unidade curricular Interface e Design (INDES) com o objectivo de descrever um aspecto que se considera muito positivo e outro muito negativo do design de interfaces de pessoa-máquina utilizado no dia-a-dia.

Após feito um estudo para a realização do trabalho desta unidade curricular INDES, identificou-se a dificuldade na aquisição de bilhetes de transporte público através da utilização das máquinas disponibilizadas pela empresa CP. Na figura 2.1, visualiza-se a atual máquina de bilheteira da CP.



Figura 2.1: Atual máquina bilheteira da CP

Realizado o estudo para o trabalho às máquinas da CP, percebeu-se que as pessoas que não recorrem a esta máquina para satisfazer os seus pedidos, a compra de viagens, com regularidade, tendem a ter dificuldades em conseguir finalizar o processo de aquisição dos bilhetes. Contudo, foi, ainda identificado a incoerência entre ecrãs, onde a informação transmitida aos utilizadores não é consistente. Estas afirmações podem ser verificadas no capítulo 3, onde foi disponibilizado um questionário *online* com o intuito de analisar os reais problemas, identificados pelos utilizadores, das máquinas da CP.

2.2.2 Conceitos Importantes

Interface com utilizador

A interface com o utilizador é de extrema importância na medida em que deve ser de fácil compreensão e eficaz na utilização. Assim sendo, analisando o uso das actuais máquinas, podemos verificar que os utilizadores por vezes não conseguem completar as tarefas que precisam para a aquisição de bilhetes derivado a problemas com a interface.

Compra de bilhetes

Nas máquinas onde podemos comprar os bilhetes para as viagens de comboio de momento só é possível ter acesso, após a aquisição do bilhete, à estação de origem e à estação de destino. Como a máquina disponibiliza a compra de viagens deveria ser possível para o utilizador verificar os horários dos comboios que albergam o trajecto que pretende fazer.

2.2.3 Intervenientes

Os perfis de utilizador são de extrema importância numa aplicação/serviço pois permitem identificar quais os recursos a que estes têm ao seu dispor. Seguindo esta solução, identificaram-se os seguintes intervenientes no presente projecto:

- Clientes: Que adquirem os títulos para conseguirem viajar nos transportes disponibilizados pela CP;
- Administrador: Responsável por gerir as estações/horários/preços das viagens.

2.2.4 Restrições

A solução a ser desenvolvida para o presente projecto pode estar dependente de algumas restrições ligadas maioritariamente à capacidade actual da máquina existente. As restrições identificadas nas máquinas, tendo em conta às soluções idealizadas para o desenvolvimento do projecto são as seguintes:

- Ruído/barulho: ouvir as instruções da máquina;
- Comunicação com a máquina: dar instruções de voz à máquina;
- Utilização das máquinas actuais: o facto do desenvolvimento da solução poder ser baseado nas máquinas actuais pode ser um problema por existir a possibilidade de não suportar som/áudio;
- Linhas: o desenvolvimento da solução tem como base ser realizado para uma linha, para servir de avaliação do novo sistema, mas preparado para expansão posterior para múltiplas linhas.

Capítulo 3

Inquérito de Usabilidade

No presente capítulo pretende-se analisar e avaliar a usabilidade das máquinas da CP, através de um questionário que foi disponibilizado *online* à população, para concluir quais os aspectos menos bons e os que podem ser melhorados, com vista a facilitar os utilizadores na aquisição das viagens. No final, será feita uma correlação de dados entre as respostas de concordância existentes no questionário e por fim uma breve conclusão sobre as respostas dos inquiridos.

3.1 Análise dos inquiridos

Com objectivo de conhecer e identificar os reais problemas que os utilizadores das máquinas de bilhetes da CP têm, realizou-se um questionário para a população. O questionário foi disseminado não só pela comunidade académica, mas também pela população em geral, com o intuito de a amostra não incluir apenas indivíduos jovens, ou seja, da faixa etária 18-29 anos, mas também de faixas etárias superiores.

É de salientar que o questionário foi realizado *online*, devido à pandemia COVID-19. A forma exclusiva de avaliar os inquiridos de forma *online*, prendeu-se pela questão da COVID-19, onde não seria prático disponibilizar questionários físicos, não havendo outra alternativa para a realização do questionário. Contudo, é possível que a amostra fosse maior se houvesse um questionário físico, caso o mesmo fosse colocado em várias estações para preenchimento por parte dos utilizadores.

A obtenção de respostas de faixas etárias mais altas do que a dos 18-29 anos tem como objectivo perceber quais os reais problemas dos utilizadores com idade mais avançada, derivado ao factor de puderm não estar tão familiarizados com o sistema, podendo este aspecto estar relacionado com a evolução das tecnologias.

Posto isto, o questionário apresentado à população, disponibilizado nos anexos A, inclui 7 secções:

- Consentimento (A.1);
- Informação pessoal, como idade, género e ocupação (A.2,A.3);
- Informação sobre o uso ou não dos transportes em questão (A.4);
- Informação relativa à frequência do uso do transporte e também sobre a forma como adquire os bilhetes (A.5,A.6);
- Indicação da concordância com algumas afirmações sobre o uso da máquina (A.7,A.8);

- Resposta a questões sobre os assuntos referidos nas afirmações feitas na secção anterior (A.9A.10).

O inquérito disponibilizado teve um total de 134 respostas, como podemos verificar na B.1 do anexo B. Todas as pessoas que responderam ao questionário, concordaram com o preenchimento do mesmo como podemos verificar na figura B.1.

Iniciando a análise dos resultados obtidos, podemos verificar a maior parte das respostas foram da faixa etária 17-29 anos, com um total de 72 respostas (B.2). Contudo ainda foi possível conseguir respostas de faixas etárias superiores, com um total de 30 respostas.

Passando à segunda questão da primeira secção, podemos verificar que 50% das respostas foram dadas por mulheres, a mesma percentagem que se obteve com respostas do sexo masculino (B.3). De seguida, relativamente à questão sobre a ocupação dos inquiridos, verificou-se que muitos dos inquiridos já trabalham. Existem, ainda alguns que são trabalhadores estudantes e outros, menos, que são apenas estudantes. (B.4).

Feita uma abordagem inicial aos questionados sobre o uso de transporte, foi necessário fazer uma selecção para verificar quem recorre ou não aos serviços de transporte público da CP. De 134 respostas obtidas só 82 pessoas, que responderam ao inquérito, utilizam os recursos disponibilizados por esta empresa (B.5).

Continuando a análise sobre as respostas das pessoas abordadas para este inquérito, a questão seguinte do inquérito pretendia avaliar a frequência de utilização deste meio de transporte. Como demonstra a figura B.6, podemos verificar que maior parte dos utilizadores recorrem esporadicamente a este serviço. Por outro lado, quem recorre com mais frequência a este transporte podem ser utilizador que o usem para se deslocarem para trabalho ou para irem para a universidade/escola.

De seguida, os intervenientes neste questionário responderam à questão relativa à forma como compravam os seus bilhetes (B.7). Maior parte dos questionados responderam que preferem comprar na máquina. Contudo alguns utilizadores referiram que compravam tanto na máquina como ao balcão, dependendo da afluência verificada no momento da compra na máquina ou ao balcão. Para além de haver a possibilidade de comprar na máquina ou ao balcão, algumas respostas foram de encontra à compra *online*. A presente questão tinha o intuito de verificar qual o método que os inquiridos mais utilizam para efectuarem a compra dos bilhetes para as viagens.

Até ao momento deste questionário todas as questões eram de carácter obrigatório, contudo a única excepção deste questionário é relativo à questão de qual o motivo de comprarem os bilhetes ao balcão (B.8). Esta pergunta não era de carácter obrigatório pelo motivo de quem não compra ou recorre ao balcão para tal não existia a necessidade de obter a resposta sobre o motivo pelo qual o usa. Analisando as respostas (B.8) e B.9), obteve-se respostas simples como por exemplo "Não sei usar a máquina", "É mais fácil, porque tenho algumas dificuldades em usar a máquina", "Não existem máquinas na linha do minho", "Comprar sub23", "Único meio disponível". Contudo, algumas respostas vão de encontra às limitações que a máquina tem como por exemplo "Bilhetes promocional que só dá para comprar ao balcão", "Introdução de Número de Identificação Fiscal (NIF)". Com os últimos exemplos referidos, podemos interpretar que a máquina possui algumas limitações para possíveis frequentes das máquinas que não conseguem cumprir as tarefas indicadas, como colocar o NIF no momento da compra na máquina ou mesmo conseguirem comprar um bilhete promocional porque a máquina não o permite.

Após responderem a todas estas questões de uma forma mais genérica da regularidade com que usam os serviços, como compram os bilhetes ou mesmo qual o real motivo porque compram os bilhetes ao balcão, as seguintes questões são direccionadas às máquinas (A.7,A.8,A.9,A.10). As seguintes perguntas dividem-se em duas secções, na primeira secção onde são realizadas algumas afirmações para os inquiridos avaliarem o nível de concordância com as mesmas e na segunda secção serão questionados sobre estas mesmas afirmações dando sugestões de melhorias. As afirmações e questões levantadas tem o objectivo de avaliar os seguintes aspectos:

- Interface;
- Compreensão da informação;
- Qualidade da informação;
- Tempo para a realização das tarefas;
- Funcionalidades;
- Utilização da voz.

A análise das respostas a estes objectivos serão descritos ao longo das seguintes subsecções.

3.1.1 Interface

Analizando as questões da secção cinco e seis do questionário sobre a interface, afirmou-se aos inquiridos se a interface era fácil de utilizar com o intuito de estas avaliarem segundo uma escala de concordância (A.7).

Como se pode confirmar, através dos resultados obtidos na figura B.10, a maioria das respostas afirmam que a interface é de fácil utilização. Posto isto, secção seguinte, apesar de concordarem em certa parte que a interface é de fácil utilização, os questionados podiam dar sugestões de melhorias para a interface.

Segundo estes, pode-se efectuar melhorias relativamente à forma de como as tarefas são descritas, acrescentar um mapa com o intuito de as pessoas estarem a visualizar para o destino que pretendem. De acordo com os abordados a interface também poderá sofrer alterações com o objectivo de esta ser mais intuitiva e agradável (B.22,B.23,B.24).

3.1.2 Compreensão da informação

De seguida ao levantamento da questão relativamente à interface, foi necessário avaliar a qualidade da informação disponibilizada, seguindo o mesmo método referido anteriormente. Posto isto, a afirmação colocada foi "A informação disponibilizada é fácil de compreender"(A.7), onde a maioria das respostas indicam que, de certa forma a informação obtida ao longo da tarefa é de fácil compreensão (B.12).

De seguida, abordando a mesma temática e interrogando se há aspectos que possam ser melhorados relativamente à informação disponibilizada (A.9), verificaram-se sugestões como a melhoria relativamente ao vocabulário apresentado pela máquina, nomeadamente, da expressão "título"para "viagem"com vista a ser um termo mais objectivo e claro para quem adquire os bilhetes. Contudo ainda foram referidos aspectos de melhoria relativamente à forma como as estações são disponibilizadas. Através das respostas obtidas, os questionados sugerem duas formas de tornar este processo mais simples. Segundo estes temos a hipótese

de pesquisar por destino final da linha, onde actualmente não está disponível a informação relativa ao trajecto que faz nessa direcção, onde também referem que deve de aparecer pela ordem que faz o percurso até ao destino final, ou então não dividir por linhas mas sim pesquisar pela estação que deseja (B.25,B.26,B.27).

3.1.3 Qualidade da informação

Questionados anteriormente sobre a facilidade de compreensão da informação disponível ao longo do processo de compra dos bilhetes, afirmou-se, se a informação disponível ao longo da tarefa é completa, com o objectivo de concluir a qualidade da informação que têm ao dispor do processo (A.8).

Seguidamente, interpretando os valores do nível de concordância relativas à afirmação feita, podemos verificar, na generalidade, afirmam que a informação disponível na máquina é completa (B.14).

Contudo, questionando sobre a forma como a informação disponível pode ser mais completa (A.9), os inquiridos afirmam que pode ser adicionada informação sobre o sentido da estação de destino, ser possível visualizar estações que fazem parte do percurso até ao destino e também ser possível verificar as rotas que os comboios fazem (B.28,B.29).

3.1.4 Tempo para a realização das tarefas

Após todo o processo de avaliação da interface e também da informação, é necessário avaliar o tempo que empregam para completar as tarefas. Para avaliar este parâmetro, afirmou-se "Consegue completar as tarefas rapidamente"(A.8). Predominantemente responderam que conseguem completar as tarefas com alguma rapidez (B.16). Visto que maior parte respondeu que conseguia completar as tarefas rapidamente, podemos concluir que a ligeireza que têm para completar as tarefas pode ser derivado ao uso sistemático só sistema. Contudo, as respostas que discordam podem estar interligadas com o facto de usarem menos o transporte/máquina e não conseguirem completar as tarefas sem ajuda ou mesmo recurso do balcão.

De seguida, para conseguir obter respostas de quais os problemas que estão relacionados com este aspecto, a questão 4 da sexta secção (A.10), aborda este problema. Observando as respostas a esta questão, constata-se que a agilidade deste processo pode ser simplificada com o recurso a voz, dispor de menos passos para a aquisição de bilhetes, não mudar de menu sistematicamente (B.30,B.31).

3.1.5 Funcionalidades

Abordando de uma forma geral todo o processo de compra de viagens de comboio na máquina, nomeadamente, a interface, a informação e o tempo que utilizam para a compra, é necessário avaliar as funcionalidades que a máquina tem actualmente. Para cumprir esta avaliação afirmou-se se a máquina possui todas as funcionalidades (A.8). Posto isto, as respostas obtidas permitem concluir que a máquina tem quase todas as funcionalidades (B.18).

Com o intuito de as máquinas serem mais completas e por consequência melhorar o processo de compra de viagens de comboio, questionou-se os inquiridos sobre quais as funcionalidades que acrescentariam ao sistema actual (A.10), estes identificaram o uso de voz como uma

potencial funcionalidade de melhoria do sistema, a possibilidade de acrescentar NIF no final da compra das viagens, ser possível pagar com Contacless e MBWay, pesquisar directamente a estação de destino, a possibilidade verificar quais os próximos comboios que podem apanhar para a viagem que adquiriram previamente (B.32,B.33,B.34).

3.1.6 Utilização da voz

Como o presente projecto tem como objectivo recorrer ao uso da voz para melhorar a usabilidade da máquina, abordou-se esta temática no questionário. Pediu-se aos utilizadores para concordarem com a afirmação se a utilização da voz para interagir com o sistema era útil (A.8), ao qual as respostas a esta questão são divididas entre afirmarem a possibilidade de melhoria do actual sistema (B.20).

Seguindo a mesma estrutura das outras questões avaliadas neste questionário, a pergunta relativa à voz (A.10), permitiu perceber que o uso da voz pode ser benéfico. Segundo as respostas obtidas, os benefícios do uso da voz são os seguintes:

- Indicação da hora do próximo comboio e destino final, durante a compra;
- Benefício os utilizadores que têm problemas de visão/invisuais;
- Informação sobre o trajecto que pretende e a máquina calcular a viagem;
- Auxílio às pessoas com idade mais avançada.

Contudo podemos verificar o porquê de haverem repostas que discordam do uso da voz, prendendo-se ao facto de a estação ser um local com algum ruído e não ser possível ouvir o que a máquina esta a falar, e possivelmente como consequência os utilizadores não conseguem cumprir as tarefas desejadas (B.35,B.36,B.37).

3.2 Correlação de dados

Com a finalidade de compreender as dificuldades dos utilizadores das máquinas da CP e após a realização de uma análise objetiva das respostas obtidas através do questionário é necessário fazer uma correlação de dados entre questões de concordância para ter uma melhor percepção da ligação entre estas questões e por fim compreender o que poderá ser melhorado com o intuito da experiência dos utilizadores ser melhor e possivelmente mais eficaz.

Assim sendo, perante as questões apresentadas aos inquiridos será feita uma correlação de dados para identificar os pontos de melhoria do actual sistema. As questões que serão correlacionadas são as seguintes:

- Correlação 1 $\Rightarrow$ A interface é fácil de utilizar - A informação disponibilizada é completa;
- Correlação 2 $\Rightarrow$ A interface é fácil de utilizar - A máquina tem todas as funcionalidades;
- Correlação 3 $\Rightarrow$ A informação disponibilizada é fácil de compreender - A informação disponibilizada é completa;
- Correlação 4 $\Rightarrow$ A máquina tem todas as funcionalidades - Seria útil a utilização da voz para interagir com o sistema.

3.2.1 Correlação 1

Analizando a primeira correlação, relacionando as perguntas "A interface é fácil de utilizar" e "A informação disponibilizada é completa" obteve-se o seguinte diagrama de dispersão (3.1).

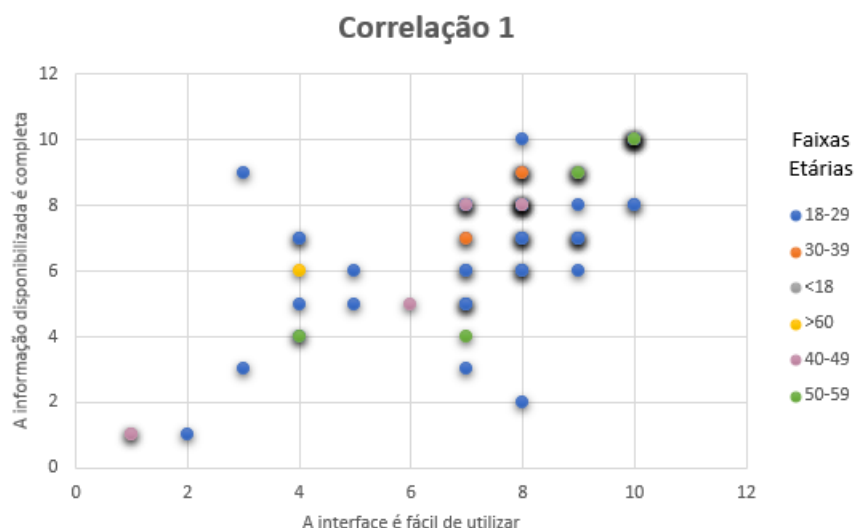


Figura 3.1: Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A interface é fácil de utilizar" e "A informação disponibilizada é completa"

Observando os resultados obtidos da presente correlação de dados, verifica-se uma grande percentagem de respostas entre os pontos (7,6) e (9,8), significando que os inquiridos concordam moderadamente com as afirmações que foram colocadas.

Realizada uma análise mais detalhada do gráfico obtido, verifica-se a existência de respostas que discordam que a informação disponibilizada é completa mas por outro lado a interface é de fácil utilização. Por outro lado, existe ainda quem afirme que a informação disponibilizada é completa mas discordam parcialmente que a interface é de fácil utilização.

Contudo é ainda de realçar que alguns dos inquiridos referem que nem concordam nem discordam das duas variáveis da presente correlação. Posto apesar destes discordarem podemos verificar através das respostas abertas quais os pontos de melhoria que estes pretendem ver melhorados no sistema.

Deste modo, apesar de existir uma grande percentagem de respostas positivas é necessário ter em consideração quais os motivos de discordarem a ambas as perguntas para o desenvolvimento do novo sistema ir de encontro às expectativas de todos os utilizadores.

3.2.2 Correlação 2

Derivado à proposta do presente projeto ter como base a adição de novas funcionalidades é necessário analisar e compreender qual a relação existente entre a actual máquina possuir todas as funcionalidades com a interface desta ser de fácil utilização.

Para este efeito, e seguindo os mesmos passos da correlação 1, foi feito um diagrama de dispersão com as questões "A interface é fácil de utilizar" e "A máquina tem todas as funcionalidades".

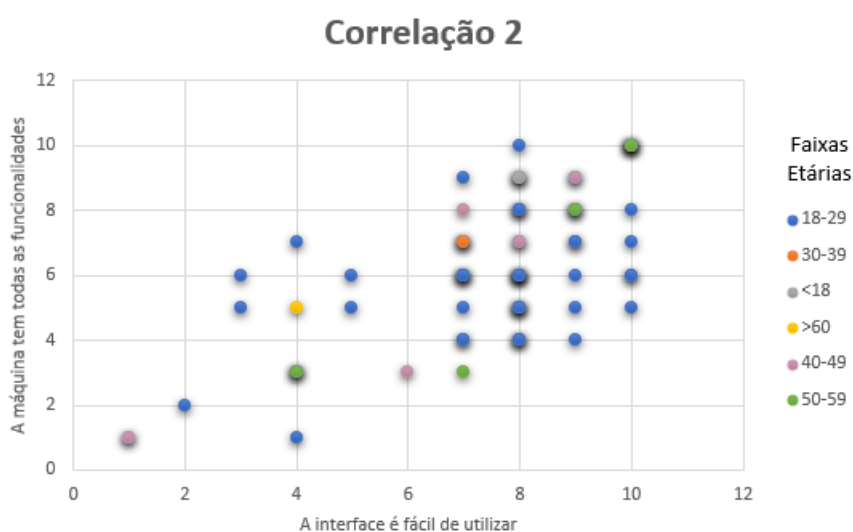


Figura 3.2: Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A interface é fácil de utilizar" e "A máquina tem todas as funcionalidades"

O diagrama de dispersão visualizado na 3.2 apresenta a junção dos resultados obtidos de cada inquirido relativamente às questões abordadas para esta correlação.

Observando o diagrama de dispersão, verificou-se que uma grande parte dos inquiridos concorda que a interface é de fácil utilização. Por outro lado, relativamente à questão de concordância de a máquina possuir todas as funcionalidades alguns dos inquiridos referiram que não concordavam e foram críticos, indicando quais os pontos de melhoria que esta poderá ter, como já foi referido em 3.1.5.

Em suma, a relação existente entre questões baseia-se no facto de avaliar a facilidade de usar a interface actual, mantendo a mesma interface mas adicionando novas funcionalidades sem prejudicar os utilizadores.

3.2.3 Correlação 3

A capacidade do actual sistema de compra de bilhetes acaba por ser um pouco limitada, na medida em que alguns dos utilizadores precisam de ajuda para conseguirem cumprir a tarefa de aquisição do título de viagem.

Posto isto, é necessário proceder a uma avaliação de dois pontos, nomeadamente se "A informação é fácil de compreender" e "A informação disponibilizada é completa". A seguinte figura representa o diagrama de dispersão que agrega estas duas afirmações.

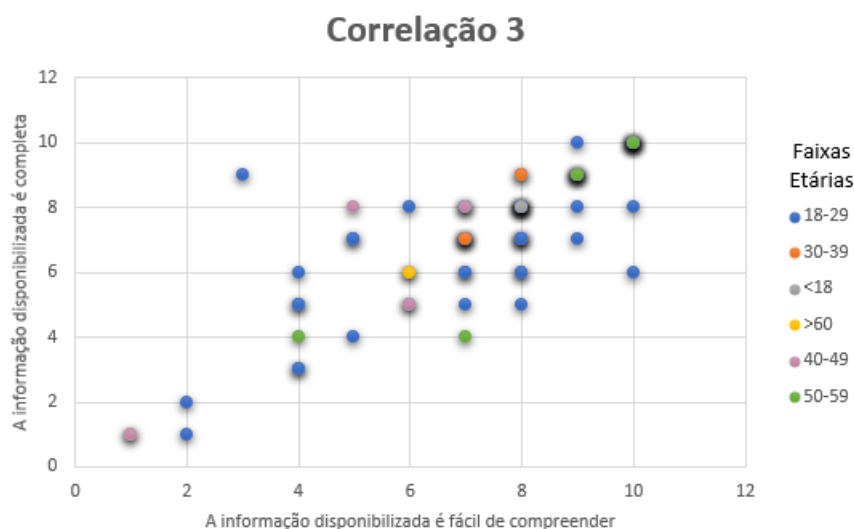


Figura 3.3: Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A informação disponibilizada é fácil de compreender" e "A informação disponibilizada é completa"

Analisando o gráfico podemos concluir que as respostas entre as duas afirmações colocadas aos utilizadores é quase linear. Mas analisando em mais detalhe a informação obtida através da presente correlação, verificamos que utilizadores entre as faixas etárias 40-49 e 50-59 tendem a discordar destas afirmações.

Por outro lado, as faixas etárias mais jovens tendem a ter uma facilidade mais acrescida a proceder à compra dos bilhetes e posteriormente podem não precisar de tanta informação por estarem mais familiarizados com o sistema.

Posto isto e com vista ao desenvolvimento do novo sistema, é necessário avaliar a melhor forma para satisfazer todas as faixas etárias para a informação disponibilizada ser de mais fácil compreensão e completa para não haverem dúvidas por parte dos utilizadores.

3.2.4 Correlação 4

Proveniente de um dos objetivos ser o reconhecimento da voz e de adicionar esta funcionalidade ao sistema a ser desenvolvido, existe a necessidade de avaliar a correlação das respostas às afirmações "A máquina tem todas as funcionalidades" e "Seria útil a utilização da voz para interagir com o sistema". Deste modo, a figura que se segue representa o diagrama de dispersão destas duas afirmações.

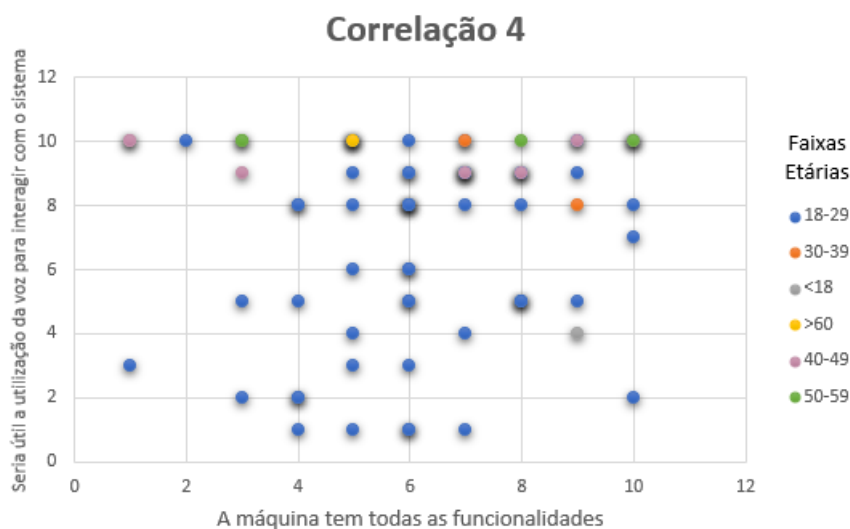


Figura 3.4: Diagrama de Dispersão da Correlação entre as questões de concordância "A máquina tem todas as funcionalidades" e "Seria útil a utilização da voz para interagir com o sistema"

Observando o diagrama de dispersão obtido, verifica-se que existe uma ligação entre o uso benéfico do reconhecimento de voz com a possibilidade de adicionar mais funcionalidades ao atual sistema.

Analisando em mais detalhe, confirma-se que maior parte dos inquiridos concordam com o uso benéfico do reconhecimento da voz. Contudo existe uma percentagem de questionados que não acham benéfico este uso, na medida em que podem conseguir realizar as tarefas de forma fácil sem ser necessário este recurso.

Por outro lado, é de notar que a média das respostas relativas à máquina possuir todas as funcionalidades é quase neutra.

3.3 Conclusões

O presente capítulo teve o intuito de analisar os reais problemas referidos pelos utilizadores e com isto levar a mais interpretações de como agilizar, simplificar e por consequência melhorar todo o processo de compra de bilhetes.

Seguindo os objectivos iniciais do projecto e um dos principais objectivos do mesmo, o recurso ao uso da voz, após uma análise feita sem o recurso ao inquérito, concluí-se que as vantagens do uso da voz pode ser benéfico para uma grande parte dos utilizadores. O uso da voz inicialmente pensado para a solução visa a comunicação com a máquina com expressões simples, como respostas de sim ou não, ou mesmo dizer a estação de destino que pretende. Posto isto e analisando as respostas dos utilizadores sobre este aspecto de adição desta funcionalidade ao sistema, concluí-se que o uso da voz pode ser benefício para qualquer pessoa, dando mais ênfase a pessoas invisuais ou mesmo com algum problema de visão.

Ainda relativamente ao uso da voz, durante a análise foi levantado um problema, derivado ao ruído que uma estação retém. Este aspecto também acabou por ser referido pelos inquiridos, onde sugeriram tentar isolar o ruído, colocando a máquina num sítio isolado ou mesmo afastar de zonas onde haja aglomerados de pessoas.

Outro objectivo delineado para o presente projecto referia o facto de simplificar a informação e a consistência da mesma, disponibilizada no ecrã. A informação identificada previamente diz respeito à direcção de cada linha, onde as estações correspondentes à direcção seleccionada não correspondiam às estações que a compoñham. Este ponto não só foi previamente identificado como também foi referido por alguns inquiridos como um dos aspectos que poderia ser melhorado.

Durante a análise das respostas e não tendo identificado previamente algumas funcionalidades que podem ser implementadas na solução, identificou-se duas novas funcionalidades que podem ser implementadas no presente projecto, nomeadamente a introdução do NIF e a adição de mais métodos de pagamento.

Posto isto e em jeito de conclusão, os objectivos delineados inicialmente para o projecto com vista a simplificar e melhorar todo o processo de compra de bilhetes e conjugando com respostas dos inquiridos, verificou-se que estes fazem sentido para a melhoria do sistema.

Capítulo 4

Análise de Valor

Uma análise de valor é um processo de criação de valor de um determinado produto. Para a criação de um determinado produto é necessário ter variáveis de avaliação para determinar se o produto tem potencial no mercado em que se insere, para prevenir maus investimentos que levem a custos elevados. A par deste desenvolvimento, de análise de variáveis, é necessário ter em consideração que o desenvolvimento do produto deve ser contínuo enriquecendo o valor para o cliente (Hughes e Chafin 1996).

Assim sendo, ao longo deste capítulo será elaborada uma análise de valor ao presente projeto, baseado em artefactos, concluindo se existe valor no produto construído para o mercado em que insere.

4.1 Processo de inovação

O processo de inovação é um processo composto por três fases (P. A. Koen, Ajamian et al. 2002):

- Fuzzy Front End (FFE);
- New Concept Development (NCD);
- Comercialização.

A seguinte figura, 4.1, representa um esquema do processo de inovação:

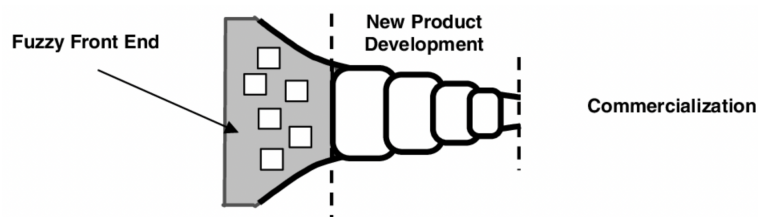


Figura 4.1: Processo de inovação (P. A. Koen, Ajamian et al. 2002)

A composição deste processo de inovação consiste na criação e implementação de um novo produto, onde o resultado final esperado é lucro para a organização desenvolvedora.

4.1.1 Fuzzy Front End

O modelo FFE é uma fase do processo de inovação, a primeira etapa, onde é necessário fazer uma pesquisa e selecção de informação. Assim sendo, este modelo apresenta três etapas fulcrais na primeira fase de inovação (P. A. Koen, Bertels e Kleinschmidt 2014):

- Pesquisa e recolha de informação;
- Definir o alcance do produto;
- Construção de um caso de negócio detalhado.

4.1.2 The New Concept Development Model

Na segunda etapa do processo de inovação, temos o modelo NCD, desenvolvido por *Peter A. Koen* com o objetivo de melhorar e clarificar todo o processo de inovação (P. Koen et al. 2001).

Este modelo *NCD* é composto por três partes (P. A. Koen, Ajamian et al. 2002):

- **Motor** : Relacionado com a organização, nomeadamente a liderança, cultura e estratégias adoptadas por esta - centro da roda;
- **Cinco elementos** : Identificação de oportunidade, análise da oportunidade, geração de ideias, seleção de ideias e definição do conceito - interior da roda;
- **Fatores de influência** : Fatores externos e internos, não controlável, que influencia o processo de inovação - exterior da roda.

A figura 4.2 representa o modelo NCD, descrito anteriormente.

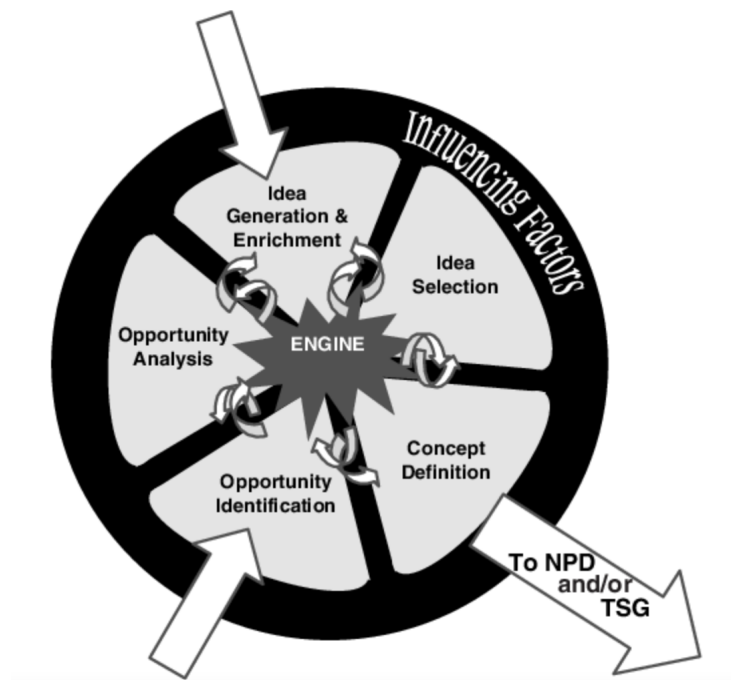


Figura 4.2: Modelo NCD (P. A. Koen, Ajamian et al. 2002)

Analisando os cinco elementos, ou seja, a parte interior da roda temos os seguintes pontos:

- **Identificação da oportunidade** : Primeira etapa do modelo NCD, baseia-se na identificação de fatores económicos, externos, culturais e ameaças que possam existir;
- **Análise da oportunidade** : Concluída a etapa de identificação de oportunidade, analisa-se as oportunidades, onde é realizado um estudo ao mercado para avaliar o sucesso, recorrendo a um planeamento e avaliando o mesmo, com base nos recursos da organização;
- **Geração de ideias** : Fase onde se cria e desenvolve a ideia, depois de realizada a análise de oportunidade, tornando as ideias em possíveis soluções para os clientes;
- **Seleção de ideias** : Após uma maturação das ideias na fase anterior, é necessário identificar quais as ideias que têm mais potencial para serem realmente desenvolvidas. Esta seleção de ideias tem de ser efetuada, baseando-se em critérios de seleção com o objetivo de concluírem as vantagens e desvantagens para tomarem uma melhor decisão de que ideia evolui para um desenvolvimento de produto;
- **Definição do conceito** : Na última fase, expõem-se formalmente, as evidências das vantagens do produto. Estas evidências tem como base o mercado, as vendas do produto e fatores económicos ligados ao projeto. Esta última fase pode ser comparada como uma construção de um plano de negócio.

Analisando e aplicando o modelo *The New Concept Development*, podemos identificar e consequentemente explicar os cinco elementos :

- **Identificação da oportunidade**: Nos dias de hoje a evolução digital tem permitido uma evolução e melhoria significativa de vários processos do quotidiano do ser humano. Contudo ainda existe um problema aliado a esta evolução digital, nomeadamente, o problema da exclusão digital, onde algumas faixas etárias não acompanharam esta evolução. Posto isto e analisando a atual máquina de bilheteira da CP, identificou-se que algumas pessoas não conseguem completar tarefas de aquisição de bilhetes por não estarem familiarizadas com o sistema apresentado. Esta dificuldade apresentada por alguns utilizadores deste meio de transporte publico pode estar relacionada também com o vocabulário utilizado durante o processo de aquisição dos bilhetes.

Analisando o mercado atual, até ao momento, não existe nenhuma solução que permita ao utilizador comunicar com a maquina por voz e áudio juntando ainda a possibilidade de interagir em simultâneo com a maquina através de botões. Posto isto, através da análise do questionário e da ideia base do projeto identifica-se a oportunidade como uma contribuição para a simplificação do processo de compra dos bilhetes recorrendo ao uso de áudio e voz e também da interação com botões.

- **Análise da oportunidade**: Identificada previamente a oportunidade, é necessário validar e analisar a oportunidade para que seja possível concluir quais as vantagens e desvantagens do desenvolvimento do projeto. Tendo em consideração que a oportunidade identificada é de carácter digital, é necessário verificar quais as atitudes que o desenvolvimento deste projeto possa trazer às pessoas que irão usufruir do sistema, analisar pontos de resistência face à utilização do mesmo e por fim, estudar a curva de aprendizagem para a utilização do novo sistema.

Identificando as vantagens que o desenvolvimento do novo sistema de compra de bilhetes de transporte público, identificou-se como principal vantagem para a empresa, de ser possível interligar o atual sistema com a informação do sistema atual da CP.

É ainda de frisar, o facto de ser possível combinar o sistema a ser desenvolvido com a informação atual, a expansão para qualquer linha oferece uma grande vantagem para os utilizadores na medida que estes beneficiam de uma melhor realização das tarefas. Contudo o desenvolvimento de novas funcionalidades, como a interação por voz com o sistema, utilizando tecnologias que permitem esta interação, traduz-se numa oportunidade de valor para a inovação do sistema atual e também a possibilidade de simplificar o processo de compra por parte dos utilizadores;

- **Geração de ideias:** A proposta inicial foi derivada de um estudo realizado no âmbito de uma unidade curricular, com o intuito de avaliar o design de interfaces entre pessoa-máquina. Feito o estudo, havia a necessidade de melhorar o processo de compra de bilhetes com vista a agilizar este processo. Após uma análise do inquérito, no capítulo 3, e avaliando as respostas dos utilizadores, a ideia evoluiu para a adição de novas funcionalidades, tornando a solução mais completa para os utilizadores. Posto isto, as ideias finais foram as seguintes:
 - Desenvolvimento de um assistente digital;
 - Adição do NIF no recibo;
 - Visualização horários dos comboios.
- **Seleção de ideias:** Para a realização de um proposto é necessário realizar uma boa seleção de métodos e tecnologias para o desenvolvimento da solução, com o objetivo de favorecer a usabilidade do sistema. Para isto foi traçado um estudo com o objetivo de optar pela abordagem mais apropriada para o desenvolvimento do projeto;
- **Definição do conceito:** O conceito proposto para o projeto consiste num novo sistema de compra de bilhetes de viagens de comboio, com diversas funcionalidades novas. As principais novidades do novo sistema destacam-se o uso de voz para interagir com a máquina, adição do número de contribuinte, visualização dos próximos comboios que podem viajar segundo o destino selecionado previamente. Em suma, ambiciona-se que o novo sistema consiga beneficiar os utilizadores e que estes consigam realizar as suas tarefas de forma fácil e rápida.

4.1.3 Comercialização

A última parte do processo de inovação diz respeito à comercialização do produto. Posto isto, o produto é o novo sistema de compra de bilhetes para as viagens de comboio da CP, onde a rentabilização deste sistema é proveniente da compra destas mesmas viagens.

4.2 Valor, Valor para o cliente e valor percecionado

Nesta secção é necessário avaliar a importância que um determinado produto ou serviço tem para o cliente final.

Assim sendo, é necessário compreender determinados conceitos, nomeadamente, valor do produto, valor do produto para o cliente e também do valor percecionado. Estes conceitos serão detalhados ao longo da presente secção e realizada uma abordagem direcionada ao projeto.

4.2.1 Valor

O valor de um determinado produto ou serviço está relacionado com o custo de desenvolvimento, ou seja, o custo de todos os processos associados à sua criação e também ao preço que este é comercializado no mercado.

Avaliando os possíveis resultados do projeto, encontraram-se benefícios tanto para o cliente como para a empresa. Do ponto de vista dos clientes, a adição de novas funcionalidades, descritas no capítulo 3.1.5, beneficiem estes, visto que algumas das funcionalidades não eram possíveis de realizar na máquina tendo estes de recorrer ao balcão. Com isto, espera-se que o novo sistema consiga cumprir mais tarefas que o atual sistema. No entanto, do ponto de vista da empresa, a melhoria do sistema, espera-se que a afluência aos balcões seja menor, derivado ao simples facto de ser possível realizar tarefas nas máquinas que até então não era possível.

4.2.2 Valor para o cliente

O valor de um determinado produto para o cliente normalmente é definido pela forma dos benefícios do produto pelo custo do mesmo (Woodall 2003). A seguinte formula representa o valor que traz para o cliente:

$$Valor = \frac{Beneficios}{Custos/Sacrificios}$$

Posto isto, a tabela 4.1 demonstra os benefícios e os custos/sacrifícios associados ao projeto.

Tabela 4.1: Legenda da Tabela: Benefícios vs Custos/Sacrifícios.

Benefícios	Custos/Sacrifícios
Redução no tempo de compra	Investimento Inicial
Informação consistente	Tempo/Esforço
Intuitivo	Aumento do grupo de trabalho
Competência técnica	Custo
Capacidade de resposta	Força para o desenvolvimento
Economização de tempo	Curva de aprendizagem para o novo sistema

4.2.3 Valor Percebido

O valor percebido é definido pelo valor que o cliente atribui ao produto tendo em conta o objectivo que este pretende (Sánchez-Fernández e Iniesta-Bonillo 2007).

No âmbito do projecto, considera-se os benefícios como o aumento da simplificação da usabilidade e também o aumento das funcionalidades do novo sistema. Contudo, é ainda considerado a aprendizagem da utilização do sistema e o esforço dedicado para o mesmo. O valor percebido é variável, na medida em que difere de utilizador para utilizador a curva de aquisição de conhecimento do sistema.

4.3 Proposta de Valor

Dado o problema referido na secção Abordagem ao Problema, é necessário realizar uma proposta de valor ao projecto. Uma proposta de valor retrata os motivos pelos quais o cliente necessita de obter um produto ou serviço. Do ponto de vista do cliente, é necessário deixar claro quais os benefícios que o produto oferece, bem como os pontos fortes e fracos do mesmo. A proposta de valor visa esclarecer o cliente sobre o produto que vai comprar, se o produto soluciona o problema que tinha e o que distingue o produto de outros com a mesma finalidade.

Na presente dissertação, o produto demonstrado é um novo sistema para as máquinas de compra de bilhetes para transportes públicos.

Como principal cliente deste novo sistema surgem os utilizadores de transportes públicos, que necessitam de efectuar a compra dos bilhetes para conseguirem viajar para o destino pretendido.

Do ponto de vista do cliente, com o uso do novo sistema de compra de bilhetes é esperado que consigam efectuar a compra das viagens sem recorrerem a ajuda externa, por exemplo um civil, e também espera-se que a informação disponibilizada pós-compra dos títulos seja benéfica para as viagens que realizem.

Apesar de já existirem soluções semelhantes no mercado, com recurso à utilização da voz e áudio, não existe nenhuma direccionada à compra de viagens para transporte público, o que torna este ponto um ponto forte, aumentando o valor desta para o cliente e consequentemente o valor percecionado.

4.4 Modelo de CANVAS

O modelo de *CANVAS*, mais conhecido por *Business Model Canvas* foi proposto por Alexander Osterwalder para a sua tese de doutoramento, *The Business Model Ontology a Proposition in a Design Science Approach*. Assim sendo, o modelo proposto por Alexander Osterwalder, é uma ferramenta que permite esboçar e produzir um modelo de negócio. Segundo este autor, o modelo de *CANVAS* deve retratar a lógica da organização para a criação, oferta e retenção de valor (Osterwalder 2004).

Na figura 4.3 apresenta-se o modelo de *CANVAS* para o projecto.

Key Partners	Key Activities	Value Propositions	Customer Relationship	Customer Segments
Rede de comboios de Portugal	Desenvolvimento do sistema Estudo de usabilidade	Funcionalidades à medida dos utilizadores; Melhoria do funcionamento com base no feedback obtido;	Feedback contínuo dos utilizadores;	Comboios de Portugal Metro do Porto Metropolitano de Lisboa
	Key Resources Desenvolvedores de software; Infraestrutura tecnologica.		Channels Máquina de bilheteira.	
Cost Structure Desenvolvimento de software; Hardware; Manutenção do software; Pessoas associadas ao software.		Revenue Streams Pagamento de viagens		

Figura 4.3: Business Model CANVAS

4.5 Quality Function Deployment

Quality Function Deployment (QFD) foi um modelo desenvolvido no Japão com o objectivo de enfrentar concorrência, alcançar a melhoria do produto ao longo do tempo e também manter o produto vivo no mercado. Este modelo tem como base fazer a gestão e desenvolver a inovação do produto através do conhecimento do desenvolvimento de produtos. O processo de inovação, relatado no modelo QFD, afirma que a inovação é a chave para sustentar um projecto (Chan e Lopez-Fresno 2017).

Segundo o modelo QFD, a necessidade de compreender os clientes é crucial para reconhecer os pontos de melhoria do produto a ser desenvolvido ou melhorado, para posteriormente o impulso de inovação ir de encontro às necessidades relatadas.

A seguinte figura, figura 4.4, representa o modelo QFD do projecto.

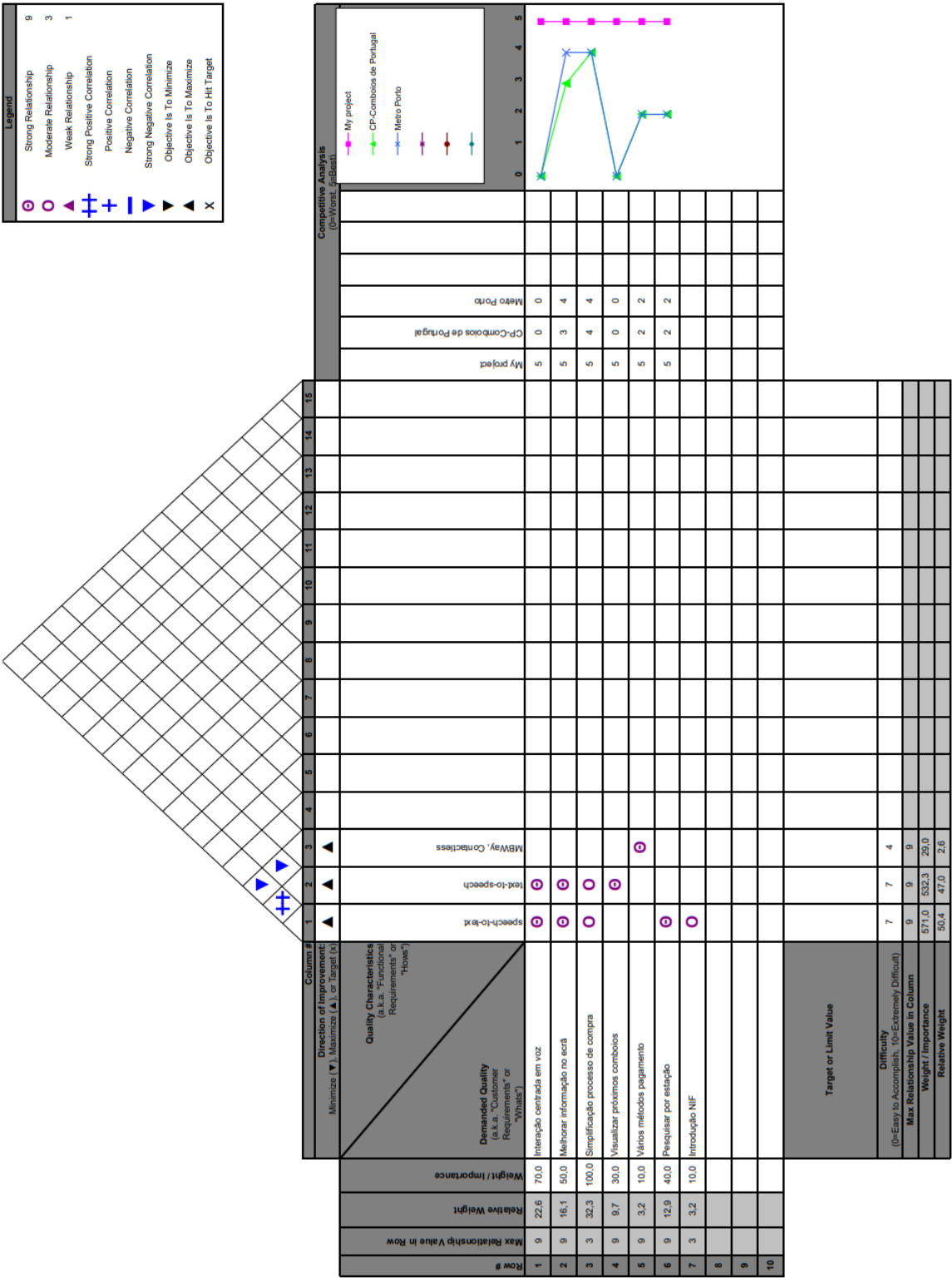


Figura 4.4: Quality Function Deployment

Analisando o modelo, a coluna qualidade de exigência, do lado esquerdo, diz respeito aos requisitos que o cliente deseja verem cumpridos com a devida classificação de importância. Já na linha de cima, características de qualidade, verificamos quais as tecnologias e funcionalidades que podem ter correspondência com os requisitos do cliente. Assim sendo, no interior do modelo podemos verificar, as relações dos requisitos do cliente com as funcionalidades e tecnologias a serem usadas.

Abordando a correspondência entre requisitos do cliente com requisitos funcionais, podemos verificar, maioritariamente dos requisitos do cliente têm uma ligação forte com as tecnologias de *speech-to-text* e *text-to-speech*.

Posto isto e verificando os requisitos do cliente com a análise de competitividade com projectos que possuem as mesmas características com o projecto a ser desenvolvido nesta dissertação, comprova-se que o sistema a ser desenvolvido tem potencial de marcar a diferença no mercado, oferecendo uma nova abordagem na compra de bilhetes de transporte público.

Capítulo 5

Estado da Arte

Neste capítulo são analisadas soluções com relevância no âmbito da interação com sistemas com o recurso a voz e também das tecnologias de síntese de voz.

De seguida, será realizada uma conclusão, avaliando as soluções abordadas e as tecnologias descritas. É ainda feita uma comparação entre as tecnologias, avaliando as que possuem mais potencial para o desenvolvimento do projeto, referindo qual a escolhida para a solução a ser desenvolvida.

5.1 Soluções e Abordagens Existentes

Na presente secção são analisadas soluções e abordagens existentes no mercado, onde a interação com sistemas é feita através do recurso ao uso da voz.

5.1.1 Alexa

Alexa foi lançada em 2014 pela empresa *Amazon*. O serviço de voz incluído na *Alexa* é multifuncional, sendo este baseado na nuvem da *Amazon*. A *Alexa* está disponível em qualquer parte do mundo e já habita em mais de 100 milhões de casas (Bohn 2019).

As primeiras funcionalidades desenvolvidas para a *Alexa* tinham como base perguntar a meteorologia e notícias atuais, tocar uma música ou playlist, e também ser possível encomendar produtos da empresa *Amazon* (*RetailWire News Article: What does Amazon Echo have to do with shopping?* S.d.).

Atualmente a *Alexa* já possui uma vasta linha de produtos que permitem o seu uso, nomeadamente a ganha *Echo* e *Echo Show*. Estes dispositivos têm muitos parecenças, como por exemplo a utilização de comandos por voz. Contudo a grande diferença entre estas duas linhas é a gama *Echo Show* possuir um ecrã onde é possível efetuar vídeo-chamadas e assistir a conteúdos *streaming*.

O conhecimento adquirido que a *Alexa* possui para interagir com os utilizadores e oferecer as respostas às questões colocadas pelos proprietários do sistema, é necessário desenvolverem as denominadas *Alexa Skills*. *Alexa Skills* são integrações desenvolvidas por programadores, onde posteriormente o desenvolvimento destas integrações estarão disponíveis na nuvem, onde serão consumidas pelos utilizadores (*Amazon.com: Alexa Skills* s.d.).

Contudo o desenvolvimento e utilização das *skills* da *Alexa* ainda podem não estar capazes de serem usufruídas em qualquer idioma (*Alexa: como mudar a voz, idioma e velocidade / Tekimobile* s.d.), nomeadamente, a *Alexa* não suporta o Português-Portugal mas sim o Português-Brasil, usando o dicionário português como base de conhecimento.

Analizando ainda uma questão importante deste assistente virtual de voz é a questão da privacidade. A própria *Amazon*, desenvolvedora da *Alexa*, admite que os seus funcionários têm acesso a trechos de voz que são enviadas para a *Alexa*, com o objetivo de conseguirem treinar o algoritmo (*Funcionários da Amazon ouvem conversas entre Alexa e clientes, diz Bloomberg - Época Negócios | Empresa s.d.*). No entanto verificou-se que o treino tem de ser constante, para não se verificarem problemas, como um caso relatado no jornal *Observador*, sobre uma menina que teve um desafio perigoso proposto pela *Alexa* (*Alexa, assistente virtual da Amazon, propõe desafio perigoso a menina de 10 anos: colocar uma moeda na tomada. Assistente já foi corrigido - Observador s.d.*).

De seguida, serão apresentadas algumas das funcionalidades que esta solução tem ao dispor dos seus utilizadores.

Uso da Alexa

Ajuda de idosos

Derivado à capacidade que a *Alexa* possui, segundo Lee, Vesonder e Wendel 2020, desenvolveram um sistema de auxílio para os idosos que estão sozinhos em casa. O desenvolvimento deste projeto através da *Alexa Skills* permitiu que os idosos fossem avisados das horas de tomarem os seus medicamentos e também possuem de um sistema de dieta com a capacidade de acompanhar as refeições que estes fazem, onde avalia a nutrição que ingerem.

Tráfego rodoviário

No decorrer dos dias de hoje, as viagens de transporte privado acabam por ser complicadas de realizar derivado ao trânsito e muitas vezes não conseguimos arranjar solução. Contudo, Kerekešová, Babič e Gašpar 2019 desenvolveram duas habilidades para a *Alexa* com o intuito de os condutores conseguirem agilizar o processo de contornar o tráfego para chegarem ao destino. As funcionalidades desenvolvidas por Kerekešová, Babič e Gašpar 2019 têm como base a resposta às questões "como está o trânsito na cidade?" e "como está o trânsito no caminho de um ponto a outro?". Estas duas funcionalidades trazem uma mais valia para os condutores pois não necessitam de interagir com um ecrã, levando a uma pequena distração na estrada. A outra grande vantagem é que todo o processo de comunicação é feito por voz e respondido por áudio.

5.1.2 Google Assistant

A empresa *Google* em 2016 lançou um serviço de assistente virtual denominado de *Google Assistant*. O serviço disponibilizado pela *Google* está disponível em *smartphones* e é possível realizar qualquer tarefa em modo mãos-livres, ou seja, sem ser necessário ter de digitar qualquer letra ou palavra para fazer uma tarefa.

As capacidades que este serviço dispõe por defeito, sem estar a ser consumida por outro produto/serviço vai de encontro ao referido anteriormente no que diz respeito às funcionalidades da *Alexa*. As funcionalidades que possui são as seguintes (*Google Assistant - Saiba do que seu Google Assistant é capaz s.d.*):

- Tarefas: como por exemplo, dar uma ordem de lembrete de uma tarefa a realizar;
- Comunicação: realizar uma chamada para um determinado contacto;

- Informação sobre um determinado local: meteorologia ou pedir direções para um destino;
- Respostas rápidas: como reuniões uma pessoa tem num determinado dia;
- Entretenimento: reproduzir uma música;
- Notícias: por exemplo, ler as notícias do momento.

No que diz respeito à segurança e privacidade da utilização deste serviço, a *Google* afirma que por padrão não guarda os áudios proferidos pelos utilizadores (*Recursos de privacidade e segurança do Assistente - Central de segurança do Google* s.d.).

Atualmente o serviço da *Google* encontra-se incorporado em diversas áreas, como por exemplo, música-*Spotify*, atividade física-*Nike Run Club*, redes sociais-*Twitter* (*Google Assistant, your own personal Google* s.d.).

Feita uma descrição da *Google Assistant*, serão relatadas algumas das suas utilizações, trazendo benefícios do seu uso aos utilizadores.

Uso da Google Assistant

Controlo de uma casa

Hoje em dia a automação de processos do dia a dia do ser humano revela-se como uma tarefa de simplificar o decorrer do dia. Para isso Hemalatha et al. 2019 desenvolveram um sistema de domótica que usa os electrodomésticos comuns, recorrendo ao uso da voz, para controlarem as tarefas que querem ver realizadas. O sistema desenvolvido como possui a capacidade de controlar os electrodomésticos à distancia, usando a ferramenta de comunicação por voz, leva a que o bem-estar das pessoas aumente, pois tem a capacidade de reduzir o esforço que estes teriam de despende para realizarem as tarefas.

Ambientes interativos de aprendizagem

O desenvolvimento de assistentes virtuais inteligentes, como o caso da *Google Assistant* permitem melhorar alguns aspetos a nível de comunicação. Neste âmbito de melhorar a comunicação, foi desenvolvido um estudo para avaliar a capacidade dos assistentes virtuais no sucesso de aprendizagem de alunos.

O estudo desenvolvido fez uso da *Google Assistant*, e os resultados obtidos concluíram que foi uma mais valia recorrerem a esta ferramenta, onde não só proporcionou o aumento da confiança a nível de comunicação como também permitiu a redução da ansiedade ao falar (Tai e Chen s.d.).

5.2 Tecnologias Relevantes

Na presente secção serão analisadas tecnologias relevantes que permitem o desenvolvimento de assistentes digitais por voz.

5.2.1 Google Speech API

A tecnologia *Google Speech Application Programming Interface (API)* foi desenvolvida pela empresa *Google* e permite a conversão de áudio em texto e também permite a conversão de texto para áudio. Esta API é considerada uma das melhores do mercado no que toca à conversão de áudio para texto.

Esta tecnologia está em constante crescimento e conta já com 120 idiomas disponíveis para reconhecimento de voz. A conversão do áudio para texto (*speech-to-text*) pode ser feita através de áudios curtos ou longos, mantendo uma boa *performance* na transcrição para texto. É de frisar que esta API possui de uma versão gratuita de 60 minutos mensais e posteriormente é necessário pagar para obter conversões para texto (*Speech-to-Text: reconhecimento de fala automático* | *Google Cloud* s.d.).

Google Speech API ainda possui a vertente de *text-to-speech*, conversão de texto para áudio e conta já com cento e oitenta vozes e mais de trinta idiomas (*Text-to-Speech: síntese de fala realista* | *Google Cloud* s.d.).

5.2.2 Microsoft Cognitive API

A API disponibilizada pela *Microsoft* disponibiliza capacidades de *speech-to-text*, *text-to-speech* (conversão de texto para áudio), tradução e ainda possui mais recursos.

Os benefícios desta tecnologia é a transcrição de áudio em tempo real de forma rápida e para além disso a segurança dos dados associados à retenção de áudio para conversão de texto (*Documentação do serviço de Voz – Tutoriais, Referência da API – Serviços Cognitivos do Azure* - *Azure Cognitive Services* | *Microsoft Docs* s.d.).

5.2.3 DialogFlow

A tecnologia *DialogFlow* foi desenvolvida pela empresa *Speaktot*, onde inicialmente era reconhecida por *Api.ai*. Esta tecnologia, mais tarde acabou por ser obtida pela empresa *Google* que denominou a tecnologia por *DialogFlow*. *DialogFlow* tem o objectivo de agilizar todo processo de desenvolvimento de sistemas digitais, melhorando a interacção natural entre pessoa-máquina. Esta tecnologia é composta por *text-to-speech*, *speech-to-text*, gestão de diálogos e criação de linguagem de reconhecimento (*Dialogflow* | *Google Cloud* s.d.).

5.2.4 Web Speech API

O desenvolvimento da tecnologia *Web Speech API* permitiu a que aplicações *web* possam empregar esta tecnologia para obterem dados através da voz. Esta tecnologia beneficia quem possui de uma aplicação em *browser* pois tem a capacidade de oferecer mecanismos de reconhecimento e síntese de voz, *speech-to-text*, sem a existência de limites para os pedidos realizados (*Web Speech API - Web APIs* | *MDN* s.d.).

Web Speech API é composta por dois componentes principais, nomeadamente, *Speech Recognition* que permite o reconhecimento de voz através da análise de um áudio e também

possui outro componente, denominado de *Speech Synthesis* que disponibiliza a leitura de texto em formato de áudio.

5.3 Conclusões

As soluções abordadas, anteriormente descritas em 5.1.1 e 5.1.2, e a utilidade que estes assistentes de voz possuem, conclui-se que da evolução de soluções de assistentes virtuais é benéfica para qualquer pessoa. Assim sendo, o desenvolvimento de um assistente virtual de voz, direccionado à compra de bilhetes de transporte público pode beneficiar a interacção dos utilizadores e também facilitar a tarefa de compra destes mesmos bilhetes.

Como referido anteriormente, o desenvolvimento do presente projecto tem o objectivo de desenvolver um assistente virtual de voz. Para é necessário abordar a área das tecnologias que permitem o desenvolvimento de um assistente virtual, para conseguir identificar qual a melhor tecnologia que a ser utilizada e também é necessário concluir os benefícios destas tecnologias oferecem aquando o uso. A seguinte tabela, tabela 5.1, apresenta a análise segundo os critérios de preço e o número de idiomas suportados das tecnologias referidas anteriormente de *speech-to-text*.

Tabela 5.1: Legenda da Tabela: Resumo das tecnologias *speech-to-text*

API	Nº de idiomas	Preço	Custo-Benefício Positivo
Google Speech API	120	0-60 minutos grátis por mês	Sim
Microsoft Cognitive API	Mais de 100 idiomas	Versão grátis e paga	Sim
DialogFlow	Mais de 50 idiomas	Necessário pagamento	Sim
Web Speech API	Mais de 100 idiomas	Utilização gratuita	Sim

Analizando os dados da tabela e referindo que todas possuem a retenção de ruído, tendo em consideração que o projecto é desenvolvido sem fundos, podemos verificar que as tecnologias que mais se destacam são a *Google Speech API*, *Microsoft Cognitive API* e *Web Speech API*. Tendo em conta o que já foi referido, nomeadamente não haver fundos que sustentem o desenvolvimento do projecto, é necessário escolher uma tecnologia gratuita que permita o desenvolvimento de um assistente virtual. Posto isto, verificamos que a *Google Speech API* é gratuita até sessenta minutos de utilização por mês, sendo necessário pagar a utilização após estes minutos disponibilizados de forma gratuita. Assim sendo, como estamos em desenvolvimento de uma solução, o limite de sessenta minutos por mês acaba por limitar o uso da tecnologia e por consequência não ser a solução ótima para o desenvolvimento do projecto. Analizando as outras tecnologias a mais vantajosa para o desenvolvimento é a *Web Speech API*. Esta tecnologia é gratuita e possui um vasto número de idiomas, o que beneficia o desenvolvimento da solução por não haver limites a nível de reconhecimento de idioma e também relativamente ao tempo do uso.

Posto isto e como a solução a ser desenvolvida é um assistente virtual, é necessário proceder a uma validação de qual a melhor tecnologia de *text-to-speech*. A tabela 5.2 apresenta uma análise das API segundo os critérios de preço e o número de idiomas suportados.

Tabela 5.2: Legenda da Tabela: Resumo das tecnologias *text-to-speech*

API	Nº de idiomas	Preço	Custo-Benefício Positivo
Google Speech API	Mais de 30 idiomas	0-60 minutos grátis por mês	Sim
Microsoft Cognitive API	60 idiomas	Versão grátis e paga	Sim
DialogFlow	Mais de 30 idiomas	Necessário pagamento	Não
Web Speech API	Mais de 100 idiomas	Utilização gratuita	Sim

Realizada uma análise a estas tecnologias, tendo novamente em consideração que o projecto é desenvolvido sem fundos, podemos verificar que a tecnologia a ser utilizada é novamente a *Web Speech API*. A utilização desta tecnologia deve-se ao facto de ser gratuita e também por já ter sido a seleccionada para a utilização de *speech-to-text*. É ainda de referir o benefício que esta traz, nomeadamente, por possuir um recurso enorme a nível de idiomas.

Capítulo 6

Análise

No decorrer do actual capítulo, após uma contextualização do problema e analisando o valor do projecto é necessário proceder a uma análise rigorosa e detalhada ao problema proposto.

Assim sendo, ao longo do capítulo será demonstrada uma análise ao problema com vista a melhorar o processo de compra de bilhetes.

6.1 Domínio do Problema

Segundo a especificação do actual sistema de compra de bilhetes nas máquinas da CP, são identificados um conjunto de conceitos de negócio, que englobam funcionalidades, condições e restrições que a solução deve respeitar.

6.1.1 Conceitos do Negócio

Os conceitos de negócio identificados para o projecto e que serão cruciais para o desenvolvimento da solução são os seguintes:

- Utilizador - Pessoa que irá usufruir do novo sistema de compra de bilhetes;
- Estação - Local onde as pessoas apanham o transporte público para efetuarem a viagem até ao destino;
- Linha - Ligação ferroviária composta por várias estações.

6.1.2 Modelo de Domínio

O modelo de domínio é uma representação visual de todas as entidades bem como de todas as relações existentes entre elas, possibilitando a construção de uma estrutura base com o objetivo de levar para uma fase de implementação de solução. (Larman 2004)

Desta forma, este passo de identificação de entidades e de relações existentes entre estas, possibilita a transição de requisitos formalizados em linguagem corrente para especificações mais precisas, adotando regras simples que potenciam a extração de informações e convertendo-as em dados que permitem gerar valor para o desenvolvimento do projeto (Arora et al. s.d.). Assim sendo, a figura 6.1 representa o modelo de domínio do sistema desenvolvido.

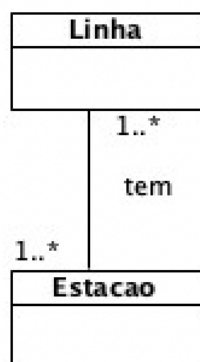


Figura 6.1: Modelo de domínio do sistema

- **Linha** - Representa a entidade Linha que é composta por uma ou mais estações;
- **Estacao** - Representa a entidade Estação que é composta pelo nome do local de partida ou chegada de cada utilizador do transporte público e também por um número.

Os conceitos apresentados no modelo de domínio, na figura 6.1, são *Linha* e *Estacao* para ser possível criar respetivas linhas e estações, pois numa futura incorporação do uso da voz, os serviços disponíveis pela API de *backend* criada para o desenvolvimento deste projeto irá ser reposta pela API já desenvolvida pela empresa detentora do serviço de compra de bilhetes de transporte público.

6.1.3 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais de um sistema, especificam uma função ou então uma componente que o sistema deve conseguir realizar ou processar. Assim sendo, um requisito funcional deve ser capaz de receber um input e conseguir processá-lo. Deve conseguir processar a informação necessária, analisá-la, executar as funções pretendidas para o requisito e por fim conseguir apresentar uma solução para o requisito (Vasquez e Simões s.d.).

No presente projecto, a solução a ser desenvolvida apresentará dois tipo de utilizadores, o administrador e o cliente. O administrador tem ao seu dispor funções como a gestão de linhas de comboio, horários e preços a praticar para as viagens. Do lado do cliente, este ao seu dispor as funções de compra dos bilhetes para as viagens que precisa.

De seguida, serão descritos os requisitos funcionais do sistema.

- **UC1 - Aquisição bilhete:** O utilizador após iniciar o processo de aquisição pode interagir com a máquina por voz, usufruindo da comunicação com o sistema por voz ou através dos botões. Este *User Case*, fica interligado com o *UC 2*.
- **UC2 - Uso da voz:** O utilizador inicia o processo de compra de viagem usando os botões ou o uso da voz para a aquisição do bilhete.

De modo a representar os requisitos funcionais do sistema, recorreu-se à anotação Unified Modeling Language (UML) para representar o diagrama de casos de uso do sistema. A figura 6.2 apresenta os atores e os casos de uso associados a cada ator. É de realçar que os casos de uso referentes ao

Feita esta análise dos casos de uso do novo sistema, considera-se relevante a apresentação de uma diagrama de System Sequence Diagram (SSD), onde será apresentada a comunicação

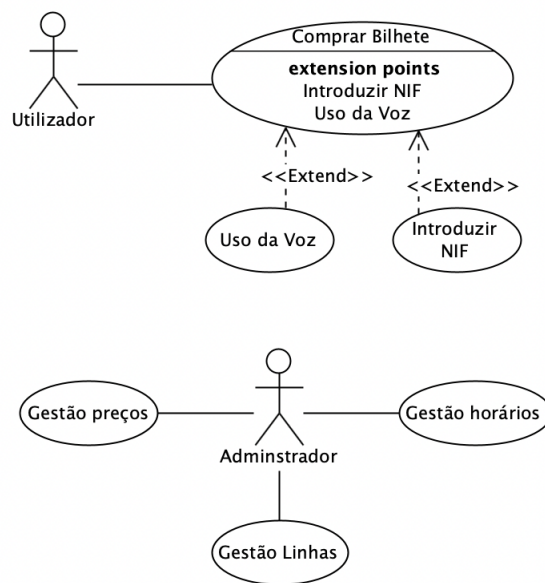


Figura 6.2: Diagrama de caso de uso

entre o utilizador e o sistema. A apresentação deste diagrama não é feita de uma forma detalhada, apresentado só as questões de como o sistema interage com o utilizador. A seguinte figura representa assim o diagrama SSD do sistema que alberga os casos de uso UC1, UC2.

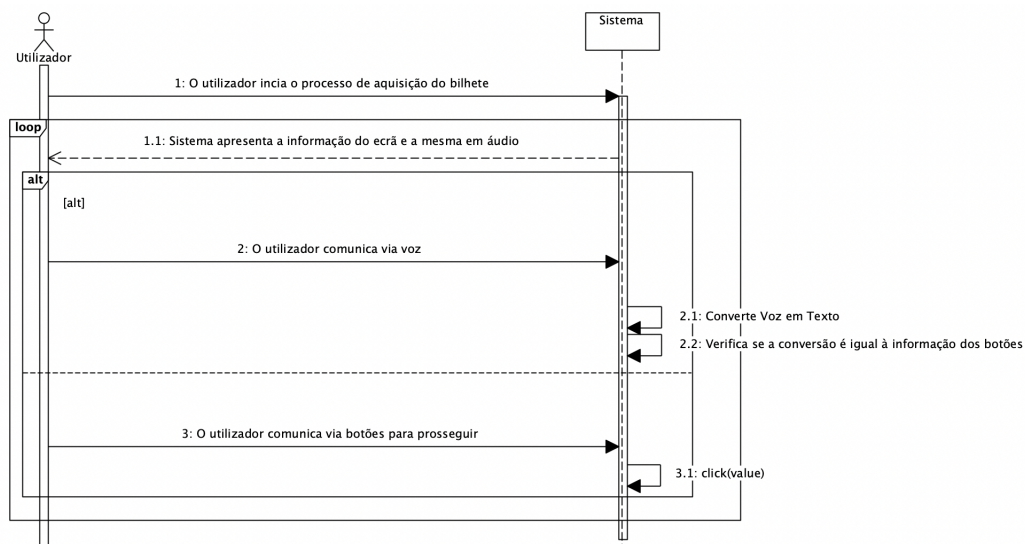


Figura 6.3: Diagrama SSD

Através da análise da figura 6.3 verifica-se que a parte referente ao Caso de Uso 1 é apresentada na linha 1 quando o utilizador inicia o processo de aquisição do bilhete aonde o sistema apresenta à partida ao utilizador a informação que é possível comunicar com a máquina através dos botões ou através do reconhecimento da voz. De seguida o *loop* apresentado no diagrama representa as etapas que o utilizador tem de cumprir até chegar ao fim do

processo da compra do bilhete. Assim sendo ao longo das etapas, como já referido anteriormente, o utilizador usa a voz ou os botões para prosseguir no processo e na penúltima etapa do processo o utilizador pode inserir ou não o NIF, terminado assim este processo com o pagamento, ficando assim finalizado o processo de aquisição de bilhete.

6.1.4 Requisitos Não Funcionais

Para a definição dos requisitos não funcionais, a utilização do modelo FURPS+ é útil, na medida em que, categoriza todos os tipos de requisitos não funcionais de um sistema, nomeadamente, a usabilidade, fiabilidade, desempenho, suportabilidade, restrições de design, implementação, interface e físicas (Vasquez e Simões s.d.).

Segundo o modelo de FURPS+, os requisitos não funcionais definem as características gerais que afectam a experiência do utilizador. O benefício de os requisitos não funcionais serem bem definidos e executados determina a facilidade de uso do sistema. Assim são usados para avaliar o desempenho do sistema. Requisitos não funcionais são propriedades do produto e focados nas expectativas do utilizador.

Usabilidade

Um requisito de usabilidade de um sistema tem como objectivo avaliar a interface do usuário, nomeadamente, a acessibilidade, estética e consistência de ecrãs do sistema (*Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus s.d.*). No projecto, identificaram-se os seguintes requisitos não funcionais relacionados com a usabilidade:

- A interface deve ser intuitiva, levando a uma fácil memorização do processo de compra, para a repetição do processo seja mais rápida;
- O sistema deve ser de fácil compreensão para que não seja necessário recorrer a ajuda externa para completar as tarefas.

Fiabilidade

A fiabilidade de um sistema inclui aspectos como precisão do sistema, disponibilidade e capacidade de recuperação (*Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus s.d.*). Transpondo estas definições e feita uma análise ao presente projecto identificaram-se os seguintes requisitos:

- O sistema tem de estar acessível e disponível todos os dias da semana, incluindo fim-de-semana e vinte e quatro horas por dia;
- O servidor deve estar disponível e funcional após falhas do sistema.

Desempenho

Os requisitos desempenho relacionam-se com o desempenho do sistema, como o próprio nome do requisito diz. Este requisito tem como função realizar determinadas funções em condições específicas para avaliar o desempenho do sistema (*Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus s.d.*). Identificando este aspecto no seguimento do projecto, temos o seguinte requisito:

- O sistema deve ter um tempo de resposta adequado, com vista beneficiar um diálogo inteligente com máquina e para a experiência e interacção do utilizador não ser afectada.

Suportabilidade

Relativamente às restrições de suportabilidade de um sistema, estas estão relacionadas com adaptabilidade, manutenção, compatibilidade e escalabilidade do mesmo (*Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus s.d.*). Feita a análise ao projecto, identificou-se o seguinte aspecto relativamente ao suporte deste:

- O sistema deve ter capacidade e também permitir a adição de novas linhas aquando a necessidade do mesmo.

Restrições de Design

As restrições de *design* limitam a forma como o sistema é desenvolvido no decorrer do seu tempo de vida (*Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus s.d.*). Relacionando as restrições de *design* com o projecto em questão, temos as seguintes restrições:

- A informação relativa às estações e horários já disponibilizada actualmente aos clientes será reutilizada para o desenvolvimento do projecto;

Restrições de Físicas

As restrições físicas retratam os limites físicos e de *hardware* (*Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus s.d.*). Dado que o sistema irá dispor de interacção por voz com máquina e as actuais máquinas, possivelmente podem não conter colunas nem microfone e é necessário haver um investimento a nível de *hardware* neste sentido para satisfazer este problema.

No que diz respeito às restrições físicas, encontra-se um problema, relativamente à localização das máquinas. Para ser possível usufruir dos novos recursos, ou seja, da interacção com o sistema através do recurso da voz, é necessário encontrar um local aonde o barulho/ruído seja menor do que a actual localização das mesmas para que a comunicação seja eficaz. O local proposto para a localização das máquinas é que não se encontrem localizadas ao lado das linhas mas localizadas no percurso que os utilizadores fazem para a linha num local onde o ruído seja mais baixo. É de realçar que em maior parte das estações de comboios existentes no país, o nível de ruído apresentado é baixo e permite facilmente a comunicação e a audição com o sistema. Contudo as estações que apresentam mais ruído são as estações finais de linha ou as estações onde é possível mudar de comboio para ser possível chegar ao destino final.

Capítulo 7

Design

O *design* de *software* retrata o processo de criação de um artefacto de *software* que se propõe a atingir uma determinada finalidade, baseando-se em determinadas restrições e padrões (Ralph e Wand 2009).

Ao longo do presente capítulo serão abordadas as várias decisões de *design* tomadas para o presente projeto e documentadas com o auxílio de diagramas.

7.1 Abordagens Possíveis e Escolha de Arquitetura

Na corrente secção serão apresentadas duas abordagens de *design*, retratadas através de diagramas de componentes, auxiliadas através da anotação UML, de forma a representar as relações existentes entre os componentes do sistema (*FREE Learning Resources: UML, Agile, TOGAF, PMBOK, BPMN* s.d.).

As duas abordagens a serem apresentadas, representam os componentes a serem desenvolvidos e também componentes já desenvolvidos por terceiros que possuem a tecnologia a ser utilizada para o desenvolvimento da solução. A tecnologia utilizada referida para ambas as abordagens é proveniente da análise e comparação realizada na sub-secção 5.3.

7.1.1 Protótipo com Segregação de Responsabilidades

A segregação de responsabilidades pretende que cada componente execute uma ou poucas tarefas, com vista a facilitar a resolução de problemas (*Design Principles and Design Patterns* by Robert C. Martin s.d.).

A figura 7.1 representa os componentes do sistema a ser desenvolvido com a segregação de responsabilidades e também das interações entre estes.

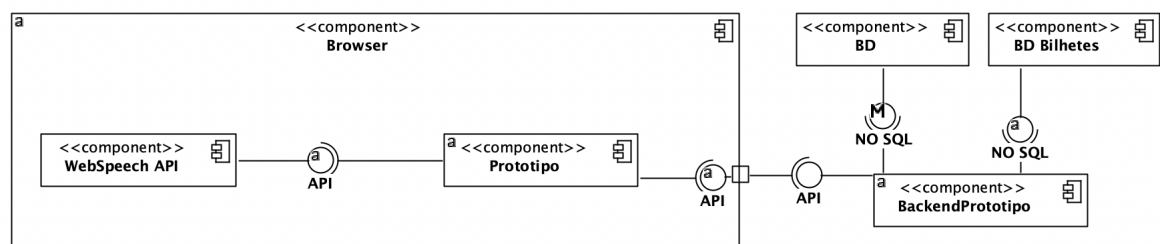


Figura 7.1: Diagrama de componentes do sistema com segregação de responsabilidades

Analisando a figura anterior, figura 7.1, verifica-se a existência de vários componentes a serem descritos:

- Prototipo - Aplicação *web* a ser desenvolvida, responsável por toda a lógica de inclusão, assegurando o funcionamento do novo sistema de compra de bilhetes de transporte público. Este componente comunica com a API *BackEndPrototipo*, para conseguir obter os recursos da informação das linhas e estações e também com o componente *WebSpeechAPI* para obter o recurso de conversão de falar e conversão de texto;
- WebSpeechAPI - Componente da API integrada no *browser* responsável pela conversão de texto em fala (*Text-to-Speech*) e também pela conversão de voz em texto (*Speech-to-Text*);
- BackEndPrototipo - Componente representativo da API a desenvolver responsável pela gestão das linhas e estações e também da compra de bilhetes ;
- BD - Componente representativo da base de dados que irá alojar as linhas e estações;
- BD Bilhetes - Componente representativo da base de dados que irá alojar os bilhetes comprados pelos utilizadores.

Assim sendo, após uma análise detalhada do componentes, evidencia-se a segregação de responsabilidades aquando a abstração de uma API (*BackEndPrototipo*) que persiste os dados da compra de bilhete numa base de dados diferente da dos dados referentes às linhas e estações.

7.1.2 Protótipo com Centralização de Base de Dados

Na seguinte figura, figura 7.2, é feita a representação do diagrama de componentes do sistema com centralização da da base de dados, bem como as interações entre os componentes identificados.

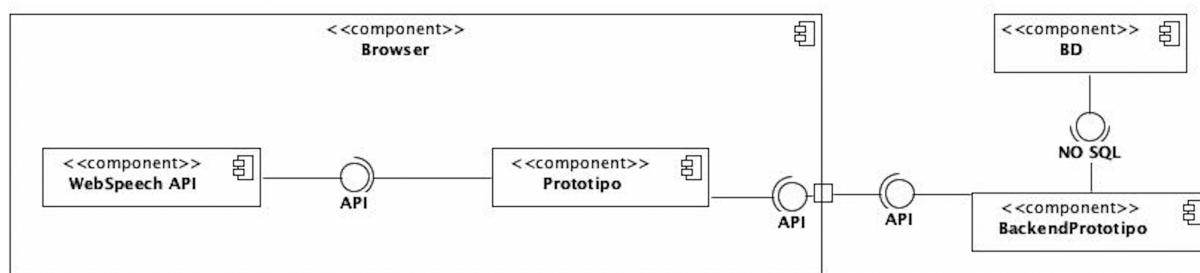


Figura 7.2: Diagrama de componentes do sistema com centralização de API

O diagrama representado na figura anterior é muito idêntico ao diagrama de componentes descrito na secção 7.1.1, no entanto, nesta abordagem alternativa, o componente **BackEndPrototipo** centraliza igualmente toda a lógica de gestão das entidades de domínio como também dos bilhetes. A consequência desta centralização, componente **BD**, simboliza a base de dados, não só persistirá as linhas e estações, como também dos bilhetes comprados, onde é a grande evidência de .

7.1.3 Avaliação e Escolha da Solução de Design

Analizando as duas soluções apresentadas nas secções anteriores, a centralização da gestão de entidades de domínio (linhas e estações) e dos bilhetes adquiridos numa só API e base de dados (figura 7.2) pode ser benéfica, onde é possível beneficiar da logística do alojamento de serviços, nomeadamente do pagamento destes. Por outro lado, a centralização dos serviços implica a utilização da mesma persistência da base de dados para o nível de entidades como para o registo dos bilhetes e também pode refletir numa dificuldade caso seja necessário manutenção futura.

Relativamente à solução de segregação de responsabilidades (figura 7.1), os aspetos referidos anteriormente não se verifica. No que diz respeito à questão de manutenção do sistema esta solução favorece esta mesma manutenção. Por outro lado, esta solução, a nível de alojamento de serviços pode ser mais complexa mas é beneficiada pelo aspeto da manutenção. A criação de duas bases de dados distintas cuja responsabilidade é gerir compra de bilhetes e outra base de dados a lógica de gestão de domínio, facilita a integração de futuros módulos de estatística e também de a tecnologia utilizada para persistência de dados ser diferente.

Assim sendo, considera-se a abordagem com segregação de responsabilidades a mais adequada (7.1.1) e de seguida será realizada uma análise mais detalhada ao *design* da mesma.

7.2 Design Detalhado

A presente secção visa pormenorizar o *design* da solução a ser desenvolvida. O objetivo é esquematizar em detalhe a solução segundo a arquitetura definida na secção 7.1.1, articulando as classes de domínio e de *software*, conjugando a arquitetura de forma a satisfazer os requisitos propostos.

7.2.1 Diagrama de Componentes Detalhado do Sistema

Definida a arquitetura do sistema a seguir, definida na secção 7.1.3, é necessário detalhar a estrutura a ser implementada. Na figura 7.4 visualiza-se assim o diagrama de componentes com mais detalhe do sistema a ser desenvolvido.

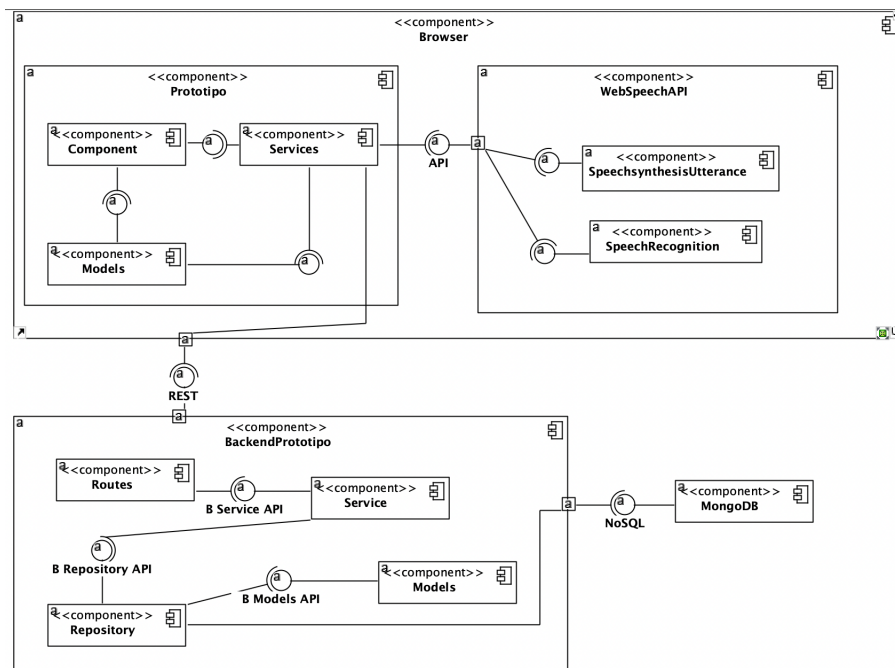


Figura 7.3: Diagrama de componentes detalhado do sistema

Na figura 7.4, analisando em detalhe a informação representada, verifica-se a existência de componentes já analisados, secção 7.1.1, nomeadamente, *WebSpeechAPI*, *Prototipo* e *BackEndPrototipo*. Assim sendo, existe a necessidade de explicar em detalhe cada um destes componentes.

WebSpeech API

- *SpeechRecognition* - Interface da API *WebSpeech API*, que disponibiliza a possibilidade de reconhecer a voz e converter o áudio em texto;
- *SpeechSynthesisUtterance* - Interface da API *WebSpeech API*, que executa a síntese de texto para fala.

Prototipo

- *Component* - Artefacto encarregado de apresentar o conteúdo ao utilizador;
- *Services* - Artefacto responsável por controlar todas as interações entre cada *component* e por serviços externos consumidos, nomeadamente do *BackEndPrototipo*;
- *Models* - Artefacto da camada de modelos, responsável pela estrutura das entidades do domínio, nomeadamente, Linha e da Estação.

BackEndPrototipo

- *Routes* - Artefacto representativo da camada de rotas da API, com a responsabilidade de disponibilizar os pedidos recebidos, sendo associados unicamente a um serviço;
- *Service* - Artefacto responsável pela lógica de cada pedido efetuado na componente *Routes*, persistindo e retornando dados;

- *Repository* - Artefacto com a capacidade de retornar ou guardar dados na base de dados;
- *Models* - Artefacto responsável por todas as lógicas relacionadas com os dados a serem usados. Estes dados depois irão ser comunicados á componente *Repository*, onde posteriormente serão persistidos na base de dados.

MongoDB

Componente representativo da base de dados não relacional implementada, utilizada pelo *BackEndPrototipo*.

7.2.2 Diagrama de Implantação do Sistema

Como o sistema a ser desenvolvido é um protótipo, para uma possível implementação na área de compra de bilhetes de transportes públicos, os serviços não foram alojados externamente mas sim localmente. Com isto os recursos dependem exclusivamente da máquina a utilizar para executar as funcionalidades de todo o sistema. O seguinte diagrama de implantação representa a estrutura física do sistema a desenvolver.

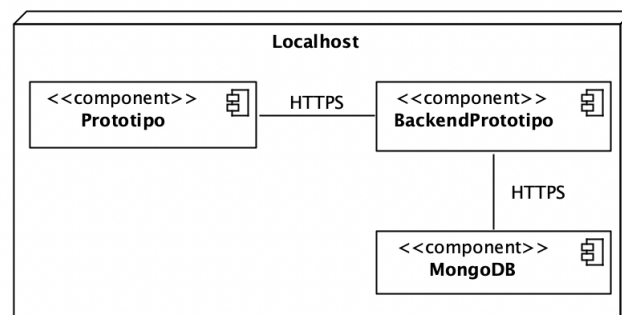


Figura 7.4: Diagrama de implantação do sistema

Como só existe um componente físico, *localhost*, este representa a implantação localmente dos serviços *Prototipo*, *BackEndPrototipo* e *MongoDB*.

7.2.3 Vista de Cenário do Sistema

o desenvolvimento de vistas de cenários do sistema pretende representar as relações existentes entre os componentes do sistema, sendo o desenho realizado através de diagramas de sequência UML, retratando assim a interação funcional entre todos os componentes do sistema.

Em seguida, na figura 7.5, está feita a representação da interação entre componentes do sistema desenvolvido em relação aos Casos de Uso, Uso da Voz, Aquisição de Bilhete e Adicionar NIF factura.

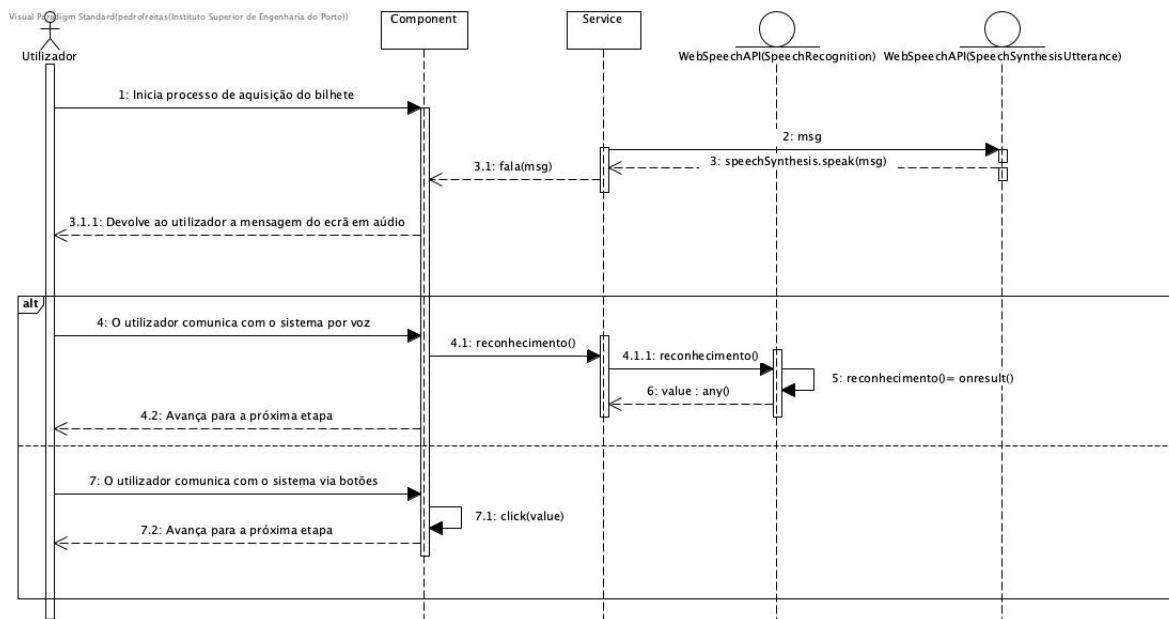


Figura 7.5: Diagrama representativo do processo de interação do utilizador com o Protótipo

Analisando esta vista de cenário representativa da interação do utilizador com o *Protótipo*, após o início do processo de compra do bilhete, o sistema devolve a mensagem do ecrã em áudio permitindo ao utilizador ler e também ouvir a mesma mensagem. Este processamento da conversão de texto para áudio é feito através do uso da *WebSpeech API*, nomeadamente da interface *SpeechSynthesisUtterance*.

Posteriormente o utilizador faz a comunicação via reconhecimento de voz ou então pelo *click* no botão. Caso o utilizador comunique via voz, o serviço irá comunicar com a interface *SpeechRecognition* que irá devolver um valor e se esse valor for o esperado o processo de aquisição continua. Caso não se verifique o sistema aguarda até que o reconhecimento feito através da voz seja o esperado ou então clique no botão.

Este passo repete-se para todas as etapas da aquisição do bilhete.

7.2.4 Modelação de Dados

A base de dados a ser utilizada no desenvolvimento do sistema, como já referido anteriormente, é uma base de dados não relacional, *MongoDB*. Esta base de dados funciona através de documentos que armazena os valores dos dados em formato *JSON*.

De forma a persistir as identidades referidas na secção 6.1.2, nomeadamente, linha e estação, os seguintes excertos de ficheiros *JSON* representam a estrutura da estação e da linha, respetivamente, da estrutura que irá ser persistida na base de dados.

```

1 {
2   "estacaoID": " ... ",
3   "nomeEstacao": " ... ",
4   "numeroEstacao": " ... "
5 }
6

```

Listing 7.1: Representação JSON da estrutura do documento das estações

```

1 {
2   "linhaID": "...",
3   "nomeLinha": "...",
4   "listaEstacoes": [
5     {
6       "estacaoID": "...",
7       "nomeEstacao": "...",
8       "numeroEstacao": ...
9     },
10    {
11      "estacaoID": "...",
12      "nomeEstacao": "...",
13      "numeroEstacao": ...
14    }
15  ]
16 }

```

Listing 7.2: Representação JSON da estrutura do documento das linhas

7.2.5 Comandos de Voz

O sistema a ser desenvolvido seguirá os moldes dos atuais sistemas de compra de bilhetes de transportes públicos, onde existe uma pergunta e uma consequente resposta por parte do utilizador, para efetuar o progresso da compra do bilhete. Na seguinte figura, figura 7.6, será apresentado um diagrama da interação entre homem-máquina do protótipo a desenvolver.

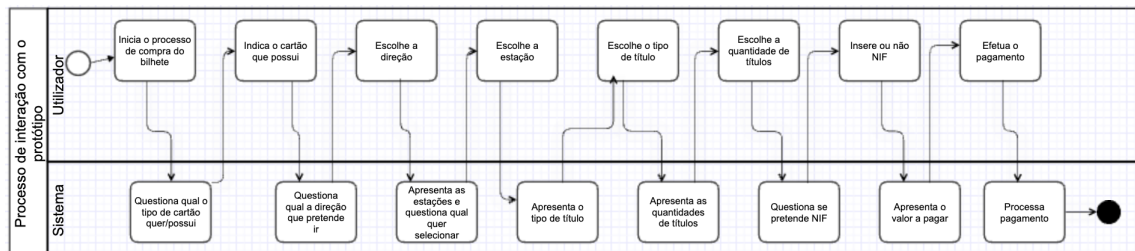


Figura 7.6: Diagrama representativo do processo de interação do utilizador com o protótipo

Analisando o diagrama representativo do processo de interação do utilizador com o sistema, desde o início do processo até ao processamento do pagamento conseguimos ver todo o fluxo do sistema.

Contudo, apesar do diagrama ser linear, ter um início e um fim, importa realçar que o utilizador pode voltar ao passo anterior e retificar uma escolha que tenha feito previamente.

Capítulo 8

Implementação

Ao longo do presente capítulo será descrito todo o processo de implementação do novo sistema de compra de bilhetes de transporte público, baseado no planeamento e análise referido nos capítulos anteriores. O capítulo será dividido em duas grandes partes:

- Estrutura de componentes - será referido em detalhe a composição dos componentes de *BackEndPrototipo* e *Prototipo*;
- Protótipo - será demonstrado todo o processo de compra dos bilhetes com visualização de cada etapa de compra.

8.1 Estrutura dos componentes

O desenho da solução desenvolvida apresenta dois grandes componentes, o *frontend* denominado de *Protótipo* e o *backend* denominado de *BackEndPrototipo*. O código produzido para o desenvolvimento da solução foi encapsulado dentro de um repositório *GIT* - Sistema de controlo de versões, contendo ambos os componentes desenvolvidos para a solução final.

É de realçar que o desenvolvimento do presente *backend* é a título provisório, na medida em que se o actual protótipo for para produção o *backend* a ser consumido é o de cada empresa derivado a este já estar devidamente produzido e em produção.

A seguinte figura, a figura 8.1, é possível verificar a estrutura do repositório.

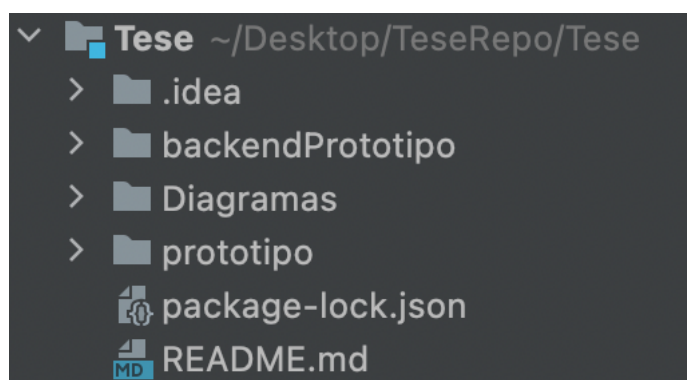


Figura 8.1: Estrutura do repositório

Analisando a figura anterior, podemos constatar que as pastas correspondentes ao *frontend* é a pasta *Prototipo* e do *backend* a pasta *BackEndPrototipo*. Existe ainda a pasta *Diagramas* que contém todos os diagramas que fazem parte do projeto.

De seguida serão apresentadas as estruturas *BackEndPrototipo* e *Prototipo*.

8.1.1 Prototipo

Seguindo a mesma estrutura apresentada anteriormente, a figura 8.2 representa a estrutura do projeto *Prototipo*.

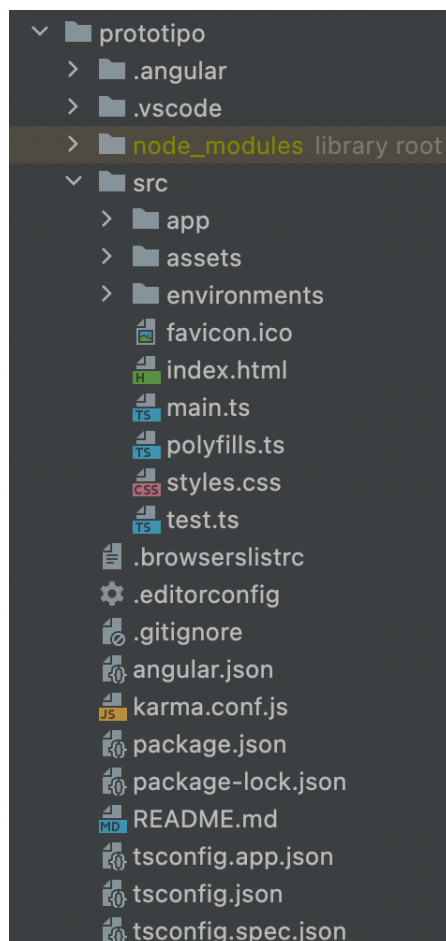


Figura 8.2: Estrutura do projeto *Prototipo*

Analisando em detalhe a estrutura do projeto, identificam-se os seguintes *packages*:

- *app* - *package* constituído pelos *models*, *services* e o desenvolvimento da lógica da aplicação;
- *assets* - composto pelas imagens que são usadas no projeto;
- *environments* - constitui os ficheiros de configuração para o ambiente em que o projeto é executado.

De forma a compreender melhor a estrutura do projeto será referido as componentes do uso da voz, *WebSpeech API*, os serviços utilizados no projeto, bem como os *models* utilizados.

WebSpeech API

A *WebSpeech API* é a tecnologia a ser utilizada na implementação da solução e esta possui duas funcionalidades para a concretização do processo de *text-to-speech*, *Speech Synthesis*, e *speech-to-text*, *Speech Recognition*.

Deste modo será apresentado em detalhe os métodos utilizados para síntese de voz e reconhecimento de voz.

Speech Synthesis

O sistema desenvolvido visa comunicar com o utilizador informando de qual é a tarefa a realizar em cada momento, mostrando no ecrã qual a tarefa a realizar mas também através de áudio. Para isso recorreu-se à síntese de voz da *API WebSpeech API*, nomeadamente *SpeechSynthesis*. No seguinte excerto de código apresenta-se o método *fala()*, que é executado sempre que existe um novo passo na compra do bilhete.

```
1  fala(textToRead: string): boolean {  
2      const speech = window.speechSynthesis;  
3      if ("speechSynthesis" in window) {  
4  
5          const msg = new SpeechSynthesisUtterance();  
6          const voices = speech.getVoices();  
7          msg.voice = voices[1];  
8          msg.lang = 'pt-PT';  
9          msg.text = textToRead;  
10         window.speechSynthesis.speak(msg);  
11         return true;  
12     } else {  
13         alert("Sorry, your browser doesn't support text to speech!");  
14         return false;  
15     }  
16 }
```

Listing 8.1: Função *fala()* que integra a *WebSpeech API*

- *voices* - Parâmetro da API presente na linha 7, que permite escolher qual a voz que irá proferir a mensagem ao utilizador;
- *lang* - Parâmetro da API, refletido na linha 8, onde é necessário escolher qual a língua em que será lida a mensagem;
- *text* - Parâmetro da API, representado na linha 9, que contém a mensagem obtida por parâmetro do método desenvolvido que irá ser lida ao utilizador;
- *speak()* - Função visível pela API, presente na linha 10, que permite a sintetização da mensagem para ser possível o utilizador ouvir a mensagem.

Speech Recognition

Uma das etapas a desenvolver, era a possibilidade do reconhecimento da voz para conseguir fazer o processo de aquisição do bilhete. Assim sendo, o uso do reconhecimento da voz é feito através da API *WebSpeech API - Speech Recognition*.

No seguinte excerto de código, apresenta-se a função implementada para o reconhecimento de voz, que é responsável pela integração com o *Prototipo*.

```
1 reconhecimento(botoes :any, activatedRoute : ActivatedRoute , router :  
  Router){  
2  
3     const buttonsArray = Object?.values(botoes);  
4     const ler = new this.webkitSpeechRecognition() || this.  
      speechRecognition();  
5  
6     ler.continuous = true;  
7     ler.interimResults = true;  
8     ler.lang = 'pt-PT';  
9     ler.start();  
10  
11    ler.onresult = function (event: any) {  
12      let interim_transcript = '';  
13      let final_transcript = '';  
14      for (var i = event.resultIndex; i < event.results.length; ++i)  
15      {  
16        if (event.results[i].isFinal) {  
17          final_transcript += event.results[i][0].transcript;  
18        } else {  
19          interim_transcript += event.results[i][0].transcript;  
20        }  
21      }  
22      for (let j = 0; j < buttonsArray?.length; j++) {  
23        if (final_transcript == buttonsArray[j]) {  
24          ler.stop();  
25          router.navigate([buttonsArray[j]], {  
26            relativeTo: activatedRoute  
27          })  
28        }  
29      }  
30    };  
31  }
```

Listing 8.2: Função *reconhecimento()* que integra a *WebSpeech API*

- *continuous* - Parâmetro utilizado da API, linha 6, que permite a conversão do reconhecimento da voz de uma forma contínua;
- *interimResults* - Parâmetro consumido da API, descrito na linha 7, que propicia a identificação dos resultados intermédios do reconhecimento da voz.
- *lang* - Parâmetro da API, linha 8, que possibilita a definição de qual a linguagem de reconhecimento a ser usada para reconhecimento da voz. Neste caso, a língua a ser utilizada é a linguagem portuguesa, pt-PT.
- *start()* - Função apresentada pela API, presente na linha 9, a qual possibilita o reconhecimento de voz;

- *stop()* - Função disponibilizada pela API, linha 23, com o objetivo de terminar o processo de reconhecimento de voz;
- *onresult* - Presente na linha 11, tem o objetivo de verificar se o resultado final, *final_transcript* na linha 22, é igual à lista passada por parâmetro no método. Se esta condição se verificar, o reconhecimento de voz é parado e o processo de aquisição de bilhete continua para o passo seguinte. Contudo se a condição não se verificar, o processo de reconhecimento de voz volta novamente a ser processado até que o reconhecimento de voz seja igual *buttonsArray*.

Services

Os serviços de um sistema tem como objetivo contem métodos e consequentemente os dados que estão sempre disponíveis ao longo do tempo. O objetivo da criação de serviços é possibilitar a organização de código, para não existir duplicação deste e também possibilitar a partilha de código. Para além disso, o desenvolvimento de serviços permite a reutilização destes em componentes a ser desenvolvidas (*Angular - Add services s.d.*).

Posto isto, os serviços do atual sistema, estão divididos em quatro grupos:

- *calculos* - Serviço desenvolvido com o objetivo de processar a informação da compra do bilhete por parte do utilizador, mantendo o utilizador informado de quais os valores que poderá pagar pela viagem;
- *estacao* - Serviço responsável por comunicar com o *BackEndPrototipo*, onde se obtém a informação das estações correspondente à direção que o utilizador escolheu no decorrer da aquisição do bilhete;
- *linha* - Serviço responsável pela comunicação com o *BackEndPrototipo*, com a capacidade de captar a informação de quais as linhas disponíveis;
- *voz* - Serviço concebido para o desenvolvimento das funções *fala()* e *reconhecimento()*, para não existir duplicação de código.

A figura 8.3 representa o *package* relatado.

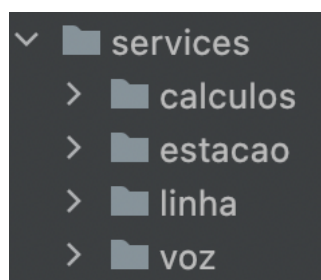


Figura 8.3: Estrutura do *package services*

Models

A finalidade da criação do *package models* é para simplificar a manipulação dos objetos, não estando a trabalhar diretamente com um ficheiro *JSON*.

Para isso foi necessário criar dois *models*, *linha*, composta pelo *idLinha*, *nomeLinha* e por uma *listaEstacoes* e o *model* da *estacao* é composto pelo *idEstacao*, *nomeEstacao* e pelo *numeroEstacao*.

A seguinte figura ilustra o *package models*.

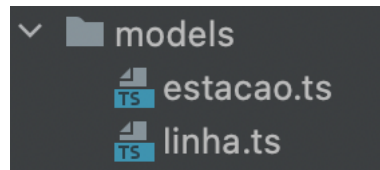


Figura 8.4: Estrutura do *package models*

8.1.2 BackEndPrototipo

Todo o projeto de *backend* desenvolvido para atingir os objetivos delineados para o presente projeto foi desenvolvido em *JavaScript - Node.js*. Assim sendo, a figura 8.5, representa a estrutura do projeto *BackendPrototipo*.

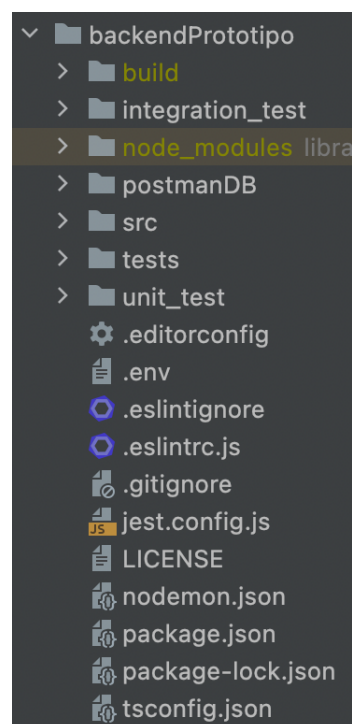


Figura 8.5: Estrutura do projeto *BackEndPrototipo*

Observando a figura anterior, visualizamos os seguintes *packages*:

- *integration_test* - Composto pelos testes de integração feitos ao sistema;

- *postmanDB* - Composto pelos dados injetados na base de dados para o sistema possuir informação;
- *src* - Contem toda a lógica do sistema de *backend*;
- *unit_test* - Constituído por todos os testes unitários realizados ao sistema.

Analisando em mais detalhe o *package src*, este é composto pelas *Routes*, *Service*, *Repository* e *Models*.

O *package Routes* está encarregue de disponibilizar os *endpoints* para serem consumidos pelo *frontend - Prototipo*. O seguinte excerto de código apresenta um *endpoint* da estação, nomeadamente de um *post*.

```
1 route.post(  
2   '/',  
3   celebrate({  
4     body: Joi.object({  
5       estacaoID: Joi.number().required().error(new Error('O id da  
esta o (n mero positivo) necess rio!')),  
6       nomeEstacao: Joi.string().required().error(new Error('O nome da  
estacao (Ex: Porto S o Bento) necess rio!')),  
7       numeroEstacao: Joi.number().required().error(new Error('O  
n mero da esta o (n mero positivo) necess rio!')),  
8     }),  
9   }),  
10  },  
11  async (req: Request, res: Response, next: NextFunction) => {  
12    try {  
13      const estacaoServiceInstance = Container.get(EstacaoService);  
14      let estacao = await estacaoServiceInstance.CreateEstacao(req.  
15      body);  
16      return res.status(201).json(estacao);  
17    } catch (e) {  
18      return next(e);  
19    }  
20  });
```

Listing 8.3: *post()* da estação

Seguindo a lógica do processamento do *post()* de uma estação, esta informação será processada pelo serviço *CreateEstacao*, linha 15.

Neste seguimento, o seguinte excerto de código representa o método *CreateEstacao*.

```
1  
2 public async CreateEstacao(DTO: EstacaoDTO): Promise<EstacaoDTO>{  
3   let estacao = this.estacaoMapper.mapDTOToDomain(DTO);  
4   let estacaoModel = this.estacaoMapper.mapDomainToModel(estacao);  
5  
6   return this.estacaoMapper.mapModelToDTO(await this.repEstacao.  
CreateEstacao(estacaoModel));  
7 }
```

Listing 8.4: *CreateEstacao()* da estação no *package services* no ficheiro *estacao.ts*

Analisando o excerto de código anterior, podemos verificar que existe a conversão para um *model*, nomeadamente de uma estação, e que posteriormente irá ser guardada na base de dados através de *this.repEstacao.CreateEstacao()*.

```
1 public async CreateEstacao(estacaoRecord: IEstacaoModel) {  
2     return await estacaoRecord.save();  
3 }
```

Listing 8.5: *CreateEstacao()* da estação no ficheiro *repositorioEstacao* no *package repositories*

Analisando o excerto de código anterior podemos verificar que chega assim à última etapa do processo de comunicação, desde o início de um pedido através das *Routes* até este ser devolvido aquando chega ao *Repositories*.

8.2 Protótipo

Uma vez já referida a estrutura do projeto desenvolvido, demonstra-se agora todo o processo de interação do utilizador com a interface gráfica para a aquisição de bilhete.

A interação do utilizador com o sistema pode ser feita através de duas modalidades, ou através da voz, referindo o texto que diz em cada botão ou então clicando no botão para prosseguir no processo de compra.

A aquisição de bilhete por parte do utilizador divide-se em 7 partes:

- Opção de comprar ou recarregar cartão;
- Escolha da direção que pretende viajar;
- Escolha do destino;
- Escolha do tipo de bilhete;
- Seleção da quantidade de títulos que pretende adquirir;
- Indicação do NIF caso pretenda;
- Pagamento.

Deste modo será feita uma apresentação de dois ecrãs do processo de compra, estando todos os ecrãs apresentados nos anexos C. Será ainda documentado com alguns excertos de código pertinentes para compreender o desenvolvimento do sistema.

Como referido anteriormente, o processo de comunicação com o sistema pode ser feito através de um *click* no botão que pretende ou então dizer o texto correspondente ao botão. Analisando a seguinte figura 8.6, visualiza-se os botões correspondentes às estações correspondentes a uma direção, nomeadamente "Lousado", "Esmeriz", "Barrimau", "Famalicão", "Anterior", "Próximas" ou "Voltar atrás".

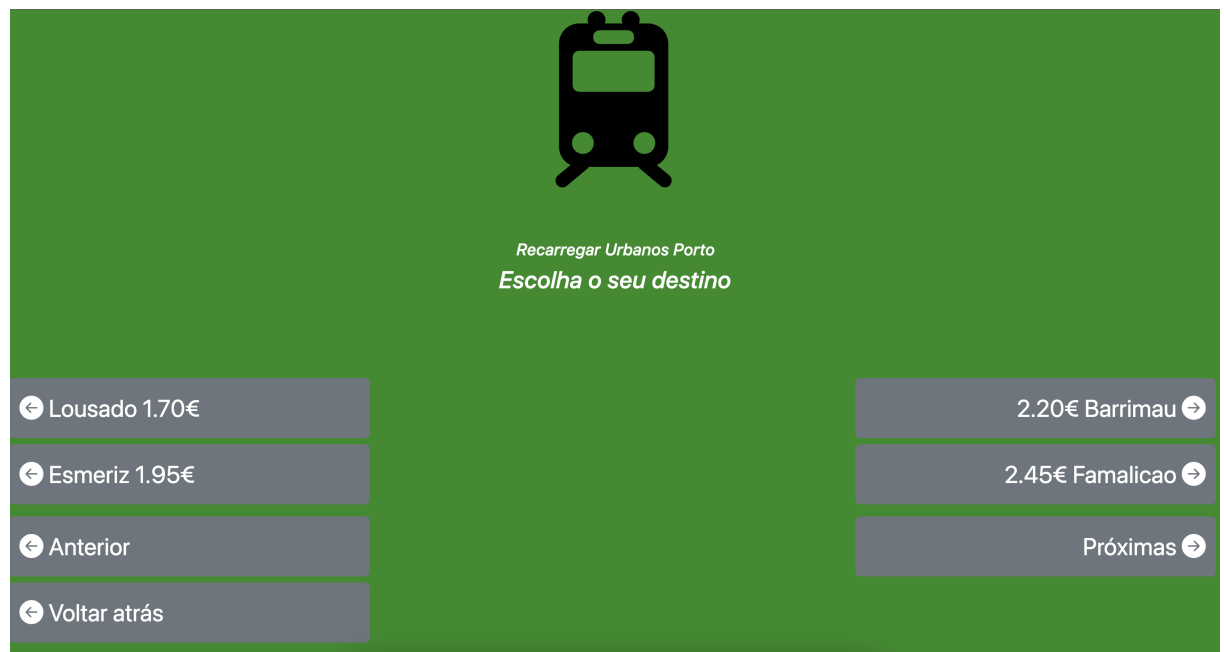


Figura 8.6: Página do 3º passo

Como podemos verificar através da análise da imagem anterior, temos o nome das estações e do respetivo preço da viagem entre o ponto atual e a estação indicada. Este aspeto, visualização do preço que poderá pagar, verifica-se ao longo do processo de compra com o intuito do utilizador estar sempre informado de quanto poderá pagar pelas viagens a adquirir.

O cálculo efetuado para o preço da viagem entre a estação de partida e a estação final é feito através de um valor tabelado, 1,45€, somando 0.25€ por cada estação que passe. O seguinte excerto de código apresenta o calculo do preço da viagem entre estações.

```
1 calculoEntreEstacoes(estacaoInicial: any, estacaoFinal: any){  
2   var precoEstacao =1.45;  
3   var diferencaEstacoes = Math.abs(estacaoFinal - estacaoInicial);  
4   precoEstacao += diferencaEstacoes * 0.25;  
5   return precoEstacao.toFixed(2);  
6  
7 }
```

Listing 8.6: Método do calculoEntreEstacoes()

Posto isto, o utilizador aquando a seleção através do uso da voz ou então se efetuar o *click* no botão, este passa ao passo seguinte, figura 8.7, onde tem a possibilidade de escolher o tipo de título que pretende.



Figura 8.7: Página do 4º passo

Uma das grandes alterações verificadas é o uso da tecnologia *text-to-speech* e *speech-to-text* para o novo sistema, mas também a melhoria da qualidade da informação mostrada ao utilizador aquando o aparecimento de uma nova etapa. Como podemos analisar a figura 8.7, o utilizador possui duas opções, "Meio Bilhete" e "Bilhete Inteiro", onde, atualmente, no novo sistema é possível este compreender qual a diferença entre estes dois tipos de bilhetes. De realçar que ao longo de todo o processo, a informação adicional está sempre presente no ecrã para que o cliente consiga compreender e executar as tarefas sem ser necessário recorrer a ajuda externa.

Capítulo 9

Avaliação e Experimentação

No presente capítulo é apresentado o processo de avaliação e experimentação da solução desenvolvida. Para cumprir estes objectivos, numa primeira fase é documentado as métricas de avaliação e quais os métodos usados para a avaliação do projecto. De seguida, apresentar-se-á os resultados obtidos através das métricas e metodologias referidas. Por fim, será feita uma conclusão com a intenção de avaliar se os objectivos traçados cumprem os requisitos dos utilizadores.

9.1 Métricas de Avaliação

As métricas de avaliação têm como objectivo a avaliação do projecto. Desta forma, indicar-se-á as métricas de avaliação:

- Cumprimento dos requisitos funcionais e não funcionais: O cumprimento dos requisitos, definidos previamente em 6.1.3 e 6.1.4, será possível concluir se os requisitos identificados foram atingidos.
- Usabilidade: Segundo a norma *ISO 9241-11* é possível medir se o sistema desenvolvido pode ser utilizado e se atinge as metas de eficácia, eficiência e satisfação, no contexto do problema(*ISO 9241-11:1998(en), Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability s.d.*).
- Satisfação dos utilizadores: A resposta dos utilizadores a um questionário sobre o sistema desenvolvido, permitirá também concluir se existe melhoria do sistema de bilheteira.

9.2 Metodologia

Na presente secção é feita uma descrição das metodologias de avaliação a serem utilizadas na avaliação das métricas definidas previamente. Deste modo, identificam-se como metodologias testes de *software* e um inquérito de satisfação e usabilidade.

9.2.1 Testes de software

Os testes de *software* desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de um projecto. Estes testes permitem a validação de qualquer funcionalidade desenvolvida e também é possível identificar possíveis erros ou falhas que possam existir durante o desenvolvimento. Com os testes de *software* é ainda possível a identificação de possíveis falhas na identificação dos requisitos do projecto.

Assim sendo, a testagem de um sistema é a avaliação deste, de modo a concluir se os requisitos são cumpridos (*Software Testing Tutorial* s.d.).

Posto isto, todas as fases de desenvolvimento serão completadas com testes. Para o desenvolvimento dos testes à solução desenvolvida, serão realizados testes segundo o modelo *V-Model* (Bertino e Crampton 2008).

Os testes a serem desenvolvidos, segundo o modelo *V-Model* são os seguintes:

- Testes unitários;
- Testes de integração;

9.2.2 Inquérito

Com o intuito de avaliar a satisfação do novo sistema, será proposto a um grupo de pessoas, de várias faixas etárias, a realização de pequenas tarefas no novo sistema.

Para auferir a satisfação do grupo que irá testar o novo sistema, será realizado um questionário com perguntas concretas e de resposta directa e também de perguntas de resposta aberta direccionadas às respostas abertas para concluir com mais exatidão de quais os benefícios do novo sistema.

Relativamente à forma de respostas directas, será de resposta de "Sim/Não". Posteriormente a estas questões de resposta directa serão questionados sempre com a mesma questão sobre que comentários têm a fazer sobre estas mesmas perguntas.

A seguinte lista serão as perguntas a serem colocadas às pessoas que irão realizar os testes ao sistema desenvolvido.

- O uso da voz facilita a utilização do sistema em geral?;
- Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente útil?;
- Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente irrelevante?;
- Considera vantajoso a informação adicional ao longo do processo de compra (e.g. preço)?.

9.3 Atribuição dos métodos de avaliação

Na seguinte tabela 9.1 é feita a ligação entre os indicadores referidos anteriormente em 9.1 e os métodos de avaliação referidos em 9.2 que serão utilizados para avaliação.

Tabela 9.1: Legenda da Tabela: Associação entre indicadores e métodos de avaliação

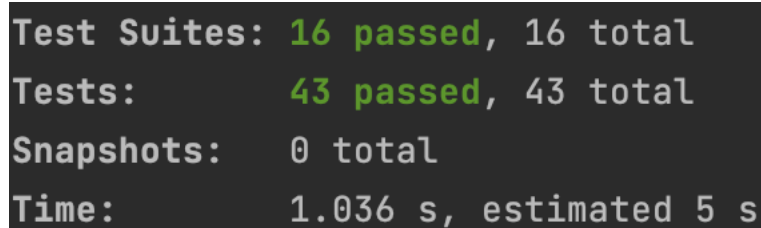
Indicador	Método de avaliação
Cumprimento dos requisitos funcionais e não funcionais	Testes de Software
Usabilidade e Satisfação dos utilizadores	Inquérito

9.4 Resultados

9.4.1 Testes unitários

Os testes unitários são os primeiros testes a serem desenvolvidos para ser possível a validação de pequenas partes de código, de modo a concluir se o seu objetivo funcional é cumprido.

Para o desenvolvimento do projeto *BackEndPrototipo* utilizou-se a *framework JEST*, que possui a capacidade de testar projetos em *JavaScript*. Posto isto foram desenvolvidos testes para todas as componentes do projeto de *backend* e obteve-se os seguintes resultados da figura 9.1 para a cobertura do projeto.



```
Test Suites: 16 passed, 16 total
Tests:      43 passed, 43 total
Snapshots:  0 total
Time:       1.036 s, estimated 5 s
```

Figura 9.1: Cobertura dos testes *BackEndPrototipo*

Os testes desenvolvidos ao *backend* foram feitos às componentes *Service*, *Models* e *Repository*.

O seguinte excerto de código, é um teste realizado ao método *GetEstacaoById*, que está localizado no componente *Service*. Este tem o objetivo de verificar se a pesquisa por um determinado id é realizada com sucesso.

```
1 test('Estacao Service Test, GetEstacaoById()', async () => {
2
3   let estacao = new Estacao(
4     1,
5     'Braga',
6     1
7   );
8
9   Container.set("repositorioEstacao", new RepositorioEstacao(
10     EstacaoModel));
11
12   const estacaoServiceInstance = Container.get(EstacaoService);
13   let estacaoById = await estacaoServiceInstance.GetEstacaoById(
14     estacaoId.valueOf());
15
16   expect(estacaoById.estacaoId).toBe(estacao.estacaoId);
17   expect(estacaoById.nomeEstacao).toBe(estacao.nomeEstacao);
18   expect(estacaoById.numeroEstacao).toBe(estacao.numeroEstacao);
19 });
```

Listing 9.1: Teste do método *GetEstacaoById()*

9.4.2 Testes de Integração

Os testes de integração foram realizados através da ferramenta *Postman*, utilizada para testar *RESTful API's*. Para testar uma API elabora-se um conjunto de *requests* que seguem uma ordem lógica:

- *HTTP GET Request*: Verifica se o *resource* que vai ser criado não existe;
- *HTTP POST Request*: Criar o *resource*;
- *HTTP GET Request*: Verifica se o *resource* que foi criado contém os valores especificados no request anterior;
- *HTTP PUT Request*: Modifica os valores que foram criados;
- *HTTP GET Request*: Verifica se os valores do *resource* foram alterados;
- *HTTP DELETE Request*: Elimina o *resource* usado no teste;
- *HTTP GET Request*: Verifica se o *resource* foi testado.

Esta ordem lógica é a mais comum para este tipo de testes. Contudo, também podem ocorrer erros no pedido, sendo preciso acrescentar outros *requests* que não seguem o “*happy path*” (cenário de teste aonde não ocorre nenhum erro ou exceção) e verificar se a resposta de erro é a adequada. Todos os *requests* feitos para testar a API do *BackEndPrototipo* criada foram colocados numa *Collection* do *Postman*.

GET get estacoes (vazio)	GET get all estacoes
GET get linhas (vazio)	POST post linha id -1
POST post estacao id -1	POST post linha com nome inválido
POST post numero da estacao -1	POST post linha sem estcoes
POST post estacao inválido com ca...	POST post linha porto-braga
GET get all estacoes	GET get linhas
POST post estacao porto sao bento	PUT put linha nome linha porto
POST post estacao porto campanha	DEL delete linha id 1
POST post estacao ermesinde	GET get linhas
POST post estacao braga	DEL delete estacao id 1
PUT put id 3 ermesinde para trofa	DEL delete estacao id 2
GET get estacao id 3	DEL delete estacao id 3
GET get all estacoes	DEL delete estacao id 4
PUT put id 3 trofa para ermesinde	GET get all estacoes

Figura 9.2: *Collection* de testes do *Postman*

Todos os *endpoints* da Linha e da Estação desenvolvidos no *BackEndPrototipo* foram testados segundo a ordem lógica previamente mencionada e com *requests* extras que vão produzir erros possíveis em cada *endpoint*.

Realizados os testes a todos os *endpoint* desenvolvidos para ser possível a criação, edição, pesquisa e eliminação de linhas e estações, obteve-se um total de 111 testes realizados e todos passaram com sucesso como podemos verificar na figura 9.3

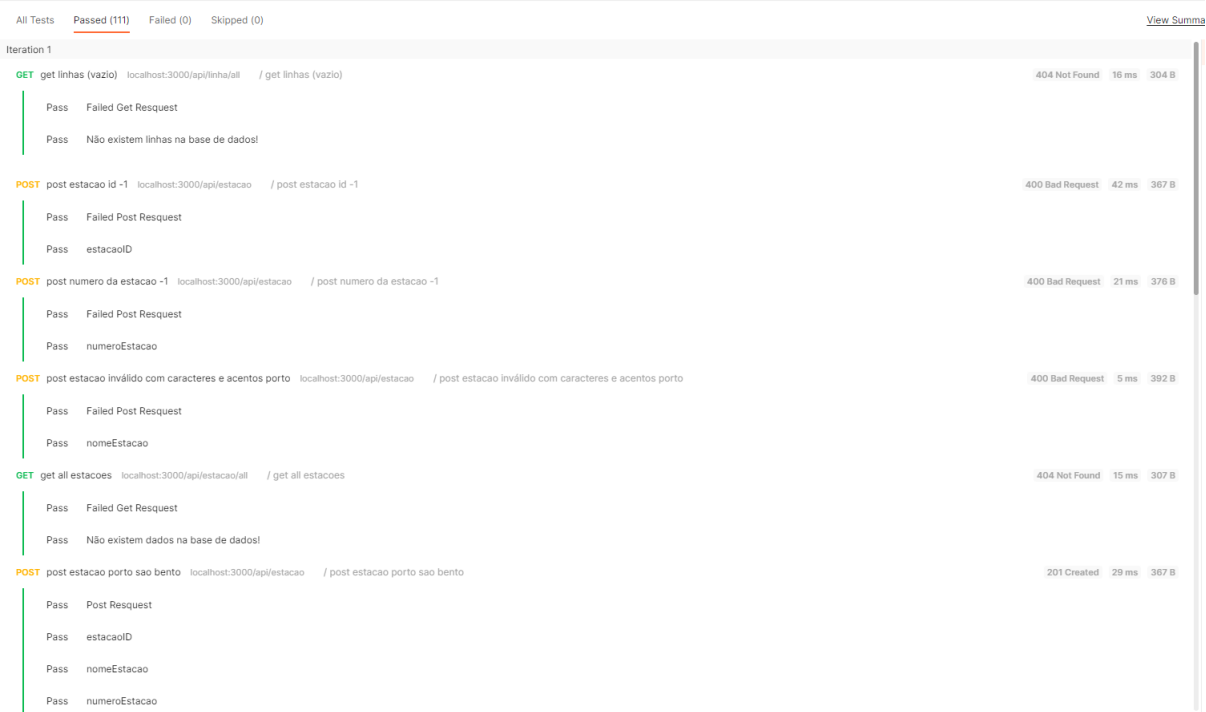


Figura 9.3: Coverage dos testes *Postman*

9.4.3 Resultados do Inquérito

O inquérito desenvolvido para avaliar o desenvolvimento do novo sistema de compra de bilhetes foi realizado a um pequeno número de pessoas, 5 indivíduos, de modo a avaliarem se as melhorias desenvolvidas apresentam mudanças significativas no processo de compra. Apesar de a amostra ser limitada, é relevante a utilização e avaliação destes dados para possíveis melhorias do sistema.

Assim sendo, o inquérito realizado foi definido previamente, como referido na secção 9.2.2, com o intuito de avaliar a utilização da voz e da melhoria da informação disponibiliza ao utilizador. As respostas dos inquiridos a este inquérito encontram-se no Anexo D.

Analisando a primeira questão, referente à facilidade do uso da voz, os inquiridos concordam a afirmação, realçando o aspeto de ser possível ouvir o texto apresentado no ecrã, como sendo um dos fatores de melhoria do novo sistema, do ponto de vista da interação. É ainda referido por um inquirido a comparação com os atuais sistemas de voz existentes no carro, mencionando a não necessidade de clicar nos botões para prosseguir para o passo seguinte. Contudo, um inquirido refere um ponto crucial de melhoria através do uso da voz, relativamente às pessoas que possuem algum problema de visão, conseguirem obter a informação do ecrã através de áudio.

Observando os dados obtidos na segunda resposta, D.2, relativa à questão de o uso da voz ser benéfico em alguma situação em específico, 4 inquiridos referem que é benéfico o uso da voz num caso em específico e 1 inquirido referiu que não. Posto isto, um dos inquiridos refere

a capacidade do atual sistema, após a seleção da direção que pretende viajar, a possibilidade de dizer qual a estação que pretende viajar sem esta aparecer no ecrã como um dos pontos benéficos do uso da voz do sistema desenvolvido.

Avaliando as respostas sobre a questão sobre a irrelevância do uso da voz, todos os inquiridos afirmam que não existe nenhum aspeto que seja irrelevante o uso da voz. Contudo, na resposta aberta, sobre os comentários que podem referir sobre esta questão, citam a necessidade de visualizarem o que estão a comunicar para validarem se é correta a informação que estão a expressar para máquina.

Por último, questionados sobre a informação disponibilizada no ecrã é vantajosa, os 5 inquiridos afirmam que é vantajosa. Os comentários apresentados pelos inquiridos a esta questão revelam que foi atingido um dos pontos referidos previamente para melhoria por parte dos inquiridos, referido na secção 3, nomeadamente a melhoria da informação disponibilizada ao utilizador. Os inquiridos que testaram o novo sistema, afirmam que atualmente já conseguem entender a diferença entre tipos de bilhetes e também a melhoria relativa ao preço que irão pagar antes de chegar ao método de pagamento, bem como das escolhas feitas para aquisição do bilhete durante todo o processo de compra.

9.5 Conclusão da Avaliação

Do ponto de vista de testes do sistema, concluí-se que o sistema de *backend* foi devidamente testado para ser possível a utilização de dados referentes a linhas e estações consumidas no sistema de *frontend*, Protótipo.

Relativamente ao ponto chave da avaliação do sistema desenvolvido, nomeadamente, a usabilidade do sistema, através da análise do inquérito realizado pelas pessoas que fizeram aquisição de vários bilhetes de forma a testar a usabilidade do sistema, o *feedback* demonstrado por parte das mesmas foi bastante positivo.

Contudo, o *Prototipo*, ainda necessita de algumas melhorias, principalmente, na forma do utilizador puder verificar o que está a dizer para o sistema e posteriormente apresentar a transcrição no ecrã. Outra solução, é a possibilidade de mostrar ao utilizador que a voz está a ser reconhecida pelo sistema e caso o texto transcrito não seja o esperado, devolver a informação ao utilizador que pode voltar a comunicar para conseguir progredir na tarefa de aquisição do bilhete.

Capítulo 10

Conclusões

10.1 Objetivos Alcançados

A intenção para a realização do presente dissertação de tese foi o desenvolvimento de um novo sistema de compra de bilhetes de transporte público, com a capacidade de reconhecimento e síntese de voz e também a melhoria da informação disponibilizada ao utilizador.

A dissertação iniciou-se pela contextualização do problema, identificando os conceitos relevantes a ter em consideração no desenvolvimento, nomeadamente, usabilidade e interação pessoa-máquina e também a identificação dos atuais problemas do atual sistema de compra de bilhetes. Posto isto e com o intuito de obter dados ainda mais relevantes houve a necessidade de disponibilizar um inquérito para a população em geral para avaliarem o sistema atual.

Concluída a etapa de análise e contextualização do problema, existe a necessidade de proceder a uma análise de valor para avaliar a importância do sistema a ser desenvolvido para o cliente e quais os pontos mais fortes.

Realizada toda a análise mais teórica do ponto de vista do problema, levantou-se um estudo de soluções e tecnologias, estado da arte, que fossem capazes de atingir os objetivos traçados para o projeto. Posteriormente, definiu-se todos os conceitos de negócio, requisitos e a abordagem a ter para o cumprimento dos objetivos traçados e de seguida implementou-se a solução.

Concluí-se que os requisitos traçados para a presente dissertação foram atingidos, e que o novo sistema de compra de bilhetes é útil para os utilizadores, mas contudo este novo sistema ainda pode sofrer algumas alterações com vista a melhorar ainda mais a interação pessoa-máquina.

10.2 Limitações e Trabalho Futuro

Apesar da implementação do novo sistema ter sido bem sucedida e o *feedback* obtido pelas pessoas que realizaram os testes ter sido positivo, identificam-se algumas limitações que podem ser melhoradas.

Uma das limitações encontradas está relacionada com o mecanismo de reconhecimento de voz e som. O funcionamento do novo sistema, para ser mais preciso, o ambiente aonde este se encontra tem de ser isolado e com pouco ruído. Apesar do sistema possuir eliminação de ruído de fundo, pode-se usar microfone com capacidade de retenção de ruído mais apurado e também um local mais isolado para o sistema ser utilizado.

Outra limitação encontrada esta relacionada com a *API WebSpeech API*, pois esta *API* possui algumas limitações no que diz respeito à conversão de áudio para texto.

Contudo, o projeto necessita de algumas melhorias, onde estas melhorias passarão por usar uma *API* mais sofisticada que permita melhorar significativamente a conversão de áudio para texto. Para além disso, o sistema a ser implementado nas empresas que possuem estas máquinas de compra de bilhetes, é necessário a reutilização da informação que os sistemas possuem atualmente para serem implementados nesta interface desenvolvida.

10.3 Considerações Finais

O desenvolvimento de um projeto não é propriamente fácil e aliado a um desenvolvimento sozinho ainda mais complicado se torna. Contudo, com dedicação e vontade o trabalho realizado ao longo desta dissertação permitiu assimilar muitos conhecimentos novos, nomeadamente, sobre síntese e reconhecimento de voz e também sobre usabilidade e interação pessoa-máquina.

Relativamente ao trabalho realizado, o documento e a implementação cumpriram os requisitos delineados.

Um aspeto a realçar com esta dissertação é a entajuda e disponibilidade do meu orientador, Filipe de Faria Pacheco, que foi uma das pessoas fundamentais para o desenvolvimento do projeto e com isto, quero agradecer-lhe por todo o apoio oferecido ao longo desta dissertação e a toda a minha família e amigos que me ajudaram ao longo dos últimos meses, para que tudo fosse mais fácil e tranquilo, deixo o meu Obrigado!

Bibliografia

- Alexa, assistente virtual da Amazon, propõe desafio perigoso a menina de 10 anos: colocar uma moeda na tomada. Assistente já foi corrigido* – Observador (s.d.). url: <https://observador.pt/2021/12/29/alexa-assistente-virtual-da-amazon-propoe-desafio-perigoso-a-menina-de-10-anos-colocar-uma-moeda-na-tomada/>. acedido: 02.02.2022.
- Alexa: como mudar a voz, idioma e velocidade* | Tekimobile (s.d.). url: <https://www.tekimobile.com/dicas/como-mudar-a-voz-de-alexa-idioma-sotaque-e-velocidade/>. acedido: 29.01.2022.
- Amazon.com: Alexa Skills* (s.d.). url: <https://www.amazon.com/alexa-skills/b?ie=UTF8&node=13727921011>. acedido: 29.01.2022.
- Angular - Add services* (s.d.). url: <https://angular.io/tutorial/toh-pt4>.
- Arora, Chetan et al. (s.d.). «Extracting Domain Models from Natural-Language Requirements: Approach and Industrial Evaluation». Em: (). doi: 10.1145/2976767.2976769. url: <http://dx.doi.org/10.1145/2976767.2976769>.
- Bailey, Robert W. et al. (2009). «Performance-Based Usability Testing: Metrics That Have the Greatest Impact for Improving a System's Usability». Em: *HUMAN CENTERED DESIGN, PROCEEDINGS*. Ed. por Kurosu, M. Vol. 5619. Lecture Notes in Computer Science. 1st International Conference on Human Centered Design held at the 13th International Conference on Human Computer Interaction, San Diego, CA, JUL 19-24, 2009, 3–12. isbn: 978-3-642-02805-2.
- Bertino, Elisa e Jason Crampton (2008). «Security for Distributed Systems: Foundations of Access Control». Em: *Information Assurance*, pp. 39–79. doi: 10.1016/B978-012373566-9.50005-7.
- Bohn, Dieter (2019). «Amazon says 100 million Alexa devices have been sold—what's next». Em: *The Verge*.
- Chan, Catherine Y. P. e Palmira Lopez-Fresno (2017). «QFD: Fundamentality for Innovation». Em: *PROCEEDINGS OF THE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLECTUAL CAPITAL, KNOWLEDGE MANAGEMENT & ORGANISATIONAL LEARNING (ICICKM 2017)*. Ed. por Tsui, E and Cheung, B. Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital Knowledge Management & Organizational Learning. 14th International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management and Organisational Learning (ICICKM), Hong Kong Polytechn Univ, Hong Kong, HONG KONG, DEC 07-08, 2017, 46–54. isbn: 978-1-911218-62-3.
- Design Principles and Design Patterns by Robert C. Martin* (s.d.). url: <https://www.goodreads.com/book/show/25936819-design-principles-and-design-patterns>.
- Dialogflow* | Google Cloud (s.d.). url: <https://cloud.google.com/dialogflow>. acedido: 17.01.2022.
- Documentação do serviço de Voz – Tutoriais, Referência da API – Serviços Cognitivos do Azure - Azure Cognitive Services* | Microsoft Docs (s.d.). url: <https://docs.microsoft.com/pt-pt/azure/cognitive-services/speech-service/>. acedido: 17.01.2022.

- FREE Learning Resources: UML, Agile, TOGAF, PMBOK, BPMN* (s.d.). url: <https://www.visual-paradigm.com/guide/>.
- Funcionários da Amazon ouvem conversas entre Alexa e clientes, diz Bloomberg - Época Negócios | Empresa* (s.d.). url: <https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2019/04/funcionarios-da-amazon-ouvem-conversas-entre-alexa-e-clientes-diz-bloomberg.html>. acessado: 02.02.2022.
- Gebhart, Michael, Pascal Giessler e Sebastian Abeck (2016). «Challenges of the digital transformation in software engineering». Em: *ICSEA 2016*, p. 149.
- Google Assistant - Saiba do que seu Google Assistant é capaz* (s.d.). url: <https://assistant.google.com/learn/>. acessado: 15.01.2022.
- Google Assistant, your own personal Google* (s.d.). url: <https://assistant.google.com/>. acessado: 15.01.2022.
- Hemalatha, B. et al. (AUG de 2019). «Google Assistant Controlled Home Automation». Em: *JOURNAL OF MECHANICS OF CONTINUA AND MATHEMATICAL SCIENCES* 2, 267–274. issn: 2454-7190. doi: {10.26782/jmcms.sp1.2019.08.00035}.
- Hughes, G.David e Don C. Chafin (1996). «Turning new product development into a continuous learning process». Em: *Journal of Product Innovation Management* 13.2, pp. 89–104. issn: 0737-6782. doi: [https://doi.org/10.1016/0737-6782\(95\)00112-3](https://doi.org/10.1016/0737-6782(95)00112-3). url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0737678295001123>.
- ISO 13407:1999(en), Human-centred design processes for interactive systems* (s.d.). url: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13407:ed-1:v1:en>. (acessado: 15.01.2022).
- ISO 9241-11:1998(en), Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability* (s.d.). url: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-1:v1:en>. (acessado: 15.01.2022).
- Kerekesová, Viktória, František Babič e Vladimír Gašpar (2019). «Using the Virtual Assistant Alexa as a Communication Channel for Road Traffic Situation». Em: *Multimedia and Network Information Systems*. Ed. por Kazimierz Choroś et al. Cham: Springer International Publishing, pp. 35–44. isbn: 978-3-319-98678-4.
- Koen, Peter et al. (2001). «Providing Clarity and A Common Language to the “Fuzzy Front End”». Em: *Research-Technology Management* 44.2, pp. 46–55. doi: 10.1080/08956308.2001.11671418. eprint: <https://doi.org/10.1080/08956308.2001.11671418>. url: <https://doi.org/10.1080/08956308.2001.11671418>.
- Koen, Peter A., Greg Ajamian et al. (2002). «1 Fuzzy Front End : Effective Methods , Tools , and Techniques». Em:
- Koen, Peter A., Heidi M. J. Bertels e Elko Kleinschmidt (2014). «Managing the Front End of Innovation—Part I: Results From a Three-Year Study». Em: *Research-Technology Management* 57.2, pp. 34–43. doi: 10.5437/08956308X5702145. eprint: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.5437/08956308X5702145>. url: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5437/08956308X5702145>.
- Larman, Craig (2004). *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development*, p. 736. isbn: 0131489062.
- Laurel, Brenda (2003). *Design research: Methods and perspectives*. MIT press.
- Lee, Eunseo, Gregg Vesonder e Elijah Wendel (2020). «Eldercare Robotics - Alexa». Em: *2020 11TH IEEE ANNUAL UBIQUITOUS COMPUTING, ELECTRONICS & MOBILE COMMUNICATION CONFERENCE (UEMCON)*. Ed. por Paul, R. 11th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference (UEMCON), ELECTR NETWORK, OCT 28-31, 2020. IEEE; IEEE New York Sect; IEEE Reg 1; Inst

- Engn & Management; SMART; IEEE USA; Univ Engn & Management, 820–825. isbn: 978-1-7281-9656-5.
- Osterwalder, Alexander (2004). «The business model ontology a proposition in a design science approach». Em: 169 p. doi: 10.22005/bcu.15985. url: <http://patrinum.ch/record/15985>.
- Ralph, Paul e Yair Wand (jan. de 2009). «A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept». Em: vol. 14, pp. 103–136. isbn: 978-3-540-92965-9. doi: 10.1007/978-3-540-92966-6_6.
- Recursos de privacidade e segurança do Assistente - Central de segurança do Google* (s.d.). url: https://safety.google/intl/en_us/assistant/. acedido: 15.01.2022.
- RetailWire News Article: What does Amazon Echo have to do with shopping?* (S.d.). url: <https://web.archive.org/web/20141113012932/http://www.retailwire.com/news-article/17899/what-does-amazon-echo-have-to-do-with-shopping>. acedido: 29.01.2022.
- Sánchez-Fernández, Raquel e M Ángeles Iniesta-Bonillo (2007). «The concept of perceived value: a systematic review of the research». Em: *Marketing theory* 7.4, pp. 427–451.
- Software Testing Tutorial* (s.d.). url: https://www.tutorialspoint.com/software_testing/index.htm. acedido: 30.01.2022.
- Speech-to-Text: reconhecimento de fala automático | Google Cloud* (s.d.). url: <https://cloud.google.com/speech-to-text>. acedido: 15.01.2022.
- Tai, Tzu-Yu e Howard Hao-Jan Chen (s.d.). «The impact of Google Assistant on adolescent EFL learners' willingness to communicate». Em: *INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS* (). issn: 1049-4820. doi: {10.1080/10494820.2020.1841801}.
- Text-to-Speech: síntese de fala realista | Google Cloud* (s.d.). url: <https://cloud.google.com/text-to-speech>. acedido: 15.01.2022.
- Think you've got your requirements defined? Think FURPS! - Professional Services Plus* (s.d.). url: <https://www.psplus.ca/articles/think-youve-got-your-requirements-defined-think-furps/>. acedido: 17.01.2022.
- Vasquez, C.E. e G.S. Simões (s.d.). *Engenharia de requisitos: software orientado ao negócio*. Brasport Livros e Multimídia. isbn: 9788574527963. url: <https://books.google.pt/books?id=scm3zQEACAAJ>.
- Web Speech API - Web APIs | MDN* (s.d.). url: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Web_Speech_API. acedido: 17.01.2022.
- Woodall, Tony (2003). «Conceptualising 'value for the customer': an attributional, structural and dispositional analysis». Em: *Academy of marketing science review* 12.1, pp. 1–42.

Apêndice A

Inquérito



Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

O presente estudo realiza-se no âmbito de uma Dissertação de Mestrado em Sistemas Gráficos e Multimédia do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O principal objetivo é avaliar a usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público (CP - Comboios de Portugal)

O questionário é destinado a todos os utilizadores deste meio de transporte. O seu preenchimento é anónimo, isento de riscos e benefícios e não serão solicitadas informações que permitam a sua identificação.

Caso pretenda colaborar neste estudo prossiga com o preenchimento do seguinte questionário, assinalando a caixa abaixo.

Agradeço, desde já, o seu contributo.
Caso tenha alguma dúvida poderá contactar-me via email: 1160980@isep.ipp.pt

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

***Obrigatório**

Li, compreendo e aceito as questões subjacentes ao preenchimento do seguinte questionário. *

☐ Sim

[Seguinte](#) Página 1 de 7 [Limpar formulário](#)

Figura A.1: Primeira etapa do questionário

Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

*Obrigatório

Informação pessoal

Por favor, leia atentamente todas as questões e seja o mais sincero/a possível.

Idade *

- ☐ <18
- ☐ 18-29
- ☐ 30-39
- ☐ 40-49
- ☐ 50-59
- ☐ >60

Figura A.2: Segunda etapa do questionário

Gênero *

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Outro

Ocupação *

- ☐ Estudante
- ☐ Trabalhador-Estudante
- ☐ Empregado
- ☐ Desempregado
- ☐ Reformado

[Anterior](#) [Seguinte](#) Progress bar [Limpar formulário](#)

Página 2 de 7

Figura A.3: Segunda etapa do questionário - Continuação

Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

***Obrigatório**

Por favor, leia atentamente todas as questões e seja o mais sincero/a possível.

Utiliza transportes públicos da CP - Comboios de Portugal ? *

☐ Sim

☐ Não

[Anterior](#) [Seguinte](#) [Limpar formulário](#)

Página 3 de 7

Figura A.4: Terceira etapa do questionário

Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

***Obrigatório**

Por favor, leia atentamente todas as questões e seja o mais sincero/a possível.
Informação sobre o uso dos transportes públicos da CP - Comboios de Portugal

Quantas vezes recorre ao serviço da CP - Comboios de Portugal? *

☐ Esporadicamente

☐ Uma ou duas vezes por semana

☐ Três ou quatro vezes por semana

☐ Cinco ou mais vezes por semana

Figura A.5: Quarta etapa do questionário

Como compra os bilhetes? *

☐ Máquina

☐ Balcão

☐ Site CP - Comboios de Portugal

☐ Outra: _____

Se compra ao balcão, qual é o motivo?

☐ Não sei usar a máquina

☐ É mais fácil, porque tenho alguma dificuldade em usar a máquina

☐ Mais prático

☐ Outra: _____

Anterior Seguinte

Página 4 de 7

Limpar formulário

Figura A.6: Quarta etapa do questionário - Continuação

Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

*Obrigatório

Relativamente ao uso da máquina, responda às seguintes afirmações, indicando o grau de concordância.

A interface é fácil de utilizar *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Discordo Completamente ○○○○○○○○○○ Concordo Completamente

A informação disponibilizada é fácil de compreender *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Discordo Completamente ○○○○○○○○○○ Concordo Completamente

Figura A.7: Quinta etapa do questionário

A informação disponibilizada é completa *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Discordo Completamente
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
Concordo Completamente

Consegue completar as tarefas rapidamente *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Discordo Completamente
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
Concordo Completamente

A máquina tem todas as funcionalidades *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Discordo Completamente
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
Concordo Completamente

Seria útil a utilização da voz para interagir com o sistema *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Discordo Completamente
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
Concordo Completamente

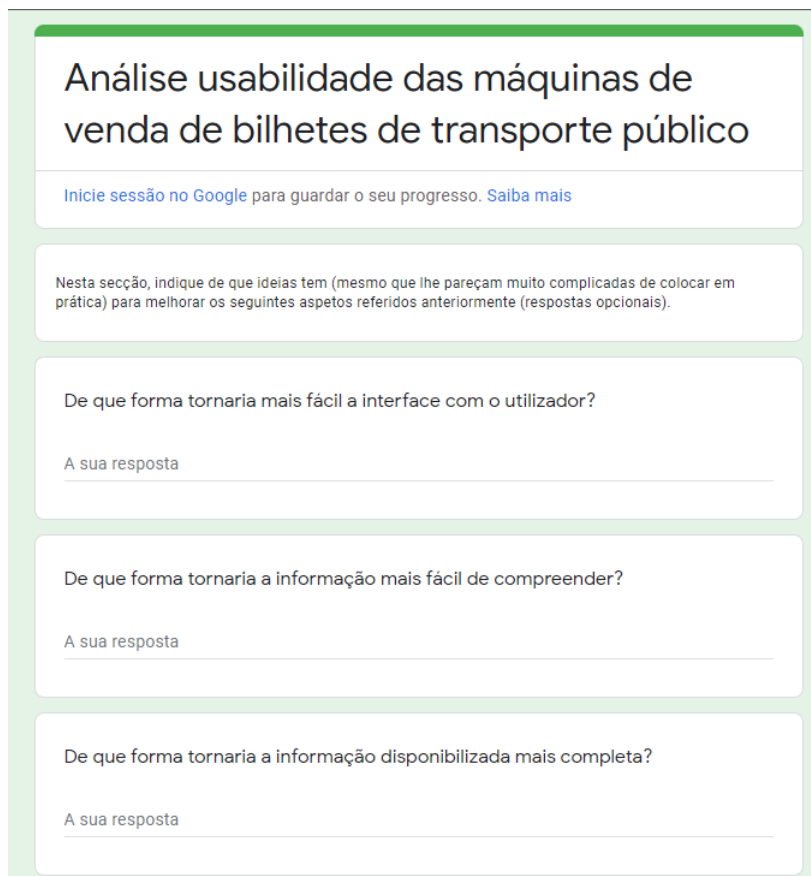
Anterior

Seguinte

Página 5 de 7

Limpar formulário

Figura A.8: Quinta etapa do questionário - Continuação



Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

Nesta secção, indique de que ideias tem (mesmo que lhe pareçam muito complicadas de colocar em prática) para melhorar os seguintes aspetos referidos anteriormente (respostas opcionais).

De que forma tornaria mais fácil a interface com o utilizador?

A sua resposta _____

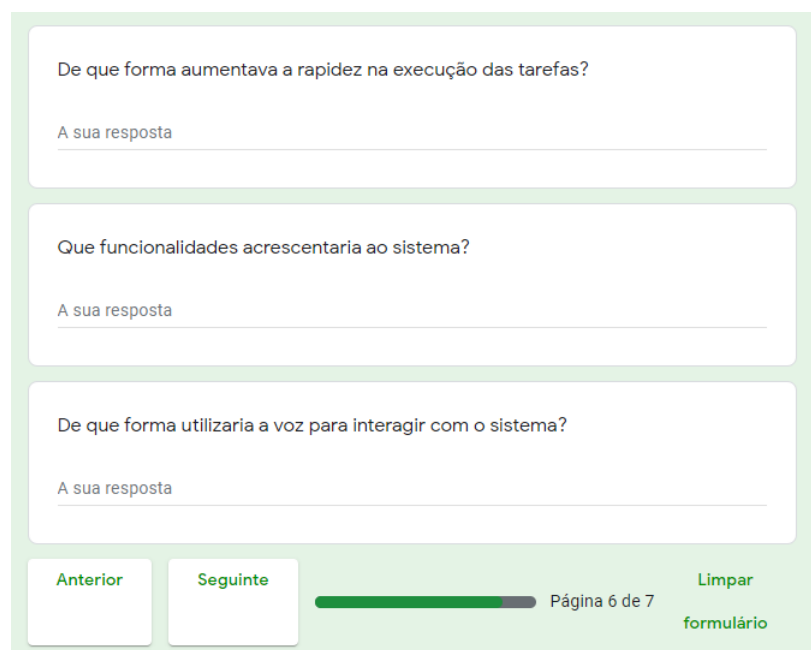
De que forma tornaria a informação mais fácil de compreender?

A sua resposta _____

De que forma tornaria a informação disponibilizada mais completa?

A sua resposta _____

Figura A.9: Sexta etapa do questionário



De que forma aumentava a rapidez na execução das tarefas?

A sua resposta _____

Que funcionalidades acrescentaria ao sistema?

A sua resposta _____

De que forma utilizaria a voz para interagir com o sistema?

A sua resposta _____

[Anterior](#) [Seguinte](#) Página 6 de 7 [Limpar formulário](#)

Figura A.10: Sexta etapa do questionário - Continuação

Análise usabilidade das máquinas de venda de bilhetes de transporte público

[Inicie sessão no Google](#) para guardar o seu progresso. [Saiba mais](#)

Obrigada pela sua colaboração!

[Anterior](#) **Submeter** [Limpar formulário](#)

Página 7 de 7

Figura A.11: Sétima e última etapa do questionário

Apêndice B

Resultados do Inquérito

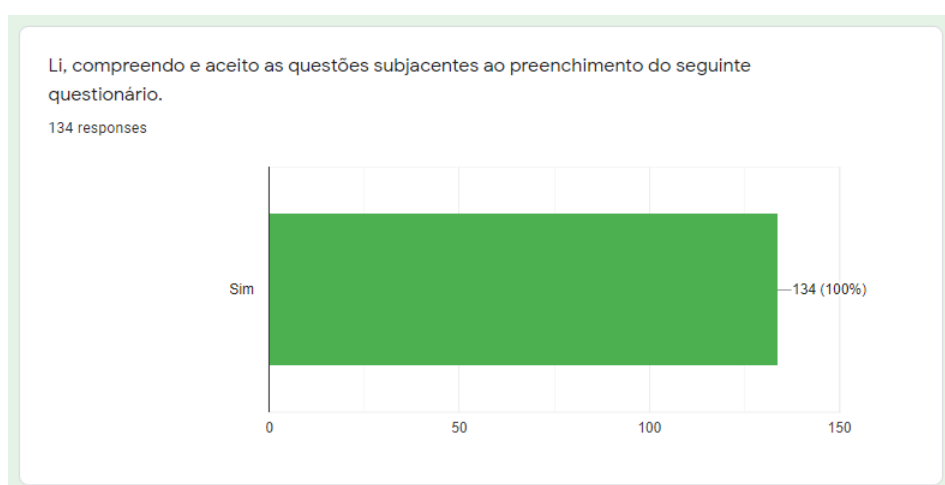


Figura B.1: Resposta dos inquiridos relativamente à aceitação do preenchimento do questionário

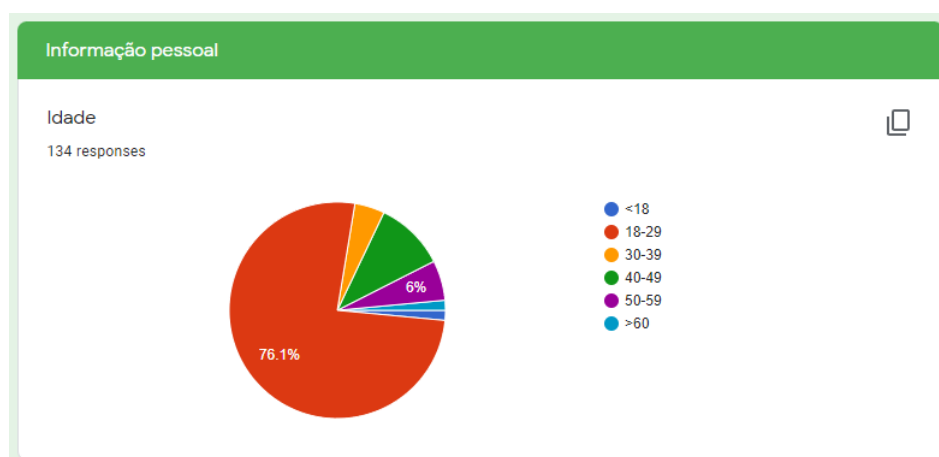


Figura B.2: Resposta dos inquiridos relativamente à idade

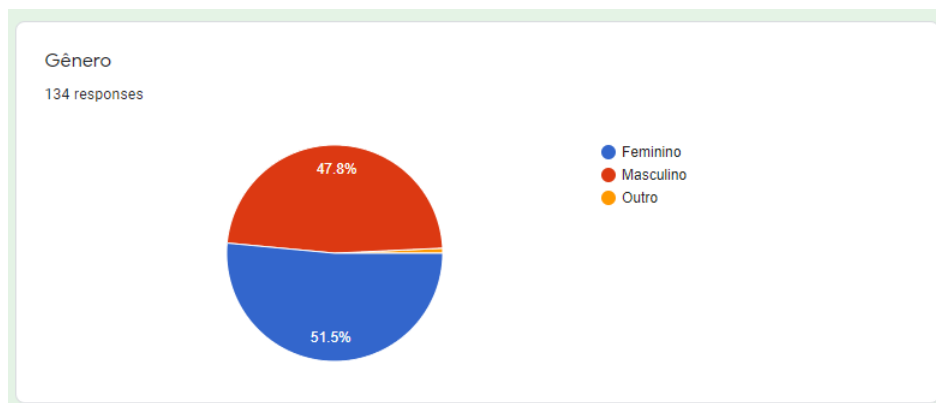


Figura B.3: Resposta dos inquiridos relativamente ao gênero

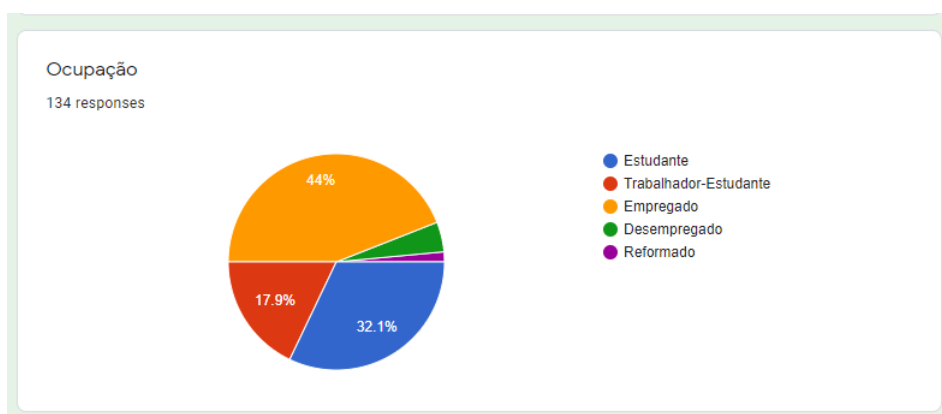


Figura B.4: Resposta dos inquiridos relativamente à ocupação

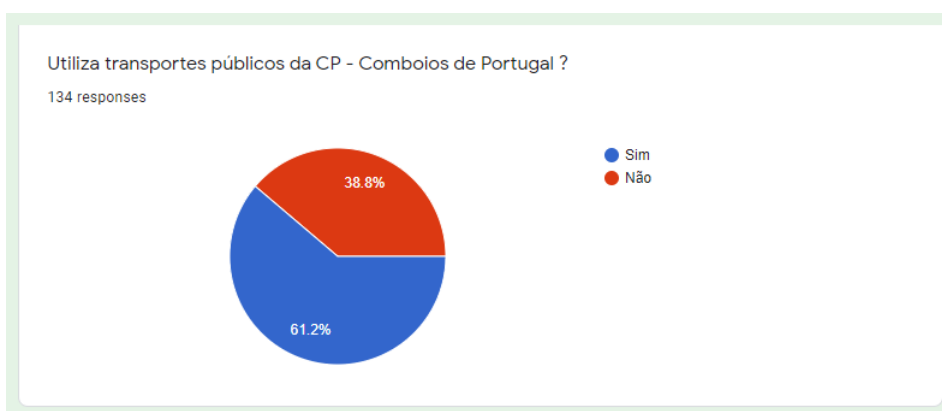


Figura B.5: Resposta dos inquiridos relativamente ao uso dos transportes públicos da CP

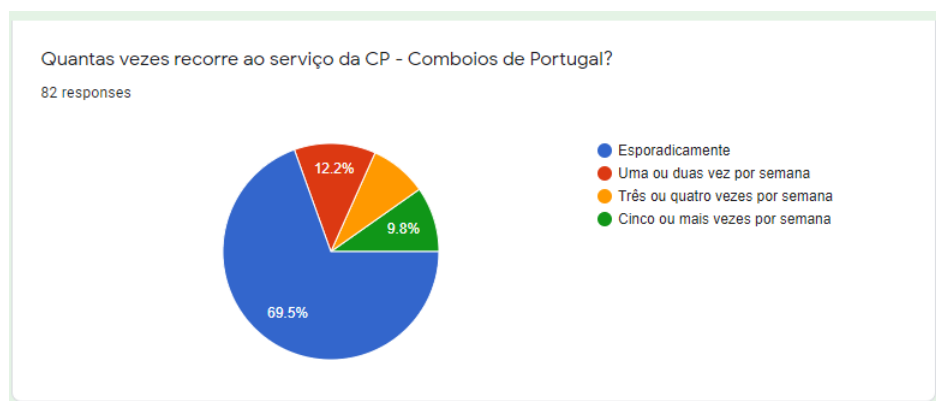


Figura B.6: Resposta dos inquiridos relativamente à frequência do uso dos comboios

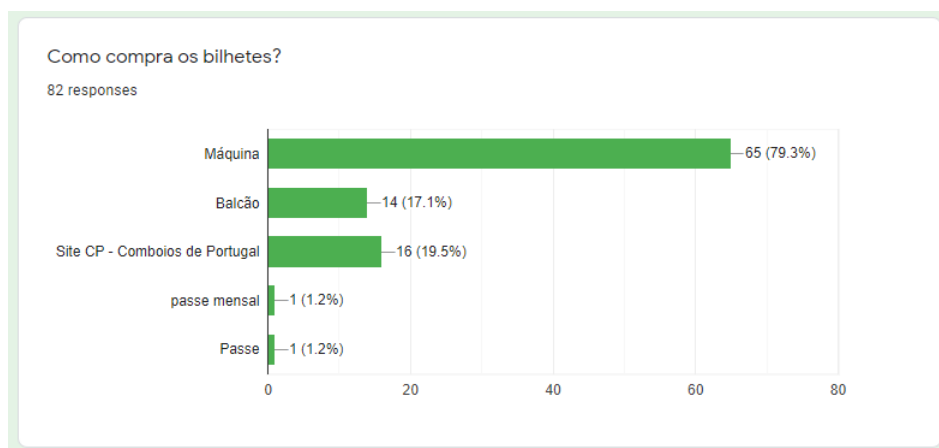


Figura B.7: Resposta dos inquiridos relativamente à forma como compram viagens



Figura B.8: Resposta dos inquiridos relativamente ao porquê de comprarem ao balcão 1/2

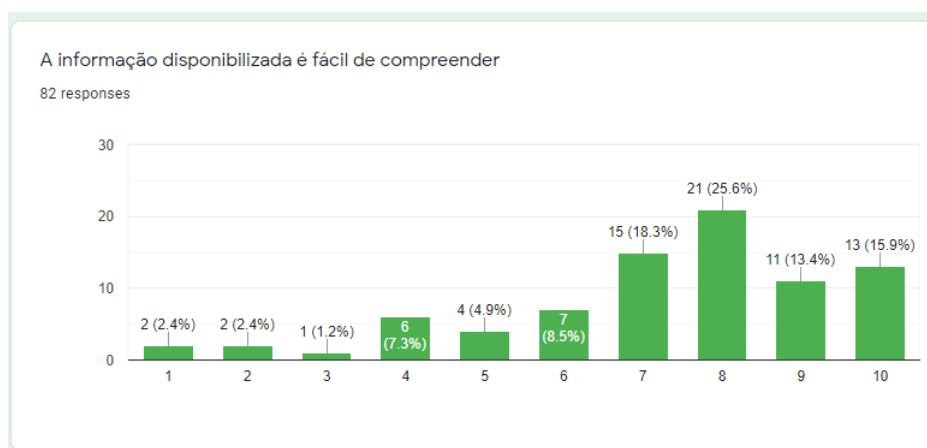


Figura B.12: Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a informação disponibilizada ser de fácil compreensão

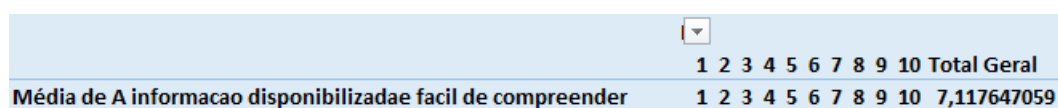


Figura B.13: Média das respostas à questão de concordância com a informação disponibilizada ser de fácil compreensão

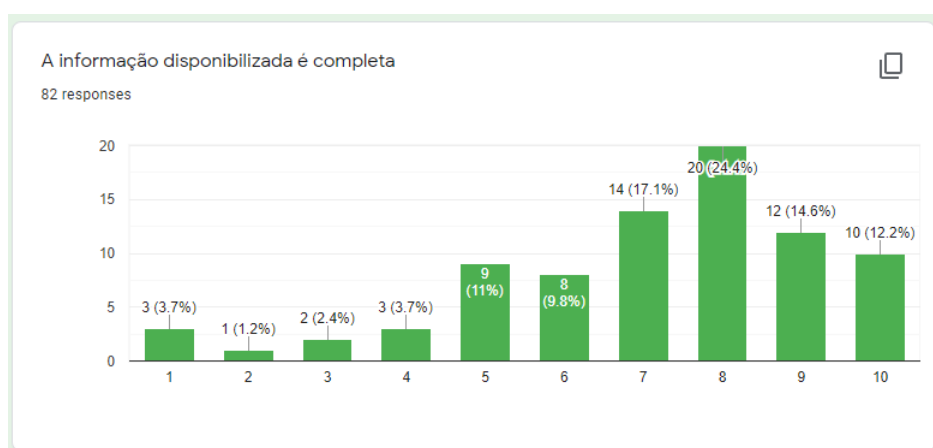


Figura B.14: Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a informação disponibilizada ser completa

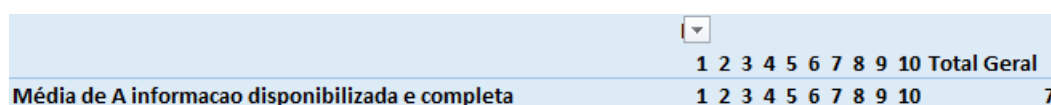


Figura B.15: Média das respostas à questão de concordância com a informação disponibilizada ser completa

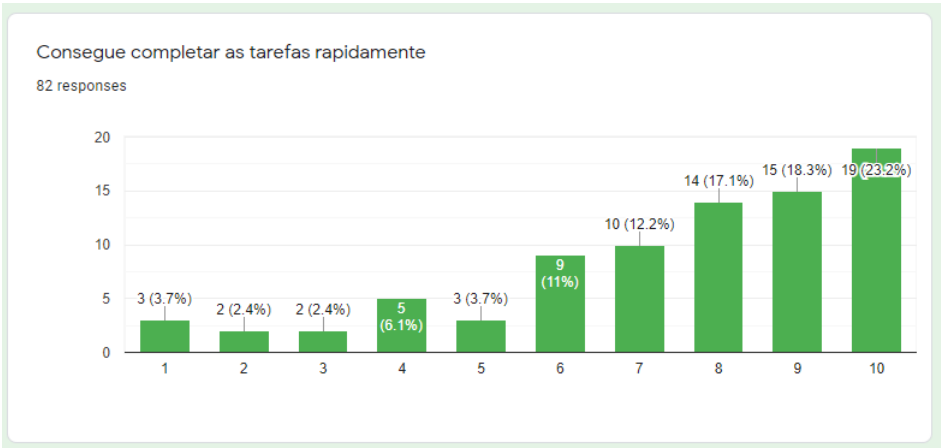


Figura B.16: Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com o facto de conseguirem completar tarefas rapidamente

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Geral
Média de Consegue completar as tarefas rapidamente		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	7,176	470588

Figura B.17: Média das respostas à questão de concordância com o facto de conseguirem completar tarefas rapidamente

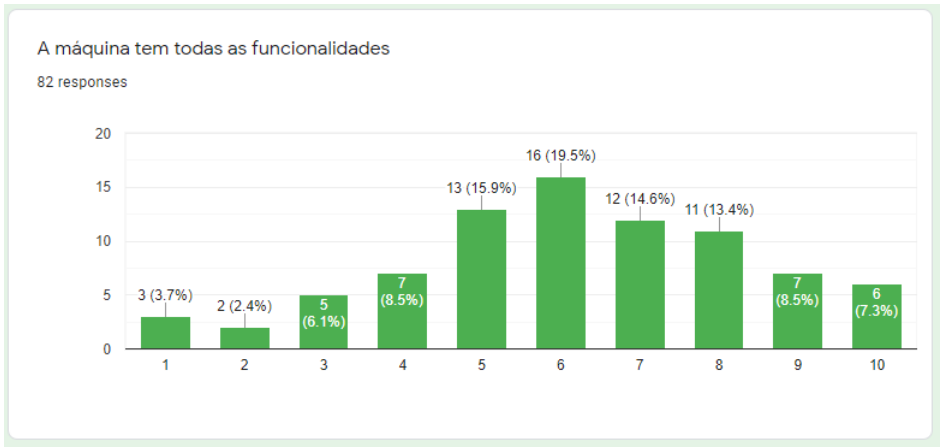


Figura B.18: Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a máquina ter todas as funcionalidades

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Geral
Média de A maquina tem todas as funcionalidades		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6,161	764706

Figura B.19: Média das respostas à questão de concordância com a máquina ter todas as funcionalidades

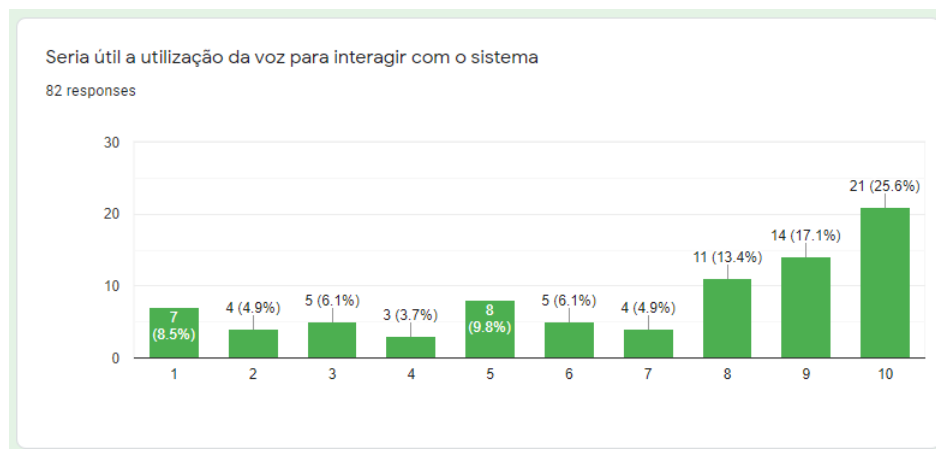


Figura B.20: Resposta dos inquiridos relativamente à concordância com a utilização de voz para a interação com a máquina

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Geral
Média de Seria util a utilizacao da voz para interagir com o sistema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	6,985294	118

Figura B.21: Média das respostas à questão de concordância com a utilização de voz para a interação com a máquina

De que forma tornaria mais fácil a interface com o utilizador?

26 responses

- Por voz
- Melhores descrições nas opções
- Perguntas por voz
- Uma interface que indicasse onde teria de clicar
- Parece-me bem como está.
- Multibanco contactless.iniciae busca pelo local de destino e selecionar tipo de comboio posteriormente. Poder adquirir bilhete para qualquer tipo de comboio.
- Na minha opinião a máquina já apresenta uma interface simples e fácil de usar
- Penso que, neste momento, é adequada
- Mostrar as estações num mapa. Ex: se compro uma passagem no porto. a máquina poderia mostrar todas

Figura B.22: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da interface 1/3

De que forma tornaria mais fácil a interface com o utilizador?

26 responses

- Mostrar as estações num mapa. Ex: se compro uma passagem no porto, a máquina poderia mostrar todas as linhas disponíveis num mapa, o utilizador poderia escolher a linha e a estação desejada no mapa
- Visual dos gráficos
- Interface mais prática
- Utilização de Icons e botões inteligíveis e de fácil acesso
- Comunicação por voz
- Melhorar o design?
- Ter mais informação
- Touch screen, como, por exemplo, máquinas de venda do Mcdonald's.
- MAIS DADOS

Figura B.23: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da interface 2/3

De que forma tornaria mais fácil a interface com o utilizador?

26 responses

- MAIS DADOS
- Mais intuitiva.
- Mais simples
- Voz
- Menus mais simples
- adicionar outras formas de pagamento
- app
- Melhorar o design e a forma como dispõem a informação
- Design mais intuitivo

Figura B.24: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da interface 3/3

De que forma tornaria a informação mais fácil de compreender?

26 responses

- Utilização de termos menos específicos , por exemplo: em vez de 1 título, 1 viagem , no painel de descontos não estão bem esclarecidos
- Opções mais completas e diretas
- Pergunta simples por voz
- Informações por voz
- Parece-me bem como está.
- Não dividindo por linhas. Apenas pesquisar por local de destino.
- Por voz
- Tentaria encontrar alguma solução que não obrigasse o utilizador a mudar tantas vezes de "página" quando quer encontrar o seu destino.

Figura B.25: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada fosse mais fácil de compreender no ecrã 1/3

De que forma tornaria a informação mais fácil de compreender?

26 responses

- Apresentar informação mais detalhada
- Visual dos gráficos
- Informação simplificada e linguagem acessível e adaptada para a compreensão principalmente das pessoas mais velhas
- Estar melhor organizado
- Podia ter um tutorial
- Através de imagens
- Melhor esquema de cores e fonte de letra.
- TEMPO
- Com ícones

Figura B.26: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada fosse mais fácil de compreender no ecrã 2/3

De que forma tornaria a informação mais fácil de compreender?

26 responses

- Voz
- Deveria haver uma forma mais clara de perceber que zona se deve comprar para fazer x viagem
- Utilização de termos menos específicos
- Estações disponíveis pelo trajecto escolhido e não localização (por exemplo: escolher estações pela linha porto - Braga, e não as estação de Braga numa linha, e na linha do porto apenas porto campanha e são bento)
- Mapa com as paragens, em vez de ser as paragens somente escritas
- Alterar a utilização de códigos de estação, comboios, etc para termos escritos por extenso, ou adicionar uma toolbar com essa informação ao dar hover sobre esses códigos
- Colocando as estações por ordem em que o comboio para, após escolher a linha.
- Com esquemas das linhas e respetivas estações

Figura B.27: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada fosse mais fácil de compreender no ecrã 3/3

De que forma tornaria a informação disponibilizada mais completa?

16 responses

- Breve explicação de cada opção de escolha por de baixo de cada seleção
- Adicionando mais informação(sentido, opções de preço, etc)
- Mostrar melhor as estações por ordem de paragem
- Parece-me bem como está.
- Informar próximos comboios com preços.
- É a falar que nos entendemos
- Ser mais explícita em relação à validade de um bilhete ativo e ao seu alcance
- Poderia existir um mapa das estações no ecrã da máquina.
- Através da implementação de legendas, como por exemplo, nos menus dos restaurantes estão presentes os nomes dos pratos seguidos do que o que é eles contêm em letra de tamanho reduzido.

Figura B.28: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada no ecrã mais completa 1/2

De que forma tornaria a informação disponibilizada mais completa?

16 responses

- Poderia existir um mapa das estações no ecrã da máquina.
- Através da implementação de legendas, como por exemplo, nos menus dos restaurantes estão presentes os nomes dos pratos seguidos do que o que é eles contêm em letra de tamanho reduzido.
- Utilizando sempre que possível informação gráfica com pequenas ajudas de texto.
- Ter as estações por ordem alfabética
- o sistema deveria disponibilizar um mapa das rotas dos comboios e as respetivas zonas
- Por voz
- Utilizando mais informação
- Não sei.
- Não tornaria

Figura B.29: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria da informação disponibilizada no ecrã mais completa 2/2

De que forma aumentava a rapidez na execução das tarefas?

18 responses

- Por voz
- Melhor funcionamento no sistema de software
- Menos passos
- Parece-me bem como está.
- Já afirmei acima.
- Vai ao encontro da resposta acima, encontrando alguma solução que não obrigasse o utilizador a mudar tantas vezes de "página" quando quer encontrar o seu destino.
- Melhores servidores
- Reduzindo na medida do possível os passos necessários para a execução de cada tarefa
- Sistema automático por voz

Figura B.30: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria a rapidez na execução das tarefas 1/2

De que forma aumentava a rapidez na execução das tarefas?

18 responses

- ter uma funcionalidade em que é possível escrever o local de destino e comprar logo o bilhete ao invés de estar à procura
- Se não encravar é rápido
- Acho que já é bastante responsivo.
- Mais funcionários na altura dos sub23 e passes
- Sistema operativo mais rápido
- Pagamento com QR Code
- Guardar pequenos dados que podiam ser adicionados diretamente no perfil e automaticamente utilizados na compra do bilhete
- Após escolher a linha, poder visualizar no ecrã o esquema da linha, ou, ao escolher a estação de destino, aparecer no ecrã os esquema das linhas que incluem esse destino, sem ter de recorrer ao telemóvel ou às imagens afixadas nas estações, por vezes já velhas ou estragadas e confusas.

Figura B.31: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria a rapidez na execução das tarefas 2/2

Que funcionalidades acrescentaria ao sistema?

20 responses

- Voz
- Possibilidade de adicionar NIF na factura
- Mbway e Contacless (funcionais)
- Parece-me bem como está.
- Já afirmei acima.
- Promoções visíveis
- Ser possível tirar bilhete para comboios sem ser urbanos.
- possibilidade de compra de bilhetes turísticos e promocionais
- Reconhecimento por voz

Figura B.32: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria relativas a novas funcionalidades 1/3

Que funcionalidades acrescentaria ao sistema?

20 responses

- disponibilizar um mapa das rotas dos comboios
- Pesquisa de estações diretas, em vez de ir linha a linha.
- INTRODUÇÃO NIF E NOME SE NÃO ASSOCIAR AUTOMATICAMENTE
- Comprar promoções de grupo e outras promoções.
- Nenhuma
- Utilização de voz
- Possibilidade de comprar bilhetes de Alfa e IC
- Botão para falar diretamente com algum técnico/ assistente
- No website não acrescentaria nada. Apenas simplificava a compra dos bilhetes de 3 menus separados para 1 menu único.

Figura B.33: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria relativas a novas funcionalidades 2/3

Que funcionalidades acrescentaria ao sistema?

20 responses

- Comprar promoções de grupo e outras promoções.
- Nenhuma
- Utilização de voz
- Possibilidade de comprar bilhetes de Alfa e IC
- Botão para falar diretamente com algum técnico/ assistente
- No website não acrescentaria nada. Apenas simplificava a compra dos bilhetes de 3 menus separados para 1 menu único.
- Poder visualizar o comboio seguinte a passar na estação presente para cada destino, que, no caso de serem apeadeiros pode diferir do próximo comboio daquela linha; Ao escolher diretamente a estação de destino apresentar a opção de uma trajeto que inclua troca de comboio e, assim, comprar juntamente os 2 bilhetes.

Figura B.34: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de melhoria relativas a novas funcionalidades 3/3

De que forma utilizaria a voz para interagir com o sistema?

21 responses

- Indicando hora e destino
- Prgunas simples como Sim ou não
- Tinha que haver um sistema que elimina-se os ruídos envolventes para não haver interferências, em horas de ponta poderia não ser uma solução.
- Não utilizaria a não ser para pessoas invisuais caso pretendessem.
- Com respostas simple
- Julgo que num local movimentado como uma estação talvez fosse necessário isolar ou afastar a máquina de multidões. De resto não tenho opinião.
- Não sei como funciona no momento, mas podia ser algo útil para as pessoas cegas, talvez.
- Não usaria

Figura B.35: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de como integrar a voz no sistema 1/3

De que forma utilizaria a voz para interagir com o sistema?

21 responses

- Não
- A pedido do utilizador, recorrendo a breves explicações de voz, de cada um dos passos a realizar
- Respostas de sim ou não
- Para as pessoas que vêem mal terem alguma ajuda
- Respostas de Sim ou não
- Para efetuar a pesquisa mencionada acima.
- PROCURA DE RESPOSTAS
- Para carregar o bilhete ou sub23
- No caso de por exemplo estar a bater o sol no ecrã e não ser possível visualizá-lo

Figura B.36: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de como integrar a voz no sistema 2/3

De que forma utilizaria a voz para interagir com o sistema?

21 responses

PROCURA DE RESPOSTAS

Para carregar o bilhete ou sub23

No caso de por exemplo estar a bater o sol no ecrã e não ser possível visualizá-lo

Para indicar o trajeto a realizar e a máquina fazia a pesquisa automaticamente

Integração com a alexa para utilizar um sistema de conversa para comprar o bilhete.

Como um áudio interativo para ajudar, por exemplo, as pessoas mais idosas que, regularmente, pedem auxílio aos mais jovens para lhes tirar o bilhete. Assim estes escolhiam apenas a opção de ter um áudio para os auxiliar e a máquina iria fazer as perguntas e agindo de acordo com as respostas, tal como quando os jovens auxiliam os idosos que não sabem trabalhar com as máquinas.

A utilização da voz para fazer o pedido seria uma mais valia para as pessoas que têm mais dificuldades na compra de bilhetes

Figura B.37: Resposta aberta dos inquiridos relativamente a sugestões de como integrar a voz no sistema 3/3

Apêndice C

Fluxo da aquisição de bilhetes



Figura C.1: Página do 1º passo

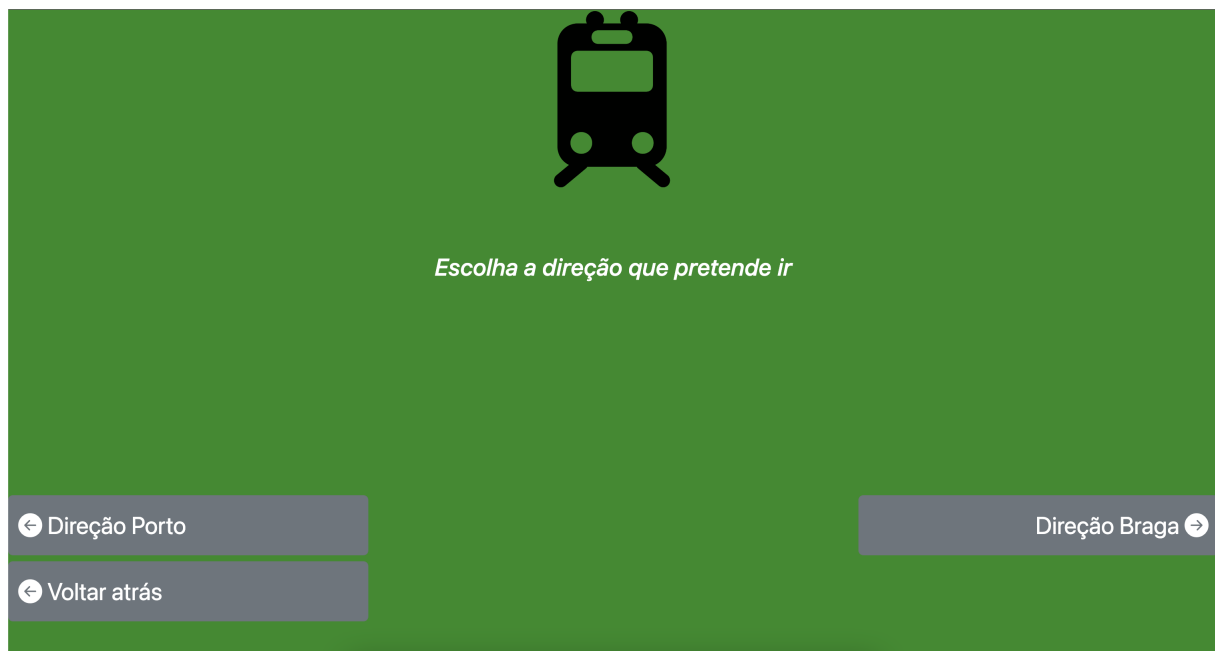


Figura C.2: Página do 2º passo



Figura C.3: Página do 3º passo

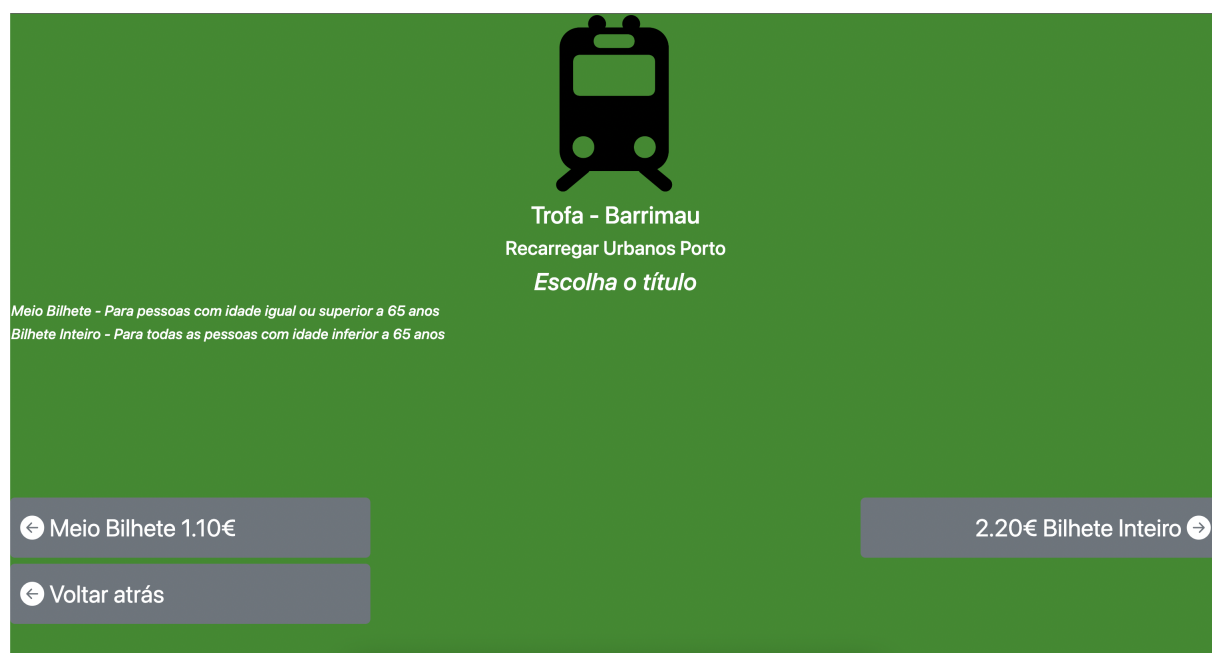
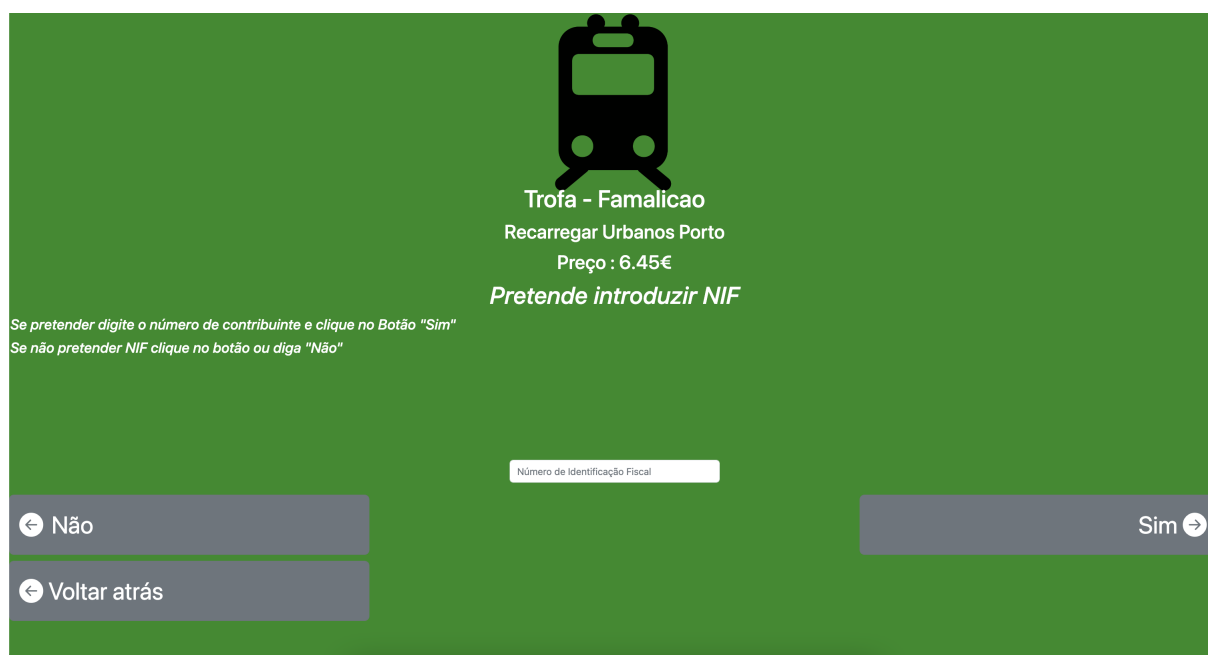


Figura C.4: Página do 4º passo



Figura C.5: Página do 5º passo



Trofa - Famalicao
Recarregar Urbanos Porto
Preço : 6.45€
Pretende introduzir NIF

Se pretender digite o número de contribuinte e clique no Botão "Sim"
Se não pretender NIF clique no botão ou diga "Não"

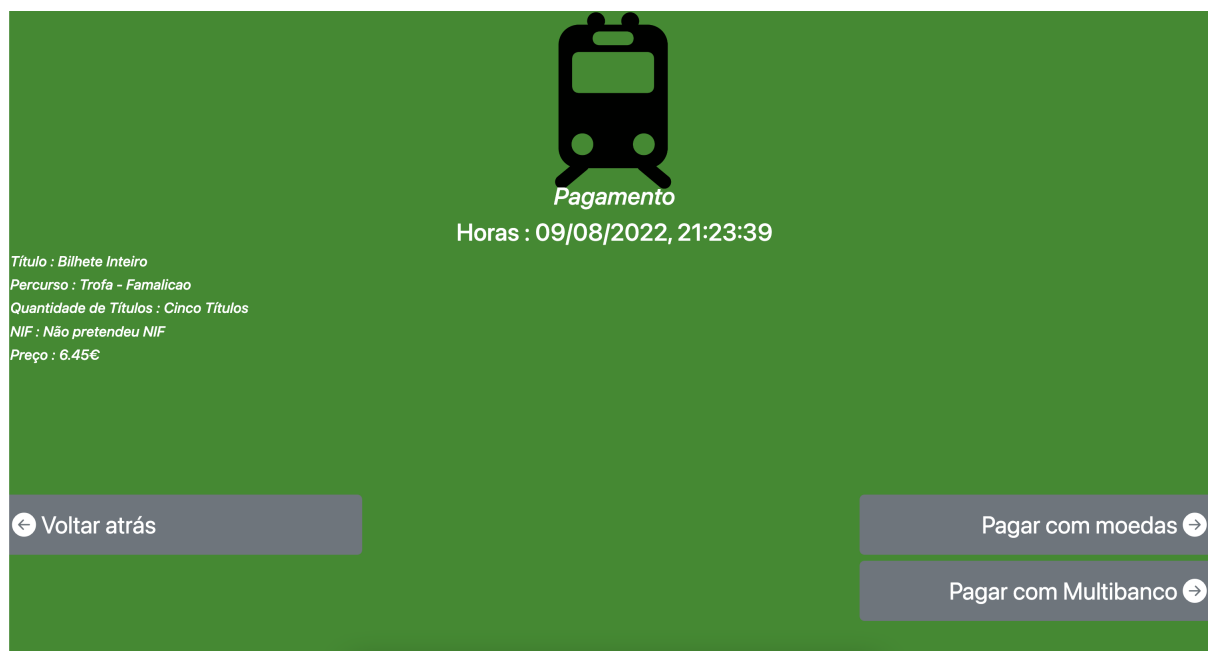
Número de Identificação Fiscal

← Não

Sim →

← Voltar atrás

Figura C.6: Página do 6º passo



Pagamento
Horas : 09/08/2022, 21:23:39

Título : Bilhete Inteiro
Percurso : Trofa - Famalicao
Quantidade de Títulos : Cinco Títulos
NIF : Não pretendeu NIF
Preço : 6.45€

← Voltar atrás

Pagar com moedas →

Pagar com Multibanco →

Figura C.7: Página do 7º passo

Apêndice D

Inquérito Final

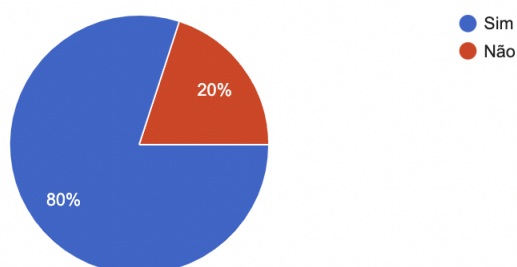


Figura D.1: Resposta dos inquiridos "O uso da voz facilita a utilização do sistema em geral?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"

Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente útil?



5 responses



Que comentários tem a fazer sobre esta questão?

5 responses

Nenhum

Depois de escolher a direção como é possível dizer a estação que quero sem aparecer no ecrã

Na escolha da estação

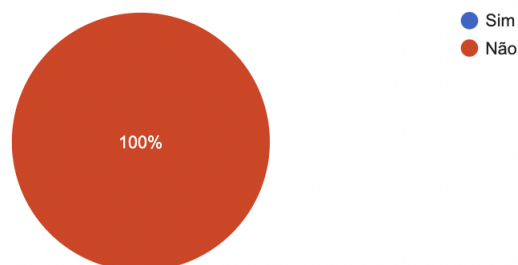
Beneficia quem vê mal

Figura D.2: Resposta dos inquiridos "Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente útil?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"

Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente irrelevante?

 Copy

5 responses



Que comentários tem a fazer sobre esta questão?

3 responses

A aplicação da voz encontra-se ideal pois podemos comunicar com os botões sem ser preciso falar

Quando é pedido o NIF. Devia ser possível ver o que digo.

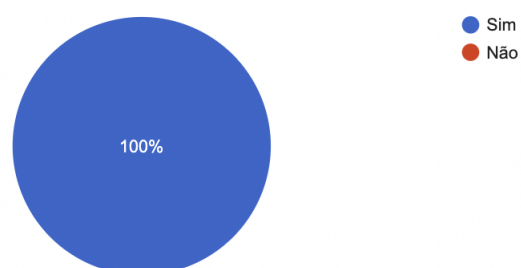
Nunca será irrelevante do ponto de vista que é sempre uma opção extra

Figura D.3: Resposta dos inquiridos "Encontrou alguma situação específica em que uso da voz é particularmente irrelevante?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"

Considera vantajoso a informação adicional ao longo do processo de compra (e.g. preço)?



5 responses



Que comentários tem a fazer sobre esta questão?

5 responses

Como utilizador que usa transportes públicos de vez em quando é bom ter esta informação e mesmo a informação dos tipos de bilhete.

Nunca soube a diferença entre meio bilhete e bilhete inteiro e agora já sei. Também é bom ter a informação do que já escolhi.

A informação acerca do preço faz com que as pessoas tenham noção da escolha que estão a fazer.

Toda a informação disponibilizada durante o processo de compra é bastante útil, como por exemplo preços, direção, escolha título, a informação do tipo de título

Saber o que é cada tipo de título e saber como vai o processo

Figura D.4: Resposta dos inquiridos "Considera vantajoso a informação adicional ao longo do processo de compra (e.g.preço)?" e "Que comentários tem a fazer sobre esta questão?"