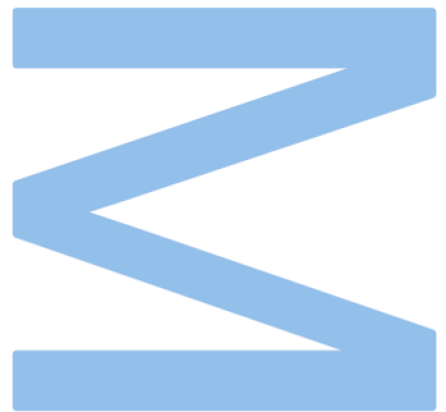


Design and development of a safe and comfortable route planner for public transport



Raquel Cardoso e Fulgêncio

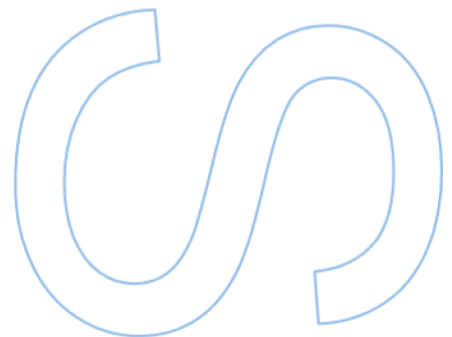
Mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos
Departamento de Ciência de Computadores
2022

Orientador

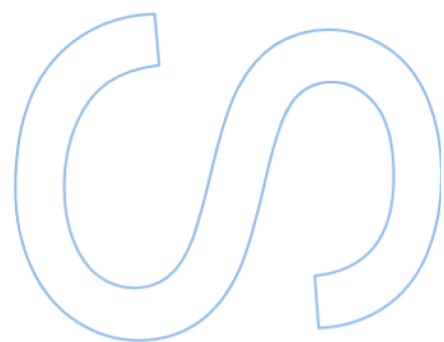
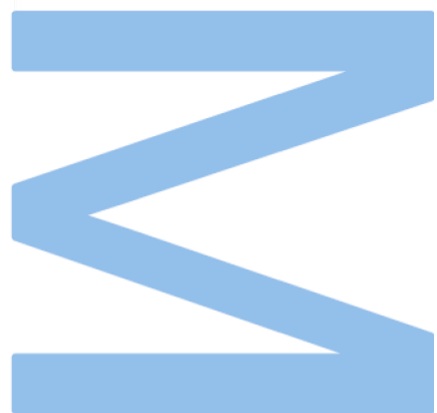
Marta Maria Campos Ferreira, Professor Auxiliar Convidado
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Coorientador

Miguel Tavares Coimbra, Professor Associado
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



U. PORTO
FC FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO



Declaração de Honra

Eu, Raquel Cardoso e Fulgêncio, inscrita no Mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto declaro, nos termos do disposto na alínea a) do artigo 14.º do Código Ético de Conduta Académica da U.Porto, que o conteúdo da presente dissertação reflete as perspetivas, o trabalho de investigação e as minhas interpretações no momento da sua entrega.

Ao entregar esta dissertação, declaro, ainda, que a mesma é resultado do meu próprio trabalho de investigação e contém contributos que não foram utilizados previamente noutros trabalhos apresentados a esta ou outra instituição.

Mais declaro que todas as referências a outros autores respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências bibliográficas. Não são divulgados na presente dissertação quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor.

Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Raquel Cardoso e Fulgêncio

Porto, 30 de setembro de 2022

Agradecimentos

Desejo expressar, em primeiro lugar, os meus agradecimentos à Professora Marta Campos Ferreira e ao Professor Miguel Tavares Coimbra, orientadora e coorientador desta dissertação, não apenas pela oportunidade, interesse, compreensão e disponibilidade demonstrada ao longo de todas as etapas deste projeto, mas também pela sua exigência e rigor. Igualmente agradecer a todos os que contribuíram com o seu conhecimento e disponibilidade para esta pesquisa, apoiando o desenvolvimento deste projeto.

Um obrigado a todos os meus amigos que sempre me acompanharam e apoiaram em todas as fases do meu percurso académico e com quem partilhei inúmeros momentos inesquecíveis.

Por último, um agradecimento muito especial à minha família, em particular aos meus pais, pelo apoio, compreensão, e acima de tudo, por todas as oportunidades ao longo do meu percurso.

Resumo

Quando se fala de desenvolvimento urbano e da melhoria da qualidade de vida da população, a mobilidade urbana ganha um espaço proeminente. Ao longo das últimas décadas, os veículos particulares tornaram-se o principal meio de transporte para satisfazer as necessidades de deslocamento dos cidadãos, conduzindo a consequências nefastas para a mobilidade urbana. Para fazer frente aos efeitos nocivos desta prática, grandes esforços têm sido feitos para promover uma transição modal a favor dos transportes públicos coletivos.

A vertiginosa proliferação do surto de Covid-19 transmutou abruptamente o estilo de vida da população, com consequências diretas nos seus hábitos de mobilidade. Produto da sua natureza coletiva, os serviços de transporte público mostraram-se particularmente vulneráveis, registando um declínio sem precedentes na sua procura por todo o mundo, invocando múltiplas questões sobre a sustentabilidade futura da mobilidade urbana. Como nunca, é imperioso estabelecer mecanismos de reaproximação da população aos serviços de transporte público e ferramentas para que esta se sinta segura e confortável na sua utilização.

Beneficiando da disseminação da computação móvel e ubíqua no quotidiano da população e da ampla cobertura dos sensores dispersos nas redes de transportes, a presente dissertação apresenta um sistema de planeamento de rotas para transportes públicos centrado nas necessidades de proteção pessoal, segurança e conforto dos viajantes, cujo principal propósito passa pelo incremento das experiências de viagem com recurso a serviços de transporte público dos passageiros e reconstituição da confiança da população na sua utilização.

Com ênfase na interação entre o sistema e o seu utilizador final, a definição do planeador de rotas proposto foi baseada numa metodologia *User Centered Design*, que compreendeu um ciclo de três interações contemplando três fases distintas: (i) Levantamento de requisitos, (ii) Prototipagem, e (iii) Avaliação.

O embasamento teórico dos conceitos de base do projeto, coletado na revisão sistemática da literatura, viabilizou a definição de todo o cenário do seu desenvolvimento. Este entendimento foi complementado com o estudo profundo dos fatores que influem, de forma ativa ou passiva, as experiências de mobilidade da população em serviços de transporte público nos centros urbanos, aplicado na forma de grupos de discussão com passageiros de transportes públicos, levando à definição inicial de requisitos do sistema. Subsequentemente, foi edificado o conceito do planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos e iniciado o seu de

desenho e desenvolvimento, num processo iterativo de três etapas de prototipagem. A etapa de avaliação da usabilidade foi segmentada em três momentos de avaliação, aludindo às três iterações do sistema *ReStart*. Para medir a usabilidade da plataforma proposta foi aplicada a técnica de avaliação testes de usabilidade, com utilizadores representativos.

Numa perspetiva global, os resultados da avaliação da usabilidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart* mostram-se nitidamente positivos, com um crescimento gradativo das métricas registadas, sustentando o incremento da experiência de interação, dos utilizadores em potencial, com o sistema a cada nova iteração. A utilidade da plataforma e pretensões de uso frequente do planeador de rotas proposto foram consensuais entre os intervenientes. A prestação de camadas adicionais de dados em tempo real do contexto de mobilidade na rede de transportes públicos foi destacada como elemento disruptivo do sistema e a principal motivação para intenções de uso futuro, em detrimento de outras soluções acessíveis no mercado.

Reputando o sucesso dos objetivos da presente dissertação, colige-se factível o objetivo final de incremento das experiências de viagem em sistemas de transportes públicos dos passageiros e da reconstituição da confiança da população na sua utilização, proposto para este projeto.

Palavras-chave: *Segurança, Conforto, Transportes públicos, Planeadores de rotas, Pandemia Covid-19.*

Abstract

When it comes to urban development and improving the population's quality of life, urban mobility gains prominence. Over the last few decades, private vehicles have become the main means of transportation to satisfy the movement needs of citizens leading to harmful consequences for urban mobility. In order to cope with the harmful effects of this practice, great efforts have been made to promote a modal transition in favour of collective public transport.

The dizzying proliferation of the Covid-19 outbreak abruptly transmuted the population's lifestyle, with direct consequences on their mobility habits. As a result of their collective nature, public transport services proved to be particularly vulnerable, with an unprecedented decline in demand across the world, raising multiple questions about the future sustainability of urban mobility. As never before, it is imperative to establish mechanisms to bring the population closer to public transport services and tools so that they feel safe and comfortable in their use.

Profit from the proliferation of mobile and ubiquitous computing in the daily life of the population and the wide coverage of sensors dispersed in transport networks, this dissertation presents a route planning system for public transport focused on the needs of personal protection, safety, and comfort of travellers, whose main purpose is to increase travel experiences using public passenger transport services and rebuild the population's confidence in their use.

With an emphasis on the interaction between the system and its end user, the definition of the proposed route planner was based on a User Centered Design methodology, which comprised a cycle of three interactions covering three distinct phases: (i) Requirements gathering, (ii) Prototyping, and (iii) Evaluation.

The theoretical basis of the basic concepts of the project, collected in the systematic review of the literature, enabled the definition of the entire scenario of its development. This understanding was complemented with the in-depth study of the factors that influence, actively or passively, the mobility experiences of the population in public transport services in urban centers, applied in the form of discussion groups with public transport passengers, leading to the definition of initial system requirements. Subsequently, the concept of a safe and comfortable route planner for public transport was built and its design and development process started, in an iterative three-step prototyping process. The usability evaluation stage was divided into three evaluation moments, alluding to the three iterations of the ReStart system. To measure the usability

of the proposed platform, the evaluation technique of usability tests was applied, with representative users.

From a global perspective, the evaluation usability results of the *ReStart* route planning system are clearly positive, with a gradual growth of the registered metrics, sustaining the increment of the interaction experience, of the potential users, with the system with each new iteration. The usefulness of the platform and the intentions of frequent use of the proposed route planner were consensual among the stakeholders. The provision of additional layers of real-time data on the mobility context in the public transport network was highlighted as a disruptive element of the system and the main motivation for future use intentions, to the detriment of other accessible solutions on the market.

Reputing the success of the objectives of this dissertation, the final objective of increasing travel experiences in public passenger transport systems and rebuilding the population's confidence in their use, proposed for this project, is achievable.

Keywords: *Safety, Comfort, Public transport, Route planner, Covid-19 pandemic.*

Índice

Lista de Figuras.....	xi
Lista de Abreviaturas e Símbolos.....	xiv
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 Enquadramento/Contextualização.....	1
1.2 Motivação	4
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Estrutura do documento.....	9
Capítulo 2	11
Estado da Arte	11
2.1 Metodologia da pesquisa.....	11
2.2 Resultados obtidos	12
2.3 Metodologia da revisão	12
2.4.2 Extração de dados	15
2.4 Apresentação de resultados.....	16
2.4.1 Proteção pessoal, segurança e conforto no uso de transportes públicos.....	16
2.4.2 Hábitos de mobilidade com recurso a serviços de transporte público	17
2.4.3 Impacto do Covid-19 na mobilidade	18
2.4.4 Planeamento de rotas em transportes públicos.....	21
Capítulo 3	26
Fundamentos teóricos	26
3.1 Aplicações móveis de planeamento de rotas para transportes públicos	26
3.2 Inteligência coletiva	35
3.2.1 Aproveitamento da inteligência coletiva	36
3.2.2 <i>Crowdsourcing</i>	37
3.3 Interação humano-computador	41
3.3.1 Usabilidade	42
3.3.2 Experiência do utilizador	45
3.3.3 <i>User-Centered Design</i>	46
Capítulo 4	48
Metodologia	48

4.1 Grupos de discussão	49
4.2 Prototipagem.....	51
4.3 Testes de usabilidade.....	51
Capítulo 5	53
Definição de requisitos	53
5.1 Grupos de discussão	53
5.1.1 Caracterização da amostra.....	54
5.1.2 Entendimento das necessidades.....	56
5.2 Discussão	58
Capítulo 6	59
Aplicação móvel <i>ReStart</i>	59
6.1 Conceito.....	59
6.2 Modelo colaborativo	60
6.2.1 Mecanismo de validação.....	61
6.2.2 Mecanismo de incentivo	62
6.3 Arquitetura do sistema	64
6.4 Elementos e conceitos das interfaces	65
6.4.1 <i>Branding</i>	65
6.4.2 <i>Onboarding</i>	67
6.4.3 Navegação principal	71
6.4.4 Menu principal	73
6.4.5 Planear viagem	74
6.4.6 Consultar informações	81
6.4.7 Viagens agendadas	85
6.4.8 Navegação	89
6.4.9 Registo/Autenticação do utilizador.....	97
6.4.10 Perfil do utilizador	99
6.4.11 Central de notificações.....	107
Capítulo 7	109
Avaliação da usabilidade.....	109
7.1 Primeira etapa de avaliação da usabilidade	111
7.1.1 Questionário pré-teste.....	111
7.1.2 Fase de teste	112
7.1.3 Questionário pós-teste.....	115
7.2 Segunda etapa de avaliação da usabilidade	117

7.2.1	Questionário pré-teste	117
7.2.2	Fase de teste	118
7.2.3	Questionário pós-teste.....	121
7.3	Terceira etapa de avaliação da usabilidade	124
7.3.1	Questionário pré-teste.....	124
7.3.2	Fase de teste	125
7.3.3	Questionário pós-teste.....	127
7.4	Discussão	129
Capítulo 8.....		131
Conclusões e trabalho futuro		131
8.1	Conclusões.....	131
8.2	Contribuições.....	133
8.3	Limitações e direções futuras	134
Referências bibliográficas		136
Apêndice A.....		149
Grupos de discussão		149
A.1	Descrição do estudo.....	149
A.2	Consentimento informado	150
A.3	Formulário de caracterização da amostra	151
A.4	Guião de suporte às sessões de discussão	153
Apêndice B.....		156
Testes de usabilidade.....		156
B.1	Descrição do estudo.....	156
B.2	Consentimento informado	157
B.3	Questionário pré-teste.....	158
B.4	Fase de teste.....	158
B.4.1	Primeira etapa de avaliação do sistema	158
B.4.2	Segunda etapa de avaliação do sistema.....	160
B.4.3	Terceira etapa de avaliação do sistema.....	163

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 — Resultados obtidos na pesquisa	12
Tabela 2.2 — Objetivos de pesquisa cumpridos por cada um dos estudos selecionados	15
Tabela 3.1 — Tabela de classificações de aplicações de planeamento de rotas (Adaptada de <i>Manchester School of Architecture</i> [64]).....	27
Tabela 5.1 — Caracterização sociodemográfica da amostra dos grupos de discussão	54
Tabela 7.1 — Caracterização sociodemográfica da amostra da primeira etapa de avaliação.....	112
Tabela 7.2 — Avaliação quantitativa média por tarefa executada no protótipo de ReStart na primeira etapa de avaliação	113
Tabela 7.3 — Caracterização sociodemográfica da amostra da segunda etapa de avaliação.....	118
Tabela 7.4 — Avaliação quantitativa média por tarefa executada no protótipo de ReStart na segunda etapa de avaliação	119
Tabela 7.5 — Caracterização sociodemográfica da amostra da terceira etapa de avaliação.....	124
Tabela 7.6 — Avaliação quantitativa média por tarefa executada no protótipo de ReStart na terceira etapa de avaliação	125
Tabela 7.7 — Avaliação quantitativa média da totalidade das tarefas executada no protótipo de <i>ReStart</i> em cada etapa de avaliação	130

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Mudança no uso de centros de transporte público entre 15 de fevereiro e 5 de junho de 2020 (Adaptado de <i>COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs</i> [10]).....	5
Figura 1.2 - Número de viagens por modo de transporte na cidade de Santiago do Chile, Chile (Adaptado de <i>Mobility Changes, Teleworking, and Remote Communication during the COVID-19 Pandemic in Chile</i> [12])	5
Figura 2.1 - Diagrama de Fluxo PRISMA	14
Figura 2.2 - Cronologia das principais medidas de controle de tráfego em Wuhan aquando do surto de Covid-19 (Adaptado de <i>Controlling urban traffic-one of the useful methods to ensure safety in Wuhan based on COVID-19 outbreak</i> [51]).....	20
Figura 2.3 - Perfil de vulnerabilidade de infraestruturas de transporte para a transmissão aérea de doenças (Adaptado de <i>Airborne biological hazards and urban transport infrastructure: current challenges and future directions</i> [50])	20
Figura 2.4 - Hierarquia de medidas de controle para aumentar a resiliência de infraestruturas de transporte às ameaças de perigos aerotransportados (Adaptado de <i>Airborne biological hazards and urban transport infrastructure: current challenges and future directions</i> [50]).....	21
Figura 2.5 - Possíveis relações entre fatores em planeadores de rotas (Adaptado de <i>Towards sustainability in multi-modal urban planners</i> [2])	25
Figura 3.1 - Interfaces da aplicação móvel Google Maps	31
Figura 3.2 - Interfaces da aplicação móvel Citymapper	33
Figura 3.3 - Interfaces da aplicação móvel Moovit	34
Figura 3.4 - Interfaces da aplicação móvel MOVE-ME	35
Figura 3.5 - Classificação de algumas técnicas de avaliação de usabilidade (Adaptado de <i>Heuristic Evaluation on Mobile Interfaces: A New Checklist</i> [125])	44
Figura 3.6 - Interdependência de atividades do design centrado no ser humano (Adaptado da <i>ISO 9241-210</i> [141]).....	47
Figura 4.1 – Processo metodológico adotado	49
Figura 5.1 – Hábitos de mobilidade dos participantes dos grupos de discussão	55
Figura 5.2 – Distribuição da utilização de meios de transportes antes da pandemia de Covid-19	55
Figura 5.3 – Distribuição da utilização de meios de transportes depois da pandemia de Covid-19	55

Figura 5.4 – Utilização de ferramentas móveis de assistência em viagens de transportes públicos entre a amostra dos grupos de discussão	56
Figura 5.5 – Propósitos de utilização de ferramentas móveis de assistência em viagens de transportes públicos entre a amostra dos grupos de discussão	56
Figura 6.1 – Arquitetura do sistema	64
Figura 6.2 – Identidade visual do sistema	67
Figura 6.3 – Processo de onboarding.....	69
Figura 6.4 – Processo de onboarding - elementos instrucionais	69
Figura 6.5 – Processo de onboarding - elementos instrucionais referentes à ativação das notificações de aproximação de um veículo a uma determinada estação	70
Figura 6.6 – Processo de onboarding – explicação do significado dos ícones representativos	70
Figura 6.7 – Barra de navegação lateral	71
Figura 6.8 – Barra de navegação inferior	72
Figura 6.9 – Menu principal.....	74
Figura 6.10 – Definição da origem/destino da viagem	76
Figura 6.11 – Mecanismo de filtragem	77
Figura 6.12 – Sugestões de rotas.....	78
Figura 6.13 – Opção de sugestão de rota	79
Figura 6.14 – Ícones representativos - principais informações sobre o estado da rota	79
Figura 6.15 – Detalhes sobre a opção de rota	80
Figura 6.16 – Plataforma de consulta de informações na primeira iteração do sistema	82
Figura 6.17 – Plataforma de consulta de informações na segunda iteração do sistema	83
Figura 6.18 – Detalhes da opção de próxima partida de veículo na segunda iteração do sistema	84
Figura 6.19 – Detalhes da opção de próxima partida de veículo na terceira iteração do sistema	84
Figura 6.20 – Agendar viagem.....	86
Figura 6.21 – Viagens agendadas	87
Figura 6.22 – Esquema de notificação de aproximação da hora de partida de uma viagem agendada	88
Figura 6.23 – Interfaces complementares do recurso viagens agendadas	89
Figura 6.24 – Recurso de navegação - percurso de caminhada	90
Figura 6.25 – Indicações de acesso a uma estação de transportes públicos	91

Figura 6.26 – Recurso de navegação – estação de transportes	92
Figura 6.27 – Recurso de navegação - percurso dentro de um veículo	92
Figura 6.28 – Notificação de aproximação da paragem de saída definida no esquema da viagem	93
Figura 6.29 – Modelo colaborativo – envio de informações sobre o percurso de caminhada	94
Figura 6.30 – Modelo colaborativo – envio de informações sobre uma estação de transportes públicos	95
Figura 6.31 – Modelo colaborativo – envio de informações sobre o veículo de transportes públicos.....	95
Figura 6.32 – Modelo colaborativo – validação de informações	96
Figura 6.33 – Mecanismo de SOS.....	97
Figura 6.34 – Definição da identidade do utilizador	99
Figura 6.35 – Perfil do utilizador	100
Figura 6.36 – Processo permuta de pontos acumulados por recompensas de valor real	101
Figura 6.37 – Dados estatísticos	101
Figura 6.38 – Processo de associação da assinatura de título de transporte público	103
Figura 6.39 – Digitalização das informações do título de transporte público	103
Figura 6.40 – Histórico de viagens na segunda iteração do sistema	104
Figura 6.41 – Estado dos pedidos de reclamação à operadora de transportes públicos	105
Figura 6.42 – Lista de viagens terminadas na terceira iteração do sistema.....	105
Figura 6.43 – Painel de definições.....	107
Figura 6.44 – Central de notificações	108
Figura 6.45 – Ícone representativo – notificações pendentes do sistema ao utilizador	108
Figura 7.1 – Resultados do questionário pós-teste na primeira etapa de avaliação...	117
Figura 7.2 – Resultados do questionário pós-teste na segunda etapa de avaliação..	123
Figura 7.3 – Resultados do questionário pós-teste na terceira etapa de avaliação....	129

Lista de Abreviaturas e Símbolos

OMS	Organização mundial da saúde
HCI	<i>Human-computer interaction</i>
ISO	International standards organization
UCD	<i>User-centered design</i>
SUS	System usability scale
μm	Micrómetro
m	Metro

Capítulo 1

Introdução

Esta dissertação concentra-se na promoção dos sistemas de transporte público junto da população ao propor um sistema de planeamento de rotas para transportes públicos focalizado nos requisitos de proteção pessoal, segurança e conforto dos viajantes. Fruindo da ampla disponibilidade de tecnologias omnipresentes no quotidiano dos viajantes, o planeador de rotas explora as oportunidades do panorama de mobilidade nos centros urbanos para promover uma transição modal a favor dos serviços de transporte público.

Este capítulo detalha o enquadramento/contextualização e motivação subjacente ao projeto proposto, a definição dos objetivos finais a concretizar durante o processo do seu desenvolvimento e paralelamente a estrutura aplicada neste documento.

1.1 Enquadramento/Contextualização

A mobilidade urbana pode ser definida como a facilidade de deslocação de pessoas entre destinos em zonas urbanas com a ajuda da rede e serviços de transporte disponíveis [1]. Quando se fala de desenvolvimento urbano e da melhoria da qualidade de vida da população, a mobilidade urbana ganha um espaço de destaque. As condições de movimento de pessoas e mercadorias em centros urbanos têm relação direta com a qualidade de vida da população, podendo sistemas de mobilidade ineficientes agravar as desigualdades socioespaciais, afastando a população das oportunidades de emprego, estudo ou serviços de cuidados de saúde, acentuando ainda mais as disparidades socioeconómicas da população mais desfavorecida.

A mobilidade urbana, como a conhecemos atualmente, está inteiramente relacionada com a disponibilidade de meios de transporte para deslocações nos centros urbanos. O crescimento das cidades, sentido nas últimas décadas, produto da migração da população do meio rural para as áreas urbanas, interferiu nos hábitos de mobilidade dos cidadãos. Os veículos particulares tornaram-se o principal meio de transporte para satisfazer as necessidades de movimento da população [2][3], conduzindo a um aumento do tráfego nos centros urbanos, instigando fenómenos de congestionamento crônico, com inúmeras consequências nefastas em matéria de tempo perdido, poluição [4], e insegurança no uso das estradas [2]. O desafio do desenvolvimento sustentável

em zonas urbanas apresenta-se, por consequência, fulcral, conciliando o desenvolvimento económico das vilas e cidades e a acessibilidade com a melhoria da qualidade de vida, e ao mesmo tempo a conservação ambiental [4]. Até aos anos setenta a principal função dos transportes públicos era satisfazer as necessidades individuais dos grupos sociais com maiores dificuldades económicas. Com as mudanças políticas e sociais sentidas nos últimos anos, o contributo dos serviços de transporte público representa um alívio do congestionamento e prevenção ambiental, tendo agora um papel voltado para a satisfação do bem-estar coletivo [5].

A exponencial propagação do surto de Covid-19 em todo o mundo modificou abruptamente o estilo de vida da população, com predominante indecência nos seus hábitos de mobilidade. A síndrome respiratória aguda grave Covid-19 é a doença causada pelo novo coronavírus denominado SARS-COV-2, que eclodiu no final de dezembro de 2019 em Wuhan, na República Popular da China [6], com subsequente disseminação por todo o mundo. A propagação deste tipo de infeções respiratórias ocorre através da transmissão de gotículas contendo vírus (>5 a $10 \mu\text{m}$) e aerossóis ($\leq 5 \mu\text{m}$) exalados por indivíduos infetados em ações como tossir, espirrar, respirar ou falar. Por conseguinte, as duas principais vias de transmissão do vírus respiratório são o contacto direto ou indireto com pessoas ou superfícies contaminadas, ou a sua inalação pelo ar [7]. Ressalta-se, no entanto, que devido à rápida evolução da crise mundial de Covid-19, os estudos científicos sobre as suas vias de transmissão são ainda limitados. A célere disseminação do surto de Covid-19, atribuída à globalização do atual estilo de vida da população, transmutou o surto numa pandemia de nível global num período de semanas [8]. No final de dezembro de 2020 existiam já mais de 79 milhões de casos confirmados de Covid-19 em todo o mundo, e registadas até a data mais de 1.5 milhões de mortes [9].

Paralelamente à crise de saúde pública, a pandemia de Covid-19 evoluiu rapidamente para uma crise de comportamentos da população, transformando a forma como os cidadãos vivem nos centros urbanos e na sociedade como um todo. Numa fase pós-confinamento, onde as atividades que haviam sido suspensas foram retomadas, foram implementadas medidas preventivas pelas entidades governamentais numa tentativa de combate idóneo à propagação do coronavírus SARS-COV-2. Apesar das distintas atuações das autoridades públicas, nos serviços de transporte público, em particular, o distanciamento físico, o uso de máscaras faciais, a gestão de ocupação, a higienização e ventilação frequente de veículos e estações, analogamente à sensibilização para padrões de conduta e higiene dos seus passageiros, destacam-se como medidas ordinárias para assegurar o funcionamento dos seus serviços, paralelamente à redução dos riscos à saúde pública [10][11]. Ainda que até à data não existissem evidências

científicas que comprovem a correlação direta entre a propagação de Covid-19 e o uso de sistemas de transporte público, quando cumpridas as medidas preventivas impostas [12], a sensação de desconforto causado pelo medo de infeção provou um afastamento da população dos serviços de transporte público, havendo sido registada uma diminuição abrupta do número de viagens urbanas de transportes públicos coletivos como um fenómeno global [10][13][11], colocando em causa os esforços feitos, ao longo da última década, para aumentar a transferência modal, de veículos privados para serviços de transporte público [14]. Dados estatísticos atestam uma redução de 70% da procura em determinadas operadoras de transportes públicos coletivos do Reino Unido e da Índia, e entre 80% e 90% nos EUA e nas maiores cidades da China, paralelamente à suspensão completa dos serviços de transporte público em Wuhan, epicentro do surto pandémico [15]. Se os sistemas de transporte público coletivos forem percebidos como inseguros e insalubres por grandes segmentos da sociedade, não serão capazes de cumprir os seus papéis sociais. A sociedade precisa dos serviços de transporte público para prosperar e enfrentar desafios sociais basilares, pelo que, é primordial evitar contribuir para o estereótipo do seu uso como prejudicial para a saúde [10]. Medidas de reaproximação da população aos serviços de transporte público e garantias de segurança no uso destes são, por consequência, precípuos para a continuação do caminho feito por uma mobilidade mais sustentável.

A avaliação da qualidade dos serviços de transporte é uma questão primordial para a prestação de serviços que satisfaçam as necessidades dos seus utilizadores. A qualidade do transporte público pode ser descrita por fatores correlacionados à sua funcionalidade, confiabilidade, segurança, informação e conforto [16][17][18]. A promoção do transporte público por via da disponibilização de informações aos viajantes apoia as perceções de proteção pessoal, segurança e conforto no decorrer de viagens, desempenhando estes um contributo vital na aceitação do uso de serviços de transporte público como meio de mobilidade pela população [19].

Segundo Lyons [20], a informação cumpre um papel de relevo, capacitando os passageiros de dados do contexto das diferentes opções de planos de mobilidade disponíveis, viabilizando a sua seleção em conformidade com os seus requisitos individuais, além de adjuvar no planeamento de rotas e horários de viagens. Os sistemas de planeamento de rota têm como objetivo auxiliar os viajantes a encontrar a melhor rota para viajar entre uma determinada origem e destino [21], no entanto, esse planeamento não deve ser entendido como um problema tradicional de caminho mais curto, mas deve adaptar as sugestões de rotas às necessidades dos utilizadores [22]. A disponibilização de sistemas de informação congruentes aos viajantes suporta o

aumento da satisfação dos atuais passageiros e promove uma transferência modal a favor dos serviços de transporte público [23][24].

1.2 Motivação

A vertiginosa disseminação do surto de Covid-19 em todo o mundo desencadeou impactos profundos no estilo de vida da população. À medida que as cidades começaram a sair dos bloqueios impostos e a população retomou as atividades que haviam sido interrompidas pela pandemia, observaram-se mudanças nos comportamentos de mobilidade da população. Os transportes públicos, produto da sua natureza coletiva, mostraram-se particularmente vulneráveis ao choque pandêmico, havendo sido registada uma diminuição do número de viagens em sistemas de transporte público por todo o mundo [10][13][11]. Em janeiro de 2021, na Alemanha, foi registado um decréscimo de 50% no uso de serviços de transporte público, quando em comparação com valor médio entre as semanas de 3 de janeiro e 6 de fevereiro de 2020, com um decréscimo entre 70% e 90% no número de passageiros, repercutindo-se num declínio das receitas das entidades operadoras de transportes públicos coletivos [25]. Caso semelhante registou-se em mais de seis grandes cidades espanholas, onde, em comparação com dados do ano 2019, o número de passageiros nos serviços de transporte público caiu entre 45% e 50%, representando a maior crise da história no sistema de transportes públicos no país [26]. A Figura 1.1 exhibe, em detalhe, a variação no uso de centros de transporte público em países díspares, com base nos dados do Google Mobility Reports [10].

Ainda que a crise de comportamentos de mobilidade da população se tenha declarado nos mais distintos meios de transporte, quando em comparação com as restantes categorias, os serviços de transporte público destacam-se pelo acentuado decréscimo no número de viagens registadas [13]. A Figura 1.2 mostra a comparação entre o número de viagens por modo de transporte registadas entre a semana um, 9 a 15 de março de 2020, e a semana dois, 16 a 22 de março de 2020, na cidade de Santiago do Chile, Chile [13], observando-se uma acentuada diminuição do número de viagens nos diferentes modos de mobilidade. A semana um é considerada uma semana “normal”, enquanto a semana dois pode ser encarada como a primeira semana de uma resposta nacional à pandemia Covid-19 no Chile [13]. Complementarmente, na Alemanha, um estudo conduzido pelo DLR Institute of Transport Research [27] expôs que dois terços dos inquiridos se deslocam nos centros urbanos de bicicleta, carro ou a pé com similar frequência ao período pré-pandémico. Em oposição, cerca de metade refere uma inferior utilização de transportes públicos coletivos como meio de mobilidade, e na sua

maioria, numa reduzida frequência, resultados estes concordantes com a redução declarada no número de passageiros de transportes públicos locais e de longa distância.

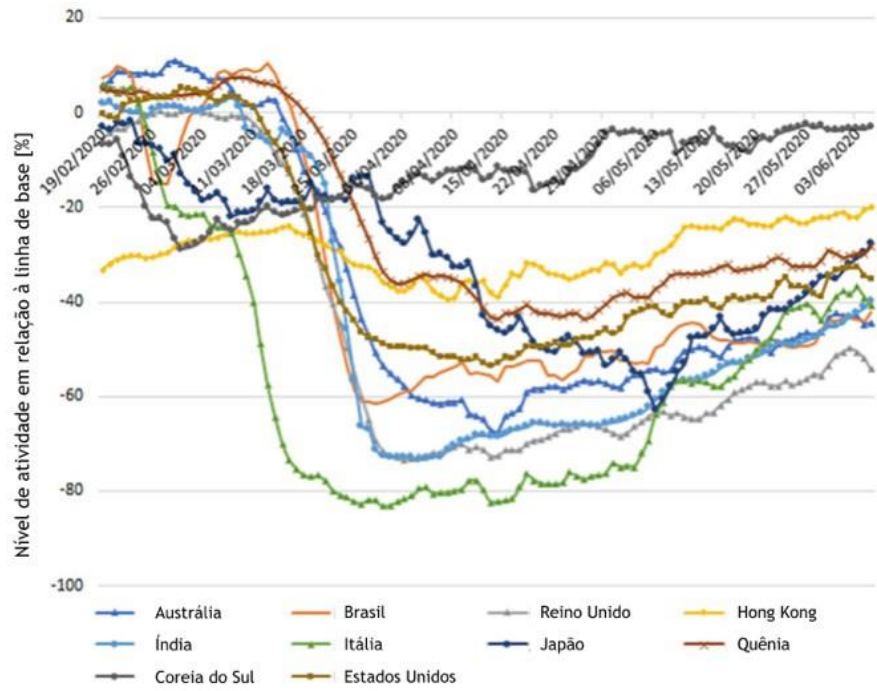


Figura 1.1 - Mudança no uso de centros de transporte público entre 15 de fevereiro e 5 de junho de 2020 (Adaptado de COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs [10])

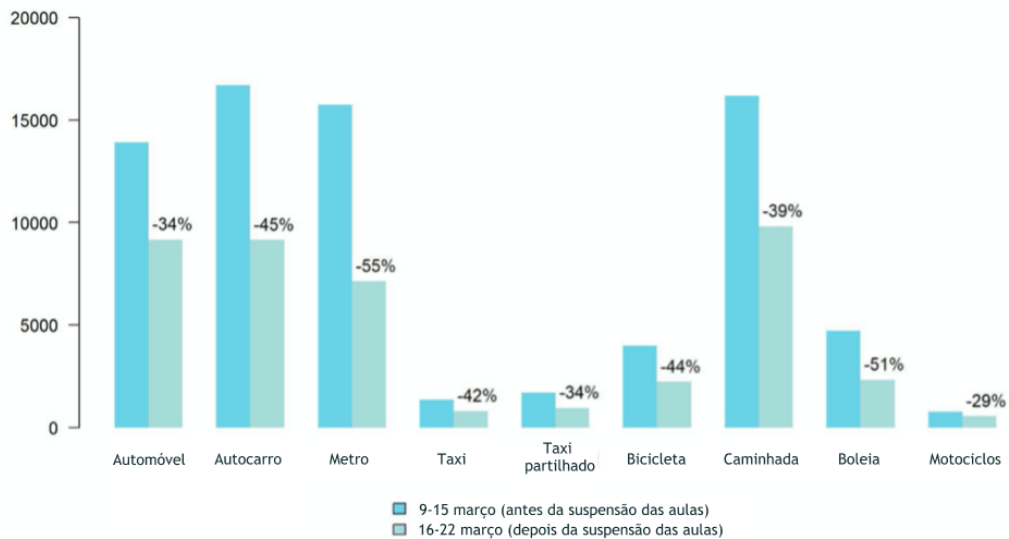


Figura 1.2 - Número de viagens por modo de transporte na cidade de Santiago do Chile, Chile (Adaptado de Mobility Changes, Teleworking, and Remote Communication during the COVID-19 Pandemic in Chile [13])

Atendendo ao incontornável relevo dos sistemas de transporte público para a sociedade como um todo, as entidades governamentais de todo o mundo agiram na direção de

uma tentativa de auxílio ao combate à propagação do surto pandémico, aplicando medidas preventivas nos transportes públicos coletivos, por forma a assegurar o seu funcionamento e oferecer garantias de segurança aos seus utilizadores.

O distanciamento social foi a medida não farmacêutica mais adotada para controlar a propagação desenfreada do surto Covid-19. À luz das recomendações da OMS, para resultados eficientes, este deve ser comprimido com a aplicação de uma distância física de pelo menos 1 metro entre pessoas [28]. A eficácia do distanciamento social na redução da infeção por SARS-CoV-2 é corroborado por D. K. Chu *et al.* [29], que adicionalmente salientam um incremento na sua eficiência quando o intervalo físico é de 2 metros. No contexto dos serviços de transporte público, a concretização do distanciamento físico entre passageiros é exequível através da redução da capacidade dos veículos em circulação. Como exemplo, os serviços de transporte público de New South Wales, Austrália, aplicaram uma redução do volume de indivíduos no interior de autocarros e metros, limitando a capacidade a 12 e 32 pessoas respetivamente [30].

Num paradigma complementar, a utilização de máscaras faciais fornece uma barreira à transmissão da síndrome respiratória aguda grave, reduzindo o número de vírus infecciosos, exalado por indivíduos infetados, no ambiente [31], o que inclusivamente, contribui para uma ação protetora dos indivíduos não infetados de aerossóis e gotículas de vírus [32][33]. A 5 de junho de 2020, a OMS recomendou o uso de máscaras cirúrgicas ou não cirúrgicas, isto é, de tecido, em locais públicos, incluídos nos serviços de transporte público [34]. A partir de dados epidemiológicos, a redução da disseminação de Covid-19 demonstrou uma maior eficácia aquando do cumprimento desta medida preventiva [7], porém, a adoção de procedimentos complementares é ainda crucial [29]. F.-C. Jiang *et al.* [35] aferiram que partículas de vírus podem permanecer infecciosas durante horas e dias em diversos tipos de superfícies, como plástico ou aço inoxidável, dessarte, padrões aprimorados de higiene e limpeza, aplicados como ação preventiva, são ainda indispensáveis. No contexto de sistemas de transporte público coletivo, adicionalmente, a ventilação adequada dos veículos apresenta um importante papel na contenção do vírus em ambientes internos [36].

O declínio sem precedentes no número de viagens em serviços de transporte público, produto do medo de contágio por Covid-19 da população, invocou múltiplas questões sobre a sustentabilidade futura da mobilidade urbana. A sociedade precisa de sistemas de transporte público para prosperar e enfrentar os múltiplos desafios sociais e ser capaz de cumprir papéis de sustentabilidade, acessibilidade e equidade, sendo por isso, crucial combater os estereótipos do uso deste como prejudicial à saúde pública, comprometendo perspetivas a longo prazo do transporte público coletivo.

Independentemente do panorama social, o retorno da população aos serviços de transporte público só acontecerá quando a sensação de segurança na sua utilização for restabelecida [30].

A promoção do transporte público por via da disponibilização de informação aos viajantes apoia as suas perceções de proteção pessoal, segurança e conforto durante a viagem, desempenhando estes fatores um papel vital na aceitação do uso de transportes públicos como meio de mobilidade [19]. A disponibilização de informações aos viajantes através de planeadores de rotas pode melhorar significativamente a usabilidade dos transportes públicos, acentuando a sensação de segurança e a satisfação geral dos passageiros [23]. O principal objetivo dos planeadores de rotas é ajudar os viajantes a encontrar a melhor rota entre dois pontos arbitrários [21], contudo, as suas sugestões devem ser adaptadas às perspetivas e preferências do utilizador [37]. Os principais fatores tidos em conta por planeadores de rotas na determinação da melhor rota são o tempo, a distância e o custo [2], no entanto, considerando a corrente situação pandémica, é importante que os planeadores de rotas respondam às vigentes necessidades dos passageiros, levado em consideração requisitos de proteção pessoal, segurança e conforto, podendo deste modo contribuir para a restauração da confiança na utilização de serviços de transporte público, promovendo uma transição modal a seu favor.

1.3 Objetivos

A vertiginosa proliferação do surto de Covid-19 transmutou abruptamente o estilo de vida da população, com consequências diretas nos seus hábitos de mobilidade. Produto da sua natureza coletiva, os serviços de transporte público mostraram-se particularmente vulneráveis, registando um declínio sem precedentes na sua procura por todo o mundo, invocando múltiplas questões sobre a sustentabilidade futura da mobilidade urbana.

Os objetivos primários deste projeto, por consequência, centraram-se no requisito de promoção do transporte público junto da população, descrito nas secções introdutórias deste capítulo, culminando no problema de pesquisa: ‘O que faria a população recuperar a confiança no uso de serviços de transporte público como meio de mobilidade?’.

Em conformidade, o problema de pesquisa foi segmentado em quatro objetivos principais:

- (i) Localização e análise da literatura nos tópicos de pesquisa base do projeto;

- (ii) Identificação e compreensão das carências e preferências da população em relação aos serviços de transporte público e aos fatores que contribuiriam positivamente para a restauração da sua confiança na utilização de transportes públicos como meio de mobilidade;
- (iii) Desenho e desenvolvimento do protótipo de um planeador de rotas para transportes públicos centrado nos requisitos de proteção pessoal, segurança e conforto dos viajantes;
- (iv) Avaliação do protótipo desenvolvido junto dos seus potenciais utilizadores. O primeiro objetivo confere o embasamento teórico dos conceitos base do projeto e define todo cenário para o seu desenvolvimento. O seu propósito passa por uma compreensão teórica minuciosa dos conceitos de proteção pessoal, segurança e conforto em viagens recorrendo a serviços de transporte público, dos hábitos de mobilidade da população, das repercussões da pandemia de Covid-19 na mobilidade urbana e dos métodos usados no planeamento de rotas em transportes públicos.

Intencionando colmatar o potencial cariz subjetivo do enquadramento teórico coletado, produto do precedente desígnio, o segundo objetivo deste projeto concede a identificação de fatores que influem, de forma ativa ou passiva, as experiências de mobilidade em serviços de transporte público da população nos centros urbanos, teor crucial para definição inicial do protótipo de um planeador de rotas a projetar.

O terceiro objetivo supracitado estipula a construção do conceito do planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos e o seu desenvolvimento iterativo, oferecendo uma prestação de serviços centrada no utilizador. Antevê-se que o protótipo final seja capaz de otimizar a eficiência da comunicação de informações no domínio da rede de transportes públicos aos viajantes, incitando melhores experiências de viagem e agregando valor aos seus utilizadores.

O postremo objetivo incide na avaliação da viabilidade do conceito do sistema de planeamento de rotas seguras e confortáveis proposto, conexo à análise da usabilidade do protótipo desenvolvido.

Em última instância, definiu-se como objetivo final deste projeto o incremento das experiências de viagem com recurso a serviços de transporte público de passageiros e reconstituição da confiança da população na sua utilização.

1.4 Estrutura do documento

O presente capítulo, Capítulo 1, introduziu o enquadramento/contextualização e a motivação do projeto, conjuntamente com a definição dos seus objetivos finais. No restante do documento são apresentados sete capítulos complementares.

O Capítulo 2, Estado da arte, analisa o estado da literatura nos conceitos de base do projeto, fornecendo o enquadramento teórico para o sistema desenvolvido. Começa por descrever detalhadamente a metodologia de pesquisa e revisão conduzidas. Os resultados do estudo da literatura existente incidem na análise da perceção de proteção pessoal, segurança e conforto no uso de transportes públicos, dos hábitos de mobilidade com recurso a serviços de transporte público da população, do impacto da pandemia de Covid-19 na mobilidade urbana e na relevância do planeamento de rotas em transportes públicos.

O Capítulo 3, Fundamentos teóricos, descreve detalhadamente os fundamentos conceituais do projeto. Apresenta uma análise comparativa entre as principais aplicações de planeamento de rotas para transportes públicos atualmente disponíveis no mercado, discutindo as suas principais características e fragilidades. Aborda o papel da inteligência coletiva, nomeadamente a sua aplicabilidade no contexto dos transportes públicos coletivos e de que forma podem suprimir as carências de informação dos viajantes. Adicionalmente neste capítulo, são revistas as principais técnicas, métodos e diretrizes para projetar, avaliar e implementar sistemas de computação que assegurem uma maior usabilidade e alinhamento com as necessidades dos utilizadores.

O Capítulo 4, Metodologia, expõe formalmente o problema discutido no projeto e a solução para este proposta, junto com a descrição detalhada do processo metodológico adotado para atingir os objetivos definidos.

O Capítulo 5, Definição de requisitos, descreve o processo de levantamento e identificação das carências e perspetivas dos utilizadores em potencial do projeto. A sua análise conduziu à definição dos requisitos iniciais do sistema de planeamento de rotas para transportes públicos.

O Capítulo 6, Aplicação móvel *ReStart*, apresenta a ferramenta proposta para solucionar o problema descrito no projeto. Primeiramente descreve a arquitetura do sistema adotada e os fundamentos conceptuais do modelo colaborativo instituído. Em seguida, apresenta, de forma detalhada, a evolução do desenvolvimento da aplicação móvel *ReStart*, complementada com a documentação das etapas e decisões tomadas durante o processo.

O Capítulo 7, Avaliação da usabilidade, descreve o processo de avaliação do sistema nas diferentes etapas de desenvolvimento e discute os resultados conquistados.

O Capítulo 8, Conclusões e trabalho futuro, descreve as principais conclusões deste projeto e a sua contribuição para a literatura. Adicionalmente, são revistas as limitações interpostas no projeto e possíveis direções futuras deste.

Capítulo 2

Estado da Arte

De modo a produzir uma boa análise bibliográfica, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura existente, com o intuito de localizar e sintetizar de forma abrangente a pesquisa, usando procedimentos organizados e transparentes.

No processo de revisão sistemática foi reunida a totalidade das evidências empíricas que se enquadram nos critérios de elegibilidade pré-definidos, usando métodos sistemáticos por forma a minimizar o viés, viabilizando a obtenção de resultados fidedignos a partir dos quais é possível retirar conclusões [38]. Todas as etapas e decisões da revisão foram cuidadosamente documentadas neste capítulo.

2.1 Metodologia da pesquisa

A revisão sistemática é um método de pesquisa cujo propósito passa pela maximização do seu potencial, localizando a maior proporção possível de resultados, obedecendo uma abordagem organizada. O primeiro passo na condução de uma revisão sistemática é a identificação dos objetivos centrais que guiarão a totalidade da revisão. Para a presente pesquisa foram definidos os seguintes objetivos de pesquisa:

- Definição de segurança no uso de transportes públicos;
- Definição de conforto no uso de transportes públicos;
- Perceção dos utilizadores quanto à definição de segurança e conforto no uso de transportes públicos;
- Hábitos de utilização de transportes públicos e quais os aspetos que afastam as pessoas destes;
- Impacto do Covid-19 na mobilidade;
- Métodos usados no planeamento de rotas seguras e confortáveis em transportes públicos.

Por forma a obter um resumo exaustivo da literatura, foram produzidas pesquisas em distintas bases de dados. Por se considerarem os principais bancos de dados na área das ciências, a pesquisa incidiu nos repositórios de informação: Web of Science, Scopus e ScienceDirect.

A procura de evidências bibliográficas teve por base um conjunto previamente decretado de palavras-chave, discriminando os elementos fundamentais dos objetivos da pesquisa, que produziram as *sub-queries* de pesquisa seguintes:

("safety" OR "security" OR "comfortable" OR "travel safety perception")

("mobility" OR "public transport")

("route planner" OR "transportation planning")

A sua agregação resultou na query de pesquisa:

("safety" OR "security" OR "comfortable" OR "travel safety perception") AND
("mobility" OR "public transport") AND ("route planner" OR "transportation planning")

2.2 Resultados obtidos

Para acautelar a inclusão da globalidade das evidências bibliográficas julgadas como relevantes para a pesquisa bibliográfica, a consulta, gerada à data de 19 de novembro de 2020, nas bases de dados pré-estabelecidas usando a *query* de pesquisa supracitada produziu os resultados enunciados na Tabela 2.1

Bases de dados	Número de resultados obtidos
Web of Science	30
Scopus	201
ScienceDirect	19

Tabela 2.1 — Resultados obtidos na pesquisa

2.3 Metodologia da revisão

A abordagem metodológica da revisão prevista resulta da necessidade da obtenção de resultados orientados aos objetivos da pesquisa e da consecução de uma ótica rigorosa do estado atual da literatura nos conceitos base deste projeto.

2.4.1 Seleção superficial e detalhada

A qualidade da informação aceite como evidência numa revisão sistemática da literatura existente procede de uma multiplicidade de requisitos. Para orientar a inclusão, ou exclusão de estudos na revisão conduzida, foram redigidos critérios de elegibilidade claros e abrangentes.

Critérios de inclusão:

- Definição de segurança no uso de transportes públicos;
- Definição de conforto no uso de transportes públicos;
- Perceção dos utilizadores quanto à definição de conforto e segurança no uso de transportes públicos;
- Hábitos de utilização de transportes públicos;
- Aspectos que afastam a população do uso de transportes públicos;
- Fatores que afetam a escolha do modo de transporte usado pela população para se deslocar;
- Métodos usados no planeamento de rotas seguras e confortáveis em transportes públicos;
- Fatores importantes no desenvolvimento de planeadores de rotas em transportes públicos;
- Impacto do Covid-19 na mobilidade.

Critérios de exclusão:

- Não conter informação sobre nenhum dos objetivos da revisão.

O procedimento de pesquisa por evidências bibliográficas nos repositórios de informação, recorrendo à *query* de pesquisa previamente elaborada, resultou num conjunto de 250 estudos para revisão. Destes, 37 foram removidos, por se apresentarem em duplicado, restando um total de 213 estudos para as subseqüentes etapas da análise.

Após análise de título e resumo da integralidade do conjunto de estudos, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão previstos, resultando, por consequência, num composto de 45 estudos adequados aos propósitos da pesquisa. Numa ótica detalhada da revisão, é possível aferir que 3 destes estudos provinham da base de dados Web of Science, 19 da Scopus e 2 do repositório de informação ScienceDirect.

A seguinte etapa da revisão sistemática incidiu numa análise meticulosa dos estudos remanescentes da pesquisa, concentrando-se na análise da integralidade do seu conteúdo, onde novamente passaram pelo processo de triagem à luz dos critérios de inclusão, e exclusão supracitados. Do composto de 45 estudos em revisão, 8 foram automaticamente excluídos por dados indisponíveis. Dos restantes 37 estudos, apenas 18 se demonstraram relevantes revisão sistemática da literatura.

Adicionalmente, foram aditados 9 estudos à pesquisa, produto das referências bibliográficas dos estudos anteriormente incluídos na pesquisa. Embora não tenham sido obtidos da pesquisa inicial, uma vez que não incidem diretamente nos objetivos da mesma, foram incluídos na revisão por se considerar que complementam os conceitos base do projeto. Por consequência, a revisão sistemática da literatura integrou um conjunto total de 27 estudos.

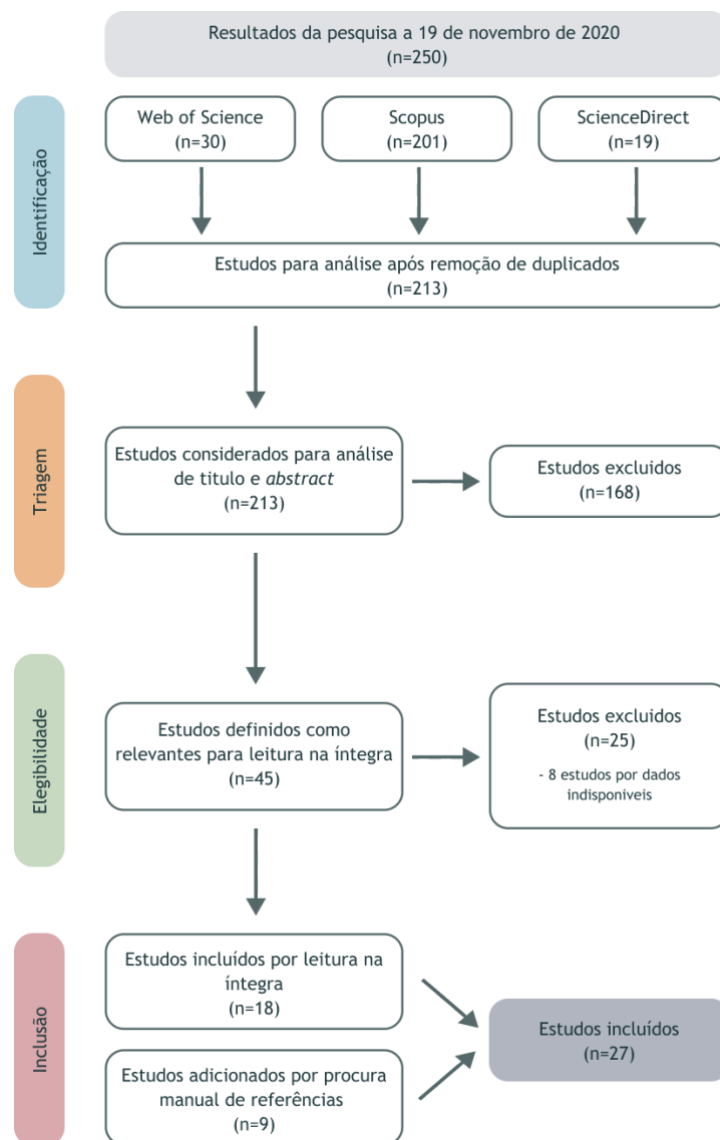


Figura 2.1 - Diagrama de Fluxo PRISMA do processo de identificação e seleção de estudos da revisão sistemática da literatura

2.4.2 Extração de dados

Os estudos incluídos no procedimento de pesquisa por evidências bibliográficas foram segmentados segundo os objetivos de pesquisa, e respetivos critérios de inclusão respeitados, com intento de assingelar o processo de análise e comparação do seu conteúdo (cf. Tabela 2.2).

	Crítérios de inclusão	Referências bibliográficas
Proteção pessoal, segurança e conforto no uso de transportes públicos	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de segurança no uso de transportes públicos - Definição de conforto no uso de transportes públicos - Perceção dos utilizadores quanto à definição de conforto e segurança no uso de transportes públicos; 	[39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47]
Hábitos de mobilidade com recurso a serviços de transporte público	<ul style="list-style-type: none"> - Hábitos de utilização de transportes públicos - Aspetos que afastam a população do uso de transportes públicos; - Fatores que influenciam a população na escolha de modo de transporte 	[44], [48], [49], [50], [51], [52], [53]
Impacto da pandemia de Covid-19 na mobilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto da pandemia de Covid-19 na mobilidade 	[54], [55], [56], [57]
Planeamento de rotas em transportes públicos	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos usados no planeamento de rotas seguras e confortáveis em transportes públicos; - Fatores relevantes no desenvolvimento de planeadores de rotas em transportes públicos; 	[2], [37], [44], [51], [58], [59], [60], [61], [62]

Tabela 2.2 — Objetivos de pesquisa, e respetivos critérios de inclusão, atingidos por cada um dos estudos incorporados na revisão sistemática da literatura

2.4 Apresentação de resultados

2.4.1 Proteção pessoal, segurança e conforto no uso de transportes públicos

A proteção pessoal na utilização de sistemas de transportes públicos pode ser descrita pela combinação de 3 aspetos: proteção contra crimes; segurança contra acidentes; e confiança. [39]. A proteção contra crimes é a responsável por questões conexas à liberdade de ameaças por outros indivíduos, como conjunturas de violência, roubo ou terrorismo. A segurança contra acidentes refere-se à ausência de impactos, como lesões relacionadas às infraestruturas ou a acidentes com veículos. A confiança correlaciona-se com questões afetivas pessoais, como problemáticas objetivas sobre o conhecimento e experiência de um indivíduo na realização de uma viagem com recurso a um transporte público e com questões subjetivas, como a capacidade e autoconfiança de levar a cabo essa mesma viagem. Sustentado neste entendimento a proteção pessoal pode ser definida como a liberdade objetiva dos riscos de segurança e proteção combinados com a liberdade subjetiva de medo e incerteza, onde a importância percebida de cada um dos supracitados aspetos varia consoante a preceptiva das partes interessadas [39].

Igualmente, fatores individuais desempenham um papel de relevo na definição de proteção pessoal e segurança. Indivíduos do género feminino apresentam necessidade distintas de segurança e proteção, sendo que amiudadamente experienciam sensações de medo na utilização de determinados meios de transporte, ajustando o seu comportamento e padrões de viagem por forma a evitá-los [41]. Idosos, portadores de deficiências e indivíduos com baixas condições económicas são particularmente afetados pela sensação de medo de serem vítimas de crimes [42].

As características das áreas onde os indivíduos acedem aos veículos de transporte público e o tempo de caminhada até estas, têm uma relação significativa com a perceção de segurança do uso de transportes públicos [44]. Os longos períodos de tempo de acesso a serviços de transporte público expõem os viajantes à vulnerabilidade do ambiente externo, podendo trazer-lhes sensações de insegurança [44].

O conforto em viagens de transportes públicos é cada vez mais visto como crucial na qualidade do serviço prestado por sistemas de transporte. B. Wang e J. Zacharias [45] revelam que a aglomeração é o fator com maior interferência na sensação de conforto durante uma viagem, no entanto, existem outros fatores importantes, como a qualidade do ar, temperatura, odor e ruído ambiente.

A aglomeração de passageiros em veículos de transporte público pode ser dimensionada pelo grau em que o campo de visão é obstruído por objetos próximos ao

indivíduo. Ainda que esta possa ser medida visualmente, as características do ambiente em que o indivíduo se encontra exercem uma considerável influência. A visão, audição, olfato, tato, temperatura, proximidade com outras pessoas e ambiente físico são capazes de desempenhar papéis significativos na percepção geral da aglomeração [45]. O odor, temperatura e a qualidade do ar encontram-se inteiramente relacionados. A sobrelotação de veículos de transportes públicos, conduz ao aumento da temperatura ambiente levando a possíveis sensações de desconforto dos passageiros [45]. Adicionalmente, estudos [46][47] mostram que o ruído ambiente tem consequências negativas para a saúde, podendo provocar hipertensão e doenças cardíacas, bem como sentimentos de desconforto.

2.4.2 Hábitos de mobilidade com recurso a serviços de transporte público

Exercer escolhas de mobilidade exige, do viajante, a conciliação das suas decisões de viagem com os recursos disponíveis. As decisões de viagem são influenciadas pelos recursos pessoais do viajante, que incluem não apenas disponibilidade de tempo e dinheiro, mas igualmente a quantidade de esforço físico, cognitivo e afetivo que terá de despende [48].

As características demográficas, o propósito da viagem, assim como a distribuição espacial dos destinos são exemplos de fatores que influenciam a escolha do modo de transporte dos viajantes [50]. Para viagens funcionais é atribuído ao fator tempo particular relevância, considerando que estas se correlacionam com obrigações ou compromissos.

Os passageiros escolhem os serviços de transporte público como opção de mobilidade se este lhes conceder um tempo de viagem, que considerando as suas necessidades, lhes permite deslocarem-se até ao destino final, com ou sem recurso a transferências ou caminhadas, ou se não dispuserem de nenhuma outra alternativa de transporte [51]. Os fatores preponderantes, enunciados pela população, para a não utilização de sistemas de transporte público como meio de mobilidade são os tempos de viagem muito longos, a falta de cobertura da rede para o destino desejado, a pouca frequência do serviço, o elevado tempo de caminhada até uma paragem de transporte público e a imprescindibilidade de transbordos. Por consequência, os efeitos percetivos da utilização de transportes públicos podem ser descritos em funcionalidade, conveniência e a qualidade do serviço prestado. A funcionalidade correlaciona-se com a cobertura do sistema de transporte público, a qualidade do serviço representa o desempenho percebido do transporte público e a conveniência descreve a facilidade ou conforto de utilização dos sistemas de transporte público [44].

Sempre que o período de caminhada até uma paragem de transporte público é inferior a vinte minutos, a conveniência e funcionalidade assumem-se como principais barreiras à utilização de serviços de transporte público. Em oposição, quando esse período é superior a 20 minutos, as principais barreiras transitam para a qualidade do serviço e a funcionalidade. Se a duração da caminhada for inferior a cinco minutos, a probabilidade de a decisão de mobilidade recair sobre sistemas de transporte público, em lugar da conveniência de veículos privados, é elevada. O ambiente envolvente é, adicionalmente, um fator relevante para a tolerância aos tempos nesta despendidos. Ao mesmo tempo, o período de caminhada tem uma relação significativa com a perceção de segurança no uso de transportes públicos, quando mais extenso for a duração da caminhada menor será a perceção de segurança dos viajantes [44].

A utilização de veículos particulares como opção de mobilidade está inteiramente relacionado com a maior flexibilidade, maior conforto, menor tempo de viagem, ausência de preocupações com o espaço pessoal, minimização da quantidade de esforço e maior sensação de controlo por estes oferecida [52][53]. Ainda assim, a perceção do risco de envolvimento em acidentes de viação e crenças fatalistas exercem um impacto positivo nas intenções de uma transição modal de veículos particulares para serviços de transporte público. Paralelamente, o propósito da viagem assume um carácter relevante na tomada de decisões do meio de transporte para a viagem, onde a escolha recai tendencialmente para sistemas de transporte público, em oposição aos veículos particulares, para deslocações de trabalho quando em comparação com outros fins [50].

2.4.3 Impacto do Covid-19 na mobilidade

O impacto social e económico de choques pandémicos, sequela da propagação de vírus de influenza A e surtos de SARS, ocorridos num passado recente, destacam a escala de ameaça das doenças aerotransportadas na população [54]. O advento das infeções por Covid-19 em Wuhan, na República Popular da China, em dezembro de 2019, rapidamente atingiram uma escala mundial, convertendo o surto localizado de Covid19 numa pandemia num reduzido período temporal. A 9 de março de 2020 já haviam sido registados ocorrências de infeções em 102 países e declaradas 3584 mortes, instalando uma preocupação de nível global [55].

Nas atividades respiratórias humanas, ou seja, no ato de respirar, falar, espirrar e tossir, são expelidos pequenos núcleos de gotículas pelos indivíduos. No momento que estas são produzidas por indivíduos infetados, os núcleos de gotículas expelidos podem conter pequenas partículas líquidas do vírus [56], que dependendo da sua composição, tamanho e das condições hidrotérmicas do ambiente no ato da sua libertação, podem

assentar em superfícies ou permanecer suspensas no ar como núcleos de gotículas [54]. Os tamanhos das partículas geradas pela respiração, fala, espirro ou tosse variam entre 0,01 μm a 500 μm . Núcleos de gotículas pequenos ($<5 \mu\text{m}$), devido às suas baixas taxas de sedimentação, são capazes de permanecer suspensos no ar por longos períodos de tempo, complementarmente, os núcleos de gotículas maiores ($>5 \mu\text{m}$) contaminam superfícies, e, mediante um fenómeno de evaporação, podem retornar à sua suspensão no ar [56].

A aquisição e transmissão de partículas virais é o desfecho final de uma interação bem-sucedida entre agentes infecciosos, hospedeiros e vias de transmissão. Este, no entanto, é um processo complexo, onde o tipo e frequência das atividades respiratórias, o local da infeção, a carga viral e tipo de patogénico são entendidos como elementos críticos, influenciando diretamente a viabilidade da transmissão do vírus por via aérea. A ventilação inadequada, elevada duração da exposição, recirculação de ar contaminado e proximidade da fonte infecciosa aumentam a probabilidade de transmissão de doenças propagadas por via aérea. A dispersão e transferência de agentes infecciosos depositados em diferentes superfícies e materiais, como corrimões, maçanetas ou assentos, oferecem, adicionalmente, uma via de transmissão [54].

Em janeiro de 2020, o governo da China implementou um plano de emergência por forma a conter a dispersão do surto de Covid-19 da sua fonte, impondo a proibição de deslocações entre a cidade de Wuhan e da província de Hubei. Como parte da resposta à emergência nacional os casos suspeitos e confirmados foram isolados, o sistema de transporte público foi suspenso, escolas e locais de entretenimento foram vedados e as reuniões públicas foram proibidas [57]. Apesar das medidas impostas, é imperativa a retoma da operação convencional das cidades, sendo requeridas medidas de proteção adequadas para prevenir, mitigar e responder às ameaças da transmissão de Covid-19 entre a população [55]. A implementação de medidas de controlo que interrompam a cadeia de transmissão permite incrementar a resiliência dos ambientes construídos aos perigos de doenças transmitidas por via aérea [54].

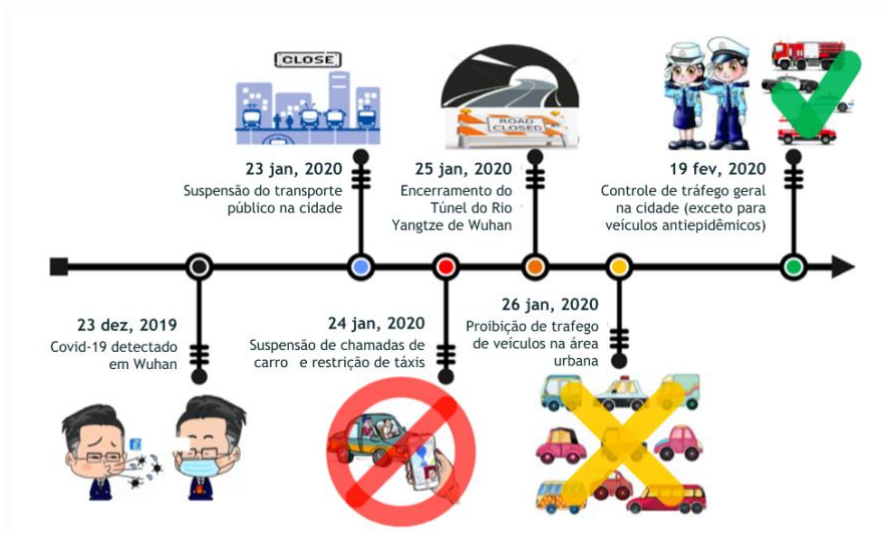


Figura 2.2 - Cronologia das principais medidas de controle de tráfego em Wuhan aquando do surto de Covid-19 (Adaptado de Controlling urban traffic-one of the useful methods to ensure safety in Wuhan based on COVID-19 outbreak [55])

Um dos elementos-chave da prevenção e controlo do surto pandémica correlaciona-se com a segurança dos sistemas de transporte público urbanos. A Figura 2.3 mostra um perfil de vulnerabilidade qualitativa em ambientes construídos para transporte à transmissão aérea de doenças [54].



Figura 2.3 - Perfil de vulnerabilidade de infraestruturas de transporte para a transmissão aérea de doenças (Adaptado de Airborne biological hazards and urban transport infrastructure: current challenges and future directions [54])

O equipamento de veículos de transportes públicos com sistemas de ventilação aberta, a utilização de um compartimento isolado para motoristas, adição de sistemas de ar fresco, ou adoção do aumento apropriado de taxas de trocas de ar em sistemas de ar condicionado são algumas das medidas a implementar por forma a otimizar o serviço de transporte público [55]. A Figura 2.4 demonstra a hierarquia de medidas de controlo que permitem aumentar a resiliência de infraestruturas de transporte às ameaças de perigos aerotransportados [54].

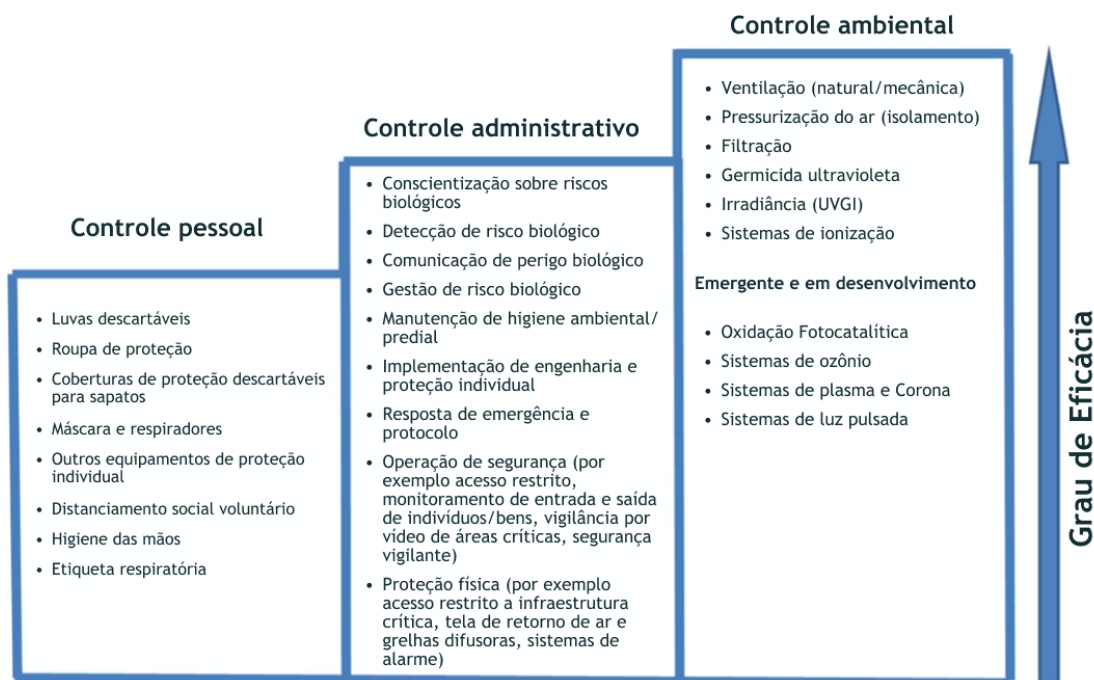


Figura 2.4 - Hierarquia de medidas de controlo para aumentar a resiliência de infraestruturas de transporte às ameaças de perigos aerotransportados (Adaptado de *Airborne biological hazards and urban transport infrastructure: current challenges and future directions* [54])

2.4.4 Planeamento de rotas em transportes públicos

A adoção de serviços de transporte público como meio de mobilidade pode ser impactada negativamente pelo tempo de espera em paragens de transportes públicos, por um planeamento inadequado de rotas de viagem ou pela perceção insuficiente de informações da rede de transportes [59]. A disponibilização de informação sobre serviços de transporte público num sistema de planeamento de rotas assume-se como um importante passo no caminho da promoção de uma mudança modal a favor do transporte público com foco na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Os sistemas de planeamento de rotas são uma ferramenta poderosa de auxílio à navegação em áreas urbanas [37]. A determinação do percurso ideal dentro de uma rede de transportes pode tornar-se uma tarefa particularmente complexa para os viajantes, especialmente para aqueles que não se encontram familiarizados com o

funcionamento da rede de transportes local [61]. O sistema de planeamento de rotas propõe-se a auxiliar os seus utilizadores na procura da melhor rota para viajar entre dois pontos arbitrário, porém a definição de melhores rotas apresenta-se como um conceito subjetivo, variando consoante as necessidades e perceções do utilizador em relação ao sistema [37]. As principais premissas adotadas na sugestão de melhor rota vinculam-se aos fatores tempo, custo e distância, no entanto, estes podem não ser suficientes para satisfazer as necessidades dos viajantes, podendo em casos particulares, impactar negativamente determinados utilizadores, por exemplo, pela permanência em áreas inseguras ou altamente poluídas, entre outras problemáticas, despoletando experiências perniciosas [37]. Um caso particular, noticiado na imprensa, refere que um casal foi baleado ao entrar numa área perigosa no Rio de Janeiro, Brasil, após seguir as recomendações de trajeto prestadas por um planeador de rotas que somente considera fatores custo, distância e tempo [62].

Relatos desta natureza revelam a pertinência da consideração de critérios centrados no contexto, preferências e necessidades individuais dos seus utilizadores [37]. Os sistemas de planeamento de rotas devem contemplar o perfil dos seus utilizadores, as distintas categorias de veículos de transporte público disponíveis e os problemas relacionados com a mobilidade das áreas em que os cidadãos se deslocam [2]. Prestar um maior número de informações sobre a rede de transportes públicos aos viajantes pode gerar maiores pretensões de uso de sistemas de transporte público como meio de mobilidade, e concomitantemente ajudar a encarar a mobilidade de uma outra perspetiva.

Valores de conforto, tempo de chegada do veículo, condições meteorológicas, atrasos, condições de segurança são exemplos de fatores a considerar na procura da rota ideal [2]. No desenvolvimento de planeadores de rotas, fatores basilares a adotar correlacionam-se com:

Tempo – devem ser recomendadas rotas que cumpram os requisitos horários estipulados pelos utilizadores. Os planos de mobilidade devem permitir aos utilizadores chegar ao destino no menor período temporal possível;

Custo – devem ser tidos em conta os custos de cada rota, sejam custos diretos ou indiretos. Adicionalmente, é oportuno disponibilizar dados detalhados para comparação de custos entre as distintas opções de rotas disponíveis para viajar entre o ponto de origem e o destino final;

Número de intercâmbios entre veículos – as permutas entre veículos de transporte público devem ser consideradas durante o movimento do utilizador. Devem ser

apresentadas rotas que tirem o máximo partido de cada veículo utilizado durante o percurso de viagem [2];

Condições de tráfego em tempo real – como complemento aos dados de congestionamentos a ocorrer no momento de planeamento de uma viagem, com base em experiências passadas, devem ser, igualmente, considerados os possíveis problemas de tráfego na trajetória de viagem. Apreender as condições de tráfego em tempo real permite a não recomendação de rotas que intercetem áreas com fenómenos de trânsito intenso ou linhas de transportes públicos por estes afetadas [2];

Distância – a distância é calculada pelo comprimento da trajetória entre a origem e o destino final. A distância durante o movimento está diretamente relacionada com os fatores tempo e custo [2];

Frota de veículos de transporte público em movimento – considerar o número de veículos de transporte público em circulação permite, ao planeador de rotas, prever possíveis atrasos e acionar recomendações de rotas alternativas para o trajeto dos seus utilizadores. Ao agregar outros fatores, como exemplo, taxas de ocupação, o sistema de planeamento de rotas pode propiciar o equilíbrio na lotação de veículos de transporte público [2];

Acessibilidade – atender às características de acessibilidade dos dessemelhantes veículos de transporte público pode gerar rotas adaptadas às conjunturas de mobilidade dos viajantes [2];

Segurança – a segurança de uma rota pode ser condicionada por fatores objetivos, como exemplo, o relevo do terreno, ou fatores subjetivos, que diferem consoante o quadro físico ou particularidades dos viajantes, como a idade ou condições de saúde. O planeador de rotas deve ter em consideração dados de segurança, por forma a evitar cenários perigosos para os seus utilizadores, bem como atender a fatores variáveis como rota mais segura durante o dia que à noite, ou durante o verão que no inverno [2][59];

Condições meteorológicas – determinadas categorias de rotas ou meios de transporte público devem ser evitados quando as condições meteorológicas são adversas [2];

Caminhadas – a introdução de rotas saudáveis na rotina do utilizador pode levá-lo a práticas não invasivas de exercício físico moderado diário. O sistema de planeamento de rotas deve advertir, o utilizador, dos benefícios para a saúde da sua adoção [2];

Tempo de espera em paragens de transporte público – os tempos de espera em estações de transportes públicos são capazes de interferir na perceção de segurança e

exposição ao perigo dos viajantes, por consequência, devem ser considerados no momento da recomendação de rotas [44].

Pegada de carbono – os utilizadores devem ser advertidos das implicações ambientais das suas deslocações em veículos. Para conter as alterações climáticas e aumentar a sustentabilidade dos transportes é necessário consciencializar os cidadãos sobre o impacto dos movimentos pessoais, dando-lhes a oportunidade de escolha de planos de viagem considerando o seu impacto ambiental. As recomendações dos planeadores de rotas devem comportar rotas que reduzam a pegada de carbono dos utilizadores [2].

Taxa de ocupação – os sistemas integrados de medição de ocupação em transportes públicos ou a utilização de dados provindos dos passageiros podem contribuir para o balanço da carga dos veículos de transporte público, reduzindo a sua saturação, e conduzindo ao aumento da perceção de conforto no seu uso [2].

Apesar das recomendações expostas, o desenvolvimento de sistemas de planeamento de rotas que integrem a totalidade dos fatores descritos pode conduzir a um problema complexo. Cada fator desempenha um papel de relevo na rota gerada, sendo possível que a adição de um novo fator possa tornar a recomendação anterior obsoleta [2]. Na Figura 2.5 são descritas as possíveis relações entre os diversos fatores [2]. Como exemplo, quando são considerados os fatores tempo e custo da deslocação, o planeador de rotas pode sugerir, ao utilizador, uma rota que integra um período de caminhada de cinco minutos até ao destino final da viagem, no entanto, quando contemplado o fator condições meteorológicas, a recomendação de rota previamente descrita pode não representar a melhor sugestão em períodos de precipitação. Por consequência, podemos reter que a adição, ao sistema de planeamento de rotas, de um novo fator, paralelamente a interferir nos demais, permite o aprimoramento da geração de rotas, propiciando a prestação de informações mais úteis, ao lado de alternativas de percursos considerando distintos fatores, culminando na produção de experiências de mobilidade dos seus utilizadores.

Ao analisar dados sobre sistemas de transporte público, os viajantes não devem considerar cada modo de transporte numa perspetiva isolada, mas observá-los como um sistema de transporte multimodal com relações e dinâmicas entre os diferentes componentes [61]. A disponibilização de informações parciais sobre os diversos serviços de transporte público disponíveis pode representar contrariedades aos viajantes, forçando a uma verificação continuada das múltiplas fontes de informações para a obtenção de dados completos para a estruturação de planos de mobilidade urbana [2]. A integração de dissemelhantes serviços de transporte público num único sistema de planeamento de rotas possibilita, aos seus utilizadores, a obtenção de

informações de transbordo entre múltiplos meios de transporte público numa modalidade mais cômoda, agradável e menos desgastante. Cada transporte dispõe de pontos fortes e fracos, pelo que combinação de distintos modos oferece ao planeador de rotas soluções mais flexíveis e eficientes [61]. Complementarmente, a disponibilização de informação em tempo real apresenta-se como um recurso valioso de integração em sistema de planeamento de rotas, concedendo a possibilidade de notificação dos viajantes sobre a real condição da rede de transportes públicos, atualizando-os sobre atrasos, alterações de horários ou condições de tráfego [2][51].

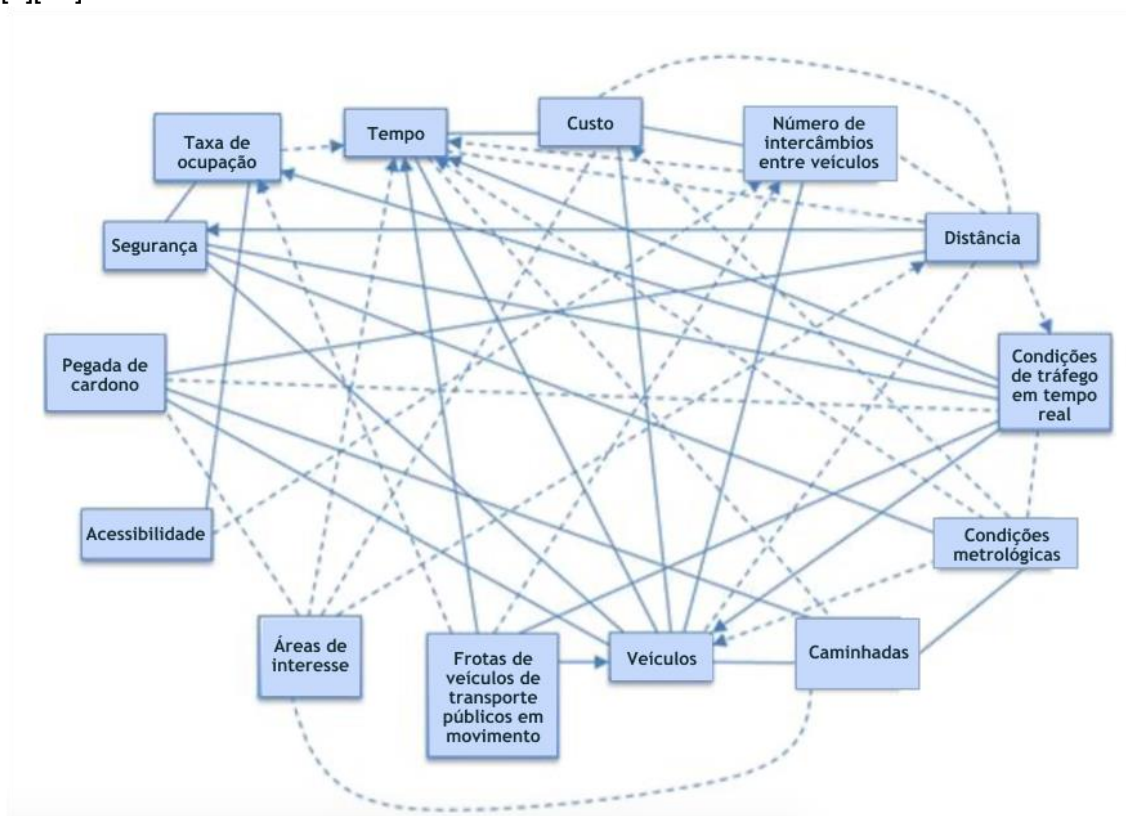


Figura 2.5 - Possíveis relações entre fatores em planeadores de rotas (Adaptado de *Towards sustainability in multi-modal urban planners* [2])

Capítulo 3

Fundamentos teóricos

A revisão sistemática conduzida, descrita no capítulo precedente, reuniu um extenso número de evidências empíricas descritas na literatura quanto aos conceitos base deste projeto, suportando o enquadramento teórico da presente dissertação. Contudo, dada a sua natureza multidisciplinar, é imprescindível fundamentar conceptualmente campos teóricos complementares ao escopo do projeto. Este capítulo, por consequência, concentra-se em discutir tópicos dentro da pesquisa de aplicações móveis de planeamento de rotas para transportes públicos, inteligência coletiva e interação humano-computador.

3.1 Aplicações móveis de planeamento de rotas para transportes públicos

A proliferação da inteligência distribuída em dispositivos móveis e a crescente cobertura de redes de comunicação ubíquas de dados em áreas urbanas abriu portas para novos paradigmas na utilização de sistemas de transporte público [63].

A inovação e evolução tecnológica desencadeou o aparecimento de novos e mais ricos serviços de apoio aos viajantes, que invocam como propósito a melhoria das experiências de viagem em serviços de transporte público. Um cenário popular na vida quotidiana de parte significativa da população é a escolha da melhor forma de viajar entre dois pontos arbitrários. Historicamente, a tomada desta decisão envolvia a escolha do modo de transporte e posterior formulação de uma rota para a viagem, com base em informações de mapas impressos ou dos horários disponibilizados pelas operadoras de transportes públicos [64]. Atualmente, encontram-se à disposição um elevado número de ferramentas que simplificam este processo. Os planeadores de rotas são um exemplo de solução, sendo considerados como uma ferramenta de assistência de viagem inteligente [65].

Em 2016, com o objetivo de investigar as aplicações de planeamento de rotas disponíveis e identificar as melhores práticas para o seu desenvolvimento, a Manchester School of Architecture [64] disponibilizou um relatório onde vinte aplicações de planeamento de rotas foram selecionadas e avaliadas segundo métodos de análise

comparativa, com foco na sua funcionalidade, usabilidade e popularidade. A avaliação da funcionalidade foi fundamentada pelos modos de transportes e recursos suportados, a avaliação da usabilidade baseou-se nos critérios de eficácia, eficiência e satisfação e a popularidade foi avaliada com base no número de instalações estimadas por dia, assim como na classificação e comentários dos seus utilizadores. A Tabela 3.1 apresenta as classificações decorrentes da análise comparativa realizada. As pontuações atribuídas oscilam numa escala de vinte pontos, onde 1 representa a pontuação mais alta e 20 a pontuação mais baixa. Para produzir a classificação geral, cada coluna foi normalizada para cada avaliação e calculada a média com igual peso.

	Funcionalidade			Usabilidade				Popularidade		
	Modos suportados	Funcionalidades suportadas	Geral	Eficácia	Eficiência	Satisfação	Geral	Número de instalações estimadas por dia	Avaliação ponderada do utilizador	Geral
MAPS.ME – Map & GPS Navigation	5	3	8	4	17	13	16	5	1	2
Voyager: Route Planner	5	5	12	5	20	12	17	11	5	9
My TfGM	1	4	3	3	14	11	13	17	11	16
Google Maps	1	2	1	2	5	7	7	1	3	1
MapQuest GPS Navigation & Maps	5	4	11	3	15	11	14	6	5	7
Citymapper	2	2	3	1	2	1	2	10	1	4
Transit Directions by Moovit	5	1	4	2	4	6	6	4	3	5
Transit: Real-Time Transit App	4	3	7	2	7	2	4	9	4	8
TRAFI – Public transport app	3	3	5	1	12	4	6	8	2	6
TripGo: Transit, Maps, Directions	1	3	2	1	1	1	1	13	12	14
HERE WeGo – City Navigation	1	3	2	3	6	8	9	3	2	3
Journey Planner (TFI)	4	3	7	3	9	5	8	12	6	10
Offi – Jouney Planner	4	5	11	3	18	8	12	7	1	4
Maps, Navigation & Directions	5	4	11	5	19	14	18	2	5	5
Traveline BG	5	3	8	2	3	3	3	15	8	12
London Journey Planner	4	4	9	2	11	2	5	14	7	11
TRACKR FREE: Bus & Train Times	5	3	8	2	8	9	9	18	10	15
Tripotnik – Sustainable travel	2	5	6	3	13	11	11	20	12	17
Merseytravel	6	3	10	3	10	10	10	16	9	13
MOVESMART (Certh-iti)	2	5	6	3	16	11	15	19	13	18

Tabela 3.1 — Tabela de classificações de aplicações de planeamento de rotas (Adaptada de *Manchester School of Architecture* [64])

A inevitabilidade de viajar em mais que um modo de transporte para chegar ao destino desejado tem potencial para tornar o processo de mobilidade particularmente complexo para o viajante, principalmente quando em áreas urbanas dada a oferta acrescida disponível na rede de transportes. Os sistemas de planeamento de rotas multimodais agregam distintos modos de transportes nas suas sugestões de rotas [64]. Cada transporte apresenta pontos fortes e pontos fracos, pelo que a utilização combinada de modos de transporte permite ao planeador de rotas oferecer, aos seus utilizadores, soluções mais flexíveis e eficientes [61].

A disponibilização de informações em tempo real é cada vez mais vista como um recurso indispensável no desenvolvimento de sistemas de planeamento de rotas. Caulfield e O'Mahony [66] através de uma pesquisa conduzida em Dublin, Irlanda, revelam que a incerteza quanto aos horários de chegada dos veículos de transporte público é apontada como a principal causa de frustração dos passageiros, destacando que os viajantes gostariam de ter acesso a informações em tempo real, particularmente sobre a ocorrência de perturbações na rota da sua viagem. Os resultados apresentados por Zhang *et al.* [67] destacam que o uso de informações em tempo real aumentou significativamente a perceção de segurança dos passageiros aquando da utilização de autocarros durante a noite, impulsionando o seu nível geral de satisfação. Em conformidade com esta argumento, Ferris *et al.* [23][68][69] destacam o impacto favorável que o fornecimento de informações em tempo real pode ter na sensação de segurança e satisfação geral dos passageiros, assim como na redução do período de espera por veículos de transporte público. Quando se fala de disponibilização de informações em tempo real, os principais dados difundidos dizem respeito aos horários de chegada ou partida dos veículos, condições de tráfego, e interrupções ou atrasos no serviço [64][67]. Os planeadores de rotas podem fazer uso desta informação para redirecionar automaticamente os utilizadores para rotas alternativas ou informar sobre partidas futuras [64].

Para além de um serviço multimodal e da disponibilização de informações em tempo real, a Manchester School of Architecture [64] destaca o rastreamento do movimento do utilizador e o apoio à sua orientação, o *crowdsourcing* de dados e a personalização das informações considerando as necessidades dos utilizadores como recursos fundamentais no desenvolvimento de sistemas de planeamento de rotas. Das vinte aplicações apresentadas na Tabela 3.1, no parâmetro de avaliação 'Funcionalidade', cinco alcançam um lugar de destaque: Google Maps, TripGo, HERE WeGo, Citymapper e My TfGM. Adicionalmente, foi possível constatar que, dos vinte sistemas avaliados,

oito não dispõem de um serviço multimodal e dez não fornecem informações em tempo real.

No relatório supracitado [64] é dado destaque a usabilidade das aplicações móveis de planeamento de viagens atualmente à disposição dos viajantes. A usabilidade é considerada a extensão na qual um produto, num contexto em específico, pode ser utilizado com eficácia, eficiência e satisfação pelos seus utilizadores [70], sendo destacado como o principal atributo de qualidade de um qualquer produto interativo [71]. A adoção generalizada de dispositivos móveis na sociedade contemporânea levantou novos desafios de usabilidade no desenvolvimento de sistemas. Dadas as características particulares destes pequenos dispositivos portáteis, as diretrizes tradicionais de usabilidade estabelecidas para o desenho e desenvolvimento de produtos arriscam-se a não produzir os resultados esperados quando aplicadas em interfaces executadas nesta categoria de dispositivos. Os utilizadores, durante o recorrente uso de dispositivos móveis, deparam-se repetidamente com problemas de sobrecarga de informações, obstáculos em alcançar a funcionalidade ou ecrã desejado, dificuldade em recordar os significados de comandos ou ícones apresentados e problemáticas relacionadas com os métodos de entrada de dados, que carecem de altos níveis de atenção e proficiência [72].

Especificamente para sistemas de planeamento de viagens sob a forma de aplicações móveis, o relatório da Manchester School of Architecture [64] destaca algumas qualidades desejáveis que tendem a melhorar a usabilidade desta categoria de produtos. Como forma de simplificar a entrada de dados pelos seus utilizadores, o sistema deve providenciar ferramentas de preenchimento automático e entrada textual reduzida, além de que os elementos da interface do utilizador devem seguir a convenção da plataforma e deve ser dado feedback que valide as entradas do utilizador. O sistema necessita, igualmente, de atender à personalização das preferências do utilizador, onde as opções carecem de ser claramente visíveis ou o botão do menu de opções deve seguir a convenção da plataforma. Complementarmente, deve ser dado destaque à usabilidade das interfaces de exibição de opções de rotas, que segundo os autores, carece de aparecer em ordem natural e lógica e as informações adicionais apresentadas requerem ser relevantes para as necessidades do utilizador. Supletivamente às recomendações descritas, foram também identificados os principais recursos que possibilitam a melhoria da experiência do utilizador na interação com aplicações móveis de planeamento de viagens:

- Mapas e Pontos de Interesse – capacidade de traduzir a localização do utilizador em coordenadas de latitude e longitude ou permitir que esta seja recuperada

com base nas informações de localização de pontos de interesse predefinidos, estações e paragens armazenadas num banco de dados;

- Geocodificação – com a introdução de um código postal ou endereço o sistema disponibiliza uma lista de opções de correspondência parcial na qual, o utilizador, pode escolher o ponto de origem/destino desejado. Este recurso representa um modelo de simplificação da entrada de dados;
- Tempo de viagem – informa os utilizadores do tempo de duração da viagem previsto;
- Personalização – possibilita que o utilizador defina as suas preferências, necessidades ou requisitos;
- Exibição de resultados – apresenta ao utilizador diferentes opções de rotas atendendo à origem e destino por este definido, viabilizando a sua celeridade e simples comparação.

Na análise comparativa apresentada na Tabela 3.1, no parâmetro de avaliação da usabilidade, Citymapper, Transit, TripGo, Traveline GB e London Journey Planner foram as cinco aplicações que atingiram melhores resultados.

Analisar a avaliação exercida pelos utilizadores aos sistemas de planeamento de rotas disponíveis proporciona uma visão geral sobre a aceitação destes no mercado. Apesar da classificação geral atribuída ao sistema representar um grande papel nesta avaliação, esses valores podem ser influenciados por múltiplas razões, pelo que, o seu estudo carece de ser complementado com a opinião de utilizadores em específico junto com os seus comentários sobre o sistema. Como a apreciação feita pelos utilizadores é, principalmente, concedida em caráter voluntário e sem solicitação prévia, esta representa uma indicação possivelmente verdadeira da opinião dos consumidores sobre os sistemas de planeamento de rotas que utilizam. Reclamações repetidas e elogios recorrentes devem ser alvo de particular atenção. Da análise comparativa apresentada na Tabela 3.1 destacam-se o Google Maps, MAPS.ME, HERE WeGo, Citymapper e Offi como as aplicações de planeamento de rotas com maior popularidade entre os utilizadores.

Um dos sistemas de planeamento de rotas mais popular entre os viajantes é o Google Maps, que disponibiliza funcionalidades de planeamento de viagens com recurso a serviços de transporte público em mais de 220 países e territórios em todo o mundo [73]. Apesar de uma ferramenta simples, apresenta uma gama de funcionalidades poderosas que permitem obter a rota mais rápida e eficiente para as viagens dos seus utilizadores. O Google Maps integra um serviço multimodal, oferecendo suporte não apenas para rotas em transportes públicos, mas também a pé, de carro ou bicicleta e,

adicionalmente, dispõem da integração com plataformas de serviços de transporte privado. Inicialmente, as informações disponibilizadas sobre a rede de transportes eram baseadas em dados estáticos, concedidos pelas operadoras de transportes públicos, porém, a partir de 2015, o Google Maps entrega dados dinâmicos em tempo real sobre a rede de transportes públicos [74]. Ao longo dos anos, este planeador de rotas tem vindo a incorporar múltiplos recursos, permitindo, aos seus utilizadores, consultar horários de chegada de veículos ou informações sobre o tráfego na rede, receber alertas sobre alterações nas suas rotas, entre outras funcionalidades [75]. A aplicação móvel Google Maps apresenta uma interface simples, com uma estética tradicional, que favorece uma compreensão intuitiva das suas funcionalidades e da usabilidade geral do sistema. Após a análise dos resultados da avaliação atribuída pelos seus utilizadores, é possível observar que o Google Maps é avaliado com uma classificação geral de 4.7 numa escala de 5 pontos¹, destacando-se a lentidão e ocorrência de bugs no funcionamento do sistema como o comentário negativo mais frequente entre os consumidores.

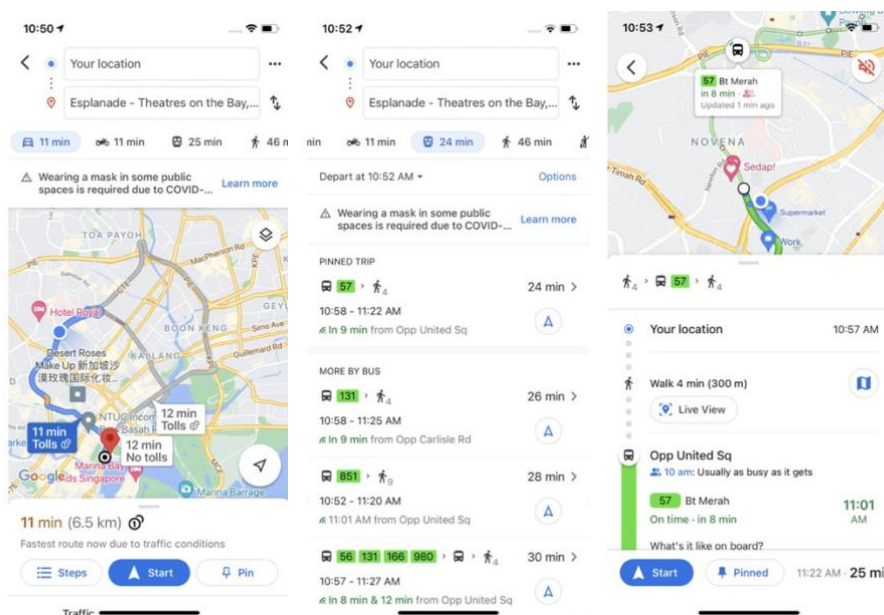


Figura 3.1 - Interfaces da aplicação móvel Google Maps

Um outro exemplo de um sistema de planeamento de rotas para passageiros de transportes públicos é o Citymapper que, num panorama geral, apresenta-se como a aplicação móvel que alcança melhores resultados na análise comparativa disponibilizada pela Manchester School of Architecture [64]. O sistema de planeamento de rotas Citymapper encontra-se, atualmente, disponível em 171 cidades entre a

¹ App Store

Europa, América do Norte e Ásia, e oferece suporte a múltiplos modos de transporte público, caminhada e serviços de transporte privados. Esta aplicação de planeamento de rotas permite, aos seus utilizadores, comparar, em tempo real, distintas opções de rotas para viajar entre dois pontos arbitrários. O utilizador consegue obter uma perceção dos veículos que se encontram ao seu redor a qualquer momento, bem como os horários das próximas partidas. Após o início da viagem, é apresentado um mapa dinâmico do percurso e informações de orientação à navegação do utilizador, à semelhança da aplicação móvel Google Maps, contudo, em Citymapper são, complementarmente, apresentadas informações adicionais, como exemplo, a entrada na estação do metro mais conveniente para a linha em que irá viajar. Este recurso destaca-se como particularmente útil no momento de entrada do viajante numa estação de transportes públicos contemplada no seu plano de mobilidade. A totalidade das funcionalidades encontram-se disponíveis numa versão gratuita, porém, a aplicação Citymapper oferece um serviço de subscrição, como forma de apoio, dos utilizadores, ao trabalho desenvolvido. Na adesão a esta subscrição, são, adicionalmente, disponibilizadas, ao utilizador, funcionalidades complementares para o planeamento de rotas, como dados sobre pontos de interesse ou alertas de metrologia.

Para incrementar a experiência de viagem dos seus utilizadores, o Citymapper lançou em 2020, o CityPass, um cartão de viagem inteligente que possibilita o pagamento de viagens num serviço integrado de mobilidade com o sistema de planeamento multimodal Citymapper. A ideia por trás deste serviço é reunir num único sistema todo o processo de viagem, tendo em vista facilitar a mobilidade dos seus utilizadores e reduzir as preocupações com os detalhes de cada viagem, resultando numa minimização dos custos a estes associados. No momento presente, o Citypass somente se encontra disponível na cidade de Londres, num pacote que inclui transportes públicos, bicicletas e táxis [76] [77].

O ecrã principal da aplicação móvel Citymapper foi projetado para ser totalmente intuitivo, permitindo aos seus utilizadores descobrirem as informações que desejam no menor número de cliques possível [78]. Em comparação com o Google Maps, o Citymapper apresenta uma estética visual mais vibrante, recorrendo à simbologia para representar diferentes informações sobre as rotas, como por exemplo, o meio de transporte a utilizar. Ao recorrer a representações visuais, o planeador de rotas aumenta o grau de acessibilidade enquanto aplicação móvel. Relativamente à avaliação atribuída pelos seus utilizadores, o Citymapper é classificado com uma pontuação de 4,9 em 5

pontos². Os utilizadores destacam a simplicidade e facilidade de utilização da aplicação móvel como um dos seus pontos fortes, em contrapartida, a principal crítica apresentada correlaciona-se com número reduzido de cidades onde a aplicação está disponível.

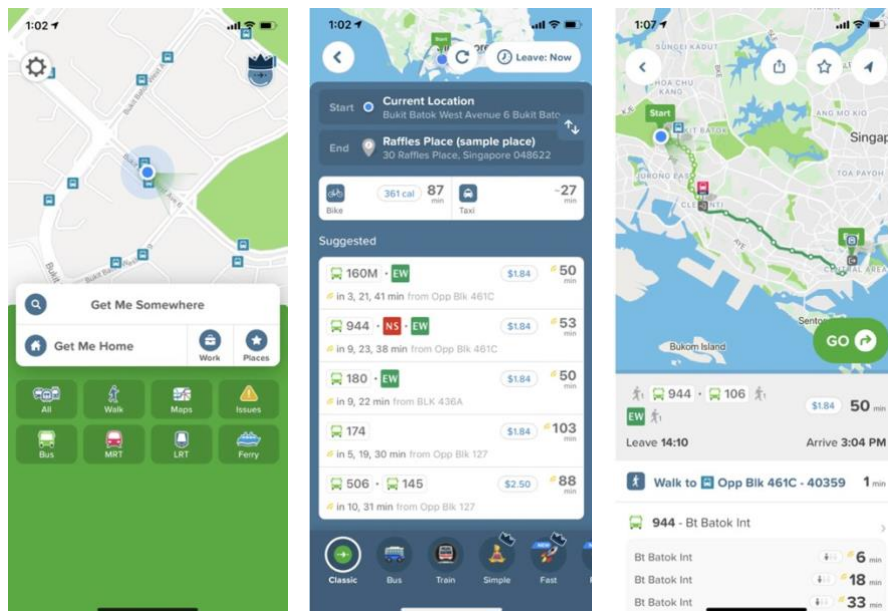


Figura 3.2 - Interfaces da aplicação móvel Citymapper

Com base na observação dos resultados alcançados na análise comparativa, destacada no relatório da Manchester School of Architecture [64], é possível compreender que a aplicação móvel Moovit é, de entre as aplicações avaliadas, a que obtém melhor resultado na categoria de avaliação 'recursos suportados'. O sistema de planeamento de rotas Moovit foi lançado em 2012 com o objetivo de orientar a população a locomover-se pelas cidades da maneira mais eficaz e conveniente [79]. Atualmente, o sistema de planeamento de rotas cobre um total de 3400 cidades em 112 países, oferecendo um serviço multimodal com suporte a diferentes modos de transporte público. Como forma de disponibilizar informações em tempo real aos seus utilizadores, o sistema Moovit reúne dados providos por autoridades e operadoras de transporte público e privado [80], e, complementarmente, utiliza *crowdsensing* passivo para a recolha de dados [81]. Os utilizadores da aplicação móvel Moovit podem aceder a informações sobre estações ou paragens mais próximas com base em dados de GPS da sua localização, assim como planear viagens utilizando diferentes modos de transporte por meio de dados em tempo real. Para que os viajantes possam planear os seus planos de mobilidade antecipadamente, o Moovit disponibiliza alertas sobre desvios e interrupções do serviço ou atrasos dos veículos. Recentemente, o Moovit proveu um serviço de bilhética móvel,

² App Store

a partir do qual os utilizadores podem adquirir títulos de viagem para transportes públicos, contudo, esta funcionalidade encontra-se somente disponível num número circunscrito de áreas urbanas [80]. Com o compromisso de auxiliar a mobilidade com recurso a sistemas de transporte público do segmento da sociedade portadora de deficiências, a aplicação móvel providencia um suporte completo com *VoiceOver* e *TalkBack*, uma interface otimizada com botões de maiores dimensões e a inclusão de informações sobre a acessibilidade das rotas durante o seu planeamento [80].

A aplicação móvel Moovit é avaliada pelos seus utilizadores com uma pontuação de 4,6 numa escala de 5 pontos³, sendo que, os principais problemas citados remetem à inclusão excessiva de anúncios publicitários durante a execução da aplicação, junto com à falta de precisão das informações disponibilizadas sobre a rede de transportes.

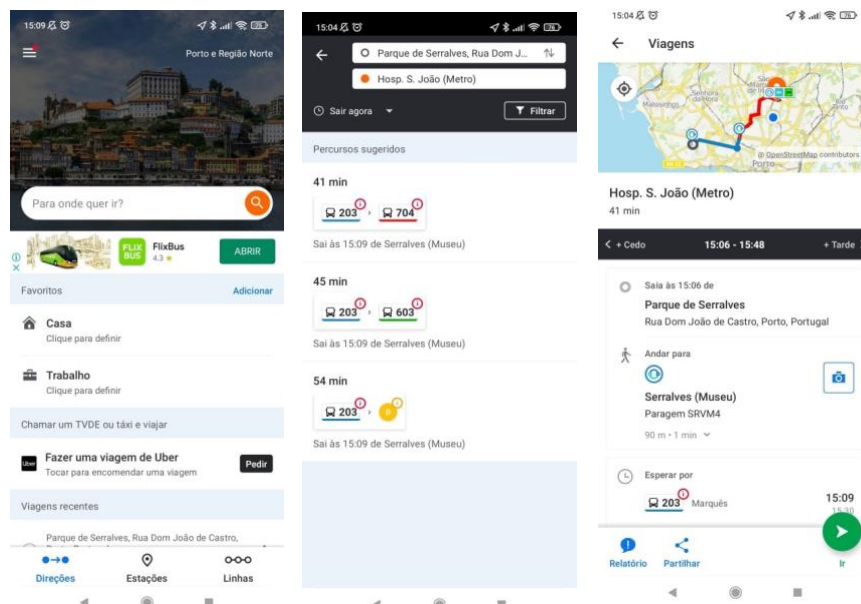


Figura 3.3 - Interfaces da aplicação móvel Moovit

O sistema de planeamento de rotas MOVE-ME ainda que não conste da análise comparativa apresentada na Tabela 3.1, é uma das principais aplicações móveis de planeamento de rotas utilizada em Portugal. A aplicação móvel MOVE-ME disponibiliza funcionalidades de planeamento de viagens em diferentes modos de transporte público agregadas a dados em tempo real. A partir de serviços baseados em localização, o sistema permite que as rotas sejam calculadas atendendo à localização do utilizador. A aplicação é alimentada por dados georreferenciados fornecidos por empresas de

³ App Store

transporte, incluindo detalhes da rede, horários e dados publicados em tempo real [63]. Em relação aos parâmetros de avaliação, os seus utilizadores, classificam o sistema MOVE-ME com uma pontuação de 2,2 em 5 pontos⁴, destacando a lentidão de execução como a principal objeção da aplicação móvel.

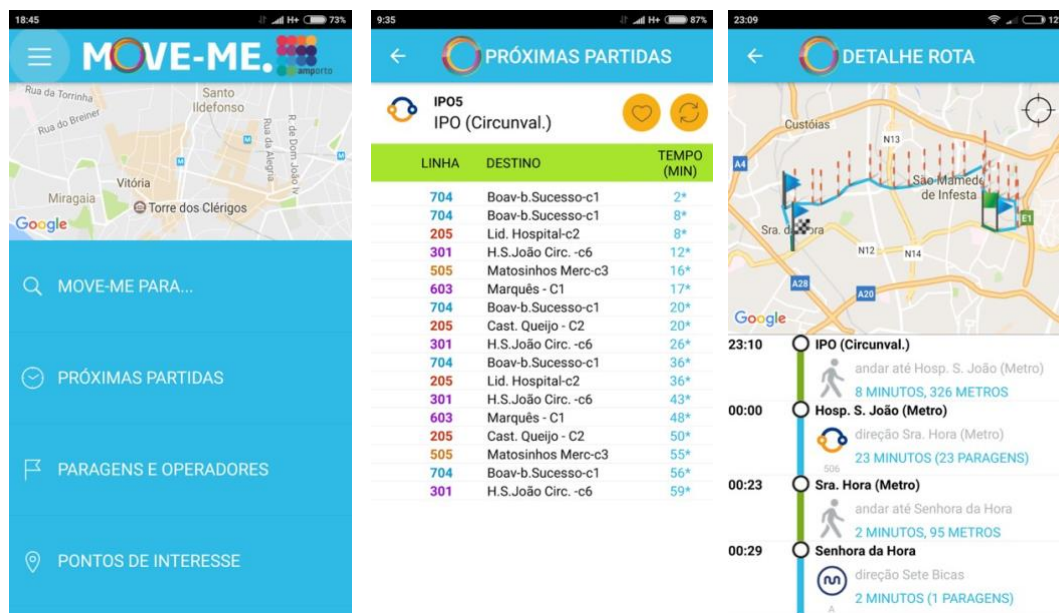


Figura 3.4 - Interfaces da aplicação móvel MOVE-ME

3.2 Inteligência coletiva

Com a revolução da Web 2.0 surgiram novos paradigmas de serviços colaborativos, caracterizados pela participação ativa dos seus utilizadores [82]. A Web 2.0 não se destacou da geração anterior pelos avanços a um nível tecnológico, mas pela disponibilização de ferramentas web que possibilitam a partilha de informações e experiências entre pessoas [83]. A chegada dos fóruns, *weblogs*, *wikis* e das redes sociais abriu portas para novos panoramas de comunicação e interação entre os utilizadores, deixando estes de assumir apenas um papel de consumidores, mas passando a estar envolvidos na criação colaborativa de conteúdo [82].

A participação ativa dos utilizadores na criação de valor pode tomar uma forma implícita, por meio de técnicas algorítmicas que melhoram continuamente um produto ou serviço à medida que aumenta o número de pessoas que o utilizam, ou um modo explícito, onde os utilizadores agregam valor interagindo de inúmeras formas online [84]. A Web 2.0

reflete, por consequência, o amadurecimento da Internet como meio de comunicação centrado no utilizador [84] beneficiando-se da inteligência coletiva da população [85].

3.2.1 Aproveitamento da inteligência coletiva

O conceito de inteligência coletiva emergiu dos debates levados a cabo por Pierre Lévy, partindo da premissa de uma inteligência universalmente distribuída, onde “ninguém sabe tudo, todos sabem alguma coisa, todo o conhecimento reside na humanidade” [86]. Lévy [87] descreve a inteligência coletiva como a “*inteligência distribuída por toda a parte, constantemente aprimorada, coordenada em tempo real, que resulta na efetiva mobilização de competências*”. A inteligência coletiva é deste modo popularizada como a “sabedoria das multidões” [88].

A ampla disponibilidade de tecnologias omnipresentes no quotidiano da população veio transformar a natureza das comunicações, estendendo as relações pessoais no espaço físico, para conexões de partilha online [89]. Embora numa época pré-internet o conceito de inteligência coletiva já fosse possível, a capacidade de reunir informações provenientes de milhões de pessoas em todo o mundo, através da web, abriu portas para novas possibilidades neste campo [90].

Atualmente, existem inúmeras organizações e comunidades que colocam em prática o poder da inteligência coletiva, destacando-se a Wikipédia como a plataforma mais popular. A enciclopédia online Wikipédia é inteiramente gerada a partir das contribuições dos seus utilizadores, onde qualquer pessoa pode criar ou editar conteúdos [90]. Segundo Giles [91], a Wikipédia disponibiliza informações científicas tão precisas quanto a Encyclopædia Britannica, publicada por uma editora privada. O sucesso deste tipo de plataformas depende, na sua grande maioria, da forte adesão dos utilizadores ao fluxo de geração e partilha de dados. Por via do crescente número de plataformas baseadas em inteligência coletiva disponíveis online é possível obter um bom indicador da disponibilidade e interesse da população em colaborar na construção de conhecimento coletivo, apoiadas no senso de comunidade percebido e no valor resultante desse conhecimento para seu próprio proveito, suportando assim ideia do poder da inteligência coletiva na resolução de problemas nos distintos segmentos da sociedade, em particular, no setor dos transportes [92].

Piórkowski [93] afirma que para atingir uma utilização ideal das infraestruturas públicas de transporte e uma redução nos tempos de viagem, os utilizadores carecem de estratégias de colaboração, tal forma que, aplicações de transporte colaborativo que se

baseiam na interação entre condutores, perdestes e operadoras de tráfego tem potencial para alcançar a eficiência de mobilidade em áreas urbanas. Thomphoson e Hassal [94] apontam que o uso de sistemas colaborativos no transporte urbano de carga, envolvendo a partilha de veículos e de áreas de armazenamento entre fornecedores, pode reduzir de forma substancial as distâncias de transporte percorridas, assim como o número de veículos necessários na distribuição urbana.

No paradigma dos transportes públicos, a aplicação da inteligência coletiva pode ser aproveitada não somente no domínio das operadoras de transporte, mas também envolvendo os seus viajantes [95]. Os vários passageiros dispersos por toda a rede de transportes públicos têm uma visão única dos acontecimentos à medida que estes se desenrolam, sendo capazes de gerar informações úteis para outros viajantes. Apesar da sua visibilidade individual sobre o sistema como um todo poder ser limitada, aquando da consideração do conhecimento de todos os viajantes na rede é possível obter uma massa de observadores sobre todo sistema a qualquer momento [96]. Do ponto de vista dos passageiros, a adoção de sistemas colaborativos proporcionaria maiores quantidades de informações disponíveis sobre a rede de transportes públicos, paralelamente, na ótica dos operadores de transportes, a colaboração pode apresentar-se como um poderoso método para, num contexto de redução de recursos financeiros, impulsionar a qualidade do serviço prestado [97], advindo-se, por consequência, potencial para o aproveitamento do poder da inteligência coletiva no setor dos transportes públicos coletivos [96].

3.2.2 *Crowdsourcing*

O crescimento do cultivo de abordagens colaborativas online conduziu à ascensão de um novo modelo de negócios, o *crowdsourcing*. Mencionado pela primeira vez em 2006 por Jeff Howe [98], o termo *crowdsourcing* refere-se à aplicação do conhecimento e experiência de uma comunidade virtual na produção e resolução de problemas online para atender a objetivos organizacionais específicos [99]. Ao invés das organizações resolverem os seus problemas por via dos seus próprios recursos, pedem à comunidade para encontrar soluções para estes. Tirar proveito da inteligência coletiva e combinar conhecimento da população, quando as condições são adequadas, oferece a possibilidade de alcançar soluções mais eficientes e qualitativamente superiores, em comparação com uma abordagem individual de especialistas [99][100].

A interação entre a comunidade e a organização é um fator crucial para assegurar que um resultado mutuamente benéfico seja estabelecido numa colaboração de

crowdsourcing. Com o propósito de alcançar a resolução de um problema, de complexidade e modularidade variáveis, a comunidade deve envolver-se na cocriação de valor por meio de uma colaboração explícita, beneficiando em contrapartida de um retorno pela sua contribuição. Por sua vez, a organização tem ao seu dispor o contributo da comunidade para explorar em seu próprio proveito [99].

Dada a natureza participativa dos projetos de *crowdsourcing*, o maior desafio apresentado na sua implementação recai sobre a motivação da comunidade. Manter os participantes interessados e envolvidos na resolução dos problemas apresentados é determinante para que o *crowdsourcing* seja bem-sucedido, pelo que, em alguns casos, é necessário recorrer a esquemas de incentivo e retenção a fim de encorajar a comunidade a contribuir para o projeto [101][102]. Em contrapartida, a grande maioria das implementações de projetos de *crowdsourcing* beneficia dos dispositivos móveis dos seus participantes como meio de obtenção de dados, o que acarreta um baixo investimento financeiro, sendo encarado como uma colossal vantagem para as organizações [103]. Uma desvantagem associada ao conceito de *crowdsourcing* é a qualidade e veracidade das informações obtidas, pelo que sistemas de validação dos dados gerados pela comunidade são primordiais para o sucesso deste modelo [103][104].

Geiger *et al.* [105], reconheceram quatro categorias de *crowdsourcing*: *crowd processing*, *crowd rating*, *crowd solving* e *crowd creation*. Cada um deles constitui um serviço distinto para a organização. O *crowd processing* agrega um elevado número de contribuições individuais na resolução de um problema. Um exemplo da utilização deste tipo de *crowdsourcing* é o serviço reCAPTCHA [106]. Em oposição, o *crowd rating* combina de forma coletiva as contribuições individuais da comunidade, dependendo, deste modo, de uma vasta quantidade de contribuições homogêneas. O sistema de avaliação de reputação de vendedores na plataforma eBay é um exemplo da aplicação de *crowd rating*. O *crowd solving* emprega uma abordagem mais qualitativa, em que diferentes contribuições representam soluções, ou partes de soluções, de um determinado problema. O seu objetivo é alcançar a melhor solução possível, sendo, o processo dado como terminado quando a solução ideal é encontrada. A resolução de casos médicos através da plataforma CrowdMed é um exemplo de destaque no serviço de *crowd solving*. Em última instância, o *crowd creation* é baseado numa multiplicidade de contribuições homogêneas, porém estas não devem ser avaliadas isoladamente, uma vez que carecem de uma comparação em relação a outras. Todo o tipo de conteúdos gerados pelos utilizadores em plataformas como redes sociais funcionam como exemplos de *crowd creation* [105]. Projetos de *crowdsourcing* apesar de baseados

num conceito simples, resultam num enorme potencial na resolução de problemas em diversos segmentos da sociedade.

Crowdsourcing aplicado ao transporte público

A aplicação de modelos colaborativos, por meio de *crowdsourcing*, tem particular interesse no setor dos transportes públicos, consequência do elevado número de passageiros dispersos por toda a rede de transportes capazes de agregar valor para solucionar problemas comuns [97][103]. A natureza omnipresente dos smartphones e sua ampla disponibilidade entre os passageiros, torna-os a ferramenta ideal para a partilha de informações em viagens, possibilitando que os viajantes atuem como sensores dentro da rede de transportes, entregando uma ampla gama de informações [107]. A disseminação destes dispositivos móveis aumentou a resolução das informações partilhadas em sistemas de mobilidade, seja em matéria de velocidade e qualidade, ou em relação à resolução espacial e temporal dos dados gerados [108].

Para que as contribuições da comunidade, num modelo de *crowdsourcing* aplicado ao setor dos transportes públicos, se tornem relevantes para o sistema é primordial que se encontrem agregadas a uma estrutura em termos de tempo e espaço [97]. Esta particularidade é apresentada na literatura como *crowdsourcing* de dados espaço-temporais [97][104][108].

Na secção 3.1 são apresentadas evidências científicas da relevância da disponibilização de informações em tempo real aos viajantes de sistemas de transporte público, contudo, dada a dimensão e complexidade das redes de transportes públicos nas áreas urbanas, a disponibilização deste tipo de informações carece de um elevado investimento financeiro por partes das entidades que operam na rede de transportes. Uma alternativa viável para a obtenção desses dados parte da integração do poder da inteligência coletiva nos transportes públicos, por meio de modelos de *crowdsourcing*. Nos últimos anos vários estudos foram conduzidos com o propósito de analisar o potencial desta categoria de soluções. Chaves [92] mostram que o aproveitamento do poder da inteligência coletiva por meio de sistemas colaborativos baseados em redes sociais pode ser uma forma de obter informações em tempo real sobre a rede de transportes públicos. Com a utilização deste género de solução, os viajantes passariam a poder aceder a informações referentes às condições dos serviços de transporte público advindas das contribuições de outros utilizadores do sistema. Ferris [69] observaram que modelos de *crowdsourcing* aplicados ao transporte público permitem disponibilizar informações atualizadas sobre o estado da rede de transportes. Adicionalmente, Coffas

[109] defendem que modelos de *crowdsourcing* podem ser usados para potenciar aplicações de planeamento de viagens.

Aplicações de planeamento de viagens com *crowdsourcing*

O potencial do aproveitamento da inteligência coletiva no setor dos transportes públicos levou ao surgimento de plataformas que promovem o *crowdsourcing* de dados espaço-temporais entre viajantes. Tiramisu, Moovit e Waze são exemplos de aplicações móveis que alavancam com sucesso o poder da colaboração em serviços de mobilidade.

Tiramisu dedica-se à geração e difusão de informações sobre autocarros em tempo real. Ao invés de recorrer a sistemas tradicionais de recolha de dados, que acarretam elevados custos financeiros, o sistema de Tiramisu faz uso dos serviços de localização e comunicação dos dispositivos móveis dos seus utilizadores a fim de disponibilizar informações em tempo real. Os viajantes são deste modo envolvidos na coprodução de informações, podendo fornecer dados sobre o nível de ocupação do veículo em que se encontram, reportar problemas decorridos ou experiências positivas dentro do sistema de transporte. Com base na localização dos veículos e nas informações advindas da contribuição dos utilizadores, o sistema prevê os horários de chegada de autocarros, assim como as suas taxas de ocupação. Quando não são disponibilizadas informações por parte dos utilizadores, o sistema apresenta os horários oficiais fornecidos pelas operadoras de transporte público [103][110][111]. Tiramisu oferece um exemplo de envolvimento cívico ideal no planeamento de viagens, apresentando-se benéfico tanto para os viajantes quanto para as operadoras na rede de transportes [103].

O Moovit é uma aplicação móvel de planeamento de viagens em serviços de transporte público, que permite que os viajantes na rede de transportes forneçam informações atualizadas a outros viajantes, tendo em vista proporcionar melhores experiências de viagem à comunidade [81][112]. Contrariamente ao Tiramisu, o sistema Moovit disponibiliza aos seus utilizadores informações em tempo real sobre uma multiplicidade de modos de transporte público. A aplicação móvel pressupõe um sistema de colaboração entre os seus utilizadores, permitindo-lhes contribuir com informações sobre o estado da rede, como exemplo, a ocorrência de atrasos, incidentes ou interrupções no serviço de transporte. As informações fornecidas pelos viajantes são combinadas com os dados entregues pelas operadoras de transporte e distribuídos a todos os utilizadores do sistema [80][81]. A aplicação móvel pretende deste modo simplificar o planeamento de viagens, tornando o transporte público mais atraente para a população [81]. Para além do modelo colaborativo entre utilizadores durante viagens,

o sistema Moovit dispõe de uma outra plataforma de colaboração, Comunidade Mooviter, que junta viajantes por todo o mundo na agregação de dados sobre as redes de transportes públicos. Os dados fornecidos pela comunidade auxiliam o sistema Moovit no aperfeiçoamento das informações disponibilizadas, assim como no aumento da cobertura do serviço pelo mundo [113].

Em contraste com os sistemas Tiramisu e Moovit, a aplicação móvel Waze incide num sistema de navegação em transportes privados. O Waze providencia aos viajantes recursos de navegação na rota e apresenta tempos de viagem estimados. Por meio do seu modelo de *crowdsourcing* de dados espaço-temporais, o sistema agrega dados em tempo real através da contribuição ativa dos viajantes, em conjunto com os sensores embutidos nos dispositivos móveis dos utilizadores enquanto a aplicação está a ser executada. Durante as suas viagens, os utilizadores podem fornecer ao sistema dados sobre o estado da rede, designadamente, a ocorrência de acidentes que comprometam a circulação. Todas as informações recolhidas pelo sistema são disponibilizadas publicamente aos utilizadores com intenção de auxiliar na tomada de decisões informadas para as suas viagens [81].

Como meio de incrementar a participação ativa dos utilizadores, tanto Waze como o sistema Moovit entregam recursos de gamificação, num sistema de acumulação de pontos pelas contribuições feitas pelos utilizadores. Estes mecanismos procuram tornar a participação ativa dos utilizadores intrinsecamente agradável e motivadora [81]. Xuan *et al.* [114] afirmam que a utilização deste modelo na aplicação Waze resolveu com sucesso o problema do incentivo da população na agregação de dados.

3.3 Interação humano-computador

O advento da computação móvel no início da década de 1980 conduziu à demanda por mecanismos mais acessíveis e eficientes de interação entre os utilizadores e os artefactos tecnológicos. Esta carência resultou na disciplina *Human-Computer Interaction* (HCI), um campo de estudo que se ocupa do desenho de sistemas de computação com foco na interação entre o humano e os dispositivos tecnológicos [115][116][117]. Ainda que inicialmente tenha surgido associado à área da ciência de computadores, o amadurecimento do HCI, registado nas últimas décadas, expandiu-o como um campo multidisciplinar com participação no domínio da psicologia, sociologia e ciências cognitivas [118].

Quando se fala de interação humano-computador são estabelecidos três segmentos: os utilizadores, os sistemas computacionais e as tarefas a realizar. Para alcançar o

refinamento da interação e entre os utilizadores os artefactos tecnológicos, o HCI propõe-se a projetar sistemas que minimizem a barreira entre a tarefa a executar e o modelo cognitivo do utilizador, assim como o entendimento, na perspetiva do sistema, da tarefa do humano. Consequentemente, parte significativa do trabalho de HCI concentra-se em propor técnicas, métodos e diretrizes para projetar, avaliar e implementar sistemas de computação que assegurem um incremento da usabilidade e alinhamento com as necessidades dos seus utilizadores [115][116][117].

3.3.1 Usabilidade

A usabilidade de um sistema computacional decorre da facilidade com que um utilizador, sem qualquer tipo de treinamento formal, consegue interagir com as interfaces do utilizador no sistema [119]. De acordo com Nielsen [120], a usabilidade aplica-se a todos os recursos de um sistema com os quais o utilizador pode interagir, e é tradicionalmente associada a cinco componentes de qualidade: aprendizagem, eficiência de uso, memorabilidade, erros e satisfação subjetiva. A partir deste entendimento, a usabilidade transita de um conceito abstrato para uma disciplina de engenharia onde pode ser sistematicamente abordada, melhorada e avaliada.

Numa tentativa de formalizar o conceito de usabilidade, a International Standards Organization (ISO) define a usabilidade como “*a extensão na qual um produto pode ser usado por utilizadores específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação num determinado contexto de uso*” [70]. A eficácia pode ser entendida como a precisão e integridade sobre a qual os utilizadores conseguem alcançar objetivos específicos. Paralelamente, a eficiência refere-se à quantidade de recursos necessários para que os utilizadores atinjam esses mesmos objetivos. Quanto menor for o esforço necessário para que uma meta seja alcançada, maior será o grau de eficiência, já a satisfação está relacionada com o nível de conforto sentido pelos utilizadores na interação com o produto [70][121]. Em conformidade, a usabilidade pode ser entendida como propriedade da interação entre o sistema, a tarefa e o utilizador [121].

Apoiado na definição exposta na norma ISO 9241-11 é possível inferir que a usabilidade não deve ser encarada como propriedade isolada de um sistema, mas como a qualidade geral da adequação de um qualquer artefacto tecnológico a um propósito em particular, por consequência, deve ser vista a partir do seu contexto de uso, assim como do objetivo ao qual o sistema se propôs alcançar [122]. Do mesmo modo, a usabilidade de um qualquer produto tecnológico depende das particularidades dos seus utilizadores [121].

Bernard [123] refere que um sistema para ser verdadeiramente utilizável deve ser compatível com as características da percepção e da ação humana, mas acima de tudo, com as habilidades cognitivas dos seus utilizadores.

A riqueza de tecnologias emergentes e os permanentes avanços computacionais registados nas últimas décadas conduziram à ascensão de inúmeros produtos tecnológicos, no entanto, a sua popularidade não representa uma aceitação imediata por parte dos consumidores. Dada a ampla disponibilidade de opções no mercado, se os utilizadores considerarem que um determinado sistema é de difícil interação, salvo a expressa inevitabilidade, a primeira linha de defesa será o abandono e subsequente desistência de utilização do artefacto tecnológico. A usabilidade constitui assim uma condição para a sobrevivência de produtos tecnológicos na era da internet [124].

Para atingir elevados níveis de usabilidade em sistemas computacionais é necessário aplicar modelos de design interativo, que progressivamente refinam o design por meio de avaliações de usabilidade [125]. Segundo Nielsen [120] a aplicação de métodos que permitem avaliar as interfaces do utilizador de um qualquer produto tecnológico, ao invés de disponibilizá-lo sem nenhum tipo de avaliação prévia, são consideravelmente superiores aos benefícios incrementais da utilização de métodos corretos num projeto. A avaliação da usabilidade de um qualquer sistema computacional inclui um conjunto de metodologias que avaliam em vários graus de detalhe a facilidade de uso das funções interativas do sistema [126]. O seu objetivo é garantir a verificação da qualidade do produto em comparação com as metas inicialmente definidas. Como resultado é possível perceber se o sistema computacional apresenta um nível aceitável de usabilidade ou se será necessário proceder à sua reformulação [127].

O domínio da avaliação de usabilidade é amplo, encontrando-se à disposição múltiplos métodos, que quando conduzidos iterativamente, permitem medir na prática a usabilidade de um qualquer sistema. As diferentes técnicas de avaliação de usabilidade são apresentadas na Figura 3.5.

A avaliação heurística, um método de inspeção conduzido por um conjunto de especialistas, é baseada na avaliação da usabilidade de um sistema ou protótipo real de um sistema com recurso a uma lista de verificação heurística, ou seja, um conjunto de avaliadores inspeciona o sistema com base num conjunto extenso de princípios de usabilidade denominados heurísticas [128]. A avaliação heurística apresenta-se como um método de usabilidade conveniente que permite identificar os piores conflitos de usabilidade e, em comparação com outras técnicas de avaliação, proporciona uma implementação fácil, rápida e com custos operacionais reduzidos [129]. Nielsen [130]

sugere um conjunto de dez heurísticas de usabilidade gerais para design de interfaces que sintetizam os problemas de usabilidade que ocorrem em sistemas reais:

1. Visibilidade do estado do sistema;
2. Compatibilidade do sistema com a realidade;
3. Controle e liberdade do utilizador;
4. Consistência e padrões;
5. Prevenção de erros;
6. Reconhecer em vez de recordar;
7. Flexibilidade e eficiência de uso;
8. Estética e design minimalista;
9. Ajuda aos utilizadores no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros;
10. Ajuda e documentação.

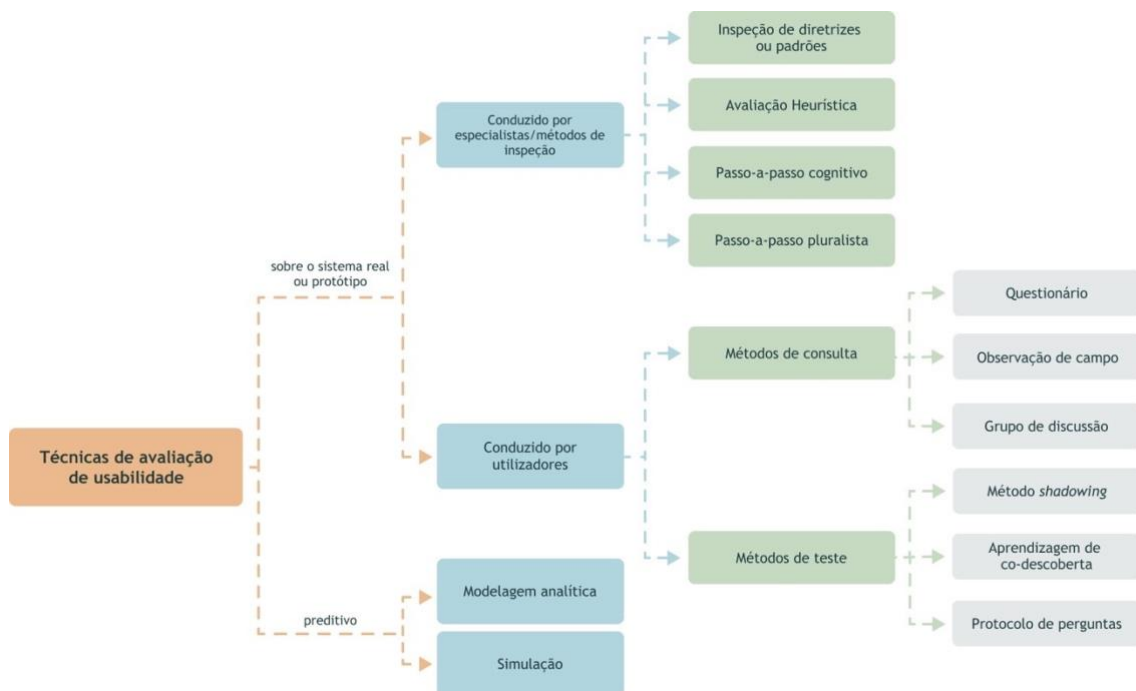


Figura 3.5 - Classificação de algumas técnicas de avaliação de usabilidade (Adaptado de Heuristic Evaluation on Mobile Interfaces: A New Checklist [129])

Complementarmente, os testes de usabilidade são um método de avaliação de usabilidade conduzido com utilizadores representativos. Nesta técnica de avaliação os utilizadores são solicitados a interagir com um sistema, ou com um protótipo real do sistema, com o objetivo de avaliar as diversas dimensões da experiência do utilizador aquando da interação com um produto tecnológico em específico [131]. Os utilizadores representam, por consequência, o meio central de aquisição de dados para a avaliação do sistema computacional [132]. Os dados empíricos gerados durante as sessões de

teste permitem determinar a satisfação dos potenciais utilizadores sobre o sistema, mas também avaliar a usabilidade das funcionalidades implementadas, assim como identificar problemas e possíveis melhorias [133]. Para que o sucesso da realização dos testes de usabilidade seja alcançado é fundamental um planeamento prévio e rigoroso, todavia, o tipo de teste e o grau de formalidade variam consoante do objetivo final pretendido [132].

3.3.2 Experiência do utilizador

Com o crescimento da demanda por produtos interativos uteis e utilizáveis registado ao longo dos últimos anos, o termo “Experiência do Utilizador” ganhou destaque na comunidade de *Human-Computer Interaction*. O conceito de Experiência do Utilizador, dada a sua natureza multidisciplinar, encontra-se associado a uma ampla multiplicidade de significados, desde correlacionados às variáveis hedônicas, até à beleza, aspetos afetivos ou experienciais da utilização de artefactos tecnológicos [134].

A relevância dada à Experiência do Utilizador prende-se com a crença de que o sucesso de um qualquer artefacto tecnológico é consideravelmente influenciado pela extensão na qual ele promove uma experiência de alta qualidade aos seus utilizadores [135]. Embora a importância da usabilidade se encontre demonstrada na literatura, esta por si só pode não ser suficiente para a aceitação de um qualquer produto pelos seus potenciais consumidores [136]. O facto de a Experiência do Utilizador incorporar não apenas a cognição e performance de um produto, mas também contemplar fatores externos, como aspetos sociocognitivos e afetivos da interação do utilizador com um qualquer sistema computacional, captou a atenção da comunidade científica para a relevância desta área de estudo [135][137].

A Experiência do Utilizador é entendida como consequência das características do sistema projetado, mas também do estado interno do utilizador, bem como do contexto/ambiente em que a interação decorreu [134]. O Modelo da Experiência do Utilizador de Hassenzahl [138] reconhece que cada utilizador atribui características a um produto ou serviço no momento da sua utilização. Estes atributos são agrupados em duas principais características: atributos pragmáticos e atributos hedônicos. Os primeiros relacionam-se com a utilização prática e funcional de um produto, ao passo que os segundos são associados ao bem-estar psicológico do utilizador [139].

Pelo facto de a Experiência do Utilizador ser considerada um conceito dinâmico e que acolhe influências de múltiplos fatores torna-se indispensável uma consideração

atempada das experiências do público-alvo na estratégia de planeamento do desenho e desenvolvimento de artefactos tecnológicos.

3.3.3 *User-Centered Design*

Numa tentativa de alcançar o aperfeiçoamento da experiência do utilizador na interação com sistemas computacionais emergiram nas últimas décadas novas abordagens de desenvolvimento de produtos tecnológicos. A metodologia *User-Centered Design* (UCD) que surgiu a partir da disciplina de HCI [140] e que ganhou destaque na década de 1980 graças aos trabalhos publicados por Donald Norman [141][142], tornou-se na abordagem de desenvolvimento mais comum. O UCD é um processo de design iterativo que estabelece como prioridades do design e do desenvolvimento de um produto ajustado às necessidades, objetivos e satisfação geral dos seus utilizadores [143]. Esta abordagem permite desta forma que um qualquer sistema seja projetado para suportar os requisitos e comportamentos dos utilizadores ao invés de exigir deles uma adaptação ao artefacto, proporcionando uma experiência mais eficiente, eficaz e satisfatória para o utilizador [125].

Por forma a estabelecer um padrão no desenvolvimento de produtos, a International Standards Organization apresentou a ISO 13407 [144] que visava proporcionar “*orientação sobre como alcançar a qualidade no uso incorporando atividades de design centrado no utilizador ao longo do ciclo de vida de sistemas interativos baseados em computador*”. Mais tarde, esta norma foi reformulada dando origem a ISO 9241-210 [145], que, atualmente, fornece uma estrutura para o design centrado no ser humano, complementa as metodologias de design existentes e apresenta uma perspetiva focada no utilizador que pode ser integrada em diferentes processos de desenvolvimento. Nesta norma são apresentados seis princípios a seguir no decurso da implementação de uma abordagem centrada no ser humano:

- o design é baseado numa compreensão explícita de utilizadores, tarefas e ambientes;
- os utilizadores estão envolvidos em todo o design e desenvolvimento;
- o design é conduzido e refinado por avaliação centrada no utilizador;
- o processo é iterativo;
- o design aborda toda a experiência do utilizador;
- a equipa de design inclui habilidades e perspetivas multidisciplinares.

A Figura 3.6 ilustra as diferentes etapas da metodologia *User-Centered Design* e a suas interdependências durante o processo de design de um sistema iterativo. De um modo

geral, podemos definir quatro atividades de design centrado no ser humano: compreensão e especificação do contexto de uso; especificação dos requisitos do utilizador; produção de soluções de design; avaliação do projeto [145]. Este conjunto de atividades é repetido até que seja atingido o desempenho esperado para o produto [143][145].

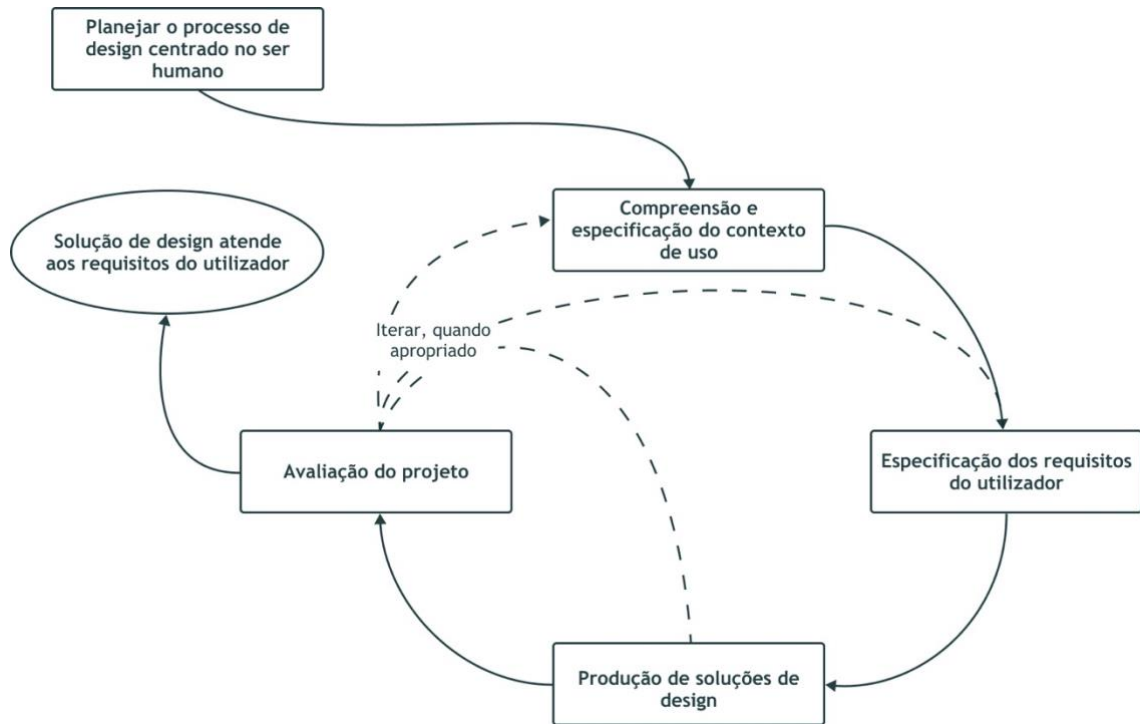


Figura 3.6 - Interdependência de atividades do design centrado no ser humano (Adaptado da ISO 9241-210 [145])

A adoção de uma abordagem de UCD no desenvolvimento de produtos comporta a dependência de dados no apoio às decisões de design, trabalhando, conseqüentemente, contra suposições subjetivas no que se refere ao comportamento dos potenciais utilizadores e apresenta uma base mais estável para o desenvolvimento de soluções tecnológicas [140]

Capítulo 4

Metodologia

O enquadramento teórico apresentado nos capítulos precedentes deste trabalho reflete o impacto dos efeitos preceptivos da proteção pessoal, segurança e conforto em viagens de transporte públicos nos hábitos de mobilidade da população e expõe o papel vital da disponibilização de informações valiosas aos viajantes, por via de sistemas de planeamento de rotas, na aceitação do uso de serviços de transporte público como meio de mobilidade em áreas urbanas. Independente desta intelecção, a análise comparativa entre as principais aplicações de planeamento de rotas, presentemente disponíveis, apresentada na secção 3.1, permite coligir que a generalidade dos sistemas de planeamento de rotas não considera as necessidades e preferências dos seus utilizadores no contexto de segurança e conforto dos planos de mobilidade em sistemas de transporte público. Em consequência, este projeto intenciona suprimir esta lacuna ao propor o desenho e desenvolvimento de um protótipo de um planeador de rotas com uma prestação de serviços centrada na promoção da proteção pessoal, segurança e conforto dos seus utilizadores em planos de mobilidade em sistemas de transporte público, formalmente definido como terceiro objetivo da presente dissertação.

Dada a natureza interativa do planeador de rotas que se almeja projetar, foi seguida uma metodologia centrada no utilizador, isto é, *User-Centered Design*. Em conformidade com o supracitado no capítulo precedente deste documento, a metodologia *User-Centered Design* é um processo de design iterativo que se caracteriza por estabelecer as necessidades, objetivos e satisfação geral dos utilizadores como o propulsor do design e desenvolvimento de produtos. Ainda que previstas múltiplas metodologias que orientam o desenvolvimento de produtos tecnológicos e que viabilizam metas de qualidade proeminentes, para os propósitos específicos deste projeto, a deliberação recaiu na adoção de uma metodologia UCD em virtude da sua estrutura iterativa e apanágios de usabilidade. A prosperidade do sistema de planeamento de rotas para transportes públicos, demarcado como objetivo do projeto, é subordinada pela facilidade com que os seus utilizadores finais se relacionam e interagem com a plataforma, por consequência, no decorrer do estágio do seu desenvolvimento a usabilidade do sistema deve ser assumida como fator imperativo.

A abordagem metodológica seguida resulta da adaptação do processo de design centrado no utilizador apresentado na norma internacional 9241 (ISO 9241-210) [145], e compreende um ciclo de três interações. O processo iterativo contempla três fases distintas: (i) Levantamento de requisitos, (ii) Prototipagem e (iii) Avaliação. A Figura 4.1 descreve o processo metodológico adotado, e que será minuciosamente descrito ao longo deste capítulo.

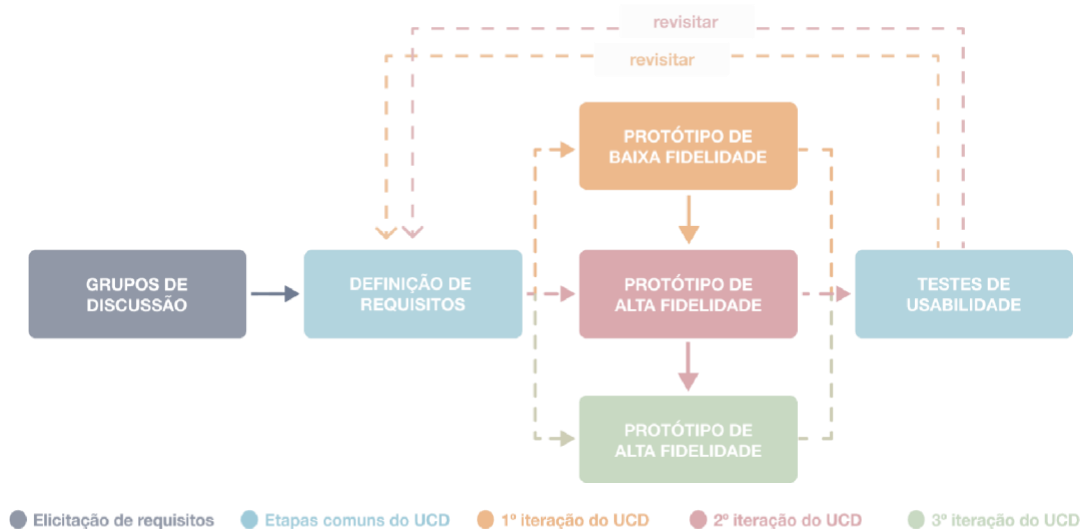


Figura 4.1 – Processo metodológico adotado

4.1 Grupos de discussão

Parte do desígnio deste projeto incide na identificação e compreensão dos parâmetros que influem as experiências de mobilidade em sistemas de transportes públicos da população e dos fatores que restituiriam a confiança dos viajantes na sua utilização como meio de mobilidade nos centros urbanos. Para suplementar aos fundamentos teóricos, foram conduzidos um conjunto de sessões de grupos de discussão com passageiros de transportes públicos.

Os grupos de discussão, igualmente nominados *focus group*, são uma técnica de pesquisa qualitativa na qual um grupo predeterminado de indivíduos partilha as suas opiniões, perspetivas e experiências em torno de um determinado tópico de pesquisa. O principal propósito deste método passa por reunir um extenso espectro de pontos de vista e uma compreensão profunda do domínio das questões de estudo alicerçada na perspetiva dos participantes. Em oposição a outros métodos qualitativos, os grupos de discussão permitem reunir uma ampla gama de dados em torno dos tópicos de pesquisa num curto período temporal [146]. As diretivas alvitraram uma duração entre sessenta e

noventa minutos para sessões de grupos de discussão [147], e a reunião de entre quatro e doze participantes liderados por um moderador [148].

Para os pressupostos inerentes à presente dissertação, a escolha de grupos de discussão como método de pesquisa recaiu na conveniência da recolha de dados no campo de estudo num contexto social abrangente e num breve período temporal. Consequência do contexto pandémico vivido no momento do desenvolvimento deste projeto, as sessões de grupos de discussão foram realizadas numa modalidade virtual, utilizando a plataforma Zoom, como sequela, o número de participantes careceu de ser reduzido, por forma a não comprometer a organização das sessões.

O estágio de pesquisa inclui a realização de duas sessões de grupos de discussão, com uma duração aproximada de sessenta minutos por sessão, que reuniram um total de sete participantes com diferentes padrões de mobilidade em sistemas de transporte público. Destes quatro integraram a primeira sessão e os restantes três na segunda sessão de grupo de discussão. De acordo com Guest *et al.* [149] um tamanho de amostra de duas a três sessões de grupos de discussão, provavelmente, será suficiente para captar pelo menos 80% dos temas de um tópico de pesquisa em específico numa população homogénea usando um guia semiestruturado.

As sessões de grupos de discussão foram conduzidas após a segunda vaga do surto pandémico de Covid-19, e os seus participantes recrutados por conveniência, não tendo sido imposta qualquer restrição etária no procedimento de seleção. Após o estágio de recrutamento, a totalidade dos participantes foi advertido dos objetivos do estudo, as regras e diretrizes do seu funcionamento e os limites de confidencialidade da sua participação, assinando um termo de consentimento informado. A íntegra das sessões de grupos de discussão foi gravada e analisada segundo métodos qualitativos [150].

Para garantir a abordagem da integralidade das questões em torno do tópico de pesquisa, as sessões de grupo de discussão foram apoiadas num guião semiestruturado, disponível no Apêndice A.3 deste documento, formulado com base nos conceitos precedentemente apreendidos na revisão sistemática minuciosa da literatura. Como complemento aos dados empíricos procedentes das sessões, foi, adicionalmente, aplicado um questionário preliminar, por forma a caracterizar sociodemograficamente a amostra do estudo.

4.2 Prototipagem

Parte do terceiro objetivo principal desta dissertação recai no desenvolvimento iterativo de um protótipo do planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos, do qual os requisitos iniciais são produto dos estágios precedentes deste projeto.

Com o intento de traduzir num artefacto tangível e testável o conceito do planeador de rotas, na primeira etapa de prototipagem foi produzido um protótipo de baixa-fidelidade, onde as preocupações durante o seu desenvolvimento não recaíram nos aspetos visuais do produto, mas na arquitetura de informação e recursos prestados. O incipiente protótipo do planeador de rotas para transportes públicos foi desenvolvido com recurso à ferramenta Proto.io, uma plataforma de prototipagem online que disponibiliza uma biblioteca de elementos gráficos facilitando a construção de protótipos para diferentes classes de dispositivos.

O protótipo de baixa-fidelidade foi subseqüentemente submetido a uma avaliação de usabilidade com utilizadores representativos. Alicerçado nos seus resultados, foi iniciada a segunda etapa de prototipagem, projetando um protótipo de alta-fidelidade do planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos, que, em oposição ao protótipo supra, apresenta-se plenamente funcional e interativo e assemelha-se à representação real esperada da interface do utilizador da aplicação móvel. Em analogia a etapa precedente, também o protótipo de alta-fidelidade foi adstrito a uma avaliação de usabilidade, sendo subseqüentemente reformulado, produto das contribuições dos seus utilizadores em potencial, na terceira, e postrema, etapa de prototipagem deste projeto. Na segunda e terceira iteração do protótipo do sistema de planeamento de rotas foi feito uso da ferramenta de prototipagem Figma, uma plataforma de design colaborativo que oferece recursos de prototipagem de interfaces gráficas.

4.3 Testes de usabilidade

Aplicar um modelo de design iterativo, onde o sistema é avaliado em diferentes estágios do desenvolvimento, permite refinar progressivamente o sistema em conformidade com o parecer e perspetivas dos seus potenciais utilizadores, proporcionando a eventualidade de que o produto final proposto manifeste níveis mais elevados de usabilidade e, por consequência, melhores experiências de utilização de um ponto de vista geral [125]. Apoiada nesta premissa, a etapa de avaliação da usabilidade do sistema de planeamento de rotas foi segmentada em três momentos de avaliação, aludindo às três iterações de prototipagem do sistema. Para medir efetivamente a

usabilidade do planador de rotas proposto foram aplicados testes de usabilidade com utilizadores representativos, em consequência de este se apresentarem como um método de avaliação que viabiliza um entendimento direto da perspectiva de utilização do produto pelos seus potenciais utilizadores [120].

Com o desígnio de mensuraram quantitativamente e qualitativamente a usabilidade e utilidade da plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos, as sessões de teste foram decompostas em três subfases: (i) questionário pré-teste; (ii) fase de teste; (iii) questionário pós-teste. Para uma visão global da avaliação subjetiva da usabilidade do produto tecnológico projetado, a terceira subfase das etapas de avaliação do sistema serviu-se de uma adaptação do *System Usability Scale* (SUS) [122]. Esta escala de avaliação pressupõe que os participantes indiquem, numa escala *Likert* de 5 pontos, o seu grau de concordância sobre um conjunto de 10 afirmações do contexto do sistema, evidenciando-se como um instrumento poderoso, robusto e confiável de avaliação da usabilidade de um produto [122].

Os dados empíricos, produzidos nas múltiplas subfases das etapas de avaliação, foram, ulteriormente, aplicados nos estádios de prototipagem do planeador de rotas promovendo a retificação e refinamento das interfaces do protótipo e evolução do seu conceito latente.

Capítulo 5

Definição de requisitos

A análise das evidências científicas no contexto dos conceitos base do projeto, proveniente da revisão sistemática da literatura precedente, concedeu a definição do cenário de desenvolvimento desta dissertação. O quadro teórico assegurou o entendimento do panorama de mobilidade da população em sistemas de transporte público nos centros urbanos, ressaltando as carências e desafios reconhecidos pelos viajantes.

A presente dissertação compromete-se com desenvolvimento de uma solução tecnológica de promoção junto da população dos sistemas de transporte público como meio de mobilidade em áreas urbanas, assumindo como parte da estratégia de planeamento do seu design e desenvolvimento a consideração atempada das experiências do público-alvo. Para combater o verossímil cariz subjetivo do embasamento teórico, projetou-se um estudo profundo das deficiências dos sistemas de transportes públicos como abordagem de mobilidade na ótica dos viajantes, atuando como base da definição inicial dos requisitos do artefacto tecnológico fixado como terceiro objetivo desta dissertação.

5.1 Grupos de discussão

Para a identificação e compreensão das carências e preferências da população em relação aos serviços de transporte público e dos fatores que contribuiriam positivamente para a reconstituição da sua confiança na utilização dos mesmos como meio de mobilidade, foram projetados grupos de discussão com passageiros de transportes públicos. As sessões de discussão foram divididas em duas partes: a primeira dirigida à exposição do objetivo dos grupos de discussão, apresentação do moderador e dos participantes e comunicação das diretrizes de funcionamento da sessão; numa segunda parte foram lançadas questões aos participantes e realizada a discussão. Os assuntos exploratórios abordados encontram-se agrupados em três grandes grupos: (i) fatores que influenciam a percepção de conforto e de segurança no uso de serviços de transporte público e de que forma interferem nas opções de mobilidade; (ii) impacto da pandemia de Covid-19 nos hábitos de mobilidade; (iii) papel da disponibilização de informações na melhoria da experiência de viagem em serviços de transporte público.

5.1.1 Caracterização da amostra

Os grupos de discussão foram fracionados em duas sessões que reuniram um total de 7 participantes. De forma a atingir um espectro diversificado de opiniões e perspetivas sobre o domínio das questões de pesquisa, procurou-se recrutar uma amostra diversificada de participantes com diferentes faixas etárias e padrões de uso de serviços de transporte público como meio de mobilidade em áreas urbanas. A Tabela 5.1 apresenta uma visão detalhada das características sociodemográficas da amostra.

#	Faixa etária	Género	Grau de escolaridade
1	18-24	Feminino	Ensino Superior - mestrado
2	25-34	Feminino	Ensino Superior - mestrado
3	25-34	Masculino	Ensino Superior - mestrado
4	18-24	Feminino	Ensino Superior - bacharelato ou licenciatura
5	18-24	Feminino	Ensino Secundário ou equivalente (12º ano)
6	25-34	Masculino	Ensino Superior - doutoramento
7	18-24	Masculino	Ensino Secundário ou equivalente (12º ano)

Tabela 5.1 — Caracterização sociodemográfica da amostra dos grupos de discussão

Apesar dos esforços adotados para a obtenção de uma amostra diversificada de participantes presentes nas sessões de grupos de discussão, as limitações enfrentadas pela situação pandêmica, vivida aquando da sua realização, constituíram um obstáculo ao recrutamento de um maior número de participantes e respetiva faixa etária registada. Esta pode ser encarada como uma limitação do estudo conduzido, porém, entende-se que os grupos de discussão produzidos asseguraram um extenso espectro de perspetivas sobre os tópicos de pesquisa. A Figura 5.1 descreve os hábitos de mobilidade dos participantes dos grupos de discussão. A maioria dos intervenientes (57,1%) antes do surto pandémico por Covid-19 recorria diariamente a serviços de transporte público como meio de mobilidade, ao passo que os restantes (42,9%) utilizavam veículos de transporte público frequentemente, isto é, uma vez por semana. O choque pandémico produziu efeitos profundos nos hábitos de mobilidade dos participantes dos grupos de discussão, sendo registado um decréscimo da utilização de sistemas de transporte público entre a amostra. Atualmente, apenas 14,3% dos participantes recorre a serviços de transporte público como meio de mobilidade diariamente. Parte significativa da amostra (42,8%) revela que presentemente apenas ocasionalmente usufrui de veículos de transporte público, assim dizendo, uma vez por

mês. Complementarmente, 28,6% utiliza somente uma vez por ano, enquanto os restantes (14,3%) confessam que deixaram de se deslocar com recurso a serviços de transporte público.

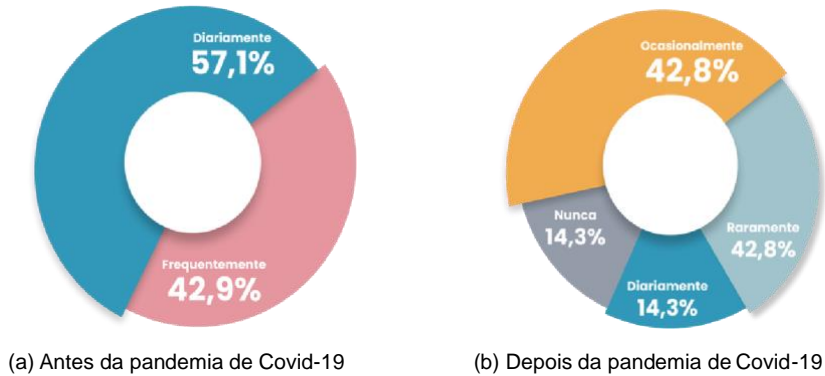


Figura 5.1 – Hábitos de mobilidade dos participantes dos grupos de discussão

Tanto antes do surto pandémico, como no momento presente, o autocarro é a escolha preferencial de modo de transporte público entre os participantes dos grupos de discussão, conforme ilustrado nas Figura 5.2 e Figura 5.3.

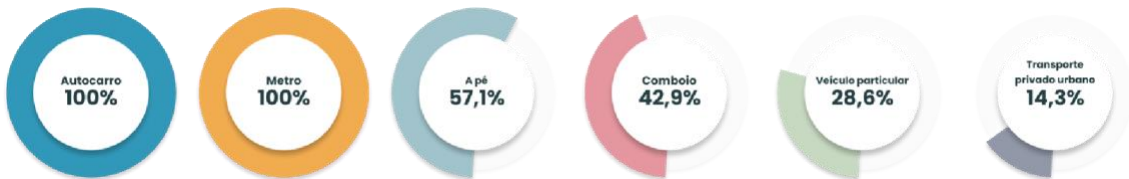


Figura 5.2 – Distribuição da utilização de meios de transportes antes da pandemia de Covid-19



Figura 5.3 – Distribuição da utilização de meios de transportes depois da pandemia de Covid-19

Os sistemas de planeamento de viagens são considerados uma ferramenta poderosa de auxílio aos viajantes em áreas urbanas. Entre os participantes dos grupos de discussão, estas ferramentas são utilizadas pela maioria, ou seja, 85,7% da amostra, cf. Figura 5.4.

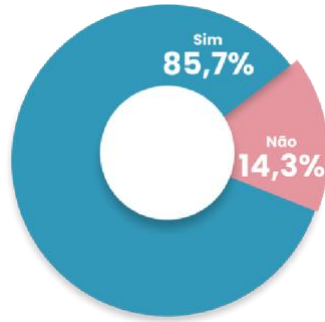


Figura 5.4 – Utilização de ferramentas móveis de assistência em viagens de transportes públicos entre a amostra dos grupos de discussão

As aplicações móveis MOVE-ME, Moovit e Porto.bus são as escolhas mais contumazes entre os participantes, utilizadas principalmente com a finalidade de consulta de horários e de informações sobre linhas e estações dos serviços de transporte público.

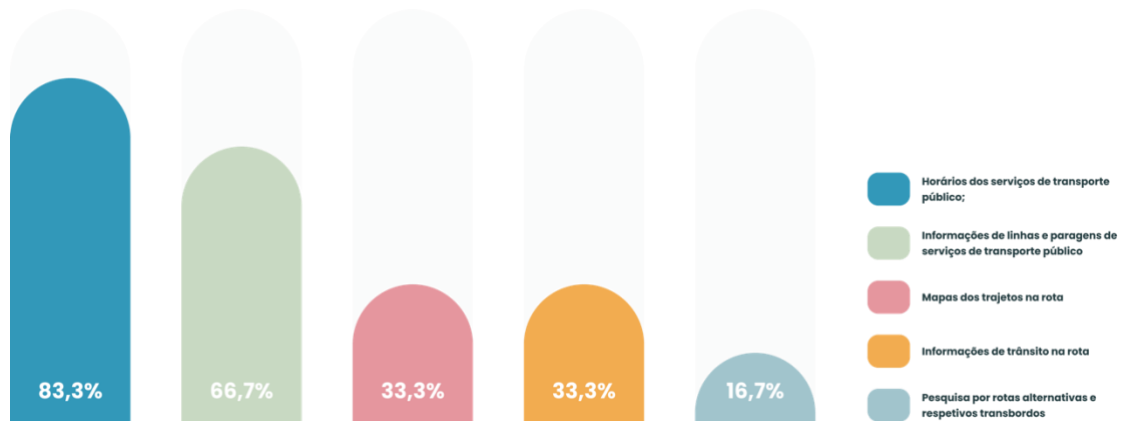


Figura 5.5 – Propósitos de utilização de ferramentas móveis de assistência em viagens de transportes públicos entre a amostra dos grupos de discussão

5.1.2 Entendimento das necessidades

As sessões de grupos de discussão conduzidas seguiram um guião semiestruturado, disponível no Apêndice A.3, que estimulou os participantes a refletir e debater as suas experiências na utilização de serviços de transporte público como meio de mobilidade.

A análise do conteúdo dos dados gerados durante os grupos de discussão permitiu constatar que todos os participantes consideram o ruído, lotação, limpeza e ventilação dos veículos como fatores basilares na perceção de segurança e conforto durante viagens em transportes públicos. A incerteza quanto aos horários de partida, longos períodos de espera, trânsito na rota e vias de acesso a estações mal iluminadas estão associados a experiências negativas na utilização de serviços de transporte público, sendo correlacionados a sensações de desconforto e insegurança.

A rápida proliferação do surto de Covid-19 transmutou abruptamente o estilo de vida da população, revelando-se impactante nos hábitos de mobilidade de todos os participantes

dos grupos de discussão. Uma percentagem substancial da amostra refere que antes do surto pandémico não considerara alternativas de mobilidade aos sistemas de transporte público, por consequência de estes se apresentarem como uma opção conveniente e economicamente mais acessível. Contudo, influenciados pelo medo de contágio, parte significativa dos participantes mencionam que, atualmente, elege alternativas aos transportes públicos para deslocações nos centros urbanos, destacando-se a utilização de veículos particulares e serviços de transporte privado de passageiros.

Perceções de segurança e conforto na utilização de sistemas de transporte público revela-se, na corrente era pandémica, particularmente relevantes no quotidiano dos participantes, sendo destacada como principal argumento para a eleição de meios sucedâneos de mobilidade. Apesar de tudo, segundo os participantes mantêm-se inalterados os fatores com relação direta nos efeitos preceptivos de segurança e conforto.

A quota de participantes que referencia o abandono dos sistemas de transporte público como modelo de mobilidade reputa que a disponibilização de informações no contexto da rede de transportes públicos interferiria positivamente numa transição modal a seu favor. Os subsecivos reforçam a preeminência da prestação de dados na melhoria das experiências de viagem. Adicionalmente, a disponibilização de informações no domínio dos sistemas de transportes públicos foi correlacionada ao acréscimo de sensações de conforto e segurança em planos de mobilidade em meios de transporte público:

“Toda a questão da insegurança e do desconforto sentido é sustentada no medo e na percepção que temos dos acontecimentos, ou seja, o que realmente acontece se calhar não é assim tão inseguro nem há provas concretas de que existam transmissões de Covid-19 em transportes públicos que sejam relevantes para deixarmos de os utilizar. Mas nós somos influenciados pelo fator psicológico que nos leva a ficar inseguros e desconfortáveis, logo se fossem disponibilizadas mais informações sobre as viagens fazia com que tivéssemos mais informados o que nos causava uma maior sensação de segurança e de conforto, o que nos ia levar a optar novamente por viajar em transportes públicos”

Após o questionamento das categorias de dados no contexto da rede de transportes públicos aos quais prezariam ter acesso, os participantes destacaram que consideram fulcral serem disponibilizados dados a respeito da lotação, higienização e ventilação dos veículos e informações sobre as áreas de acesso a estações e paragens de transportes públicos, bem como tempos de caminhada até estas. Informações em tempo real sobre os horários das próximas partidas dos veículos, o estado de funcionamento das linhas

e estações e a monitorização do tráfego na rota foram consideradas informações de primordial relevância para os viajantes. Complementarmente, a amostra afirma que gostaria de poder acompanhar possíveis alterações nos percursos das suas viagens, bem como receber alertas sobre a aproximação dos veículos às estações como forma de diminuir o tempo de espera nestas.

5.2 Discussão

A adoção de uma abordagem metodologia de *User-Centered Design* comporta o estudo dos requisitos e comportamentos dos potenciais utilizadores como alicerce das deliberações de desenvolvimento da solução tecnológica. Por consequência, para a consecução do segundo objetivo principal previsto para a presente dissertação, e como suplemento aos fundamentos teóricos precedentes, foi conduzido um estudo das carências e preferências da população em relação aos serviços de transporte público e dos fatores que contribuiriam positivamente para a reconstituição da sua confiança na utilização dos mesmo como meio de mobilidade através de grupos de discussão com passageiros de transportes públicos.

Ainda que o conjunto de sessões de grupos de discussão conduzidas tenha reunido uma amostra limitada de opiniões, estas asseguraram evidências empíricas de uma saturação dos dados gerados, produzindo um entendimento inequívoco dos requisitos dos viajantes no contexto de mobilidade em sistemas de transporte público nos centros urbanos. Após análise qualitativa dos dados produzidos, é factível corroborar o relevo dos efeitos preceptivos de segurança e conforto na aceitação da mobilidade com recurso a transportes públicos, sobrelevando como principais elementos adversos a incerteza dos horários dos veículos de transporte público, o congestionamento nos percursos de mobilidade, e a deficiência dos acessos a estações de transportes públicos. Complementarmente, os intervenientes dos grupos de discussão corroboraram o potencial da disponibilização de informações oportunas na melhoria das experiências de mobilidade em sistemas de transportes públicos em áreas urbanas, paralelamente à lacuna dos sistemas de informação acessíveis aos viajantes na prestação de dados correlacionados com as suas necessidades vigentes, considerando o presente quadro pandémico, em particular as condições de lotação, higienização e limpeza dos veículos de transportes públicos conexos aos seus planos de mobilidade.

Capítulo 6

Aplicação móvel *ReStart*

Para solucionar o problema descrito neste projeto é apresentada a aplicação móvel *ReStart*, um sistema de planeamento de rotas para transportes públicos. Neste capítulo é descrita, em detalhe, a evolução do seu desenvolvimento e documentadas as decisões de design adotadas nos distintos estágios de prototipagem do sistema. O protótipo final pode ser consultado em: <https://bityli.com/mAFwBesQ>.

6.1 Conceito

Beneficiando da proliferação da computação móvel e ubíqua no quotidiano da população e da ampla cobertura dos sensores dispersos nas redes de transportes, esta dissertação propõe “*ReStart*”, uma plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos que atende às necessidades dos passageiros em termos da sua proteção pessoal, segurança e conforto, estabelecendo como objetivo primordial o incremento das experiências de viagem com recurso a serviços de transporte público dos passageiros e reconstituição da confiança da população na sua utilização. A plataforma, materializada sob a forma de aplicação móvel, oferece uma prestação de serviços centrada no utilizador, onde a definição das funcionalidades e recursos do sistema se baseou no embasamento teórico precedentemente recolhido da literatura, reforçado pelos resultados do estudo das carências e prioridades dos passageiros de transportes públicos. Como consequência, o sistema incorpora três recursos primários: planeamento de viagens, consulta de informações singulares e agendamento de viagens no domínio da rede de transportes públicos.

O sistema de planeamento de rotas *ReStart* é baseado em tecnologias de comunicação móveis sem fios, 3G, 4G e Wi-Fi, e nos provedores de localização, GPS e triangulação da rede, embutidos nos dispositivos móveis dos seus utilizadores. Apoiado nos dados dinâmicos georreferenciados, concedidos pelos provedores de transporte público e coletados pelos múltiplos sensores espalhados na rede de transportes, a plataforma proposta entrega, aos seus utilizadores, informações em tempo real, numa janela temporal de trinta minutos, apoiando a tomada de decisões de viagem baseadas em dados reais.

As fontes de informação, no entanto, não se limitam aos operadores de transportes públicos, mas englobam a participação ativa dos utilizadores. De modo de otimizar a eficiência da comunicação de informações e oferecer uma prestação de serviços centrada nas preferências dos viajantes, a plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos integra aos seus utilizadores num processo colaborativo de prestação de informações ao sistema. Além de aumentar a relevância dos dados recebidos por cada viajante, este modelo permite providenciar atualizações sobre rede de transportes públicos em tempo hábil. Quando o horizonte temporal é superior a trinta minutos ou não se encontram acessíveis dados em tempo real, o sistema de planeamento de rotas opera segundo informações publicadas.

6.2 Modelo colaborativo

As evidências científicas, apresentadas na secção 3.2, sustentam que o elevado número de passageiros dispersos por toda a rede de transportes tem capacidade de agregar valor para o panorama de mobilidade, salientando o potencial do aproveitamento da inteligência coletiva no setor dos transportes públicos. Os múltiplos passageiros dispersos por toda a rede de transportes públicos dispõem de uma visão única dos acontecimentos à medida que estes se desenrolam. Embora o seu conhecimento individual sobre toda a rede seja limitado, quando combinado com a perspetiva de uma massa de observadores torna-se possível obter uma inteligência englobante do domínio da rede de transportes urbanos [151]. Adicionalmente, a natureza omnipresente dos dispositivos móveis pessoais concede uma multiplicidade de sensores embebidos com graus variáveis de inteligência capazes de criar oportunidades na recolha de dados da rede de transportes públicos. Por consequência, aproveitar a inteligência coletiva no setor dos transportes públicos concede a possibilidade que as fontes de informação não se limitem aos dados facultados pelas operadoras de transporte, mas que incluam o envolvimento em tempo real dos passageiros na prestação de informações no domínio da rede de transportes.

Considerando o quesito da otimização da eficiência do fornecimento de informações em viagens e a prestação de serviços centrada nas preferências dos utilizadores, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* pressupõe a inclusão dos seus utilizadores num processo colaborativo. Para além do seu convencional papel de consumidores de informações em sistemas de planeamento de rotas, os viajantes assumem no planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos proposto uma função de provedores de dados. Durante as suas viagens, os utilizadores do sistema são solicitados a contribuir com informações conexas a categorias pré-definidas do domínio

da rede de transportes, em particular, dados correlacionadas aos aspetos preceptivos de segurança e conforto dos seus planos de mobilidade. Complementarmente à participação ativa dos utilizadores na prestação de informações, a entrada de dados no sistema pode ser executada de forma automática, por intermédio dos sensores integrados nos dispositivos móveis dos viajantes. Para que sejam encarados como relevantes para o sistema, os dados provindos do modelo colaborativo carecem de uma estrutura espaço-temporal, assegurando o seu vínculo a uma rota ou veículo singular.

Beneficiar da inteligência do coletivo de viajantes dispersos por toda a rede de transportes possibilita a obtenção de tipos avançados de informações, aos quais os operadores de transportes possivelmente não conseguiriam aceder e difundir, por meio de canais de comunicação, em tempo hábil. Da perspetiva dos viajantes, o modelo colaborativo instituído pode alavancar mecanismos de prestação de dados sobre o panorama de mobilidade nos centros urbanos, que embora não atenuem as problemáticas agregadas à utilização de sistemas de transporte público, providenciam uma camada adicional de dados que possibilitam a tomada informada de decisões de mobilidade. Em consequência da sua participação ativa no processo de prestação de informações ao sistema, os utilizadores fruem de dados valiosos em tempo real que abrem portas a oportunidades na melhoria da experiência de viagem em serviços de transporte público.

O domínio da segurança e privacidade deve ser tratado com especial precaução, notadamente em questões de conexão de partilha online. As informações produto do processo colaborativo entre o utilizador e sistema são, após consentimento do utilizador, registadas no banco de dados de *ReStart* associadas à sua referência espaço-temporal. Como forma de preservar a privacidade da totalidade dos utilizadores envolvidos no modelo colaborativo, no decorrer do procedimento de distribuição dos dados pela comunidade do sistema de planeamento de rotas, as informações difundidas não se encontram vinculadas a qualquer referência do utilizador que as providenciou ao sistema.

As evidências empíricas descritas na literatura, apresentadas nos capítulos segundo e terceiro deste trabalho, forneceram a base teórica para a estruturação do modelo colaborativo apresentado no sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

6.2.1 Mecanismo de validação

O principal requisito para o sucesso do planeador de rotas *ReStart* assenta na qualidade e veracidade das informações disponibilizadas aos seus utilizadores. A tomada de decisões durante o processo de viagem em serviços de transporte público tem uma

relação direta com a base de dados à disposição dos viajantes, podendo informações não confiáveis produzir consequências nefastas para a mobilidade da população nos centros urbanos.

Considerando que parte significativa dos dados difundidos pelos planeador de rotas *ReStart* são produto do processo de colaboração entre os seus utilizadores e o sistema, é imperioso a inclusão de um mecanismo de validação, conexo ao modelo colaborativo, que sustente a confiabilidade das informações no banco de dados do sistema de planeamento de rotas. Para garantir a veracidade dos dados prestados pelos utilizadores e filtrar acontecimentos passados na rede de transportes, os utilizadores, complementarmente à sua função de consumidores e provedores de informações, assumem igualmente um papel de validadores de dados. Quando é acionada uma nova entrada no banco de dados do sistema por um qualquer viajante, esta é reencaminhada para os demais utilizadores com referência espaço-temporal análoga, ou seja, para viajantes que se encontram na mesma rota ou veículo do utilizador que providenciou os dados. Quando as informações são difundidas para a comunidade do planeador de rotas, os utilizadores podem avaliá-la quanto à sua correção, por intermédio de um sistema de classificação de voto negativo ou positivo. Se uma informação for classificada com voto negativo por dois ou mais utilizadores, é automaticamente qualificada como não confiável pelo sistema, sendo interrompida a sua difusão aos restantes viajantes.

O envolvimento dos utilizadores na validação de dados espaço-temporais reúne as condições basilares para a estruturação e disseminação de dados em tempo real no modelo colaborativo projetado. Adicionalmente à modalidade de validação prevista, os dados provindos de outras fontes de dados podem complementar o procedimento de validação das entradas do banco de dados do planeador de rotas.

6.2.2 Mecanismo de incentivo

Atendendo à natureza participativa do modelo colaborativo instituído no sistema de planeamento de rotas *ReStart*, o maior desafio interposto na sua implementação recai sobre a motivação dos utilizadores no processo de prestação de informações ao sistema. Assegurar o envolvimento de uma massa crítica de participantes é determinante para o sucesso do modelo colaborativo, e embora o acesso a uma camada adicional de dados e o senso de comunidade possam funcionar como incentivo, de um modo singular pode não ser suficiente para sustentar elevados níveis de participação da comunidade no projeto.

Com o desígnio de impulsionar o envolvimento ativo dos utilizadores na prestação de dados sobre a rede de transportes públicos, o modelo colaborativo estabelecido pressupõe um esquema de incentivo e retenção à participação dos utilizadores no processo de entrada de dados no sistema. Definida como “o uso de elementos de design de jogos em contextos não-jogos” [152], a gamificação é apresentada como uma estratégia de intervenção que visa a motivação intrínseca da comunidade na resolução de tarefas ou atividades [152][153]. À luz desta definição, o modelo colaborativo adotado em *ReStart* premeia os seus utilizadores pela disponibilização de informações válidas, assim como pela validação de dados prestados por terceiros, num sistema de acumulação de pontos conexos à sua identidade de utilizador no sistema.

Partindo da premissa de um conhecimento distribuído pelos múltiplos passageiros dispersos por toda a rede de transportes públicos, as informações entregues de forma colaborativa constituem dados valiosos não apenas para a comunidade do sistema de planeamento de rotas, mas igualmente para os provedores de transportes públicos. Dado que as abordagens de pesquisa da satisfação de clientes administradas no setor dos transportes públicos apresentam um valor limitado [154], o acesso, por entidades operadoras de transportes, a bases de dados obtidas de forma colaborativa com a contribuição dos próprios passageiros representa um conhecimento profundo tanto dos padrões de viagem dos seus clientes, quanto dos problemas e deficiências do serviço prestado. Para assegurar o objetivo de motivação e retenção dos participantes no modelo colaborativo, o sistema de acumulação de pontos, proposto como mecanismo de incentivo, deve conferir um valor real aos contributos prestados pelos utilizadores. Envolver os provedores de transportes públicos no mecanismo de incentivo possibilita que, em troca de elevados volumes de dados sobre a rede de transportes, as entidades operadoras de transportes recompensem os utilizadores pela sua contribuição no processo de prestação de informações ao sistema, assegurando um valor transacional real dos dados gerados de forma colaborativa. O modelo de incentivo assume desta forma um contexto de jogo, onde os utilizadores são encorajados a participar ativamente no modelo colaborativo do sistema de planeamento de rotas *ReStart* em troca de recompensas pelas informações disponibilizadas. Do ponto de vista do modelo de negócios, Nunes *et al.* [151] evidenciam que o modelo de incentivo é comercialmente viável se a receita obtida na melhoria da qualidade do serviço prestado aos viajantes pelos provedores de transporte público seja superior ao investimento em recompensas concedidas aos utilizadores do sistema de planeamento de rotas.

6.3 Arquitetura do sistema

O sistema de planeamento de rotas *ReStart* frui dos dispositivos móveis dos seus utilizadores, consequência da sua extensa pluralidade de funcionalidades e sensores embebidos, baseando-se em tecnologias de comunicação sem fios, 3G, 4G ou Wi-fi, e provedores de localização, GPS e triangulação de rede.

A arquitetura do sistema pressupõe dois principais componentes, o cliente e o servidor. O componente cliente ocasiona a interação dos seus utilizadores com sistema por intermédio dos seus dispositivos móveis, concedendo-lhes funcionalidade de planeamento de viagens, consulta de informações singulares da rede de transportes públicos e igualmente o agendamento de planos de mobilidade futuros. Complementarmente, o componente servidor apresenta como propósito o fornecimento de serviços ao cliente. Este é composto por dois subcomponentes, uma base de dados e um servidor web. A base de dados recolhe informações estruturadas sobre a rede de transportes públicos providenciados pelos sistemas automáticos dispersos na rede de transportes, pelas operadoras de transportes públicos, e pelos utilizadores, por meio dos sensores embutidos nos seus dispositivos móveis ou do modelo colaborativo previsto. A totalidade dos dados integrados na base de dados do sistema de planeamento de rotas são vinculados a uma referência de tempo e geolocalização, que em casos particulares podem conter alusões espaciais a rotas ou veículos singulares. A Figura 6.1 ilustra a arquitetura do sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

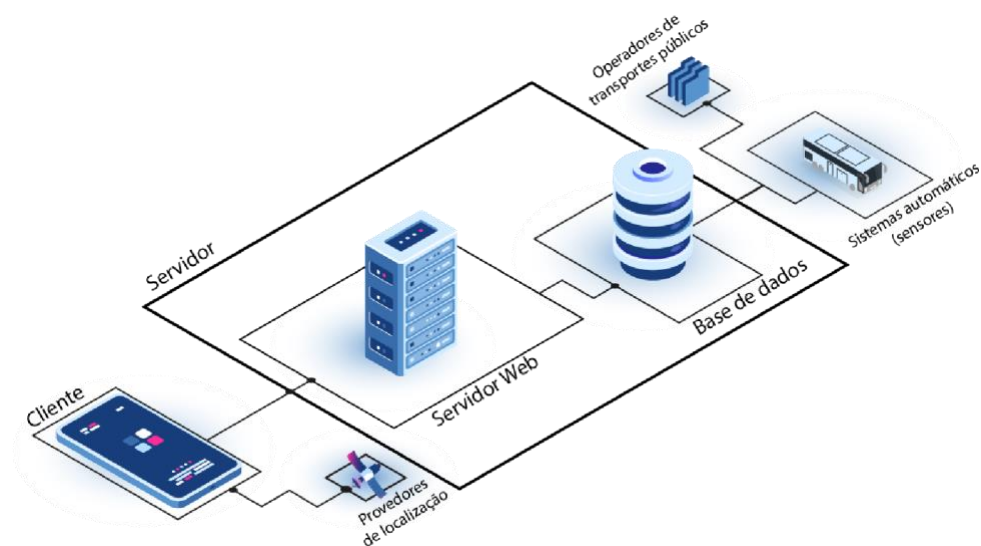


Figura 6.1 – Arquitetura do sistema

6.4 Elementos e conceitos das interfaces

O sistema de planeamento de rotas *ReStart* evoluiu interactivamente, num esquema cíclico de três fases de prototipagem e subsequente avaliação, resultando no seu refinamento progressivo como consequência dos requisitos e expectativas dos seus potenciais utilizadores.

Nos diferentes estágios de desenvolvimento do planeador de rotas, e como forma de estabelecer uma construção coesa e que sobreleve a usabilidade do sistema, foram seguidos os princípios estabelecidos para o design de interfaces gráficas propostos por Shneiderman [155], Fling [156] e Nielsen [130]. Sistema intuitivo e de fácil utilização para um leque diversificado de utilizadores, funcionalidades organizadas e de rápido alcance e uma aparência esteticamente agradável e cativante foram definidos com os principais requisitos do design da interface gráfica do sistema de planeamento de rotas projetado. Dado o contexto, não só ambiental, mas também social e tecnológico envolvido na utilização de dispositivos móveis entre a população, a prototipagem de um sistema para esta categoria de dispositivos foi alvo de atenção, em particular, no que concerne às restrições do tamanho da tela impostas, e às opções limitadas de entrada de dados [72].

Ao longo desta secção será abordada a evolução das interfaces gráficas e do esquema de interação do planeador de rotas *ReStart*, junto com as diretrizes e opções de design adotadas nas distintas etapas de prototipagem do sistema.

6.4.1 Branding

O sistema de planeamento de rotas para transporte público apresentado visa atender às necessidades dos passageiros quanto aos critérios de proteção pessoal, segurança e conforto, visando restabelecer a confiança da população na mobilidade com recursos a serviços de transporte público. Atendendo a este propósito, e tendo em vista instituir um senso de individualidade ao sistema, “*ReStart*” foi estabelecido como o nome do planeador de rotas, aludindo a um recomeço nos hábitos de mobilidade da população na era pandémica. O logotipo da aplicação móvel (cf. Figura 6.2) comunica uma estética minimalista característica de toda a identidade visual de *ReStart*.

As interfaces do sistema de planeamento de rotas foram projetadas com foco numa estética simples, neutra e intuitiva, com ponto central no conteúdo e que sobreleva altos níveis de usabilidade no sistema. Para salvaguardar um design de interface eficaz e equilibrado é crucial a composição cuidada dos seus elementos, entre eles a tipografia, a cor e a iconografia. O design de interfaces gráficas é passível a preferências e

tendências de mercado, por consequência, foram estabelecidas diretrizes para o design de todo o sistema de *ReStart*, permitindo delinear a identidade do produto e assegurar consistência ao longo do seu desenvolvimento.

Para o elemento tipografia no design das interfaces gráficas do planeador de rotas, foi utilizada Montserrat, uma fonte não serifada. A eleição de uma fonte não serifada no design do sistema recaiu sobre as recomendações de Heather e Roger Graves [157], que argumentam que tipografias desta natureza se apresentam menos cansativas quando lidas em telas. Montserrat é uma fonte gratuita, disponível no banco tipográfico da Google e apresenta uma ampla variedade de espessuras disponíveis, o que viabiliza a definição de hierarquias e contraste ao longo da interface gráfica do planeador de rotas.

A identidade visual de *ReStart* é caracterizada pela utilização de três cores principais: laranja, azul e cinzento, o que possibilita a construção de uma narrativa ao longo de todo o desenvolvimento do sistema. Além destas, são utilizadas cores suplementares vinculadas a ações, designadamente vermelho, laranja, amarelo e verde. Complementarmente, foi considerada a legibilidade e acessibilidade tanto dos elementos textuais, como dos componentes interativos exibidos nas interfaces gráficas do sistema de planeamento de rotas.

Parte dos recursos visuais apresentados em *ReStart* seguem um paradigma iconográfico, apresentando informações de interesse sob a forma de ícones representativos. A iconografia aplicada ao longo de toda a interface gráfica segue uma linha simples e intuitiva, esperando-se, por consequência, uma fácil compreensão do seu significado pelos potenciais utilizadores do sistema. Os ícones aplicados em *ReStart* foram desenhados para o efeito ou recolhidos do banco de dados Flaticon, plataforma que disponibiliza gratuitamente recursos gráficos para designers e desenvolvedores.

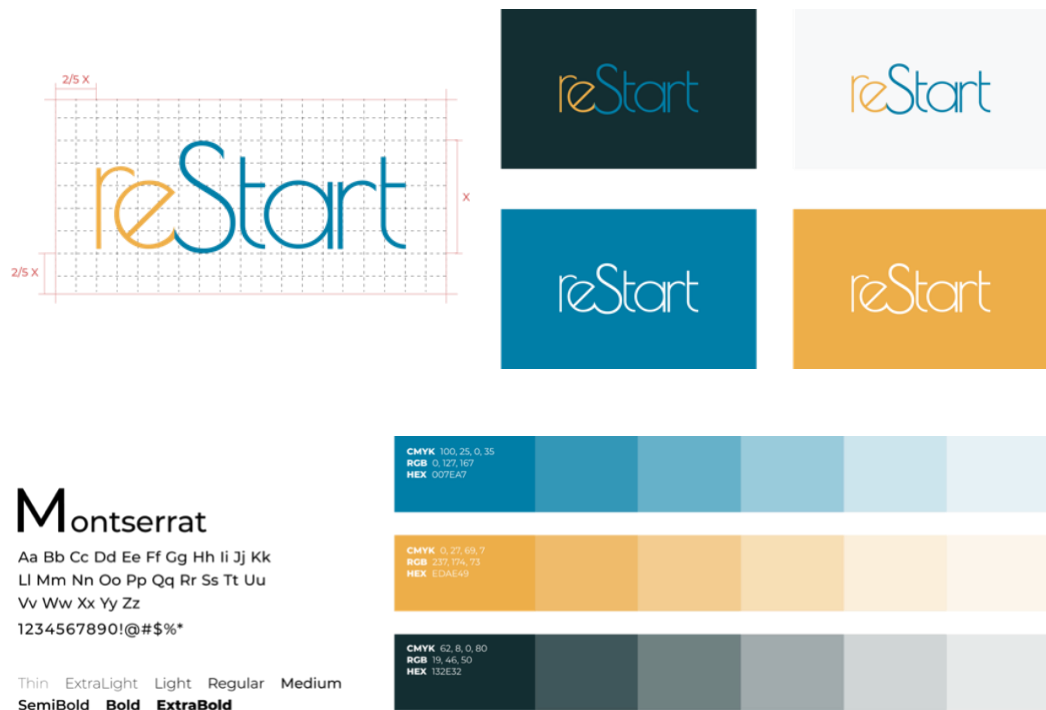


Figura 6.2 – Identidade visual do sistema

6.4.2 Onboarding

Os permanentes avanços computacionais registados nas últimas décadas conduziram ao crescimento explosivo da adoção generalizada de dispositivos móveis entre a população, levando ao advento diário de novas aplicações móveis com as mais diversas finalidades no mercado. Estudos sobre a taxa de retenção dos utilizadores em aplicações móveis revelam uma percentagem de apenas 20% de retenção de utilizadores em aplicações móveis vinculadas à categoria viagens após a primeira utilização, caindo este valor para 5,7% ao final de 30 dias [158]. Estes resultados permitem estabelecer que a popularidade crescente da utilização de aplicações móveis entre a população não representa uma aceitação imediata dos seus serviços por parte dos consumidores.

A primeira interação de um utilizador com um qualquer artefacto tecnológico é estabelecida como um estágio fulcral na construção da ótica do consumidor sobre o sistema, apresentando-se determinante entre a aceitação a longo prazo do produto tecnológico ou o seu abandono e subsequente desistência de utilização [159]. Decorrente deste contexto, garantir um claro entendimento do funcionamento do sistema de planeamento de rotas proposto e uma compreensão patente do seu valor na perspetiva do utilizador apresenta-se uma condição imperativa no design do sistema de *ReStart*.

Onboarding é apresentado como um processo guiado de introdução de uma aplicação móvel aos seus novos utilizadores [159] reforçando uma compreensão transparente do contexto do sistema, orientação dos utilizadores na direção dos recursos e funcionalidades que garantem maiores probabilidades de resolução dos seus problemas e que transmitem uma visão clara do seu valor enquanto produto [160], demonstrando-se benéfico no aumento da retenção de utilizadores em aplicações móveis [160][161].

À luz destas evidências, e como produto do feedback prestado pelos intervenientes na primeira fase de avaliação do sistema, a segunda iteração do planeador de rotas *ReStart* introduziu um processo de *onboarding*. A seleção de padrões adotado durante o seu design teve como base as recomendações apresentadas por Balboni [160], que foram combinadas e adaptadas para moldar a experiência do utilizador.

Simplicidade e navegação fluida foram as principais diretrizes levadas em consideração durante o desenvolvimento do processo de *onboarding*. As orientações apresentadas são curtas e diretas como forma de garantir um entendimento claro sobre os recursos e funcionalidades que garantem maior valor enquanto produto para o utilizador. As preocupações destacadas na primeira fase de avaliação do sistema recaíram sobre a possível dificuldade enfrentada, por utilizadores com reduzidos níveis de proficiência em aplicações de planeamento de viagens, no entendimento da relevância do modelo colaborativo implementado sem uma explicação prévia do seu funcionamento. Por consequência, foi instituída uma comunicação direcionada para a importância da construção de um senso de comunidade durante a utilização do sistema de planeamento de rotas, promovendo o papel dos utilizadores enquanto provedores de informações estruturadas ao sistema, junto com uma alusão aos benefícios procedentes dessa colaboração, remetendo para a estimulação à sua participação ativa. A Figura 6.3 apresenta os ecrãs do processo de *onboarding* de *ReStart*.

Adicionalmente, foram integrados, na primeira interação do utilizador com *ReStart*, elementos instrucionais nos pontos críticos do sistema, que se fizeram acompanhar de uma breve descrição do seu valor. O seu propósito passa por garantir que os utilizadores adquirem as habilidades necessárias para completar as tarefas sem grande esforço. A Figura 6.4 apresenta três ecrãs de instruções incluídos no sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

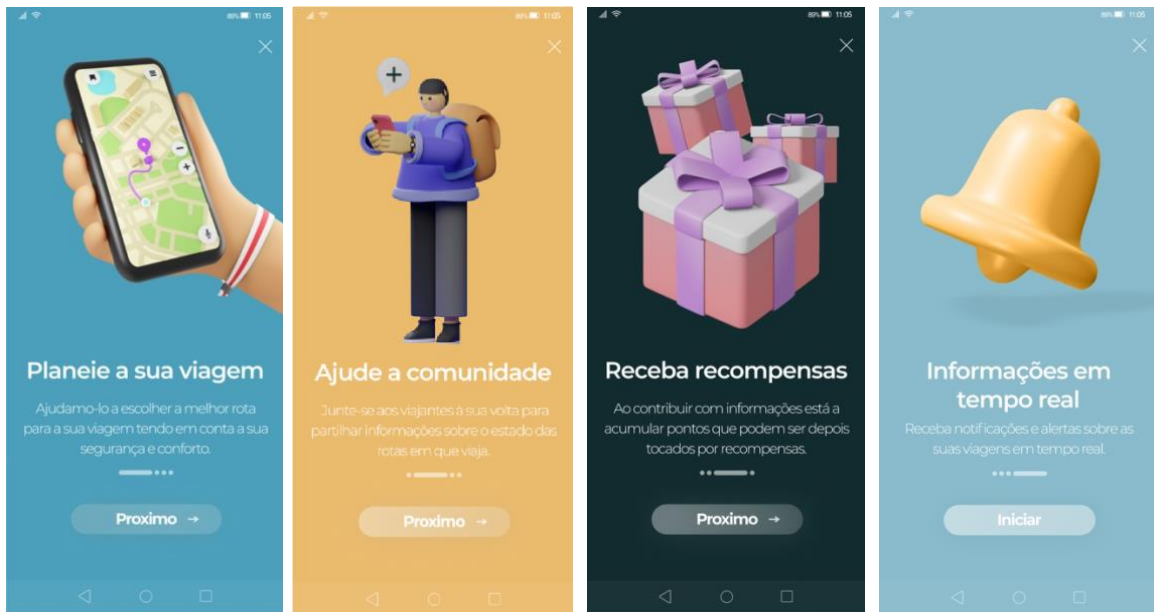
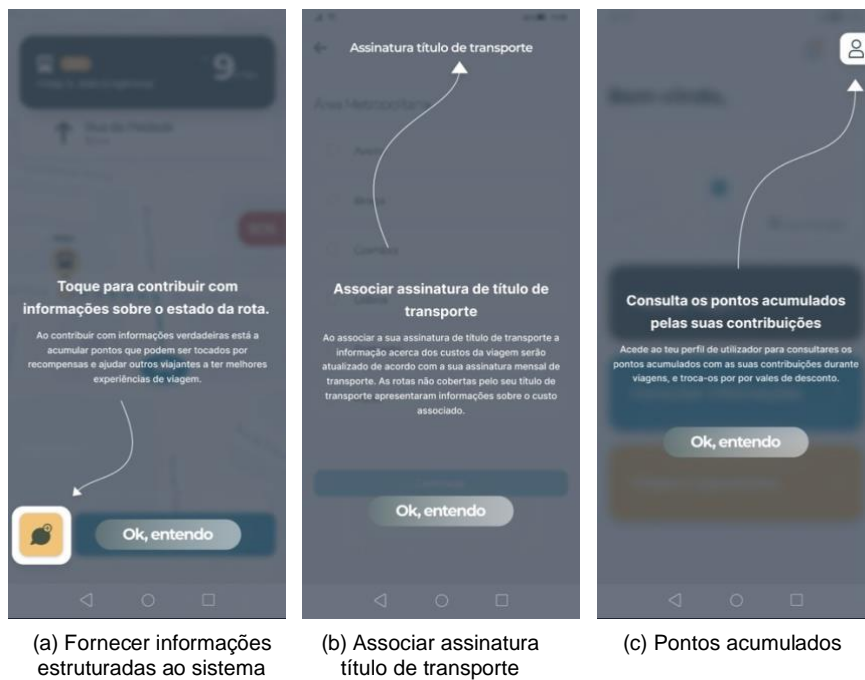


Figura 6.3 – Processo de *onboarding*



(a) Fornecer informações estruturadas ao sistema

(b) Associar assinatura título de transporte

(c) Pontos acumulados

Figura 6.4 – Processo de *onboarding* - elementos instrucionais

Após análise dos resultados da segunda fase de avaliação do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, foi possível observar que a tarefa que alcançou resultados inferiores quanto à facilidade de execução se encontra vinculada à ativação das notificações de aproximação de um veículo a uma determinada estação, encarado como ponto crítico do sistema. Para colmatar esta problemática, na terceira iteração do sistema *ReStart*, foram incluídos elementos instrucionais sobre o seu funcionamento (cf. Figura 6.5). Paralelamente, ainda durante a segunda fase de avaliação de *ReStart*, foram

salientadas eventuais dificuldades de interpretação do paradigma iconográfico aplicado às características dos planos de mobilidade na rede de transportes públicos. Seguindo as recomendações apresentadas pelos utilizadores representativos, foi incorporada, na segunda iteração do sistema, uma comunicação explicativa aludindo ao significado dos ícones representativos aplicados ao longo das interfaces gráficas de *ReStart* (cf. Figura 6.6).



Figura 6.5 – Processo de *onboarding* - elementos instrucionais referentes à ativação das notificações de aproximação de um veículo a uma determinada estação



Figura 6.6 – Processo de *onboarding* – explicação do significado dos ícones representativos

6.4.3 Navegação principal

O componente de navegação de uma aplicação móvel atua como aspeto central num sistema de informação, assumindo-se como um elemento de design influente capaz de agilizar a navegação no sistema e proporcionar uma experiência de utilização mais suave aos seus utilizadores [162][163].

Na primeira etapa de prototipagem do sistema de planeamento de rotas *ReStart* foi instituída uma barra de navegação lateral com o intuito de proporcionar uma navegação célere entre as principais funcionalidades do sistema. A utilização de uma barra lateral como componente de navegação numa aplicação móvel é vista como uma abordagem de nivelação hierárquica das informações do sistema e um modo de viabilizar o acesso simultâneo às suas distintas categorias de funcionalidades [164]. Em *ReStart*, o fluxo de navegação centralizado na barra lateral assegura uma navegação direta entre as principais funcionalidades do sistema permitindo o redireccionamento dos utilizadores para conteúdos específicos sem necessidade de retornar ao menu principal do planeador de rotas. Como forma de maximizar a margem de conteúdo no ecrã, a barra lateral encontra-se oculta por padrão, sendo acessível, durante todo o uso do sistema, por via do gesto de deslizar na borda esquerda da tela do dispositivo móvel do utilizador ou, por intermédio de um botão, representado por um ícone de três linhas, comumente reconhecido como ícone de menu, disponível no canto superior esquerdo do ecrã.

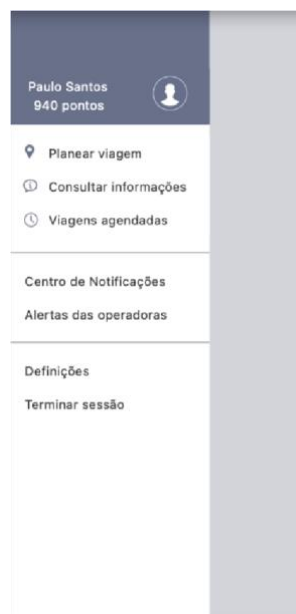


Figura 6.7 – Barra de navegação lateral

No entanto, no momento da primeira fase de avaliação do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, foram detetados problemas de acessibilidade no componente de navegação instituído. O acesso à barra lateral por meio do gesto de deslizar na borda

do ecrã não se demonstrou intuitivo para os intervenientes nos testes de usabilidade conduzidos, paralelamente ao pouco conveniente acesso dos utilizadores ao botão posicionado no canto superior esquerdo durante o manuseamento do dispositivo móvel. Como consequência destas problemáticas, durante a segunda etapa de prototipagem de *ReStart*, foram instauradas múltiplas alterações no componente de navegação do sistema como forma de maximizar a sua usabilidade e acessibilidade. Ao invés de uma barra lateral, o fluxo de navegação do sistema de planeamento de rotas foi centralizado numa barra de navegação inferior, que permite o acesso às três telas principais do sistema: Menu principal, Central de notificações e Perfil do utilizador (cf. Figura 6.8).

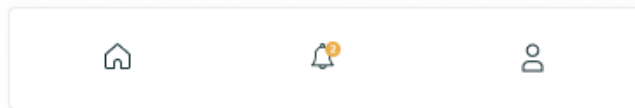


Figura 6.8 – Barra de navegação inferior

Embora existam diversos padrões de design, para satisfazer os propósitos específicos de usabilidade estabelecidos, a escolha do componente de navegação recaiu na implementação de uma barra inferior, face à sua popularidade como padrão de navegação em aplicações móveis [165], assim como o seu alcance mais conveniente pelos utilizadores em conformidade com a *'thumb rule of design'* [163].

Segundo as convenções tradicionais, a barra de navegação inferior deve ser projetada para exibir entre 3 e 5 destinos de nível superior, cada um representado por um ícone, que opcionalmente pode ser associado a um rótulo textual [166]. A primeira decisão de design na implementação da barra inferior em *ReStart* recaiu na escolha dos destinos representados. Para agilizar o fluxo de navegação dos utilizadores no sistema de planeamento de rotas, foram destacados os três destinos que oferecem acesso direto a todas as funcionalidades do sistema, isto é, o Menu Principal (secção 6.4.4), a Central de Notificações (secção 6.4.11) e o Perfil do Utilizador (secção 6.4.10). Cada um dos três destinos encontra-se ilustrado na barra de navegação inferior por um ícone representativo, que, quando acionado, redireciona o utilizador para o destino de navegação de nível superior ao qual este se encontra vinculado. A disposição dos destinos na barra de navegação inferior é consequência da sua importância percebida.

O componente de navegação não possui rótulos textuais, uma vez que os ícones escolhidos são comumente utilizados em aplicações móveis, tratando-se do seu significado familiar aos utilizadores, assim como as ações que representam. O ícone de navegação associado ao destino Central de Notificações (secção 6.4.11) encontra-se,

adicionalmente, conexo a distintivos dinâmicos dispostos no canto superior esquerdo do mesmo, representando solicitações pendentes do sistema ao utilizador.

O sistema de navegação de uma aplicação móvel deve ser projeto para oferecer aos seus utilizadores uma navegação lógica e intuitiva, e assegurar um entendimento claro do ponto de localização dentro do fluxo de navegação no sistema [167][168]. De forma a simplificar o processo de orientação dos utilizadores, a barra de navegação inferior implementada dispõe de dicas visuais sobre o ponto de localização corrente na navegação em *ReStart*.

A mais recente versão do componente de navegação implementado no planeador de rotas *ReStart* foi submetida a métodos de avaliação juntamente com os restantes elementos da interface gráfica. Em virtude dos resultados alcançados, e consequentemente validação pelos potenciais utilizadores, a barra de navegação inferior não sofreu alterações nas subseqüentes etapas de prototipagem do projeto.

6.4.4 Menu principal

A construção da ótica do utilizador sobre uma qualquer aplicação móvel é predominantemente influenciada pela sua primeira impressão sobre o sistema [159]. Projetar um ecrã inicial que transmita uma compreensão patente dos recursos e funcionalidades do sistema e uma visão clara do seu valor enquanto produto tornou-se, em conformidade, um requisito imperativo no design do sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

O menu principal do planeador de rotas é o ponto de navegação central de todo o sistema, encontrando-se vinculado à globalidade dos recursos entregues por *ReStart* aos seus utilizadores. Por consequência, é definido, por padrão, como ecrã inicial da aplicação móvel e um ponto de ancoragem na navegação do utilizador no sistema por intermedio da barra de navegação inferior.

A primeira etapa de prototipagem do sistema de planeamento de rotas *ReStart* foi desenvolvida para traduzir num artefacto tangível e testável o conceito do sistema proposto, tendo sido implementadas apenas as principais funcionalidades do sistema. Face a este objetivo, o menu principal projetado na primeira iteração da aplicação móvel *ReStart* inclui um esquema de componentes interativos de toque único que permitem o redireccionamento dos utilizadores para as telas de navegação das três principais funcionalidades do sistema de planeamento de rotas: Planear Viagem (secção 6.4.5), Consultar Informações (secção 6.4.6) e Viagens Agendadas (secção 6.4.7).

Consequência da evolução do planeador de rotas proposto, durante a segunda etapa de prototipagem foram instauradas alterações no menu principal de *ReStart*. Para redirecionar os utilizadores para os novos recursos incorporados no sistema, o menu principal inclui, para além do esquema anteriormente implementado, elementos interativos, sob a forma de ícones representativos, de acesso às secções de conteúdo das funcionalidades Perfil do Utilizador (secção 6.4.10) e Central de Notificações (capítulo 6.4.11). À semelhança da iteração anterior de *ReStart*, também no protótipo de alta-fidelidade foi incluído um mapa dinâmico centrado na localização do utilizador.

Dada o extenso espectro de funcionalidades presentes, o menu principal do sistema de planeamento de rotas foi projetado para reduzir a carga cognitiva do utilizador, recorrendo a uma hierarquia visual na disposição dos diferentes elementos. A Figura 6.9 apresenta a evolução do ecrã do menu principal nas diferentes etapas de prototipagem do sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

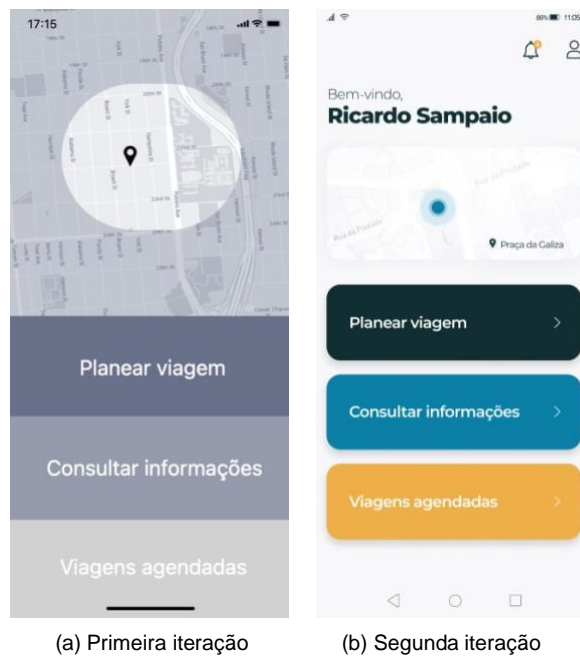


Figura 6.9 – Menu principal

6.4.5 Planear viagem

Os sistemas de planeamento de rotas são encarados como ferramentas de assistência de viagem inteligentes [65], que destacam como principal propósito o auxílio dos seus utilizadores na procura da melhor rota para viajar entre dois pontos arbitrários [21].

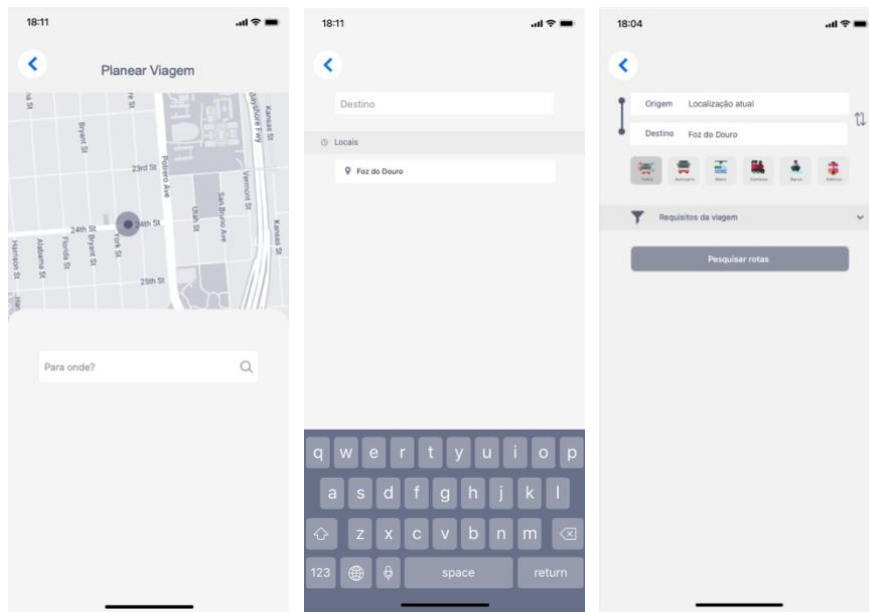
A primeira etapa no processo de planeamento de uma viagem passa pela definição do seu ponto de partida e respetivo destino final. Na plataforma de planeamento de viagens

de *ReStart*, o planeamento de um trajeto começa pela definição do seu destino. O utilizador dispõe de dois métodos distintos para a definição deste parâmetro: inserção manual de um endereço ou a referência textual de uma estação de transporte público, ou, a sua seleção por intermédio de uma lista de entradas recentes e favoritos do utilizador apresentada pelo sistema. O segundo método encontra-se disponível somente a partir da segunda interação do planeador de rotas. Paralelamente, a identificação da origem da viagem é estabelecida, por padrão, como a localização atual do utilizador, produto da articulação com os provedores de localização embutidos no dispositivo móvel do viajante. Em alternativa, este parâmetro pode ser redefinido manualmente. De forma de reduzir o esforço na modalidade de inserção manual de texto, o sistema pressupõe um modelo de sugestões de preenchimento automático [169].

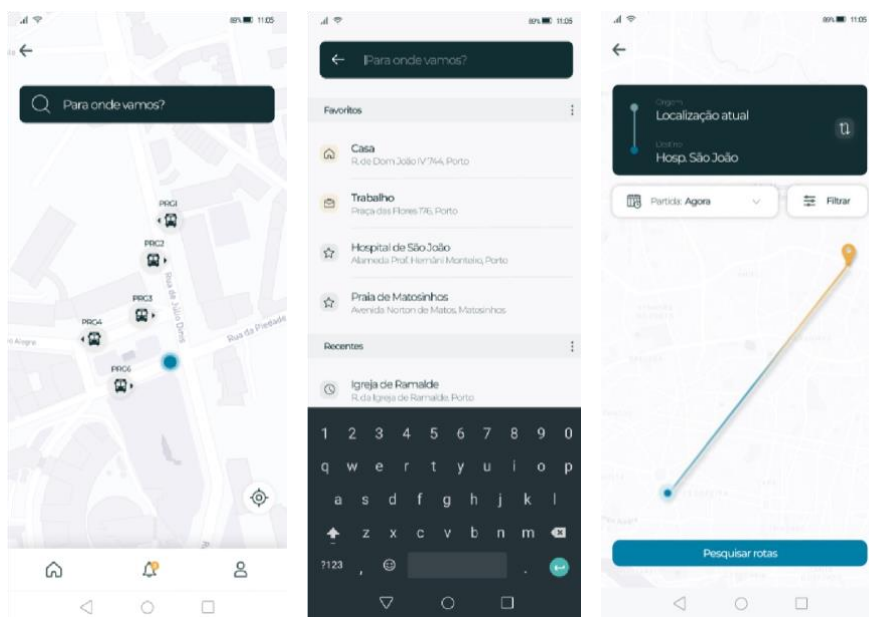
O planeamento de uma viagem não deve ser entendido como um problema de caminho mais curto, mas deve adaptar-se às necessidades do utilizador [22]. À luz deste entendimento, e como forma de aprimorar a experiência do utilizador, foi incorporado um mecanismo de filtragem na plataforma de planeamento de rotas de *ReStart*, permitindo aos seus utilizadores ajustar os resultados de sugestões de rotas do sistema às suas perspetivas e preferências individuais. Os parâmetros estabelecidos no mecanismo de filtragem integrado são reflexo das principais preocupações de segurança e conforto dos viajantes de transportes públicos. Os critérios incluem, conseqüentemente, o nível de lotação dos veículos a utilizar no trajeto da viagem, isenção de transbordos ao longo do percurso, ausência de trajetórias de caminhada por locais pouco iluminados e a possibilidade de evitar trânsito no trajeto da rota. Do mesmo modo, o utilizador pode, adicionalmente, definir os meios de transporte público que pretende utilizar na sua viagem.

No decurso da primeira fase de avaliação do sistema, foram detetadas dificuldades de execução inerentes ao mecanismo de filtragem na plataforma de planeamento de rotas, refletindo-se na baixa classificação, atribuída pelos intervenientes nos testes de usabilidade da aplicação móvel, à tarefa a esta associada. A dificuldade de interpretação da simbologia utilizada no parâmetro lotação dos veículos na rota foi apresentada, pelos seus potenciais utilizadores, como a justificação para os resultados alcançados. Em virtude desta problemática, o parâmetro nível de lotação dos veículos foi redefinido, na segunda iteração do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, passando a adotar uma escala de seleção na forma de faixas percentuais da ocupação máxima (0%-20%, 20%-40%, 40%-60%, 60%-80%, 80%-100%).

Na segunda etapa de prototipagem do planeador de rotas, a definição dos critérios de viagem foi integrada numa fase inicial da utilização da aplicação móvel, de forma de simplificar o processo de planeamento de viagens. Na sua primeira interação com o sistema, e após passar pelo processo de *onboarding*, o utilizador era solicitado a pré-estabelecer os critérios de filtragem para todas as suas viagens futuras. Produto das dificuldades de interpretação enfrentadas pelos intervenientes na segunda fase de avaliação do sistema, esta funcionalidade foi restituída à plataforma de planeamento de rotas na terceira etapa de prototipagem de *ReStart*.



(a) Primeira interação



(b) Segunda interação

Figura 6.10 – Definição da origem/destino da viagem

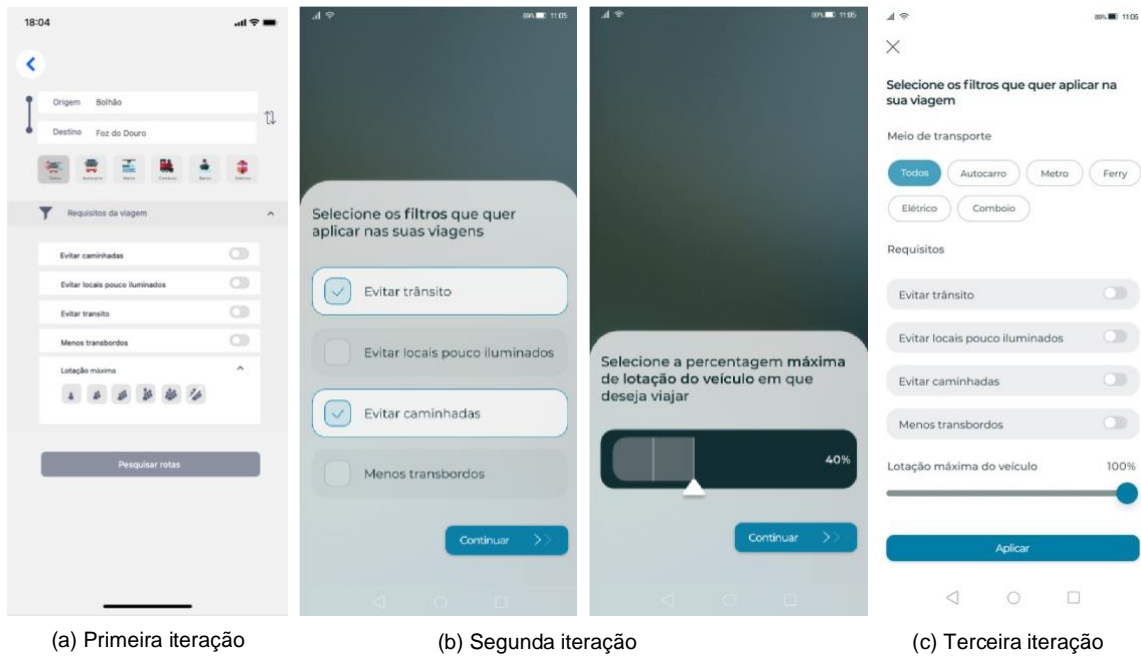
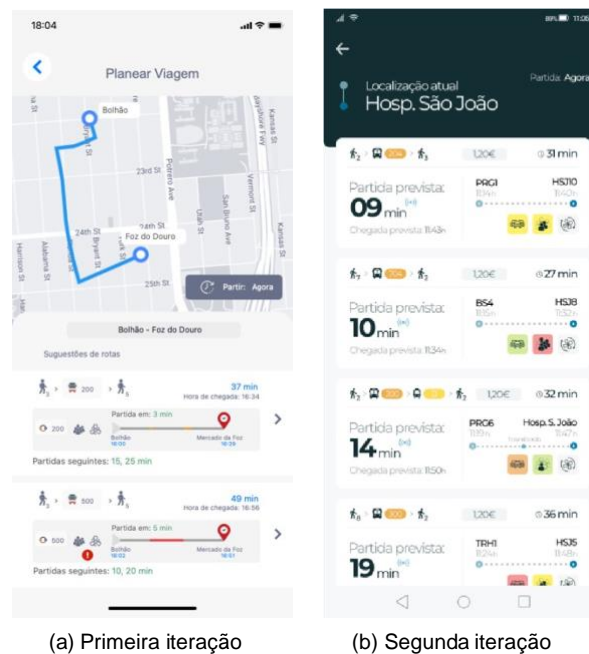


Figura 6.11 – Mecanismo de filtragem

A plataforma de planeamento de viagens do sistema oferece, simultaneamente, a possibilidade de o utilizador planificar viagens futuras, isto é, viagens que consideram uma data de início diferente do momento em que a mesma se encontra em fase de planeamento. Esta funcionalidade será, posteriormente, apresentada em detalhe na secção 6.4.7 deste documento.

Mediante os parâmetros definidos para a viagem, acima apresentados, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* entrega, ao utilizador, uma lista de sugestões de rotas possíveis para a sua viagem (cf. Figura 6.12). Com base nos dados dinâmicos georreferenciados fornecidos por operadoras de transporte público e recolhidos pelos diversos sensores espalhados na rede, suplementados com as informações provindas do modelo colaborativo, a plataforma de planeamento de rotas disponibiliza informações em tempo real, numa janela de tempo de 30 minutos, para que os seus utilizadores possam planear as suas viagens com base em dados reais.



(a) Primeira iteração

(b) Segunda iteração

Figura 6.12 – Sugestões de rotas

A plataforma de planeamento de viagens difunde uma visão geral das características das distintas opções de rotas possíveis para a viagem. Para cada uma das opções, o sistema indica (cf. Figura 6.13):

- Meios de transportes integrados no percurso – os ícones representam cada meio de transporte incluídos na rota. Quando o percurso implica trajetórias de caminhada, é incluída uma representação do tempo estimado da sua duração;
- Custo total da viagem – informa os utilizadores sobre o preço da viagem. Os valores são ajustados conforme o plano de assinatura mensal do utilizador (detalhado na secção 6.4.10);
- Duração estimada da viagem – apresenta ao utilizador uma estimativa da duração total da viagem, que inclui: (i) tempos de caminhada, (ii) tempos de espera por veículos e (iii) tempo em viagem. A estimativa da duração é formulada com base no fluxo contínuo de dados de atualizações da rede de transportes agregados ao histórico de informações da duração média de viagens;
- Tempo restante até a partida do primeiro veículo a utilizar na viagem – indica ao utilizador o tempo restante para a partida do veículo na primeira estação do percurso. O ícone dinâmico, quando agregado ao valor temporal, indica que os dados são entregues em tempo real;
- Horário de chegada previsto – informa os utilizadores do horário previsto de chegada ao destino final da sua viagem;

- Horários de partida e chegada dos veículos na rota – indica os horários previstos de partida e chegada dos veículos às estações de transportes públicos.
- Principais informações sobre o estado da rota – exibidas na forma de ícones representativos, as informações apresentadas incluem dados referentes a parâmetros de conforto e segurança que permitem ao utilizador atingir um entendimento célere sobre o estado da rota. Os ícones representativos podem simbolizar a lotação dos veículos a utilizar no trajeto, congestionamento na rota, presença de sistemas de ventilação ativos dentro dos veículos e acidentes ou problemas nas vias de circulação (cf. Figura 6.14).

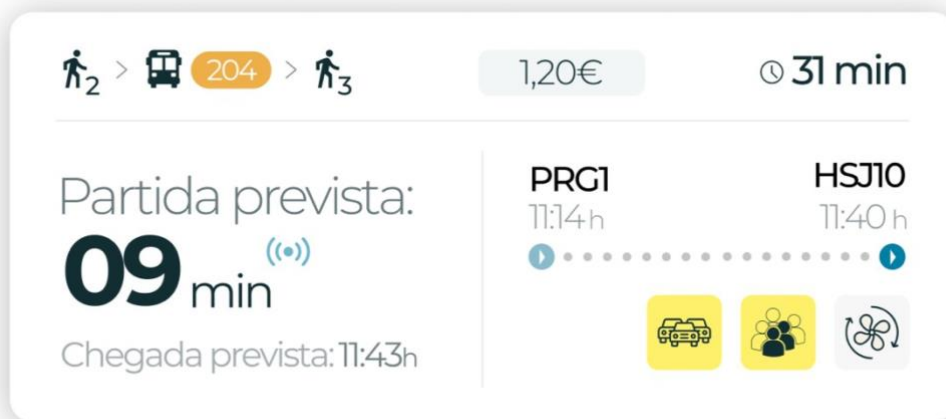


Figura 6.13 – Opção de sugestão de rota



Figura 6.14 – Ícones representativos - principais informações sobre o estado da rota

O considerável volume de informações acomodado na interface da lista de sugestões de rotas foi alvo de grande preocupação durante todas as fases de prototipagem do sistema. Para promover a sua interpretação intuitiva foi mantido um design estético e minimalista [170], onde o número de informações foi limitado ao considerado estritamente necessário.

Cada uma das rotas sugeridas pode ser visualizada em detalhe num conjunto de interfaces independentes (cf. Figura 6.15). Embora a disponibilização de informações abrangentes sobre rotas possa não mitigar as problemáticas inerentes à mobilidade com recurso a serviços de transporte público, estas fornecem uma camada adicional de dados que permitem ao viajante ajustar os seus planos de viagem de forma concordante com as suas preferências individuais, bem como harmonizar as suas expectativas em relação à viagem. Diante deste compromisso, a plataforma de planeamento de viagens entrega ao utilizador, num modo detalhado, as características de todas as etapas da rota. Para cada uma das sugestões, é apresentado um mapa interativo do percurso, que inclui os trajetos de caminhada, junto com o itinerário dos veículos de transporte público a utilizar. A projeção deste conteúdo pretende auxiliar o utilizador no reconhecimento do percurso da viagem. As informações sobre os veículos, são nesta interface descritas pormenorizadamente, integrando informações sobre a sua percentagem aproximada de lotação, data/hora da última higienização, modalidade de sistema de ventilação ativo ou outros relatórios relevantes sobre os veículos. O custo total da viagem apresentado é regulado mediante a modalidade de título de transporte subscrita pelo utilizador, mecanismo descrito posteriormente em detalhe na secção 6.4.10.

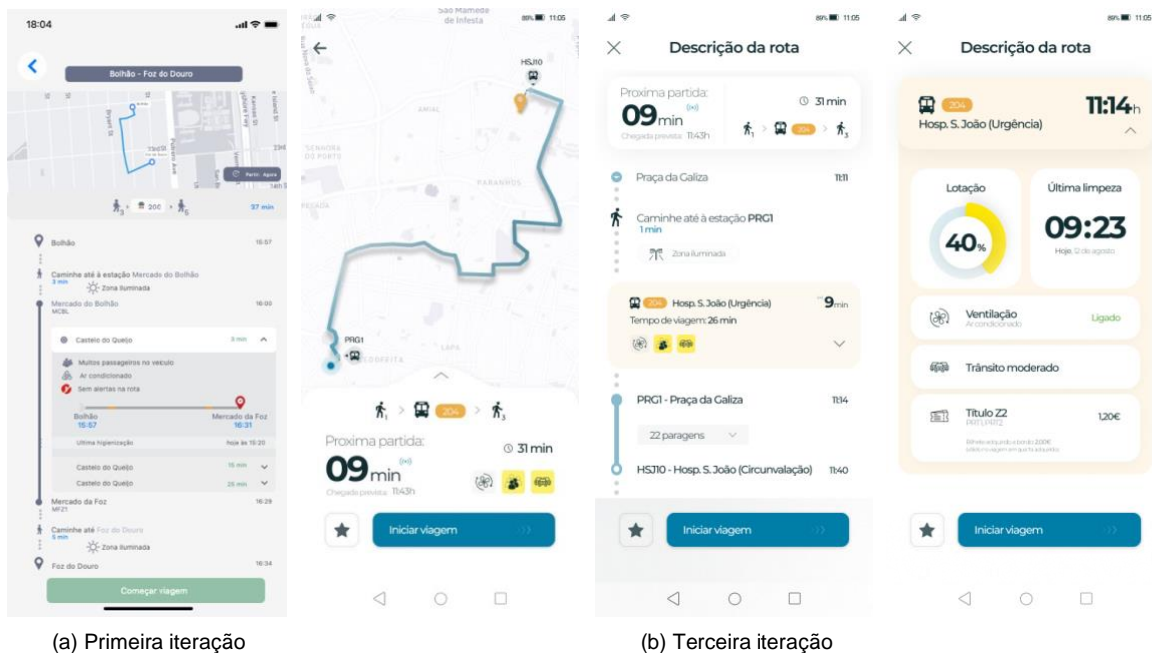


Figura 6.15 – Detalhes sobre a opção de rota

Os dados referentes à higienização das viaturas de transporte público são obtidos mediante a integração dos relatórios prestados pelas empresas de limpeza que operam nos veículos das operadoras de transporte, agregados aos dados decorrentes do

modelo de colaboração instituído. Os dados provenientes das empresas de limpeza incluem referências ao tipo de intervenção efetuada e à data/hora em que esta decorreu. No que se refere aos dados procedentes do modelo colaborativo, as informações sublinham perturbações ao estado convencional de limpeza dos veículos. Os dados indicados sobre o nível de lotação dos meios de transporte público, resultam, uma vez mais, do modelo colaborativo entre o sistema e o utilizador. Quando estas informações não se encontram disponíveis, são entregues valores históricos da lotação, obtidos pelos cálculos da média dos valores de lotação daquele veículo declarados na mesma hora e dia da semana no último período de 30 dias.

6.4.6 Consultar informações

Os capítulos precedentes deste trabalho reúnem evidências empíricas sobre as necessidades e perspetivas dos viajantes de transportes públicos, em particular, sobre a classe de passageiros que recorre com regularidade a serviços públicos de transporte coletivo como meio de mobilidade. Este segmento de viajantes detém um conhecimento preexistente do contexto de funcionamento do sistema de transporte público local, pelo que, no contexto das viagens recorrentes no seu quotidiano, ao invés de um planeamento detalhado da rota e etapas conexas, carecem do acesso a informações específicas no contexto da rede de transportes públicos. Apoiado neste entendimento, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* acomoda uma plataforma de consulta de informações singulares no domínio da rede de transportes públicos, cujo propósito é satisfazer a demanda por informações específicas em viagens recorrentes dos utilizadores.

Na primeira etapa de prototipagem do planeador de rotas, a plataforma de consulta de informações segmenta o objeto de pesquisa de dados sobre a rede em duas categorias: (i) Estações/Paragens e (ii) Linhas (cf. Figura 6.16a)).

Contudo, a arquitetura de informação da plataforma de consulta de informações foi reorganizada, consequência do feedback prestado pelos potenciais utilizadores do sistema no decurso da primeira fase de avaliação de *ReStart*. Na segunda iteração do sistema, a primeira etapa na consulta de informações singulares passa pela triagem do objeto de pesquisa, iniciando-se na seleção de linha da rede de transportes públicos. Neste estágio, o sistema apresenta, ao utilizador, uma listagem da globalidade de linhas de transportes públicos acessíveis na rede, encontrando-se estas, a fim de promover um modelo de pesquisa célere, agrupadas segundo a categoria de meio de transporte aplicável (cf. Figura 6.17a)). Complementarmente, outros modelos de pesquisa são oferecidos ao utilizador, apresentados no canto superior direito da interface: inserção

manual de uma referência textual à linha de transportes públicos num campo de pesquisa, seleção a partir de uma lista previamente definida de favoritos do utilizador, ou a escolha por intermédio de um mapa dinâmico das estações de transportes públicos mais próximas da localização atual do utilizador. Após a configuração da linha na rede, a pesquisa centra-se na escolha da estação de transportes públicos. O sistema exhibe, ao utilizador, além de um mapa dinâmico de todo o trajeto da linha, uma listagem de todas as estações de transportes públicos que fazem parte do itinerário da mesma, onde o utilizador deve escolher a estação sobre a qual quer aferir mais informações (cf. Figura 6.17b)).

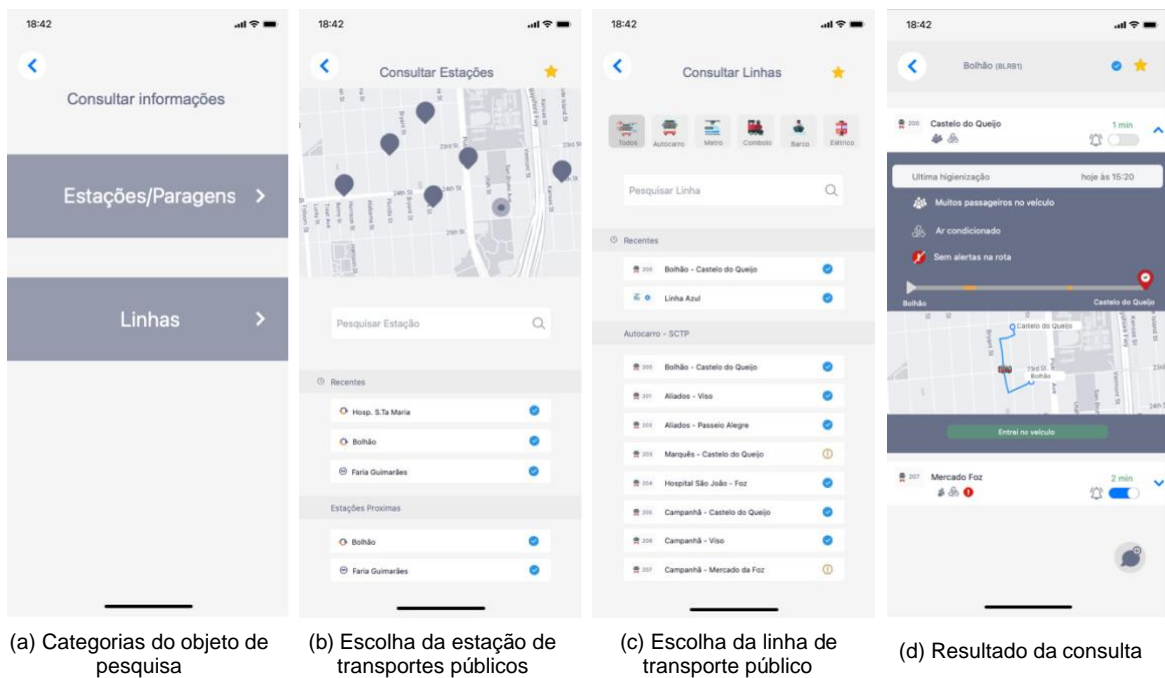


Figura 6.16 – Plataforma de consulta de informações na primeira iteração do sistema

Como resultado da pesquisa, o sistema entrega uma interface que reúne todas as informações consideradas relevantes no contexto de estações de transportes públicos. Para o objeto da pesquisa definido, são apresentadas as próximas partidas de veículos de transporte público com ponto de paragem na estação selecionada, ordenadas de forma decrescente quanto ao tempo restante para a sua partida. O sistema inclui ainda um mecanismo de comunicação ao utilizador, que quando acionado, emite um alerta, sob a forma de notificação, da aproximação do veículo em questão à estação selecionada. Este alerta é emitido quando o veículo se afasta da estação anterior no percurso da rota. Esta funcionalidade é acessível através do gesto de deslizar para a esquerda, *swipe-left*, no cartão de conteúdo da opção escolhida na lista das próximas partidas de veículos de transporte público (cf. Figura 6.17c)).

A experiência de uma viagem começa antes mesmo do seu início. O acesso a informações antecipadas sobre o estado da rede de transportes públicos tem uma relação direta com a experiência de viagem com recurso a serviços de transporte público a longo prazo. De modo a assegurar que o viajante consegue ajustar os seus planos e expectativas de viagem às condições de funcionamento dos serviços de transporte público na rede, são apresentadas na plataforma de consulta de informações dados oportunos, agregados a cada estação, associados a alterações no serviço ou perturbações de circulação na rede que afetem diretamente as rotas vinculadas à estação de transportes públicos em questão (cf. Figura 6.17d). Estas informações encontram-se acessíveis por intermédio do botão disposto no campo superior direito da interface, apresentado na forma de ícone representativo.

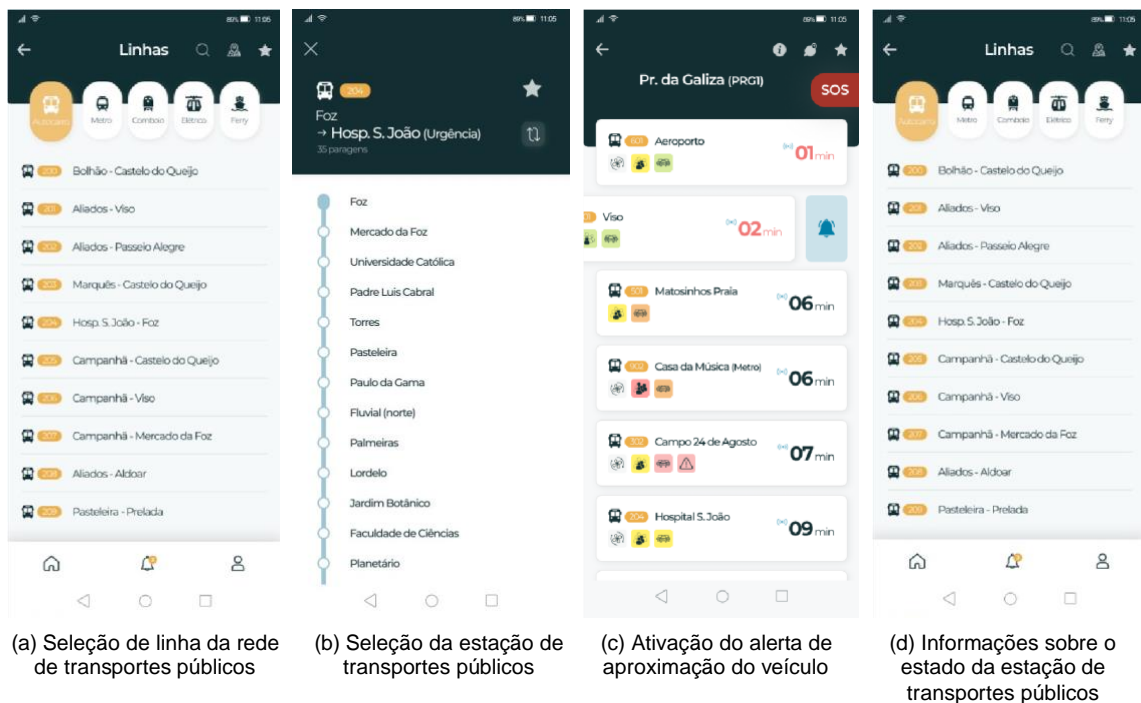


Figura 6.17 – Plataforma de consulta de informações na segunda iteração do sistema

Cada uma das opções da lista de próximas partidas de veículos com ponto de paragem na estação considerada pode ser visualizada em detalhe numa interface independente. Nesta, a plataforma de consulta de informações entrega ao utilizador um mapa dinâmico da localização atual do veículo na rota junto com indicações de trânsito ou perturbações no trajeto deste até à estação de transporte público considerada. Adicionalmente, são disponibilizadas informações pormenorizadas sobre o veículo de transportes público, incluindo dados sobre a sua percentagem aproximada de lotação, data/hora da última higienização, modalidade de sistema de ventilação ativo ou outros relatórios relevantes. Nestas interfaces, são, adicionalmente, apresentadas informações sobre o percurso do veículo na rota e respetivas estações.

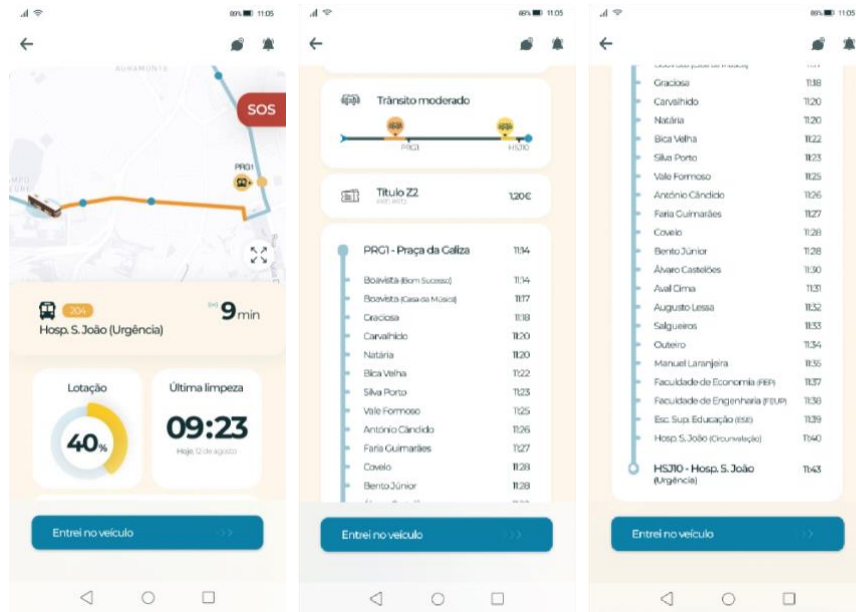


Figura 6.18 – Detalhes da opção de próxima partida de veículo na segunda iteração do sistema

Na segunda etapa de prototipagem, foi incluído um modelo representativo da intensidade de tráfego ao longo do trajeto do veículo na rota, contudo, consequência das dificuldades de interpretação percebidas pelos potenciais utilizadores durante a segunda fase de avaliação do sistema, este foi removido na terceira iteração do planeador de rotas. Esta informação foi, na terceira etapa de *ReStart*, agregada aos dados do percurso do veículo de transportes públicos na rota, através de um esquema de cores para representar a intensidade de tráfego nas diferentes etapas do percurso.

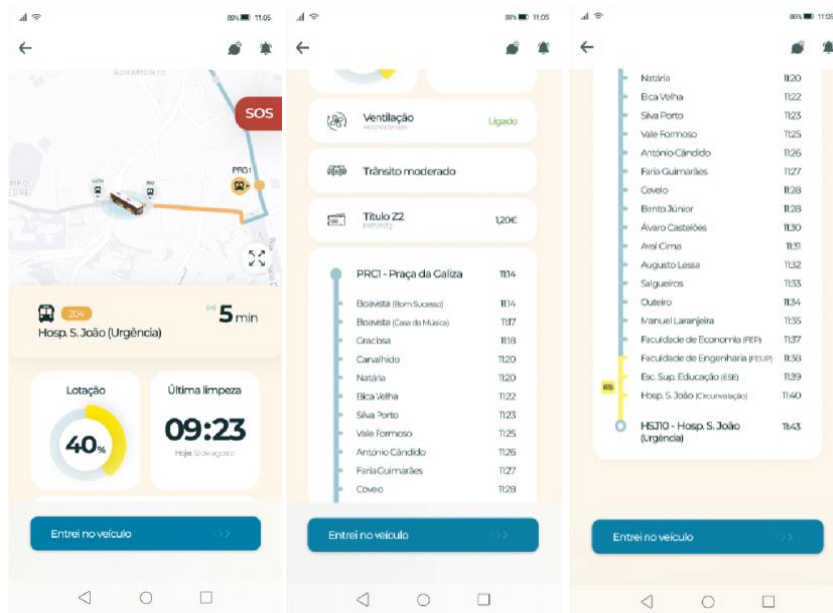


Figura 6.19 – Detalhes da opção de próxima partida de veículo na terceira iteração do sistema

Tal como nas restantes funcionalidades implementadas no sistema de planeamento de rotas *ReStart*, também as informações entregues na plataforma de consulta de informações resultam da agregação de dados georreferenciados disponibilizados pelas operadoras de transportes públicos locais com os dados procedentes do modelo colaborativo instituído, o que permitem a prestação de informações em tempo real para uma janela de tempo de 30 minutos.

Na plataforma de consulta de informações, encontra-se, adicionalmente, acessível, ao utilizador, o acesso ao modelo colaborativo instituído no planeador de rotas *ReStart*, onde este pode contribuir com dados relevantes inerentes à estação de transportes públicos considerada como objeto de pesquisa. Além desta, também a funcionalidade de SOS implementada no sistema de planeamento de rotas está acessível nas interfaces da plataforma de consulta de informações. Ambas as funcionalidades são descritas, em detalhe, na secção 6.4.8 deste documento.

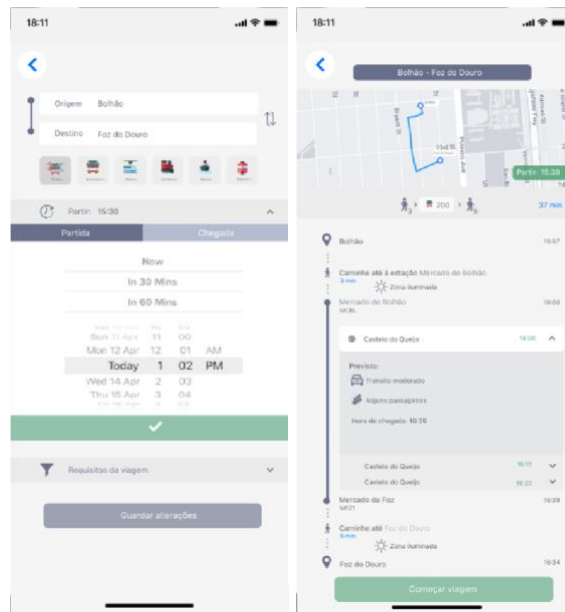
6.4.7 Viagens agendadas

Um cenário corrente na vida quotidiana da grande parte dos viajantes que recorrem a serviços de transporte público como meio de mobilidade é a definição prematura dos seus planos de mobilidade. Dada a complexidade da rede de transportes públicos nos centros urbanos, os viajantes recorrem a mecanismos de planeamento de viagens para antecipar as suas intenções de deslocação e prever as etapas conexas, assim como os seus tempos e condições estimadas. Uma planificação antecipada de rotas permite, ao viajante, adequar os seus planos de mobilidade às restrições horárias por este impostas e agilizar o processo de viagem aquando do seu decurso.

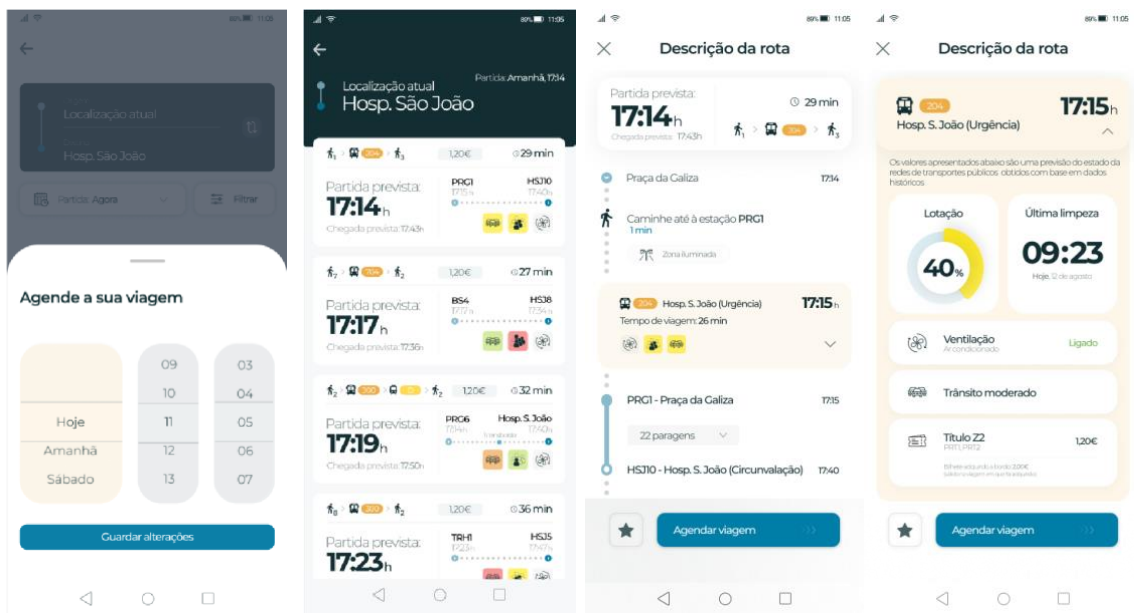
Apoiado na relevância percebida da planificação prévia de rotas por viajantes em serviços de transporte público, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* inclui um recurso de agendamento de viagens, cujo propósito passa pelo planeamento prévio de esquemas de deslocação e a sua atualização contínua à luz das alterações na rede de transportes públicos.

Durante a fase de planeamento de uma viagem (secção 6.4.5), o utilizador dispõe da possibilidade de estabelecer um horário de partida para a sua deslocação (cf. Figura 6.20). Quando o campo é preenchido com um valor diferente do horário do momento em que a viagem se encontra em fase de planeamento, o plano de viagem é entendido, pelo sistema, como uma deslocação futura do utilizador. Todos os dados alocados às opções de rotas disponíveis, entregues nas restantes etapas do planeamento, são produto de uma estimativa baseada nos dados históricos registados. Como exemplo, o valor proposto como percentagem de lotação estimada de um veículo de transporte

público é consequência da média de valores de aglomeração registados nesse veículo no horário estipulado nos últimos 30 dias.



(a) Primeira iteração



(b) Segunda iteração

Figura 6.20 – Agendar viagem

Para facilitar a monitorização das viagens previamente agendadas, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* disponibiliza, ao utilizador, o componente Viagens agendadas, acessível por intermédio do menu principal da aplicação móvel. Inicialmente, este componente foi concedido para exibir, na forma de catálogo, todas as

viagens do utilizador (cf. Figura 6.21a)). Contudo, o feedback prestado pelos potenciais utilizadores, durante a primeira etapa de avaliação do sistema de planeamento de rotas, conduziu à reorganização da arquitetura de informação da interface. Na segunda etapa de prototipagem de *ReStart*, as viagens previamente agendadas pelo utilizador são agrupadas num esquema de calendarização, semelhante ao funcionamento de agendas online, que proporciona, ao utilizador, uma modalidade mais transparente de visualização e gestão de viagens futuras (cf. Figura 6.21b)).

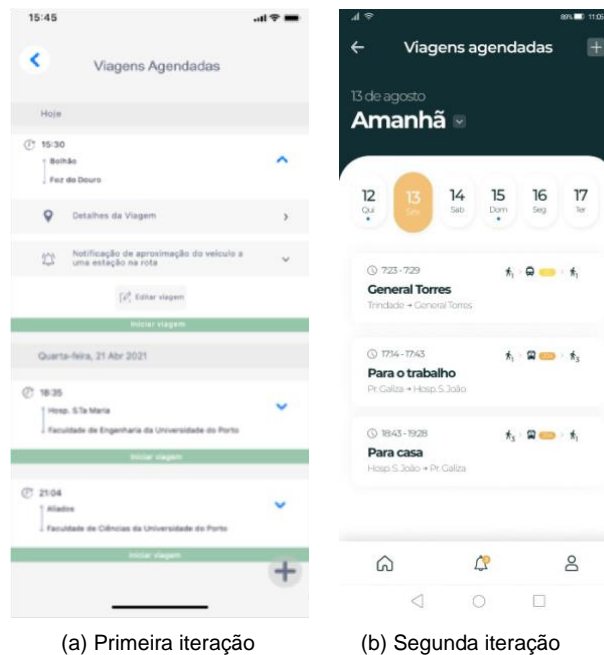


Figura 6.21 – Viagens agendadas

De modo a manter os utilizadores informados sobre as condições de mobilidade esperadas no decurso das suas viagens agendadas, o sistema de planeamento de rotas *ReStart*, inclui um mecanismo de comunicação ao utilizador, por intermédio de notificações, que informa o viajante de alterações na rede que interferem diretamente com os seus planos de viagem futuros. Em caso de necessidade, o planeamento das suas viagens é reajustado automaticamente pelo sistema em conformidade com o estado da rede de transportes públicos e subsequentemente comunicado ao utilizador. Como complemento, o sistema inclui a notificação do utilizador da aproximação do horário de partida das suas viagens agendadas. Por padrão, o alerta é emitido dez minutos antes do horário de partida definido para a viagem, no entanto, o utilizador pode redefinir manualmente este intervalo temporal (cf. Figura 6.22 b)). Na primeira iteração do sistema de planeamento de rotas, o esquema de notificação de aproximação era definido pela aproximação do veículo de transporte público a uma determinada estação na rota, fixada pelo utilizador (cf. Figura 6.22a)). A redefinição do esquema de

notificação implementado foi consequência das sugestões concedidas pelos potenciais utilizadores durante a primeira fase de avaliação da aplicação móvel.

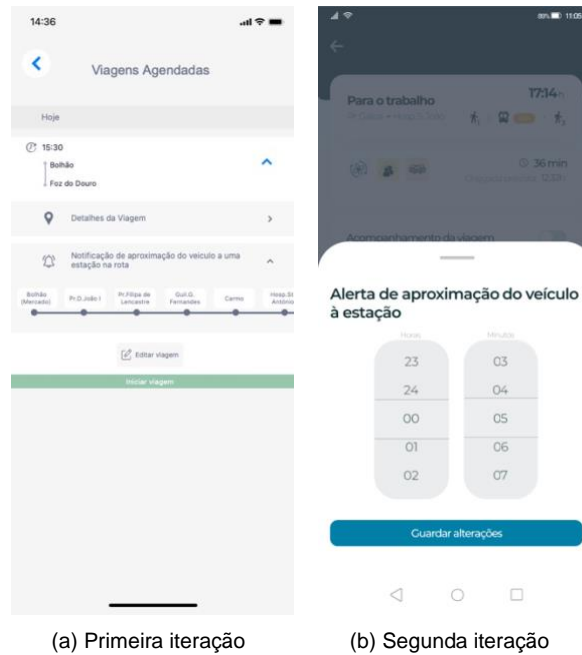


Figura 6.22 – Esquema de notificação de aproximação da hora de partida de uma viagem agendada

A planificação antecipada de viagens recorrentes é uma tarefa comumente executada por viajantes em sistemas de planeamento de rotas de transportes públicos. Com o intuito de agilizar este processo, no decorrer da segunda etapa de prototipagem do planeador de rotas *ReStart*, foi incluído um mecanismo de planeamento repetido de esquemas de viagem futuros, isto é, um plano de deslocação pode ser agendado, pelo utilizador, para diferentes dias da semana (cf. Figura 6.23a)). Ao invés de planeamento singular de viagens em serviços de transporte público, os utilizadores passam a poder agendar o mesmo plano de viagem para vários dias da semana, recebendo atualizações oportunas sobre o seu estado, com avisos sobre a aproximação da hora do seu início. Para promover uma identificação intuitiva dos planos de viagem alocados no componente de Viagens agendadas, o utilizador dispõe da possibilidade de associar uma referência textual descritiva aos esquemas de viagem programados (cf. Figura 6.23b)).

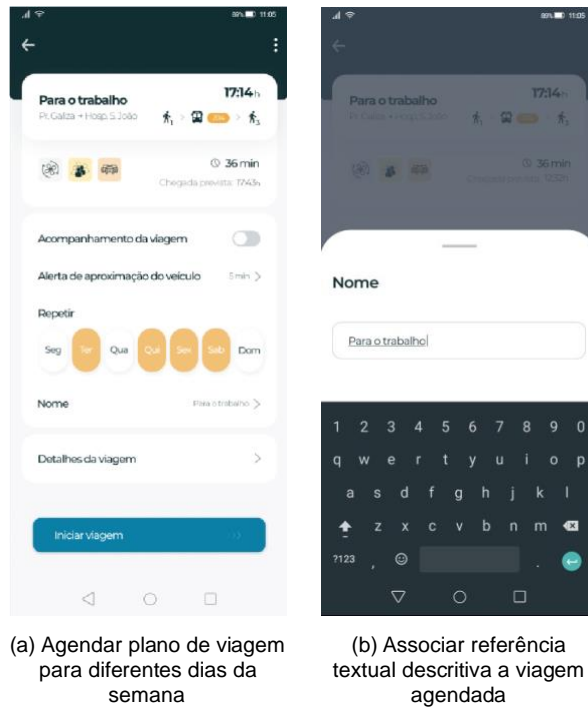


Figura 6.23 – Interfaces complementares do recurso viagens agendadas

6.4.8 Navegação

Os sistemas de planeamento de rotas não devem ser encarados somente como ferramentas de assistência pré-viagem, mas devem igualmente ser capazes oferecer, aos seus utilizadores, serviços completos e integrados que abrangem todos os segmentos de uma viagem [171]. Sustentado nesta alegação, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* integra diretrizes de navegação na totalidade das etapas das viagens dos seus utilizadores. Consequência da articulação com os provedores de localização embutidos nos dispositivos móveis do viajante, o recurso de navegação do planeador de rotas identifica e monitoriza a localização do utilizador ao longo do seu trajeto da rota. Além de assegurar orientações detalhadas à navegação nos diferentes estágios da viagem do utilizador, o recurso de navegação pretende manter os viajantes informados, encaminhando-lhes dados oportunos em tempo real no domínio do estado da rede de transportes públicos local.

Posterior à indicação, a pedido do utilizador, de início de um plano de viagem, o sistema providencia uma gama de interfaces independentes de navegação na rota. Nelas constam mapas dinâmicos agregados a indicações de orientação em tempo real suplementadas com atualizações contínuas de incidências na rede.

O espetro de sensores com graus variáveis de inteligência incorporados nos dispositivos móveis permite a monitorização contínua da localização do utilizador no

decurso da rota, no entanto, esta encontra-se sujeita a uma margem de erro, que no contexto do recurso de navegação pode originar pontos de transtorno ao utilizador. Por consequência, e de forma a assegurar que a prestação de informações é congruente à etapa do trajeto a decorrer, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* carece de um mecanismo de validação do posicionamento do utilizador no trajeto da rota. Neste sentido, o viajante incumbe na tarefa de informar o sistema do início de cada uma das etapas do seu plano de viagem, por intermédio de botões com referências textuais alusivas, introduzidos nas interfaces gráficas do recurso de navegação, sendo, posteriormente, redirecionado para interfaces conexas à etapa subsequente do seu esquema de viagem.

Na hipótese de a rota elegida como plano de mobilidade do utilizador na rede de transportes públicos contemplar etapas de caminhada no decurso do trajeto, o sistema apresenta um mapa dinâmico interativo agregado a indicações *turn-by-turn* [172] na forma de intrusões visuais (cf. Figura 6.24). Mais tarde, quando o viajante se aproxima da estação de transportes públicos incluída no seu esquema de mobilidade, o sistema oferece, a partir da sua segunda fase de prototipagem, uma cobertura de navegação interna, que inclui dados referentes ao ponto de entrada na estação mais conveniente considerando a linha determinada no plano de viagem e as condições de acessibilidade interpostas (cf. Figura 6.25).

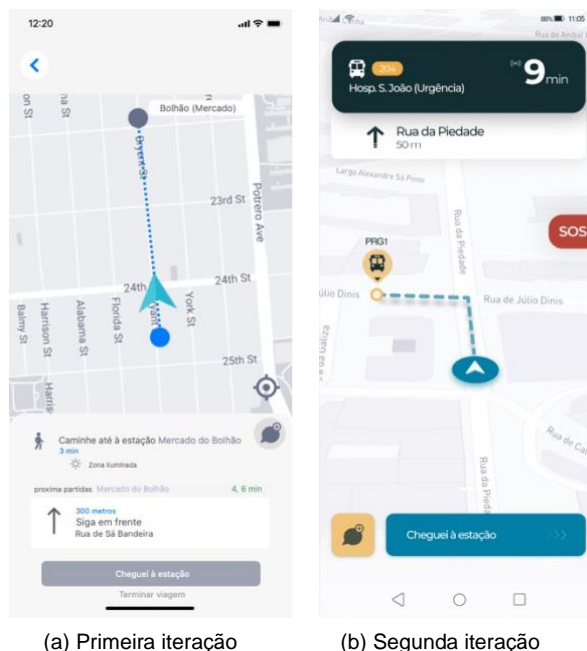


Figura 6.24 – Recurso de navegação - percurso de caminhada

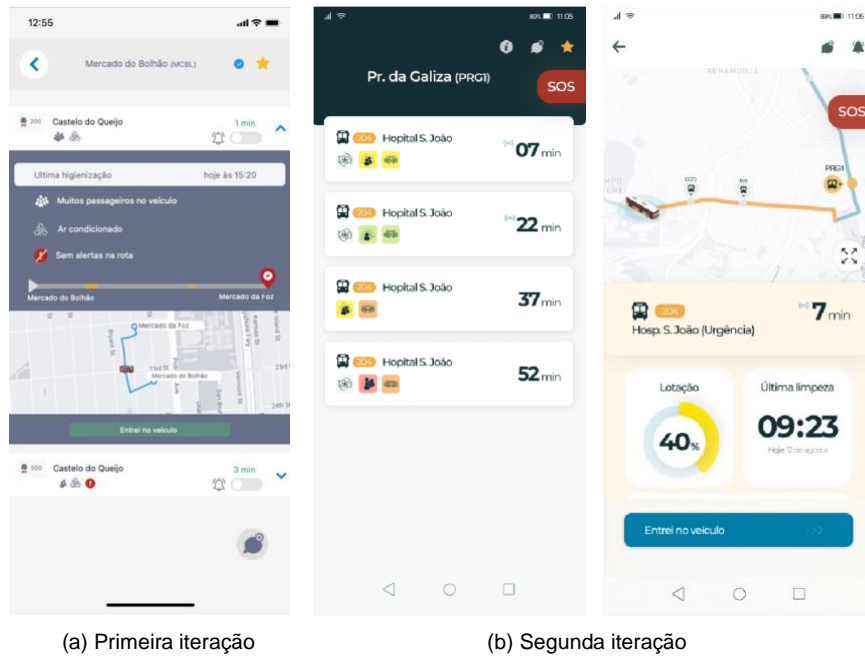


Figura 6.25 – Indicações de acesso a uma estação de transportes públicos

Um estágio recorrente nos esquemas de deslocação dos viajantes corresponde ao período de espera pela chegada do veículo a utilizar na viagem numa estação da rede de transportes. Neste íterim, o sistema remete ao viajante todas as informações consideradas relevantes no contexto de estações de transportes públicos agregadas num coletivo de interfaces. Por intermédio destas, o utilizador, pode obter um entendimento claro sobre as próximas partidas de veículos de transporte público da linha onde irá viajar, bem como consultar em detalhe dados concernentes às características de cada destes, designadamente a sua localização real na rota (cf. Figura 6.26). Adicionalmente, o sistema disponibiliza um mecanismo de comunicação ao utilizador, à semelhança do introduzido na funcionalidade Consultar Informações (secção 6.4.6), que quando acionado, emite um alerta, sob a forma de notificação, da aproximação do veículo em questão à estação selecionada.

O recurso de navegação do sistema de planeamento de rotas *ReStart* apresenta, igualmente, cobertura de navegação durante todo o trajeto de mobilidade no interior de um veículo de transporte público (cf. Figura 6.27). No decurso da totalidade deste estágio, o utilizador pode acompanhar o itinerário do veículo na rede, assim como averiguar o estado de tráfego e advertências que condicionem o percurso da sua viagem. Complementarmente, na segunda e terceira iterações do sistema, quando o viajante se aproxima da paragem de saída definida no esquema da viagem é notificado para que possa atempadamente dirigir-se para a saída do veículo e abandonar o mesmo no ponto correto do trajeto (cf. Figura 6.28). Sempre que as incidências ocorridas na rede de transportes públicos condicionam o esquema de viagem do utilizador e forcem um replaneamento da viagem, o recurso de navegação do planeador de rotas

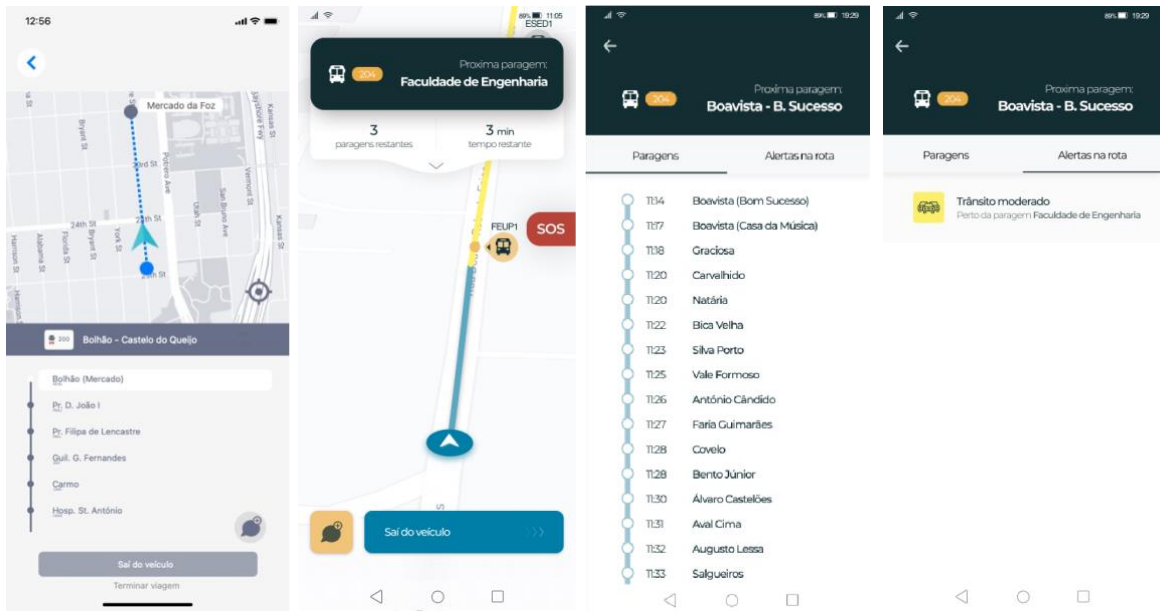
apresenta, ao utilizador, planos de mobilidade alternativos para a sua deslocação até ao destino final.



(a) Primeira iteração

(b) Segunda iteração

Figura 6.26 – Recurso de navegação – estação de transportes



(a) Primeira iteração

(b) Segunda iteração

Figura 6.27 – Recurso de navegação - percurso dentro de um veículo

A otimização do fornecimento de informações aos viajantes no decurso dos seus planos de mobilidade e a disponibilização de tipos avançados de dados sobre a rede de

transportes públicos assume-se como uma condição imperativa do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. Como forma de aumentar a relevância das informações encaminhadas aos viajantes, o sistema pressupõe a inclusão dos seus utilizadores num processo colaborativo (secção 6.2). Este assume o envolvimento em tempo real dos viajantes no fornecimento de informações relevantes sobre a rede de transportes públicos. Correspondentemente, no decurso de todas as etapas do plano de viagem, o utilizador, pode contribuir com informações agrupadas em categorias pré-definidas avaliadas subjetivamente no domínio dos transportes públicos, ou remeter relatórios escritos sobre advertências na rede. Embora a modalidade de inserção manual de texto não se relacione a uma prática de usabilidade preferencial, a inclusão de comentários escritos, no processo colaborativo dos utilizadores com o sistema permite a partilha de dados detalhados sobre incidentes na rede de transportes públicos e de informações não enumeradas nas categorias pré-definidas e que não podem ser mensuradas numa escala de pontuação.

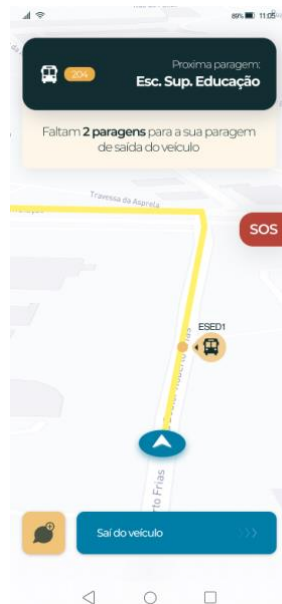


Figura 6.28 – Notificação de aproximação da paragem de saída definida no esquema da viagem

Ao longo do período de caminhada na viagem, o utilizador pode comunicar ao sistema informações de contexto das condições de segurança e de iluminação do trajeto, além de poder relatar, sob a forma de comentário escrito, alertas decorridos nesta etapa do percurso (cf. Figura 6.29). Quando o viajante se encontra numa estação da rede de transportes públicos, tem a possibilidade de reportar problemáticas associadas à mesma, ou tal como na etapa descrita anteriormente, comunicar alertas na forma de comentário escrito (cf. Figura 6.30). Durante a integralidade do trajeto de mobilidade no interior de um veículo de transporte público, o viajante pode conceder ao sistema dados relativos a seis categorias distintas (cf. Figura 6.31):

- lotação;
- limpeza;
- ventilação;
- alertas;
- condução;
- problemas no veículo.

A prestação de informações sobre a lotação do veículo de transporte público é executada com recurso a uma barra deslizante representada por intervalos de valores numa escala numérica da percentagem de ocupação aproximada do veículo. O envio de alertas sobre o estado da rede, tal como vigente no percurso de caminhada, é aplicado num sistema de comunicação de informações na forma de comentário escrito. Nas restantes categorias pré-definidas de dados, o utilizador dispõe de opções de resposta padrão, reduzindo o esforço conexo à prestação de informações ao sistema no modelo colaborativo instituído no planeador de rotas.

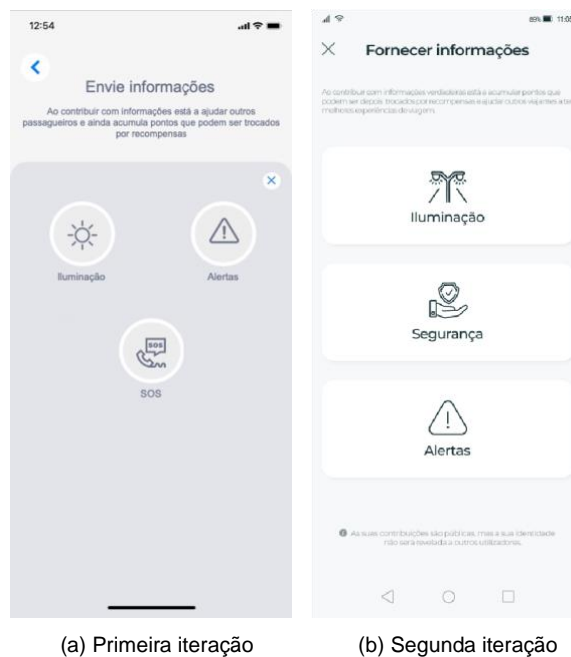


Figura 6.29 – Modelo colaborativo – envio de informações sobre o percurso de caminhada

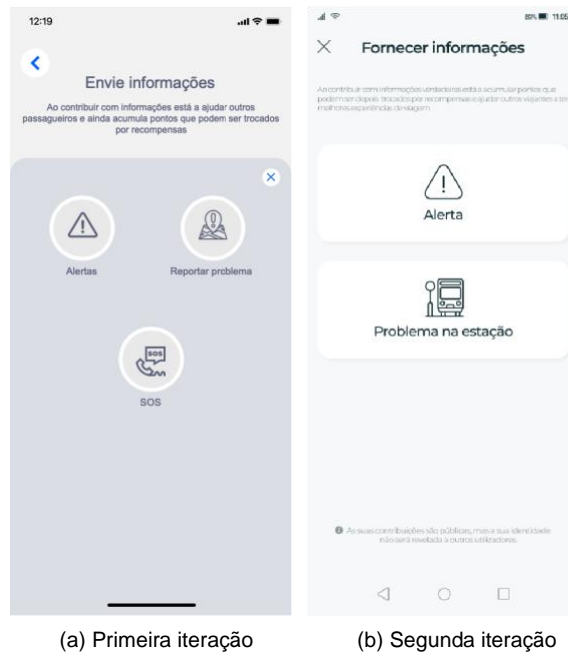


Figura 6.30 – Modelo colaborativo – envio de informações sobre uma estação de transportes públicos

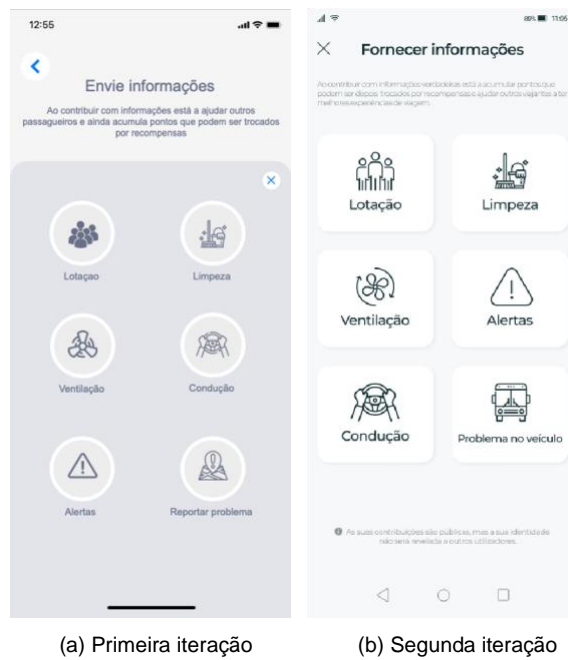


Figura 6.31 – Modelo colaborativo – envio de informações sobre o veículo de transportes públicos

Os dados coletados são estruturados num esquema espaço-temporal conferindo o seu vínculo a um determinado veículo, linha ou estação do gráfico da rede de transportes públicos. Para que a veracidade das informações partilhadas seja assegurada, os dados recolhidos são reencaminhados para utilizadores com referência em termos de tempo e geolocalização semelhante, colocando em prática o mecanismo de validação previsto no modelo colaborativo do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. Logo que o utilizador ateste a sua presença numa nova etapa do seu esquema de viagem é

solicitado a validar informações conexas à etapa onde se localiza. A primeira e segunda iteração de *ReStart* previa uma escala de classificação de voto positivo, *thumbs-up*, ou voto negativo, *thumbs-down*, quanto à sua correção (cf. Figura 6.32 a) e Figura 6.32b)), porém, durante a segunda etapa de avaliação do sistema, a aplicação deste modelo de classificação mostrou-se ineficaz. Por consequência, a escala de classificação foi na terceira etapa de prototipagem reformulada, passando a assumir a forma de voto certo ou errado (cf. Figura 6.32c)).

O regime de classificação aplicado permite, deste modo, assegurar a veracidade das informações difundidas no sistema de planeamento de rotas e ao mesmo tempo acionar o modelo de recompensa aos utilizadores que contribuem com informações válidas. Mediante a sua participação no modelo colaborativo com informações rigorosas sobre a rede de transportes públicos, o utilizador é premiado com a acumulação de pontos, que mais tarde, podem ser utilizados para reivindicar prémios (secção 6.4.10).

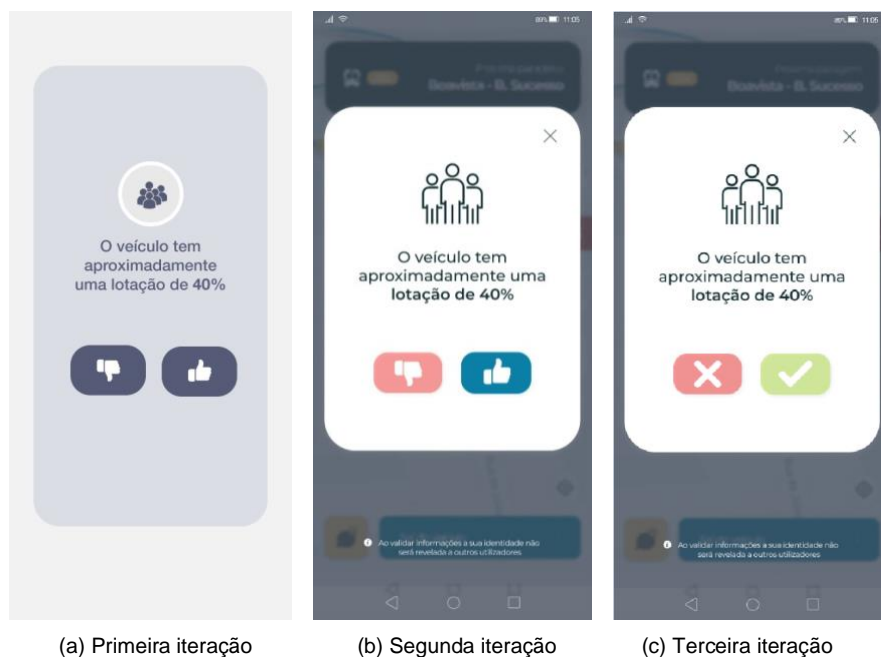


Figura 6.32 – Modelo colaborativo – validação de informações

As características das áreas de acesso aos serviços de transporte público, assim como os tempos de caminhada até estas, correlacionam-se com efeitos preceptivos de insegurança por parte dos viajantes no uso de transportes públicos como meio de mobilidade [44]. Esta problemática é predominantemente consequência da sua exposição à vulnerabilidade do ambiente externo. Para salvaguardar a integridade física dos viajantes no decurso dos seus trajetos de mobilidade, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* incorpora um mecanismo de SOS, cujo propósito é agilizar uma

solicitação de auxílio, pelos utilizadores, em caso de emergência. Este mecanismo permite, ao viajante, efetuar diretamente uma chamada para o Número Europeu de Emergência ou para qualquer um dos seus contactos de emergência. Adicionalmente, o sistema prevê o envio de uma mensagem de texto, agregada à localização atual do utilizador, aos seus contactos de emergência (cf. Figura 6.33). Na primeira iteração do planeador de rotas, o mecanismo de SOS foi incluído nas interfaces de envio de informações ao sistema apenas nas etapas de caminhadas e das estações de transportes públicos (cf. Figura 6.29a) e Figura 6.30a)), no entanto, o feedback prestado pelos intervenientes na primeira fase de avaliação do sistema demonstrou que o esquema de acesso ao mecanismo de SOS compromete a sua finalidade. Como produto deste desenlace, nas etapas subsequentes de prototipagem, o mecanismo de SOS foi aditado à generalidade das interfaces do recurso de navegação (cf. Figura 6.24b), Figura 6.26b) e Figura 6.27b)).

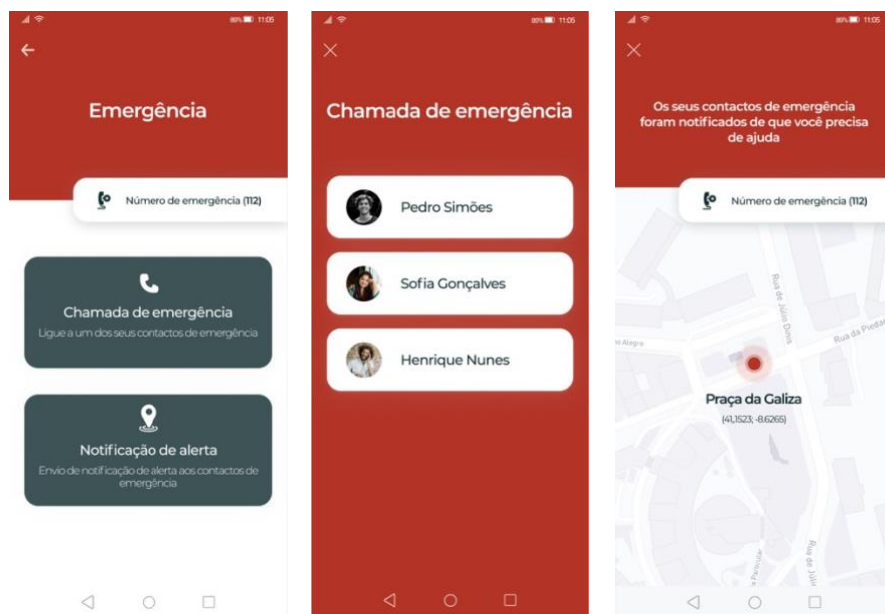


Figura 6.33 – Mecanismo de SOS

6.4.9 Registo/Autenticação do utilizador

Estabelecer uma identidade para os utilizadores finais numa qualquer aplicação móvel fomenta oportunidades futuras de conversão e incrementa um relacionamento posterior com o sistema [173]. Contudo, a construção de um processo de autenticação numa aplicação móvel representa para o utilizador um custo de interação significativo que, quando aplicado em estágios iniciais, onde o seu nível de comprometimento com o sistema é ainda limitado, pode conduzir a fenómenos de abandono precoce e subsequente desistência de utilização [174].

As recomendações de Nielsen [175][176] estipulam que a aplicação de processos de autenticação em aplicações móveis deve considerar o princípio da reciprocidade [177], ou seja, os utilizadores devem previamente beneficiar de um subconjunto restrito de funcionalidades do sistema antes de passar por um processo de registo de identidade. Em harmonia com esta premissa, durante a fase de desenvolvimento do sistema de planeamento de rotas *ReStart* foi estabelecida a dissociação do processo de autenticação das funcionalidades primárias do sistema, proporcionando uma compreensão do seu valor na perspetiva do consumidor antes da definição da sua identidade enquanto utilizador no planeador de rotas.

Uma das principais preocupações implícitas no processo de autenticação é o custo de interação percebido pelo utilizador. Entregar-lhe formulários extensos reduz consideravelmente o estímulo aplicado ao seu registo no sistema. Esta problemática é ainda mais evidente em dispositivos móveis, dadas as restrições patentes na amplitude da tela junto com as opções limitadas de entrada de dados. De forma de reduzir o esforço de interação percebido pelo utilizador no processo de autenticação no sistema de planeamento de rotas *ReStart* foram seguidos os princípios estabelecidos para o design de interfaces de registo e autenticação em aplicações móveis propostos por Budiu [178]. Os campos do formulário de registo no planeador de rotas foram reduzidos ao essencial: nome, endereço de email, palavra-passe e confirmação da palavra-passe (cf. Figura 6.34b)). Embora o esforço cognitivo envolvido na etapa de registo tenha sido minimizado, foram, adicionalmente, integrados métodos alternativos de registo, que possibilitam uma inscrição célere no sistema. Estes métodos incluem o registo através de uma conta pré-existente na rede social Facebook, ou por intermédio da conta Google do utilizador.

Em comparação, o formulário de autenticação solicita ao utilizador unicamente o endereço de email associado ao seu registo no sistema e a respetiva palavra-passe (cf. Figura 6.34c)). Tal como no formulário de registo, também neste, são apresentados métodos alternativos de autenticação. Para agilizar o processo de definição de identidade do viajante, o sistema aciona automaticamente a autenticação do utilizador no sistema de planeamento de rotas *ReStart* após o envio bem-sucedido do formulário de registo.

O recurso Perfil de utilizador (secção 6.4.10) é o ponto de partida para funcionalidades complementares da experiência de utilização do planeador de rotas, por consequência, o seu acesso é restrito a utilizadores autenticados. Quando o utilizador acede a este pela primeira vez é redirecionado para a interface do recurso de definição da identidade do utilizador no sistema de planeamento de rotas (cf. Figura 6.34a)).

Um dos principais exemplos de recursos restritos do sistema são as funcionalidades conexas ao esquema de incentivo do modelo colaborativo. Para que o viajante possa beneficiar do modelo de incentivo, convertendo os pontos acumulados pela sua participação no modelo colaborativo em recompensas com valor transaccional real, o sistema requer o registo da sua identidade. Nesta fase de interação espera-se que o utilizador tenha estabelecido uma relação de compromisso com o planeador de rotas e por isso se encontre disposto a confiar as suas informações pessoais ao sistema.

Adicionalmente, na implementação do sistema, os dados de autenticação devem ser armazenados localmente, concedendo a possibilidade de serem acedidos sempre que exista uma nova entrada do utilizador no sistema após a aplicação móvel ter sido, por este, encerrada.

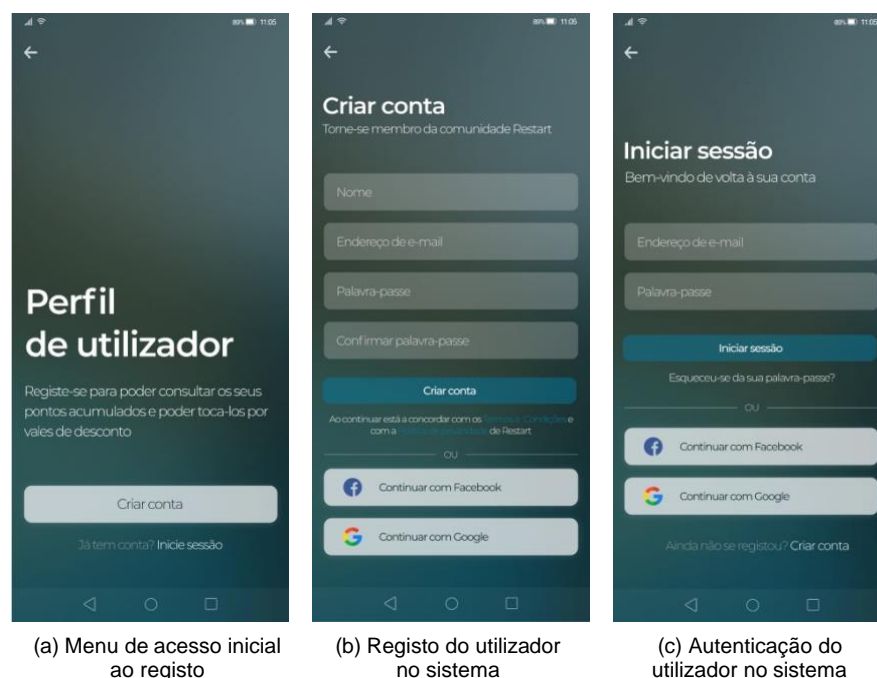


Figura 6.34 – Definição da identidade do utilizador

6.4.10 Perfil do utilizador

O perfil do utilizador atua como representação digital explícita da identidade do utilizador no sistema [179]. Além de uma coleção de informações pessoais, no perfil do utilizador são agregados os dados históricos de utilização e as configurações previamente estabelecidas pelo utilizador no sistema. Adicionalmente, o recurso do perfil do utilizador no sistema de planeamento de rotas *ReStart* inclui os dados da pontuação acumulada pelo utilizador fruto da sua cooperação com modelo colaborativo instituído no sistema (secção 6.2).

Durante as suas viagens, os utilizadores do planeador de rotas podem contribuir com informações relacionadas a categorias pré-definidas sobre a rede de transportes, assim como validar informações fornecidas ao sistema por terceiros. Este envolvimento no processo colaborativo é premiado com um esquema de recompensas. Por cada informação válida enviada ao sistema, o utilizador acumula um total de 10 pontos associados ao seu perfil de utilizador. Paralelamente, por cada validação de dados fornecidos por terceiros, o utilizador recebe 5 pontos. Na interface principal do recurso perfil do utilizador (cf. Figura 6.35), o viajante pode consultar o número total de pontos conquistados disponíveis.

Para que os dados gerados de forma colaborativa adquiram um valor transacional real, remunerando os utilizadores ativamente envolvidos na cocriação de valor no sistema, os pontos acumulados associados ao perfil do utilizador podem ser convertidos em recompensas reais. À vista das evidências apresentadas na secção 6.2 deste documento, o modelo de incentivo é comercialmente viável para os provedores de transportes públicos, por consequência, o esquema de recompensas apresentado nas interfaces do perfil do utilizador pressupõem uma cooperação direta com as entidades operadoras de transportes públicos. Consequentemente, foram definidos como recompensas ao utilizador vales de desconto, em diferentes níveis, nos planos de assinatura mensais de títulos de transporte do viajante. O utilizador pode assim, a partir da interface do perfil de utilizador, permutar os pontos acumulados, resultado da sua cooperação com modelo colaborativo instituído no sistema, por prémios de valor real (cf. Figura 6.36).



Figura 6.35 – Perfil do utilizador

Com o intuito de fomentar um envolvimento acrescido do utilizador com o sistema de planeamento de rotas, em particular no processo colaborativo, foram incluídos dados

estatísticos das suas contribuições e validações mensais na interface principal do perfil do utilizador. As estatísticas podem, complementarmente, ser consultadas em maior detalhe numa interface independente, acessível a partir da interação com componente visual disposto na interface principal do perfil do utilizador (cf. Figura 6.37).

O recurso do perfil do utilizador inclui ainda funcionalidades complementares à experiência de utilização do sistema de planeamento de rotas *ReStart* pelo viajante: Associação da assinatura do título de transporte público, Alteração da área metropolitana, Histórico de viagens do utilizador e Definições do sistema.

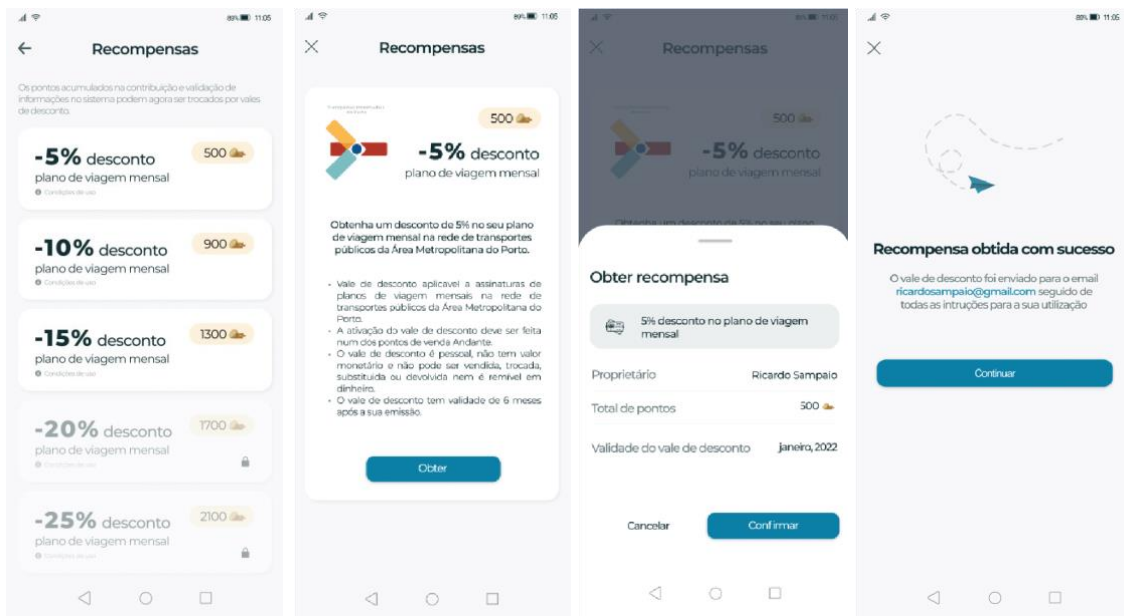


Figura 6.36 – Processo permuta de pontos acumulados por recompensas de valor real

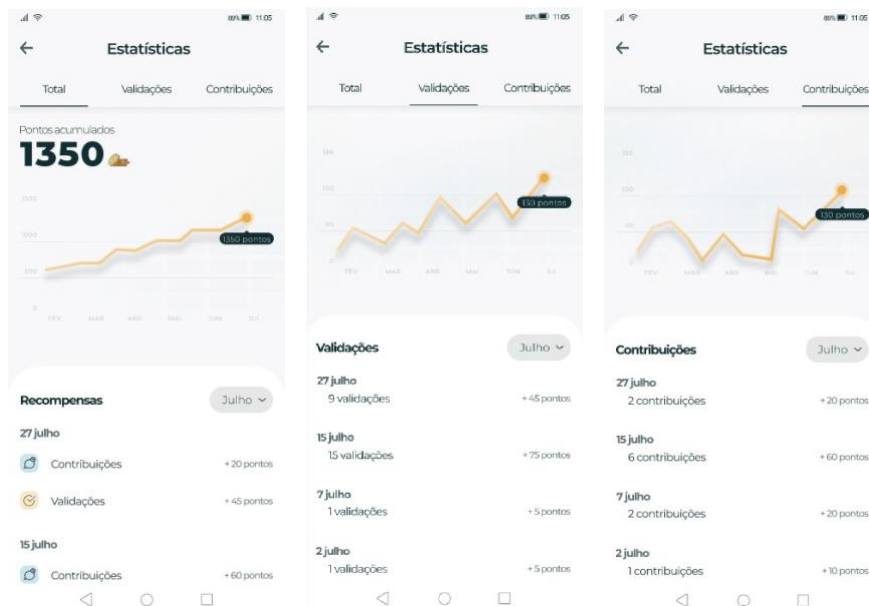


Figura 6.37 – Dados estatísticos

Para fins de prototipagem, o recurso do perfil do utilizador foi incluído somente na segunda e terceira iterações do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. Esta decisão é consequência do propósito estabelecido para o primeiro protótipo do sistema.

Associação da assinatura do título de transporte público

No decurso da primeira fase de avaliação do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, os utilizadores em potencial, no decorrer das sessões de teste de usabilidade ao sistema, proferiram insights importantes para elevar a eficiência do planeador de rotas. Entre eles, destaca-se a comunicação, ao utilizador, de dados detalhados sobre os custos associados aos seus planos de viagem. No entanto, os valores tabelados dos esquemas de mobilidade em serviços de transporte público variam consoante a rede de transportes em que o utilizador se desloca, bem como da modalidade de assinatura de transporte por este subscrita.

A generalidade das operadoras de transporte público, oferecem, aos viajantes, dois principais esquemas de títulos de transporte: os ocasionais e os de assinatura. Os títulos de transporte de assinatura, vulgarmente mensal, são dirigidos à quota da população que se desloca frequentemente na rede de transportes públicos entre pontos recorrentes. Em contrapartida, os títulos ocasionais alinham-se com as necessidades dos passageiros que se deslocam esporadicamente nos centros urbanos com recurso a serviços de transporte público ou para os quais as restrições de trajeto ou horários não permitem tirar proveito dos títulos de assinatura.

Para que os custos vinculados aos planos de viagem sejam apresentados ao utilizador de forma congruente com a modalidade de título de transporte por este subscrita, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* inclui, a partir da segunda iteração do sistema, um mecanismo que permite ao utilizador associar a sua assinatura de título de transporte público. Este mecanismo pressupõem um processo de três etapas a executar pelo utilizador: seleção da área metropolitana em que viaja (cf. Figura 6.38a)), entrada dos dados do título de transporte (cf. Figura 6.38b)) e procedimento de confirmação de dados (cf. Figura 6.38c)).

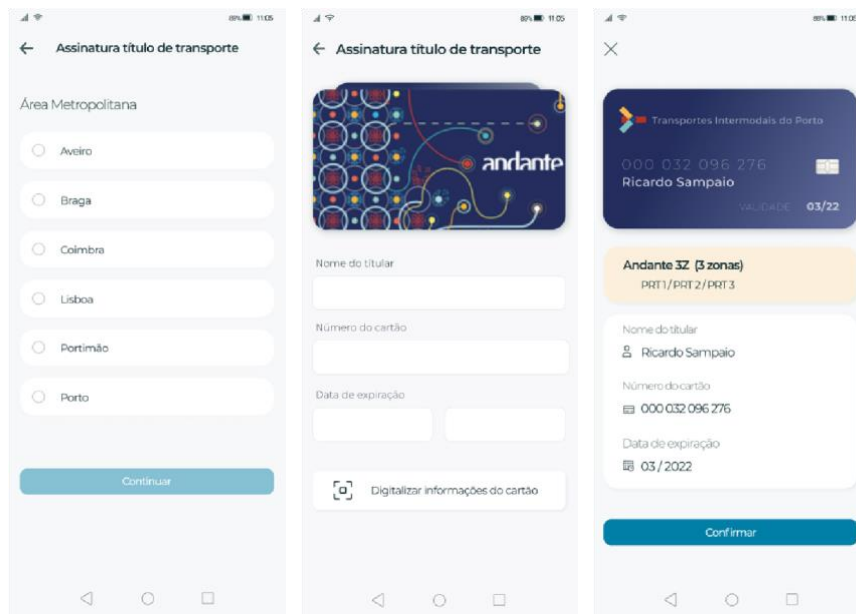


Figura 6.38 – Processo de associação da assinatura de título de transporte público

Com a intenção de simplificar a entrada de dados pelos utilizadores, o sistema disponibiliza um método de digitalização das informações do título de transporte (cf. Figura 6.39).

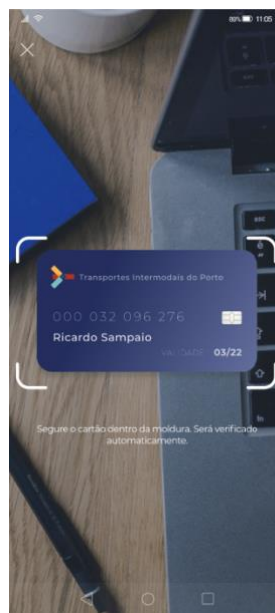


Figura 6.39 – Digitalização das informações do título de transporte público

Caso o utilizador não disponha de um plano de assinatura de título de transporte ou ainda não tenha procedido à associação do mesmo no planeador de rotas, o sistema apresenta, para cada plano de viagem, os valores tabelados da aquisição de títulos ocasionais de mobilidade na rede de transportes públicos. Como complemento, e produto

do segundo estágio de avaliação da usabilidade do sistema, são apresentadas advertências aos viajantes da discrepância de valores nos títulos ocasionais quando adquiridos no interior dos veículos de transportes públicos.

Histórico de viagens

Toda a vez que o utilizador recorre ao serviço de navegação do planeador de rotas com ferramenta de assistência durante a sua viagem, o sistema arquiva a sua rota num historial de viagens. A partir da segunda fase de prototipagem de *ReStart*, e por intermédio da interface do Perfil do utilizador, o viajante pode consultar o histórico de todas as suas viagens (cf. Figura 6.40a)), decorridas até um período temporal máximo de seis meses. Para cada viagem completada, o utilizador pode examinar o trajeto percorrido, o horário de partida e respetiva chegada ao destino final, junto com informações detalhadas dos veículos de transporte público utilizados no trajeto da rota (cf. Figura 6.40b)). Agregada a esta interface, foi incluído um mecanismo de reporte de problemas ocorridos nas viagens em serviços de transporte público do utilizador. Ao invés de proceder a uma reclamação junto da operadora de transportes públicos, o sistema de planeamento de rotas inclui um canal de comunicação direto entre o utilizador e a operadora agilizando todo o procedimento de reporte de incidências (cf. Figura 6.40c)).

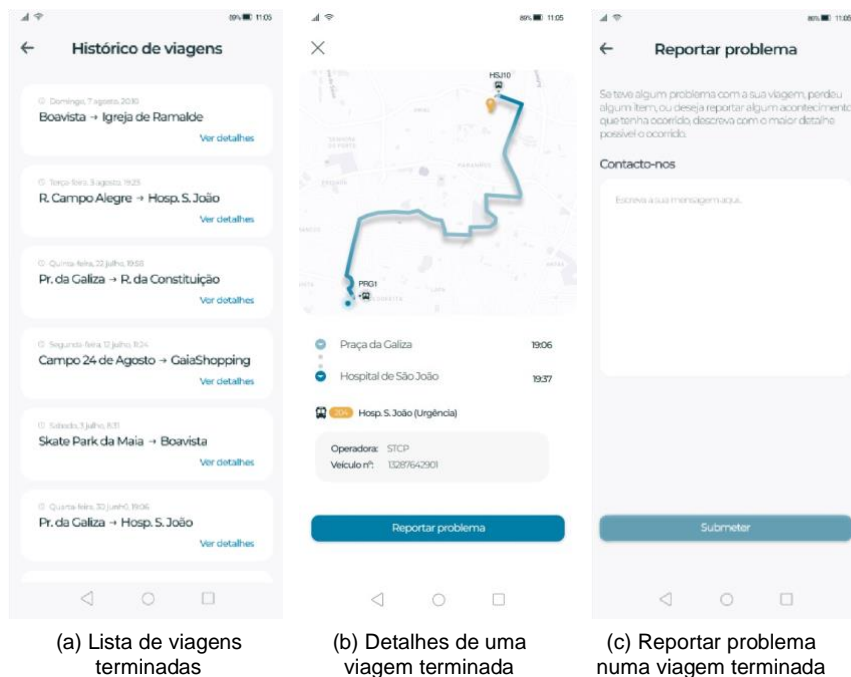
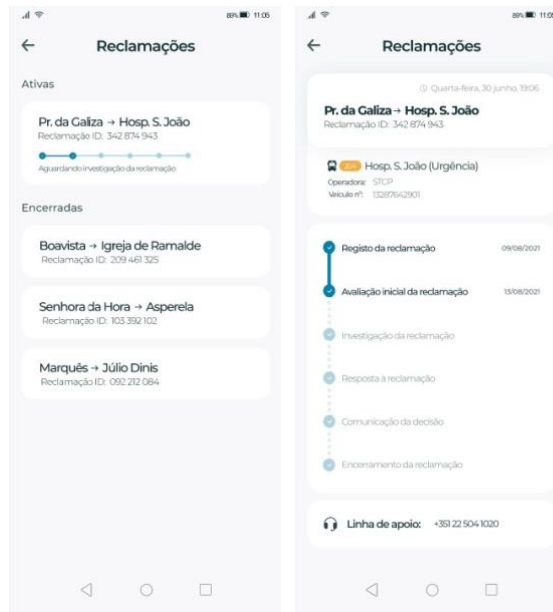


Figura 6.40 – Histórico de viagens na segunda iteração do sistema

Em consequência do feedback prestado pelos potenciais utilizadores do sistema de planeamento de rotas, na terceira iteração de *ReStart*, as interfaces do histórico de viagens foram redesenhadas, incluindo agora uma interface adicional ao mecanismo de

reporte de problemas em viagens, onde o utilizador, após acionar uma reclamação junto da operadora de transportes públicos, pode acompanhar o estado da mesma (cf. Figura 6.41). Este complemento, permite ao utilizador compreender o real progresso do seu pedido.



(a) Lista de pedidos de reclamação (b) Estado do pedido de reclamação

Figura 6.41 – Estado dos pedidos de reclamação à operadora de transportes públicos

Adicionalmente, e com o propósito de promover uma pesquisa célere de viagens em particulares na listagem do histórico de viagens do utilizador, foi integrado um motor de pesquisa através de referências textuais, junto com um sistema de ordenação dos cartões de viagens terminadas (cf. Figura 6.42).



Figura 6.42 – Lista de viagens terminadas na terceira iteração do sistema

Definições

O painel de definições de uma aplicação móvel permite, ao utilizador, personalizar o sistema em concordância com as suas preferências e ajustá-lo às suas intenções diárias. As interfaces do recurso de configuração de definições do sistema de planeamento de rotas *ReStart* entregam ao utilizador componentes base empregues na generalidade das aplicações móveis disponíveis no mercado, respeitando as diretrizes estabelecida por Sharma [180] para o design de interfaces gráficas relacionadas à configuração de aplicações móveis.

O painel de definições do planeador de rotas permite, ao utilizador, configurar parâmetros agrupados em quatro principais categorias: elementos gerais do sistema, notificações, conta do utilizador e princípios de privacidade (cf. Figura 6.43). As definições do sistema foram organizadas em categorias permitindo ao utilizador identificar prontamente o parâmetro de configuração pretendido. Adicionalmente, foi aplicada uma hierarquia visual na lista de configurações, dispondo em primeiro plano os parâmetros comumente requeridos com maior frequência [180].

As interfaces do recurso de definições do sistema incluem uma área de suporte ao cliente. Nesta, o utilizador pode estabelecer contacto com a equipa técnica da aplicação móvel, fornecer feedback quanto ao desempenho do sistema ou consultar mais informações sobre o planeador de rotas *ReStart* e os seus serviços. Estes elementos permitem apresentar, ao utilizador, um conjunto de alternativas convenientes para a resolução dos seus problemas no sistema, impulsionando uma retenção aprimorada de consumidores. Da mesma forma apresenta potencial na produção de reflexões valiosas sobre a operacionalidade do sistema e na redução do número de comentários depreciativos sobre o mesmo.



Figura 6.43 – Painel de definições

6.4.11 Central de notificações

As notificações são ferramentas poderosas de comunicação do sistema direcionadas aos seus utilizadores [181]. Quando projetados corretamente, os modelos de notificações podem oferecer, aos utilizadores, dados valiosos para a sua experiência na aplicação móvel e incentivar o seu envolvimento ativo com o sistema.

O desenrolar de incidências na rede de transportes públicos, como alterações de horários, congestionamentos no tráfego ou desvios, geralmente, compromete os planos de viagem dos utilizadores. Manter os viajantes informados sobre o real estado do sistema de transporte público local, embora não mitigue diretamente quaisquer acontecimentos, fornece uma camada adicional de dados que contribui para o ajuste das expectativas de viagem dos passageiros. Por intermédio de notificações do sistema ao utilizador, o planeador de rotas *ReStart* comunica ao viajante alterações nos seus esquemas de viagem, oferecendo planos de mobilidade alternativos para a sua deslocação até ao destino final e atualizações contínuas do estado da rede de transportes públicos. Além destas, o sistema de planeamento de rotas utiliza estratégias de notificações para comunicar, planos de viagem agendados, o progresso nos níveis de acumulação de pontos no perfil de utilizador ou novos recursos e versões, entre outros.

Desde a segunda fase de prototipagem do planeador de rotas *ReStart*, as notificações, independentemente da sua origem, são ancoradas numa única interface do sistema de planeamento de rotas, a central de notificações (cf. Figura 6.44). Esta é acessível a

partir da barra de navegação inferior (secção 6.4.3) e do menu principal (secção 6.4.4) do planeador de rotas. A escolha de uma central de notificações como modelo de notificação da aplicação móvel, em deferimento de outros modelos, recaiu na sua flexibilidade e escalabilidade [182].

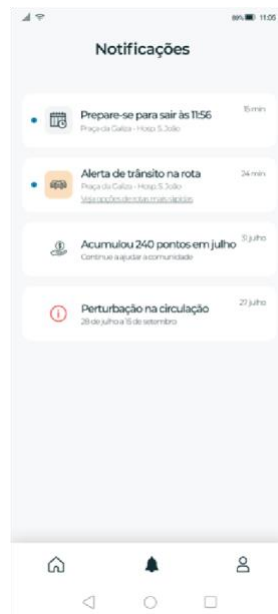


Figura 6.44 – Central de notificações

A fim de promover uma interpretação intuitiva da comunicação do sistema ao utilizador, as notificações, apresentadas na central de notificações, encontram-se vinculadas a um curto texto informativo, um ícone representativo da sua fonte no sistema e de uma referência temporal. Adicionalmente, as notificações pendentes são agregadas a um indicador visual. A interação com um qualquer cartão de notificação na interface da central de notificações redireciona, o utilizador, para a sua origem no sistema de planeamento de rotas.

Na barra de navegação inferior e no ecrã do menu principal, o ícone representativo da central de notificações encontra-se anexado a um distintivo dinâmico disposto no canto superior esquerdo do mesmo, representando a quantidade de notificações pendentes do sistema ao utilizador (cf. Figura 6.45).



Figura 6.45 – Ícone representativo – notificações pendentes do sistema ao utilizador

Capítulo 7

Avaliação da usabilidade

A maximização da usabilidade de um qualquer artefacto tecnológico passa pela adoção de modelos de design iterativo, onde o sistema é progressivamente refinado como produto das etapas de avaliação de usabilidade. A perspetiva dos potenciais utilizadores é incorporada nos estágios de desenvolvimento, culminando num produto final com níveis de usabilidade mais elevados que, por consequência, desencadeiam melhores experiências de utilização pelos seus consumidores [125]. A avaliação da usabilidade da plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos *ReStart* assumiu três estágios distintos de avaliação, cada um correspondendo ao final de cada iteração do planeador de rotas, e incorporou a técnica de avaliação testes de usabilidade com utilizadores representativos.

A primeira etapa de avaliação recaiu sobre o protótipo de baixa-fidelidade da aplicação móvel e estabeleceu como principal propósito a validação do conceito subjacente ao sistema de planeamento de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos proposto. Esta etapa de avaliação permitiu igualmente assimilar comentários iniciais sobre a utilidade do planeador de rotas e identificar os principais problemas e potenciais melhorias no sistema. Como consequência do contexto pandémico sentido no momento da execução do primeiro estágio de avaliação, os testes de usabilidade foram conduzidos de forma remota e síncrona, onde cada sessão de teste de usabilidade teve uma duração aproximada de quarenta e cinco minutos.

Consequência dos resultados do primeiro estágio de avaliação, a plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos foi refinada e despoletou a formulação do protótipo de alta-fidelidade do sistema. A segunda etapa de avaliação incidiu na análise da usabilidade deste, assim como na identificação de dificuldades de interação dos utilizadores com as interfaces do sistema.

A perspetiva dos utilizadores em potencial do planeador de rotas no decurso do segundo estágio de avaliação foi incorporado no momento de prototipagem, dando origem à reformulação e aperfeiçoamento do protótipo de alta-fidelidade do sistema de planeamento rotas. O terceiro estágio de avaliação de usabilidade incidiu, consequentemente, na validação da usabilidade das novas funcionalidades do protótipo, bem como das alterações executadas nos recursos previamente instituídos no sistema.

Para firmar o sucesso da avaliação do sistema de planeamento de rotas, as sessões de testes de usabilidade, no segundo e terceiro estágio de avaliação, assumiram um formato presencial e decorreram num ambiente controlado.

Tendo em vista mensurar quantitativamente e qualitativamente a usabilidade e utilidade da plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos proposta, na totalidade dos estágios de avaliação do sistema, as sessões de teste de usabilidade foram repartidas em três subfases:

1. Questionário pré-teste – formulado com o propósito de caracterizar em termos sociodemográficos a amostra, compreender os hábitos de mobilidade com recursos a serviços de transporte público dos participantes e identificar o seu grau de literacia digital (cf. Apêndice B.2);
2. Fase de teste – os participantes foram solicitados a completar um conjunto prédefinido de tarefas, correspondendo a ações a realizar no protótipo da aplicação móvel. Durante a sua execução, os participantes foram incentivados a vocalizar o seu raciocínio durante a realização das tarefas [183]. Complementarmente, no final de cada tarefa, os participantes deveriam classificar a facilidade percebida de execução da mesma, recorrendo a uma escala *Likert* de cinco pontos, variando de “Muito difícil” a “Muito fácil”;
3. Questionário pós-teste – utilizando uma adaptação do *System Usability Scale* (SUS), os participantes foram encorajados a indicar o seu grau de concordância, numa escala *Likert* de cinco pontos oscilando entre “Discordo totalmente” e “Concordo totalmente”, quanto um conjunto de nove afirmações sobre o sistema:
 - Acho que a aplicação móvel é fácil de utilizar;
 - Acho que precisaria de suporte para utilizar esta aplicação móvel;
 - Acho que a aplicação móvel é útil;
 - Acho que a aplicação móvel é agradável de utilizar;
 - O conceito subjacente à aplicação móvel é difícil de entender;
 - Acho que a aplicação móvel está bem organizada;
 - Acho que poderia obter informação rapidamente através desta aplicação móvel;
 - Acho que a maioria das pessoas aprenderia rapidamente a utilizar esta aplicação móvel;
 - Acho que gostaria de utilizar esta aplicação móvel frequentemente.

A segunda e quinta afirmações são consideradas declarações negativas, ao passo que as demais, são aceites como afirmações positivas.

Supletivamente, aos intervenientes das etapas de avaliação foi solicitada a resposta a um conjunto de questões exploratórias, aditando o especto de dados das diversas dimensões da experiência percebida de interação do utilizador com o protótipo de alta-fidelidade do planeador de rotas:

- O que gostou mais na aplicação móvel?
- O que não gostou tanto na aplicação móvel?
- O que é que estava à espera da aplicação móvel e que não encontrou?
- O que é que acha que está a mais na aplicação móvel?
- O que o faria utilizar a aplicação móvel no futuro?

No decorrer da primeira etapa de avaliação da usabilidade do sistema foram, adicionalmente, incluídas três questões conexas ao modelo colaborativo instituído:

- Como interpreta o fornecimento de informações durante a viagem?
- Qual a relevância de fornecer informações durante as viagens?
- Que tópicos relevantes poderiam ser incluídos nas informações apresentadas sobre as rotas e conseqüentemente fornecidos ao sistema durante a viagem?

De modo análogo, no segundo e terceiro estágio de avaliação, o estudo qualitativo da usabilidade foi suplementado com as questões concernentes ao progresso do sistema de planeamento de rotas *ReStart*:

- O que é que acha que poderia ser melhorado na aplicação móvel?
- O que acha da organização, layout, cores e linguagem utilizados na aplicação móvel?

7.1 Primeira etapa de avaliação da usabilidade

7.1.1 Questionário pré-teste

No decorrer da primeira etapa de avaliação de usabilidade do sistema de planeamento de rotas para transportes públicos, os participantes das sessões de teste de usabilidade conduzidas foram recrutados por conveniência, havendo sido estabelecida a meta mínima de recrutamento de cinco participantes por forma de superar as recomendações de Virzi [184]. Segundo este, a execução de testes de usabilidade com pelo menos entre quatro e cinco participantes é, na maioria dos casos, suficiente para identificar 80% dos problemas de usabilidade de uma interface. Como sequela, o primeiro estágio de avaliação do planeador de rotas integrou um conjunto de seis utilizadores em potencial nas sessões de teste de usabilidade do sistema. Com o propósito de obter um espectro

diversificado de contextos e perspetivas de utilização do sistema de planeamento de rotas proposto, procurou-se recrutar uma amostra heterogénea de participantes com distribuição igualitária de género, distintos padrões de uso de serviços de transporte público como meio de mobilidade e que circunscrevesse uma ampla gama de faixas etárias. A Tabela 7.1 exibe uma visão detalhada da caracterização sociodemográfica da amostra.

#	Faixa etária	Género	Frequência com que utiliza serviços de transporte público	Nível de conforto na utilização de smartphones [1-5]
1	18-24	Feminino	Diariamente	5
2	25-34	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
3	18-24	Masculino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
4	25-34	Masculino	Diariamente	5
5	25-34	Masculino	Frequentemente (1x por semana)	5
6	25-34	Masculino	Ocasionalmente (1x por mês)	5

Tabela 7.1 — Caracterização sociodemográfica da amostra da primeira etapa de avaliação

O total dos seis potenciais utilizadores que integraram a primeira etapa de avaliação do sistema de planeamento de rotas tinham idades compreendidas entre os dezanove e os trinta e quatro anos, existindo predominância no número de participantes do sexo masculino. De entre os seis participantes, três já haviam precedentemente integrado a amostra dos grupos de discussão conduzidos no âmbito deste projeto. Apesar dos esforços empregues no período de recrutamento, as limitações enfrentadas pela situação pandémica e as restrições temporais previamente delimitadas para o projeto constituíram um obstáculo a um recrutamento com grau superior de diversidade entre os participantes. Ainda assim, entende-se que os testes de usabilidade decorrentes da primeira etapa de avaliação do sistema providenciaram um amplo espectro de óticas de utilização do sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

7.1.2 Fase de teste

A fase de teste, decorrente do primeiro estágio de avaliação, representou o primeiro contacto dos utilizadores em potencial com o protótipo da aplicação móvel de planeamento de rotas para transportes públicos. Para aferir a compreensão dos

participantes sobre o conceito subjacente ao sistema, assim como o seu grau de usabilidade, foi formulado um conjunto de treze tarefas de interação ordenadas, a executar por estes no protótipo da aplicação móvel (cf. Tabela 7.2), contemplando a totalidade das principais funcionalidades do planeador de rotas, integradas na primeira iteração do sistema. No decorrer da fase de teste, as treze tarefas redigidas foram concretizadas na íntegra pelos participantes, salientando-se a ausência de erros no decorrer da sua execução.

Complementarmente, a classificação individual atribuída, pelos utilizadores em potencial do sistema, a cada tarefa permite analisar a sua facilidade percebida de execução no protótipo do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. A Tabela 7.2 sintetiza o índice médio de classificação obtido para cada uma das treze tarefas previamente executadas. Para fomentar uma interpretação célere dos resultados alcançados, é aplicado um esquema de cores na Tabela 7.2, onde a cor vermelha representa uma média igual ou inferior a dois pontos, ou seja, um baixo nível de facilidade de execução, a cor laranja salienta um resultado mediano, onde os valores médios de classificação atribuídos estão compreendidos de entre três e quatro pontos e, em última instância, a cor verde, que declara altos níveis de facilidade de execução, com pontuações acima dos quatro pontos.

#	Tarefa	Classificação média
T1	Planear uma viagem entre uma determinada origem e destino	4,8
T2	Definir requisitos para uma viagem	4,2
T3	Escolher a rota para a viagem de entre as sugestões apresentadas	4,7
T4	Partilhar informações com o sistema sobre o percurso de caminhada na rota	4,5
T5	Escolher uma opção de veículo para a viagem entre as próximas partidas na estação de transportes públicos	4,3
T6	Partilhar informações com o sistema sobre a estação de transportes públicos	4,5
T7	Partilhar informações com o sistema sobre o veículo de transportes públicos em que viaja	4,5
T8	Consultar informações sobre as próximas partidas numa determinada estação de transportes públicos	4,7

Consultar informações sobre uma determinada linha da rede de T9 transportes públicos	4,8
T10 Consultar as viagens previamente agendadas	5
T11 Alterar a hora de partida de uma viagem previamente agendada	4,5
Ativar a notificação de aproximação do veículo de transporte público T12 escolhido para a viagem agendada a uma determinada estação na rota	4,7
T13 Iniciar uma viagem agendada	4,7

Tabela 7.2 — Avaliação quantitativa média por tarefa executada no protótipo de *ReStart* na primeira etapa de avaliação

Os resultados permitem constatar que a totalidade das tarefas executadas, pelos potenciais utilizadores, no protótipo de *ReStart* denotam níveis elevados de facilidade de execução com uma pontuação média de 4,7 em 5 pontos.

O mecanismo de filtragem integrado no recurso de planeamento de viagens, tarefa T2, registou o ífero índice médio de classificação quanto à facilidade percebida de execução. A justificativa recai nas dificuldades de interpretação da simbologia utilizada no parâmetro lotação dos veículos na rota. Independentemente, a definição de requisitos para as suas viagens foi reconhecida, pelos participantes, como de elevada relevância no contexto do planeador de rotas, potenciando o ajuste das sugestões de viagem às suas necessidades e preferências individuais.

Em oposição, a totalidade dos intervenientes nas sessões de teste de usabilidade declararam a consulta de viagens por estes previamente agendadas como uma tarefa com altos níveis de facilidade de execução, resultando numa avaliação quantitativa média de 5 pontos.

A conjugação de tarefas vinculadas à plataforma de consulta de informações singulares no domínio da rede de transportes públicos, tarefas T8 e T9, foram facilmente interpretadas e prontamente executadas no decorrer da primeira etapa de avaliação do sistema, contudo, apesar dessa perceção, os participantes, salientaram que a reorganização da arquitetura de informação do recurso, agregando ambas numa funcionalidade ímpar, resultaria em maior conveniência de utilização, elevando a usabilidade da plataforma.

O esquema de notificação ao utilizador da aproximação de um determinado veículo à estação prevista na rota, conexo à tarefa T12 da fase de teste, foi descomplicadamente

percebido e executado pelos intervenientes das sessões de teste de usabilidade, contudo, estes preconizaram o interesse em definir o aviso de aproximação de um veículo em particular à estação na forma de valor temporal, ao invés da seleção de entre opções de estações de transportes públicos precedentes na rota.

Complementarmente, os participantes sublinharam a pertinência do mecanismo de SOS integrado no sistema de planeamento de rotas, no entanto, destacam que o seu esquema de acesso no recurso de navegação tem potencial para comprometer a sua finalidade.

No decorrer da fase de teste do protótipo de baixa-fidelidade de *ReStart* foram detetadas problemáticas no acesso ao componente de navegação instituído. Em oposição ao inicialmente previsto, o acesso à barra de navegação lateral através do gesto de deslizar na borda do ecrã revelou-se pouco intuitivo para os participantes. Adicionalmente, o botão disposto no canto superior direito denotou-se fora do alcance mais conveniente durante o manuseamento do dispositivo móvel pelos potenciais utilizadores. Embora esta dificuldade de interação não se encontre vinculada a nenhuma tarefa singular da fase de teste do sistema, foi alvo de atenção durante o decorrer do primeiro estágio de avaliação do planeador de rotas.

O desfecho da avaliação quantitativa na totalidade das tarefas executadas pelos utilizadores em potencial ao longo da fase de teste são um indicador da facilidade geral de uso da primeira iteração do planeador de rotas *ReStart*.

7.1.3 Questionário pós-teste

Na sequência da resposta ao composto de questões exploratórias, os intervenientes da primeira etapa de avaliação do sistema destacam a relevância e conveniência da disponibilização de informações em tempo real no sistema de planeamento de rotas, em particular, a prestação de tipos avançados de dados vinculados a parâmetros de proteção pessoal, segurança e conforto no decurso de planos de mobilidade em serviços de transporte público. O mecanismo de comunicação ao utilizador de incidências na rede de transportes públicos local que interfiram diretamente com os seus esquemas de deslocação foi sublinhado como um recurso de destaque no planeador de rotas proposto, sendo sublinhada a sua pertinência no panorama da mobilidade nos centros urbanos.

Na perspetiva dos participantes, o modelo colaborativo instituído tem potencial em alavancar a disponibilização de dados oportunos, tornando-se, para estes, tangível o

valor e pertinência da sua participação ativa no processo colaborativo de prestação de informações ao sistema. Ainda assim, foram levantadas questões quanto à possibilidade de viajantes com grau inferior de proficiência em aplicações móveis sentirem dificuldades em entender de forma célere, e sem uma explicação prévia, a relevância do modelo colaborativo no contexto do planeador de rotas. Para colmatar as potências adversidades, foi recomendada a inclusão de um processo guiado de introdução ao sistema no primeiro contacto do utilizador com o planeador de rotas.

O esquema de incentivo e retenção contemplado no modelo colaborativo apresentou-se, para a generalidade dos intervenientes na primeira etapa de avaliação do sistema, um mecanismo impulsionador à sua participação na contribuição de informações pertinentes no contexto da rede de transportes públicos, contudo, a utilidade percebida da disponibilização de informações e o senso de comunidade instituído impulsionam de um modo singular o seu envolvimento no modelo colaborativo do sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

Independente dos resultados consideravelmente positivos, no decurso da subfase do questionário pós-teste, os intervenientes do primeiro estágio de avaliação introduziram contributos pertinentes para alavancar a qualidade, eficiência e usabilidade do planeador de rotas. Dada a complexidade da rede de transportes públicos e os múltiplos sistemas de bilhética empregues pelas entidades operadoras de transportes, diversos participantes nas sessões de teste de usabilidade destacaram a pretensão na disponibilização, pelo sistema de planeamento de rotas, de dados detalhados referentes aos custos vinculados aos seus planos de mobilidade na rede de transportes público local. Conjuntamente, foi proposta a reformulação da arquitetura de informação da interface do recurso Viagens agendadas, considerando a incorporação de um esquema de calendarização, equiparável ao funcionamento de agendas online, como modo de proporcionar uma visualização e gestão mais transparente dos planos de mobilidade futuros. Adicionalmente, foi preconizado o interesse no agendamento de esquemas de viagem para múltiplos dias da semana.

No epílogo da subfase do questionário pós-teste, os intervenientes foram solicitados a classificar nove afirmações quanto ao seu grau de concordância, servindo-se de uma adaptação do *System Usability Scale*. A Figura 7.1 exhibe a distribuição de resultados mensuráveis do questionário pós-teste.

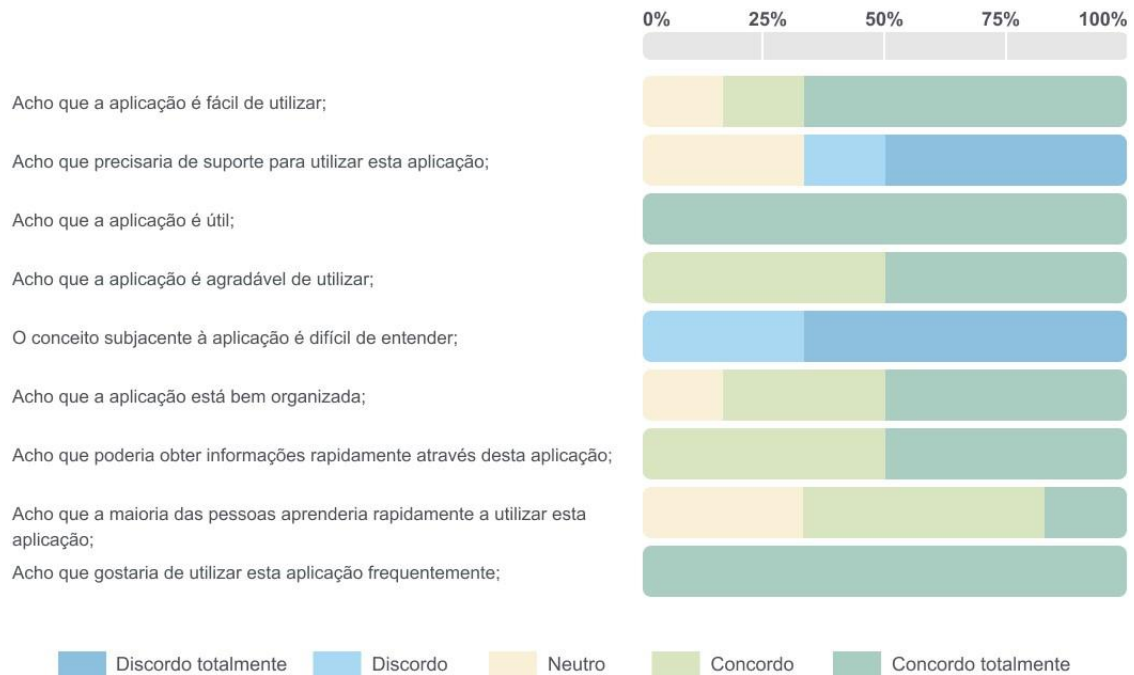


Figura 7.1 – Resultados do questionário pós-teste na primeira etapa de avaliação

A totalidade dos participantes do primeiro estágio de avaliação encara o sistema como útil e salientam intenções de utilização frequentemente da aplicação móvel de *ReStart* no seu contexto de mobilidade com recurso a serviços de transporte público. Adicionalmente, a facilidade percebida de interação, junto com a validação do conceito subjacente ao planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos corroborou resultados positivos entre os utilizadores em potencial do sistema.

7.2 Segunda etapa de avaliação da usabilidade

7.2.1 Questionário pré-teste

Apoiado num modelo matemático, Virzi [184] concluiu que, na generalidade dos cenários, quando a amostra em procedimentos de avaliação de usabilidade cumpre o requisito de entre quatro e cinco participantes é possível identificar aproximadamente 80% dos problemas de usabilidade do sistema. Caso a amostra seja ampliada para nove intervenientes, a proporção de problemas detetados, em média, expande para próximo de 95%. Sustentado nesta premissa, o segundo estágio de avaliação de usabilidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart* envolveu um quadro de nove participantes, recrutados por conveniência. De referir que nenhum dos participantes recrutados havia integrado as sessões de teste de usabilidade anteriormente conduzidas no âmbito do projeto, nem dispunha de um conhecimento prévio do conceito subjacente ao sistema

de planeamento de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos proposto. A Tabela 7.3 descreve a caracterização sociodemográfica amostra.

#	Faixa etária	Género	Frequência com que utiliza serviços de transporte público	Nível de conforto na utilização de smartphones [1-5]
1	25-34	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
2	25-34	Feminino	Diariamente	5
3	18-24	Masculino	Frequentemente (1x por semana)	5
4	18-24	Feminino	Diariamente	5
5	25-34	Masculino	Raramente (2x por ano)	5
6	<18	Masculino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
7	18-24	Masculino	Frequentemente (1x por semana)	5
8	35-50	Feminino	Diariamente	5
9	35-50	Feminino	Diariamente	5

Tabela 7.3 — Caracterização sociodemográfica da amostra da segunda etapa de avaliação

Analogamente ao requerido na primeira etapa de avaliação, procurou-se recrutar uma amostra diversificada de participantes para as sessões de teste de usabilidade. Os nove intervenientes na segunda etapa de avaliação do sistema de planeamento de rotas denotam variáveis padrões de mobilidade em serviços de transporte público e uma distribuição igualitária de género.

7.2.2 Fase de teste

Para perscrutar a usabilidade do protótipo de alta-fidelidade, produto da segunda etapa de prototipagem, e identificar potenciais dificuldade de interação dos seus utilizadores com as interfaces do sistema, os intervenientes das sessões de teste de usabilidade, no segundo estágio de avaliação, foram requeridos a completar um conjunto de tarefas de interação no protótipo da aplicação móvel *ReStart* (cf. Tabela 7.4). As dezasseis tarefas de interação assentam na totalidade das funcionalidades do protótipo de alta-fidelidade do sistema e simulam a utilização do planeador de rotas *ReStart* numa conjuntura real de mobilidade em serviços de transporte público.

Tabela 7.4 descreve os resultados médios da classificação da facilidade percebida de execução do conjunto de tarefas supramencionado, atribuídas pelos intervenientes das

sessões de teste de usabilidade da segunda etapa de avaliação. Para fins de uma incompleta interpretação dos valores apresentados, a Tabela 7.4 incorpora um esquema de cores, análogo ao precedentemente descrito neste capítulo.

#	Tarefa	Classificação média
T1	Estabelecer requisitos para viagens futuras	3,5
T2	Planear uma viagem entre uma determinada origem e destino	5
T3	Consultar informações detalhadas sobre a rota	4,3
T4	Contribuir com informações sobre o estado da rota	4,8
T5	Validar informações sobre o estado da rota	4,6
T6	Enviar uma notificação de alerta aos contactos de emergência	4,9
T7	Processo de navegação durante a totalidade da viagem	4,9
T8	Consultar informações sobre uma determinada linha/estação de transportes públicos	4,9
T9	Ativar notificação de aproximação de um veículo à estação de transportes públicos	3,4
T10	Agendar um plano de viagem	5
T11	Consultar as viagens previamente agendadas	5
T12	Consultar número de pontos atual acumulados associados ao perfil de utilizador	5
T13	Trocar pontos acumulados por recompensas	5
T14	Reportar um problema ocorrido numa viagem terminada	4,7
T15	Associar uma assinatura de título de transporte ao perfil de utilizador	5
T16	Consultar a central de notificações	5

Tabela 7.4 — Avaliação quantitativa média por tarefa executada no protótipo de *ReStart* na segunda etapa de avaliação

A métrica registada revela que parte significativa do conjunto de tarefas de interação denotam níveis elevados de facilidade de execução, com pontuações superiores a quatro pontos, salientando-se uma avaliação quantitativa média da totalidade das tarefas de 4,7 em 5 pontos.

O mecanismo de comunicação ao utilizador, que quando acionado, notifica o viajante da aproximação do veículo em questão à estação selecionada, vinculado à tarefa T9, foi, pelos potenciais utilizadores, considerado como um ponto crítico do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. A justificativa para a classificação mediana apontada pelos participantes das sessões de teste incide na acessibilidade da funcionalidade. Assim que verificam que esta é alcançável por intermédio do gesto de deslizar para a esquerda, *swipe-left*, no cartão de conteúdo das opções da lista de próximas partidas de veículos de transportes públicos na estação em questão, os participantes destacam a simplicidade da tarefa. Independente das dificuldades percebidas de execução, o mecanismo de comunicação ao utilizador da aproximação do veículo em questão à estação de transportes públicos pré-definida foi salientado, pelos utilizadores em potencial do sistema, pela sua utilidade e relevância no contexto de mobilidade na rede de transportes públicos local.

A avaliação quantitativa média da facilidade de execução das tarefas redigidas denota valores medianos na tarefa T1, conexas ao mecanismo de filtragem. A dificuldade de compreensão do escopo da predefinição de requisitos para viagens futuras, junto com o reflexo destes na definição de planos de mobilidade, foram apresentados, pelos intervenientes nos testes de usabilidade, como fundamentos para a classificação atribuída, embora na generalidade, considerem que a seleção de critérios de filtragem nas interfaces do protótipo do planeador de rotas apresenta níveis elevados de facilidade de execução.

Adicionalmente, foram sublinhados, por uma percentagem substancial de participantes, obstáculos na interpretação do modelo representativo da intensidade de tráfego ao longo do trajeto da rota, vinculado à plataforma de consulta de informações singulares da rede de transportes públicos, bem como ao recurso de navegação do sistema de planeamento de rotas. As dificuldades prendem-se com a aceção do ponto inicial e final representado no esquema, levando à interpretação errônea das informações de tráfego no esquema de mobilidade do utilizador. Outrossim, os utilizadores representativos referiram que o esquema de cores aplicado no percurso de veículos de transportes públicos na rota, representado na cor principal laranja, pode irrefletidamente induzir à interpretação de níveis de tráfego substanciais no trajeto da rota.

O mecanismo de validação do modelo colaborativo instituído no planeador de rotas *ReStart*, inerente à tarefa T5, foi prontamente percebido e executado pelos intervenientes nos testes de usabilidade, contudo, quando os dados reencaminhados ao utilizador se correlacionam com a percentagem de lotação dos veículos de transportes públicos inclusos nos planos de mobilidade, o sistema de classificação de voto negativo ou positivo implementado mostrou-se ineficaz. A utilização de uma simbologia representativa de *thumbs-up* e *thumbs-down* levou a que uma quota expressiva de participantes refletissem sobre a necessidade de avaliar numa modalidade de classificação de superioridade ou inferioridade a percentagem de lotação do veículo de transportes públicos, em comparação com a afirmação apresentada na interface do planeador de rotas, ao invés de classificar positivamente ou negativamente a veracidade desta.

Embora algumas problemáticas tenham sido detetadas, os intervenientes das sessões de teste executaram na íntegra a totalidade de tarefas redigidas para a fase de teste. Seis destas, de entre o composto total de dezasseis tarefas, conquistaram classificações proeminentes, com a atribuição da pontuação máxima na escala *Likert* de cinco pontos por todos os participantes das sessões de teste de usabilidade. Atendendo a que nenhum dos intervenientes havia contactado previamente com o protótipo do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, ou com o conceito a este subjacente, os resultados auferidos na fase de teste denotam facilidade no uso do planeador de rotas, enfatizando a ausência de problemas de usabilidade consideráveis.

7.2.3 Questionário pós-teste

Para promover uma interpretação célere e axiomática das características dos planos de mobilidade na rede de transportes públicos estabeleceu-se um paradigma iconográfico, onde ícones representativos são utilizados para retratar informações de interesse aos viajantes. A iconografia aplicada nas interfaces do sistema de planeamento de rotas *ReStart* segue uma linha simples e intuitiva, esperando-se, por consequência, uma incompleta compreensão do seu significado pelos utilizadores em potencial do sistema. Apesar dos esforços empregues, a preocupação central partilhada pelos intervenientes das sessões de teste de usabilidade, no decorrer da subfase de questionário pós-teste, recaia nas possíveis dificuldades de interpretação do paradigma iconográfico adotado no planeador de rotas. Ainda que durante a exposição ao sistema sejam oferecidas descrições pormenorizadas das características dos esquemas de mobilidade e da rede de transportes públicos local, que conduzem a uma interpretação inequívoca dos ícones representativos, num primeiro contacto, os intervenientes das sessões de teste de

usabilidade, consideram que pode não decorrer a acreção direta destes. Como alvitre, os participantes preconizaram o interesse na disponibilização de elementos instrucionais, na primeira interação do utilizador com o sistema de planeamento de rotas, aludindo ao significado dos ícones representativos aplicados ao longo das interfaces gráficas de *ReStart*.

A totalidade dos intervenientes das sessões de teste de usabilidade, decorrentes da segunda etapa de avaliação do sistema de planeamento de rotas, sublinham a eficiência da comunicação de dados em tempo real do contexto da rede de transportes públicos local prestada pelo sistema, destacando a distribuição de tipos avançados de dados conexos a parâmetros de proteção pessoal, conforto e segurança como elemento singular do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, em paridade com as restantes ferramentas disponíveis no mercado, destacando a importância destes no quadro de mobilidade com recurso a serviços de transporte público. A confiabilidade e integridade dos dados concedidos pelo sistema durante os seus planos de mobilidade seriam, pelos participantes, tomados como unidade primordial da adoção futura da aplicação móvel *ReStart*.

Parte significativa da amostra dos testes de usabilidade salienta a relevância do mecanismo de associação da assinatura de título de transporte, incluído no sistema de planeamento de rotas, no contexto da rede de transportes públicos local. A interpretação dos esquemas de títulos de transportes, assim como dos planos de zonamento instituídos, foi identificada, pela comunidade, como problemática recorrente agregada à mobilidade com recurso a serviços de transporte público. Por consequência, a disponibilização de informações referentes ao custo dos planos de mobilidade congruentes à modalidade de título de transporte público subscrita pelo utilizador, foi, pelos intervenientes nas sessões de teste de usabilidade, evocado como elemento potenciador da adoção futura do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. Como complemento aos dados incluídos no sistema, durante o segundo estágio de avaliação da usabilidade foi consignada, pelos utilizadores em potencial, a necessidade de incluir a advertência aos viajantes da discrepância de valores nos títulos ocasionais quando adquiridos no interior dos veículos de transportes públicos.

O sistema de planeamento de rotas proposto integra diretrizes de navegação nas etapas do trajeto dos seus utilizadores. Embora esta seja uma prática recorrente em ferramentas de assistência em viagens, os intervenientes nos testes de usabilidade salientam a inusual riqueza de informações agregadas às distintas etapas do esquema de mobilidade. Para totalizar os estágios do trajeto envolvidos no componente de navegação do sistema, os participantes manifestaram interesse na extensão da

cobertura de navegação ao interior de estações de transportes públicos, agregando dados atinentes às condições de acessibilidade interpostas. Adicionalmente, foi preconizado, pelos utilizadores em potencial, o relevo envolto na adição ao esquema de comunicação ao utilizador dentro de veículos de transporte público de advertências à aproximação do ponto de abandono do veículo previsto no seu plano de mobilidade.

Como complemento às funcionalidades instituídas no sistema de planeamento de rotas *ReStart*, foi sugerida a inclusão de dados concernentes ao estado de encaminhamento dos processos de reclamação/sugestão apresentados às entidades operadoras de transportes públicos, por intermédio do mecanismo de reporte de problemas.

Os participantes das sessões de teste de usabilidade destacaram ainda determinadas lacunas de usabilidade nas interfaces do planeador de rotas, designadamente inconsistências textuais e falta de feedback em elementos particulares do sistema, apresentando-os como pontos cruciais de refinamento na aplicação móvel.

Ademais, no decorrer da subfase questionário pós-teste, os participantes foram solicitados a classificar, numa adaptação do *System Usability Scale*, um conjunto de afirmações quanto ao seu grau de concordância. A Figura 7.2 demonstra a distribuição de opiniões estabelecida entre os intervenientes na segunda etapa de avaliação do sistema.

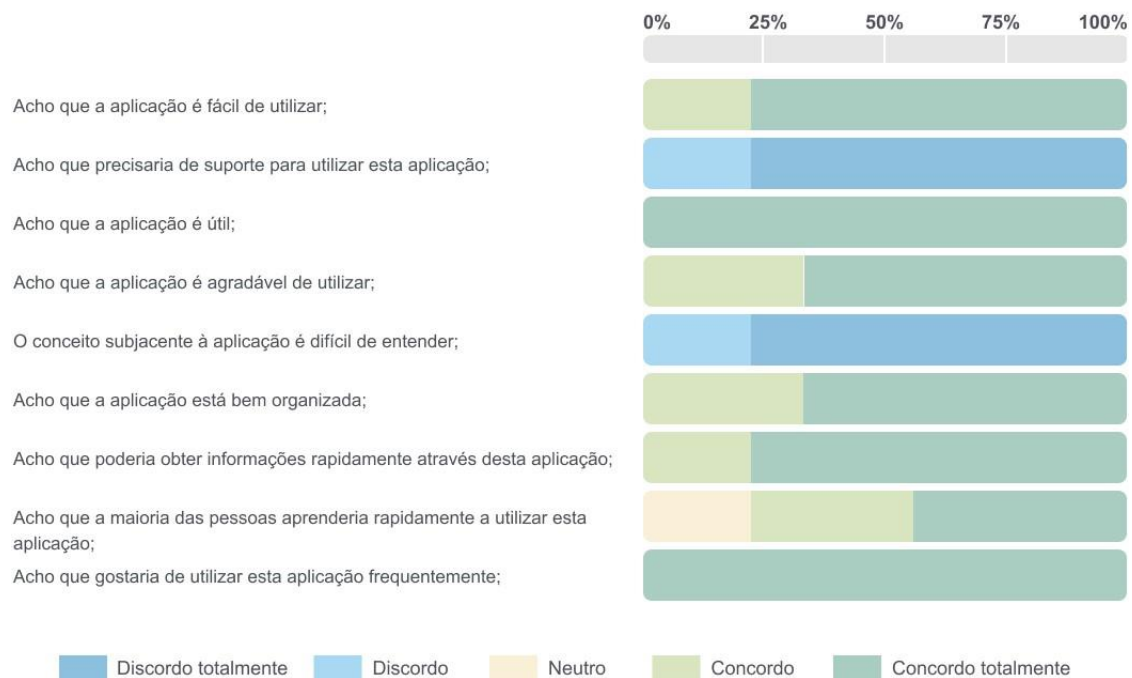


Figura 7.2 – Resultados do questionário pós-teste na segunda etapa de avaliação

A totalidade da amostra dos testes de usabilidade encara o sistema de planeamento de rotas *ReStart* como útil e enfatiza intenções de uso frequente da aplicação móvel no seu

panorama de mobilidade na rede de transportes públicos. A distribuição de opiniões nas restantes afirmações do questionário corroborou resultados otimistas entre os utilizadores representativos do sistema.

7.3 Terceira etapa de avaliação da usabilidade

7.3.1 Questionário pré-teste

O terceiro estágio de avaliação da usabilidade do planeador de rotas totalizou uma amostra de vinte e um utilizadores em potencial, recrutados por conveniência. Destes, nove já haviam integrado as sessões de teste de usabilidade predecessoras. A Tabela 7.5 detalha a caracterização sociodemográfica da amostra.

#	Faixa etária	Género	Frequência com que utiliza serviços de transporte público	Nível de conforto na utilização de smartphones [1-5]
1	25-34	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
2	25-34	Masculino	Frequentemente (1x por semana)	5
3	18-24	Masculino	Nunca	5
4	25-34	Feminino	Diariamente	5
5	18-24	Feminino	Frequentemente (1x por semana)	5
6	35-50	Feminino	Diariamente	5
7	25-34	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
8	<18	Feminino	Frequentemente (1x por semana)	5
9	25-34	Masculino	Raramente (2x por ano)	5
10	25-34	Masculino	Raramente (2x por ano)	5
11	18-24	Masculino	Raramente (2x por ano)	5
12	35-50	Masculino	Diariamente	5
13	18-24	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
14	25-34	Feminino	Diariamente	5
15	25-34	Masculino	Frequentemente (1x por semana)	5
16	>50	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
17	25-34	Masculino	Diariamente	5
18	18-24	Masculino	Frequentemente (1x por semana)	5

19	<18	Masculino	Diariamente	5
20	35-50	Feminino	Ocasionalmente (1x por mês)	5
21	18-24	Feminino	Diariamente	5

Tabela 7.5 — Caracterização sociodemográfica da amostra da terceira etapa de avaliação

Similarmente aos desígnios de recrutamento dos estágios de avaliação precedentes, na terceira etapa de avaliação intentou-se recrutar um conjunto heterogêneo de participantes. O questionário preliminar atesta que a demografia participante nas sessões de teste de usabilidade compreende a totalidade de padrões de mobilidade em serviços de transporte público, uma distribuição aproximadamente igualitária de gênero e conglomerata íntegros escalões etários. Ressalta-se, contudo, que a amostra se evidencia tendenciosa na faixa etária [25-34].

7.3.2 Fase de teste

Orientada para a análise da usabilidade das novas funcionalidades implementadas no protótipo de alta-fidelidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart* e aliada a validação do progresso dos recursos precedentemente incorporados no sistema, a fase de teste da terceira etapa de avaliação indiciou na execução, pelos utilizadores representativos, de um composto de dezassete tarefas de interação no protótipo da aplicação móvel (cf. Tabela 7.6). Paralelamente, os dados quantitativos produto da classificação, pelos intervenientes nas sessões de testes, das tarefas executadas, viabilizam uma avaliação indireta da usabilidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. A Tabela 7.6 sintetiza os resultados médios da classificação da facilidade percebida de execução do conjunto de tarefas executadas, incorporando o esquema de cores supracitado para uma inteligível interpretação dos valores descritos.

#	Tarefas	Classificação média
T1	Planear uma viagem entre uma determinada origem e destino	5
T2	Definir requisitos para a viagem	5
T3	Interpretar as informações detalhadas sobre a rota	4,7

T4	Contribuir com informações sobre o estado da rota	4,9
T5	Validar informações sobre o estado da rota	5
T6	Interpretar as informações detalhadas sobre um determinado veículo	4,8
T7	Ativar notificação de aproximação de um veículo à estação de transportes públicos	4,8
T8	Processo de navegação durante a totalidade da viagem	4,9
T9	Consultar informações sobre uma determinada linha/estação de transportes públicos	4,9
T10	Agendar um plano de viagem	5
T11	Consultar as viagens previamente agendadas	5
T12	Eliminar uma viagem previamente agendada	4,5
T13	Consultar número de pontos atual acumulados associados ao perfil de utilizador	5
T14	Trocar pontos acumulados por recompensas	5
T15	Reportar um problema ocorrido numa viagem terminada	4,6
T16	Verificar o estado do processo de reclamação numa viagem terminada	3,8
T17	Consultar a central de notificações	5

Tabela 7.6 — Avaliação quantitativa média por tarefa executada no protótipo de *ReStart* na terceira etapa de avaliação

Os resultados aferidos ressaltam uma avaliação quantitativa média da totalidade das tarefas de 4,8 pontos numa escala *Likert* de cinco pontos. De entre as dezassete tarefas executadas, pelos potenciais utilizadores no protótipo de alta-fidelidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart*, sete sobrepõem as demais com a atribuição da classificação máxima, 5 pontos, por todos os utilizadores representativos presentes nas sessões de teste de usabilidade.

Na extremidade oposta, resalta-se a tarefa T16, verificar o estado do processo de reclamação numa viagem terminada, pela inferior avaliação quantitativa média registada. A pontuação mediana, concomitante à dispersão de interação dos participantes no protótipo do sistema, prende-se com as dificuldades na procura do

ponto de partida da tarefa. Na perspetiva dos intervenientes, para que níveis superiores de usabilidade sejam atingidos, é necessária a reorganização da arquitetura de informação da plataforma de histórico de viagens. Segundo estes, à interface principal do Perfil do utilizador deveria ser aditado o mecanismo de reporte de problemas ocorridos em viagens terminadas, e por intermédio deste, o sistema reencaminharia o utilizador para uma interface complementar com listagem completa de viagens terminadas pelo utilizador, sobre as quais seria possível reportar incidências junto das operadoras de transporte. Após o pedido de comunicação de reclamações/sugestões ser concluído, na interface principal do Perfil do utilizador era descrito o estado do seu reencaminhamento junto das entidades responsáveis.

Parte significativa da amostra denotou objeções à eliminação de uma viagem previamente agendada, conexas à tarefa T12 da conjunção de tarefas redigidas para a fase de teste. A tarefa é alcançável por intermédio do gesto de deslizar para a esquerda, *swipe-left*, no cartão de conteúdo das opções de viagens agendadas. As dificuldades registadas prendem-se às dissemelhantes experiências precedentes dos utilizadores representativos com sistemas operacionais móveis, comprometendo a extração de conclusões sólidas.

Independentemente das problemáticas supra descritas, o desfecho da avaliação quantitativa da terceira etapa de avaliação da usabilidade do planeador de rotas *ReStart* sobreleva os altos níveis de usabilidade no sistema e a sua facilidade geral de uso.

7.3.3 Questionário pós-teste

No decorrer da subfase questionário pós-teste, os utilizadores em potencial, sobrelevam o impacto favorável da difusão de dados em tempo real conexos a parâmetros de proteção pessoal, segurança e conforto no contexto de mobilidade na rede de transportes públicos oferecido pelo sistema de planeamento de rotas proposto, alegando que fornecem uma camada adicional de informações para a planificação de esquemas de mobilidade ajustados às suas preferências e necessidades individuais. Os intervenientes da terceira etapa de avaliação destacam a diversidade de informações disponibilizadas pelo planeador de rotas *ReStart*, numa análise comparativa com as principais ferramentas de assistência de viagem inteligentes disponíveis no mercado, como elemento de referência para as suas intenções de uso futuras. Adicionalmente, o leque diversificado de funcionalidades, junto com o seu acessível e célere alcance, e a aparência esteticamente agradável da aplicação móvel, foram apontados, pelos

participantes das sessões de teste de usabilidade, como aspetos favoráveis do sistema de planeamento de rotas *ReStart*.

O domínio da segurança e privacidade dos utilizadores do planeador de rotas não foi encarado, pela generalidade dos potenciais utilizadores, como uma preocupação durante a utilização de *ReStart*, independentemente do domínio das conexões de partilha de dados presente no modelo colaborativo instituído no sistema. No entanto, uma quota reduzida da amostra do terceiro estágio de avaliação mencionou antepor a uma seleção manual da modalidade de assinatura de transporte por este subscrita, junto com a triagem do conjunto de zonas abrangidas, ao invés do mecanismo de associação da assinatura de título de transporte integrado no sistema de planeamento de rotas *ReStart*, de forma a salvaguardar a confidencialidade das suas informações pessoais.

Na ótica dos viajantes na rede de transportes públicos, as soluções de bilhética móvel aumentam a conveniência e eficiência da aquisição de títulos de transporte ao conceder o acesso remoto e omnipresente a serviços de pagamento junto das entidades operadoras de transportes públicos. Para impulsionar o valor do sistema de planeamento de rotas, e promover melhores experiências de mobilidade com recurso a serviços de transporte público, os intervenientes nas sessões de teste de usabilidade preconizaram interesse no aditamento de um modelo de bilhética móvel ao planeador de rotas *ReStart*.

No término da subfase de questionário pós-teste, os utilizadores representativos manifestaram o seu grau de concordância relativo a um conjunto de nove afirmações, adaptadas do *System Usability Scale*. A Figura 7.3 apresenta a distribuição quantitativa de opiniões entre participantes da terceira etapa de avaliação do sistema.

Os resultados frutuosos validam a facilidade percebida de interação do protótipo de alta-fidelidade e reafirmam a utilidade e conveniência do sistema de planeamento de rotas proposto no contexto de mobilidade na rede de transportes públicos. Na perspetiva dos intervenientes nas sessões de testes de usabilidade, o sistema de planeamento de rotas *ReStart* declara resultados manifestamente positivos nas múltiplas dimensões da experiência de utilização. Adicionalmente, a totalidade dos utilizadores representativos sublinha pretensões de utilização frequente de *ReStart* no seu quadro de mobilidade em serviços de transporte público.

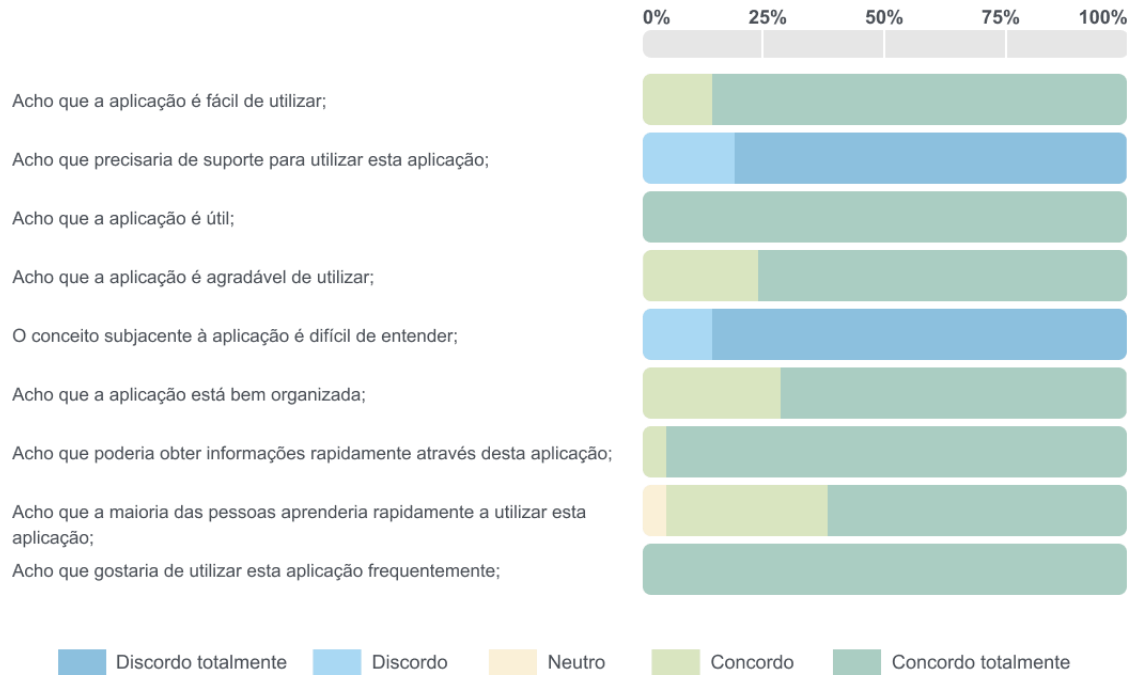


Figura 7.3 – Resultados do questionário pós-teste na terceira etapa de avaliação

7.4 Discussão

Num panorama global, os resultados da avaliação da usabilidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart* mostram-se indubitavelmente positivos, reforçando a evolução e consistência da plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos centrada nas necessidades de proteção pessoal, segurança e conforto dos viajantes proposta na presente dissertação.

A análise quantitativa declarou altos níveis de facilidade de execução na generalidade do conjunto de tarefas de interação executadas, pelos potenciais utilizadores, no protótipo da aplicação móvel, com pontuações médias superiores a quatro pontos, numa escala *Likert* de cinco pontos, na totalidade dos estágios de avaliação da usabilidade do planeador de rotas *ReStart* (cf. Tabela 7.7). Os valores registados denotam, adicionalmente, um crescimento gradativo da métrica registada, sustentando uma melhoria da experiência de interação dos utilizadores em potencial com o sistema a cada nova iteração de *ReStart*.

Complementarmente, a análise qualitativa da usabilidade da plataforma de planeamento de rotas corrobora o consenso, entre os intervenientes dos três estágios da avaliação, da utilidade percebida do sistema proposto e das pretensões de utilização frequente de *ReStart* no seu quadro de mobilidade em serviços de transporte público. Os resultados

auspiciosos reafirmam a facilidade percebida de interação e a validação do conceito subjacente ao sistema de planeamento de rotas. Analogamente aos dados quantitativos, o espetro de evidencias qualitativas sustentam um incremento progressivo das métricas consignadas entre iterações de *ReStart*.

Etapa de avaliação da usabilidade	Classificação média geral
Primeira	4,7
Segunda	4,7
Terceira	4,8

Tabela 7.7 — Avaliação quantitativa média da totalidade das tarefas executada no protótipo de *ReStart* em cada etapa de avaliação

Capítulo 8

Conclusões e trabalho futuro

Nos sete capítulos precedentes deste documento foi enunciado o enquadramento do projeto e seus objetivos, descrito o estado da literatura no domínio dos seus conceitos base e detalhados os fundamentos conceituais a este subjacente. Complementarmente, foram discriminadas minuciosamente as três fases previstas na abordagem metodológica da definição do sistema de planeamento de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos proposto.

Para firmar o desenlace do intento desta dissertação, o presente capítulo, e postremo do documento, detalha as principais inferências deste projeto, e aditivamente, firma as suas contribuições para a literatura, e revista as limitações a este interpostas, e suas admissíveis direções futuras.

8.1 Conclusões

A presente dissertação concentra-se na promoção junto da população dos sistemas de transporte público como meio de mobilidade nos centros urbanos, segmentando o seu propósito em quatro objetivos principais, precedentemente descritos no capítulo introdutório deste documento (cf. secção 1.3).

O primeiro objetivo incide na localização e análise das evidências empíricas no domínio dos conceitos base do projeto, efetivado com uma meticolosa revisão sistemática da literatura. A revisão centrou-se na análise da perceção de proteção pessoal, segurança e conforto no uso de transportes públicos dos seus passageiros, dos hábitos de mobilidade da população, do impacto da vertiginosa proliferação do surto de Covid-19 na mobilidade urbana e da relevância do planeamento de rotas em transportes públicos. O quadro teórico reflete o impacto dos efeitos preceptivos da proteção pessoal, segurança e conforto em viagens de transportes públicos nos hábitos de mobilidade da população e expõe o papel de relevo dos sistemas de planeamento de rotas na disponibilização de informações no domínio dos sistemas de transportes públicos e o seu categórico contributo no caminho da promoção de uma mudança modal a seu favor com foco na melhoria da qualidade de vida dos seus cidadãos. O primeiro objetivo foi integralmente cumprido com o estudo dos fundamentos conceituais do projeto. Destaca-

se, como as suas conclusões preponderantes, a falta de informações centradas na proteção pessoal, segurança e conforto dos passageiros no contexto da rede de transportes públicos e a dispersão de soluções de planeamento de rotas, à disposição dos viajantes, complementarmente ao potencial do usufruto da inteligência coletiva no panorama dos transportes públicos.

O segundo objetivo da dissertação concentra-se na identificação e compressão das carências e preferências da população em relação aos serviços de transporte público e dos fatores que contribuiriam positivamente para a reconstituição da sua confiança na utilização dos mesmos como meio de mobilidade. Complementarmente ao embasamento teórico, precedentemente recolhido na revisão da literatura, foram conduzidos grupos de discussão com passageiros de transportes públicos, reunindo um amplo espectro de perspetivas sobre a mobilidade em transportes públicos coletivos nos centros urbanos.

O terceiro objetivo focou-se no design e desenvolvimento de um protótipo do planeador de rotas para transportes públicos centrado nos requisitos de segurança e conforto dos viajantes, produto do embasamento dos objetivos precedentes da dissertação. Beneficiando da proliferação da computação móvel e ubíqua no quotidiano da população e da extensa cobertura dos sensores dispersos na rede de transportes, foi projetado *ReStart*, uma plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos. Materializado na forma de aplicação móvel, o sistema permite, aos seus utilizadores, um ecossistema de viagem intermodal unificando recursos de planeamento de viagens, consulta de informações singulares e agendamento de viagens no domínio da rede de transportes públicos. Por forma a incrementar a relevância das informações disponibilizadas ao utilizador, e oferecer uma prestação de serviços centrada nas preferências dos viajantes, as fontes de informação de *ReStart* não se limitam às entidades operadoras de transportes públicos locais, mas englobam a participação ativa dos seus utilizadores num modelo colaborativo numa oportunidade de engendro de dados contextuais de interesse para os viajantes. O objetivo previamente delineado foi feito de forma iterativa num processo de três estágios prototipagem, culminando num protótipo de alta-fidelidade da aplicação móvel *ReStart*.

A avaliação da usabilidade do sistema de planeamento de rotas *ReStart* fez o último objetivo desta dissertação. Com o desígnio de mensurar quantitativamente e qualitativamente a usabilidade e utilidade da plataforma de planeamento de rotas para transportes públicos projetada, a avaliação da usabilidade do sistema tomou a forma de testes de usabilidade com utilizadores representativos, e ocorreu ao final de cada estágio de prototipagem, permitindo o refinamento da interação subsequente, produto

da reconhecimento de pontos de incremento e recursos suplementares, e a evolução e consistência do conceito latente. Numa perspetiva global, os resultados da avaliação mostram-se nitidamente positivos, com um crescimento gradativo a cada iteração de *ReStart*. A utilidade do sistema e pretensões de uso frequente do planeador de rotas *ReStart* foram consensuais entre os intervenientes. A prestação de camadas adicionais de dados em tempo real do contexto de mobilidade na rede de transportes públicos foi destacada como elemento disruptivo da plataforma e a principal motivação para intenções de uso futuro, em detrimento de outras soluções acessíveis no mercado.

Reputando o sucesso dos quatro objetivos primários da presente dissertação, colige-se factível o objetivo final de incremento das experiências de viagem em sistemas de transportes públicos dos passageiros e da reconstituição da confiança da população na sua utilização.

8.2 Contribuições

Como desfecho dos objetivos supracitadas, a presente dissertação entrega, como primeira contribuição, um estudo do panorama da mobilidade em sistemas de transporte público coletivo nos centros urbanos no vigente contexto pandémico, com tónica nas carências e preferências dos seus viajantes, incrementando o estado da arte neste quadro.

Como complemento, a segunda, e principal, contribuição centra-se no protótipo de *ReStart*, um sistema de planeamento de rotas seguras e confortáveis para transportes público. Paralelamente à edificação do seu conceito, e desenvolvimento iterativo, em vista uma natureza tangível, ressalta-se a sua validação empírica junto de utilizadores representativos.

Postremo, produto do projeto subjacente a esta dissertação, destacam-se os subsequentes contributos para o estado da arte:

Artigo apresentado e publicado em Livro de Atas de Conferência Internacional, primeiro autor

R. Fulgêncio, M. C. Ferreira, D. Abrantes, and M. Coimbra, “Restart: A Route Planner to Encourage the Use of Public Transport Services in a Pandemic Context,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 62, pp. 123–130, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.016>.

Resumos e posters apresentados em conferências nacionais, primeiro autor

R. Fulgêncio, M. C. Ferreira, and M. Coimbra, "A Route Planner to Encourage the Use of Public Transport Services in a Pandemic Context", *14^o Investigação Jovem da Universidade do Porto*, 2021.

R. Fulgêncio, M. C. Ferreira, and M. Coimbra, "Design and Development a Route Planner to Encourage the Use of Public Transport Services in a Pandemic Context", *15^o Investigação Jovem da Universidade do Porto*, 2022.

R. Fulgêncio, M. C. Ferreira, D. Abrantes, and M. Coimbra, "ReStart: A route planner to promote personal protection, safety, and comfort in public transport services in a pandemic context," *CITTA 14th Conference on Planning Research*, 2022.

8.3 Limitações e direções futuras

O escopo da presente dissertação foi segmentado em quatro objetivos principais, centrados no requisito da promoção do transporte público junto da população, proferidos com sucesso nas conclusões supracitadas. Para a prossecução do trabalho exposto, os desígnios do projeto podem ser fracionados em quatro domínios basilares de direções futuras.

Um dos objetivos primários desta dissertação centra-se no desenvolvimento de uma solução tecnológica de promoção junto da população dos sistemas de transporte público como meio de mobilidade em áreas urbanas, assumindo como parte da estratégia de planeamento do seu desenho e desenvolvimento a consideração atempada das experiências do público-alvo. Para conferir uma base estável para a definição inicial dos requisitos do artefacto tecnológico, projetou-se um estudo profundo das deficiências dos sistemas de transportes públicos como abordagem de mobilidade na ótica dos viajantes, aplicado na forma de grupos de discussão com passageiros de transportes públicos. Conquanto respeitadas as recomendações de Krueger e Casey [148] e Guest *et al.* [149], o contexto pandêmico e as restrições temporais previamente delimitadas para o projeto constituíram um obstáculo a um recrutamento com grau superior de diversidade da amostra da pesquisa. O primeiro domínio das direções futuras da presente dissertação, conseqüentemente, recai na aplicação de um estudo profundo sobre tópicos de pesquisa numa amostra heterogênea, permitindo avaliar em maior profundidade os objetivos e prioridades de dissemelhantes esferas de utilizadores.

Espera-se, igualmente, que numa prossecução do trabalho, o estudo do utilizador seja expandido geograficamente.

Para impulsionar o valor do sistema de planeamento de rotas, e promover melhores experiências de mobilidade com recurso a serviços de transporte público, estabelecesse, como segunda direção futura da presente dissertação, o aditamento de um modelo de bilhética móvel no sistema de planeamento de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos *ReStart*. Numa continuação natural do projeto, o terceiro domínio das suas direções futuras correlaciona-se com a implementação do sistema de planeamento de rotas *ReStart*. Ainda que, numa ótica global, os resultados da avaliação da usabilidade do planeador de rotas, junto de utilizadores representativos, se tenham mostrado indubitavelmente positivos, foram aferidos pontos de melhoria, capazes de impulsionar a qualidade e, subsequente, valor do sistema de planeamento de rotas entre a comunidade. Estes, por consequência, devem ser considerados numa iteração ulterior de *ReStart*. Supletivamente, conexas à sua implementação, espera-se que o planeador de rotas, doravante, seja avaliado num ambiente real de mobilidade em áreas urbanas. A quarta, e terminativa, direção futura da presente dissertação centra-se na avaliação empírica do impacto do sistema de planeamento de rotas *ReStart* no incremento das experiências de mobilidade da população na rede de transportes públicos.

Referências bibliográficas

- [1] Tribunal de Contas Europeu, “Relatório Especial - Mobilidade urbana sustentável na UE: o empenho dos Estados Membros é indispensável para a concretização de melhorias substanciais,” *União Eur.*, 2020.
- [2] M. J. Baena-Toquero, J. L. Muros-Cobos, S. Rodriguez-Valenzuela, and J. A. Holgado-Terriza, “Towards sustainability in multi-modal urban planners,” in *2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo, ICCVE 2014 - Proceedings*, 2014, pp. 492–497, doi: 10.1109/ICCV.2014.7297595.
- [3] Department for Transport Great Britain, *Transport Statistics Great Britain 2019*. Department for Transport, 2019.
- [4] C. das comunidades Europeias, *LIVRO VERDE: Por uma nova cultura de mobilidade urbana*. Comissão das comunidades europeias, 2007.
- [5] J. M. Viegas, “Public transport in sustainable urban transport policy package: Taking and integral policy approach,” *Pap. Present. ECMT/OECD Work. Implement. Strateg. to Improv. Public Transp. Sustain. Urban Level, Athens, Greece*, 1999.
- [6] W. Guan *et al.*, “Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 382, no. 18, pp. 1708–1720, Feb. 2020, doi: 10.1056/NEJMoa2002032.
- [7] K. A. Prather, C. C. Wang, and R. T. Schooley, “Reducing transmission of SARSCoV-2,” *Science (80-.)*, vol. 368, no. 6498, pp. 1422–1424, 2020, doi: 10.1126/science.abc6197.
- [8] C. Musselwhite, E. Avineri, and Y. Susilo, “Editorial JTH 16 -The Coronavirus Disease COVID-19 and implications for transport and health,” *J. Transp. Heal.*, vol. 16, p. 100853, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jth.2020.100853.
- [9] World Health Organization, “Weekly epidemiological update - 29 December 2020,” *World Health Organization*. 2020, Accessed: Sep. 26, 2022. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiologicalupdate---29-december-2020>.
- [10] A. Tirachini and O. Cats, “COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs,” *J. Public Transp.*, vol. 22, Jul. 2020, doi: 10.5038/2375-0901.22.1.1.
- [11] CitySwift, *Beyond Covid: Building back better*. CitySwift, 2021.
- [12] M. Hasselwander, T. Tamagusko, J. F. Bigotte, A. Ferreira, A. Mejia, and E. J. S. Ferranti, “Building back better: The COVID-19 pandemic and transport policy implications for a developing megacity,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 69, p. 102864, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102864>.
- [13] S. Astroza *et al.*, “Mobility Changes, Teleworking, and Remote Communication during the COVID-19 Pandemic in Chile,” *Transp. Find.*, Jul. 2020, doi: 10.32866/001c.13489.

- [14] G. Dell'Asin, A. Monzón, and M. E. Lopez-Lambas, "Key quality factors at urban interchanges," *Proc. Inst. Civ. Eng. Transp.*, vol. 168, no. 4, pp. 326–335, 2015, doi: 10.1680/tran.13.00039.
- [15] M. Bauer and K. Bauer, "Analysis of the Impact of the COVID-19 Pandemic on the Future of Public Transport: Example of Warsaw," *Sustainability*, vol. 14, no. 12, 2022, doi: 10.3390/su14127268.
- [16] M. Friman, K. Lättman, and L. Olsson, "Public Transport Quality, Safety, and Perceived Accessibility," *Sustainability*, vol. 12, p. 3563, Apr. 2020, doi: 10.3390/su12093563.
- [17] L. Eboli and G. Mazzulla, "Structural Equation Modelling for Analysing Passengers' Perceptions about Railway Services," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 54, pp. 96–106, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.729>.
- [18] K. Terayama and M. Odani, "Expected role of public transportation services in securing residents' accessibility to the city center in suburban housing development areas," *Transp. Res. Procedia*, vol. 25, pp. 4258–4269, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.237>.
- [19] K. Pangbourne and M. Beecroft, "Personal security in travel by public transport: The role of traveller information and associated technologies," *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 9, pp. 167–174, Mar. 2015, doi: 10.1049/iet-its.2013.0166.
- [20] G. Lyons, "The role of information in decision-making with regard to travel," *Intell. Transp. Syst. IEE Proc.*, vol. 153, pp. 199–212, Oct. 2006, doi: 10.1049/ipits:20060001.
- [21] D. Herzog, H. Massoud, and W. Wörndl, *RouteMe: A Mobile Recommender System for Personalized, Multi-Modal Route Planning*. 2017.
- [22] B. Liu, "Using Knowledge to Isolate Search in Route Finding," in *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 1*, 1995, pp. 119–124.
- [23] B. Ferris, K. Watkins, and A. Borning, *OneBusAway: Results from Providing RealTime Arrival Information for Public Transit*, vol. 3. 2010.
- [24] Multisystems, "Strategies for improved traveler information," *Tech. report, TCRP Rep. 92*, 2003.
- [25] G. LLC, "Google COVID-19 Community Mobility Reports," 2021. <https://www.google.com/covid19/mobility/> (accessed Apr. 20, 2021).
- [26] M. Á. Medina and D. Grasso, "Less travel, fear of contagion: Why Spain's public transportation is facing its biggest crisis ever," *EL PAÍS*, 2021. https://english.elpais.com/spanish_news/2021-01-18/less-travel-fear-ofcontagion-why-spains-public-transportation-is-facing-its-biggest-crisis-ever.html (accessed Sep. 26, 2022).
- [27] G. A. Cen-ter, "A sec-ond DLR study on COVID-19 and mo-bil-i-ty – pub-lic trans-port wanes in pop-u-lar-i-ty, pri-vate trans-port gains in im-por-tance," *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*, 2020. https://www.dlr.de/content/en/articles/news/2020/03/20200928_second-dlrstudy-on-covid-19-and-mobility.html (accessed Sep. 26, 2022).
- [28] WHO, "Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public," *World Health*

- Organization*, 2020. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novelcoronavirus-2019/advice-for-public> (accessed Jan. 10, 2020).
- [29] D. K. Chu *et al.*, “Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis,” *Lancet*, vol. 395, no. 10242, pp. 1973–1987, Jun. 2020, doi: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9.
- [30] Marion Terrill, “Shame about the cars, but Premier is right to be cautious about public transport,” *Sydney Morning Herald*, 2020. <https://www.smh.com.au/politics/nsw/shame-about-the-cars-but-premier-is-right-to-be-cautious-about-public-transport-20200518-p54txr.html> (accessed Jan. 01, 2021).
- [31] N. H. L. Leung *et al.*, “Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks,” *Nat. Med.*, vol. 26, no. 5, pp. 676–680, 2020, doi: 10.1038/s41591020-0843-2.
- [32] J. F.-W. Chan *et al.*, “Surgical Mask Partition Reduces the Risk of Noncontact Transmission in a Golden Syrian Hamster Model for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19).,” *Clin. Infect. Dis. an Off. Publ. Infect. Dis. Soc. Am.*, vol. 71, no. 16, pp. 2139–2149, Nov. 2020, doi: 10.1093/cid/ciaa644.
- [33] A. Konda, A. Prakash, G. A. Moss, M. Schmoldt, G. D. Grant, and S. Guha, “Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks,” *ACS Nano*, vol. 14, no. 5, pp. 6339–6347, May 2020, doi: 10.1021/acsnano.0c03252.
- [34] W. H. Organization, “Advice on the use of masks in the context of COVID-19: interim guidance, 5 June 2020,” World Health Organization, 2020.
- [35] F.-C. Jiang *et al.*, “Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 RNA on Surfaces in Quarantine Rooms,” *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 26, no. 9, pp. 2162–2164, Sep. 2020, doi: 10.3201/eid2609.201435.
- [36] G. Buonanno, L. Stabile, and L. Morawska, “Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment,” *Environ. Int.*, vol. 141, p. 105794, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794>.
- [37] F. A. Santos, D. O. Rodrigues, T. H. Silva, A. A. F. Loureiro, R. W. Pazzi, and L. A. Villas, “Context-Aware Vehicle Route Recommendation Platform: Exploring Open and Crowdsourced Data,” in *IEEE International Conference on Communications*, 2018, vol. 2018-May, doi: 10.1109/ICC.2018.8422972.
- [38] W. V. (editors) Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, Version 6. 2020.
- [39] M. Beecroft and K. Pangbourne, “Future prospects for personal security in travel by public transport,” *Transp. Plan. Technol.*, vol. 38, no. 1, pp. 131–148, 2015, doi: 10.1080/03081060.2014.976980.
- [40] A. Fyhri and A. Backer-Grøndahl, “Personality and risk perception in transport,” *Accid. Anal. Prev.*, vol. 49, pp. 470–475, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.03.017>.
- [41] A. Loukaitou-Sideris, “Fear and safety in transit environments from the women’s perspective,” *Secur. J.*, vol. 27, no. 2, pp. 242–256, 2014, doi: 10.1057/sj.2014.9.
- [42] V. Ceccato, “Ensuring safe mobility in Stockholm, Sweden,” *Proc. Inst. Civ. Eng.*

- Munic. Eng.*, vol. 168, no. 1, pp. 74–82, 2015, doi: 10.1680/muen.14.00002.
- [43] M. Börjesson, “Valuing perceived insecurity associated with use of and access to public transport,” *Transp. Policy*, vol. 22, pp. 1–10, 2012, doi: 10.1016/j.tranpol.2012.04.004.
- [44] N. Shiwakoti, P. Stasinopoulos, P. Vincec, W. Qian, and R. Hafsar, “Exploring how perceptible differences impact the current public transport usage and support for future public transport extension and usage: A case study of Melbourne’s tramline extension,” *Transp. Policy*, vol. 84, pp. 12–23, 2019, doi: 10.1016/j.tranpol.2019.10.002.
- [45] B. Wang and J. Zacharias, “Noise, odor and passenger density in perceived crowding in public transport,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 135, pp. 215–223, 2020, doi: 10.1016/j.tra.2020.03.013.
- [46] T. H. Oiamo, I. N. Luginaah, and J. Baxter, “Cumulative effects of noise and odour annoyances on environmental and health related quality of life,” *Soc. Sci. Med.*, vol. 146, pp. 191–203, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.10.043>.
- [47] M. Oh, K. Shin, K. Kim, and J. Shin, “Influence of noise exposure on cardiocerebrovascular disease in Korea,” *Sci. Total Environ.*, vol. 651, pp. 1867–1876, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.081>.
- [48] S. G. Stradling, “Transport user needs and marketing public transport,” *Proc. Inst. Civ. Eng. Munic. Eng.*, vol. 151, no. 1, pp. 23–28, 2002, doi: 10.1680/muen.2002.151.1.23.
- [49] H. A. Khudhair and S. M. Alsadik, “Development of Mode Choice Models for Undergraduate Students in Baghdad City,” *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 53. Department of Highway and Transportation Engineering, University of Al Mustansiriyah, Baghdad, Iraq, pp. 1443–1458, 2020, doi: 10.1007/978-3-03032816-0_110.
- [50] W. Elias and Y. Shiftan, “The influence of individual’s risk perception and attitudes on travel behavior,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 46, no. 8, pp. 1241–1251, 2012, doi: 10.1016/j.tra.2012.05.013.
- [51] A. Ceder, “New urban public transportation systems: Initiatives, effectiveness, and challenges,” *J. Urban Plan. Dev.*, vol. 130, no. 1, pp. 56–65, 2004, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9488(2004)130:1(56).
- [52] G. Beirão and J. A. Sarsfield Cabral, “Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study,” *Transp. Policy*, vol. 14, no. 6, pp. 478–489, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.04.009>.
- [53] K. Karu, T. Rõivas, D. Antov, T. Oja, and Ü. Mander, “The quality of public transport as a determinant of the number of car commuters,” in *WIT Transactions on the Built Environment*, 2007, vol. 96, pp. 13–22, doi: 10.2495/UT070021.
- [54] Z. A. Nasir, L. C. Campos, N. Christie, and I. Colbeck, “Airborne biological hazards and urban transport infrastructure: current challenges and future directions,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 23, no. 15, pp. 15757–15766, 2016, doi: 10.1007/s11356-016-7064-8.
- [55] Y. Chen, Y. Wang, H. Wang, Z. Hu, and L. Hua, “Controlling urban traffic-one of the useful methods to ensure safety in Wuhan based on COVID-19 outbreak,” *Saf. Sci.*, vol. 131, 2020, doi: 10.1016/j.ssci.2020.104938.

- [56] J. Gralton, E. Tovey, M.-L. McLaws, and W. D. Rawlinson, "The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: a review," *J. Infect.*, vol. 62, no. 1, pp. 1–13, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.jinf.2010.11.010.
- [57] H. Tian *et al.*, "An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China.," *Science*, vol. 368, no. 6491, pp. 638–642, May 2020, doi: 10.1126/science.abb6105.
- [58] J.-F. Gysel, "Can Intelligent Transportation Systems (ITS) lead the way to sustainable transportation?," *Plan Canada*, vol. 46, no. 2, pp. 35–38, 2006.
- [59] K. Shubenkova, A. Boyko, and P. Buyvol, "The technique of choosing a safe route as an element of smart mobility," in *Transportation Research Procedia*, 2018, vol. 36, pp. 718–724, doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.100.
- [60] M. Höjer, "Transport telematics in urban systems-a backcasting Delphi study," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 3, no. 6, pp. 445–463, 1998, doi: 10.1016/S1361-9209(98)00021-2.
- [61] M. A. Ismail and M. N. Said, "Integration of geospatial multi-mode transportation systems in Kuala Lumpur," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2014, vol. 20, no. 1, doi: 10.1088/1755-1315/20/1/012027.
- [62] D. Phillips, "How directions on the Waze app led to death in Brazil 's favelas," *The Washington Post*, 2015. <https://www.washingtonpost.com/news/worldviews/wp/2015/10/05/howdirections-on-the-waze-app-led-to-death-in-brazils-favelas/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [63] J. e Cunha and T. Dias, "State of the Art and Future Perspectives for Smart Support Services for Public Transport," *Stud. Comput. Intell.*, vol. 544, pp. 225–234, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-04735-5-15.
- [64] M. S. of Architecture., *Analysis of Journey Planner Apps and Best Practice Features*. Architecture, Manchester School of, 2016.
- [65] N. Borole, D. Rout, N. Goel, P. Vedagiri, and T. V Mathew, "Multimodal Public Transit Trip Planner with Real-time Transit Data," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 104, pp. 775–784, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.172>.
- [66] B. Caulfield and M. O'Mahony, "An Examination of the Public Transport Information Requirements of Users," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–30, 2007, doi: 10.1109/TITS.2006.888620.
- [67] F. Zhang, Q. Shen, and K. J. Clifton, "Examination of Traveler Responses to RealTime Information about Bus Arrivals using Panel Data," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2082, no. 1, pp. 107–115, Jan. 2008, doi: 10.3141/2082-13.
- [68] B. Ferris, K. Watkins, and A. Borning, "Location-Aware Tools for Improving Public Transit Usability," *IEEE Pervasive Comput.*, vol. 9, pp. 13–19, 2010, doi: 10.1109/MPRV.2009.87.
- [69] B. Ferris, K. Watkins, and A. Borning, "OneBusAway: A Transit Traveller Information System," in *Mobile Computing, Applications, and Services*, 2009, vol. 35, pp. 92–106, doi: 10.1007/978-3-642-12607-9_7.
- [70] International Organization for Standardization, "ISO 9241-11: Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability Definitions and concepts." 1998.

- [71] R. Inostroza, C. Rusu, S. Roncagliolo, C. Jimenez, and V. Rusu, "Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices," in *2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations*, 2012, pp. 662–667, doi: 10.1109/ITNG.2012.134.
- [72] D. Zhang, "Delivery of Personalized and Adaptive Content to Mobile Devices: A Framework and Enabling Technology," *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, vol. 12, p. 13, 2003.
- [73] Ishan Patra, "Google explains how it predicts traffic, plans routes on Maps," *The Hindu*, 2020. <https://www.thehindu.com/sci-tech/technology/google-explainshow-it-predicts-traffic-plans-routes-on-maps/article32582439.ece> (accessed Sep. 26, 2022).
- [74] Intelligent Cities Challenge, "Google Maps - Real time public transportation data," *European Commission The Intelligent Cities Challenge is funded by COSME, the EU programme for the Competitiveness of Enterprises and SMEs*. <https://www.intelligentcitieschallenge.eu/good-practices/google-maps-real-timepublic-transportation-data> (accessed Sep. 26, 2022).
- [75] Google, "Maps," *Google - The Keyword*. <https://www.blog.google/products/maps/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [76] Citymapper, "Citymapper PASS," *Medium*, 2019. <https://medium.com/citymapper/citymapper-pass-17c56da5dfa0> (accessed Sep. 26, 2022).
- [77] I. Transport, "Citymapper announces subscription pass for mobility in London," *Intelligent Transport*, 2019. <https://www.intelligenttransport.com/transportnews/76103/subscription-pass-london-public-transport/> (accessed Sep. 26, 2020).
- [78] N. Gilliland, "Why I love Citymapper's user experience," *Econsultancy*, 2018. <https://econsultancy.com/six-features-to-appreciate-about-citymappers-ux/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [79] S. Mehmet, "Moovit now operational in 100 countries," *Intelligent Transport*, 2020. <https://www.intelligenttransport.com/transport-news/96101/moovit-nowoperational-in-100-countries/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [80] Moovit, "Sobre o Moovit," *Moovit*. <https://moovit.com/pt/about-us-pt/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [81] M. Heiskala, J.-P. Jokinen, and M. Tinnilä, "Crowdsensing-based transportation services — An analysis from business model and sustainability viewpoints," *Res. Transp. Bus. Manag.*, vol. 18, pp. 38–48, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.03.006>.
- [82] Tim O'Reilly, "What Is Web 2.0," *O'Reilly Network*, 2005. <https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html> (accessed Sep. 26, 2022).
- [83] A. Shuen, *Web 2.0: A Strategy Guide*. O'Reilly Media, Inc., 2018.
- [84] J. Musser, T. O'Reilly, and O. R. Team, *Web 2.0 Principles and Best Practices*. O'Reilly Media, 2006.
- [85] T. O'Reilly and J. Battelle, "Web Squared: Web 2.0 Five Years On," in *Web 2.0 Summit*, 2009.

- [86] P. Lévy, *Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace*. Perseus Book, 1997.
- [87] P. Lévy, *A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço*, 2nd editio. 1998.
- [88] J. Surowiecki, *The wisdom of crowds: Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies, and nations*. Surowiecki, James: The New Yorker, New York, NY, US: Doubleday & Co, 2004.
- [89] J. Dickinson *et al.*, "Fundamental challenges in designing a collaborative travel app," *Transp. Policy*, vol. 44, pp. 28–36, 2015, doi: 10.1016/j.tranpol.2015.06.013.
- [90] T. Segaran, *Programming Collective Intelligence: Building Smart Web 2.0 Applications*. O'Reilly Media, 2007.
- [91] J. Giles, "Internet encyclopaedias go head to head," *Nature*, vol. 438, no. 7070, pp. 900–901, 2005, doi: 10.1038/438900a.
- [92] A. P. Chaves, "Social networks and collective intelligence applied to public transportation systems : A survey," 2011.
- [93] M. Piorkowski, "Collaborative Transportation Systems," in *2010 IEEE Wireless Communication and Networking Conference*, 2010, pp. 1–6, doi: 10.1109/WCNC.2010.5506417.
- [94] R. G. Thompson and K. P. Hassall, "A Collaborative Urban Distribution Network," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 39, pp. 230–240, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.104>.
- [95] P. M. Costa *et al.*, "Application of Collaborative Information Exchange in Urban Public Transport: The Seamless Mobility Solution," *Transp. Res. Procedia*, vol. 14, pp. 1201–1210, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.191>.
- [96] A. J. A. D. Nunes, "A user collaboration model for urban passenger transport," Faculty of Engineering, University of Porto, 2016.
- [97] A. Nunes, T. Dias, and J. e Cunha, "Urban Public Transport Service Co-creation: Leveraging Passenger's Knowledge to Enhance Travel Experience," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 111, pp. 577–585, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.01.091.
- [98] J. Howe, "The Rise of Crowdsourcing," *WIRED*, 2016. <https://www.wired.com/2006/06/crowds/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [99] D. C. Brabham, *Crowdsourcing*, The MIT Pr. MIT Press Essential Knowledge series, 2013.
- [100] L. Hammon and H. Hippner, "Crowdsourcing," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 4, pp. 163–166, Jun. 2012, doi: 10.1007/s12599-012-0215-7.
- [101] F. Filippi, G. Fusco, and U. Nanni, "User Empowerment and Advanced Public Transport Solutions," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 87, pp. 3–17, Oct. 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.590.
- [102] A. Doan, R. Ramakrishnan, and A. Y. Halevy, "Crowdsourcing Systems on the World-Wide Web," *Commun. ACM*, vol. 54, no. 4, pp. 86–96, Apr. 2011, doi: 10.1145/1924421.1924442.

- [103] A. Misra, A. Gooze, K. Watkins, M. Asad, and C. A. Le Dantec, "Crowdsourcing and Its Application to Transportation Data Collection and Management," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2414, no. 1, pp. 1–8, 2014, doi: 10.3141/2414-01.
- [104] S. Greengard, "Following the Crowd," *Commun. ACM*, vol. 54, no. 2, pp. 20–22, Feb. 2011, doi: 10.1145/1897816.1897824.
- [105] D. Geiger, M. Rosemann, and E. Fiel, "Crowdsourcing Information Systems – A Systems Theory Perspective," *ACIS 2011 Proc. - 22nd Australas. Conf. Inf. Syst.*, Jan. 2011.
- [106] Anton, "reCAPTCHA: The Brilliant Business Model that Only One Man Could Create," *Digital Initiative*, 2018. <https://digital.hbs.edu/platformdigit/submission/recaptcha-the-brilliant-business-model-that-only-one-mancould-create/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [107] J. E. Dickinson, K. Ghali, T. Cherrett, C. Speed, N. Davies, and S. Norgate, "Tourism and the smartphone app: capabilities, emerging practice and scope in the travel domain," *Curr. Issues Tour.*, vol. 17, no. 1, pp. 84–101, 2014, doi: 10.1080/13683500.2012.718323.
- [108] T.-Y. Chuang, N.-H. Perng, and J.-Y. Han, "Pavement performance monitoring and anomaly recognition based on crowdsourcing spatiotemporal data," *Autom. Constr.*, vol. 106, p. 102882, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102882>.
- [109] L.-A. Cofas, M. CROICU, and C. Dumitru, "A Collaborative GIS Solution for Public Transport," *Inform. Econ. J.*, vol. 13, 2009.
- [110] A. Steinfeld, J. Zimmerman, A. Tomasic, D. Yoo, and R. D. Aziz, "Mobile Transit Information from Universal Design and Crowdsourcing," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2217, no. 1, pp. 95–102, 2011, doi: 10.3141/2217-12.
- [111] J. Zimmerman *et al.*, "Field Trial of Tiramisu: Crowd-Sourcing Bus Arrival Times to Spur Co-Design," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2011, pp. 1677–1686, doi: 10.1145/1978942.1979187.
- [112] Moovit, "Transit App Moovit Expands Crowdsourcing to Masses." Moovit, 2016, [Online]. Available: https://moovit.com/wpcontent/uploads/2019/06/658d28_664e62a8e83343dcb21e8cad52828fa4-3.pdf.
- [113] Moovit, *Junte-se à comunidade Mooviter*. Youtube, 2018.
- [114] Y. Xuan, R. Sengupta, and Y. Fallah, "Crowd Sourcing Indoor Maps with Mobile Sensors," in *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, P. Sénac, M. Ott, and A. Seneviratne, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 125–136.
- [115] I. D. Foundation, "Human-Computer Interaction (HCI)," *Interaction Design Foundation*. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/humancomputer-interaction> (accessed Sep. 26, 2022).
- [116] J. M. Carroll, "2. Human Computer Interaction - brief intro," in *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2nd Ed., 2014.
- [117] J. Wang and S. Senecal, "Measuring Perceived Website Usability," *J. Internet Commer.*, vol. 6, no. 4, pp. 97–112, 2007, doi: 10.1080/15332860802086318.

- [118] I. S. MacKenzie, *Human-Computer Interaction: An Empirical Research Perspective*, 1st ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2013.
- [119] R. Benbunan-Fich, "Using protocol analysis to evaluate the usability of a commercial web site," *Inf. Manag.*, vol. 39, no. 2, pp. 151–163, 2001, doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00085-4).
- [120] J. Nielsen, *Usability Engineering*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993.
- [121] P. W. Jordan, "An Introduction to Usability," *An Introduction to Usability*. 2020, doi: 10.1201/9781003062769.
- [122] J. Brooke, "SUS: A quick and dirty usability scale," *Usability Eval. Ind.*, vol. 189, Nov. 1995.
- [123] P. J. Barnard, N. V. Hammond, J. Morton, J. B. Long, and I. A. Clark, "Consistency and compatibility in human-computer dialogue," *Int. J. Man. Mach. Stud.*, vol. 15, no. 1, pp. 87–134, 1981, doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(81\)80024-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(81)80024-7).
- [124] J. Nielsen, "Usability 101: Introduction to Usability," *Nielsen Norman Group*, 2012. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [125] U. First, "Introduction to User-Centered Design," *First, Usability*. <https://www.usabilityfirst.com/about-usability/introduction-to-user-centereddesign> (accessed Sep. 26, 2022).
- [126] A. Dix, J. Finley, G. Abowd, and R. Beale, *Human-Computer Interaction (2nd Ed.)*. USA: Prentice-Hall, Inc., 1998.
- [127] C. I. P. Pádua, *Engenharia de Usabilidade – Material de Referência*. UFMG, Belo Horizonte, MG., 2012.
- [128] J. Nielsen, "Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1994, pp. 152–158, doi: 10.1145/191666.191729.
- [129] R. Y. Gómez, D. C. Caballero, and J. L. Sevillano, "Heuristic Evaluation on Mobile Interfaces: A New Checklist," *Sci. World J.*, vol. 2014, 2014.
- [130] J. Nielsen, "10 Usability Heuristics for User Interface Design," *Nielsen Norman Group*, 1994. <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [131] E. Rosenzweig, "Chapter 7 - Usability Testing," E. B. T.-S. U. E. S. and R. Rosenzweig, Ed. Boston: Morgan Kaufmann, 2015, pp. 131–154.
- [132] D. Rubin, J., & Chisnell, *Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests*, (2nd ed.). Hoboken, NJ: Wiley., 2008.
- [133] J. S. Dumas and J. C. Redish, *A Practical Guide to Usability Testing*, 1st ed. GBR: Intellect Books, 1993.
- [134] M. Hassenzahl and N. Tractinsky, "User experience - A research agenda," *Behav. Inf. Technol.*, vol. 25, pp. 91 – 97, Mar. 2006, doi: 10.1080/01449290500330331.

- [135] E. L.-C. Law and P. van Schaik, "Modelling user experience - An agenda for research and practice," *Interact. Comput.*, vol. 22, pp. 313–322, 2010.
- [136] K. BATTARBEE and I. KOSKINEN, "Co-experience: user experience as interaction," *CoDesign*, vol. 1, no. 1, pp. 5–18, Mar. 2005, doi: 10.1080/15710880412331289917.
- [137] V. Roto, E. L.-C. Law, A. Vermeeren, and J. Hoonhout, "User Experience White Paper Bringing clarity to the concept of user experience," in *Dagstuhl Seminar on Demarcating User Experience*, 2011.
- [138] M. Blythe, K. C. J. Overbeeke, A. F. Monk, and P. C. Wright, "Funology: from usability to enjoyment," 2005.
- [139] H. Fredheim, "Why User Experience Cannot Be Designed," *Smashing Magazine*, 2011. <https://www.smashingmagazine.com/2011/03/why-user-experiencecannot-be-designed/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [140] T. (role)aut Lowdermilk, *User-centered design : a developer's guide to building user-friendly applications*. Sebastopol, 2013.
- [141] D. A. Norman and S. W. Draper, *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*. USA: L. Erlbaum Associates Inc., 1986.
- [142] D. A. Norman, *The Design of Everyday Things*. USA: Basic Books, Inc., 2002.
- [143] T. I. D. Foundation, "What is user centered design?," *Interaction Design Foundation*. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centereddesign> (accessed Sep. 26, 2022).
- [144] I. O. for Standardization, "Human-centred design processes for interactive systems," *ISO 13407:1999*, 1999. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13407:ed-1:v1:en> (accessed Sep. 26, 2022).
- [145] International Organization for Standardization, "ISO 9241-210: Ergonomics of human–system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems." 2010.
- [146] M. M. Hennink and P. Leavy, *Understanding Focus Group Discussions*. New York: Oxford University Press, 2014.
- [147] A. Hennink, M., Hutter, I., & Bailey, "Qualitative research methods," *London Sage Publ.*, 2011.
- [148] R. A. Krueger and M. A. Casey, *Focus groups : a practical guide for applied research*, 4th dition. Los Angeles: SAGE, 2009.
- [149] G. Guest, E. Namey, and K. Mckenna, "How Many Focus Groups Are Enough? Building an Evidence Base for Nonprobability Sample Sizes," *Field methods*, vol. 29, 2016, doi: 10.1177/1525822X16639015.
- [150] K. Charmaz, "Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis," *Introd. Qual. Methods*, 2016.
- [151] A. A. Nunes, T. Galvao, J. Falcao e Cunha, and J. V Pitt, "Using Social Networks for Exchanging Valuable Real Time Public Transport Information among Travellers," in *2011 IEEE 13th Conference on Commerce and Enterprise Computing*, 2011, pp. 365–370, doi: 10.1109/CEC.2011.60.

- [152] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke, *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification*, vol. 11. 2011.
- [153] A. Aparicio, F. L. Vela, J. González-Sánchez, and J.-L. Isla-Montes, *Analysis and application of gamification*. 2012.
- [154] J. de Oña and R. de Oña, "Quality of Service in Public Transport Based on Customer Satisfaction Surveys: A Review and Assessment of Methodological Approaches," *Transp. Sci.*, vol. 49, no. 3, pp. 605–622, Aug. 2015, doi: 10.1287/trsc.2014.0544.
- [155] B. Shneiderman, *Designing the User Interface (2nd Ed.): Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1992.
- [156] B. Fling, *Mobile Design and Development: Practical Concepts and Techniques for Creating Mobile Sites and Web Apps - Animal Guide*, 1st ed. O'Reilly Media, Inc., 2009.
- [157] H. Graves and R. Graves, *A Strategic Guide to Technical Communication*, Second edi. Broadview press, 2011.
- [158] L. Ceci, "Retention rate on day 1 and day 30 of mobile app installs worldwide as of August 2020," *Statista's*, 2022. <https://www.statista.com/statistics/259329/iosand-android-app-user-retention-rate/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [159] E. Crumlish, C., & Malone, *Designing social interfaces: Principles, patterns, and practices for improving the user experience*. O'Reilly Media, Inc., 2009.
- [160] K. Balboni, "Onboarding UX: Our ultimate guide to designing for user experience," *Appcues*. <https://www.appcues.com/blog/user-onboarding-ui-ux-patterns> (accessed Sep. 26, 2022).
- [161] H. Eriksson and E. Parflo, "Mobile application onboarding processes effect on user attitude towards continued use of applications," Jönköping University, School of Engineering, JTH, Computer Science and Informatics, School of Engineering, Jönköping University, 2019.
- [162] C.-J. Ku, K.-H. Wang, J.-L. Doong, and L.-C. Chen, "The Effects of Touch Input Modes and Navigation Bar Styles on the Usability of an Ecology Education System," Mar. 2019.
- [163] V. Kaushik, "How to design a better bottom navbar (Tab bar)?," *UX Planet*, 2021. <https://uxplanet.org/how-to-design-a-better-bottom-navbar-5127c8b8102f> (accessed Sep. 26, 2022).
- [164] A. Inc., "Human Interface Guidelines - Sidebars," *Apple Inc.* <https://developer.apple.com/design/human-interfaceguidelines/ios/bars/sidebars/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [165] R. Costa, "Navigation design: Almost everything you need to know," *Justinmind*, 2020. <https://www.justinmind.com/blog/navigation-design-almost-everything-youneed-to-know/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [166] MATERIAL DESIGN, "Bottom navigation," *MATERIAL DESIGN*. <https://material.io/components/bottom-navigation> (accessed Sep. 26, 2022).

- [167] Amy Smith, "Top 8 Mobile Navigation Menu Design for Your Inspiration," *UX Planet*, 2018. <https://uxplanet.org/top-8-mobile-navigation-menu-design-for-yourinspiration-8a2d925bffc0> (accessed Sep. 26, 2022).
- [168] R. Costa, "Mobile navigation: patterns and examples," *Justinmind*, 2021. <https://www.justinmind.com/blog/mobile-navigation/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [169] L. Cerdan, "Three Best Practices for Search Autocomplete on Mobile," *Algolia*, 2018. <https://www.algolia.com/blog/ecommerce/search-autocomplete-on-mobile/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [170] D. Norman, "Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things," in *The Journal of American Culture*, vol. 27, 2004.
- [171] D. Esztergár-Kiss, "Framework of Aspects for the Evaluation of Multimodal Journey Planners," *MDPI*, vol. 11(18), pp. 1–14, 2019.
- [172] D. Nelson and P. J. Tarnoff, "Route Guidance Systems," in *Handbook of Transport Systems and Traffic Control*, vol. 3, K. J. Button and D. A. Hensher, Eds. Emerald Group Publishing Limited, 2001, pp. 489–501.
- [173] T. with Google, "Marketing Strategies App&Mobile - Chapter 4: Registration," *Think with Google*, 2016. <https://www.thinkwithgoogle.com/marketingstrategies/app-and-mobile/chapter-4-registration/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [174] Jakob Nielsen and Raluca Budiu, *Mobile Usability*. Nielsen Norman Group, 2012.
- [175] J. Nielsen, "Web Research: Believe the Data," *Nielsen Norman Group*, 1999. <https://www.nngroup.com/articles/web-research-believe-the-data/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [176] R. Budiu, "The Reciprocity Principle: Give Before You Take in Web Design," *Nielsen Norman Group*, 2014. <https://www.nngroup.com/articles/reciprocityprinciple/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [177] L. Gamberini, G. Petrucci, A. Spoto, and A. Spagnolli, "Embedded Persuasive Strategies to Obtain Visitors' Data: Comparing Reward and Reciprocity in an Amateur, Knowledge-Based Website," in *Lecture Notes in Computer Science*, Apr. 2007, vol. 4744, pp. 187–198, doi: 10.1007/978-3-540-77006-0_24.
- [178] R. Budiu, "A Checklist for Registration and Login Forms on Mobile," *Nielsen Norman Group*, 2017. <https://www.nngroup.com/articles/checklist-registrationlogin/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [179] Techopedia, "What is a User Profile?," *Techopedia*, 2019. <https://www.techopedia.com/definition/16137/user-profile> (accessed Sep. 26, 2022).
- [180] M. Sharma, "How to Improve App Settings UX," *Toptal*. <https://www.toptal.com/designers/ux/settings-ux> (accessed Sep. 26, 2022).
- [181] W. HQ, "How To Design Notifications For Better UX," *UX Planet*, 2017. <https://uxplanet.org/how-to-design-notifications-for-better-ux-6fb0711be54d> (accessed Sep. 26, 2022).
- [182] S. Sahay, "Designing Notifications for Apps," *UX Magazine*, 2020. <https://uxmag.com/articles/designing-notifications-for-apps> (accessed Sep. 26, 2022).

- [183] M. Fan, "Practices and Challenges of Using Think-Aloud Protocols in Industry: An International Survey," 2020.
- [184] R. A. Virzi, "Refining the Test Phase of Usability Evaluation: How Many Subjects Is Enough?," *Hum. Factors*, vol. 34, no. 4, pp. 457–468, 1992, doi: 10.1177/001872089203400407.

Apêndice A

Grupos de discussão

A.1 Descrição do estudo

Este estudo enquadra-se no trabalho de investigação *Design And Development Of A Safe And Comfortable Route Planner For Public Transport* produto da elaboração da dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e é composto por um questionário online e por uma sessão de grupo de discussão (*focus group*).

O questionário online tem como objetivo caracterizar em termos sociodemográficos a população que irá participar no grupo de discussão. O grupo de discussão tem como objetivo compreender e identificar as necessidades dos passageiros de transportes públicos e os fatores que levariam à restauração da confiança da população na utilização de transportes públicos como meio de mobilidade.

O questionário é anónimo, não devendo por isso colocar a sua identificação em nenhuma das páginas do questionário, e todos os dados serão tratados de forma confidencial. O preenchimento deste questionário não deverá tomar-lhe mais de cinco minutos.

A sessão tomará a forma de grupo de discussão, com uma duração aproximada de 60 (sessenta) minutos, e será dividida em duas partes: numa primeira abordagem serão feitas a apresentação do moderador, dos participantes e a descrição do estudo; na segunda parte serão lançadas as questões e a realização da discussão. Toda a sessão será gravada, sendo o suporte digital armazenado num servidor seguro e encriptado, e posteriormente destruído após a transcrição integral do seu conteúdo. A gravação será utilizada apenas para efeitos de análise de opiniões/perceções dos praticantes e servirá apenas como material informativo. A identidade de todos os participantes será confidencial e acessíveis apenas à equipa de investigação. O tratamento dos dados obtidos garante o anonimato dos participantes, nunca sendo feito qualquer tipo de uso que possa revelar a identidade dos participantes.

É inteiramente livre de participar ou não neste estudo. Se se voluntariar para participar no estudo, é livre de se retirar a qualquer momento sem consequências de qualquer

tipo. Também é livre de recusar responder a qualquer pergunta ou de participar numa atividade específica.

O estudo não envolve qualquer risco potencial, quer sejam sociais, legais ou financeiros.

Os resultados obtidos serão apresentados no âmbito da tese de mestrado e publicados cientificamente. Estes serão utilizados para a definição de recursos e funcionalidades no desenvolvimento de um planeador de rotas seguras e confortáveis para transportes públicos.

Se pretender algum esclarecimento adicional, poderá entrar em contacto com a equipa de investigação através de up201402765@edu.fc.up.pt.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

A.2 Consentimento informado

Eu, abaixo assino, declaro aceitar, por este meio, colaborar com a equipa de investigação no estudo *Design And Development Of A Safe And Comfortable Route Planner For Public Transport - Grupo de Discussão*, prestando por isso o meu expreso consentimento para o tratamento dos meus dados, sob compromisso de esta manter a anonimidade e confidencialidade dos meus dados.

Declaro ainda, ao aceitar participar neste estudo, que:

- (i) Fui informado do objetivo e finalidades do estudo;
- (ii) Tive a oportunidade de colocar todas as questões relativas ao estudo, tendo sido estas cabalmente esclarecidas pela equipa de investigação;
- (iii) Entendo que a minha participação neste estudo é voluntaria e que tenho liberdade para desistir em qualquer momento, sem necessidade de apresentar as razões e sem qualquer aplicação de sanções;
- (iv) Foi-me assegurado que toda a informação obtida neste estudo será estritamente confidencial e que a minha identidade nunca será revelada;
- (v) Compreendi e aceito que toda a sessão de grupo de discussão seja gravada;
- (vi) A equipa recolherá toda a informação e dados relevantes, resultantes do grupo de discussão e essenciais ao seu objetivo.

Nome (em maiúsculas):

Assiatura: _____

A.3 Formulário de caracterização da amostra

Caracterização sociodemográfica

(1)	Idade	Escolha múltipla simples	<18
			18-24
			25-34
			35-50
			>50
(2)	Género	Escolha múltipla simples	Feminino
			Masculino
			Não-binário
(3)	Grau de escolaridade (se for detentor/a de um grau incompleto, indique o último grau que completou)	Escolha múltipla simples	Sem escolaridade
			1º Ciclo do Ensino Básico (4º ano)
			2º Ciclo do Ensino Básico (6º ano)
			3º Ciclo do Ensino Básico ou equivalente (9º ano)
			Ensino Secundário ou equivalente (12º ano)
			Ensino Superior – bacharelato ou licenciatura
			Ensino Superior – mestrado
Ensino Superior – doutoramento			

Hábitos de mobilidade

(4)	Antes do surgimento da pandemia de Covid-19, qual a frequência com que utilizava serviços de transporte público?	Escolha múltipla simples	Diariamente
			Frequentemente (1x por semana)
			Ocasionalmente (1x por mês)
			Raramente (2x por ano)
			Nunca
(5)	Que meios de transporte utilizava como forma de mobilidade antes do	Múltipla escolha múltipla	Autocarro
			Metro

	surgimento da pandemia de Covid-19?		Comboio
			Veículo particular
			Transporte privado urbano (Taxi, Uber, Free Now, etc)
			Bicicleta
			A pé
			Trotinete
			Mota
			Outro
(6)	Considera que seus hábitos de mobilidade foram alterados como surgimento da pandemia de Covid-19?	Escolha múltipla simples	Sim
			Não
(7)	Atualmente, qual a frequência com que utiliza serviços de transporte público?	Escolha múltipla simples	Diariamente
			Frequentemente (1x por semana)
			Ocasionalmente (1x por mês)
			Raramente (2x por ano)
			Nunca
(8)	Que meios de transporte utiliza atualmente como forma de mobilidade?	Múltipla escolha múltipla	Autocarro
			Metro
			Comboio
			Veículo particular
			Transporte privado urbano (Taxi, Uber, Free Now, etc)
			Bicicleta
			A pé
			Trotinete
			Mota
			Outro
Comportamentos e preferências de utilização de ferramentas de assistência em viagens de transportes públicos			
(9)	Como obtém informações sobre os serviços de		Aplicação móvel

	transporte público (horários, localização de paragens, etc)?		Website
		Múltipla escolha múltipla	Informações disponíveis em estações e paragens
			Não preciso
			Outro
(10)	Utiliza, ou já utilizou, alguma aplicação móvel para planear rotas de viagens em transportes públicos?	Escolha múltipla simples	Sim
			Não
(11)	Se respondeu sim na questão (10), que aplicações móveis utiliza, ou já utilizou?	Resposta aberta curta	-
(12)	Se respondeu sim na questão (10), para que propósitos as utiliza, ou utilizou?	Múltipla escolha múltipla	Consultar horários de serviços de transporte público
			Informações de transito
			Informações de linhas e paragens de serviços de transporte público
			Consultar mapas de rotas
			Outro

A.4 Guião de suporte às sessões de discussão

1. Apresentação
2. Agradecer a presença
3. Apresentar o projeto e o seu objetivo
4. Objetivo da sessão de grupo de discussão

Nesta conversa queremos apenas falar sobre as vossas experiências na utilização de serviços de transporte público, as preocupações de segurança e conforto durante as viagens e como o surgimento da pandemia de Covid-19 afetou a forma como se deslocam e como encaram a utilização de transportes públicos. O nosso objetivo aqui hoje é apenas perceber as vossas opiniões e obtermos informações para que o desenvolvimento do nosso projeto se adequue o máximo possível às necessidades atuais. Esperamos que se sintam confortáveis para partilhar connosco o que realmente acham sobre este tema, não existem respostas certas ou erradas, simplesmente queremos ouvir as vossas opiniões e sugestões. Temos algumas perguntas para vocês, mas estejam à vontade para acrescentar outras que considerem importantes à medida que avançarmos.

5. Gravação e confidencialidade dos dados

A sessão será gravada de forma a não perdermos informações, no entanto, a gravação e tudo que for falado nesta sessão permanecerá confidencial sendo apenas do conhecimento da equipa do projeto e usado no âmbito do mesmo.

6. Funcionamento da sessão

Durante esta conversa todos podem partilhar a sua opinião, pedimos apenas que fale uma pessoa de cada vez. As perguntas serão dirigidas a todos pelo que pedimos que intervenham e expressem a vossa opinião respeitando os restantes participantes. Se desejarem, poderão dirigir-se diretamente aos outros participantes para discutir pontos de vista; a minha função será a de facilitar a conversa e, portanto, não me envolverei na discussão. Não existem respostas erradas, mas sim pontos de vista diferentes. Sintam-se à vontade para partilhar o vosso ponto de vista, mesmo que seja diferente dos restantes partilhados. Alguma questão, comentário ou sugestão?

7. Apresentação dos participantes

8. Perguntas

Primeiro, gostaria de saber as vossas experiências em utilizar serviços de transporte público:

- a) Imaginem uma viagem de transportes públicos, o que é que contribui para se sentirem confortáveis? (*probe*: ar condicionado, assentos, ruído, ...)
 - a. Pode descrever uma experiência em que não se tenha sentido confortável durante a viagem?
- b) E em relação à segurança, o que é que antes e durante uma viagem contribui para se sentirem seguros?
 - a. Já alguma vez se sentiu inseguro? (*probe*: aglomeração, paragens, andar muito tempo a pé para chegar a uma paragem, durante a noite)
 - b. Pode descrever essa experiência?
 - c. O que é que provocou essa sensação?
- c) Alguma vez a sensação de desconforto ou de insegurança influenciou a escolha de outro meio de transporte? Já deixaram de entrar num transporte público por se sentirem desconfortáveis ou inseguros?
 - a. Em vez do transporte público qual foi a opção que escolheu nessa altura?
 - b. O que é que o fez tomar essa decisão? Qual foi a razão dessa escolha?

Com o surgimento da pandemia de Covid-19 os nossos hábitos e preocupações mudaram. A partir de agora as perguntas referem-se à utilização de serviços de transporte público durante a pandemia de Covid-19:

a) Sentiram diferenças nos vossos hábitos de mobilidade nos últimos meses?
A pandemia alterou a forma como se deslocam?

- a. Quais foram essas mudanças?
- b. Atualmente utilizam serviços de transporte público com a mesma regularidade de antes?

- Se sim:

Sentiu mudanças na forma como viaja?

Atualmente durante uma viagem sente-se confortável e seguro durante as viagens?

O que lhe causa essa sensação de desconforto ou de insegurança?

Pode explicar uma experiência em que se tenha sentido assim.

- Se não:

O que os fez deixar de utilizar?

Qual o meio de transporte que utilizam atualmente?

Qual a razão para o terem escolhido?

Se fosse antes da pandemia, utilizariam?

O que os faria voltar a utilizar transportes públicos?

b) A disponibilização de informações sobre serviços de transporte público ajuda a melhorar a vossa experiência de viagem?

- a. Que informações consideram mais importantes serem disponibilizadas? (*probe*: aglomeração, higienização dos veículos, horários, ...)
- b. Acham que a disponibilização destas informações ajudaria a que se sentissem mais seguros e confortáveis durante viagens de transportes públicos? Porque é que acham isso?

c) Se lhe fossem disponibilizadas informações sobre fatores anteriormente falados isso faria com que voltasse a utilizar serviços de transporte público?

Considerando tudo o que foi discutido durante esta sessão, alguém quer acrescentar alguma questão ou fazer algum comentário?

9. Agradecimento, importância das informações disponibilizadas e relembrar confidencialidade dos dados

Apêndice B

Testes de usabilidade

B.1 Descrição do estudo

Este estudo enquadra-se no trabalho de investigação *Design And Development Of A Safe And Comfortable Route Planner For Public Transport* produto da elaboração da dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e é composto por uma sessão de teste de usabilidade ao protótipo da aplicação móvel *ReStart*, cujo propósito é analisar a sua usabilidade, validar o conceito a este subjacente e identificar potenciais melhorias.

A sessão de teste de usabilidade será dividida em 4 partes: (i) questionário pré-teste, (ii) fase de teste, (iii) classificação pós-tarefa e (iv) questionário pós-teste.

Na primeira parte da sessão o participante deve preencher um questionário online, cujo objetivo é caracterizar em termos sociodemográficos a amostra da etapa de avaliação da aplicação móvel *ReStart*. A segunda parte da sessão de teste consiste na execução de um conjunto de tarefas pré-definidas no protótipo da aplicação. Após a sua execução de cada uma destas tarefas, o participante, deve classificá-la quanto à facilidade de execução. Por último, o participante é solicitado a responder a um questionário sobre a sua experiência na utilização da aplicação móvel *ReStart*.

Durante a sessão de teste, será feita a gravação áudio da mesma, bem como do ecrã onde está a ser executado o protótipo da aplicação móvel, sendo o suporte digital recolhido armazenado num servidor seguro e encriptado, e posteriormente destruído após a transcrição integral do seu conteúdo. A gravação será utilizada apenas para efeitos de análise de opiniões/perceções dos praticantes e servirá apenas como material informativo. A identidade de todos os participantes será confidencial e acessível apenas à equipa de investigação. O tratamento dos dados obtidos garante o anonimato dos participantes, nunca sendo feito qualquer tipo de uso que possa revelar a identidade dos participantes.

É inteiramente livre de participar ou não neste estudo. Se se voluntariar para participar no estudo, é livre de se retirar a qualquer momento sem consequências de qualquer

tipo. Também é livre de recusar responder a qualquer pergunta ou de participar numa atividade específica.

O estudo não envolve qualquer risco potencial, quer sejam sociais, legais ou financeiros.

B.2 Consentimento informado

Eu, abaixo assino, declaro aceitar, por este meio, colaborar com a equipa de investigação no estudo *Design And Development Of A Safe And Comfortable Route Planner For Public Transport – Testes de usabilidade*, prestando por isso o meu expreso consentimento para o tratamento dos meus dados, sob compromisso de esta manter a anonimidade e confidencialidade dos meus dados.

Declaro ainda, ao aceitar participar neste estudo, que:

- (vii) Fui informado do objetivo e finalidades do estudo;
- (viii) Tive a oportunidade de colocar todas as questões relativas ao estudo, tendo sido estas cabalmente esclarecidas pela equipa de investigação;
- (ix) Entendo que a minha participação neste estudo é voluntaria e que tenho liberdade para desistir em qualquer momento, sem necessidade de apresentar as razões e sem qualquer aplicação de sanções;
- (x) Foi-me assegurado que toda a informação obtida neste estudo será estritamente confidencial e que a minha identidade nunca será revelada;
- (xi) Compreendi e aceito que toda a sessão de grupo de discussão seja gravada;
- (xii) A equipa recolherá toda a informação e dados relevantes, resultantes do grupo de discussão e essenciais ao seu objetivo.

Nome (em maiúsculas):

Assinatura: _____

B.3 Questionário pré-teste

Caracterização sociodemográfica

(1)	Idade	Escolha múltipla simples	<18
			18-24
			25-34
			35-50
			>50
(2)	Género	Escolha múltipla simples	Feminino
			Masculino
			Não-binário
(3)	Grau de escolaridade (se for detentor/a de um grau incompleto, indique o último grau que completou)	Escolha múltipla simples	Sem escolaridade
			1º Ciclo do Ensino Básico (4º ano)
			2º Ciclo do Ensino Básico (6º ano)
			3º Ciclo do Ensino Básico ou equivalente (9º ano)
			Ensino Secundário ou equivalente (12º ano)
			Ensino Superior – bacharelato ou licenciatura
			Ensino Superior – mestrado
Ensino Superior – doutoramento			
(4)	Avalie o quão confortável se sente em utilizar smartphones?	Escala linear	[1-5] 1 - Não confortável 5 - Muito Confortável

B.4 Fase de teste

B.4.1 Primeira etapa de avaliação do sistema

Tarefa 1 – Planear uma viagem entre uma determinada origem e destino;

- Introduzir manualmente a origem da viagem 'Bolhão' e destino final 'Foz do Douro';

Tarefa 2 – Definir requisitos para uma viagem;

Tarefa 3 – Escolher a rota para a viagem de entre as sugestões apresentadas;

- Dentro das opções apresentadas, selecionar a rota com hora de partida mais próxima
- Interpretar as informações detalhadas sobre a rota;
- Iniciar a viagem na rota selecionada;
- Interpretar as indicações de navegação no decorrer da viagem;

Tarefa 4 – Partilhar informações com o sistema sobre o percurso de caminhada na rota;

- Comunicar que o percurso de caminhada é pouco iluminado;

Tarefa 5 – Escolher uma opção de veículo para a viagem entre as próximas partidas na estação de transportes públicos;

- Dentro das opções apresentadas, selecionar o veículo com hora de partida mais próxima;
- Interpretar as informações descritas sobre o veículo;

Tarefa 6 – Partilhar informações com o sistema sobre a estação de transportes públicos;

- Comunicar que a estação de transportes públicos se encontra associada a dados incorretos;
- Comunicar que entrou no veículo selecionado;

Tarefa 7 - Partilhar informações com o sistema sobre o veículo de transportes públicos em que viaja;

- Comunicar que o veículo se encontra com alguma sujidade;

Tarefa 8 - Consultar informações sobre as próximas partidas numa determinada estação de transportes públicos;

- Selecionar a estação de transportes públicos 'Bolhão';
- Dentro das opções apresentadas escolher o veículo com menor lotação para a sua viagem;

- Comunicar que entrou no veículo selecionado;
- Terminar viagem;

Tarefa 9 - Consultar informações sobre uma determinada linha da rede de transportes públicos;

- Selecionar a linha de autocarros '200';
- Selecionar a estação de transportes públicos 'Bolhão';
- Dentro das opções apresentadas escolher o veículo com menor lotação para a sua viagem;

Tarefa 10 - Consultar as viagens previamente agendadas;

- Selecionar a viagem agendada entre 'Bolhão – Foz do Douro' com início às 15:30h do dia de hoje;

Tarefa 11 - Alterar a hora de partida de uma viagem previamente agendada;

- Alterar para as 19:34h do dia de hoje;

Tarefa 12 - Ativar a notificação de aproximação do veículo de transporte público escolhido para a viagem agendada a uma determinada estação na rota;

- Selecionar a estação de transportes públicos 'Praça D. João I';

Tarefa 13 - Iniciar uma viagem agendada;

- Terminar viagem;

B.4.2 Segunda etapa de avaliação do sistema

Tarefa 1 – Estabelecer requisitos para viagens futuras;

- Definir como filtros de pesquisa 'Evitar locais pouco iluminados' e 'Lotação máxima do veículo a 80%';

Tarefa 2 – Planear uma viagem entre uma determinada origem e destino;

- Assumir a origem como a localização atual, e introduzir manualmente o destino final 'Hospital de S. João';

Tarefa 3 – Consultar informações detalhadas sobre a rota;

- De entre as sugestões de rotas apresentadas, selecionar a rota com hora de partida mais próxima;
- Interpretar as informações detalhadas sobre a rota;
- Iniciar a viagem na rota selecionada;
- Interpretar as indicações de navegação no decorrer da viagem;

Tarefa 4 – Contribuir com informações sobre o estado da rota;

- Imaginar que se está a deslocar até à estação PRG1 – Praça da Galiza seguindo as indicações dadas no mapa de navegação e informar o sistema que a zona por onde está a caminhar é uma zona é pouco iluminada;
- Imaginar que se encontra a espera de um veículo numa estação de transportes públicos e informar o sistema que esta se encontra associada a dados incorretos;
- Durante a etapa de viagem dentro do veículo de transporte público, comunicar ao sistema que o veículo tem uma lotação aproximada de 20%;

Tarefa 5 – Validar informações sobre o estado da rota;

- Assumindo que o veículo em que viaja tem se encontra com poucos passageiros no seu interior;
- Assumindo que o ar condicionado do veículo se encontra ativo;

Tarefa 6 – Enviar uma notificação de alerta aos contactos de emergência;

- Assumindo que se encontra numa situação de perigo e pretende informar os seus contactos de emergência da sua localização atual.

Tarefa 7 – Processo de navegação durante a totalidade da viagem;

- Imaginar que se está a deslocar até à Praça da Galiza e o Hospital de S. João seguindo as indicações dadas no mapa de navegação;
- Interpretar as informações apresentadas ao longo das distintas etapas do trajeto;

Tarefa 8 – Consultar informações sobre uma determinada linha/estação de transportes públicos;

- Selecionar a linha '200' de autocarro, na estação de transportes públicos 'PRG1 – Praça da Galiza';

- Dentro das opções apresentadas escolher o veículo com menor lotação para a sua viagem;
- Interpretar as informações descritas sobre o veículo;
- Comunicar que entrou no veículo selecionado;
- Terminar viagem;

Tarefa 9 – Ativar notificação de aproximação de um veículo à estação de transportes públicos;

- Para o veículo o veículo '200 - sentido Hospital S. João' com horário de partida mais próximo da hora atual;

Tarefa 10 – Agendar um plano de viagem;

- Planear uma viagem entre a 'Localização atual' e o 'Hospital S. João' com hora de partida amanhã às 17:14h;

Tarefa 11 – Consultar as viagens previamente agendadas;

- Consulte as viagens agendadas para domingo, dia 15 de Agosto;
- Imagine que a viagem Praça da Galiza e o Hospital S. João amanhã com horário de partida às 17:14h é uma viagem recorrente, agende essa viagem para todas as quintas-feiras, sextas-feiras e domingos;

Tarefa 12 – Consultar número de pontos atual acumulados associados ao perfil de utilizador;

- Assumindo que já criou anteriormente um registo de identidade de utilizador, inicie sessão através da conta Google;

Tarefa 13 – Trocar pontos acumulados por recompensas;

- Troque os pontos acumulados pela recompensa -5% desconto no plano de viagem mensal;

Tarefa 14 – Reportar um problema ocorrido numa viagem terminada;

- Consulte o histórico de viagens;
- Reporte um problema ocorrido na viagem 'Pr. Galiza -> Hospital S. João' no dia 30 de junho;

Tarefa 15 – Associar uma assinatura de título de transporte ao perfil de utilizador;

- Assuma a zona metropolitana do 'Porto';
- Associe o passe Andante através do modelo de digitalização do cartão;

Tarefa 16 – Consultar a central de notificações;

- Verificar as notificações pendentes;

B.4.3 Terceira etapa de avaliação do sistema

Tarefa 1 – Planear uma viagem entre uma determinada origem e destino;

- Assumir a origem como a localização atual, e introduzir manualmente o destino final 'Hospital de S. João';

Tarefa 2 – Definir requisitos para a viagem;

- Definir como filtros de pesquisa 'Evitar locais pouco iluminados' e 'Lotação máxima do veículo a 80%';

Tarefa 3 – Interpretar as informações detalhadas sobre a rota;

- De entre as sugestões de rotas apresentadas, selecionar a rota com hora de partida mais próxima;
- Interpretar as informações detalhadas sobre o trajeto e veículo a utilizar na rota selecionada;

Tarefa 4 – Contribuir com informações sobre o estado da rota;

- Imaginar que se está a deslocar até à estação PRG1 – Praça da Galiza seguindo as indicações dadas no mapa de navegação e informar o sistema que a zona por onde está a caminhar é uma zona é pouco iluminada;
- Imaginar que se encontra a espera de um veículo numa estação de transportes públicos e informar o sistema que esta se encontra associada a dados incorretos;
- Durante a etapa de viagem dentro do veículo de transporte público, comunicar ao sistema que o veículo tem uma lotação aproximada de 20%;

Tarefa 5 – Validar informações sobre o estado da rota;

- Assumindo que o veículo em que viaja tem se encontra com poucos passageiros no seu interior;

- Assumindo que o ar condicionado do veículo se encontra ativo;

Tarefa 6 – Interpretar as informações detalhadas sobre um determinado veículo;

- Dentro das opções de veículo para a viagem apresentadas, selecionar o veículo com hora de partida mais próxima;
- Interpretar as informações descritas sobre o veículo;

Tarefa 7 – Ativar notificação de aproximação de um veículo à estação de transportes públicos;

- Para o veículo com horário de partida mais próximo da hora atual;

Tarefa 8 – Processo de navegação durante a totalidade da viagem;

- Imaginar que se está a deslocar até à Praça da Galiza e o Hospital de S. João seguindo as indicações dadas no mapa de navegação;
- Interpretar as informações apresentadas ao longo das distintas etapas do trajeto;

Tarefa 9 – Consultar informações sobre uma determinada linha/estação de transportes públicos;

- Selecionar a linha '200' de autocarro, na estação de transportes públicos 'PRG1 – Praça da Galiza';
- Dentro das opções apresentadas escolher o veículo com menor lotação para a sua viagem;
- Comunicar que entrou no veículo selecionado;
- Terminar viagem;

Tarefa 10 – Agendar um plano de viagem;

- Planear uma viagem entre a 'Localização atual' e o 'Hospital S. João' com hora de partida amanhã às 17:14h;

Tarefa 11 – Consultar as viagens previamente agendadas;

- Consulte as viagens agendadas para domingo, dia 15 de Agosto;
- Imagine que a viagem Praça da Galiza e o Hospital S. João amanhã com horário de partida às 17:14h é uma viagem recorrente, agende essa viagem para todas as quintas-feiras, sextas-feiras e domingos;

Tarefa 12 – Eliminar uma viagem previamente agendada;

- Assuma a viagem agendada entre 'Rua da Constituição' e 'Rua do Amial' hoje às 15:15h;

Tarefa 13 – Consultar número de pontos atual acumulados associados ao perfil de utilizador;

- Assumindo que já criou anteriormente um registo de identidade de utilizador, inicie sessão através da conta Google;

Tarefa 14 – Trocar pontos acumulados por recompensas;

- Troque os pontos acumulados pela recompensa -5% desconto no plano de viagem mensal;

Tarefa 15 – Reportar um problema ocorrido numa viagem terminada;

- Consulte o histórico de viagens;
- Reporte um problema ocorrido na viagem 'Pr. Galiza -> Hospital S. João' no dia 30 de junho;

Tarefa 16 – Verificar o estado do processo de reclamação numa viagem terminada;

- Assuma o processo de reclamação da viagem 'Pr. Galiza -> Hospital S. João' no dia 30 de junho;

Tarefa 17 – Consultar a central de notificações;

- Verificar as notificações pendentes;