Design de uma *app* planeadora de rotas muticritério para meios de transporte suaves

Miguel Viamonte Santos da Costa Fernandes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Marta Campos Ferreira
Coorientador na FEUP: Prof. Teresa Galvão Dias

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2022-09-26

Resumo

O aumento da população que vive em cidades e a constatação, tanto por parte de pessoas como de governos, da importância de promover práticas ecologicamente sustentáveis tem alterado o paradigma da mobilidade urbana dos cidadãos, especialmente na Europa.

Nessa ótica, investigadores da Universidade do Porto idealizaram a conceção de um planeador de rotas para dispositivos móveis focado nos utilizadores de meios de transporte suaves, que aliasse às métricas tradicionais, tempo e distância, novas variáveis relacionadas com a segurança, acessibilidade, conforto e qualidade ambiental do percurso.

De forma a dar seguimento ao projeto, pretendeu-se avaliar a viabilidade do recurso ao *crowdsourcing* enquanto forma de atualizar as variáveis consideradas para o cálculo das rotas, estudar a ponderação de cada fator a atribuir ao algoritmo e elaborar um protótipo intuitivo, esteticamente atraente, com boa usabilidade e que contenha a informação considerada essencial pelos potenciais utilizadores da aplicação.

Assim, a metodologia de abordagem ao problema seguiu um caráter exploratório e envolveu quatro fases: revisão bibliográfica, levantamento das necessidades e definição dos requisitos, realizados através da aplicação de inquéritos por questionário, elaboração e subsequente avaliação do protótipo desenvolvido. A primeira fase incidiu sobre a análise de soluções já criadas ou idealizadas, percebendo-se a inexistência de uma *app* que concentre todas as funcionalidades propostas; *crowdsourcing*: definição, exemplos, modelo de negócio e riscos; e princípios e heurísticas de design, que serviram de base à produção de interfaces com boa usabilidade. Optou-se por uma metodologia focada no utilizador, envolvendo-o na listagem de necessidades e requisitos e na avaliação do protótipo criado, através de entrevistas que validaram a facilidade de utilização das interfaces criadas. Neste caso, convidou-se os participantes a simular o uso da aplicação com tarefas reais, avaliar qualitativamente o cumprimento dos princípios e heurísticas definidos na literatura e as páginas mais importantes e comentar o seu grau de aprovação da aplicação desenvolvida, validando os objetivos e funcionalidades.

Desta forma, foi possível obter resposta aos objetivos propostos. Primeiramente, através do levantamento das necessidades e listagem dos requisitos, percebeu-se a viabilidade do recurso ao *crowdsourcing* devido à grande disponibilidade demonstrada pelos inquiridos para, ativamente, prestarem atualizações sobre o estado das vias. Nesse sentido, concluiu-se que a existência de um incentivo, ainda que não necessariamente monetário, seria importante para promover a participação das pessoas. Por isso, criou-se o sistema de *rankings*, que poderá, no futuro, trazer mais benefícios a quem contribui, em caso de parceria com entidades públicas ou privadas. Além disso, compreenderam-se as características que um design deve possuir de forma a tornar uma aplicação fácil de utilizar e apelativa. A avaliação positiva feita pelos entrevistados comprovou o sucesso do protótipo. Por último, através da análise das respostas do inquérito, definiu-se qual a ponderação *standard* que o algoritmo deve atribuir a cada variável.

Em suma, a presente dissertação contribuiu para a conceção de um novo planeador de rotas multicritério para meios de transporte suaves, através da confirmação da validade do recurso ao

crowdsourcing, da realização do design do protótipo e, em no que diz respeito a algoritmia, da quantificação do peso a atribuir a cada variável.

Abstract

Design of a multicriteria route planner app for soft transport modes

The increase in the population living in cities and the realisation, by both people and governments, of the importance of promoting ecologically sustainable practices has changed the paradigm of urban mobility of citizens, especially in Europe.

For that reason, researchers from the University of Porto conceived the design of a route planner for mobile devices focused on users of soft modes, which would combine the traditional metrics, time and distance, with new variables related to safety, accessibility, comfort and environmental quality of the route.

In order to continue the project, the goal was to evaluate the feasibility of using crowdsourcing as a way to update the variables considered for calculating the routes, study the weighting of each factor to assign to the algorithm and develop an intuitive prototype, aesthetically attractive, with good usability and containing the information considered essential by potential users of the application.

Thus, the methodology of approach to the problem followed an exploratory character and involved four phases: literature review, survey of needs and definition of requirements, carried out through the application of questionnaire surveys, elaboration and subsequent evaluation of the developed prototype. The first phase focused on the analysis of solutions already created or idealized, realizing the inexistence of an app that concentrates all the proposed functionalities; crowdsourcing: definition, examples, business model and risks; and design principles and heuristics, which served as a basis for the production of interfaces with good usability. A user-centred approach was chosen, involving the user in the listing of needs and requirements and in the evaluation of the prototype created, through interviews which validated the ease of use of the interfaces created. In this case, the participants were invited to simulate the use of the application with real tasks, qualitatively evaluate compliance with the principles and heuristics defined in the literature and the most important pages, and comment on their degree of approval of the application developed, validating the objectives and functionalities.

So, it was possible to obtain answers to the proposed objectives. Firstly, through the survey of the needs and the listing of the requirements, the viability of the use of crowdsourcing was perceived due to the great willingness shown by the respondents to actively provide updates on the state of the roads. Besides, it was concluded that the existence of an incentive, although not necessarily monetary, would be important to promote people's participation. Therefore, the rankings system was created, which may, in the future, bring more benefits to those who contribute, in case of partnership with public or private entities. Furthermore, the characteristics that a design must have in order to make an application easy to use and appealing were understood. The positive evaluation made by the interviewees proved the success of the prototype. Finally, through the analysis of the survey answers, the standard weighting the algorithm should assign to each variable was defined.

In summary, this dissertation contributed to the design of a new multicriteria route planner for soft modes, through the confirmation of the validity of the use of crowdsourcing, the realization of the prototype design and, in what concerns algorithms, the quantification of the weight to attribute to each variable.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer às Professoras Marta Campos Ferreira e Teresa Galvão pelo apoio e compreensão demonstrados ao longo do desenvolvimento do projeto.

Agradeço também à minha família pela motivação e ajuda constantes.

Aos meus amigos, sempre disponíveis para auxiliar no desenho da dissertação ou descontrair nas horas de maior frustração.

À Maria João, pelo apoio incondicional, as horas de brainstorming e as férias de verão abdicadas.

Por último, aos meus irmão que, à data em que escrevo, ainda não sabem que terão de rever de fio a pavio esta dissertação.

"Creativity is intelligence having fun."

Albert Einstein

Conteúdo

1 Introdução **1**
- 1.1 O projeto *Safe Cities* . . . 1
  - 1.1.1 Enquadramento . . . 1
  - 1.1.2 Objetivos . . . 1
- 1.2 O Projeto atual . . . 2
  - 1.2.1 Motivação . . . 2
  - 1.2.2 A *app* . . . 3
  - 1.2.3 A tecnologia . . . 3
- 1.3 Objetivos do projeto . . . 3
- 1.4 Método seguido no projeto . . . 4
- 1.5 Estrutura da dissertação . . . 4

2 Revisão de literatura **7**
- 2.1 Planeadores de rotas . . . 7
- 2.2 *Crowdsourcing* . . . 8
  - 2.2.1 Quem forma a *crowd* . . . 9
  - 2.2.2 Qual o papel a desempenhar pela *crowd* . . . 9
  - 2.2.3 Quais os benefícios que a *crowd* retira da atividade . . . 9
  - 2.2.4 Quais os benefícios que o *crowdsourcer* retira da atividade . . . 10
  - 2.2.5 Quais as carcaterísticas do processo . . . 10
  - 2.2.6 O modelo de negócio em *crowdscourcing* . . . 10
  - 2.2.7 Os tipos de *crowdsourcing* . . . 11
  - 2.2.8 Os riscos de *crowdsourcing* . . . 11
  - 2.2.9 Exemplos de aplicações que recorrem a *Crowdsourcing* . . . 13
- 2.3 A conceção da app . . . 15
  - 2.3.1 A definição de aplicação móvel . . . 15
  - 2.3.2 A importância da facilidade de utilização . . . 15
  - 2.3.3 Princípios básicos de design de aplicações . . . 16
  - 2.3.4 Heurísticas para o design e avaliação da usabilidade de aplicações . . . 17

3 Descrição do Problema **19**
- 3.1 Trabalho Prévio . . . 19
  - 3.1.1 Perceber o interesse dos cidadãos na *app* . . . 20
  - 3.1.2 Como fazer o tratamento de dados georreferenciados pelo *OpenStreetMap* 21
  - 3.1.3 Os indicadores escolhidos para caracterizar diferentes pontos da rota . . . 22
- 3.2 O desafio atual . . . 23
  - 3.2.1 O recurso ao *crowdsourcing* . . . 23
  - 3.2.2 O *target* . . . 24
  - 3.2.3 O design . . . 24

4 Requisitos **27**
4.1 Inquérito . . . 27
4.1.1 Recolha de dados . . . 27
4.1.2 Análise de Resultados . . . 29
4.1.3 Conclusões para o desenvolvimento das interfaces . . . 35

5 Desenvolvimento das Interfaces **39**
5.1 Conceitos para o desenvolvimento das interfaces . . . 39
5.2 As interfaces desenhadas . . . 39
5.2.1 A página inicial . . . 39
5.2.2 Iniciar sessão e criar nova conta . . . 41
5.2.3 A página base . . . 42
5.2.4 A página do trajeto . . . 43
5.2.5 As opções do menu . . . 44

6 Avaliação da usabilidade **49**
6.1 Teste de Usabilidade . . . 49
6.1.1 As tarefas propostas . . . 50
6.1.2 A avaliação qualitativa . . . 51
6.1.3 O questionário . . . 51
6.2 Resultados . . . 51
6.2.1 As tarefas propostas . . . 51
6.2.2 Avaliação qualitativa . . . 51
6.2.3 O questionário . . . 52

7 Conclusões e trabalho futuro **55**
7.1 Conclusões . . . 55
7.2 Trabalho futuro . . . 56

Lista de Figuras

2.1 Modelo de negócio geral de uma atividade de *crowdsourcing*. 11
2.2 Menu e exemplo de navegação na *app Waze*. 13

3.1 Diferentes rotas para o mesmo par origem e destino. 22
3.2 Indicadores adotados. 22
3.3 Processo de design sugerido pelo *ISO 9241-100*. 26

4.1 Perguntas e respostas possíveis da primeira secção do inquérito. 28
4.2 Perguntas e respostas possíveis da segunda e terceira secções do inquérito. 29
4.3 Distribuições da idade, grau de escolaridade e ocupação principal dos inquiridos. 30
4.4 Distribuição do interesse demonstrado na *app*, distribuição da frequência de uso de modos suaves e frequência de utilização dos meios de transporte em deslocações normais dos inquiridos. 30
4.5 Importância atribuída pelos inquiridos a cada indicador relacionado com segurança. 31
4.6 Importância atribuída pelos inquiridos a cada dimensão. 31
4.7 Distribuição do interesse dos inquiridos em contribuir com informações sobre o estado das vias. 32
4.8 Razões que levariam os inquiridos indecisos a contribuir com informações sobre o estados das vias. 32
4.9 Razões apontadas pelos inquiridos para a falta de interesse em contribuir com informações sobre o estados das vias. 33
4.10 Interesse demonstrado em contribuir com atualizações sobre o estado das vias em inquiridos pertencentes e não pertencentes à faixa etária dos 18 aos 25 anos. . . . 34
4.11 Pesos atribuídos às dimensões em análise. 36
4.12 Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Segurança*. 36
4.13 Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Conforto*. 36
4.14 Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Acessibilidade*. 36
4.15 Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Qualidade Ambiental*. 37

5.1 Interface Inicial. 40
5.2 Interfaces de início de sessão e criação de conta. 41
5.3 Exemplo de *feedback* prestado durante a criação da conta. 42
5.4 Interface base 43
5.5 Exemplo de itinerário traçado entre o Palácio de Cristal e a Casa da Música e respetivas direções para uma deslocação de trotinete elétrica. 44
5.6 Interface de personalização de preferências, depois de premido o ícone de informações associado ao conforto. 45
5.7 Interface de registo de incidente. 47
5.8 Interfaces para registo fotográfico e da zona da incidência. 47

5.9 Interface com o nome dos utilizadores com mais incidências fidedignas reportadas no último mês. 48

6.1 Interface de personalização de preferências, depois de premido o ícone de informações associado ao conforto. 50
6.2 Botão *On/Off* usado para reportar incidentes binários. 52
6.3 Classificações atribuídas pelos oito entrevistados aos vários parâmetros em avaliação. 52

Capítulo 1

Introdução

1.1 O projeto *Safe Cities*

1.1.1 Enquadramento

O projeto *Safe Cities surge* no âmbito de um consórcio assinado entre a Universidade do Porto e a Bosch Ovar com o intuito de estudar, antecipar e planear respostas aos desafios atuais e futuros colocados às sociedades urbanas, cada vez mais dependentes da evolução tecnológica nos campos da transmissão de dados, sensorização, armazenamento e processamento inteligente remoto.

Esta parceria estratégica está incluída num ciclo de investimento na inovação em Portugal por parte da Bosch, com especial destaque para o desenvolvimento de soluções nas áreas da mobilidade, cidades inteligentes e indústria conectada. Até ao final de 2022, a empresa planeia investir 50 milhões de euros e criar 300 oportunidades de trabalho, entre colaboradores e investigadores das universidades portuguesas participantes.

Com início em 2020 e fim previsto em 2022, a parceria entre a multinacional alemã e a Universidade do Porto representa um investimento de 16 milhões de euros e a integração de 30 novos colaboradores na unidade da Bosch em Ovar e mais de 85 investigadores na Universidade do Porto. As áreas de enfoque têm sido o *Data Mining* e *Big Data*, a Sensorização Urbana Inteligente, as Comunicações Multimédia, as Aplicações de *Software* e a Ciber-Segurança e Privacidade.

1.1.2 Objetivos

O principal objetivo do projeto *Safe Cities* prende-se com a investigação e desenvolvimento de um ecossistema de produtos e serviços que, quando interligados, contribuam para a segurança das pessoas e sistemas que com elas interagem, permitindo às primeiras uma vida citadina mais eficiente e cómoda.

De facto, esta parceria tem grande interesse para a Universidade do Porto, de acordo com o reitor António de Sousa Pereira, por se tratar de uma oportunidade para aplicar de forma prática e significativa a "massa crítica no abrangente domínio das *smart cities*, incluindo competências tecnológicas associadas à Internet das Coisas" (Macedo, 2019).

No que concerne a Bosch, esta simbiose acarreta igualmente vantagens, já que a empresa capitaliza na capacidade de desenvolvimento e investigação da Unidade do Porto para adquirir novos conhecimentos e vantagens competitivas que a qualificarão a colocar no mercado, de forma sustentada, novos produtos e soluções. Além disso, a parceria "permite que a empresa se projete para o futuro de uma forma cada vez mais consistente e assente na premissa Invented in Portugal", afirma António Pereira, administrador da Bosch Ovar (Macedo, 2019).

1.2 O Projeto atual

1.2.1 Motivação

O projeto atual surge no âmbito do estudo e desenvolvimento da mobilidade urbana inteligente, enquadrados no consórcio *Safe Cities*.

De acordo com as Nações Unidas (2018), 55% da população mundial reside, atualmente, em zonas urbanas, esperando-se que a percentagem aumente para 68% em 2050. Prevê-se que este êxodo rural progressivo do século XXI seja especialmente notório na Ásia e em África. Devido à elevada taxa de natalidade, calcula-se que nestas regiões se concentre 90% do aumento populacional de 2.5 mil milhões de habitantes citadinos até ao final da primeira metade do século.

De forma a acomodar este aumento populacional, será necessário, entre outras medidas de planeamento urbano, um cuidado especial com a mobilidade de quem vive ou se desloca dentro ou para uma cidade. O tráfego automóvel urbano, principal meio de transporte utilizado nas últimas décadas nos países desenvolvidos, causa, invariavelmente, poluição atmosférica e sonora, impede a criação de espaços verdes e revela-se o principal fator de risco para um cidadão residente numa cidade, tanto diretamente, por meio da sinistralidade rodoviária, como indiretamente, através do surgimento de doenças (Toffol and Reali, 2020).

Ademais, estima-se que a emissão de poluentes a partir de automóveis particulares seja responsável por trinta mil mortes anuais no Estados Unidos da América (Jacob, 2010). Neste âmbito, cabe aos países desenvolver estruturas para que a mobilidade seja eficiente e rápida, mas também o mais sustentável possível.

A Europa, em particular, assume-se como líder na mobilidade sustentável, tendo planos para aumentar o número de carros movidos a eletricidade ou hidrogénio, desenvolver redes de comboio intra e inter-países, incentivar a produção e compra de bicicletas e trotinetes elétricas, bem como apoiar a construção de ciclovias e lugares para estacionar estes modos suaves de transporte (Heinrich-Böll-Stiftung, 2021).

De facto, a própria população urbana tem-se consciencializado acerca de temáticas como a saúde e o bem-estar pessoais. O aumento da esperança média de vida, o crescente cuidado com a alimentação e com prática de exercício físico, a necessidade de adaptar a arquitetura das cidades a cidadãos com capacidade de mobilidade reduzida e o acesso a sensores que monitorizam parâmetros corporais acabam por promover o uso de meios de transporte sustentáveis (Abrantes et al.,

2021a). Nessa ótica, a deslocação através de veículo pessoal constitui já uma pequena percentagem das deslocações urbanas em várias cidades do continente europeu. Na Áustria, por exemplo, este valor era já inferior a 13% em 2020 (Heinrich-Böll-Stiftung, 2021).

1.2.2 A *app*

Na sequência desta mudança de paradigma da mobilidade urbana, investigadores da Universidade do Porto idealizaram a conceção de uma nova aplicação para dispositivos móveis.

Os planeadores de rotas atuais são normalmente criados usando algoritmos de "caminho mais próximo", focando-se, invariavelmente, em apenas dois parâmetros: tempo e distância. Assim, pretendeu-se elaborar um planeador de rotas multicritério, atendendo ao interesse de muitos cidadãos em considerar fatores como a segurança, o conforto, a acessibilidade e a qualidade ambiental na escolha das suas deslocações.

1.2.3 A tecnologia

De forma a garantir que informações acerca das condições dos vários itinerários possíveis, como é o caso do estado do trânsito, a qualidade dos passeios ou a possível obstrução de uma rua, se mantêm atualizadas, pode recorrer-se a novas tecnologias trazidas pela introdução da *Internet of Things* (*IoT*). De facto, o uso de sensores pode, por exemplo, permitir a captação de dados relacionados com o nível de tráfego, as condições atmosféricas, o consumo energético, o percurso e hora de chegada precisos de transportes públicos, o nível de poluição atmosférica e de ruído, o nível de luminosidade, entre outros (Abrantes et al., 2021b).

O recurso a esta tecnologia apresenta claras vantagens, podendo auxiliar as cidades de forma decisiva no sentido de gerar um ambiente ordenado, calmo e rápido na deslocação dos cidadãos. No entanto, ceticismo relacionado com o uso indiscriminado da capacidade de monitorização, visualização e digitalização de informação tanto por parte de governos como de empresas privadas apresenta-se como um entrave à criação de cidades inteligentes.

Ademais, será de esperar que, no futuro, se levantem discussões profundas nas sociedades com o intuito de desenvolver soluções para questões como a desinformação deliberada (tecnologias podem sempre ser comprometidas por agentes maliciosos), a evolução dos direitos digitais ou a consolidação da identidade digital (Ramírez-Moreno et al., 2021).

1.3 Objetivos do projeto

O propósito da presente dissertação é contribuir para o desenvolvimento da aplicação descrita, com especial ênfase no estudo da possibilidade de seguir um modelo de funcionamento baseado em *crowdsourcing*. Assim, formularam-se as seguintes questões de investigação:

1. Existe, da parte dos cidadãos, receptividade para com *crowdsourcing*, enquanto forma de atualizar as variáveis que servem como base para o cálculo das rotas? Em caso afirmativo, será exigida alguma contrapartida por esse trabalho?

2. Qual a informação decisiva para os utilizadores e como deve ser implementada em interfaces, de forma a assegurar uma boa usabilidade?

3. No cálculo de uma rota, que ponderação deve ser atribuída a cada variável?

1.4 Método seguido no projeto

A abordagem ao problema teve um carácter exploratório envolvendo quatro grandes fases: consulta teórica, levantamento estatístico, elaboração e subsequente avaliação do protótipo criado.

Primeiramente, a revisão teórica incidiu sobre o conceito de *crowdsourcing*: definição, exemplos, modelo de negócio e riscos. De seguida, focou-se na conceção das interfaces de uma aplicação móvel planeadora de rotas, focando na sua definição, em alternativas idênticas à solução proposta, criadas ou idealizadas, em princípios e heurísticas a seguir durante o processo de design e na compreensão da importância da facilidade de utilização.

O levantamento estatístico foi feito através da realização de um inquérito, verificando-se a viabilidade e preferências dos potenciais consumidores no que diz respeito ao uso da aplicação enquanto pleaneador de rotas e à contribuição com informação acerca das variáveis com influência no algoritmo de cálculo. Desta forma, seguiu-se uma metodologia focada no utilizador, envolvendo-o no processo de listagem de necessidades e recolha de requisitos, bem como, numa fase posterior, na avaliação do protótipo criado.

Posteriormente, tendo por base as duas áreas de enfoque anteriores, elaborou-se um protótipo de aplicação. Apesar de algumas limitações funcionais relacionadas com a inexistência de uma ligação com uma base de dados e um processador reais, pretendeu-se conceber interfaces e interações que simulassem o uso autêntico da aplicação.

Por último, validaram-se as interfaces e funcionalidades desenvolvidas, através da realização de oito entrevistas, nas quais os participantes executaram um conjunto de tarefas proposto, avaliaram qualitativamente o cumprimento dos princípios e heurísticas revistos na literatura e responderam a um questionário final, averiguando-se o grau de aprovação do projeto desenvolvido.

1.5 Estrutura da dissertação

De forma a concretizar os objetivos propostos, a presente dissertação divide-se em vários capítulos de acordo com um encadeamento lógico.

No capítulo 2, Revisão de Literatura, é feito um levantamento teórico acerca das principais temáticas a aprofundar neste relatório: exemplos de soluções idênticas presentes já criadas ou idealizadas, a questão do *crowdsourcing* e o problema da conceção de uma aplicação intuitiva e fácil de utilizar.

Segue-se o capítulo 3, Descrição do Problema, na qual se enquadra o projeto, explicitando o trabalho prévio realizado por investigadores da Universidade do Porto e caracterizando o desafio proposto.

O capítulo 4 trata os Requisitos do Sistema, concluindo-se, através da realização de um inquérito, que características e funcionalidades devem as interfaces possuir.

No capítulo 5, encontram-se as interfaces concebidas, explicitando-se igualmente as interações criadas, que permitem o funcionamento integral da aplicação.

O capítulo 6 contém avaliações e considerações sobre o protótipo criado, feitas por oito entrevistados.

Finalmente, o capítulo 7 sumariza as conclusões retiradas da execução deste projeto, projetando ainda os próximos passos para a finalização da aplicação.

Capítulo 2

Revisão de literatura

2.1 Planeadores de rotas

Além dos planeadores de rotas mais populares, como o *Google Maps*, o *Maps* e o *Waze*, existem várias soluções, criadas por diversos autores e desenvolvedores, que introduzem características e funcionalidades muito variadas. Assim, importa analisar estes softwares para, simultaneamente, se obter uma visão global da tarefa proposta e se perceber se existe espaço no mercado para a app conceptualizada.

Desde logo, salienta-se o trabalho elaborado por Mokhtari et al. (2009), que desenvolveram uma estrutura algorítmica baseada na teoria *Fuzzy Set* para modelar as preferências complexas dos utilizadores e usá-las para escolher uma de várias rotas possíveis. Nesse sentido, Zheng et al. (2013) criaram o *GPSView*, um *software*, feito para automobilistas, que alia a condução ao lazer, traçando rotas que passam por paisagens e pontos turísticos. Para a cidade de Dublin, Gavin et al. (2011) conceptualizaram um sistema similar, no qual um ciclista pode definir o âmbito da sua deslocação (trabalho, desporto, recreativo, etc.) e a característica principal pretendida, entre rapidez, segurança, reduzido ganho de elevação, pouco ruído, beleza e fitness. Ademais, Su et al. (2010) desenvolveram um planeador de rotas *web-based* exclusivo para ciclistas da zona metropolitana de Vancouver, dando a hipótese aos utilizadores de definirem e adaptarem os seus percursos de acordo com as suas preferências em termos de segurança, distância, ganho de elevação, qualidade do ar, e áreas com árvores e outra vegetação. Em Amesterdão, van der Molen et al. (2017) criaram um planeador de rotas para ciclistas e pedestres baseado em condições meteorológicas e de qualidade do ar.

Adicionalmente, torna-se importante analisar a obra de Opach et al. (2020), que criaram um planeador de rotas que inclui informação prestada por sensores e utilizadores do software, ainda que apenas aplicado à deslocação de pedestres em situações de catástrofe, como a ocorrência de inundações.

Por último, Guidotti and Cintia (2015) utilizaram métodos analíticos e *data mining* para estudar os desvios de percurso feitos por utilizadores pedestres de um *software* de planeamento de rotas, criando, posteriormente, um modelo que incorpora as tendências observadas.

Desta forma, percebe-se que existem já variadas soluções idênticas e com finalidades próximas das que se pretendem desenvolver neste projeto. Ainda assim, nenhuma oferece, integralmente, a capacidade de juntar duas funcionalidades cruciais: a possibilidade de se optar por rotas calculadas para vários modos suaves de transporte e a incorporação de critérios não tradicionais como a segurança, conforto, acessibilidade e qualidade do ar. Esta poderá ser, portanto, uma lacuna na literatura e no mercado que merece ser explorada.

2.2 *Crowdsourcing*

O *crowdsourcing* pode ser definido como uma atividade on-line em que um indivíduo ou instituição propõe a um outro grupo de indivíduos, de número e grau de conhecimento variáveis, a realização de uma tarefa com diferentes níveis de complexidade, atenção e esforço requeridos (Estellés-Arolas and González-Ladrón-de Guevara, 2012).

Assim sendo, o *crowdsourcing* estabelece uma relação de benefício mútuo entre a entidade recetora da informação, o *crowdsourcer*, e a entidade emissora da informação, a *crowd*. O *crowdsourcer* obtém acesso à informação, talento e conhecimento da *crowd*, enquanto a última, através da aplicação do seu tempo, dinheiro e/ou trabalho, obtém valor, através de incentivos económicos ou benefícios intangíveis, como reconhecimento social ou melhoria da autoestima e de *skills* pessoais.

Desta forma, o *crowdsourcing* pressupõe a existência de uma estrutura que suporte as tarefas da *crowd*, conduzindo-a à realização correta das atividades propostas e permitindo, simultaneamente, que os clientes indiquem quais os problemas concretos que devem ser resolvidos. A plataforma deve, assim, ser de fácil manuseamento, encorajar a participação (*crowds* de grande número e, muitas vezes, com alguma heterogeneidade são necessárias) e ser apelativa (Adepetu et al., 2012).

Fundamentalmente, de forma a realizar uma atividade de *crowdsourcing* bem estruturada e que acrescente valor à *crowd*, ao *crowdsourcer* e aos utilizadores da plataforma, revela-se fundamental a correta identificação de oito características principais do processo definidas por Estellés-Arolas and González-Ladrón-de Guevara (2012), aqui adaptadas para cinco.

Sobre a *crowd*:

- Quem forma a *crowd*;
- Qual o papel a desempenhar pela *crowd*;
- Quais os benefícios que a *crowd* retira da atividade.

Sobre o *crowdsourcer*:

- Quais os benefícios que o *crowdsourcer* retira da atividade.

Sobre o processo:

- Quais as características do processo.

2.2.1 Quem forma a *crowd*

De acordo com a literatura, é possível diferenciar os membros da *crowd* em número e tipologia.

No que diz respeito ao número, a maior parte dos autores faz referência a uma quantidade de pessoas grande, mas indeterminada (Brito, 2007; Zhang and Van der Schaar, 2012), existindo ainda quem considere que este número não deve ser demasiado abundante (Adepetu et al., 2012). Assim, o número ótimo de participantes pode variar entre alguns milhares e várias centenas de milhar, de acordo com as particularidades do projeto (Estellés-Arolas and González-Ladrón-de Guevara, 2012).

Quanto à tipologia, a caracterização apresenta maior variabilidade de acordo com o autor considerado. Muitos consideram importante que os membros da *crowd* detenham *skills* específicas à atividade de *crowdsourcing* (Fraternali et al., 2012; Yi et al., 2012), havendo quem declare ser fundamental que a *crowd* colabore entre si (Lofi et al., 2012), tenha alguma motivação pessoal, geralmente de caráter monetário, para participar (Porta et al., 2008) ou, em sentido contrário, constitua uma força de trabalho voluntária (Pujara et al., 2011).

Além disso, há quem identifique os membros da *crowd* como principalmente amadores que disponibilizam o seu tempo livre (maioritariamente estudantes e recém-graduados), ainda que não seja descartado o recurso a profissionais (Schenk et al., 2009) ou trabalhadores virtuais (Heer and Bostock, 2010).

Assim, apesar de não existir consenso na literatura, é razoável concluir-se que o número de participantes da *crowd* deve ser grande e adaptado às particularidades do projeto, ainda que evitar o excesso de pessoas seja fundamental para, por exemplo, prevenir redundâncias e uma possível sobrelotação da plataforma. Esta divergência de opiniões apresenta ainda maior dimensão na questão da tipologia, sendo, neste caso, fundamental adaptar a *crowd* a cada caso específico de atividade de *crowdsourcing*.

2.2.2 Qual o papel a desempenhar pela *crowd*

Neste âmbito, existem dois grandes grupos de autores: os que consideram que a *crowd* deve apenas realizar tarefas simples e objetivas (Heer and Bostock, 2010) e os que acreditam que a resolução de problemas é a grande atividade genérica a desempenhar, devendo a *crowd*, por isso, possuir espírito crítico desenvolvido (Brabham, 2008).

2.2.3 Quais os benefícios que a *crowd* retira da atividade

Estudos indicam que as motivações para que um indivíduo faça parte de uma *crowd* numa atividade de *crowdsourcing* estão de acordo com as necessidades descritas na pirâmide de Maslow (Brabham, 2008). Assim sendo, têm relevância as recompensas financeiras, o reconhecimento social ou de uma comunidade pelo trabalho prestado e o desenvolvimento da autoestima e de *skills* pessoais, por exemplo, em questões como a criatividade e a partilha de conhecimento.

2.2.4 Quais os benefícios que o *crowdsourcer* retira da atividade

O *crowdsourcer*, seja um indivíduo ou uma empresa, tira proveito da experiência e *skills* (Oliveira et al., 2010), talento e conhecimento (Howe, 2008) da *crowd*, com o objetivo de obter uma solução para a tarefa proposta. Além disso, recorrendo ao *crowdsourcing*, uma entidade pode muitas vezes, obter poupanças de tempo e dinheiro na resolução de um problema (Saunders et al., 2013).

2.2.5 Quais as carcaterísticas do processo

O *crowdsourcing* é um processo on-line que é distribuído pela própria natureza da Internet, envolve sempre a participação de uma *crowd* e que, ultimamente, permite a realização de uma tarefa para a resolução de um problema (Estellés-Arolas and González-Ladrón-de Guevara, 2012).

Além disso, no que diz respeito ao recrutamento de indivíduos para a formação da *crowd*, pode optar-se por um regime totalmente aberto, em que qualquer interessado é livre de participar, ou aplicar-se limites e restrições aos candidatos, por exemplo, em termos de grau de conhecimento e experiência (Whitla, 2009).

2.2.6 O modelo de negócio em *crowdscourcing*

O modelo de negócio foi descrito por Timmers (1998) como sendo a "arquitetura do produto, serviço e fluxos de informação" que inclui, entre outros, a descrição dos vários intervenientes e vantagens por estes retiradas da atividade económica, bem como a definição das fontes de rendimento. Desta forma, um modelo de negócio deve, segundo Osterwalder and Pigneur (2010), descrever a forma como uma organização "cria, proporciona e adquire valor". Estes mesmos autores foram os criadores do *Business Model Canvas*, um diagrama que permite ter uma visão estratégica do negócio em apenas um diapositivo.

A figura 2.1 retrata o *Business Model Canvas* geral de um projeto de *crowdsourcing*.

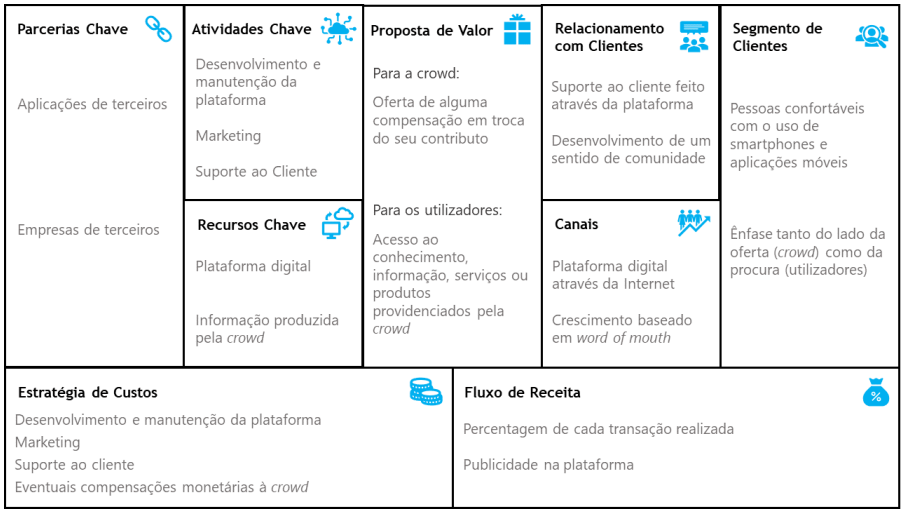


Figura 2.1: Modelo de negócio geral de uma atividade de *crowdsourcing*.
Fonte: Pereira (2022).

Desta forma, cabe ao *crowdsourcer* adaptar as várias opções do modelo de negócios à realidade da tarefa a resolver, escolhendo, entre outros, a compensação (se é que alguma) a atribuir à *crowd* e o *layout* e funcionalidades da plataforma. O presente trabalho tem como enfoque, precisamente, a escolha destas características no caso da aplicação móvel que se pretende desenvolver, recorrendo, para tal, a inquéritos e entrevistas com potenciais utilizadores da aplicação.

2.2.7 Os tipos de *crowdsourcing*

A atividade de *crowdsourcing* pode ser realizada de forma ativa ou passiva. Na forma ativa, a *crowd* trabalha explicitamente em conjunto para avaliar, partilhar e construir tarefas específicas, enquanto na forma passiva os problemas são resolvidos através de um efeito secundário provocado por uma ação da *crowd* (Estellés-Arolas and González-Ladrón-de Guevara, 2012).

2.2.8 Os riscos de *crowdsourcing*

De acordo com a literatura, o risco de uma atividade de *crowdsourcing* pode ser definido como a incerteza que ameaça um desfecho bem-sucedido da tarefa. Assim, caso se materializem, os riscos de *crowdsourcing* podem conduzir a resultados potencialmente insatisfatórios (Li and Liao, 2007).

Desta forma, ainda que o recurso ao *crowdsourcing* apresente claras vantagens para o *crowdsourcer*, sendo evidentes, neste contexto, os reduzidos custos operacionais, existem riscos intrínsecos à atividade que têm de ser considerados aquando da decisão de se optar ou não por esta ferramenta. Nessa ótica, com base num estudo feito a 500 empresas dinamarquesas, encontrou-se uma relação positiva entre a existência de uma política de gestão de risco e a performance sob presença de risco (Sax and Torp, 2015).

Assim sendo, podem identificar-se cinco dimensões principais de risco, relacionados com o *crowdsourcer*, a *crowd*, a relação entre ambos, a complexidade da tarefa e os requisitos da tarefa (Liu et al., 2016).

Riscos relacionados com o *crowdsourcer*:

- Falta de compromisso com o sucesso da tarefa;
- Escassa cooperação entre *crowdsourcers*;
- Escassa participação.

Riscos relacionados com a *crowd*:

- Pouca familiarização com a tarefa;
- Falta de especialização ou *skill* requeridos pela tarefa;
- Inexperiência;
- Falta de treino para a realização da tarefa.

Riscos relacionados relação entre *crowd* e *crowdsourcer*:

- Surgimento de conflito;
- Falta de confiança mútua;
- Comunicação inefetiva.

Riscos relacionados com a complexidade da tarefa:

- Exigência de elevado nível de conhecimento técnico/científico;
- Envolvimento de novas tecnologias pouco testadas ou desconhecidas.

Riscos relacionados com os requisitos da tarefa:

- Definição incorreta dos requisitos;
- Critérios de sucesso pouco ou mal definidos;
- Requisitos ambíguos ou contraditórios.

Em jeito de conclusão, salienta-se que as tarefas realizadas através de *crowdsourcing*, quando comparadas com projetos tradicionais, apresentam características únicas. Desde logo, as tarefas são realizadas por indivíduos não relacionados, ao invés de membros de uma equipa (Huang et al., 2014). Além disso, existe competição protagonizada pelos membros da *crowd* para a realização de uma atividade, em direta oposição ao ambiente de cooperação de um projeto tradicional (Conley and Tosti-Kharas, 2014). Por último, os requisitos para a realização das tarefas são, muitas

vezes, altos e difíceis de transferir entre *crowdsourcers* e *crowd* devido ao elevado número de participantes no projeto (Afuah and Tucci, 2012).

Por estas razões, considera-se que uma correta identificação e gestão dos riscos comuns a todos os processos de *crowdsourcing*, bem como os riscos específicos de cada um, é fundamental para a obtenção, com maior probabilidade, de resultados satisfatórios.

2.2.9 Exemplos de aplicações que recorrem a *Crowdsourcing*

2.2.9.1 *Waze*

O *Waze* é, muito provavelmente, o exemplo de aplicação de crowdsourcing mais notório nos países ocidentais. Originária de Israel, a *app* usa tecnologia que recolhe informação dos padrões de condução, estado do trânsito e ocorrência de acidentes ou de operações *Stop* por parte da polícia para analisar e informar os automobilistas acerca da melhor rota disponível (Parr, 2009).

De forma a recolher e manter atualizados os dados que usa para calcular o trajeto mais eficiente, o *Waze* serve-se do *crowdsourcing* através de, maioritariamente, um fornecimento de informação contínuo e passivo por parte dos utilizadores da aplicação. A *app* consegue medir a velocidade média dos utilizadores num determinado troço da via, melhorar constantemente o *layout* da via e até corrigir de forma constante possíveis erros, cruzando informação e recorrendo a algoritmos para perceber se a informação é ou não fidedigna. Além disso, o utilizador pode ainda assumir um papel ativo, reportando à aplicação dados sobre o estado do trânsito, condições meteorológicas, ocorrência de acidentes, presença de polícia, preço do combustível num determinado posto, etc. (Harburn, 2016), como se verifica pela figura 2.2.



Figura 2.2: Menu e exemplo de navegação na *app Waze*.
Fonte: Pereira (2022).

Ainda assim, apesar das notórias vantagens para o utilizador, a aplicação gera alguma controvérsia. De facto, surgiram já notícias de polícias em Miami que propositadamente inundaram a

aplicação com alertas de presença policial falsos, numa tentativa de manter a eficácia das operações de controlo de velocidade ou ingestão de álcool (Smith, 2015).

Em sentido idêntico, de acordo com o *The Washgington Post*, os residentes de uma rua residencial anteriormente tranquila em Takoma Park, Maryland, têm vindo a protestar após o aumento do tráfego em várias centenas de carros por hora. Neste caso, o *Waze* aconselhava frequentemente aquele trajeto devido à presença de construção nas vias alternativas, tradicionalmente usadas pelos automobilistas. Desta forma, numa tentativa de atenuar o aumento do tráfego na sua zona residencial, os moradores iniciaram uma série de *reports* de engarrafamentos e acidentes na zona ainda que, aparentemente, não tenham conseguido enganar com sucesso o algoritmo da aplicação (Vaas, 2016).

Assim sendo, apesar de se poder discutir a ética de uma aplicação que permite, entre outros malefícios, escapar ao controlo potencial, percebe-se que, com um algoritmo capaz e participação suficiente da *crowd*, é possível desenvolver-se uma aplicação robusta e resistente a tentativas de sabotagem.

2.2.9.2 *Lays*

A *PepsiCo*, uma multinacional americana do ramo da alimentação e detentora da marca de batatas fritas *Lays*, lançou em 2012 uma campanha de *crowdsourcing* denominada *Do Us A Flavour*, na qual os participantes tinham a oportunidade de submeter propostas de novos sabores de batatas fritas, sendo estas posteriormente avaliadas por um júri especializado e pelo público em geral.

Esta campanha revelou-se um sucesso tanto para a marca como para os consumidores: três novos sabores foram introduzidos no mercado de um total de 3,8 milhões de propostas (a *PepsiCo* estimava obter 1.2 milhões) e, inclusivamente, o criador do sabor vencedor foi premiado com 1 milhão de dólares (Brittany, 2018). Além disso, a empresa recebeu informação crucial acerca das preferências dos consumidores a um custo muito baixo, gerou *brand awareness* positiva, encurtou o tempo de lançamento de um novo produto, tradicionalmente entre os quinze e os vinte meses, para apenas dez, e obteve poupanças com pessoal. De facto, graças ao *outsourcing* da produção de novos produtos ao público, a dimensão da equipa de pesquisa e desenvolvimento poderia ser reduzida.

No entanto, em sentido contrário, registaram-se também problemas com a campanha da *Lays*. Na realidade, muitos dos sabores premiados em vários países foram, entretanto, descontinuados, devido a níveis reduzidos de vendas, indiciando que estas escolhas dos consumidores podem refletir modas temporárias ao invés de interesses duradouros. Assim sendo, este tipo de campanha pode revelar-se bastante custosa para a empresa tendo em conta as despesas com possível inventário não escoado (Brittany, 2018).

Desta forma, pode concluir-se que o recurso ao *crowdsourcing* é útil e valioso nos mais variados projetos económicos e sociais, mas que, ainda assim, deve ter-se especial cuidado na extrapolação de resultados, particularmente no que concerne às preferências dos consumidores.

2.3 A conceção da app

2.3.1 A definição de aplicação móvel

Ao longo dos anos, as aplicações móveis protagonizaram uma tremenda expansão ao ponto de quase todos, desde adultos a crianças, terem aplicações nos seus dispositivos inteligentes como smartphones e tablets. Estas podem ser divididas em aplicações nativas, aplicações web, e aplicações híbridas (Budiu, 2016).

Os programas nativos podem ser descarregados e configurados através de uma loja de aplicações, como o *Google Play*, para o sistema operativo *Android*, ou a *App Store*, da *Apple*, para o sistema operativo *iOS*. Estas aplicações, que são frequentemente criadas especialmente para uma única plataforma, têm acesso completo a todas as características do dispositivo, incluindo a câmara, GPS, acelerómetro, listas de contactos, notificações, e outras. De forma geral, as aplicações nativas oferecem um desempenho rápido e um elevado nível de fiabilidade (Ali, 2013), podendo funcionar tanto on-line como off-line.

Por outro lado, as aplicações web são frequentemente criadas em *HTML5* e funcionam através de um *browser*, em vez de serem construídas como aplicações nativas. Uma aplicação web móvel, na opinião de Ali (2013), aproveita ferramentas como *JavaScript* ou *HTML5* para permitir interação, navegação ou personalização. De acordo com Budiu (2016), a linha que separa as aplicações nativas das aplicações web desapareceu devido às semelhanças funcionais entre as duas. Além disso, as aplicações web podem igualmente utilizar as funcionalidades do dispositivo.

Por último, as aplicações híbridas apresentam-se como uma fusão de aplicações web e nativas. Apesar de serem instaladas, dependem do motor de navegação do dispositivo para renderizar localmente *HTML* e manipular *JavaScript*. Finalmente, ao permitirem o desenvolvimento multiplataforma, as aplicações híbridas apresentam, na adaptação a mais do que um sistema operativo, um custo relativo reduzido.

2.3.2 A importância da facilidade de utilização

De acordo com Nielsen (2012), a usabilidade avalia a facilidade de utilização das interfaces. Por outro lado, Stone et al. (2005) afirma que a usabilidade se relaciona diretamente com o grau de sucesso com que os utilizadores são capazes de trabalhar eficaz, eficiente e satisfatoriamente nos seus contextos particulares. Desta forma, Nielsen (2012) defende que a facilidade de utilização é definida por cinco componentes, nomeadamente:

- **Capacidade de aprendizagem**: quão fácil é para os utilizadores realizar tarefas básicas?
- **Eficácia**: depois de estarem familiarizados com o design, quão rapidamente podem os utilizadores executar tarefas?
- **Memorabilidade**: com que facilidade podem os utilizadores restabelecer a proficiência após um período de tempo sem contacto com o programa?

- **Erros**: quantos erros ocorrem no decorrer do uso da aplicação, qual a sua gravidade e quão difícil é recuperar de um erro cometido?
- **Satisfação**: quão agradável é visualizar e manusear as interfaces?

2.3.3 Princípios básicos de design de aplicações

Norman Donald (2013) conceptualizou seis princípios básicos no que diz respeito à interface do utilizador.

2.3.3.1 Consistência

As várias interfaces de uma aplicação devem utilizar elementos semelhantes e permitir operações idênticas (Preece et al., 1994). Aliás, inconsistências nas páginas podem gerar confusão e dificuldades de utilização. Idealmente, deve ser exigido a um novo utlizador aprender o menor número de particularidades de utilização possível, evitando-se, para isso, exceções às regras (Matz, 2012).

2.3.3.2 Visibilidade

Os utilizadores são capazes de aprender e interagir com uma aplicação se as funções e opções disponíveis estiverem bem visíveis (Preece et al., 1994).

2.3.3.3 *Affordance*

A *affordance* refere-se a um atributo de um objeto que permite que as pessoas saibam intuitivamente como o utilizar (Preece et al., 1994). Por exemplo, pode-se tirar partido do contraste das cores para fazer com que um objeto pareça ter três dimensões, o que, inconscientemente, se associa a algo que é clicável (Matz, 2012).

2.3.3.4 Mapeamento

A relação entre os controlos e os seus efeitos deve ser realizada tão clara e explicitamente quanto possível (Preece et al., 1994). Para isso, pode recorrer-se, por exemplo, ao uso de ícones e etiquetas descritivas. Ademais, a própria posição dos objetos deve garantir a coesão da *app* com as convenções generalizadas.

2.3.3.5 *Feedback*

Uma aplicação deve, frequentemente, enviar informação que comprove o resultado da ação protagonizada pelo utilizador (Preece et al., 1994). Este *feedback* recebido depois da finalização de uma tarefa "dá aos utilizadores a satisfação de dever cumprido, uma sensação de alívio, um sinal para esquecer os planos de contingência pensados e um indicador para preparar a ação seguinte"(Shneiderman and Plaisant, 2010). Por exemplo, podem usar-se animações que mostrem

que um botão foi premido ou enviadas mensagens aquando da gravação do progresso efetuado. Por último, o *feedback* deve ser pouco vincado e visível no que toca a ações frequentes e pouco importantes e substancial naquelas que acarretem relevo considerável (Shneiderman and Plaisant, 2010)).

2.3.3.6 Restrições

Os inputs providenciados pelo utilizador devem ser restringidos de forma a evitar dados ou ações inválidos (Preece et al., 1994).

2.3.4 Heurísticas para o design e avaliação da usabilidade de aplicações

Nielsen (2012) identificou dez heurísticas para o design de interfaces. Apesar de idealizadas para *software* de computador nos anos 90, estas regras podem ser aplicadas à conceção de interfaces de aplicações móveis.

Algumas das heurísticas de Nielsen (2012) aproximam-se fortemente de princípios apresentados por Norman. Por exemplo, o autor afirma que "os utilizadores não devem ter de adivinhar se as palavras, situações, ou acções significam a mesma coisa", fazendo alusão ao princípio da consistência. Desta forma, apresentam-se apenas as heurísticas que complementam os princípios básicos previamente mencionados.

2.3.4.1 Design minimalista

Informação irrelevante ou raramente útil deve ser excluída, uma vez que "cada unidade extra de informação compete com as unidades de informação relevante, reduzindo a visibilidade relativa da última". Assim, a presença de informação pouco importante torna, para o utilizador, mais difícil a assimilação do conteúdo útil. Além disso, devido à limitação da memória de curto prazo humana, não deve ser exigida, para a correta utilização de uma interface, informação de outra previamente exibida (Shneiderman and Plaisant, 2010).

2.3.4.2 Flexibilidade

O sistema deve adaptar-se às ações frequentes dos utilizadores, atendendo às necessidades distintas de novatos e peritos. Assim, devem considerar-se funcionalidades como explicações adicionais ou atalhos para os utilizadores inexperientes e procurar-se um desempenho mais rápido e fluido para os mais experientes (Shneiderman and Plaisant, 2010).

2.3.4.3 Recuperação de erros

As mensagens e diagnósticos de erros ou falhas devem "ser expressas de forma simples e com linguagem compreensível", facilitando-se a descoberta de uma solução. Além disso, as ações dos utilizadores devem poder ser revertidas de forma frequente e simples, possibilitando um uso

confortável e que encoraje a exploração de opções pouco familiares e usadas (Shneiderman and Plaisant, 2010).

Capítulo 3

Descrição do Problema

No âmbito do projeto *Safe Cities*, uma parceria assinada entre a Universidade do Porto e a Bosch, os investigadores associados ao projeto estão a desenvolver um planeador de rotas, integrado numa aplicação móvel, que acrescente as dimensões de segurança, qualidade ambiental, acessibilidade e conforto às tradicionais tempo e distância.

A presente dissertação surge, assim, de forma a dar seguimento ao trabalho realizado, procurando-se perceber qual a informação decisiva para os utilizadores e como a implementar na prática através de interfaces apelativas e claras. Ademais, pretende-se contribuir nos campos da algoritmia e das funcionalidades a desenvolver, especialmente na conceção de um sistema baseado no recurso ao *crowdsourcing* como forma de atualizar os estados das variáveis que servem como base para o cálculo das rotas.

3.1 Trabalho Prévio

De forma a avaliar os moldes e a viabilidade da aplicação com a finalidade descrita, os investigadores do projeto examinaram os hábitos de transporte das populações urbanas, usando a área metropolitana do Porto como amostra.

Analisando este trabalho prévio, foi possível chegar a resultados em três tópicos importantes no que concerne o desenvolvimento da aplicação:

1. Perceber o interesse dos cidadãos numa *app* que calcule a rota ótima entre dois pontos, tendo em conta outros critérios que não apenas tempo e distância;

2. Como fazer o tratamento de dados georreferenciados pelo software *OpenStreetMap* para planeamento de rotas, aplicar algoritmos de roteamento entre dois pontos e visualizar as rotas geradas;

3. Escolher os indicadores para caracterizar diferentes pontos de uma rota.

3.1.1 Perceber o interesse dos cidadãos na *app*

De forma a indagar o potencial interesse dos consumidores na aplicação conceptualizada, realizaram-se três iniciativas distintas: uma análise comparativa às ofertas já presentes no mercado, um inquérito on-line e sessões de discussão de ideias em grupo.

3.1.1.1 Análise comparativa das aplicações

Uma vez que não existe nenhum competidor que englobe todas as propriedades que se pretende desenvolver na aplicação, optou-se por analisar um grupo amplo de *softwares* que detivessem alguma característica idêntica à aplicação que se pretende conceber. Assim, tendo em vista a integralidade do sistema, examinou-se a forma como cada funcionalidade a desenvolver foi implementada noutras aplicações.

Nesse sentido, estudaram-se *apps* que planeiam rotas, como o *Google Maps*, o *Komoot*, o *Citymapper* e o *Waze*, medem a qualidade do ar (*Plume* e *Breezometer*), monitorizam o som (Hush City), medem a acessibilidade (*Acessible Places Map* e *Wheelguide*) e medem a segurança (*Safe and the City* e *BSafe*).

Desta análise, percebeu-se que o *Google Maps* se apresenta como a solução mais robusta por ser capaz de calcular com grande precisão a duração de um percurso feito com recurso a vários meios de transporte, inclusivamente transportes públicos e bicicleta. O *Waze*, de encontro ao que foi concluído na secção 2.2.9, utiliza o *crowdsourcing* para incorporar a possibilidade de relatar eventos em tempo real. O *Komoot* e o *Citymapper* focam-se no transporte com recurso a bicicleta e na integração com o sistema público de transporte, respetivamente.

Por outro lado, verificou-se que, para as restantes características pretendidas, o recurso ao *crowdsourcing* é prevalente. Por exemplo, a *Hush City* recorre a gravações de som, fotos e reviews por parte dos utilizadores para atualizar o seu mapa de ruído. Além disso, ambas as aplicações relacionadas com a acessibilidade são igualmente dependentes de pessoas que preencham curtos inquéritos dentro da *app*. Também a *Safe and City* tem algumas ferramentas de *crowdsourcing*, podendo os utilizadores partilhar as rotas e locais seguros que conhecem e reportar incidentes. Por último, as aplicações que medem a qualidade do ar são capazes de mostrar o estado de concentração de diferentes poluentes nas várias regiões, sendo que a *Plume* apresenta, inclusivamente, históricos e previsões para os três dias seguintes.

Finalmente, através desta análise, os investigadores puderam retirar várias ideias, como é o caso da provável necessidade de desenvolver um sistema pelo menos parcialmente baseado em *crowdsourcing*. Além disso, concluíram que a maior parte das aplicações se foca em apenas uma funcionalidade ou um meio de transporte, não existindo nenhuma solução que agregue todas as características que se pretendem desenvolver.

3.1.1.2 Inquérito on-line

O inquérito realizado de forma virtual contou com 242 respostas validadas, correspondendo 57.1% ao sexo feminino e 46.9% ao sexo masculino. A idade de 27% dos inquiridos estava

compreendida entre 40 e 49 anos e 26.6% tinha entre 30 e 39 anos, sendo estas as duas faixas etárias mais prevalentes. Quanto ao grau académico, a maior parte dos participantes (83.5%) detinham licenciatura ou superior e, no que diz respeito à capacidade de locomoção, apenas 6.4% afirmaram ter a sua mobilidade limitada, no caso, devido ao uso de carrinho de bebé.

Analisando os resultados, verificou-se que apenas 17.6% elegem a caminhada como meio de transporte preferencial. Nessa ótica, pavimentos danificados (23.4%), veículos parados em passeios (20.8%) e grande inclinação das ruas (17.2%) são apontados como os principais obstáculos à mobilidade. Além disso, quase metade (48.8%) afirma não sentir segurança nas suas deslocações, com 52.8% opinando que existe excesso de tráfego automóvel e 70.1% considerando que o tráfego de peões é excessivo.

3.1.1.3 Sessões de discussão em grupo

Foram realizadas três sessões, cada uma com oito participantes, nas quais se discutiram hábitos de mobilidade, fatores que afetam a capacidade de deslocação das pessoas (que, posteriormente, serviram de base para a construção dos indicadores usados para caracterizar as diferentes rotas) e características que os presentes julgaram interessantes no desenvolvimento da aplicação.

Nesse sentido, os intervenientes consideraram que informação acerca da qualidade do ar e níveis de ruído pode ser de particular interesse para as novas gerações, mais conscientes no que toca a questões ambientais, e pessoas com problemas respiratórios. Ademais, informações acerca de áreas com alta densidade populacional para, por exemplo, poderem ser evitadas durante o dia e privilegiadas durante a noite, áreas consideradas perigosas ou com alto nível de criminalidade e áreas de elevado interesse turístico, cultural e de fácil acesso a pessoas com mobilidade reduzida foram também valorizadas pelos participantes.

3.1.2 Como fazer o tratamento de dados georreferenciados pelo *OpenStreetMap*

O *OpenSreetMap* é um repositório e aplicação *open-source* que contém dados georreferenciados de todo o mundo. Apesar de ser um mapa desenhado por voluntários, o *software* mantém um grau elevado de precisão e detalhe, o que, aliado ao facto de possuir licença de utilização aberta, fez com que fosse escolhido para molde do projeto.

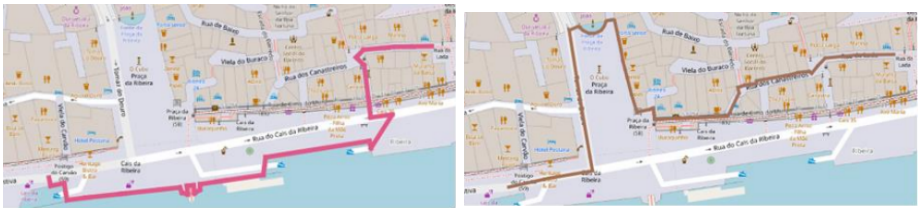
Nesse sentido, acrescentaram-se aos dados do *OpenStreetMap* novos indicadores caracterizando segmentos das ruas, tendo por base as dimensões de segurança, conforto, acessibilidade, qualidade do ar, tempo e distância.

Seguidamente, recorrendo à aplicação *osm2pgrouting*, importou-se os dados para um gestor de dados, escolhendo-se, para tal, o *PostgresSQL*. Usando o *pgRouting*, uma extensão que acrescenta funcionalidades de encaminhamento e análise de rede às bases de dados *PostGIS*/*PostgreSQL*, executou-se um algoritmo de roteamento, o *A-star*.

Por fim, utilizou-se a aplicação *QGis*, uma plataforma *open-source* de apoio à visualização, edição e análise de dados do sistema de informação geográfica (*SIG*), para se visualizar as rotas

geradas. O *QuickMapService* foi também usado para adicionar uma camada com o mapa do mundo e de regiões específicas (Abrantes et al., 2022).

A figura 3.1 exemplifica os resultados obtidos com diferentes pesos atribuídos à variável *distância*.



(a) Peso de 50% atribuído à distância. (b) Peso de 0% atribuído à distância.

Figura 3.1: Diferentes rotas para o mesmo par origem e destino.
Fonte: Abrantes et al. (2021a).

3.1.3 Os indicadores escolhidos para caracterizar diferentes pontos da rota

Através do recurso a entrevistas, grupos de discussão e revisão da literatura prévia, chegou-se a uma lista de indicadores, agrupados em cinco categorias diferentes. A tabela seguinte sumariza os indicadores adotados, com as respetivas descrições, unidades, intervalos de valores possíveis e dimensões.

Indicador	Unidade	Intervalo	Dimensão
Nível de iluminação da rua	Luz (lx)	0 - 50	Segurança
Volume de Tráfego Anual	Média Anual do Tráfego Diário	0 - 10^6	Segurança
Nível de Acidentes	Nº de mortes/100,000habitantes/ano	0 - 100	Segurança
Nível de Vigilância	Escala Qualitativa	1 - 5	Segurança
Aparência Visual da Rua	Escala Qualitativa	1 - 5	Segurança
Velocidade Máxima da Rua	Km/h	0 - 120	Segurança
Nível de Criminalidade	Escala Qualitativa	1 - 5	Segurança
Sinais para Utilizadores de Meios Suaves	Binário	0 ou 1	Segurança
Áreas Verdes	Proporção de espaços verdes/m^2	0 - 100	Conforto
Densidade Populacional	Nº pessoas/m^2	0 - 10	Conforto
Nível de Ruído	dB (Decibeis)	0 - 140	Conforto
Sensação Térmica	Escala de 11 pontos	- 5 - + 5	Conforto
Qualidade do Ar	Índice de Qualidade do Ar Comum (CAQI)	1 - 5	Qualidade do Ar
Alergéneos (Pólens)	Esporos/m^3/24h	0 - 300	Qualidade do Ar
Inclinação da Rua	Declive (%)	0 - 100	Acessibilidade
Rampas e Elevadores	Binário	0 ou 1	Acessibilidade
Obstáculos	Binário	0 ou 1	Acessibilidade
Condição do Passeio	Escala Qualitativa	1 - 5	Acessibilidade
Largura do Passeio	Metros (m)	0 - 10	Acessibilidade
Distância	Metros (m)		
Tempo	Minutos (min)		

Figura 3.2: Indicadores adotados.
Fonte: Abrantes et al. (2021a).

3.2 O desafio atual

3.2.1 O recurso ao *crowdsourcing*

De forma a implementar a aplicação projetada, será necessário aceder a informação atualizada acerca dos vários fatores com influência na escolha das rotas ótimas por parte do algoritmo. Para obter este constante fluxo de informação, a opção mais fiável é a implementação de uma rede de sensores ligados a um processador central. No entanto, algumas cidades podem optar por não incorporar estas tecnologias da *IoT* devido a questões relacionadas com a privacidade dos cidadãos ou com o próprio custo monetário do *software*, instrumentação e supervisão.

Nessa ótica, o recurso ao *crowdsourcing* pode representar uma alternativa por ser mais barato e menos intrusivo, já que depende apenas da informação prestada pelas próprias pessoas. Para a implementação desta ferramenta, é importante distinguir os indicadores tendo em conta a possibilidade de serem atualizados através de *crowdsourcing*, bem como a frequência com que a sua revisão deve ocorrer.

3.2.1.1 Indicadores não suscetíveis ao uso de crowdsourcing

Alguns indicadores, dada a sua natureza quantitativa e dificuldade de medição, são de difícil atualização pelo utilizador comum. Nesse sentido, os seus valores devem ser definidos recorrendo a bases de dados, dados de sensores ou medições iniciais feitas por voluntários. Aqui enquadram-se: *Alergéneos (Pólens)*, *Volume de Tráfego Anual*, *Qualidade do Ar*, *Inclinação da Rua* e *Distância*.

3.2.1.2 Indicadores de atualização pouco frequente ou de fácil medição

Indicadores que, por serem qualitativos ou quantitativos e de medição relativamente fácil podem ser alvo de *crowdsourcing* ativo, ou seja, a *crowd* pode diretamente reportar atualizações do seu estado atual. É o caso de: *Nível de Iluminação*, *Nível de Vigilância*, *Aparência Visual da Rua*, *Velocidade Automóvel Máxima da Rua*, *Nível de Criminalidade*, *Sinais para Utilizadores de Modos Suaves*, *Áreas Verdes*, *Densidade Populacional*, *Rampas e Elevadores*, *Obstáculos*, *Condição do Passeio*, *Largura do Passeio*. Além disso, apesar de o indicador *Nível de Acidentes* não poder ser diretamente medido por utilizadores, por ser uma métrica anual, existe a possibilidade de a aplicação registar a ocorrência, povoando uma base de dados com essa informação. Este indicador foi, portanto, considerado como passível de *crowdsourcing* ativo.

3.2.1.3 Indicadores de atualização constante

Indicadores que requerem atualizações constantes ao longo do dia e que, dada a sua natureza qualitativa, são candidatos ideais à aplicação de *crowdsourcing* passivo, ou seja, através do acesso aos sensores e microfone dos dispositivos, a *app* deve ser capaz e medir os níveis atuais dos parâmetros. Inserem-se nesta categoria: *Densidade populacional*, *Sensação Térmica*, *Nível de Ruído* e *Tempo*.

3.2.1.4 A definição das características do processo de *crowdsourcing*

De acordo com a definição de *crowdsourcing* enunciada no capítulo 2.2, a correta definição das cinco características do processo adotadas revela-se de grande importância. Ainda que algumas sejam de resposta relativamente imediata, como é o caso do benefício do *crowdsourcer*, que pode ter acesso, de forma pouco dispendiosa, a atualizações do estado das vias, outras devem ser cuidadosamente ponderadas. Destacam-se, neste âmbito, os benefícios que a *crowd* retira da atividade, devendo-se decidir se deve existir alguma recompensa, seja monetária ou não.

3.2.2 O *target*

Esta aplicação será de especial interesse para pessoas que usem modos suaves, elétricos ou mecânicos, que incluem bicicletas, skates, *scooters*, trotinetes e a própria caminhada. Este tipo de meio de transporte reúne cada vez mais adeptos nos grandes aglomerados urbanos, capitalizando no crescente interesse por uma mobilidade que promova uma vida ativa, saudável e ecologicamente responsável. Além disso, os modos suaves constituem também uma alternativa relativamente barata, sendo usados frequentemente para percorrer o *last mile* de um percurso, especialmente numa altura em que a escalada do preço dos combustíveis torna o automóvel numa opção cada vez menos atrativa (Abrantes et al., 2021a).

Adicionalmente, esta tecnologia poderá assumir particular relevância para pessoas com mobilidade reduzida, seja temporária no caso de gravidez, presença de carrinho de bebé ou muletas, ou permanente, devido a questões de saúde ou idade avançada. Ademais, a sua utilidade estende-se aos itinerários noturnos, destacando-se, nessas situações, a problemática da segurança, e às deslocações de pessoas com algum tipo de problema no sistema respiratório que queiram evitar áreas poluídas ou com a presença de algum alergénio.

Desta forma, como praticamente todas as faixas etárias são já bastante proficientes com smartphones e fazem, no mínimo, deslocações a pé, pretende-se desenvolver uma aplicação cujas funcionalidades e interfaces sejam o mais abrangentes possível.

3.2.3 O design

3.2.3.1 Facilidade de utilização

A *ISO* (*International Organization for Standarization*) é uma organização que tem como objetivo padronizar, entre outros, normas técnicas para procedimentos e processos. A norma *ISO 9241-11* (2018) descreve a facilidade de utilização como "relacionada com o resultado da interação com um sistema, produto ou serviço, não sendo um atributo do produto"e "relevante no design e avaliação de interações com um sistema, produto ou serviço em áreas como o desenvolvimento, *procurement*, revisão ou comparação e pesquisa de marketing e de mercado"(*ISO 9241-11*, 2018).

Desta forma, e tendo em conta a abrangência do público-alvo, o cuidado com a usabilidade assume particular importância. Assim, de acordo com o revisto no capítulo 2.3, tentar-se-á desenvolver interfaces que respeitem as cinco componentes de qualidade de Nielsen (2012), mas

também os princípios básicos de design de Norman Donald (2013) e as heurísticas para o design de aplicações de Nielsen (2012).

3.2.3.2 O foco no utilizador

De acordo com a *ISO 9241-210* (2019), um design *human-centred* é uma abordagem à conceção e desenvolvimento de sistemas que os visa tornar mais interativos e de fácil utilização, através da aplicação de fatores humanos/ergonómicos e de técnicas e conhecimento que melhorem a facilidade de utilização. O seu objetivo é garantir que o desenvolvimento de qualquer sistema, interface ou software tem em conta as necessidades dos utilizadores. O uso dos requisitos da norma aumenta a probabilidade de finalização do projeto de forma bem-sucedida, cumprindo o prazo e orçamento e reduzindo o risco de rejeição por parte de algum parceiro ou dos próprios utilizadores.

De acordo com Travis (2011), as normas presentes na *ISO 9241-210* para a criação de interfaces focadas no utilizador podem ser resumidas em seis princípios-chave:

- A conceção é baseada numa compreensão explícita dos utilizadores, das tarefas que estes pretendem realizar e dos contextos do problema em que o sistema de encontra envolvido. Uma experiência de utilização positiva e intuitiva é um conceito subjetivo, pelo que cabe aos desenvolvedores considerarem as necessidades do seu público-alvo;
- Os utilizadores são envolvidos no processo de design e desenvolvimento de forma imersiva e ativa;
- O desenho é orientado e aperfeiçoado por uma avaliação centrada no utilizador, ou seja, devem fazer-se testes de usabilidade durante toda a fase de conceção das interfaces;
- O processo deve ser iterativo, uma vez que, normalmente, os utilizadores não são capazes de descrever as funcionalidades e *layouts* que gostariam de ver implementados *a priori*;
- O desenho aborda toda a experiência do utilizador, considerando não só a facilidade de utilização, mas também aspetos perceptuais e emocionais relacionados com a experiência de uso;
- A equipa de design inclui competências e perspetivas multidisciplinares, peritos em acessibilidade, utilizadores finais, peritos de domínio, marketing, apoio técnico, escritores técnicos e analistas de negócios.

A figura 3.3 ilustra o processo iterativo de design definido pela norma *ISO 9241-100* (2010).

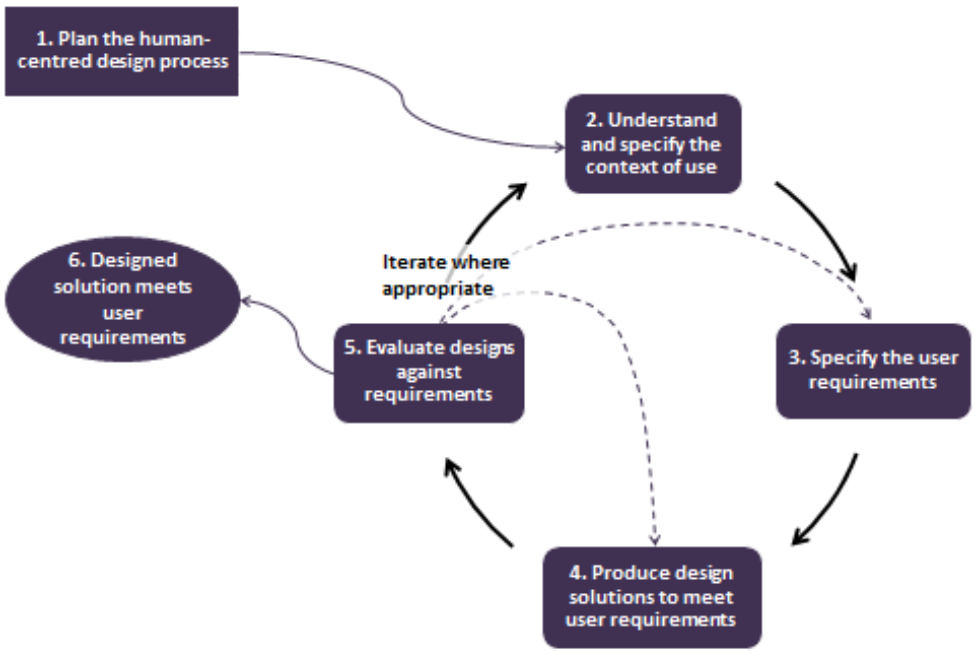


Figura 3.3: Processo de design sugerido pelo *ISO 9241-100*.
Fonte: Fuglerud (2014).

Desta forma, a metodologia para o desenvolvimento das interfaces terá como base as normas definidas pelo *ISO 9241-100* (2010). No entanto, devido à dificuldade em encontrar grupos de pessoas que avaliem o design e o seu cumprimento com os requisitos organizacionais e de utilizador, optou-se por dividir o processo em três etapas:

1. Definição dos requisitos. Nesta etapa, percebeu-se a grande abrangência do público-alvo, devido ao amplo uso de modos suaves de transporte e de aplicações móveis por parte da generalidade da população. Estudaram-se igualmente as funcionalidades e características que potenciais utilizadores gostariam de ver implementadas através de inquéritos e entrevistas.

2. Desenvolvimento das interfaces. Este estágio corresponde ao desenho das interfaces e à definição das interações entre elas, tendo em conta os requisitos definidos na primeira fase.

3. Validação. Por último, procedeu-se à avaliação do design concebido, no que diz respeito à facilidade de utilização e cumprimento com os requerimentos, através de entrevistas.

Capítulo 4

Requisitos

No presente capítulo serão elencados os requisitos e funcionalidades das interfaces e funcionamento da aplicação, analisando os resultados de um inquérito feito a potenciais utilizadores da aplicação.

4.1 Inquérito

4.1.1 Recolha de dados

O inquérito realizado foi distribuído eletronicamente através da partilha de uma ligação a uma página web para a lista de emails associados à Universidades do Porto e em grupos de *Whatsapp* de um clube de padel, um clube de leitura e diversos grupos privados constituídos por pessoas com faixas etárias, profissões e hobbies diversificados. Optou-se por uma divisão em três categorias de perguntas diferente:

1. Informação básica e aferição do interesse pela *app*;
2. Identificação das dimensões e indicadores com influência nas deslocações;
3. Perceção da disponibilidade para contribuir com informação para a *app*.

Estas categorias, por motivos de sequenciamento e da necessidade de mostrar perguntas diferentes tendo em conta respostas anteriormente dadas, formaram cinco secções. A primeira secção serviu para adquirir alguma informação sobre o perfil de cada potencial utilizador para, potencialmente, encontrar regras de associação entre as suas características e preferências. Assim, este segmento conta com perguntas acerca da idade, género, nível de escolaridade e ocupação e tipos de meio de transporte usados nas deslocações típicas. Por último, são colocadas questões acerca da frequência de utilização de modos suaves e do possível interesse numa aplicação planeadora de rotas que, além de tempo e distância, tivesse em consideração as restantes dimensões já mencionadas. O inquérito termina caso se declare não existir interesse ou não realizar deslocações neste tipo de meios de transporte.

Na segunda secção, o utilizador deve escolher quais os indicadores (se é que algum), entre os definidos na secção 3.2, apresentam importância significativa nas suas deslocações em modos suaves e quais as dimensões, entre tempo, distância, acessibilidade, segurança, conforto e qualidade ambiental, a que atribuem relevância.

A terceira secção contém apenas uma pergunta, servindo para compreender a disponibilidade do inquirido para fazer parte da *crowd*, ou seja, contribuir com informação relacionada com o estado das ruas e vias. De acordo com a resposta dada, o questionário é então encaminhado para as secções quatro ou cinco, nas quais se questionam quais as condições para que tal contribuição seja prestada ou as razões pelas quais não existe interesse em fazê-lo, respetivamente. Este segmento apresenta especial importância no desenho do funcionamento da aplicação e na compreensão de um dos pilares da definição de *crowdsourcing* proposta no capítulo 2.2: a recompensa a receber pela *crowd* em troca do seu trabalho.

As figuras 4.1 e 4.2 retratam as questões realizadas, todas de escolha múltipla e preenchimento obrigatório, bem como as respostas possíveis a cada uma.

Secção	Pergunta	Respostas Possíveis
1	Género	Masculino
		Feminino
		Outro:
	Idade	Menos de 13 anos
		Entre 13 e 17 ano
		Entre 18 e 25 ano
		Entre 26 e 35 ano
		Entre 36 e 45 ano
		Entre 46 e 55 ano
		Entre 56 e 65 ano
		Mais de 65 anos
	Escolaridade	Ensino Básico
		Ensino Secundário
		Bacharelato/Licenciatura
		Mestrado
		Doutoramento
		Outro:
	Que tipos de meio de transporte usa normalmente para se deslocar?	Carro
		Autocarro
		Metro
		A pé
		Bicicleta
		Trotinete Elétrica
		Skate
	Em média, com que frequência utiliza meios de transporte de pequeno porte (ex: andar a pé, bicicleta, trotinete elétrica, skate, etc.)?	Todos os dias
		3 -5 vezes por semana
		1 - 2 vezes por semana
		1 -2 vezees por mês
		Nunca
	Teria interesse numa app móvel que lhe indicasse a melhor rota para o seu percurso tendo em conta, além de tempo e distância, fatores como por exemplo a segurança, conforto, qualidade ambiental e acessibilidade?	Sim
		Talvez
		Não

Figura 4.1: Perguntas e respostas possíveis da primeira secção do inquérito.

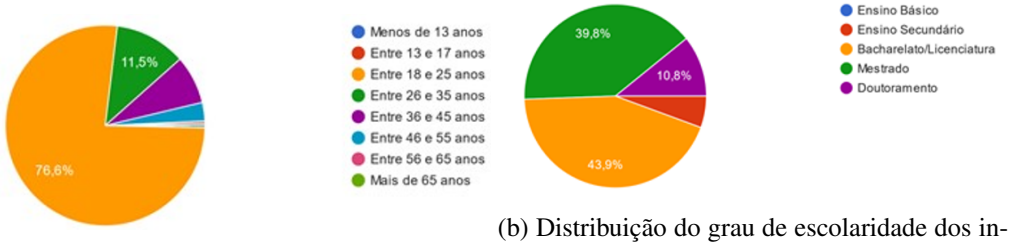
Secção	Pergunta	Respostas Possíveis
2	Em termos de segurança, o que valoriza durante as suas deslocações?	Nível de iluminação da rua
		Volume de tráfego automóvel
		Nível de acidentes
		Nível de vigilância policial
		Aparência visual da rua
		Velocidade automóvel máxima permitida
		Nível de criminalidade
		Presença de vias para pedestres/ciclistas
		Nada é importante
	Em termos de conforto, o que valoriza durante as suas deslocações?	Presença de espaços verdes
		Ausência de locais sobrelotados
		Nível de ruído
		Temperatura do local
		Nada é importante
	Em termos de qualidade ambiental, o que valoriza durante as suas	Qualidade do ar
		Ausência de pólens que possam causar alergia
		Nada é importante
	Em termos de acessibilidade, o que valoriza durante as suas deslocações?	Ruas com pouca inclinação
		Presença de rampas e elevadores
		Ausência de obstáculos
		Estado do piso
		Largura do passeio
		Nada é importante
	Que fatores gostaria que a app considerasse para o cálculo da rota?	Tempo/distância
		Segurança
		Conforto
		Qualidade ambiental
		Acessibilidade
		Gostaria de poder customizar as minhas preferências na app (ex: escolher o peso de cada fator)
3	Estaria disposto a contribuir com atualizações sobre o estado das vias como acontece com o Waze?	Sim
		Talvez
		Não
	Em que condições contribuiria com atualizações sobre o estado das ruas?	Caso recebesse alguma compensação monetária
		Caso tivesse a certeza de que a minha privacidade estaria salvaguardada
		Caso me encontrasse de férias/fim de semana
		Caso recebesse alguma vantagem na utilização da app
		Outra:
	Porque não teria interesse em contribuir com atualizações sobre o estado das ruas?	Falta de tempo
		Preocupa-me a minha privacidade
		Não obtenho qualquer vantagem
		Outra:

Figura 4.2: Perguntas e respostas possíveis da segunda e terceira secções do inquérito.

4.1.2 Análise de Resultados

O inquérito obteve 269 respostas. Apesar do esforço para obter representatividade de vários estratos da população, a maior participação relativa de estudantes da Universidade do Porto face aos restantes grupos tornou a estratificação desproporcional. Assim, alcançaram-se resultados com *bias* para estudantes com idades compreendidas entre 18 e 25 anos e cuja escolaridade se divide entre o grau de mestre e licenciado, como se comprova pela figura 4.3.

Analisando os resultados apresentados na figura 4.4, percebe-se, desde logo, que o recurso a meios de transporte de pequeno porte não é frequente. A utilização do automóvel é ainda predominante (73.6%) e, com exceção da caminhada, menos de 13% dos inquiridos afirmam usar modos suaves nas suas deslocações normais. Ainda assim, um terço dos participantes reitera usar este tipo de meio de transporte todos os dias e um quarto declara fazê-lo de forma frequente (3 a 5 vezes por semana). Nesse sentido, a recetividade demonstrada para com a aplicação descrita é avassaladora, sendo que apenas 2.2% declaram não ter interesse no *software* conceptualizado.



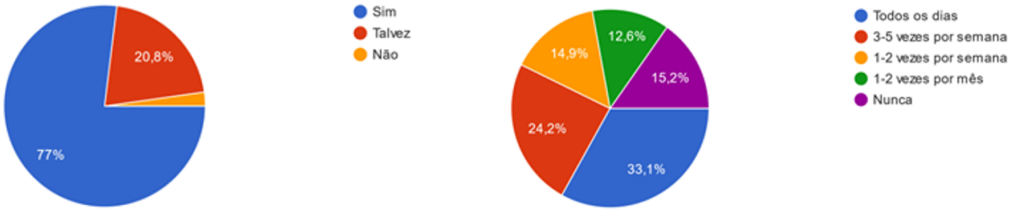
(a) Distribuição da idade dos inquiridos.

(b) Distribuição do grau de escolaridade dos inquiridos.



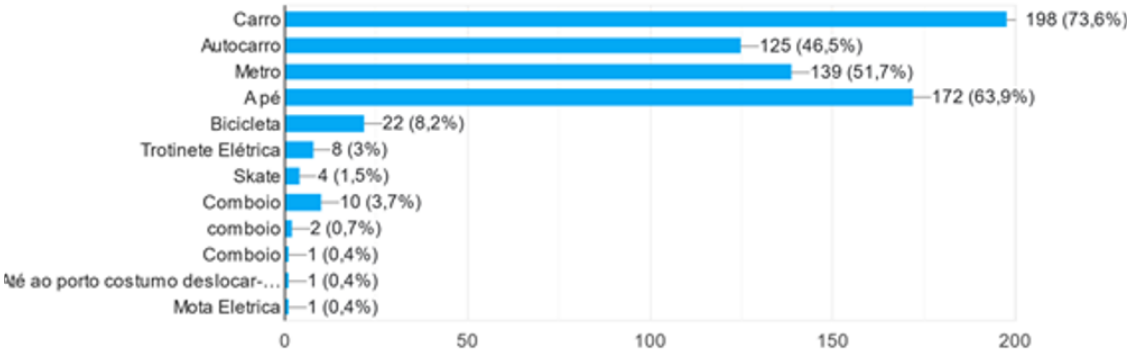
(c) Distribuição da ocupação principal dos inquiridos.

Figura 4.3: Distribuições da idade, grau de escolaridade e ocupação principal dos inquiridos.



(a) Distribuição do interesse demonstrado na *app* pelos inquiridos.

(b) Distribuição da frequência de uso de modos suaves feito pelos inquiridos.



(c) Frequência de utilização dos meios de transporte em deslocações normais dos inquiridos.

Figura 4.4: Distribuição do interesse demonstrado na *app*, distribuição da frequência de uso de modos suaves e frequência de utilização dos meios de transporte em deslocações normais dos inquiridos.

A perceção da importância atribuída pelas pessoas aos indicadores e dimensões considerados é relevante para, no algoritmo de cálculo de uma deslocação considerada base, se atribuírem ponderações para um utilizador médio (considera-se uma deslocação base aquela em que o utilizador

não use filtros e não defina por si o peso de cada critério).

Nesse sentido, percebeu-se que as principais variáveis que condicionam a escolha de um percurso para quem se desloca com recurso a modos suaves são a distância e o a duração do trajeto, parâmetros que reuniram o interesse de 90.1% dos inquiridos. A segurança, com 68.1%, apresenta-se como a segunda dimensão que reúne maior interesse, sendo que, em sentido contrário, a qualidade ambiental surge como a variável menos importante, com menos de um terço dos participantes revelando interesse por essa dimensão em análise. Além disso, mais de dois terços dos intervenientes gostaria de poder customizar a importância dada a cada dimensão.

De forma exemplificativa, a figura 4.5 ilustra a relevância dada aos indicadores relacionados com a segurança, enquanto a figura 4.6 mostra a importância atribuída pelos inquiridos às dimensões em estudo.

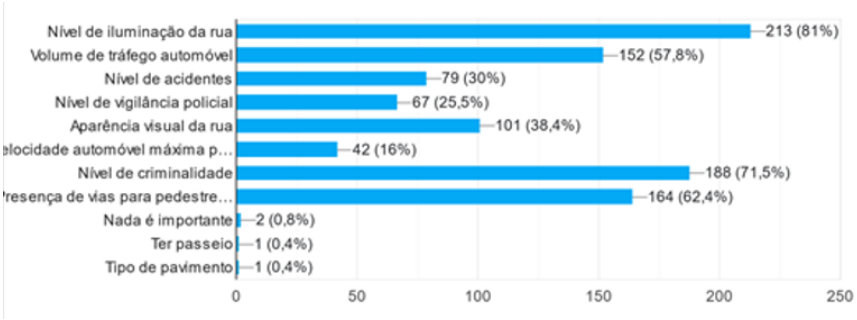


Figura 4.5: Importância atribuída pelos inquiridos a cada indicador relacionado com segurança.

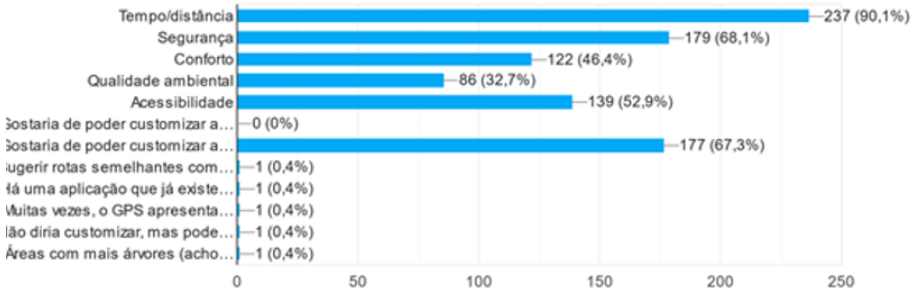


Figura 4.6: Importância atribuída pelos inquiridos a cada dimensão.

No que diz respeito à disponibilidade para contribuir com informação para a *app*, questão fulcral a abordar neste estudo, os resultados são muito promissores. De facto, apenas 4.2% dos inquiridos declara não estar disposto a contribuir para o funcionamento da aplicação através de *crowdsourcing* ativo, atribuindo esse facto, maioritariamente, à falta de tempo e à não obtenção de qualquer vantagem. Ainda assim, este número deve ser interpretado com alguma cautela, uma vez que é provável que parte dos participantes indisponíveis para contribuir simplesmente opte por encerrar o questionário antes de o finalizar, não sendo, por isso, contabilizada a sua resposta. Os indecisos, correspondendo a um pouco menos de um terço da amostra, apontam questões como a salvaguarda da sua privacidade (64.2%) e a obtenção de alguma recompensa (55.6%) como decisivas para a sua participação no projeto enquanto membros da *crowd*. Assim, contrariamente ao afirmado por alguns autores citados no capítulo 2.2, a recompensa monetária não parece ser determinante para a viabilidade de um projeto em formato de *crowdsourcing*, com menos de um quarto dos indecisos afirmando que a obtenção de dinheiro seria um fator que os convenceria a participar.

As figuras 4.7, 4.8 e 4.9 contêm as respostas do inquérito relacionados com a atividade de *crowdsourcing*.

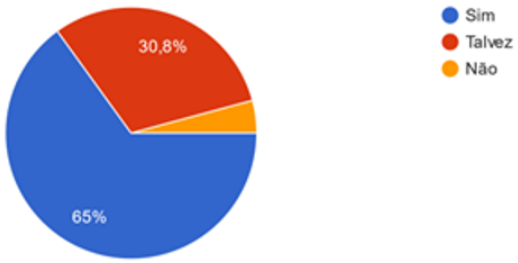


Figura 4.7: Distribuição do interesse dos inquiridos em contribuir com informações sobre o estado das vias.

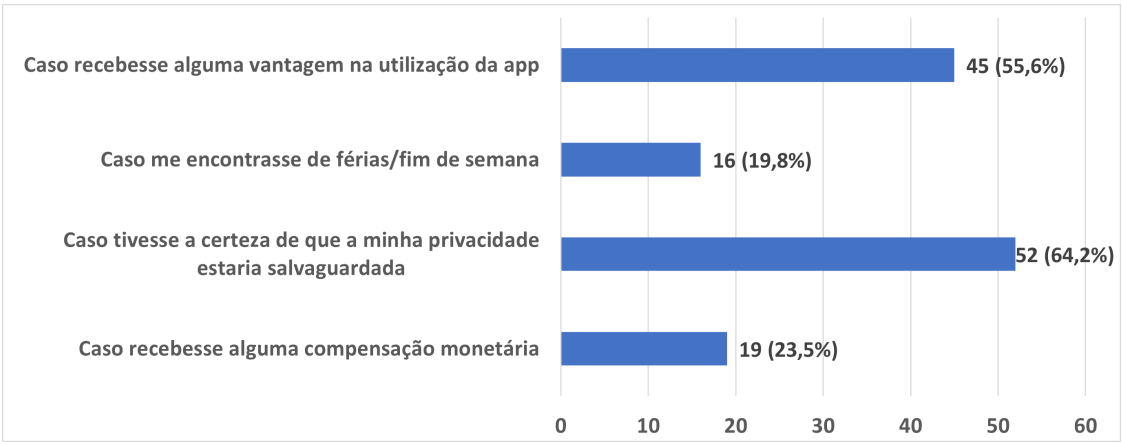


Figura 4.8: Razões que levariam os inquiridos indecisos a contribuir com informações sobre o estados das vias.

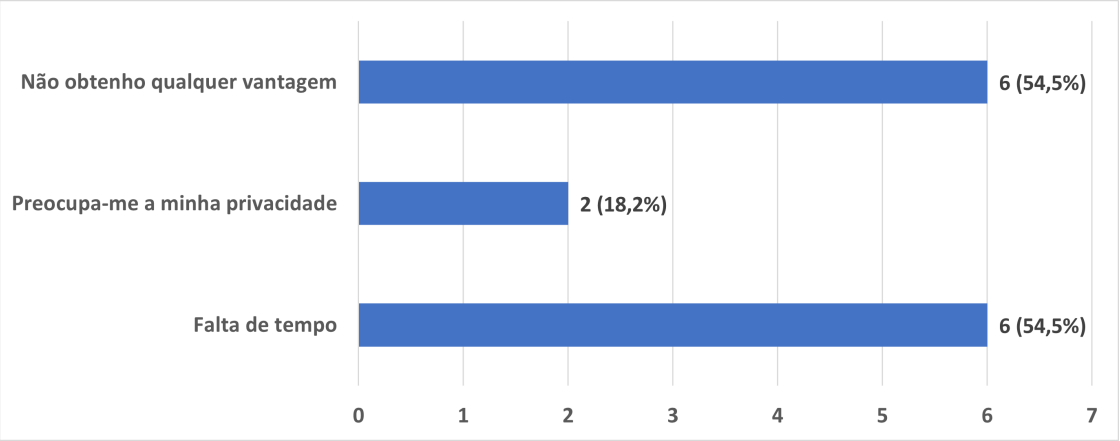


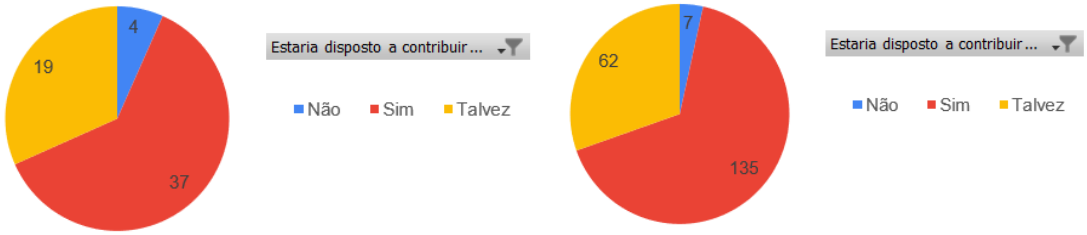
Figura 4.9: Razões apontadas pelos inquiridos para a falta de interesse em contribuir com informações sobre o estados das vias.

Apesar de promissores, estes resultados são, como foi anteriormente referido, muito influenciados pela forte participação da comunidade estudantil da Universidade do Porto, com mais de 75% dos inquiridos pertencentes à faixa etária entre os 18 e os 25 anos e 80% sendo estudantes ou trabalhadores-estudantes.

Sendo assim, torna-se prudente verificar se este enviesamento tem impacto nas respostas e conclusões retiradas. Para isso, pode fazer-se, para as perguntas mais importantes, o teste estatístico Z para diferença de proporções, dividindo os dados em duas amostras: uma apenas com participantes dos 18 aos 25 anos e outra com os restantes inquiridos. Este teste é válido quando as seguintes condições são verificadas (Montgomery and Runger, 2014):

- O método de amostragem para cada população é a amostragem aleatória simples - verifica-se, uma vez que todos os objetos têm a mesma probabilidade de ocorrer (uma pessoa não tem opinião condicionada);
- As amostras são independentes - verifica-se, uma vez que observações de uma amostra não dependem dos valores de observações da outra amostra;
- Cada amostra inclui pelo menos 5 sucessos e 5 fracassos - verifica-se na maior parte dos casos pelo que não será encarada como uma condição invalidadora;
- Cada população é pelo menos 20 vezes maior do que a sua amostra de forma a evitar *over-sampling* - verifica-se.

Assim, usou-se o teste Z para testar diferenças entre a amostra com membros dos 18 aos 25 anos e a amostra com membros cujas idades não pertencem a esse intervalo, nomeadamente no que diz respeito ao interesse em participar de forma ativa com informações para a app e à importância atribuída aos vários indicadores e dimensões. Tomando como exemplo o interesse em fazer parte da *crowd* (ver distribuições na figura 4.10), pode definir-se a hipótese nula, a hipótese alternativa e a estatística de teste:



(a) Distribuição do interesse em contribuir com informações sobre o estado das vias de inquiridos entre 18 e 25 anos.

(b) Distribuição do interesse em contribuir com informações sobre o estado das vias de inquiridos que não tenham entre 18 e 25 anos.

Figura 4.10: Interesse demonstrado em contribuir com atualizações sobre o estado das vias em inquiridos pertencentes e não pertencentes à faixa etária dos 18 aos 25 anos.

H_0 : A proporção de não interessados em participar com atualizações sobre o estado das vias é a mesma

H_1 : A proporção de não interessados em participar com atualizações sobre o estado das vias é diferente

$$n_1 = 60 \qquad n_2 = 204$$

$$p_1 = \frac{4}{60} \qquad p_2 = \frac{7}{204}$$

$$p = \frac{4+7}{60+204} = \frac{11}{264}$$

$$ET = Z = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p(1-p)(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}} = \frac{\frac{4}{60}-\frac{7}{204}}{\sqrt{\frac{11}{264}(1-\frac{11}{264})(\frac{1}{60}+\frac{1}{204})}} = 1.1$$

Assumindo a hipótese nula como verdadeira, a estatística de teste Z segue uma distribuição normal com valor esperado 0 e variância 1.

Para um teste bilateral com nível de significância de 5%, a hipótese nula é rejeitada se $ET <$ -1.96 ou $ET >$ 1.96, o que não se verifica neste caso. Além disso, pode calcular-se o valor de prova:

$$p - value = 2 * P(z < -1.1) = 27.13\%$$

Desta forma, como a estatística de teste está dentro do intervalo de não rejeição e o valor de prova é superior ao nível de significância de 5% escolhido, não existe evidência estatística que comprove a existência de proporções de não interessados diferentes ente inquiridos pertencentes e não pertencentes à faixa etária dos 18 aos 25 anos. O mesmo exercício foi realizado para testar a importância dada aos indicadores e dimensões em estudo, não se verificando, igualmente, evidência estatística que aponte para diferenças de opinião em qualquer um deles. Nesse sentido, optou-se por considerar, para efeitos de análise, a amostra total.

4.1.3 Conclusões para o desenvolvimento das interfaces

Depois de analisados os resultados do inquérito, foi possível tomar decisões acerca do desenho das interfaces e das funcionalidades a desenvolver:

4.1.3.1 A questão do *crowdsourcing*

Verificou-se grande disponibilidade por parte dos inquiridos para contribuir com informações e atualizações, permitindo que a app funcione, parcialmente, com recurso a *crowdsourcing* ativo e passivo. Ainda assim, devem ter-se em conta as preocupações dos potenciais contribuidores do sistema:

- **Privacidade**: a privacidade de quem presta informações deve estar salvaguardada. Nenhuma pessoa deve ser capaz de verificar quem foi o responsável por alguma atualização ou alerta. Nesse sentido, no decorrer do uso da *app*, os utilizadores devem ser alertados, de forma visível, de que a sua informação está segura e não será partilhada com terceiros.
- **Recompensa**: muitos inquiridos afirmaram precisar de algum incentivo, não necessariamente monetário, para participar na atividade de *crowdsourcing*. Por isso, optou-se pela criação de *rankings*, contabilizando-se o número de *updates* ou alertas que se verifiquem fidedignos. Este sistema vai de encontro à ideia defendida por Brabham (2008) de que a *crowd* procura, entre outras recompensas, o reconhecimento social ou de uma comunidade pelo trabalho prestado.

4.1.3.2 O peso atribuído a cada indicador e dimensão

Mais de dois terços dos inquiridos afirmou preferir ser capaz de customizar, de acordo com as suas preferências, o peso atribuído a cada fator em estudo. Nesse sentido, a aplicação deve permitir, de forma intuitiva e fácil, o ajuste da ponderação das dimensões tempo, distância, segurança, acessibilidade, conforto e qualidade ambiental no menu. Ainda assim, a aplicação deve usar, por predefinição, a proporção correspondente ao interesse demonstrado pelos inquiridos. No que diz respeito aos indicadores, por se tratarem de métricas complexas e difíceis de medir para um utilizador comum, devem usar-se as ponderações correspondentes às proporções calculadas através do

inquérito. A figura 4.11 mostra os pesos atribuídos a cada dimensão e as figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 apresentam, respetivamente, os pesos conferidos aos indicadores pertencentes às dimensões *Segurança*, *Conforto*, *Acessibilidade* e *Qualidade Ambiental*.

Pesos das dimensões		
Dimensão	Número de Observações	Peso
Tempo	238	23,7%
Distância	238	23,7%
Segurança	180	17,9%
Conforto	123	12,2%
Qualidade Ambiental	86	8,6%
Acessibilidade	140	13,9%
Total	1005	100%

Figura 4.11: Pesos atribuídos às dimensões em análise.

Pesos dos indicadores da dimensão *Segurança*		
Indicador	Número de Observações	Peso
Nível de iluminação da rua	214	21,2%
Volume de tráfego automóvel	153	15,2%
Nível de acidentes	79	7,8%
Nível de vigilância policial	67	6,6%
Aparência visual da rua	101	10,0%
Velocidade automóvel máxima permitida	42	4,2%
Nível de criminalidade	189	18,7%
Presença de vias para pedestres/ciclistas	164	16,3%
Total	1009	100%

Figura 4.12: Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Segurança*.

Pesos dos indicadores da dimensão *Conforto*		
Indicador	Número de Observações	Peso
Presença de espaços verdes	145	25,9%
Ausência de locais sobrelotados	141	25,2%
Nível de ruído	133	23,8%
Temperatura do local	141	25,2%
Total	560	100%

Figura 4.13: Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Conforto*.

Pesos dos indicadores da dimensão *Acessibilidade*		
Indicador	Número de Observações	Peso
Ruas com pouca inclinação	165	25,5%
Presença de rampas e elevadores	40	6,2%
Ausência de obstáculos	99	15,3%
Estado do piso	185	28,5%
Largura do passeio	159	24,5%
Total	648	100%

Figura 4.14: Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Acessibilidade*.

Pesos dos indicadores da dimensão *Qualidade Ambiental*		
Indicador	**Número de Observações**	**Peso**
Qualidade do ar	194	70,3%
Ausência de pólens que possam causar alergia	82	29,7%
Total	276	100%

Figura 4.15: Pesos atribuídos aos indicadores da dimensão *Qualidade Ambiental*.

Capítulo 5

Desenvolvimento das Interfaces

Este capítulo trata do desenvolvimento das interfaces da aplicação, de acordo com a literatura revista para o efeito e os resultados obtidos no inquérito realizado.

5.1 Conceitos para o desenvolvimento das interfaces

Recorreu-se ao software *Proto.io*, que permite a criação de protótipos interativos que, através das interfaces, gestos e botões, simulam o funcionamento de uma aplicativo móvel ou web. Escolheu-se um protótipo adaptado ao Iphone 8 por ser o smartphone disponível, permitindo a obtenção de grande autenticidade na simulação da utilização da app, através da opção *Preview*.

O design baseou-se nos planeadores de rotas mais populares em Portugal, *Google Maps* e *Waze*, por se tratarem de **softwares** com elevado grau de simplicidade e usabilidade. Procurou-se seguir a literatura sobre conceção de aplicações (2.3), com foco nas cinco componentes da facilidade de utilização e nas heurísticas, ambas definidas por Nielsen (2012), bem como nos princípios básicos de design de Norman Donald (2013). Nesse âmbito, pretendeu-se criar interfaces simples, minimalistas, fáceis de utilizar, intuitivas e, sempre que possível, restringindo as opções dadas aos utilizadores e dando-lhes *feedback* das ações mais importantes.

Optou-se pelo uso de apenas três cores: o branco, para o fundo, o preto, para o texto e reservou-se o azul para botões e links clicáveis. Esta escolha baseia-se no guia providenciado pela Apple (2022) para desenvolvedores de aplicações, no qual se afirma que se deve evitar o uso excessivo da cor em *apps* não dirigidas ao entretenimento do utilizador, guardando-se esse recurso para botões, alertas e *links* clicáveis. Além disso, esta palete de cores, devido ao forte contraste, favorece a facilidade de utilização (Williams and Stimatz, 2005).

5.2 As interfaces desenhadas

5.2.1 A página inicial

A página inicial (figura 5.1) serve para os utilizadores efetuarem *login* ou criarem nova conta. Além dos botões reservados para esse efeito, a interface conta apenas com a *statusbar* típica de

um iPhone 8 e um botão *scroller*.



Figura 5.1: Interface Inicial.

5.2.1.1 O nome e o slogan

Procurou-se escolher um nome simples, curto, fácil de memorizar e que, simultaneamente, aludisse ao propósito principal da aplicação. Assim, a ideia do nome *Pickby* parte da palavra inglesa *pick*, em português, *escolha*, referência à grande vantagem da *app*: a escolha dos parâmetros que condicionam as rotas de cada utilizador. Este jogo de palavras é uma forma de comunicação eficaz e prática comum entre várias marcas e aplicações. Por exemplo, o *Waze*, abordado na secção 2.2.9, começou por ter o nome de *Free Map* Israel, mas, percebendo o poder comunicacional de jogar com as palavras, alterou-o, optando por uma palavra parónima de *ways*, referência aos vários caminhos que a *app* permite escolher nas deslocações (Waze, 2021).

O slogan, *Viaje com Qualidade*, acrescenta, de forma mais explícita, uma chamada de atenção aos potenciais utilizadores: uma viagem pode ser mais do que uma simples deslocação entre dois pontos. Com o recurso ao *Pickby*, uma deslocação será agradável, segura e confortável.

5.2.1.2 O *scroller*

O *scroller* divide-se em três estados diferentes que podem ser acedidos deslizando o dedo para a esquerda e para a direita ou carregando nos ícones do *page controller*, representado por três pequenos círculos. O primeiro, como já foi mencionado, conta com o nome e slogan escolhidos.

Sendo esta a página de apresentação, optou-se por, nos restantes estados, fazer alusão às duas características principais da *app*: a possibilidade de escolher dimensões que não apenas a distância e o tempo (estado 2) e a participação ativa no funcionamento da aplicação através de *crowdsourcing* (estado 3).

5.2.2 Iniciar sessão e criar nova conta

As interface de início de sessão (5.2a) e criação de conta (5.2b) podem ser acedidas, respetivamente, através do botão *Iniciar sessão* e *Criar nova conta*, no menu inicial.

As interfaces são idênticas, contando com campos para preenchimento do nome de utilizador e palavra-passe, um botão de início de sessão ou registo e a opção, muito comum em aplicações para *iOS*, de entrada ou registo com conta *Google* ou *ID Apple*. A página de início de sessão conta ainda com uma hiperligação, registada a azul, de forma a conduzir um novo utilizador que, inadvertidamente, abriu essa interface. Paralelamente, a página de registo apresenta uma hiperligação não programada, também a azul, que deverá abrir uma janela com os termos de utilização a criar posteriormente (será de particular importância garantir aos utilizadores que os seus dados não serão partilhados ou vendidos a qualquer entidade, de acordo com as preocupações com a privacidade apontada por alguns inquiridos, patente nas figuras 4.8 e 4.9).



(a) Interface de início de sessão.

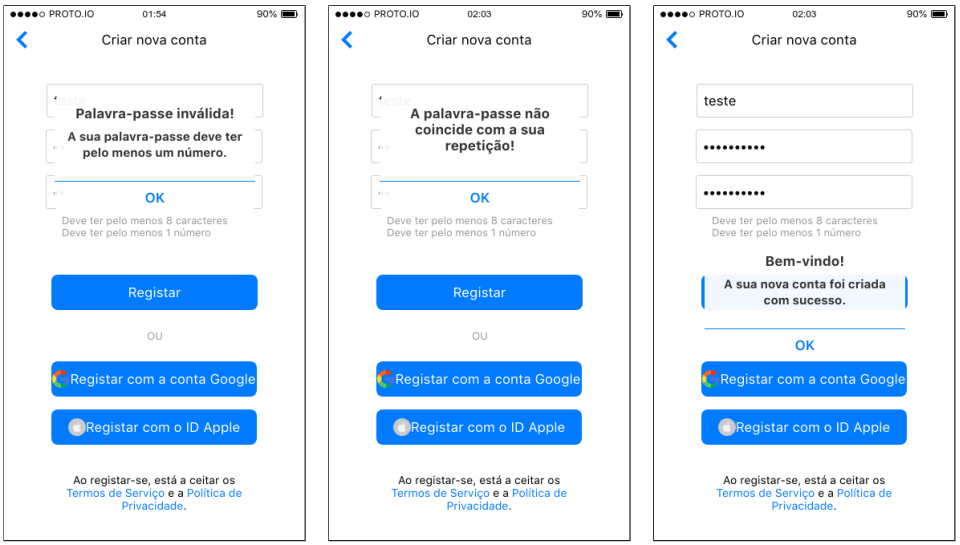


(b) Interface de criação de conta.

Figura 5.2: Interfaces de início de sessão e criação de conta.

De acordo com o princípio do *feedback* Norman Donald (2013), referido no capítulo 2.3.3, uma aplicação deve, sempre que se justifique, retornar informação ao utilizador, de acordo com as ações por ele executadas. Assim, existe uma mensagem de boas-vindas em caso de registo bem-sucedido. Além disso, aparecem mensagens de erro em três situações distintas: caso não sejam preenchidos os campos (em ambas as interfaces), caso a palavra-passe escolhida não contenha pelo menos oito caracteres e um número e caso a repetição da palavra-passe não coincida com a chave escolhida (no caso da criação de conta). A figura 5.3 apresenta exemplos de *feedback* dado pela *app*.

Ainda assim, dadas as limitações do *Proto.io*, que apenas permite a criação de protótipos, não é feita uma ligação com uma base de dados que contenha a lista de utilizadores registados. Desta forma, atualmente, a aplicação aceita como válido qualquer conjunto utilizador/palavra-passe que verifique as condições definidas anteriormente.



(a) Mensagem de erro: A palavra-passe deve conter um número.

(b) Mensagem de erro: A palavra-passe deve coincidir com a sua repetição.

(c) Mensagem de boas-vindas: a conta foi criada com sucesso.

Figura 5.3: Exemplo de *feedback* prestado durante a criação da conta.

5.2.3 A página base

Depois de iniciada a sessão, o utilizador depara-se com a página base (ver figura 5.4a). Pretendeu-se, de acordo com as heurísticas de Nielsen (2012) definidas na secção 2.3.4, desenvolver uma interface minimalista: simples, mas eficaz. Assim, a página contém três elementos (além da *statusbar*): um mapa, um botão de menu, e um campo para pesquisa de destino.

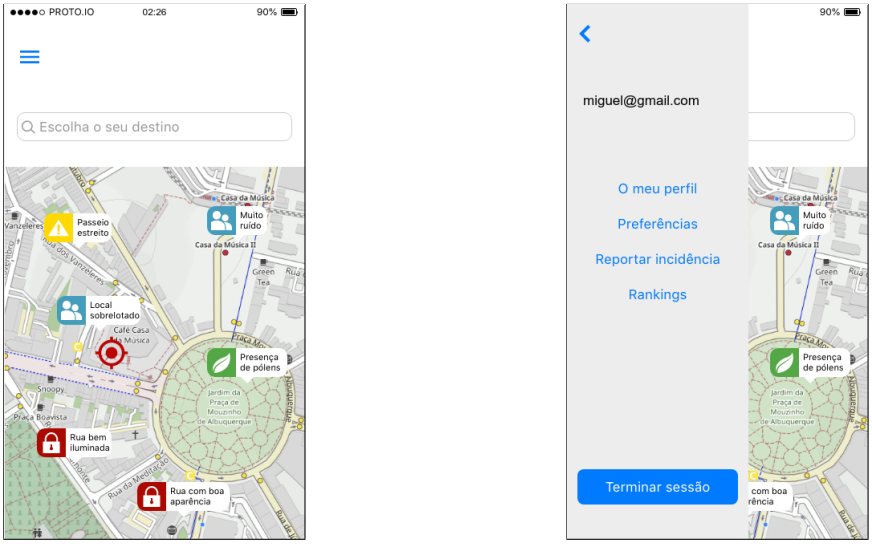
Primeiramente, salienta-se o facto de que, neste protótipo, o mapa, que será providenciado pelo *OpenStreetMap*, se encontra substituído por uma imagem representativa devido às limitações do *Proto.io*. Este *software opensource* apresenta funcionalidades como a inclusão do nome de ruas e de pontos turísticos e de interesse, a presença de setas indicativas do sentido do tráfego automóvel

e o uso de diferentes cores para classificar áreas verdes, estradas, áreas residenciais ou comerciais, ciclovias, vias pedonais, entre outros. Além disso, o mapa conta com ícones informativos de características potencialmente importantes do local, como a boa iluminação ou a reduzida largura do passeio. Esta pode revelar-se uma funcionalidade importante para os utilizadores que, através da simples observação do mapa, podem verificar quais as zonas com características a privilegiar e evitar, de acordo com as suas preferências. Por exemplo, alguém que prefira não frequentar locais pouco iluminados durante a noite pode consultar quais as ruas com reduzida iluminação e optar por rotas alternativas.

O campo para pesquisa de destino permitirá a busca de ruas e pontos de interesse e será o elo de ligação com a interface que contém as rotas e direções entre dois pontos geográficos.

5.2.3.1 O botão de menu

Ao tocar nas três barras horizontais azuis situadas no canto superior esquerdo, o utilizador acede ao menu deslizante (ver figura 5.4b). Aqui, além da informação do email associado à conta em utilização, podem vislumbrar-se quatro palavras clicáveis: *O meu perfil*, *Preferências*, *Reportar Incidência* e *Rankings* (apenas o primeiro não se encontra programado) e um botão para terminar sessão (conduz o utilizador à página inicial).



(a) Interface base com o menu fechado. (b) Interface base com o menu aberto.

Figura 5.4: Interface base

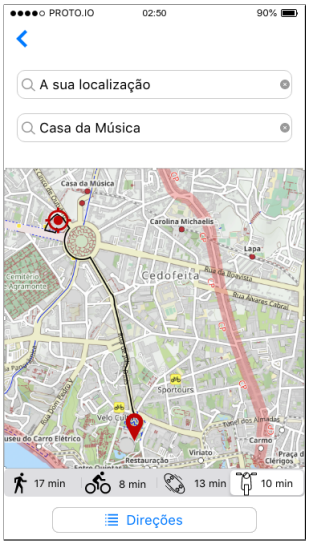
5.2.4 A página do trajeto

A partir da interface base, o utilizador, ao procurar o seu destino, é encaminhado automaticamente para a interface com o trajeto a realizar, partindo da sua localização, com opção para quatro meios de transporte: a pé, bicicleta, skate e trotinete elétrica. De facto, este leque de modos

suaves disponível revela-se uma vantagem competitiva, já que nenhuma das alternativas revistas no capítulo 2.1 possuía esta variedade de opções.

Pretendeu-se, uma vez mais, que esta fosse uma interface de fácil interação. Desde logo, o utilizador pode optar por alterar o ponto de partida caso não tencione calcular uma rota a partir da sua localização do momento. Além disso, a forma de deslocação pode também ser alterada premindo o botão com o ícone correspondente ao meio de transporte pretendido ou deslizando o mapa para a esquerda e para a direita. Adicionalmente, o utilizador tem a possibilidade de obter informação detalhada do percurso, tocando no botão *Direções*, situado na parte inferior da página (ver figura 5.5b).

Como referido na secção 4.1.3, as rotas serão calculadas, por defeito, atribuindo pesos a dimensões e indicadores de acordo com os resultados do inquérito realizado, ainda que seja possível alterar essas ponderações (ver secção 5.2.5.1).



(a) Itinerário traçado entre o Palácio de Cristal e a Casa da Música para uma deslocação feita de trotinete elétrica.



(b) Direções associadas à rota entre o Palácio de Cristal e a Casa da Música para uma deslocação feita a pé.

Figura 5.5: Exemplo de itinerário traçado entre o Palácio de Cristal e a Casa da Música e respetivas direções para uma deslocação de trotinete elétrica.

5.2.5 As opções do menu

A partir do menu ilustrado na figura 5.4b, é possível aceder a três interfaces que, não sendo comuns num planeador de rotas típico, representam uma importância considerável na tentativa de diferenciação da aplicação aqui projetada, procurando, simultaneamente, corresponder às expectativas e funcionalidades apresentadas pelos inquiridos na secção 4.

5.2.5.1 Preferências

A página de preferências permite ao utilizador definir a importância que atribui a cada dimensão estudada (tempo, distância, qualidade ambiental, acessibilidade, conforto e segurança) de forma a adaptar o algoritmo às suas necessidades individuais. Assim, através do clique nas estrelas associadas a cada dimensão (por defeito, três encontram-se pintadas), o usuário tem a possibilidade de definir o seu interesse, de forma qualitativa. Por exemplo, caso queira atribuir um peso de quatro em cinco ao fator *Conforto*, o utilizador deve simplesmente carregar na quarta estrela dessa dimensão, contando da esquerda para a direita. Apesar de não poder escolher a ponderação de cada indicador de forma individual, o utilizador pode clicar nos botões das informações adicionais, simbolizados com a letra *i* dentro de uma circunferência azul na figura 5.6, para obter uma lista das variáveis incluídas em cada dimensão personalizável.

Esta é uma funcionalidade apreciada pela população de inquiridos, já que mais de dois terços afirma desejar poder personalizar as suas deslocações. Ademais, a facilidade com que se alteram os parâmetros possibilita a adaptação das preferências, que podem variar substancialmente, mesmo para o mesmo utilizador. Assim, com apenas meia dúzia de cliques, um utilizador pode atribuir importância máxima à segurança (por exemplo, caso pretenda deslocar-se a pé no período noturno) ou desvalorizar essa dimensão em detrimento da acessibilidade (por exemplo, para uma deslocação diurna de bicicleta).

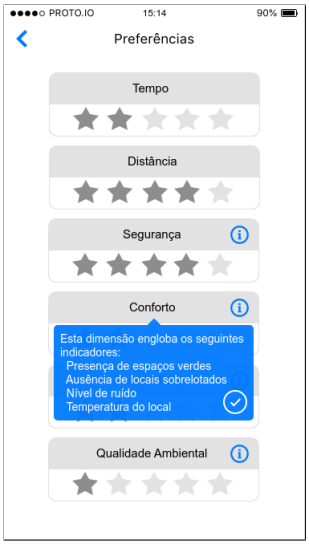


Figura 5.6: Interface de personalização de preferências, depois de premido o ícone de informações associado ao conforto.

5.2.5.2 Reportar Incidência

A interface para reportar incidências contribuirá para o uso do *crowdsourcing* enquanto fonte de informação para o sistema. Como foi explicado no capítulo 3.2.1, esta poderá ser a forma de tornar a aplicação viável, porque, além de outras vantagens, o custo monetário é muito reduzido.

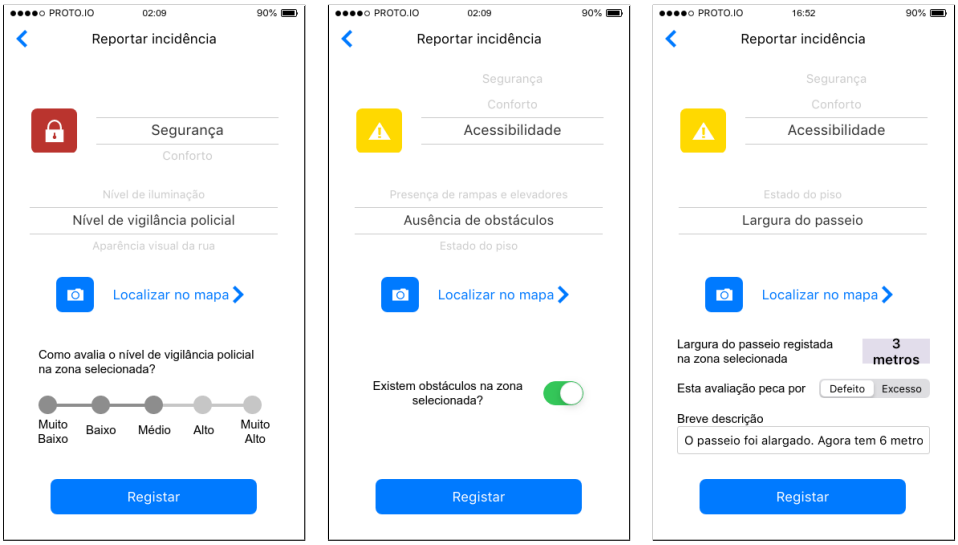
Assim, o utilizador terá a possibilidade, através desta página, de propor atualizações ao estado dos vários indicadores tomados como aptos para serem alvo de *crowdsourcing* ativo, elencados na secção 3.2.1. Além disso, por questões de design e da necessidade de obter informação diferente de acordo com as especificidades de cada variável, optou-se pela criação de três grupos de indicadores:

- Indicadores de natureza qualitativa cujos registos podem variar numa escala com cinco valores possíveis (*Muito baixo*, *Baixo*, *Médio*, *Alto* e *Muito Alto*). Nestes casos, o utilizador é capaz de classificar diretamente o nível que considera correto. Incluem-se nesta categoria: *Nível de Vigilância Policial*, *Aparência Visual das Ruas*, *Nível de Criminalidade* e *Estado do Piso*.

- Indicadores de natureza qualitativa e binários. Nestas situações, o utilizador pode responder diretamente a uma pergunta de *Sim* ou *Não*. Aqui estão contemplados: *Presença de Sinais para Pedestres/Ciclistas*, *Presença de Rampa/Elevadores* e *Ausência de Obstáculos*.

- Indicadores de natureza quantitativa. Não sendo expectável que o utilizador faça medições para inferir o valor exato, este tem a possibilidade de reportar uma incongruência na medição que a aplicação apresenta para a zona, explicitando se se trata de um erro por defeito ou excesso e tendo a possibilidade de deixar um comentário. Fazem parte deste caso: *Velocidade Automóvel Máxima Permitida*, *Presença de Espaços Verdes* e *Largura do Passeio*. Excecionalmente, optou-se por não incluir nesta categoria o indicador *Nível de Iluminação*, uma vez que não é razoável esperar que um cidadão comum consiga medir a intensidade luminosa em *lux*. Essa variável foi, portanto, incluída na primeira categoria.

Desta forma, a interface apresenta, na parte superior, um *picker* com as dimensões (segurança, conforto e acessibilidade) nas quais estão incluídas os indicadores sujeitos a *crowdsourcing* ativo. O *picker* dos indicadores, localizado imediatamente abaixo, é automaticamente atualizado de acordo com a dimensão escolhida em cima. Adicionalmente, a pergunta realizada e hipóteses de resposta são igualmente atualizadas consoante o indicador selecionado. A figura 5.7 exemplifica a interface de acordo com o indicador escolhido.



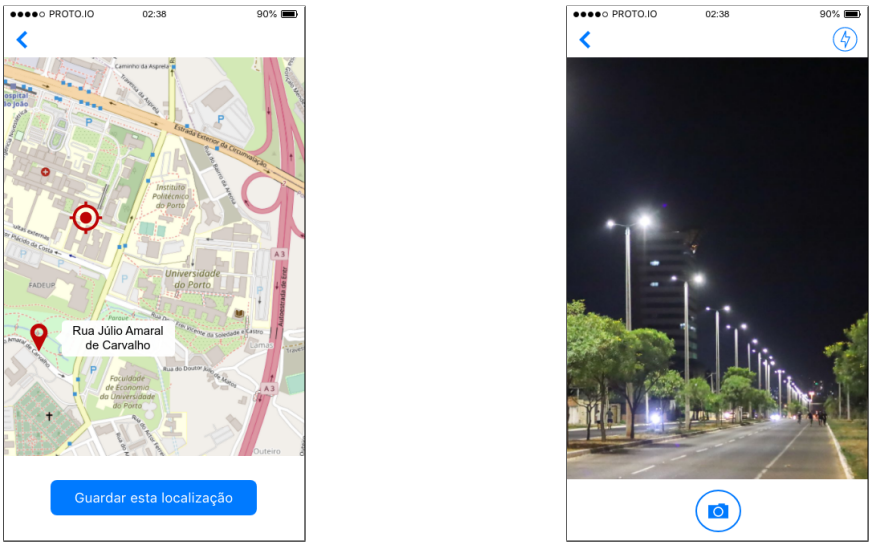
(a) Exemplo de registo de incidência de um indicador de cinco níveis.

(b) Exemplo de registo de incidência de um indicador binário.

(c) Exemplo de registo de incidência de um indicador quantitativo.

Figura 5.7: Interface de registo de incidente.

Antes de fazer o registo, o utilizador deve realizar duas ações distintas: tirar uma foto (tendo a opção de recorrer ou não ao uso de flash) que comprove a incidência que quer reportar, através do ícone azul com uma câmara fotográfica branca situado sensivelmente metade do ecrã, e localizar no mapa a zona da ocorrência, premindo o texto a azul para o efeito, na mesma zona da interface. A figura 5.8 ilustra a página para registo fotográfico e da localização.



(a) Interface de registo da zona da incidência no mapa.

(b) Interface que ilustra o acesso à câmara para registo fotográfico da incidência.

Figura 5.8: Interfaces para registo fotográfico e da zona da incidência.

5.2.5.3 *Rankings*

No seguimento das conclusões do inquérito registadas no capítulo 4.1.3, optou-se pela criação de uma página (ver figura 5.9) com o *ranking* dos dez utilizadores com mais ocorrências que se revelaram fidedignas no último mês, ano e desde o lançamento da *app* (com a inclusão de novos utilizadores, esta página deve ser atualizada para incluir, pelo menos, *ranking* diários e semanais, e aumentar o número de utilizadores exibidos por período de tempo).

Sendo esta uma interface meramente consultiva, tem, ainda assim, importância, já que estes *rankings* foram a resposta encontrada à pergunta "O que recebe a *crowd* em troca pelo seu serviço?", depois de revista a literatura e analisados os resultados do inquérito.

Desta forma, o reconhecimento social parece ser recompensa suficiente para se garantir o contributo de grande parte das pessoas. Ainda assim, devem ser acompanhadas as métricas de participação e considerada a hipótese de tornar esta recompensa mais aliciante, oferecendo, por exemplo, descontos e prémios promovidos por potenciais parceiros. De facto, a cidade de Braga lançou, em 2022, uma campanha de incentivo ao uso da bicicleta, pagando aos ciclistas por cada quilómetro percorrido (Marmé, 2022). Nessa ótica, é expectável que uma aplicação que promove o uso de meios de transporte sustentáveis seja capaz de captar incentivos financeiros vindos de entidades públicas e privadas.



Figura 5.9: Interface com o nome dos utilizadores com mais incidências fidedignas reportadas no último mês.

Capítulo 6

Avaliação da usabilidade

Este capítulo trata a metodologia aplicada na avaliação da usabilidade do protótipo criado, realizada com recurso a entrevistas a potenciais utilizadores.

6.1 Teste de Usabilidade

Um teste de usabilidade permite avaliar o grau com que os critérios que medem a facilidade de utilização, definidos na secção 2.3, foram cumpridos. De acordo com Rubin and Chisnell (2008), de forma a realizar esta avaliação, deve inquirir-se o público-alvo, obtendo-se *insight* direto sobre a sua satisfação com as interfaces desenvolvidas.

Desta forma, segundo Rubin and Chisnell (2008), um teste de usabilidade deve incluir a realização de tarefas representativas, o que se revelou possível graças à funcionalidade de simulação do *Proto.io*. Assim, dividiu-se o processo em seis fases: desenvolvimento do plano de teste, seleção e aquisição dos participantes, preparação dos materiais de teste, realização dos testes, *debriefing* dos participantes e transformação dos dados em resultados e recomendações.

Devido à abrangência do público-alvo, procurou-se recolher testemunhos de pessoas com diferentes idades, graus de escolaridade e profissões, ainda que todos fossem utilizadores proficientes de smartphones. Nesse sentido, foram selecionadas oito pessoas, quatro do sexo masculino e quatro do sexo feminino, com idades compreendidas entre os 16 e os 64 anos (a idade média foi de 33 anos). O smartphone usado foi o iPhone 8 em todos os casos.

Antes da realização do teste, os participantes foram informados acerca dos detalhes e objetivos do processo, sendo-lhes feitas ainda algumas perguntas sobre o seu *background*. Assim, três dos inquiridos eram estudantes, um a frequentar o ensino secundário e dois a frequentar o ensino superior, nas áreas da engenharia e medicina. Dos restantes, dois detinham o grau de licenciado, um engenheiro e um advogado e três detinham o ensino secundário. Sete dois oito participantes afirmaram usar regularmente *softwares* de planeamento de rotas. Posteriormente, foi-lhes dado um conjunto de tarefas a realizar, simulando uma utilização comum da aplicação. De seguida, pediu-se que avaliassem o protótipo no que diz respeito aos vários parâmetros de usabilidade definidos no capítulo 2.3, além do grau de satisfação com três interfaces consideradas cruciais: a Página

do Trajeto (5.2.4), as Preferências (5.2.5.1) e a interface para Reportar Incidências (5.2.5.2). Em todos os casos, usou-se uma escala qualitativa com sete sub-níveis, de acordo com o sugerido por Chin et al. (1988). Por último, realizou-se um questionário, procurando-se perceber o grau de compreensão do entrevistado no que concerne o objetivo da *app* e o interesse na solução proposta, e dando-lhe oportunidade de sugerir alterações e outras funcionalidades. A figura 6.1 representa as etapas das entrevistas.

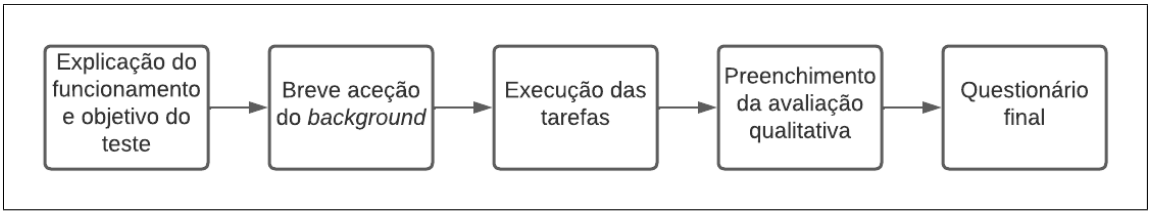


Figura 6.1: Interface de personalização de preferências, depois de premido o ícone de informações associado ao conforto.

6.1.1 As tarefas propostas

No que diz respeito à realização das tarefas, o facto de a *app* não estar totalmente funcional impossibilita a simulação fidedigna de várias tarefas, que poderão ser executadas apenas quando existir uma ligação a uma base de dados, ao repositório dos mapas e a um processador central. Ainda assim, tendo em consideração essa limitação, foi pedido aos entrevistados que realizassem o conjunto de ações seguinte:

1. A partir do menu inicial, registar nova conta com o nome de utilizador "teste", palavra-passe "pass"e repetição de palavra-passe "pass";

2. Alterar a palavra-passe para "1235"e repetição da palavra-passe para "1234";

3. Alterar a palavra-passe para "1234";

4. Utilizar a *searchbar* da página base para procurar o destino "Casa da Música";

5. Usar os botões ou o *scroller* para visualizar os percursos sugeridos para os vários meios de transporte disponíveis. Consultar as direções do percurso feito por bicicleta;

6. Alterar a ponderação dada a cada dimensão na página "Preferências;

7. Consultar o *ranking* mensal, anual e geral de incidências reportadas;

8. Reportar a presença de um obstáculo na Rua Doutor Plácido da Costa, incluindo fotografia do acontecimento.

6.1.2 A avaliação qualitativa

Após a realização das tarefas, foi pedido aos entrevistados que avaliassem o protótipo, tendo em conta os parâmetros definidos no capítulo 2.3. Assim, os participantes classificaram a *app* no que diz respeito aos cinco princípios de Nielsen (2012): capacidade de aprendizagem, eficácia, memorabilidade, erros e satisfação; aos seis princípios de Norman Donald (2013): consistência, visibilidade, *affordance*, mapeamento, *feedback* e restrições; e às heurísticas de Nielsen (2012) complementares às métricas anteriormente referidas: design minimalista, flexibilidade e recuperação de erros.

Sempre que necessário, procedeu-se à explicitação do significado de cada parâmetro, recorrendo-se, frequentemente a exemplos. A escala qualitativa usada tem sete sub-níveis, dividindo-se em *Muito Mau*, *Mau*, *Ligeiramente Mau*, *Neutro*, *Ligeiramente Bom*, *Bom* e *Muito Bom*.

6.1.3 O questionário

Finalmente, procurou-se desenvolver com os entrevistados um processo de discussão aberto, focado em quatro grandes questões:

- O participante percebeu e valida os objetivos da *app*?;
- O participante percebeu e valida as funcionalidades desenvolvidas?;
- O participante tem sugestão de nova funcionalidades que acrescentem valor?;
- O participante usaria a *app*?.

6.2 Resultados

6.2.1 As tarefas propostas

De forma geral, os participantes demonstraram proficiência no manuseamento do protótipo e na execução das tarefas. Ainda assim, registaram-se alguns problemas. Desde logo, um dos participantes revelou alguma dificuldade na realização da última ação proposta: reportar a presença de um obstáculo. Além de ter demorado entre dez e quinze segundos a perceber de que forma poderia colocar no ecrã a opção pretendida (implicava rodar um dos *pickers*), o participante revelou dificuldade para compreender que teria de passar o botão ilustrado na figura 6.2 para o estado *ligado*, representado pela cor verde. Além disso, três participantes revelaram dificuldade na pesquisa do destino *Casa da Música*, uma vez que o teclado apenas tinha a opção *Enter*, em vez de *Pesquisar*.

6.2.2 Avaliação qualitativa

A figura 6.3 contém as classificações atribuídas, por cada participante, aos vários parâmetros e interfaces em avaliação. Os participantes mostraram-se satisfeitos com o protótipo, tanto em termos funcionais como estético. Nesse sentido, a moda das classificações foi *Bom* ou *Muito*

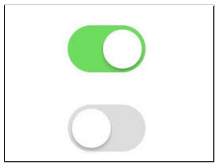


Figura 6.2: Botão *On/Off* usado para reportar incidentes binários.

Bom em todos os parâmetros e interfaces, sendo que nenhum participante atribuiu classificação de *Ligeiramente Mau* ou inferior em qualquer um deles. Assim, a aplicação cumpre, de acordo com os participantes, com os critérios de usabilidade definidos pela literatura.

Parâmetro	1	2	3	4	5	6	7	8
Capacidade de Aprendizagem	Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom	Bom	Muito Bom
Eficácia	Muito Bom	Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Muito Bom	Muito Bom
Memorabilidade	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom	Muito Bom
Erros	Bom	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Neutro	Neutro	Bom	Bom
Satisfação	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Ligeiramente Bom	Ligeiramente Bom	Bom
Consistência	Muito Bom	Bom	Bom	Muito Bom	Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom
Visibilidade	Muito Bom	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Muito Bom	Bom	Ligeiramente Bom	Bom
Affordance	Muito Bom	Bom	Ligeiramente Bom	Ligeiramente Bom	Muito Bom	Bom	Bom	Bom
Mapeamento	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Bom	Muito Bom	Neutro	Ligeiramente Bom	Bom
Feedback	Muito Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Restrições	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom
Design Minimalista	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom
Flexibilidade	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Neutro	Bom	Bom	Neutro	Ligeiramente Bom
Recuperação de Erros	Muito Bom	Bom	Bom	Muito Bom	Neutro	Neutro	Bom	Muito Bom
Interface do Trajeto	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Muito Bom	Ligeiramente Bom	Muito Bom	Bom	Bom	Bom
Interface das Preferências	Bom	Ligeiramente Bom	Bom	Ligeiramente Bom	Muito Bom	Bom	Neutro	Bom
Interface para Reportar Incidência	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom	Muito Bom	Bom	Muito Bom	Muito Bom

Figura 6.3: Classificações atribuídas pelos oito entrevistados aos vários parâmetros em avaliação.

6.2.3 O questionário

Os resultados do questionário efetuado foram também muito positivos, já que todos os participantes compreenderam os objetivos e funcionalidades da aplicação. Além da página do trajeto, a mais importante de qualquer planeador de rotas, os participantes demonstraram-se agradados com a ideia de poderem alterar facilmente os critérios de cálculo de acordo com a deslocação que pretendem efetuar. A interface para reportar incidência foi a mais elogiada, ainda que duas pessoas afirmassem que o acesso à página deveria poder ser feito em qualquer interface e não apenas através do menu. Um participante referiu também que os ícones informativos presentes no mapa, atualmente apenas simbolizando a dimensão, deveriam ser únicos para cada indicador. Quanto ao sistema de *rankings*, houve quem considerasse importante que o utilizador possa decidir excluir-se da página, por questões de privacidade.

No que diz respeito a novas funcionalidades a desenvolver, os entrevistados sugeriram várias ideias. Propôs-se, desde logo, uma integração com aplicações de aluguer de trotinetes e bicicletas. Apesar de a obtenção desta parceria ser improvável (retiraria o fator distintivo das *apps* existentes para o efeito), seria uma opção que traria valor aos utilizadores desses meios de transporte. Além disso, considerou-se interessante acrescentar pontos culturais de interesse e a localização de eventos ao mapa e algoritmo do planeador de rotas, dada a natureza lúdica de muitas viagens realizadas com recurso a modos suaves. Adicionalmente, sugeriu-se um sistema de notificações

no telemóvel, que poderia emitir avisos com a entrada e saída de zonas com incidências registadas. Por último, um entrevistado propôs a criação de um sistema de partilha de localização com outros utilizadores.

Finalmente, todos os entrevistados declararam que usariam a aplicação, ainda que metade afirme ter interesse somente para deslocações não habituais, de forma a explorar novas regiões e percursos. Além disso, um participante disse que recorreria à *app* para escolher a hora do dia para visitar um local, evitando assim sobrelotações; evitar zonas ruidosas, por exemplo, onde se registem obras, e escolher um trajeto de trotinete elétrica com piso adequado. Outro entrevistado considerou que este planeador de rotas, intuitivo e interativo, seria útil nas suas deslocações sem recurso a viatura privada. Por último, um participante apontou a poupança de tempo proporcionada pela inclusão de informação sobre incidências como decisiva para a adesão à aplicação.

Capítulo 7

Conclusões e trabalho futuro

7.1 Conclusões

O presente projeto cumpriu com os objetivos inicialmente propostos.

Primeiramente, foi possível comprovar-se a recetividade dos cidadãos para com *crowdsourcing*. Nesta questão, através da revisão literária, perceberam-se quais as características principais de um projeto com recurso a *crowdsourcing*, destacando-se a problemática da recompensa da *crowd*. Nesse âmbito, através da realização do inquérito, foi possível concluir que a disponibilidade para contribuir com informação para a aplicação é grande, uma vez que apenas uma pequena minoria declarou não ter intenções de o fazer. Além disso, a existência de algum tipo de recompensa, não necessariamente monetária, foi apontada como determinante para convencer os indecisos a contribuir, pelo que, por essa razão, se optou pela criação de um sistema de *rankings*. Esta opção está em linha com as necessidades humanas descritas na pirâmide de Maslow (Brabham, 2008), por gerar reconhecimento social aos utilizadores que consigam reportar incidências bem-sucedidas suficientes para comparecer no *ranking*. Ainda assim, como referido no capítulo 2.2.8, a adoção do recurso a *crowdsourcing* acarreta também riscos, destacando-se, neste caso, o difícil equilíbrio entre a exigência de um número de utilizadores suficiente a contribuir para monitorizar os vários indicadores em diversas regiões, e a necessidade de evitar um grupo demasiado grande, que sobrecarregue o sistema com informação irrelevante. Ademais, a possível existência de utilizadores que, deliberadamente, enviem informação falsa para o sistema (como já ocorreu com o *Waze*, de acordo com o descrito no capítulo 2.2.9) poderá comprometer a viabilidade do recurso a *crowdsourcing*.

No que diz respeito ao design e avaliação das interfaces, optou-se por uma abordagem focada no utilizador, envolvendo-o no processo de levantamento de necessidades e definição dos requisitos. Nessa ótica, percebeu-se a importância atribuída à possibilidade de personalizar a ponderação atribuída a cada variável, de acordo com as preferências de cada utilizador, criando-se a *Página das Preferências*, que permite a alteração rápida do peso de cada dimensão no cálculo de uma rota. Esta funcionalidade permitirá, por exemplo, a escolha de um itinerário seguro para fazer a pé, no período noturno, e uma rota com boa acessibilidade para fazer de bicicleta, durante o dia.

Assim, a avaliação das interfaces, realizada com recurso a testes de usabilidade, teve resultados bastante positivos. De forma geral, os participantes demonstraram bastante proficiência no manuseamento do protótipo e na execução das tarefas propostas. De igual forma, as avaliações qualitativas revelaram que os participantes ficaram satisfeitos com o protótipo, tanto em termos funcionais como estéticos. Os resultados do questionário final foram também positivos, já que os participantes compreenderam e validaram os objetivos e funcionalidades da *app*, contribuindo ainda com ideias para novas funcionalidades. No entanto, estas avaliações devem ser interpretadas com cautela, uma vez que o número de participantes foi reduzido e nenhum especialista em design ajudou no desenho ou avaliação das interfaces.

Por último, também através da análise dos resultados do inquérito, efetuaram-se progressos no campo da algoritmia da aplicação, designadamente percebendo-se qual o peso a atribuir a cada dimensão em estudo num percurso considerado *standard*, ou seja, sem que o utilizador defina as suas preferências.

7.2 Trabalho futuro

Apesar de os objetivos propostos terem sido atingidos, existe um conjunto de tarefas que precisa de ser realizado de forma a tornar realidade o projeto de criação da *app* idealizada.

Primeiramente, devem ter-se em conta as falhas apontadas e funcionalidades propostas na avaliação do protótipo. Devido à reduzida dimensão da amostra de participantes, poderá optar-se pela realização de mais entrevistas ou inquéritos para validar as respostas obtidas. Além disso, devem melhorar-se o design das interfaces, principalmente da *Página das Preferências*, apontada pelos participantes como a menos bem conseguida. A adaptação do protótipo a outros dispositivos que não o iPhone 8 será também importante antes do lançamento da aplicação no mercado.

Ademais, será necessário ligar o protótipo a uma base de dados, ao repositório de mapas e às funcionalidades do próprio smartphone (câmara, serviço de localização, central de notificações, etc.), de forma a poder usar a *app* em contexto real.

Por último, devem procurar-se parceiros para, por exemplo, poder oferecer um incentivo mais significativo aos utilizadores que contribuírem para a plataforma através de *crowdsourcing*.

Bibliografia

Abrantes, D., Ferreira, M. C., Costa, P., Felício, S., Hora, J., D'Angelo, C., Silva, J., and Galvão, T. (2022). Handling openstreetmap georeferenced data for route planning.

Abrantes, D., Ferreira, M. C., Costa, P., Felício, S., Hora, J., D'Angelo, C., Silva, J., Galvão, T., and Coimbra, M. (2021a). Characterizing soft modes' traveling in urban areas though indicators and simulated scenarios.

Abrantes, D., Ferreira, M. C., Costa, P., Felício, S., Hora, J., D'Angelo, C., Silva, J., Galvão, T., and Coimbra, M. (2021b). Considering the need for new aspects in route planners.

Adepetu, A., Khaja, A. A., Al Abd, Y., Al Zaabi, A., and Svetinovic, D. (2012). Crowdrequire: A requirements engineering crowdsourcing platform. In *2012 AAAI Spring Symposium Series*.

Afuah, A. and Tucci, C. L. (2012). Crowdsourcing as a solution to distant search. *Academy of management review*, 37(3):355–375.

Ali, S. (2013). What is a mobile application! *Social Hunt*. `http://www.socialhunt.net/blog/types-of-mobile-app/` (visited 2022-07-30).

Apple, I. (2022). Design- human interface guidelines. `https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/foundations/color/` (visited 2022-08-10).

Brabham, D. C. (2008). Moving the crowd at istockphoto: The composition of the crowd and motivations for participation in a crowdsourcing application. *First monday*.

Brito, J. (2007). Hack, mash, & peer: Crowdsourcing government transparency. *Colum. Sci. & Tech. L. Rev.*, 9:119.

Brittany, W. (2018). Crowdsourcing your next chip flavor: Lay's "do us a flavor" campaign. *Digital Innovation and Transformation*. `https://digital.hbs.edu/platform-digit/submission/crowdsourcing-your-next-chip-flavor-lays-do-us-a-flavor-campaign/` (visited 2022-07-24).

Budiu, R. (2016). Mobile: Native apps, web apps, and hybrid apps. *Nielsen Norman Group*. `https://www.nngroup.com/articles/mobile-native-apps/` (visited 2022-07-30).

Chin, J. P., Diehl, V. A., and Norman, K. L. (1988). Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 213–218.

Conley, C. and Tosti-Kharas, J. (2014). Crowdsourcing content analysis for managerial research. *Management Decision*, 52(4):675–688.

Estellés-Arolas, E. and González-Ladrón-de Guevara, F. (2012). Towards an integrated crowdsourcing definition. *Journal of Information science*, 38(2):189–200.

Fraternali, P., Castelletti, A., Soncini-Sessa, R., Ruiz, C. V., and Rizzoli, A. E. (2012). Putting humans in the loop: Social computing for water resources management. *Environmental Modelling & Software*, 37:68–77.

Fuglerud, K. (2014). *Inclusive design of ICT: The challenge of diversity*. PhD thesis.

Gavin, M., Ghosh, B., Pakrashi, V., Barton, J., O'Flynn, B., and Lawson, A. (2011). A cycle route planner mobile-app for dublin city. In *Irish Transportation Research Network Conference (ITRN2011), 31 Aug-1 Sep 2011, University College Cork, Cork, Ireland.* Irish Transportation Research Network.

Guidotti, R. and Cintia, P. (2015). Towards a boosted route planner using individual mobility models. In *SEFM 2015 Collocated Workshops*, pages 108–123. Springer.

Harburn, L. (2016). One of the best "waze" to use crowdsourcing. *Waterloo*. `https://smbp.uwaterloo.ca/2016/06/one-of-the-best-waze-to-use-crowdsourcing/` (visited 2022-07-20).

Heer, J. and Bostock, M. (2010). Crowdsourcing graphical perception: using mechanical turk to assess visualization design. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pages 203–212.

Heinrich-Böll-Stiftung (2021). *European Mobility Atlas: Facts and Figures about Transport and Mobility in Europe*. `https://eu.boell.org/en/european-mobility-atlas` (visited 2022-07-13).

Howe, J. (2008). *Crowdsourcing: How the power of the crowd is driving the future of business*. Random House.

Huang, Y., Vir Singh, P., and Srinivasan, K. (2014). Crowdsourcing new product ideas under consumer learning. *Management science*, 60(9):2138–2159.

ISO 9241-100 (2010). Ergonomics of human-system interaction — part 100: Introduction to standards related to software ergonomic. `https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:9241:-100:ed-1:v1:en` (visited 2022-08-01).

ISO 9241-11 (2018). Ergonomics of human-system interaction — part 11: Usability: Definitions and concepts. `https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en` (visited 2022-08-01).

ISO 9241-210 (2019). Ergonomics of human-system interaction — part 210: Human-centred design for interactive systems. `https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en` (visited 2022-08-01).

Jacob, S. (2010). Facts of car pollution. `http://www.livestrong.com/article/156537-facts-of-car-pollution/`. Accessed on 2022-07-10.

Li, Y. and Liao, X. (2007). Decision support for risk analysis on dynamic alliance. *Decision support systems*, 42(4):2043–2059.

Liu, S., Xia, F., Zhang, J., and Wang, L. (2016). How crowdsourcing risks affect performance: an exploratory model. *Management Decision*.

Lofi, C., Selke, J., and Balke, W.-T. (2012). Information extraction meets crowdsourcing: a promising couple. *Datenbank-Spektrum*, 12(2):109–120.

Macedo, M. (2019). U.porto e bosch assinam parceria no valor de 16 milhões de euros. *Universidade do Porto*. `https://noticias.up.pt/u-porto-e-bosch-assinam-parceria-no-valor-de-16-milhoes-de-euros/` (visited 2022-05-10).

Marmé, P. (2022). Andar de bicicleta vai dar dinheiro em braga.

Matz, K. (2012). Donald norman's design principles for usability. *Architecting Usability*.

Mokhtari, A., Pivert, O., and Hadjali, A. (2009). Integrating complex user preferences into a route planner: A fuzzy-set-based approach.

Montgomery, D. C. and Runger, G. C. (2014). *Applied Statistics And Probability For Engineers*. John Wiley Sons, inc.

Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to usability. *Nielsen Norman Group*, 9:35. `http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability` (visited 2022-07-30).

Norman Donald, A. (2013). *The design of everyday things*. MIT Press.

Oliveira, F., Ramos, I., and Santos, L. (2010). Definition of a crowdsourcing innovation service for the european smes. In *International Conference on Web Engineering*, pages 412–416. Springer.

Opach, T., Navarra, C., Rød, J. K., and Neset, T.-S. (2020). Towards a route planner supporting pedestrian navigation in hazard exposed urban areas. In *Proceedings of the 17th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management, ISCRAM*.

Osterwalder, A. and Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*, volume 1. John Wiley & Sons.

Parr, B. (2009). Waze uses crowdsourcing to bring you real-time traffic info. *Mashable*. `https://mashable.com/archive/waze#VEG2Kc14DqqW` (visited 2022-07-20).

Pereira, D. (2022). Types of business models: Crowdsourcing business model.

Porta, M., House, B., Buckley, L., and Blitz, A. (2008). Value 2.0: eight new rules for creating and capturing value from innovative technologies. *Strategy & Leadership*.

Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., and Carey, T. (1994). *Human-computer interaction*. Addison-Wesley Longman Ltd.

Pujara, J., London, B., and Getoor, L. (2011). Reducing label cost by combining feature labels and crowdsourcing. In *ICML workshop on Combining learning strategies to reduce label cost*. Citeseer.

Ramírez-Moreno, M. A., Keshtkar, S., Padilla-Reyes, D. A., Ramos-López, E., García-Martínez, M., Hernández-Luna, M. C., Mogro, A. E., Mahlknecht, J., Huertas, J. I., Peimbert-García, R. E., et al. (2021). Sensors for sustainable smart cities: A review. *Applied Sciences*, 11(17):8198.

Rubin, J. and Chisnell, D. (2008). How to plan, design, and conduct effective tests. *Handbook of usability testing*, 17(2):348.

Saunders, D. R., Bex, P. J., and Woods, R. L. (2013). Crowdsourcing a normative natural language dataset: A comparison of amazon mechanical turk and in-lab data collection. *Journal of medical Internet research*, 15(5):e2620.

Sax, J. and Torp, S. S. (2015). Speak up! enhancing risk performance with enterprise risk management, leadership style and employee voice. *Management Decision*.

Schenk, E., Guittard, C., et al. (2009). Crowdsourcing: What can be outsourced to the crowd, and why. In *Workshop on open source innovation, Strasbourg, France*, volume 72, page 3. Citeseer.

Shneiderman, B. and Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction*. Pearson Education India.

Smith, D. (2015). Police officers in miami are intentionally trying to ruin google's traffic crowdsourcing app — here's why. *Insider*. `https://www.businessinsider.com/police-officers-vs-waze-google-traffic-crowdsourcing-app-2015-2` (visited 2022-07-20).

Stone, D., Jarrett, C., Woodroffe, M., and Minocha, S. (2005). *User interface design and evaluation*. Elsevier.

Su, J. G., Winters, M., Nunes, M., and Brauer, M. (2010). Designing a route planner to facilitate and promote cycling in metro vancouver, canada. *Transportation research part A: policy and practice*, 44(7):495–505.

Timmers, P. (1998). Business models for electronic markets. *Electronic markets*, 8(2):3–8.

Toffol, G. and Reali, L. (2020). Healthcare spaces and the city: Health-conscious urban planning and health impact assessment. *Forward*.

Travis, D. (2011). Iso 13407 is dead. long live iso 9241-210!

Unidas, N. (2018). Revision of world urbanization prospects. `https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html`. Accessed on 2022-07-10.

Vaas, L. (2016). Waze to go: residents fight off crowdsourced traffic... for a while. *Naked Security*. `https://nakedsecurity.sophos.com/2016/06/07/waze-to-go-residents-fight-off-crowdsourced-traffic-for-a-while/` (visited 2022-07-20).

van der Molen, M., Ligtenberg, A., Vreugdenhil, C., and Steeneveld, G.-J. (2017). Development of a healthy urban route planner for cyclists and pedestrians in amsterdam. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*, page 12361.

Waze (2021). A living history of the waze map. `https://medium.com/waze/a-living-history-of-the-waze-map-bec8da549659/` (visited 2022-08-25).

Whitla, P. (2009). Crowdsourcing and its application in marketing activities. *Contemporary Management Research*, 5(1).

Williams, B. O. and Stimatz, L. R. (2005). The origins of graphic screen design principles: theory or rhetoric? *International Journal of Instructional Media*, 32(2):181.

Yi, J., Jin, R., Jain, A., and Jain, S. (2012). Crowdclustering with sparse pairwise labels: A matrix completion approach. In *Workshops at the Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.

Zhang, Y. and Van der Schaar, M. (2012). Reputation-based incentive protocols in crowdsourcing applications. In *2012 Proceedings IEEE INFOCOM*, pages 2140–2148. IEEE.

Zheng, Y.-T., Yan, S., Zha, Z.-J., Li, Y., Zhou, X., Chua, T.-S., and Jain, R. (2013). Gpsview: A scenic driving route planner. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 9(1):1–18.