



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia de Eletrónica e Telecomunicações e de Computadores

RE Charge ME

**Aplicação móvel para procura de locais de carregamento
de carros elétricos com reconhecimento de voz**

Diogo Vasconcelos do Carmo Cadavez

Licenciado em Engenharia Informática e Multimédia

Trabalho Final de Mestrado para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Informática e Multimédia

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Mendes Jorge

Vogais: Prof. Doutor Carlos Jorge de Sousa Gonçalves
Prof. Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus

Outubro, 2023



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia de Eletrónica e Telecomunicações e de Computadores

RE Charge ME

**Aplicação móvel para procura de locais de carregamento
de carros elétricos com reconhecimento de voz**

Diogo Vasconcelos do Carmo Cadavez

Licenciado em Engenharia Informática e Multimédia

Trabalho Final de Mestrado para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Informática e Multimédia

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Pedro Mendes Jorge

Vogais: Prof. Doutor Carlos Jorge de Sousa Gonçalves
Prof. Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus

Outubro, 2023

Agradecimentos

Quero expressar a minha sincera gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a elaboração desta tese. O apoio e incentivo de cada um de vós foram essenciais e significativos. Deixo assim, os meus sinceros agradecimentos:

- Ao meu orientador, Professor Rui Jesus, que foi uma fonte valiosa de orientação, atenção, disponibilidade, dedicação, sugestões e críticas construtivas durante todo o processo de desenvolvimento desta dissertação.
- Aos meus avós, Manel e Irene ; José e Margarida e, ainda, à minha avó Mina por todo o apoio e carinho que me deram ao longo desta jornada e por acreditarem sempre em mim.
- Aos meus pais e irmão, cujo incentivo, orientação e amizade incondicionais moldaram a pessoa que sou hoje.
- Ao meu tio Pedro, pela ideia inspiradora que deu origem a esta dissertação.
- Finalmente, a todos os professores e amigos do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, com quem tive a oportunidade de aprender e desenvolver habilidades valiosas ao longo da minha trajetória académica.

Resumo

Com o surgimento dos primeiros protótipos de carros elétricos, o mundo passou a testemunhar uma evolução crescente na mobilidade sustentável. No entanto, a real mudança em direção à popularização desses veículos ocorreu recentemente, impulsionada por avanços tecnológicos notáveis, crescentes preocupações ambientais e incentivos governamentais. Essa crescente adoção de veículos elétricos (VE) não apenas redefine a nossa forma de nos deslocarmos, mas também apresenta desafios substanciais, sobretudo em relação à insuficiência de infraestrutura de carregamento, uma questão especialmente crítica nas áreas urbanas densamente povoadas, onde a escassez de opções de carregamento desafia os proprietários de VE, podendo comprometer a visão de um futuro mais sustentável.

Para abordar este desafio, foi criada uma plataforma móvel que utiliza a arquitetura peer-to-peer (P2P) para permitir que pessoas com carregadores de veículos elétricos em casa os disponibilizem para outros condutores. Esta abordagem tem vários benefícios, começando pelo facto de que irá alargar a disponibilidade de pontos de carregamento, especialmente em áreas onde os carregadores públicos são escassos, além de que promove a solidariedade e cooperação entre os condutores, estabelecendo uma comunidade baseada na confiança mútua e na partilha de recursos. Além disso, ao permitir que os proprietários de carregadores privados beneficiem de alguma forma, como por meio de uma compensação monetária, a aplicação cria um modelo económico sustentável. A aplicação também oferece a opção de utilizar um dispositivo inteligente que, em sincronia com a aplicação, oferece um controle eficaz sobre o processo de carregamento. Adicionalmente, o sistema inclui uma funcionalidade de controlo por voz, permitindo que os condutores utilizem a aplicação enquanto estão ao volante.

No processo de desenvolvimento foi realizado um estudo para analisar o público-alvo desta aplicação e compreender suas expectativas em relação à adoção de veículos elétricos no futuro. Após a implementação da aplicação, conduziu-se uma avaliação que utilizou o *System Usability Scale* (SUS), que obteve resultados positivos, demonstrando a eficácia e facilidade de utilização da aplicação. O *User Experience Questionnaire* (UEQ) também forneceu resultados encorajadores, destacando a satisfação dos utilizadores com a experiência proporcionada pela aplicação.

Palavras-chave: Carros Elétricos, Infraestrutura de Carregamento, Computação Móvel, Tecnologia Peer-to-Peer (P2P), Experiência do Utilizador.

Abstract

With the emergence of the first prototypes of electric cars, the world began to witness a growing evolution in sustainable mobility. However, the real shift towards the popularization of these vehicles has occurred recently, driven by remarkable technological advances, increasing environmental concerns, and government incentives. This increasing adoption of electric vehicles (EVs) not only redefines our way of getting around but also presents substantial challenges, especially concerning the lack of charging infrastructure, which is particularly critical in densely populated urban areas where the scarcity of charging options poses a challenge to EV owners and may compromise the vision of a more sustainable future.

To address this challenge, a mobile platform has been created that utilizes peer-to-peer (P2P) technology to enable individuals with electric vehicle chargers at home to make them available to other drivers. This approach offers several benefits, starting with the fact that it will expand the availability of charging points, especially in areas where public chargers are scarce. Furthermore, it promotes solidarity and cooperation among drivers, establishing a community based on mutual trust and resource sharing. Moreover, by allowing private charger owners to benefit in some way, whether through monetary compensation, the exchange of services, or other incentives, the application creates a sustainable economic model. The application also offers the option to use a smart device that, in sync with the application, provides effective control over the charging process. Additionally, the system includes a voice control feature, allowing drivers to use the application while behind the wheel.

In the development process, a study was conducted to analyze the target audience for this application and understand their expectations regarding the future adoption of electric vehicles. After the implementation of the application, an assessment was conducted using the System Usability Scale (SUS), which yielded positive results, demonstrating the effectiveness and user-friendliness of the application. The User Experience Questionnaire (UEQ) also provided encouraging results, highlighting user satisfaction with the experience provided by the application.

Keywords: Electric Cars, Charging Infrastructure, Mobile Computing, Peer-to-Peer Technology (P2P), User Experience.

Índice

1.	Introdução	1
1.1	Motivação	2
1.2	Objetivo e contribuições	4
1.2.1	Estrutura do documento	6
2	Trabalho Relacionado	7
2.1	Blockchain-Based Peer-to-Peer Energy System for Electric Vehicles	7
2.2	CrowdStrom.....	9
2.2.1	Desafios enfrentados	10
2.3	Aplicações.....	13
2.3.1	EVmatch	13
2.3.2	JustCharge(JustPark).....	18
2.3.3	Miio.....	20
2.3.4	EDP Charge	20
2.3.5	PlugShare	21
3	Modelo Proposto.....	22
3.1	Duas aplicações.....	22
3.2	Casos de utilização.....	24
3.3	Público-Alvo	26
3.4	Arquitetura do Sistema.....	30
3.4.1	Backend.....	31
3.4.2	Frontend	32
3.4.3	Serviços.....	32
3.4.4	Smart Plug.....	32
4	Tecnologias e Arquitetura.....	33
4.1	Tecnologias	33
4.1.1	Servidores na Cloud.....	33
4.1.2	Frontend	35
4.1.3	Serviços.....	38
4.1.4	Smart Plug.....	38
4.1.5	Arquitetura	39
4.2	Diagramas de atividades	40
4.2.1	Diagrama de atividades: Utilizador Proprietário de Veículos Elétricos (PVE)	41
4.2.2	Diagrama de atividades: Utilizador Fornecedor de Serviço de Carregamento (FSC) ..	42

5	Aplicações Móveis.....	43
5.1	ReChargeMe	43
5.1.1	Autenticação	43
5.1.2	Navegação no mapa e pontos de carregamento	45
5.1.3	Seleção do carro elétrico	47
5.1.4	Funcionamento dos carregadores.....	50
5.1.5	Mecanismo de controlo por voz.....	54
5.1.6	Serviço de carregamento.....	57
5.1.7	Dispositivo inteligente (Smart Plug).....	62
5.1.8	Chat de conversação.....	64
5.1.9	Página do perfil.....	68
5.2	ReChargeYou.....	69
5.2.1	Painel de carregamentos e gestão de pedidos	69
5.2.2	Criação do carregador	70
5.2.3	Gestão dos carregadores e dos dispositivos inteligentes.....	72
6	Avaliação	76
6.1	Metodologia	76
6.2	Questionário.....	76
6.2.1	Caracterização dos Participantes.....	77
6.2.2	Avaliação da Usabilidade e Realização de Tarefas.....	79
6.2.3	Avaliação da Usabilidade Utilizando o System Usability Scale (SUS):.....	83
6.2.4	Avaliação da Experiência do Utilizador:	84
7	Conclusões e trabalho futuro.....	88
8	Referências.....	90

A Perguntas do Questionário de Avaliação **i**

B Respostas ao Questionário de Avaliação **xvii**

Lista de Figuras

1.1- Veículos 100% Elétricos (BEV - Battery Electric Vehicles). Venda de veículos novos, segundo os ROM - Representantes Oficiais das Marcas; Fonte: ACAP [5].....	2
1.2- Número de veículos elétricos para cada carregador elétrico público nos respetivos países em 2020 [7].....	3
2.1- Sistema do modelo de partilha de energia através de P2P [9].....	8
2.2- Número de carros elétricos / carregadores públicos na Alemanha desde 2006 até 2015 [10].....	9
2.3- Autorização e processo de carregamento [10].....	12
2.4- Logótipo da aplicação EVmatch [11].....	13
2.5- Ecrãs da aplicação EVmatch. À esquerda o ecrã do mapa com os carregadores, à direita o ecrã dos carregadores disponíveis na casa de um proprietário.....	14
2.6- Ecrãs da reserva do carregador.....	15
2.7- Ecrãs relativos aos passos durante a criação de um novo posto de carregamento.....	16
2.8- Carregadores inteligentes Enel X [12].....	16
2.9- Ecrãs da aplicação com os carregadores no mapa. Mapa dos EUA (Primeira), mapa da Florida (segunda) e mapa de Los Angeles (terceira).....	17
2.10- Logótipo da empresa JustCharge.....	18
2.11- Ecrãs da aplicação JustPark. Ecrã com o mapa e seleção do carregador (primeiro), ecrã com as especificações do carregador (segundo) e ecrã com os preços e opção de pagamento(terceiro).....	19
3.1- Casos de utilização.....	25
3.2- Respostas à pergunta: Porque ainda não comprou um VE? [19].....	28
3.3- Gráfico das respostas às perguntas: Qual foi a razão principal para ter comprado um VE? / O que é que o levaria a comprar um EV? [19].....	30
3.4- Arquitetura do sistema.....	31
4.1- Frameworks multi-plataforma mobile usadas por engenheiros de software entre 2019-2021 [21].....	37
4.2- Shelly Plug S [25].....	39
4.3- Arquitetura final.....	40
4.4- Diagrama de atividades: Utilizador Proprietário de Veículos Elétricos (PVE).....	41
4.5- Diagrama de Atividades: Utilizador Fornecedor de Serviço de Carregamento (FSC).....	42
5.1- Ecrãs de Login e Registo do utilizador.....	44
5.2- Documento com os dados do utilizador da coleção 'users' do Firestore.....	45
5.3- Ecrã do mapa com os carregadores.....	46
5.4- Diferentes tipos de carregadores de carros elétricos e respetivos níveis nos EUA [26].....	47
5.5- Ecrãs de seleção do carro e respetivas especificações.....	48
5.6- Ficheiro Excell do Dataset dos modelos e respetivas especificações dos carros elétricos [27].....	49
5.7- Diferentes tipos de formatos de carregadores para carros elétricos [28].....	49
5.8- Informações do carro armazenado no documento do utilizador no Firestore.....	50
5.9- Ecrã detalhado do carregador.....	51
5.10- Barra de seleção da bateria e respetivos valores de tempo e preço calculados baseados nos valores de potência e cobrança presentes.....	52
5.11- Documento do serviço criado no Firestore.....	53

5.12- Ecrãs do pedido e confirmação do serviço de carregamento	54
5.13- Comunicação por voz	55
5.14- Processo de conversão de áudio para texto [29]	56
5.15- Distância entre dois pontos e distância de viagem	57
5.16- Início do processo de carregamento	58
5.17- Progresso do carregamento e notificações	59
5.18- Avaliação do serviço	60
5.19- Cancelamento do carregamento	61
5.20- Documento com as informações do dispositivo e subcoleção com os documentos dos serviços	62
5.21- Imagens de demonstração do funcionamento do dispositivo inteligente durante um serviço de carregamento	63
5.22- Coleção dos chats e respetivos documentos	65
5.23- Subcoleção 'messages' e respetivos documentos das mensagens	66
5.24- Ecrãs dos chats e respetivas mensagens	67
5.25- Página do perfil	68
5.26- Ecrã principal da aplicação do proprietário, com notificação de pedido de serviço de carregamento	69
5.27- Processo de criação de um novo carregador	71
5.28- Documento no Firestore com as informações do carregador criado	72
5.29- Lista de carregadores e ecrã do carregador	73
5.30- Processo de introdução das informações do dispositivo inteligente	74
5.31- Ecrãs do carregador, com e sem o Plug adicionado	75
6.1- Género dos participantes	78
6.2- Faixa etária dos participantes	78
6.3- Atividade profissional dos participantes	78
6.4- Período de utilização diário de smartphones pelos participantes	78
6.5- Participantes proprietários de carros elétricos	78
6.6- Frequência com que os participantes carregam os carros elétricos	78
6.7- Aplicações utilizadas pelos participantes para carregar os carros elétricos	78
6.8- Opinião dos participantes sobre a variedade de modelos disponíveis	79
6.9- Opinião dos participantes sobre o método de escolha do carro	79
6.10- Opinião dos participantes sobre a organização da informação no ecrã do carregador	80
6.11- Opinião dos participantes relativamente à dificuldade da seleção dos níveis de bateria	80
6.12- Opinião dos participantes referente à eficiência da identificação através de um código	81
6.13- Opinião dos participantes sobre a avaliação do carregamento	81
6.14- Opinião dos participantes sobre o tempo que o dispositivo demora a ligar	81
6.15- Opinião dos participantes sobre o tempo que o dispositivo demora a desligar	81
6.16- Opinião dos participantes em relação às perguntas colocadas pela assistente	82
6.17- Opinião dos participantes em relação à comunicação com a assistente	82
6.18- Comparação entre escalas de aceitabilidade, adjetivos e classificação escolar em relação à pontuação média do SUS [38]	84
6.19- Gráfico dos valores médios e os níveis de confiança associados a cada um dos parâmetros	85
6.20- Resultados das respostas ao par "Imprevisível/Previsível" pelos participantes	86
6.21- Resultados das respostas ao par "Rápido /Lento" pelos participantes	86
6.22- Gráfico que representa as médias dos valores de atratividade, qualidade pragmática e qualidade hedónica	86

6.23- Gráfico da análise comparativa entre os resultados da aplicação móvel desenvolvida e os dados de benchmark.....	87
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1- Respostas dos participantes e respectivos resultados do System Usability Scale	83
--	----

Lista de Acrónimos

- VE** Veículos Elétricos. 3,4,7,8,9,10,11,12,13,26,27,28,29,30,79
- P2P** Peer-to-Peer. 1,7,8,9,10,12,13,18,22,76
- UVE** Associação de Utilizadores de Veículos Elétricos. 2
- BEV** Battery Electric Vehicles (Veículos 100% Elétricos). 2
- ROM** Representantes Oficiais das Marcas. 2,9
- ACAP** Associação Automóvel de Portugal. 2
- EUA** Estados Unidos da América. 3,17,46,47
- OCPP** Open Charge Point Protocol. 11
- App** Aplicação. 13,15,17,20
- kWh** Quilowatt-hora. 15,52
- VPN** Virtual Private Network. 14,17,18
- FSC** Fornecedor de Serviço de Carregamento. 24,25,26,41,42
- PVE** Proprietário de Veículo Elétrico. 24,25,26,40,41
- BaaS** Backend-as-a-Service. 33,34
- JSON** JavaScript Object Notation. 34,48
- SQL** Structured Query Language. 34
- HTTPS** HyperText Transfer Protocol Secure. 34,57,64
- API** Application Programming Interface. 32,37,38,39,56,64
- EAS** Expo Application Services. 37
- SDK** Software Development Kit. 37
- IoT** Internet das Coisas (Internet of Things). 38
- AC/DC** Corrente Alternada/Corrente Contínua. 49
- SUS** System Usability Scale. 77,83,84,86
- UEQ** User Experience Questionnaire. 77,84,85,86
- UX** User Experience. 84

1. Introdução

Desde o início do século XX, quando surgiram os primeiros protótipos de carros elétricos [1], o mundo assistiu a uma crescente evolução na mobilidade sustentável. No entanto, o grande salto para a popularização destes veículos ocorreu mais recentemente, com avanços tecnológicos significativos, preocupações ambientais emergentes e incentivos governamentais. Esta crescente adoção dos veículos elétricos (VE) não só sinaliza uma revolução na forma como nos movimentamos, mas também apresenta desafios significativos, especialmente no que toca à infraestrutura de carregamento.

Na Europa e no mundo, a ascensão dos carros elétricos [2] tem revelado uma lacuna na disponibilidade de carregadores públicos, muitas vezes insuficiente para satisfazer as necessidades dos utilizadores. Esta insuficiência torna-se ainda mais crítica em grandes cidades, onde a densidade populacional e a configuração arquitetónica, nomeadamente a presença predominante de edifícios sem garagens ou espaços de estacionamento privado, limitam severamente as opções de carregamento para os proprietários de veículos elétricos. Este panorama, em que muitos residentes urbanos vivem em apartamentos sem acesso direto a pontos de carregamento, pode desencorajar a adoção de veículos elétricos, comprometendo a visão de um futuro mais sustentável.

É neste cenário complexo e desafiante que surge a proposta central deste trabalho: a criação de uma aplicação móvel peer-to-peer (P2P) dedicada à partilha de carregadores de veículos elétricos. O Peer-to-Peer (P2P) é uma arquitetura de rede descentralizada que permite que dispositivos ligados numa rede comuniquem diretamente entre si, sem dependerem de um servidor central como intermediário [3]. Mais do que apenas uma plataforma de partilha, a aplicação representa uma mudança no ecossistema de carregamento. Através dela, qualquer proprietário de um carregador privado pode torná-lo acessível a outros, transformando pontos isolados de carga numa vasta rede colaborativa.

Esta abordagem P2P tem múltiplos benefícios. Primeiro, alarga imediatamente a disponibilidade de pontos de carregamento, especialmente em áreas onde os carregadores públicos são escassos. Em segundo lugar, promove a solidariedade e cooperação entre os condutores, estabelecendo uma comunidade baseada na confiança mútua e na partilha de recursos. Além disso, ao permitir que os proprietários de carregadores privados beneficiem de alguma forma, seja por meio de uma compensação monetária, troca de serviços ou outros incentivos, a aplicação cria um modelo económico sustentável e auto-reforçado.

Neste trabalho, iremos explorar em profundidade a trajetória e os desafios dos veículos elétricos, destacando especialmente a urgente necessidade de expandir a infraestrutura de carregamento. Posteriormente, dedicaremos uma atenção especial à nossa solução proposta, detalhando o funcionamento, benefícios e potencial impacto desta aplicação móvel P2P no cenário de mobilidade elétrica. Através desta abordagem, pretendemos não só apresentar uma solução viável para os desafios atuais, mas também esboçar uma visão do futuro onde a colaboração e a inovação tecnológica caminham lado a lado para um mundo mais sustentável.

1.1 Motivação

Nos dias de hoje, o panorama do desenvolvimento tecnológico no setor automobilístico permanece envolto em incerteza, uma vez que se vislumbram múltiplos caminhos possíveis. Nesse contexto, é inegável a ascensão destacada dos veículos elétricos, que ganham crescente atenção e relevância à medida que a procura por alternativas mais sustentáveis e ecologicamente responsáveis no transporte ganha impulso.

Os automóveis elétricos possuem o potencial de serem consideravelmente mais sustentáveis quando comparados aos tradicionais veículos a combustão [4]. Esta superioridade deve-se, em grande medida, à ausência de emissões de gases de escape, contribuindo para a redução da poluição atmosférica e aprimorando a qualidade do ar, particularmente nos centros urbanos, onde a poluição do ar é uma preocupação primordial. Adicionalmente, os carros elétricos têm a capacidade de mitigar as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que podem ser alimentados por fontes de energia renovável, como a energia solar ou eólica, desempenhando um papel vital na atenuação das mudanças climáticas e na redução da nossa dependência de combustíveis fósseis. Do ponto de vista da eficiência energética, os veículos elétricos, em regra, superam os veículos com motores de combustão interna, uma vez que os motores elétricos convertem uma proporção mais significativa da energia da bateria em energia para mover as rodas, em contraste com os motores a gasolina, que desperdiçam uma quantidade substancial de energia sob a forma de calor.

Primeiramente, é importante contextualizar o ritmo acelerado de adoção dos carros elétricos em Portugal. Segundo dados da Associação de Utilizadores de Veículos Elétricos (UVE) [5], a percentagem de carros elétricos vendidos tem crescido ano após ano, representando já uma fatia considerável do mercado automóvel (Figura 1.1). Esta mudança paradigmática, que há uma década parecia distante, é hoje uma realidade palpável nas estradas portuguesas.

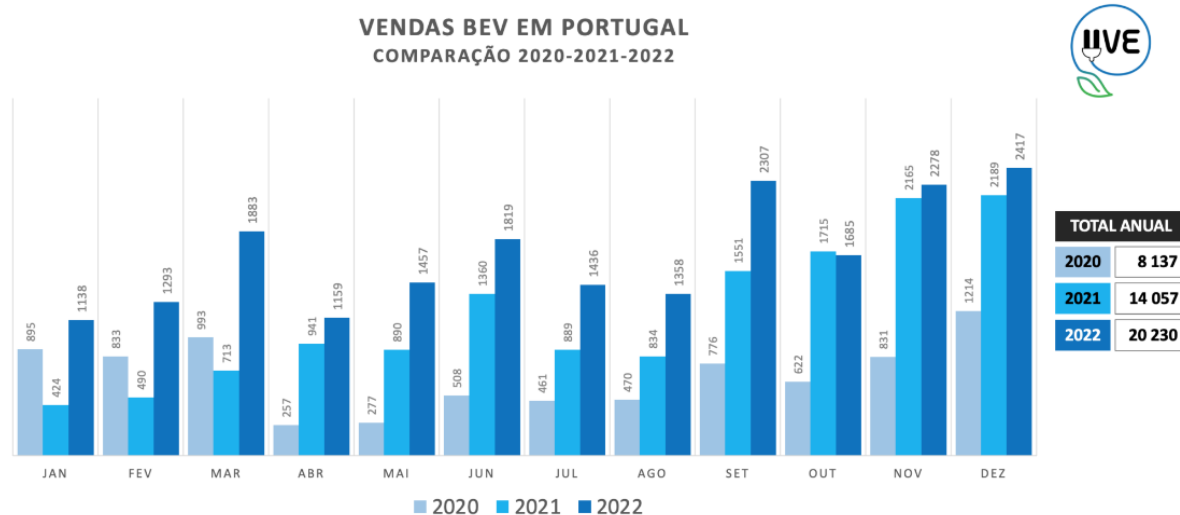


Figura 1.1- Veículos 100% Elétricos (BEV - Battery Electric Vehicles). Venda de veículos novos, segundo os ROM - Representantes Oficiais das Marcas; Fonte: ACAP [5]

No entanto, a infraestrutura de carregamento não tem correspondido às expectativas. As estações de carregamento público, embora em número crescente, permanecem insuficientes para a demanda atual [6]. Em muitas cidades, é comum observar longas filas nas estações de carregamento, especialmente durante as horas de ponta. Em Lisboa várias imagens são divulgadas nas redes sociais onde mostram veículos elétricos a serem carregados através de extensões que provêm das janelas dos prédios. Esta situação insólita evidencia a carência de infraestruturas de carregamento adequadas, especialmente para aqueles que residem em prédios sem garagens ou estacionamento privado. Dados revelam que Portugal ainda está atrás de outros países europeus em termos de infraestrutura de carregamento. A média europeia indica 73 carregadores por 100 mil habitantes, enquanto Portugal possui apenas cerca de 40.

No seio da Europa, as metas estabelecidas pela União Europeia impulsionaram os Estados-membros a adotar políticas de incentivo à aquisição de VE. Países como Noruega, Suécia e Holanda estão na vanguarda deste movimento, com políticas fiscais e benefícios tangíveis para os proprietários de VE. Contudo, apesar do investimento em infraestruturas de carregamento, muitos países ainda enfrentam desafios significativos, principalmente em regiões periféricas e rurais onde a densidade de estações de carregamento permanece baixa.

Para além da Europa, países como a China e os EUA têm implementado políticas agressivas para a promoção dos VE. A China, em particular, tornou-se um gigante no sector, com metas ambiciosas tanto para a produção como para a infraestrutura de carregamento. Contudo, em muitos países em desenvolvimento, onde a aquisição de automóveis está a crescer rapidamente, a transição para os VE está ainda numa fase incipiente, e a infraestrutura de carregamento é quase inexistente.

As parcerias entre governos, indústria automóvel e empresas de energia são vitais.

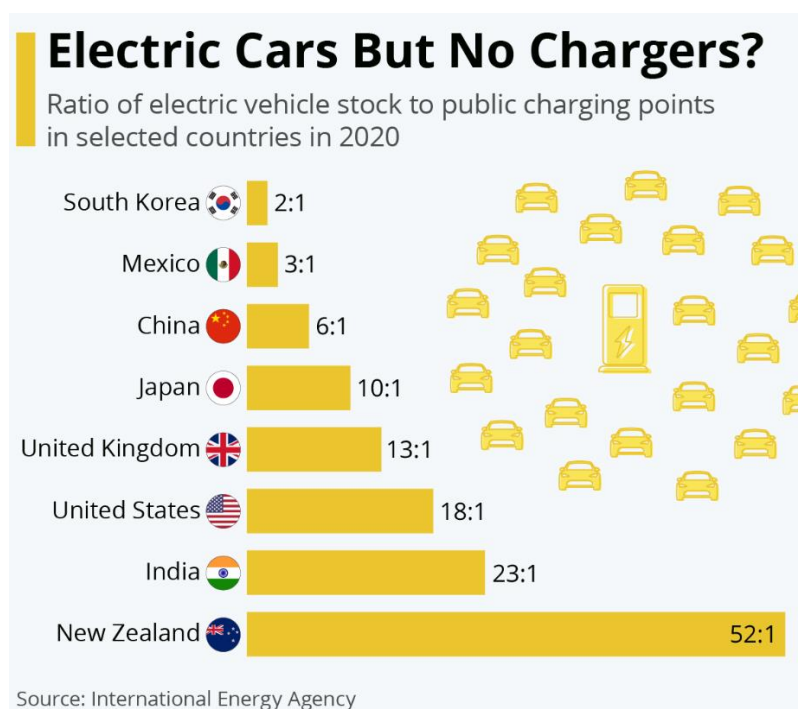


Figura 1.2- Número de veículos elétricos para cada carregador elétrico público nos respetivos países em 2020 [7]

Um dos problemas associados ao uso de veículos elétricos é a sua autonomia limitada [8]. Os VE têm autonomia menor em comparação aos veículos tradicionais, o que significa que precisam de recarregar ou trocar baterias com mais frequência, para as mesmas distâncias. Esta limitação pode representar desafios nas operações logísticas, especialmente para entregas de longa distância ou rotas que exigem múltiplas paragens. É por esta razão que, a disponibilidade de infraestruturas de carregamento é crucial para a adoção generalizada dos veículos elétricos.

Outra questão, está relacionada com as diferenças entre países, como podemos observar na Figura 1.2, dados da International Energy Agency revelam discrepâncias significativas entre países, em relação ao número de VE para cada posto de carregamento público. Em 2020, na Nova Zelândia, havia 52 veículos elétricos para cada posto de carregamento público. Em contraste, a Coreia do Sul possui um carregador público para cada dois veículos elétricos, tornando as disputas por um espaço de carregamento extremamente raras.

De uma forma geral, este problema apresenta os seguintes desafios e implicações:

1. **Economias em Desenvolvimento:** Em muitos países, a prioridade é ainda estabelecer infraestruturas rodoviárias básicas. A introdução de VE nestas nações requer uma abordagem integrada, combinando estradas com pontos de carregamento eficientes.
2. **Tecnologia e Correspondência:** A diversidade de tecnologias de carregamento e a falta de padronização são barreiras significativas, especialmente para viagens internacionais.
3. **Investimento e Parcerias:** A expansão da infraestrutura de carregamento necessita de investimento significativo, tanto público como privado.

1.2 Objetivo e contribuições

Tendo em vista a crescente adoção de veículos elétricos e a consequente necessidade de infraestruturas de carregamento adequadas, o objetivo deste projeto é desenvolver uma aplicação móvel peer-to-peer (P2P) para a partilha de carregadores de veículos elétricos. A ideia baseia-se em transformar carregadores privados em pontos de acesso público temporário, estabelecendo uma rede colaborativa entre proprietários de carregadores privados e utilizadores de VE.

O objetivo principal desta aplicação é proporcionar uma solução para a escassez de pontos de carregamento em áreas onde a infraestrutura pública é limitada ou inexistente. Reconhecendo a dificuldade que muitos enfrentam, especialmente aqueles que residem em edifícios sem garagens ou zonas remotas sem postos públicos, a aplicação visa facilitar o acesso a pontos de carregamento, eliminando barreiras e promovendo uma maior adoção de veículos elétricos.

Neste contexto em específico temos os seguintes objetivos:

- **Implementação de uma Base de Dados Robusta e Segura:** Implementar uma estrutura de base de dados que não apenas armazene as informações dos utilizadores e transações, mas que também garanta a privacidade e segurança desses dados.
- **Implementação de um Sistema de Voz:** Incorporar uma funcionalidade de comando de voz na aplicação, permitindo que os utilizadores interajam e controlem a aplicação sem a necessidade de intervenção manual, uma característica vital enquanto estão a conduzir.
- **Comunicação Integrada entre Utilizadores:** Desenvolver um sistema de mensagens ou *chat* interno, para que os utilizadores possam comunicar diretamente uns com os outros, facilitando a coordenação e esclarecimento de quaisquer dúvidas.
- **Integração com Smart Plug:** Incorporar a capacidade de se conectar e comunicar com um dispositivo inteligente (*smart plug*), permitindo que os utilizadores controlem e monitorem os carregamentos dos veículos diretamente através da aplicação.
- **Gestão em Tempo Real dos Carregamentos:** Assegurar que a aplicação possa monitorizar e gerir carregamentos em tempo real, oferecendo aos utilizadores informações atualizadas sobre o estado e a duração do carregamento.
- **Sistema de Notificações Inteligente:** Incorporar alertas e notificações em tempo real que informem os utilizadores sobre o estado do carregamento, disponibilidade de carregadores nas proximidades, e outros eventos relevantes.

Ao perseguir estes objetivos técnicos, aspiramos não apenas a resolver os desafios atuais enfrentados pelos motoristas de VE, mas também a estabelecer um padrão elevado de eficiência e inovação no domínio das aplicações móveis para o carregamento de veículos elétricos.

Além disso, o projeto visa demonstrar e testar a experiência de utilização, incluindo a usabilidade. Isso significa que, não apenas forneceremos uma solução teórica, mas também é objetivo garantir que a aplicação seja intuitiva, eficaz e proporcione uma experiência de utilização agradável. Esta abordagem prática e orientada para o utilizador visa assegurar que a aplicação atenda plenamente às necessidades da comunidade, proporcionando-lhes ferramentas eficazes para lidar com todo o processo de agendamento e carregamento do carro elétrico.

Sendo estas as contribuições deste projeto:

- **Sistema de carregamento Peer-to-Peer entre condutores e proprietários de carregadores:** Um sistema de partilha e reserva de carregadores entre os condutores e os proprietários de carregadores.
- **Duas aplicações móveis:** Duas aplicações móveis distintas para os condutores e para os proprietários de carregadores, onde o respetivo código pode ser acedido através do link do repositório GitHub: <https://github.com/Cadavez96/Tese.git>
- **Teste e resultados da experiência de utilização:** Resultados do teste de experiência efetuados a diversos utilizadores com foco na eficiência do sistema e das aplicações.

1.2.1 Estrutura do documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Enquadra o desafio enfrentado pelos motoristas de veículos elétricos e delinea as motivações subjacentes que inspiraram o desenvolvimento deste projeto. Também apresenta os objetivos propostos e a organização estrutural do documento.
- **Capítulo 2 – Trabalho Relacionado:** Discute e apresenta plataformas e aplicações móveis com objetivos similares. Além disso, apresenta uma revisão dos conceitos fundamentais e trabalhos de investigação relacionados com a temática em questão.
- **Capítulo 3 – Modelo Proposto:** Este capítulo detalha a análise do problema, descreve a metodologia adotada e introduz um protótipo inicial da aplicação móvel, focando-se em características como arquitetura, funcionalidades e interatividade.
- **Capítulo 4 – Implementação:** Aborda o desenvolvimento prático da aplicação, incluindo decisões técnicas, arquitetura de software escolhida e tecnologias utilizadas. São apresentadas explicações detalhadas sobre integrações específicas, como a funcionalidade de comando de voz e comunicação com o dispositivo inteligente.
- **Capítulo 5 – Avaliação:** Apresenta os resultados do estudo realizado para avaliar a eficiência, a usabilidade e a receção da aplicação móvel por parte dos utilizadores. São descritos os casos de estudo, testes e feedback dos utilizadores que são explorados para fornecer uma visão abrangente do desempenho da aplicação.
- **Capítulo 6 – Conclusões e Trabalho Futuro:** Resume os principais resultados obtidos e as realizações do projeto, ponderando sobre os seus impactos e relevância. Além disso, apresenta perspectivas e propostas para desenvolvimentos futuros, identificando áreas potenciais de melhoria e expansão.

2 Trabalho Relacionado

Neste capítulo, proceder-se-á à contextualização e análise dos trabalhos e estudos que se enquadram na temática deste projeto. Com o crescente interesse e adoção de carros elétricos, emergem desafios relacionados com a infraestrutura de carregamento e com as soluções tecnológicas que possam otimizar este processo. Este capítulo destina-se a fazer uma revisão das principais abordagens e soluções já propostas ou em desenvolvimento na área das infraestruturas de carregamento e das aplicações Peer-to-Peer (P2P) voltadas para o carregamento de veículos elétricos.

A secção 2.1, será dedicada à análise dos estudos e trabalhos de investigação existentes neste domínio, com o intuito de delinear o panorama atual e as principais tendências. Posteriormente, a secção 2.2, será focada na exploração das aplicações P2P dedicadas ao carregamento de carros elétricos que já se encontram disponíveis no mercado, destacando as suas características distintivas e a forma como estão a revolucionar a experiência de carregamento.

2.1 Blockchain-Based Peer-to-Peer Energy System for Electric Vehicles

O trabalho publicado em [9], apresenta uma abordagem abrangente sobre a implementação de um sistema inovador de pagamento e comércio de energia para veículos elétricos (VE) baseado na tecnologia blockchain. O contexto inicial destaca a crescente importância da transição de sistemas de transporte movidos a combustíveis fósseis para VE e cidades inteligentes, impulsionada pelos benefícios financeiros, ambientais e de consciência climática.

O sistema proposto tem como objetivo principal estabelecer um ambiente de comércio P2P para a partilha eficiente de energia entre prosumidores (geradores de energia) e proprietários de VE. Isso é alcançado através do uso da blockchain e contratos inteligentes, que são contratos auto-executáveis, que dispensam a interação direta, pessoal, entre as partes do contrato e que fornecem simplicidade, segurança, legitimidade, automação, confiabilidade e privacidade nas transações (Figura 2.1).

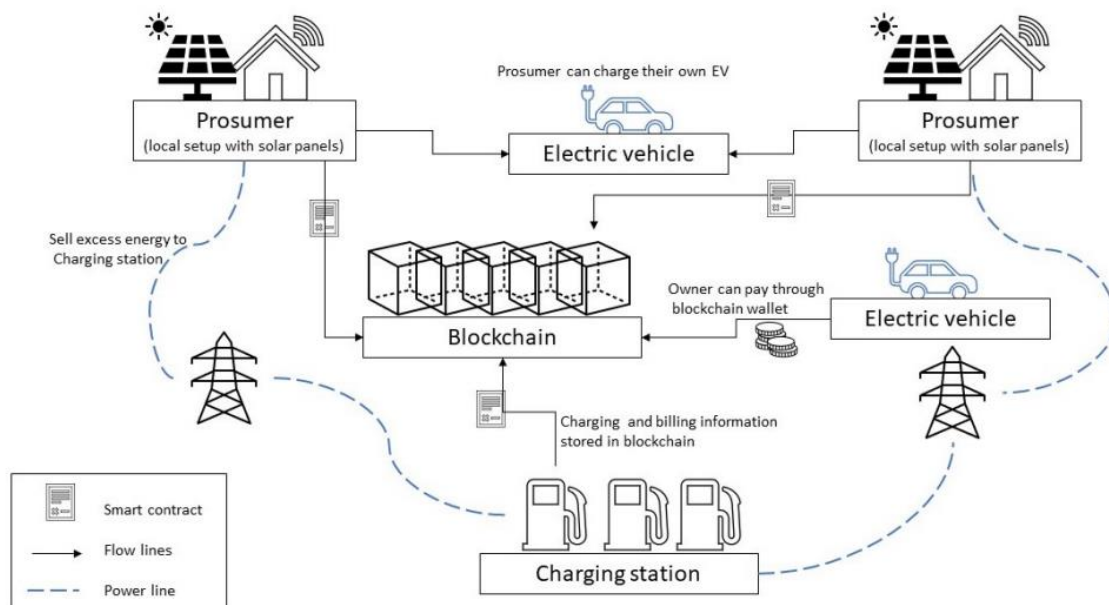


Figura 2.1- Sistema do modelo de partilha de energia através de P2P [9]

A necessidade de confiança é essencial neste sistema, uma vez que todos os participantes, sejam eles prosumidores, operadores de estações de carregamento ou proprietários de VE, precisam de confiar uns nos outros para garantir um comércio de energia bem-sucedido. A solução proposta aborda essa questão por meio de uma carteira eletrônica baseada em contratos inteligentes, que automatiza o processo de pagamento pelo carregamento do VE. Isso reduz significativamente a necessidade de intervenção humana e elimina preocupações sobre transações imprecisas ou fraudulentas. Prosumidores, muitos dos quais geram energia a partir de fontes renováveis, como painéis solares, podem aproveitar a oportunidade de vender o excesso de energia para as estações de carregamento de VE. Isso cria um sistema de comércio sustentável que beneficia tanto os prosumidores quanto os proprietários de VE. No entanto, para garantir a confiabilidade e a transparência, o uso de blockchain é fundamental.

A implementação do sistema é baseada na tecnologia Hyperledger Fabric, uma plataforma blockchain de código aberto da IBM (International Business Machines). O processo de blockchain, desde a inicialização da transação até a formação de blocos, é descrito e ressalta a importância da autenticação P2P e do algoritmo de consenso para garantir a integridade das transações. Além disso, o estudo explora o impacto da infraestrutura de carregamento de VE na adoção em massa de VE, bem como as perspectivas futuras de integração de blockchain com sistemas físicos e a introdução de interfaces de *middleware* para várias blockchains.

Em resumo, este estudo oferece uma visão abrangente de um sistema de pagamento e comércio de energia baseado em blockchain para VE, destacando os seus benefícios e desafios, bem como as possibilidades de expansão e aprimoramento no futuro. A abordagem P2P proposta pode potencialmente revolucionar a forma como a energia é partilhada e gerida no contexto dos VE.

2.2 CrowdStrom

O trabalho publicado em [10], escrito no contexto do projeto de investigação CrowdStrom, que é financiado pelo Ministério Federal Alemão de Educação e Pesquisa (BMBF) e teve o apoio da agência de gestão de projetos German Aerospace Center (PT-DLR), apresentada uma visão sobre o problema do aumento do número de VE na Alemanha e demonstra algumas soluções.

Este trabalho começa por abordar o desafio de aumentar a adoção de veículos elétricos (VE) na Alemanha para reduzir as emissões de dióxido de carbono. Para o conseguir, uma extensa rede de pontos de carregamento é essencial. A Figura 2.2 mostra a existência dos pontos de carregamento públicos na Alemanha de 2006 a 2015, o que era insuficiente para o número crescente de VE. O projeto de investigação "CrowdStrom" visa abordar esta questão e apoiar o estabelecimento de uma rede bem desenvolvida de estações de carregamento acessíveis ao público.

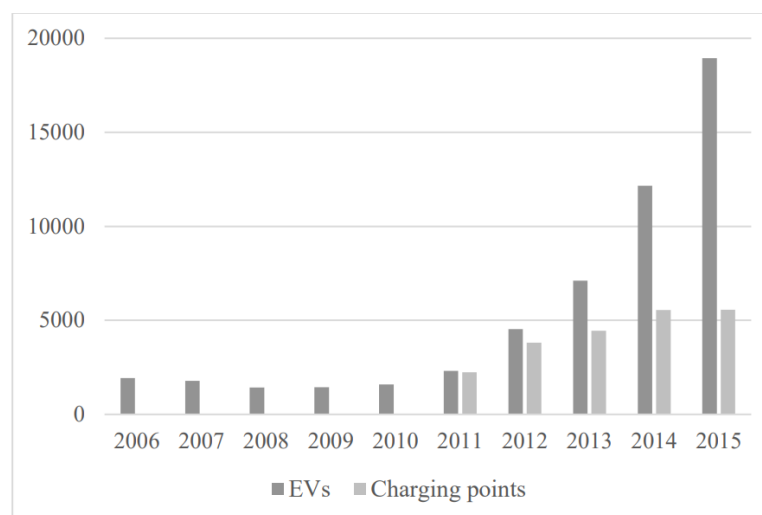


Figura 2.2- Número de carros elétricos / carregadores públicos na Alemanha desde 2006 até 2015 [10]

O CrowdStrom tinha o objetivo de projetar, implementar e avaliar um serviço de partilha ponto a ponto (P2P) para carregar VE. Este serviço conecta indivíduos e pequenas empresas que possuem estações de carregamento com clientes que precisam de carregar os seus veículos. A colaboração envolveu Stadtwerke Münster, TÜV SÜD e investigadores da Universidade de Münster e da Universidade de Duisburg-Essen.

A ausência de processos padronizados e melhores práticas para carregamento de VE apresenta um desafio significativo. A novidade e os rápidos avanços tecnológicos neste campo levaram a uma falta de normas estabelecidas. Além disso, o inovador modelo de negócios P2P requer o desenvolvimento de novos processos específicos para carregamento e partilha de VE.

2.2.1 Desafios enfrentados

Para superar esses desafios, os investigadores conduziram entrevistas com sete organizações ativas no mercado alemão de recarga de VE. Os processos existentes dessas organizações foram capturados e modelados. As melhores práticas foram identificadas e avaliadas pela sua relevância para o modelo de negócios do CrowdStrom. Posteriormente, os processos foram remodelados para se adequarem ao serviço proposto.

A situação enfrentada no desenvolvimento do projeto CrowdStrom envolve diversos desafios e obstáculos. O conceito de partilha de pontos de carregamento privados no espírito da economia partilhada apresenta uma oportunidade para aumentar a utilização de estações de carregamentos subutilizadas e tornar a utilização de VE mais prática para os seus utilizadores. No entanto, o cenário da infraestrutura de carregamentos é fragmentada e não tem interoperabilidade. Isto significa que existem muitos fornecedores de carregamentos diferentes, cada um com a sua própria tecnologia e sistemas privados. Isso dificulta a localização e o uso de estações de carregamento pelos proprietários de VE e também dificulta a concorrência entre os fornecedores de carregamento.

Um modelo P2P SCC (*peer-to-peer sharing and collaborative consumption*), que é o modelo das empresas Airbnb (partilha de quartos) e Uber (partilha de carros) pode ajudar a enfrentar os desafios da atual situação. Um modelo P2P SCC permitiria que os proprietários de VE partilhassem os seus carregadores privados com outros proprietários de VE. Isso aumentaria o número de pontos de carregamento disponíveis e facilitaria a localização e o uso de estações de carregamento por parte dos proprietários de VE.

No entanto, existem uma série de desafios associados à implementação de um modelo P2P SCC. Esses desafios incluem:

- **Implicações legais:** Existem uma série de questões legais que precisam de ser consideradas ao implementar um modelo P2P SCC. Por exemplo, é importante garantir que o modelo esteja em conformidade com as leis e regulamentos das companhias de eletricidade.
- **Lucratividade:** Não está claro se um modelo P2P SCC seria lucrativo. A lucratividade do modelo dependeria de uma série de fatores, incluindo o número de participantes, o custo da eletricidade e as taxas cobradas aos participantes.
- **Necessidade de práticas de BPM(Business Process Model):** Um modelo P2P SCC exigiria o uso de práticas de BPM. As práticas de BPM são usadas para gerir processos de negócios, e elas seriam essenciais para garantir que o modelo P2P SCC seja eficiente e eficaz.

Os parceiros do projeto da indústria, Stadtwerke Münster e TÜV SÜD, forneceram perceções relevantes, fruto da sua experiência, para o sucesso do projeto. A Stadtwerke Münster forneceu

percepções sobre os desafios de operar uma infraestrutura de carregamento local e a TÜV SÜD forneceu conhecimentos sobre os aspetos legais e técnicos de um modelo P2P SCC.

Os autores identificaram quatro categorias de processos como particularmente críticas no contexto do serviço de carregamento CrowdStrom: registo, autenticação, carregamento, faturação e administração. Estas categorias de processos foram identificadas com base na compreensão dos autores do domínio do carregamento de VE e nos requisitos do modelo de negócio CrowdStrom.

Os principais resultados alcançados para cada categoria de processo são:

Registo: Os processos de registo foram diferentes entre procedimentos online e offline. No entanto, o registo offline através de balcões de atendimento foi considerado menos eficiente e económico. O registo online, que recolhe dados do cliente, como nome, morada, email e método de pagamento (geralmente uma conta bancária), foi identificado como a melhor prática. Adicionalmente, o processo de registo foi estendido para permitir que os clientes solicitem um cartão RFID da CrowdStrom e adicionem os seus próprios pontos de carregamento para se tornarem fornecedores. O conceito de parceria introduziu um processo especial para que os parceiros adicionem os seus clientes à base de dados da CrowdStrom, facilitando a faturação e a gestão dos clientes.

Autenticação: Os processos de autenticação foram analisados em várias organizações, sendo o meio mais comum o uso de cartões RFID, que são cartões que contêm um chip com informação guardada e funcionam à distância. O processo de autenticação através de cartões RFID foi identificado como a melhor prática e recomendado pelo parceiro do projeto, a Stadtwerke Münster. O processo "to-be" envolvia verificar automaticamente se a hora atual está dentro das horas de funcionamento definidas por cada fornecedor, para permitir a disponibilidade personalizada dos pontos de carregamento. A autenticação através da aplicação de smartphone e o uso de códigos QR para desbloqueio rápido também foram considerados para maior comodidade e experiência do cliente.

Carregamento: Os processos de carregamento foram capturados a partir de várias organizações, demonstrando que a comunicação entre os pontos de carregamento e a plataforma central dependia do ponto de carregamento e do protocolo de comunicação suportado. A melhor prática envolvia o uso do protocolo OCPP (Open Charge Point Protocol) 1.5 para inicialização e terminação, como se pode observar no diagrama da Figura 2.3. A CrowdStrom implementou esta prática para a autenticação do cliente, garantindo que apenas utilizadores elegíveis pudessem iniciar e terminar processos de carregamento. Foi introduzida uma funcionalidade de início/paragem remota de carregamento para fins de manutenção e emergência.

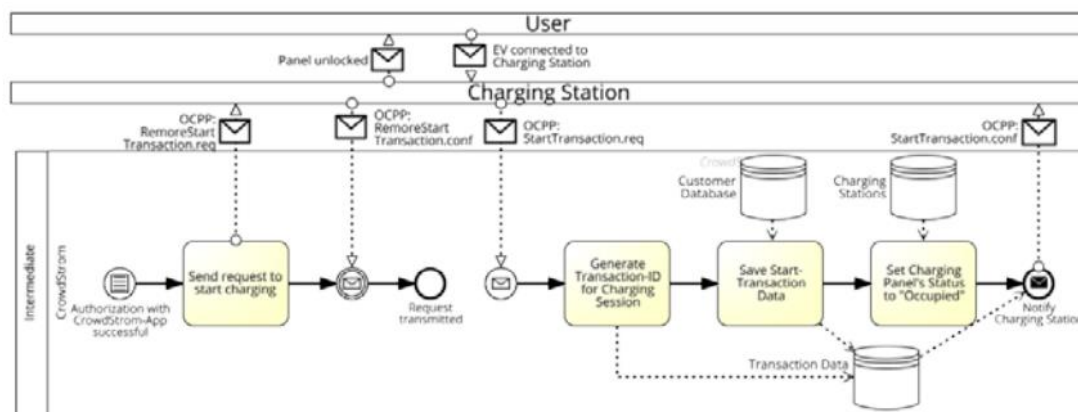


Figura 2.3- Autorização e processo de carregamento [10]

Faturação: Os processos de faturação foram considerados a partir de duas perspetivas: faturação de utilizadores e faturação de fornecedores. A faturação de utilizadores envolveu o pagamento da energia consumida nos pontos de carregamento e a faturação de fornecedores envolveu a compensação monetária pelo uso dos pontos de carregamento. A faturação mensal através de email e plataformas Web foi identificada como a melhor prática tanto para utilizadores como para fornecedores.

Administração: Foram concebidos modelos de processos "to-be" para tarefas administrativas, centradas em várias ações que os utilizadores podem realizar no portal online. Foram desenvolvidos processos para o registo de contas bancárias, aplicação e suspensão de cartões RFID, registo e remoção de pontos de carregamento, alteração de horas de funcionamento e desativação de contas de utilizador. Os clientes puderam registar pontos de carregamento adicionais, que foram verificados de acordo com os padrões da CrowdStrom antes de serem adicionados à rede.

Os processos "to-be" resultantes da CrowdStrom apresentaram uma estrutura bem estruturada e eficiente para um serviço de partilha *peer-to-peer* para o carregamento de veículos elétricos, abordando desafios relacionados com o registo, autenticação, carregamento, faturação e administração. Ao seguir as melhores práticas e incorporar funcionalidades amigáveis ao utilizador, a CrowdStrom visava criar uma rede extensa e acessível de estações de carregamento para acelerar a adoção de veículos elétricos.

Após a análise dos processos existentes nas organizações envolvidas no campo de carregamento de VE para identificar as melhores práticas, foram obtidas várias conclusões:

Desenvolver uma plataforma de partilha P2P para carregamento de VE requer a combinação dos aspetos técnicos do carregamento de VE com a função alocutiva da Economia partilhada, que conecta oferta e demanda no mercado. Embora essa combinação apresente muitos desafios, a maioria dos problemas fundamentais podem ser resolvidos por meio de soluções existentes que são aplicáveis diretamente ao caso (processos administrativos da Economia partilhada) ou que podem ser adaptadas para atender aos requisitos do caso (processos técnicos de carregamento de VE).

Com base nos resultados obtidos através da aplicação do Ciclo de Vida do BPM, o CrowdStrom avançará em breve para uma solução madura operada pela Stadtwerke Münster. Após a

comprovação da sua funcionalidade no ambiente da Stadtwerke Münster, o próximo passo será testar a inclusão de fornecedores P2P num mercado local. Para isso, uma extensa análise do mercado está em curso para determinar o número de potenciais clientes (fornecedores e utilizadores) no mercado local e a disposição desses clientes para pagarem por esse serviço de carregamento.

No geral, o Ciclo de Vida do BPM proporcionou as ferramentas adequadas para os problemas enfrentados no projeto, superando a ausência de padrões e modelos de referência no domínio do carregamento de VE por meio da elucidação de modelos de processo de organizações ativas nesse campo, bem como da análise e implementação desses modelos num protótipo de software prestes a ser lançado numa operação real.

2.3 Aplicações

No mercado existe alguma variedade de aplicações móveis com o efeito e finalidade parecidos ao da aplicação ReChargeMe proposta neste documento. Este tipo de aplicações enquadram-se na categoria dos sistemas peer-to-peer (P2P) EVs (Electric Vehicles) Charger Sharing.

Em seguida serão apresentadas as principais aplicações que serviram de referência no desenvolvimento da ReChargeMe app.

2.3.1 EVmatch

EVmatch é uma aplicação de partilha de carregadores de carros elétricos que permite aos utilizadores encontrar e reservar carregadores disponíveis na sua área. Os proprietários de carregadores podem publicar os seus equipamentos na aplicação, definir preços e horários. Por outro lado, os utilizadores de veículos elétricos podem reservar e pagar pelo serviço através da aplicação. Embora atualmente apenas esteja disponível nos Estados Unidos, a EVmatch oferece uma solução conveniente para a partilha de carregadores nos estados com alta adoção de veículos elétricos, contribuindo para a expansão da infraestrutura de carregamento e adoção da mobilidade elétrica [11].



Figura 2.4- Logótipo da aplicação EVmatch [11]

Devido à aplicação EVmatch apenas estar disponível nos Estados Unidos, tivemos de utilizar uma VPN para poder instalar e testar a aplicação no dispositivo.

Visualmente a aplicação tem um estilo simples, um pouco desatualizado, ao iniciar pela primeira vez, é pedido que o utilizador crie uma conta nova, de seguida é pedido para escolher o veículo que conduz e finalmente a aplicação entra no ecrã inicial.

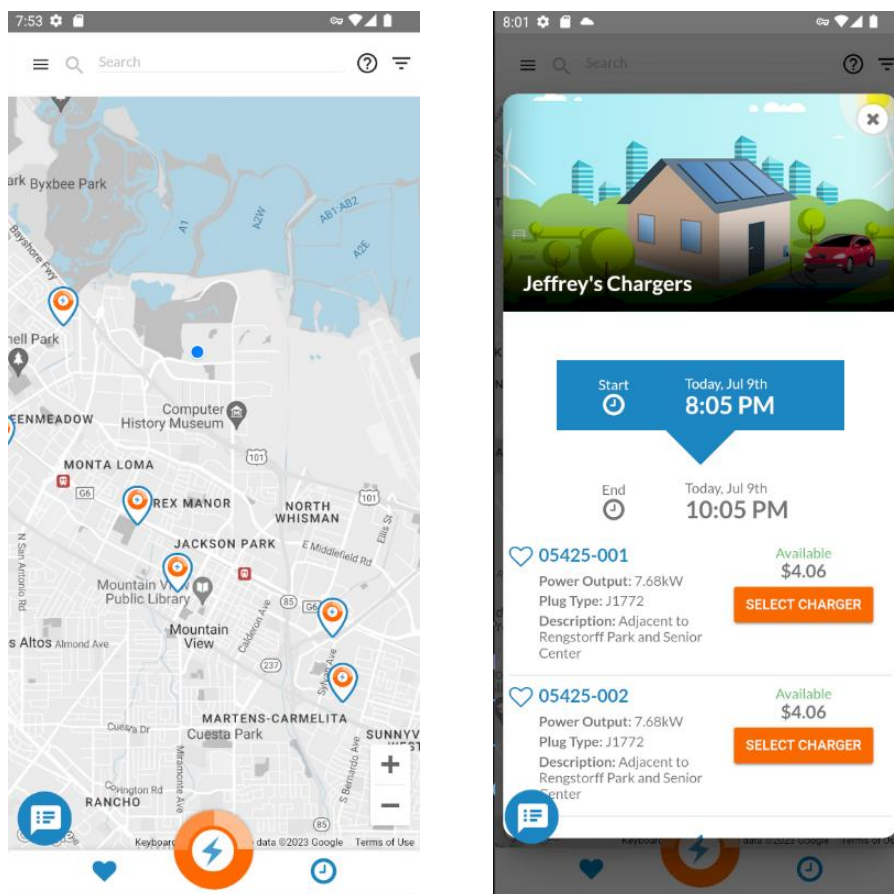


Figura 2.5- Ecrãs da aplicação EVmatch. À esquerda o ecrã do mapa com os carregadores, à direita o ecrã dos carregadores disponíveis na casa de um proprietário

Na página principal temos o mapa da zona em que nos situamos e os marcadores dos carregadores à nossa volta (Figura 2.5). A barra do menu em baixo contém 3 botões, um para a página de favoritos, o do centro que serve para fazer um carregamento no momento através do chargerId e por último o botão da página do histórico de carregamentos.

Ao carregar num carregador, é aberto um *popup view* com a imagem e informações do carregador e a opção para eu escolher uma data e hora de carregamento.

Por alguma razão ao selecionar o carregador com a data e hora pré-definida, ocorre um *bug* nos valores apresentados no ecrã e não nos deixa efetuar a reserva (Figura 2.6).

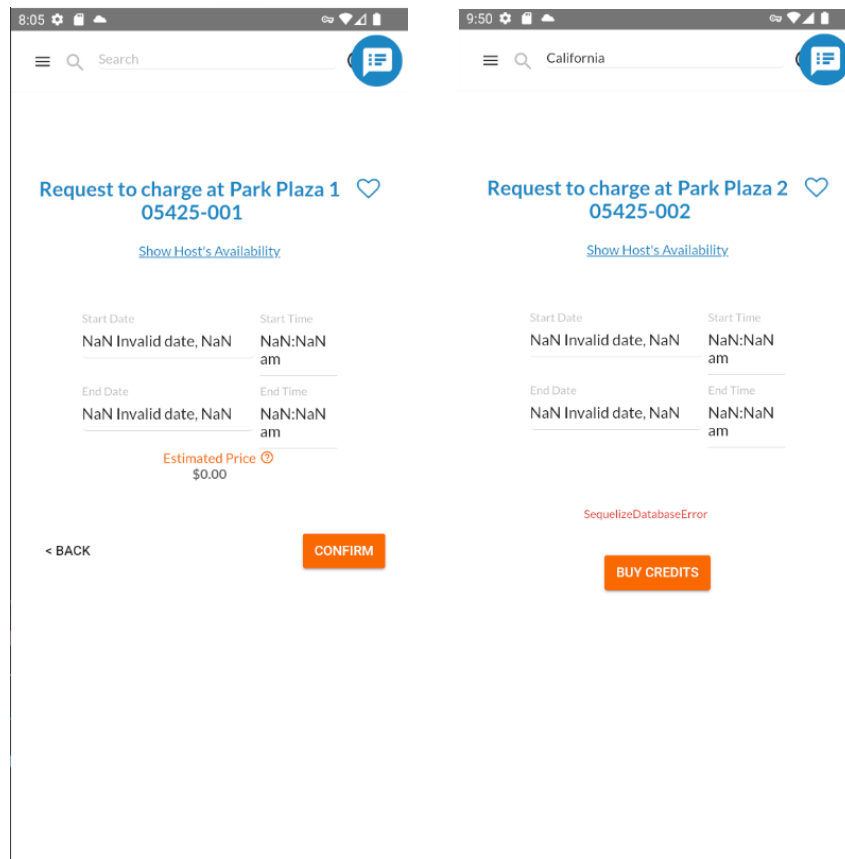


Figura 2.6- Ecrãs da reserva do carregador

Esta *app* engloba tanto a parte do condutor que quer carregar o carro, como a parte do dono do carregador que quer fornecer o espaço para carregar, o que pode não ser a melhor abordagem por diversas razões, que serão discutidas no capítulo seguinte do documento.

Criámos um carregador e foi relativamente simples, na primeira página é pedido para inserir as informações relativamente ao local do carregador, como morada, imagem da casa/posto e outras informações adicionais.

Na segunda e terceira página definimos a percentagem de valor que o dono recebe com o carregamento, neste caso é medido por cada kWh e definimos o horário de funcionamento do nosso carregador (Figura 2.7).

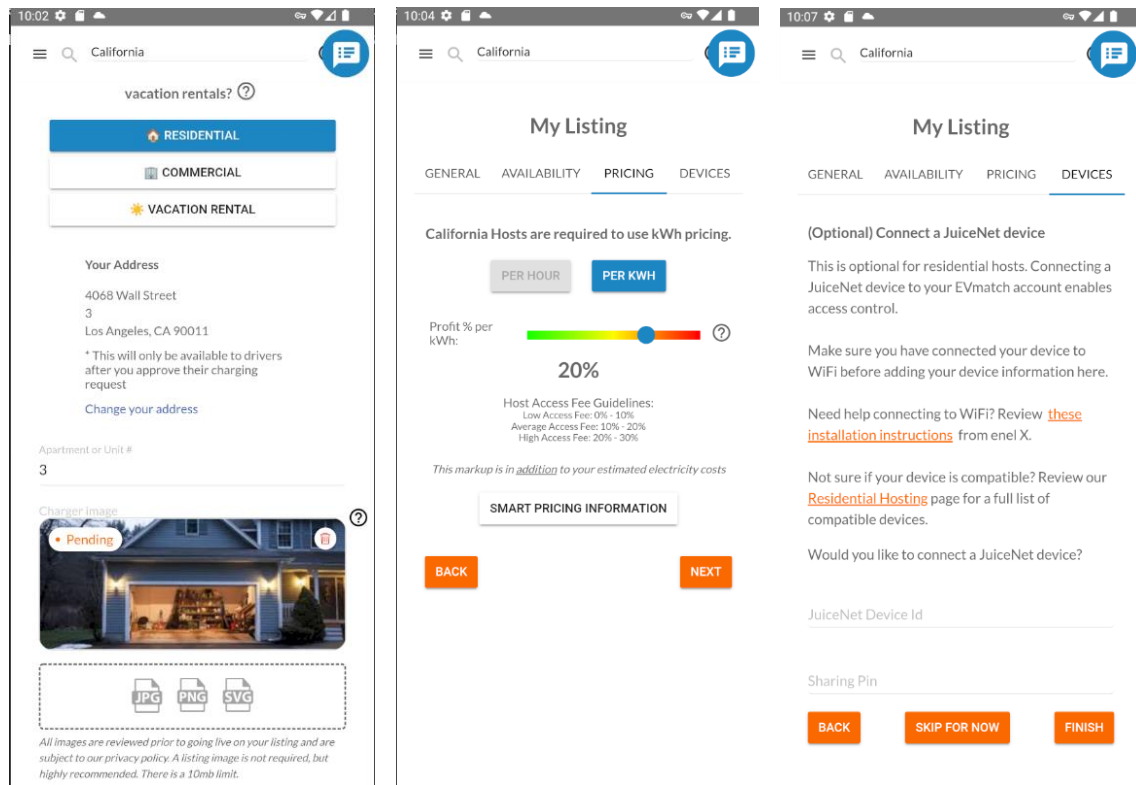


Figura 2.7- Ecrãs relativos aos passos durante a criação de um novo posto de carregamento

Por último temos a opção de poder integrar um carregador Enel x JuiceBox (Figura 2.8) [12], que são carregadores inteligentes para carros elétricos, que podem ser controlados por meio de uma aplicação.

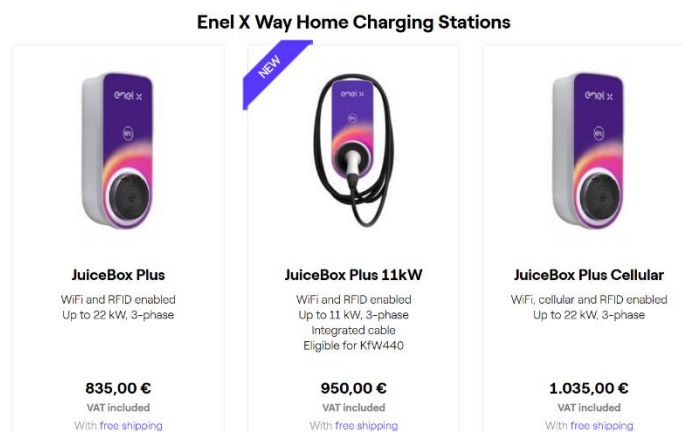


Figura 2.8- Carregadores inteligentes Enel X [12]

Segundo o Google Play, a aplicação tem mais de 10 mil downloads, já na App Store, não conseguimos encontrar o número de downloads, mas navegarmos pelo mapa da aplicação, conseguimos ver que existe uma quantidade significativa de aderentes ao longo do país, neste caso os Estados Unidos, mas especialmente nas grandes cidades como por exemplo Los Angeles e Florida (Figura 2.9).

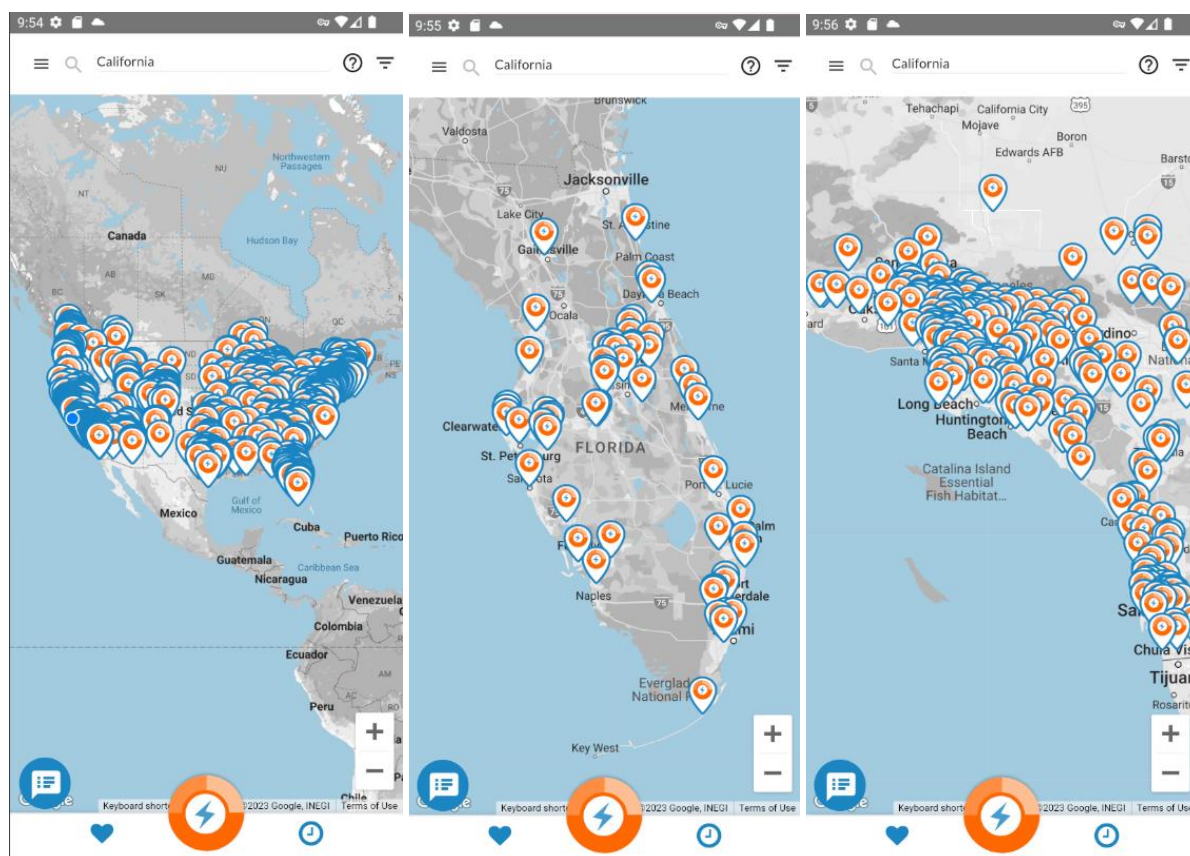


Figura 2.9- Ecrãs da aplicação com os carregadores no mapa. Mapa dos EUA (Primeira), mapa da Florida (segunda) e mapa de Los Angeles (terceira)

Apesar de 10 mil downloads ser um número considerável, se compararmos com o número total de carros elétricos que existem nos Estados Unidos, que segundo uma pesquisa são cerca de 3 milhões, este número deixa de ser tão relevante.

É possível que uma das razões para tal desinteresse seja o design e a interação pouco apelativa e desatualizada que a app tem, para não falar de alguns *bugs* que ocorreram durante os testes e a sua utilização. Além disso notámos também que os servidores da base de dados da aplicação eram lentos, principalmente quando abria um novo carregador e a sua imagem levava alguns segundos a carregar, não sabemos se isto possa ter a ver com o facto de estarmos a usar VPN, o que atrasa a velocidade da Internet.

Outro ponto negativo que não achámos nada prático é o modo de pagamento e de transações feitos dentro da aplicação. A forma de pagamentos feitos dentro da *app* é feita através de créditos, onde o utilizador tem de comprar créditos para a sua carteira, e utilizar estes para os pagamentos dos carregamentos. O utilizador apenas pode comprar 2 tipos de pacotes de

créditos, onde cada crédito equivale a 1 dólar, um pacote de 10 créditos e outro de 40. Isto implica que o utilizador esteja sempre a comprar pacotes para poder efetuar os carregamentos, sendo que era muito mais prático e simples os pagamentos serem feitos através de cartão de crédito ou outro tipo de pagamento automático.

2.3.2 JustCharge(JustPark)

JustPark [13] é uma aplicação popular do Reino Unido de P2P para estacionamento de carros, onde qualquer pessoa pode disponibilizar, a troco de um preço, o seu estacionamento a outro utilizador, e recentemente adicionou um recurso novo que permite os utilizadores partilharem estacionamentos ou espaços com carregadores para carros elétricos, ao que chamou de JustCharge [14].



Figura 2.10- Logótipo da empresa JustCharge

Este recurso inovador que permite a partilha de carregadores de carros elétricos entre proprietários de veículos. Através desta plataforma, os utilizadores podem alugar os seus carregadores quando não estão em uso, o que lhes permite obter rendimentos adicionais e ajudar a compensar os custos associados à compra de um veículo elétrico. A aplicação estabeleceu uma parceria com o serviço de mapeamento de pontos de carregamento, Zap Map, e atualmente disponibiliza cerca de 1600 carregadores residenciais no Reino Unido [15].

Através da JustCharge, os utilizadores da aplicação têm a possibilidade de localizar e reservar horários em carregadores residenciais de forma conveniente. Além disso, esta iniciativa não só beneficia os utilizadores do JustCharge e do Zap Map, como também está disponível para os milhares de condutores que já utilizam o JustPark para estacionamento de veículos elétricos. Segundo a JustCharge, um em cada cinco britânicos com veículos elétricos estão dispostos a partilhar os seus carregadores residenciais, especialmente aqueles que não têm acesso a um ponto de carregamento em casa ou no trabalho.

Mais uma vez, devido à aplicação apenas estar disponível no Reino Unido, tivemos de utilizar VPN para ter acesso às suas funcionalidades.

De salientar que, como este recurso (JustCharge) é um extra da aplicação principal, a aplicação JustPark não é um concorrente direto à ReChargeApp, porque a sua principal finalidade é o

estacionamento de carros e não o carregamento de VE, logo as suas funcionalidades para este objetivo são mais reduzidas.

A aplicação JustPark (Figura 2.11) funciona de forma semelhante à aplicação anterior (EVmatch), mas em vez de mostrar carregadores mostra estacionamentos, onde podemos escolher um estacionamento para o carro numa certa data durante um certo tempo específico e agora tem a opção de mostrar estacionamentos com carregadores elétricos, onde o preço é cobrado por hora de utilização, então além de pagar por ter o carro estacionado, o utilizador paga também pela utilização do carregador.

Com esta opção seleccionada, escolhemos a data e hora que queremos estacionar/carregar o carro e somos direcionados, consoante a nossa localização, para o estacionamento mais perto de nós. Ao seleccionar o estacionamento aparece-nos as informações sobre o mesmo, como especificações e imagens do local e por fim no *checkout*, aparece o preço total a pagar, que é relativo ao preço cobrado para estacionar mais o preço cobrado para utilizar o carregador, tudo calculado por hora.

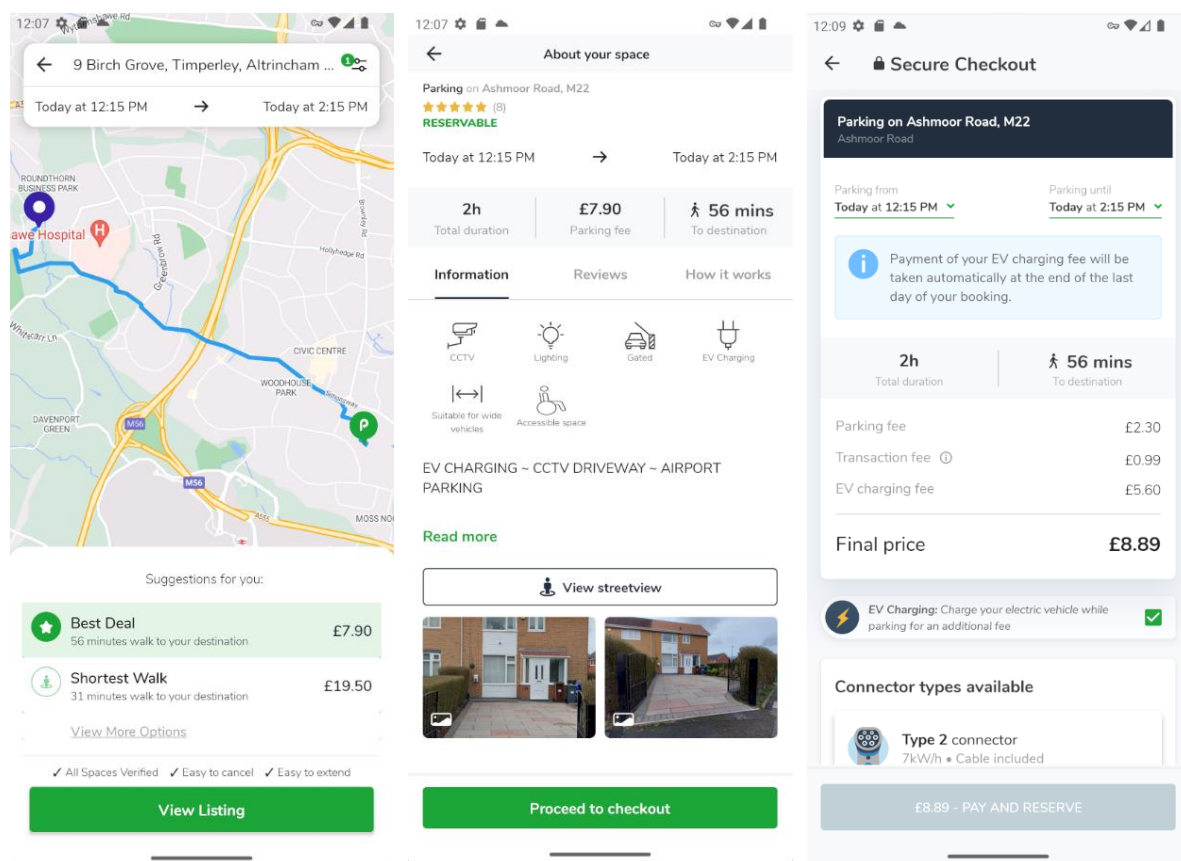


Figura 2.11- Ecrãs da aplicação JustPark. Ecrã com o mapa e seleção do carregador (primeiro), ecrã com as especificações do carregador (segundo) e ecrã com os preços e opção de pagamento (terceiro)

Apesar da aplicação JustPark estar apenas disponível no Reino Unido, esta tem bastante popularidade, no Google Play tem mais de 1 milhão de downloads e muitos mais na App Store, segundo o próprio site, existem mais de 10 milhões de condutores que utilizam a aplicação, o que é um número interessante.

Apesar de não lidar diretamente com as funcionalidades do carregamento dos carros elétricos e de não ser o seu foco principal, não deixa de ser uma *app* bastante desenvolvida e com um posicionamento forte no mercado.

2.3.3 Miio

A *startup* portuguesa Miio [16] inovou ao oferecer a primeira opção de carregamento para veículos elétricos na rede elétrica nacional MOBI.E sem a necessidade de cartões físicos. Através da sua aplicação, os utilizadores podem efetuar pagamentos digitais em mais de 2000 pontos de carga em Portugal, tornando o processo de carregamento mais simples e desmaterializado. Fundada por ex-estudantes da Universidade de Aveiro e lançada em 2019, a aplicação Miio fornece informações detalhadas sobre os custos de carregamento, localização de pontos de carga, potência disponível e preços. Além disso, permite aos utilizadores receber notificações sobre a disponibilidade de postos de carga desejados, comparar preços, acompanhar o estado da rede nacional e planejar rotas. Esta solução digital proporciona maior transparência e controle sobre o carregamento de veículos elétricos, eliminando a necessidade de cartões físicos e oferecendo aos utilizadores a capacidade de monitorar em tempo real os custos e o progresso do carregamento. Com a aplicação Miio, a experiência de carregamento tornou-se totalmente digital e simplificada.

2.3.4 EDP Charge

A EDP Charge App [17] é uma aplicação móvel abrangente que oferece uma solução completa para facilitar o carregamento de veículos elétricos em Portugal. Disponível para dispositivos iOS e Android, a aplicação coloca nas mãos dos utilizadores um conjunto de recursos essenciais para a mobilidade elétrica. Com a EDP Charge App, os utilizadores podem localizar facilmente os mais de 4000 pontos de carregamento público em todo o país, obter informações detalhadas sobre estes pontos, incluindo localização, disponibilidade, potência e tarifas. Além disso, a aplicação permite agendar carregamentos, o que é especialmente vantajoso para aproveitar tarifas de eletricidade mais baixas durante as horas vagas.

A aplicação também atende às necessidades das empresas que adotaram veículos elétricos. A aplicação oferece uma solução de gestão integrada para carregadores de frotas corporativas, permitindo que as empresas monitorem o uso dos carregadores, realizem acertos de contas automáticos com os colaboradores e tenham uma visão abrangente do consumo de energia. Esta funcionalidade torna-se cada vez mais importante à medida que mais organizações optam pela eletrificação das suas frotas.

2.3.5 PlugShare

O PlugShare [18] é uma aplicação gratuita para condutores de veículos elétricos disponível para iOS, Android e web. Esta oferece aos utilizadores a capacidade de localizar estações de carregamento, deixar comentários e avaliações e conectar-se com outros proprietários de veículos elétricos. A aplicação é conhecida por possuir o mapa de carregamento público mais preciso e completo em todo o mundo, abrangendo estações de todas as principais redes na América do Norte, Europa e em muitas outras partes do mundo.

Além de ser uma ferramenta de localização de estações de carregamento, o PlugShare é o lar da maior comunidade de condutores de veículos elétricos no mundo. Diariamente, os condutores adicionam novas localizações de estações, tornando a aplicação mais completa, poderosa e precisa. Apesar de não ser o foco principal da aplicação, esta permite aos utilizadores também poderem registar as suas próprias estações de carregamento doméstico para uso público. Esta funcionalidade permite que os proprietários tenham controle sobre a disponibilidade, horários e termos de utilização das suas estações, promovendo a partilha de recursos.

3 Modelo Proposto

A arquitetura de qualquer sistema ou aplicação é fundamental para garantir a sua robustez, escalabilidade e capacidade de resposta às necessidades dos seus utilizadores. No contexto da nossa aplicação móvel P2P para partilha de carregadores de Veículos Elétricos (VE), a conceção da arquitetura é determinante para suportar a interação entre dois tipos distintos de utilizadores: os proprietários de veículos elétricos e aqueles que desejam disponibilizar um espaço para carregamento.

Neste sentido, delineou-se uma estrutura que promove não apenas a funcionalidade essencial, mas também a eficiência e a simplicidade na utilização. Com base em análises preliminares e considerando as características intrínsecas do mercado e dos utilizadores finais, concluiu-se que a abordagem mais propícia seria a criação de duas aplicações distintas. Esta decisão será mais detalhadamente abordada e justificada no tópico subsequente. As aplicações, mesmo sendo duas, são desenvolvidas de forma a trabalharem em conjunto, mas mantendo a sua individualidade, garantindo que as especificidades de cada grupo de utilizadores sejam plenamente atendidas.

A primeira aplicação, dedicada aos utilizadores de veículos elétricos, terá como principal objetivo disponibilizar informações pertinentes sobre postos de carregamento próximos, a sua disponibilidade, tempos de carregamento estimados, entre outros detalhes pertinentes. A interface da aplicação procura simplificar a experiência do utilizador, garantindo que o acesso à informação seja intuitivo e rápido.

Por outro lado, a aplicação destinada aos fornecedores de serviço de carregamento foca-se em funcionalidades como a gestão do espaço de carregamento, gestão de disponibilidade, estabelecimento de preços e interação com potenciais clientes. Adicionalmente, será incorporada a possibilidade de trabalhar com a implementação de um "smart plug" - um dispositivo inteligente que permitirá ao fornecedor controlar o carregamento de forma automatizada e eficiente. Esta ferramenta deverá servir como uma plataforma robusta, permitindo que estes fornecedores possam gerir eficazmente o seu serviço.

A intercomunicação proposta entre ambas as aplicações deverá ser assegurada através de interfaces bem definidas, garantindo a integridade e a atualidade da informação. Planeia-se um *backend* coeso, construído sobre plataformas modernas e escaláveis, que suporte, em teoria, o fluxo de dados entre as duas aplicações e o armazenamento seguro de informação relevante.

Neste capítulo será então explicado o conceito de duas aplicações, irão ser demonstrados os casos de utilização, assim como um estudo sobre o público-alvo e, por último, será apresentada a arquitetura do sistema.

3.1 Duas aplicações

O conceito de desenvolver duas aplicações independentes, mas interligadas, não é uma ideia nova no contexto das aplicações móveis P2P. Uma análise sobre a indústria revela que empresas líderes no mercado de mobilidade, como a Uber e a Bolt, também adotaram essa

estratégia. Estas empresas, atuantes na partilha de transportes, desenvolveram aplicações distintas para condutores e passageiros, atendendo de forma especializada as necessidades de cada um destes grupos.

Existem várias razões estratégicas e técnicas para esta decisão. Os principais benefícios desta abordagem são:

- **Personalização da Experiência do Utilizador:** Cada aplicação pode ser otimizada para o seu público-alvo específico. Enquanto um proprietário de um veículo elétrico procura informações sobre postos de carregamento, um fornecedor de carregamentos tem necessidades centradas na gestão e oferta do serviço. Ao segmentar as aplicações, garantimos que cada interface seja desenhada para atender de forma específica e eficaz as expectativas de cada grupo.
- **Gestão Eficiente de Recursos e Segurança:** Com aplicações distintas, minimiza-se o risco associado a potenciais falhas ou ataques. Uma vulnerabilidade ou falha numa das aplicações não comprometeria diretamente a outra. Isto não só garante uma maior resiliência do sistema como um todo, mas também otimiza a gestão de recursos, visto que cada aplicação pode ser desenvolvida e mantida de forma mais focada.
- **Atualizações Segmentadas:** Ao disponibilizar uma atualização para um grupo específico, como os condutores, apenas estes necessitariam de atualizar a sua aplicação. Isto evita o inconveniente de forçar todos os utilizadores a fazerem atualizações que não beneficiariam diretamente a sua experiência de uso.
- **Leveza e Simplicidade Operacional:** Concentrar todas as funcionalidades numa única aplicação tornaria a mesma excessivamente pesada e complexa. Ao dividir as funcionalidades, garantimos que cada aplicação permaneça leve, ágil e simples de usar. A complexidade adicional poderia desencorajar a adoção e o uso contínuo da aplicação por parte dos utilizadores.
- **Flexibilidade e Evolução Independente:** Com duas aplicações, tem-se a flexibilidade de evoluir cada uma delas de forma autónoma, de acordo com as necessidades específicas de cada grupo de utilizadores. Isto permite uma adaptação mais rápida às mudanças de mercado e feedback dos utilizadores.

A decisão de desenvolver duas aplicações separadas, no entanto, não implica o dobro do esforço ou complexidade exagerada. Com uma arquitetura de *backend* coesa e bem definida, a comunicação entre ambas as aplicações pode ser facilitada e otimizada. Esta estrutura oferece a flexibilidade necessária para evoluir cada aplicação de forma independente, ao mesmo tempo que mantém uma intercomunicação fluida e eficiente.

A exemplo da Uber e da Bolt, acreditamos que a nossa abordagem de duas aplicações independentes, mas complementares, irá maximizar a satisfação do utilizador e a eficiência operacional. Esta estratégia alia-se à crescente demanda por soluções personalizadas no mercado digital e à necessidade de proporcionar experiências intuitivas e ágeis aos utilizadores, sejam eles proprietários de veículos elétricos ou fornecedores de serviços de carregamento.

3.2 Casos de utilização

Após uma análise das necessidades dos utilizadores potenciais da nossa plataforma peer-to-peer para partilha de carregadores de Veículos Elétricos (VE), foram definidos os requisitos e casos de utilização centrais para a aplicação. Os perfis de utilização da aplicação foram segmentados em dois grupos principais: Proprietário de Veículo Elétrico (PVE) e Fornecedor de Serviço de Carregamento (FSC). De seguida são apresentados os principais casos de utilização.

Para ambos os utilizadores:

- **Registo e Autenticação:** Capacidade para os utilizadores se registarem e autenticarem na aplicação, garantindo a segurança dos seus dados.
- **Chat entre PVE e FSC:** Uma plataforma de comunicação integrada que permite a interação direta entre os proprietários de veículos elétricos e os fornecedores de serviço.
- **Monitorização e Gestão do Carregamento em Tempo Real:** Ambos os perfis terão a capacidade de monitorizar e gerir o carregamento enquanto este está a decorrer.
- **Notificações de Aviso:** Sistema de alertas para manter os utilizadores informados sobre mensagens no chat, progresso do carregamento, e outros alertas relevantes.

Aplicação para o Proprietário de Veículo Elétrico (PVE):

- **Localização de Pontos de Carregamento:** Facilidade em visualizar pontos de carregamento disponíveis nas proximidades, com detalhes pertinentes.
- **Reserva de Pontos de Carregamento:** Possibilidade de reservar um local para carregar o seu veículo elétrico.
- **Comunicação por Voz (Free Hands):** Opção de comunicação enquanto conduzem, assegurando a sua segurança.
- **Visualização de ícones distintos para Tipos de Carregadores:** Representações gráficas distintas consoante o tipo de carregador.
- **Método de Avaliação do Carregamento:** Capacidade de avaliar a experiência após o carregamento.
- **Cálculo da Energia e Preço:** Ferramenta que estima o consumo energético e o custo associado ao modelo específico do veículo elétrico.
- **Seleção de Veículo Elétrico:** Lista abrangente de modelos de carros elétricos para facilitar a seleção por parte do PVE.

Aplicação para o Fornecedor de Serviço de Carregamento (FSC):

- **Gestão dos Carregadores:** Conjunto de ferramentas que permitem ao FSC adicionar, modificar ou remover carregadores que disponibilizam.
- **Adição detalhada de Carregadores:** Capacidade de criar um novo carregador e inserir detalhes específicos, incluindo tipo, capacidade, localização, entre outros.
- **Integração com "Smart Plug":** Opção para gerir carregamentos de forma automática através da conexão com dispositivos inteligentes.

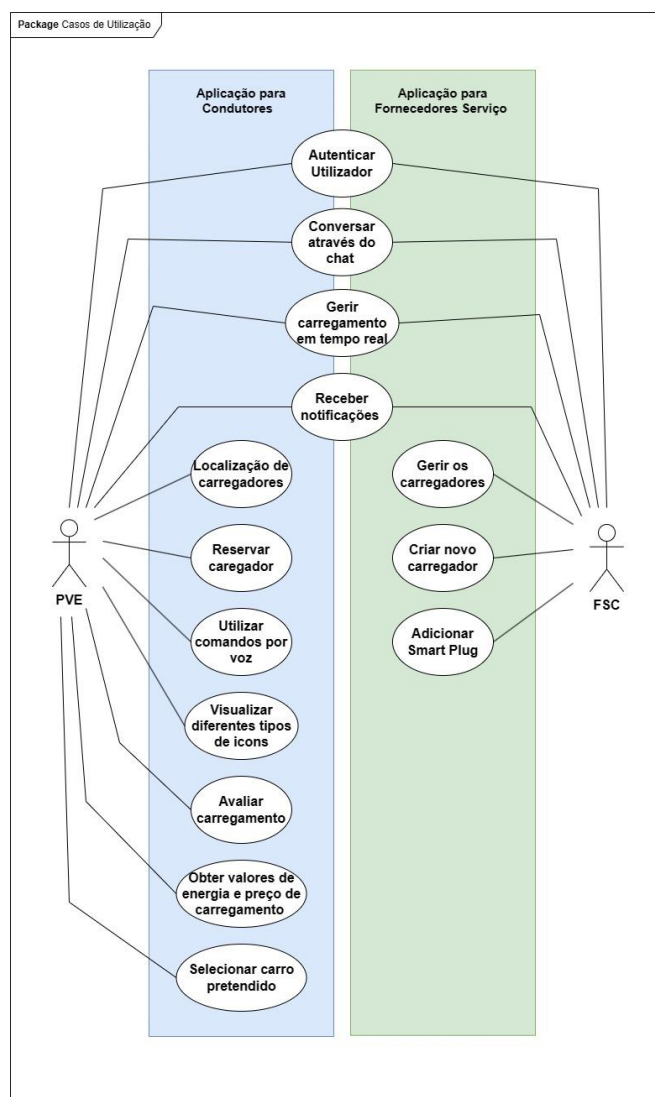


Figura 3.1- Casos de utilização

A definição destes casos de utilização (Figura 3.1) estabelece as bases fundamentais para o desenvolvimento de ambas as aplicações, garantindo que as mesmas sejam ajustadas, intuitivas e atendam plenamente às necessidades dos diferentes grupos de utilizadores.

3.3 Público-Alvo

Existem algumas distinções entre o público-alvo da aplicação para Proprietários de Veículos Elétricos (PVE) e o da aplicação para Fornecedores de Serviços de Carregamento (FSC). Cada grupo tem as suas particularidades, necessidades e razões para se juntar às respetivas plataformas. Assim, a análise que se segue é estruturada com base em cada grupo.

O público-alvo da aplicação dos FSC centra-se, maioritariamente, em três categorias:

- **Proprietários Individuais de Veículos Elétricos com Infraestrutura de Carregamento:** Pessoas que, ao possuírem um veículo elétrico, instalaram um ponto de carregamento em casa e pretendem obter um retorno financeiro deste investimento, disponibilizando o serviço de carregamento a terceiros.
- **Investidores e Empresários:** Indivíduos ou pequenas empresas que vêem uma oportunidade no mercado de carregamento de veículos elétricos. Estes poderão não ter um veículo elétrico, mas entendem o potencial económico de oferecer pontos de carregamento num formato peer-to-peer.
- **Estabelecimentos Comerciais e Espaços Públicos:** Lugares como centros comerciais, hotéis ou restaurantes que já têm infraestruturas privadas de carregamento e querem maximizar a utilização deste recurso, permitindo o carregamento ao público em geral.

O principal motivo que poderá levar os FSC a aderir à plataforma é a perspetiva de rentabilização. A capacidade de gerar rendimento adicional através da disponibilização de pontos de carregamento será um forte atrativo para a adesão à aplicação.

A aplicação destinada aos PVE tem como alvo principal os condutores de veículos elétricos e a previsão de aderência está diretamente relacionada com a crescente aderência a estes veículos. A lógica é direta: à medida que mais pessoas aderem aos veículos elétricos, espera-se um aumento na utilização da aplicação. Para uma compreensão mais profunda sobre os comportamentos e preferências deste grupo, iremos fundamentar-nos no estudo do inquérito "CTEK – ELECTRIC VEHICLE SURVEY" [19].

- **Organização:** Entre fevereiro e março de 2021, a CTEK conduziu um inquérito abrangente sobre as opiniões e experiências dos proprietários de veículos elétricos, bem como as perspetivas dos não proprietários em relação à adoção de VE.
- **Participantes:** O estudo contou com a participação de 15.174 adultos com idade igual ou superior a 18 anos.
- **Metodologia:** O inquérito foi realizado online.

- **Geografia:** Os participantes são oriundos de cinco países europeus: Alemanha, Países Baixos, Noruega, Suécia e Reino Unido. Esta diversidade geográfica fornece uma visão abrangente das tendências e comportamentos relacionados aos VE na Europa.
- **Demografia:** A maioria dos proprietários de VE enquadra-se na faixa etária de 18 a 44 anos. Estes são, em grande parte, indivíduos urbanos, pertencentes à classe média e alta, com uma inclinação para soluções sustentáveis e uma paixão por inovações tecnológicas.

Em relação aos participantes proprietários de VE, foram obtidas as seguintes conclusões:

- **Carregamento em Casa:** Uma significativa proporção, 57%, dos proprietários de VE prefere carregar os seus veículos em casa. Este comportamento sugere a importância da conveniência e da facilidade de acesso ao carregamento.
- **Método de Carregamento:** A maioria dos proprietários de VE (66%) carrega os seus veículos usando o seu ponto de carregamento pessoal. Isto indica uma preferência por soluções de carregamento personalizadas e confiáveis.
- **Durabilidade do Ponto de Carregamento:** Quase metade dos que instalaram um ponto de carregamento em casa (em média 42%) afirmou que é improvável que alguma vez o substituam. No entanto, 10% consideram a possibilidade de o mudar nos próximos 12-24 meses. As principais razões para considerar uma mudança incluem a falta de certas funcionalidades no carregador atual, como equilíbrio de carga e a capacidade de se conectar a outras fontes de energia, como painéis solares.
- **Localizações de Carregamento:** A ansiedade em relação aos locais de carregamento, onde estavam e como encontrá-los, foi a principal preocupação para os proprietários de VE, com uma resposta média de 25%. Esta preocupação variou apenas ligeiramente entre grupos etários e géneros.
- **Variedade de VE Disponíveis:** A variedade limitada de VE disponíveis foi a segunda maior preocupação, com uma média de 17%. Embora esta preocupação tenha sido relativamente baixa na maioria das nacionalidades (9-22%), foi uma preocupação particular para as pessoas dos Países Baixos (46%). No entanto, a "variedade de VE disponíveis" foi geralmente baixa e consistente em todos os grupos etários e géneros (15-19%).
- **Custo do Veículo:** O custo do veículo foi a terceira maior preocupação para os proprietários, com uma média de 16%. As pessoas da Noruega foram as menos preocupadas (4%). A divisão por género mostrou que o custo foi mais problemático para os homens (20%) do que para as mulheres (11%).

Em relação aos participantes não proprietários de VE (Figura 3.2), foram obtidas as seguintes conclusões:

- **Custo de Venda:** O custo de venda foi a principal razão pela qual muitos não proprietários não compraram um EV (média de 37%). O Reino Unido apresentou a maior preocupação com o preço (52%), enquanto a Noruega (18%) e os Países Baixos (16%) mostraram menor preocupação. A preocupação com o custo de venda foi sentida de forma mais ou menos uniforme por todos os grupos etários e gêneros (31-40%).
- **Falta de infraestruturas:** Houve alguma preocupação sobre não ter a infraestrutura adequada em casa (média de 30%, mas menor nos Países Baixos e na Noruega). Havia também uma preocupação semelhante à dos proprietários sobre não ter a infraestrutura de carregamento adequada na sua área local ou no trabalho (média de 26%, mas novamente menor nos Países Baixos e na Noruega).
- **Barreiras à Compra:** A principal barreira para a compra de um VE parecia ser que muitas pessoas, independentemente da nacionalidade, grupo etário e gênero, simplesmente não queriam trocar o seu veículo atual no momento. Isto foi consistente com uma média de 36%, mas aumentou para 44% para o grupo etário de 55+.
- **Probabilidade de Compra Futura:** No entanto, quando questionados se eram prováveis ou improváveis de comprar um VE no futuro, o grupo etário de 18-44 anos disse que era muito mais provável que comprassem (média de 52%), enquanto o grupo de 45-55+ era menor, com 38%. Os homens eram mais propensos a comprar um VE do que as mulheres (48% contra 36%). A maioria das nacionalidades também tendia a "provavelmente comprar", com a resposta mais alta vindo do Reino Unido, com 49%.

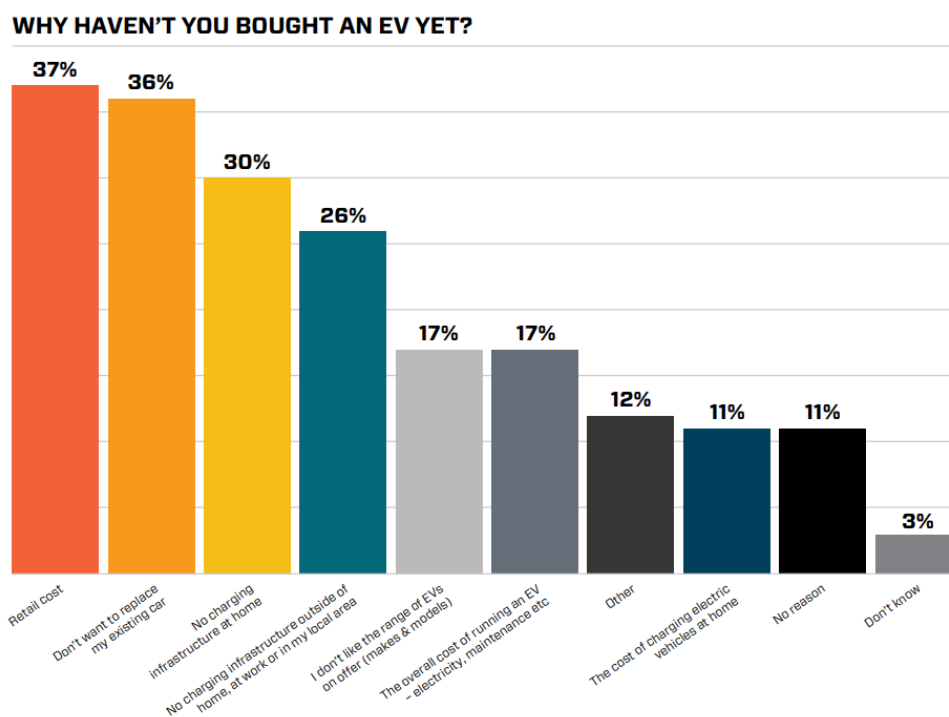


Figura 3.2- Respostas à pergunta: Porque ainda não comprou um VE? [19]

Ao analisar as respostas dos inquiridos sobre as suas motivações para a compra ou potencial compra de um VE (Figura 3.3), foram observadas algumas semelhanças e diferenças entre os proprietários e não proprietários.

- **Custos de Manutenção e Operação: Proprietários (1ª razão):** 38% citaram os custos operacionais mais baixos como a principal motivação para a compra. **Não Proprietários (1ª razão):** 24% indicaram que os custos operacionais mais baixos os persuadiriam a comprar um VE.
- **Benefícios Ambientais: Proprietários (2ª razão):** 24% mencionaram os benefícios ambientais. **Não Proprietários (4ª razão):** 12% viram as preocupações ambientais como um incentivo.
- **Subsídios Governamentais: Proprietários (4ª razão):** 11% indicaram que os subsídios governamentais foram uma motivação para a compra. **Não Proprietários (3ª razão):** 16% considerariam os subsídios governamentais como um incentivo para a compra.
- **Interesse pela Tecnologia EV: Proprietários (3ª razão):** 14% disseram que o interesse pela tecnologia EV foi uma razão para a compra. **Não Proprietários:** Este motivo foi o que teve menor peso, apenas 4% indicaram que o interesse na tecnologia os incentivaria a comprar um EV.
- **Infraestrutura de Carregamento: Não Proprietários (2ª razão):** 17% mencionaram o melhor acesso aos pontos de carregamento como um incentivo.
- **Incerteza: Não Proprietários:** 15% dos não proprietários indicaram que não sabiam o que os incentivaria a comprar um EV.

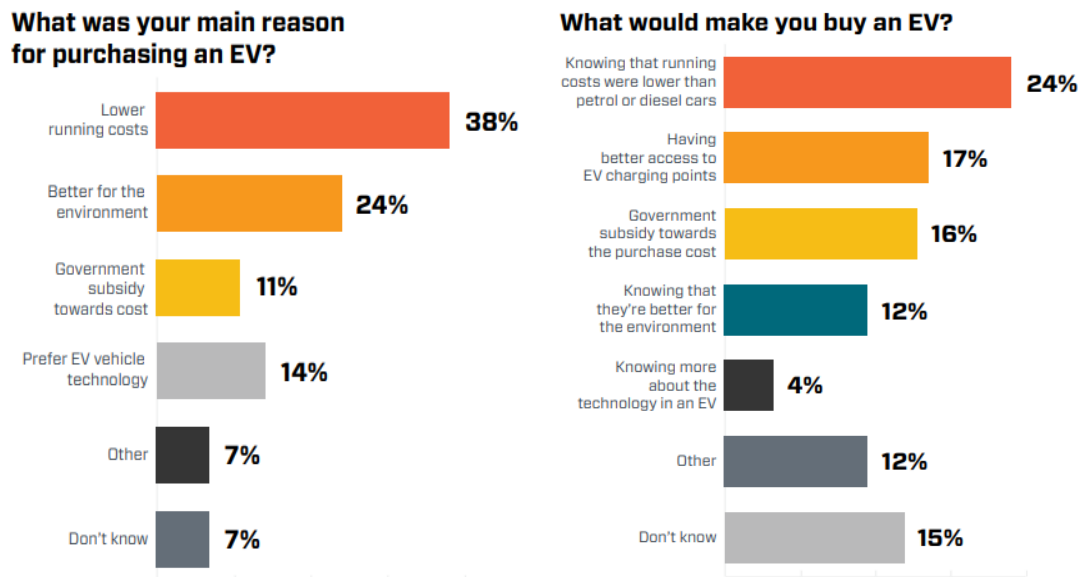


Figura 3.3- Gráfico das respostas às perguntas: Qual foi a razão principal para ter comprado um VE? / O que é que o levaria a comprar um EV? [19]

Infraestrutura de Carregamento de VE:

- **Perceção Geral:** Uma média de 70% de todos os inquiridos concordou que não existem infraestruturas de carregamentos de VE suficientes para atender à crescente demanda por veículos elétricos. Esta perceção foi consistente em todos os países, mesmo aqueles que são considerados líderes em tecnologia e propriedade de VE.

3.4 Arquitetura do Sistema

Apesar de o propósito final ser o desenvolvimento de duas aplicações distintas, foi feito inicialmente uma arquitetura que engloba as funcionalidades de ambas as aplicações e é representada por um único diagrama. A estrutura do sistema é composta pelo Smart Plug e por três estruturas principais: *Backend*, *Frontend* e *Serviços* (Figura 3.4).

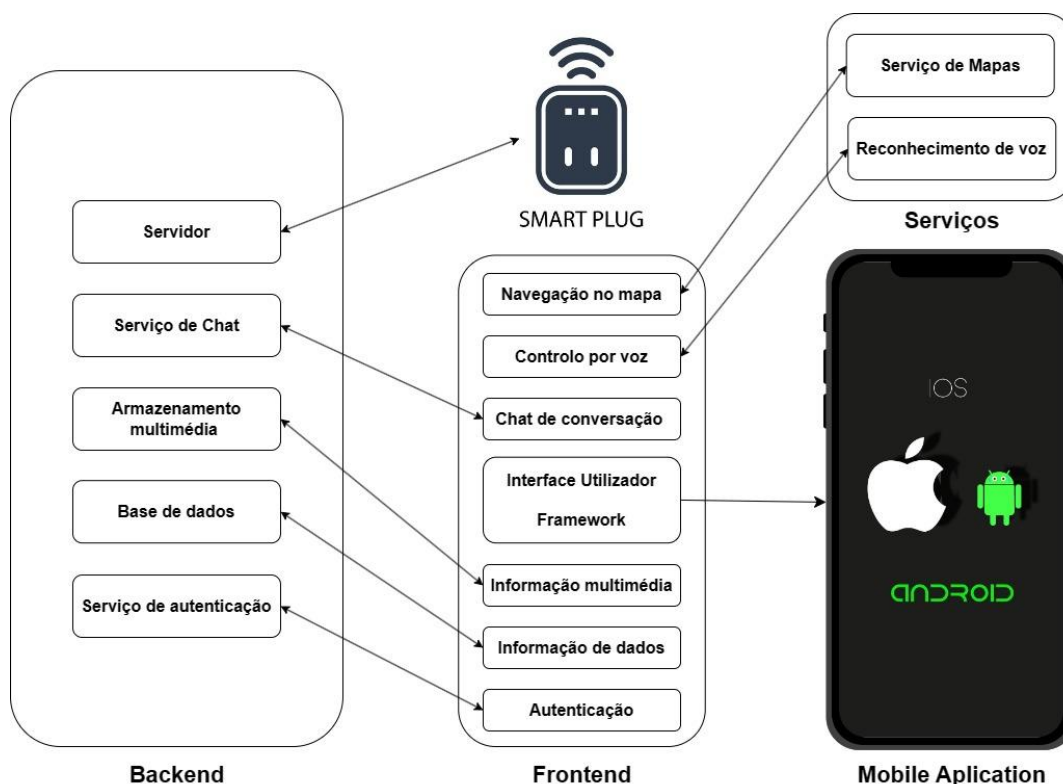


Figura 3.4- Arquitetura do sistema

3.4.1 Backend

O Backend, atua como o motor que coordena as operações em segundo plano. É responsável por fornecer e gerir os dados, garantindo a comunicação fluida com o cliente, fora do alcance do utilizador. É responsável pela gestão dos dados, processamento das solicitações feitas pelo Frontend nas aplicações móveis e pela coordenação com outros componentes, como o Smart Plug, assegurando que todas as funcionalidades se interligam entre si. O Backend é composto por:

- **Gestor do Smart Plug:** Servidor a correr em tempo real que gere o Smart Plug, enviando os comandos de comunicação necessários.
- **Gestor das notificações:** Servidor que gere as notificações, enviando estas para os dispositivos móveis.
- **Serviço de Chat:** Disponibiliza um serviço de *chat* para interação com o Frontend.
- **Armazenamento de Multimédia:** Local para armazenamento das imagens utilizadas na aplicação.
- **Base de Dados:** Responsável pelo armazenamento e gestão dos dados dos utilizadores e da aplicação.
- **Serviço de Autenticação:** Facilita a autenticação dos utilizadores através de *email* e *password*.

3.4.2 Frontend

O Frontend é a interface entre o utilizador e o sistema, proporcionando a interação e visualização dos dados. Assume um papel essencial na experiência do utilizador, sendo responsável pela estruturação e apresentação da informação de forma intuitiva e acessível. O Frontend inclui:

- **Navegação no Mapa:** Permite aos utilizadores navegar no mapa e ver o posicionamento dos carregadores.
- **Controlo por Voz:** Oferece a funcionalidade de controlar a aplicação através da voz.
- **Chat:** Um chat para os utilizadores conversarem entre si.
- **Interface Utilizador:** Software/framework usado para desenvolver a interface do utilizador e gerar a aplicação móvel.
- **Informação Multimédia:** Permite a visualização de conteúdo multimédia, como imagens.
- **Informação de Dados:** Facilita a visualização e gestão dos dados da aplicação.
- **Autenticação:** Autenticação dos utilizadores através de *email* e *password*.

3.4.3 Serviços

Os serviços consistem nas API e bibliotecas externas que disponibilizam funcionalidades adicionais para a aplicação. Os serviços incluem:

- **Serviço de Mapas:** Disponibiliza o mapa que será utilizado no Frontend.
- **Reconhecimento de Voz:** Oferece a funcionalidade de controlo por voz.

3.4.4 Smart Plug

Para que o processo de carregamento se torne autónomo, desprovido de qualquer requerimento de intervenção por parte do proprietário do carregador, torna-se imperativo a implementação de um dispositivo capaz de inicializar e concluir o carregamento de forma automatizada, sem necessitar de intervenção humana. Neste contexto, o dispositivo em questão assume a forma de um equipamento do tipo "Wifi Smart Plug," o qual se encontra conectado a uma rede Wifi e ao carregador do veículo elétrico. Este dispositivo é responsável por ativar e desativar o carregamento mediante comandos transmitidos pelo servidor encarregue de gerir esta operação.

4 Tecnologias e Arquitetura

A fase de Implementação é subdividida em três partes principais, que são interdependentes e complementares, cada uma contribuindo para o resultado final. A primeira parte envolve a seleção das tecnologias que serão utilizadas, garantindo que a arquitetura concebida seja implementada eficazmente, considerando as particularidades do projeto. A segunda parte é a representação dos diagramas de atividades, ferramentas valiosas que ilustram as funções e interações dentro da aplicação, delineando o fluxo de controlo e as atividades dos utilizadores, servindo como um guia para a implementação do código. A terceira e última parte é a construção das aplicações móveis, onde a arquitetura explicada anteriormente é traduzida para o código usando as tecnologias escolhidas, materializando as ideias e planos num produto real e funcional. A fase de Implementação é um processo relevante que requer uma abordagem estruturada e planeada, com seleção das tecnologias adequadas, representação das atividades através de diagramas e implementação do código, interligadas para conduzir ao desenvolvimento do projeto.

4.1 Tecnologias

Para determinar quais as tecnologias a utilizar no desenvolvimento da aplicação, foi efetuada uma pesquisa de modo a perceber quais as tecnologias mais prevalentes atualmente e que permitem satisfazer de melhor forma os objetivos deste projeto.

4.1.1 Servidores na Cloud

Para o desenvolvimento do backend, foram exploradas diversas abordagens e modelos, a fim de selecionar a opção mais adequada para o projeto.

Uma opção inicial seria criar um servidor do zero, o que nos concederia controle total sobre todas as funcionalidades e processos do sistema. No entanto, essa abordagem poderia ser demorada e complexa, pois exigiria o desenvolvimento individual de cada serviço e a resolução de questões como escalabilidade e segurança. Além disso, a manutenção contínua e a adição de novos recursos poderiam tornar-se desafios significativos.

Para ultrapassar estes obstáculos, optámos por adotar a estratégia de Backend-as-a-Service (BaaS). O BaaS constitui uma alternativa mais simplificada, permitindo-nos selecionar serviços específicos que atendam às necessidades do nosso projeto. Com esta abordagem, os fornecedores de BaaS disponibilizam diversos serviços e operações prontos para uso, como autenticação de utilizadores, gestão de base de dados, atualizações remotas, notificações *push*, serviços de armazenamento na nuvem, entre outros. Assim, ficamos libertos das preocupações com a infraestrutura do servidor, podendo concentrar-nos no desenvolvimento das funcionalidades específicas da aplicação.

Existem várias vantagens em usar um serviço BaaS, incluindo:

- **Escalabilidade:** Os serviços BaaS são projetados para escalar conforme a aplicação cresce. Isso elimina a necessidade de preocupações com a dimensão ou gestão da própria infraestrutura.
- **Desenvolvimento acelerado:** A variedade de serviços oferecidos pelos BaaS pode acelerar o desenvolvimento da aplicação, economizando tempo e recursos.
- **Fácil manutenção:** Estes serviços são projetados para serem fáceis de gerir. Isso significa que não é necessário haver preocupações com tarefas como gestão de servidores ou atualizações de segurança.

No mercado, existem várias opções de BaaS disponíveis, cada uma com as suas particularidades e pontos fortes. No nosso projeto, optamos pelos serviços fornecidos pela plataforma Firebase, uma plataforma da Google e com excelente desempenho para aplicações de média e pequena dimensão. O Firebase oferece diversos serviços, como autenticação de utilizadores com suporte para redes sociais (como Gmail e Facebook), notificações *push* e *cloud functions*, que nos permitem executar código no Backend automaticamente em resposta a eventos do Firebase e solicitações HTTPS (HiperText Transfer Protocol Secure).

Uma das principais características do Firebase é a disponibilidade de uma base de dados NoSQL, que utiliza o formato JSON para armazenar os dados. Essa abordagem oferece flexibilidade, permitindo que os dados sejam organizados em coleções e documentos. A escalabilidade é facilitada, já que podemos criar subcoleções e uma estrutura hierárquica que acompanha o crescimento da base de dados. No entanto, é importante mencionar que, devido à natureza NoSQL da base de dados, a realização de consultas complexas pode ser mais desafiadora em comparação com bases de dados SQL.

Apesar das limitações da base de dados NoSQL, foi decidido utilizar o Firebase como uma oportunidade de vivenciar uma abordagem diferente e explorar as suas vantagens e desafios. Isso permitiu-nos adquirir um novo conjunto de habilidades e experiência em trabalhar com uma base de dados não relacional.

No backend, está representado os principais serviços do Firebase usados, bem como a sua comunicação com outros serviços envolvidos.

- **Authentication:** Este serviço tem a responsabilidade de autenticar, realizar logout e registar um utilizador na aplicação, recebendo os dados do Frontend. Além disso, ele envia informações para o frontend, como verificar se o utilizador está autenticado e se está registado na plataforma.
- **Firestore Database:** Trata-se de uma base de dados na nuvem do tipo No-SQL, que mantém os dados sincronizados entre as aplicações dos clientes por meio de *listeners* em tempo real. Ele é associado à autenticação para controlar o acesso aos dados através de regras de segurança integradas.
- **Storage:** Este serviço é responsável pelo armazenamento de conteúdos de multimédia, como imagens e ficheiros. O Frontend grava esses ficheiros diretamente no armazenamento, mas para a leitura desses objetos, são enviados pelo Firestore Database através de um *link* que contém a localização do armazenamento do objeto.

- **Cloud Functions:** As Cloud Functions permitem que o código de Backend seja executado em resposta a eventos acionados por outros recursos do Firebase, como o Firestore e o Messaging.

- **Messaging:** Este serviço é utilizado para enviar notificações para o Frontend. O funcionamento do Messaging depende dos *tokens*, que são identificadores únicos representando os dispositivos que irão receber a notificação. Estes *tokens* são essenciais na identificação dos dispositivos destinatários, permitindo que as notificações sejam enviadas de maneira eficaz e segura para os utilizadores da aplicação.

Apesar da utilização de um serviço Backend as a Service (BaaS), como o Firebase, apresentar várias vantagens, este não está isento de desvantagens que devem ser cuidadosamente ponderadas num projeto específico. Eis alguns pontos a considerar:

- **Dependência de terceiros:** Ao optar por um BaaS, o projeto torna-se dependente do fornecedor do serviço. Mudanças nas políticas, encerramento de serviços ou indisponibilidades podem impactar negativamente a continuidade do projeto.
- **Custos a Longo Prazo:** Embora muitos BaaS ofereçam um modelo de pagamento inicial atrativo, os custos a longo prazo podem aumentar à medida que o projeto cresce. Monitorizar e prever esses custos é essencial para evitar surpresas financeiras.
- **Personalização da Infraestrutura:** Se o projeto necessitar de uma infraestrutura altamente personalizada ou usar tecnologias específicas que não são totalmente suportadas pelo BaaS escolhido, pode ser difícil implementar essas soluções.
- **Bloqueios Tecnológicos:** A adoção de um BaaS pode limitar as opções tecnológicas, uma vez que fica vinculado às tecnologias e serviços específicos oferecidos pelo provedor escolhido.

4.1.2 Frontend

Para o desenvolvimento do Frontend, foram analisadas três das principais tecnologias/frameworks no mercado [20]: React Native, Ionic e Flutter. Cada uma dessas tecnologias apresenta as suas próprias características e benefícios. Foi realizada uma análise para determinar qual destas *frameworks* seria a mais adequada para o projeto.

React Native

Lançado em 2015 pela Meta Platforms, distingue-se pela sua capacidade de proporcionar uma performance similar às aplicações nativas. Pode ser programada em diversas linguagens, sendo as mais comuns JavaScript/TypeScript, e a possibilidade de escrever componentes em linguagens nativas, quando necessário, representa uma das suas principais vantagens. Aplicações de renome, como o Facebook, Instagram e Airbnb, foram desenvolvidas através desta framework.

- **Vantagens:** Performance próxima da nativa, flexibilidade nas linguagens de programação, adoção por grandes aplicações.

- **Desvantagens:** Eventual necessidade de conhecimento em linguagens nativas.

Ionic

Lançado no ano de 2013, o Ionic apresenta-se como a mais antiga das três *frameworks*, tendo consolidado a sua reputação como um ator confiável no espaço do desenvolvimento híbrido. Utilizando tecnologias como HTML5, CSS e JavaScript/TypeScript, facilita a criação de aplicações móveis multiplataforma. Com um vasto leque de clientes, incluindo Sworkit e JustWatch, é particularmente útil para aplicações que necessitam de uma interface consistente em diferentes dispositivos.

- **Vantagens:** Maturidade, vasta comunidade, fácil implementação multiplataforma.
- **Desvantagens:** Performance inferior em comparação com as restantes *frameworks*.

Flutter

Desenvolvido pela Google e lançada em 2018, é a framework mais recente entre as três, caracterizando-se pelo uso da linguagem de programação Dart e pela disponibilização de uma interface de utilizador atraente através do seu próprio motor de renderização. Não obstante, a sua recente introdução no mercado, a sua popularidade encontra-se em ascensão, mercê das suas capacidades inovadoras e superior desempenho em comparação com as restantes. Empresas como Google Ads e Alibaba contam-se entre os seus principais utilizadores.

- **Vantagens:** Interface visualmente atraente, desempenho superior, contínua inovação.
- **Desvantagens:** Utiliza a linguagem Dart pouco conhecida, menor maturidade no mercado.

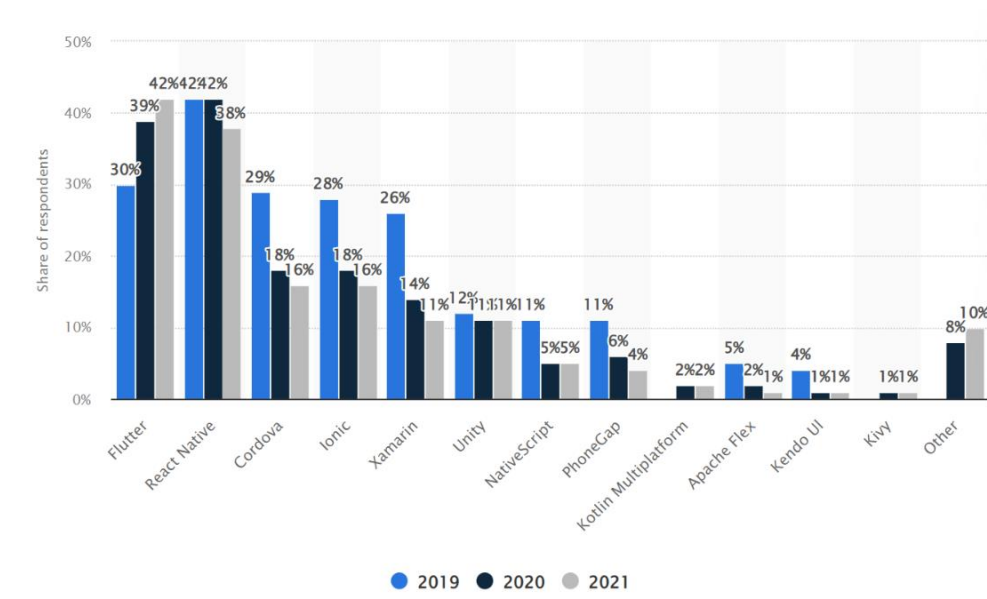


Figura 4.1- Frameworks multi-plataforma mobile usadas por engenheiros de software entre 2019-2021 [21]

Após uma avaliação de todas as características, a decisão final recaiu sobre o **React Native** para o desenvolvimento do frontend da aplicação. A razão por trás desta escolha foi multifacetada. A utilização do React Native surgiu como uma oportunidade de aprender e explorar uma nova tecnologia. Além disso, a sua flexibilidade na escolha da linguagem de programação e a sua vasta comunidade de suporte, sendo uma das *frameworks* mais utilizadas (Figura 4.1), tornaram-no uma escolha atrativa para o projeto.

Expo

No âmbito do desenvolvimento deste projeto, optou-se também por utilizar o Expo. Esta plataforma abstrai muitas das complexidades associadas ao desenvolvimento React Native, permitindo aos programadores focar mais na lógica da aplicação e menos nas especificidades das plataformas móveis individuais. Aqui estão alguns pontos que destacam a relevância e utilidade do Expo [22]:

- **Simplificação do Desenvolvimento:** O Expo fornece um ambiente de desenvolvimento unificado, evitando a necessidade de manipular diferentes sistemas e ferramentas para iOS e Android. Isto significa que os desenvolvedores podem escrever o seu código uma vez e esperar que ele funcione em ambas as plataformas sem modificações significativas.
- **Compilação na Nuvem:** Com o EAS (Expo Application Services), os desenvolvedores podem compilar as suas aplicações na nuvem. Isto é extremamente útil, especialmente quando se lida com diferentes sistemas operativos e as suas respetivas dependências.

- **Bibliotecas Integradas:** O Expo oferece uma série de SDKs que facilitam a implementação de funcionalidades comuns, como acesso à câmara ou notificações push. Estes SDKs são otimizados para funcionar perfeitamente com o Expo, reduzindo a probabilidade de erros ou incompatibilidades.
- **Expo Go:** O Expo Go é uma aplicação móvel disponível para dispositivos Android e iOS que permite testar e executar aplicações React Native diretamente nos dispositivos físicos sem a necessidade de gerar o ficheiro APK, para Android, ou o IPA para iOS.

4.1.3 Serviços

Para a funcionalidade de navegação por voz sem mãos e visualização do mapa na aplicação em questão, foram utilizados dois serviços principais: o Google Maps API e a biblioteca React Native Voice.

O **Google Maps API** constitui uma interface de programação que facilita a integração do serviço de mapas da Google. A sua utilização neste projeto permitiu a incorporação de mapas interativos na aplicação, fornece uma interação intuitiva com diversas opções de *zoom*, rotação e interação com o mapa, possibilita a customização do mapa através da alteração de cores, estilos e inclusão de marcadores, e beneficia das atualizações constantes da Google, assegurando informações sempre atualizadas e precisas.

O **React Native Voice** é uma biblioteca especializada no domínio da conversão de voz em texto (Speech-to-Text). Esta biblioteca oferece uma robusta capacidade de reconhecimento de voz, é adaptável a diferentes línguas e dialetos, tornando-se assim versátil para mercados globais, e, sendo desenhada especificamente para React Native, a sua integração e utilização é simplificada, o que garante uma performance otimizada.

4.1.4 Smart Plug

No decorrer do desenvolvimento do projeto, a necessidade de controlar carregamentos automáticos emergiu como um desafio crítico. Através de uma pesquisa entre diversas alternativas, a solução que se destacou foram os dispositivos fornecidos pela Shelly, uma companhia reconhecida no campo dos dispositivos inteligentes.

A Shelly [23], marca principal da companhia tecnológica europeia Shelly Group (anteriormente conhecida como Allterco Robotics), especializa-se na inovação através do design, produção e distribuição de produtos de alta qualidade na área da Internet das Coisas (IoT). Esta posiciona-se como uma das marcas de crescimento mais rápido no universo IoT, oferecendo soluções para a automatização de casas e edifícios.

A escolha da Shelly como fornecedora da solução para o controlo de carregamentos automáticos foi significativamente influenciada pela sua Cloud API [24]. Esta funcionalidade

revelou-se importante para o projeto, visto que permitia o controlo dos dispositivos fora da rede local. Tal capacidade era um requisito essencial, pois o objetivo era possibilitar à pessoa que está a prestar o serviço de carregamento de carros elétricos, a habilidade de gerir o carregamento mesmo quando não se encontra em casa. A flexibilidade e segurança oferecidas pela Shelly Cloud API alinhavam-se com esta necessidade, permitindo a gestão remota do carregamento em diferentes localizações.

Para a implementação prática e teste deste projeto, foi escolhido o dispositivo Shelly Plus Plug S (Figura 4.2) [25], parte da inovadora gama de produtos da Shelly. Este dispositivo específico revelou-se uma solução robusta e versátil, que se enquadra perfeitamente nas necessidades do projeto, que neste caso são, permitir ao utilizador acompanhar e gerir o carregamento diretamente através da aplicação.



Figura 4.2- Shelly Plug S [25]

O Shelly Plug S é um dispositivo inteligente com indicação LED multicolorida que indica se está ligado e conectado ou não (facilita durante a altura dos testes), inclui conectividade Wi-Fi e Bluetooth e capacidade de medição de energia. Pode controlar e monitorizar iluminação, aquecimento ou qualquer outro aparelho elétrico ligado, com uma classificação de potência de até 2500 W.

4.1.5 Arquitetura

A Figura 4.3 ilustra a arquitetura do sistema com as dependências tecnológicas associadas. Este esquema permite uma visualização da forma como as várias partes interagem entre si, desde o

Google Maps API e a biblioteca React Native Voice, para a navegação e interação por voz, o dispositivo Shelly Plug S para o controlo de carregamentos automáticos, até aos serviços da Firebase.

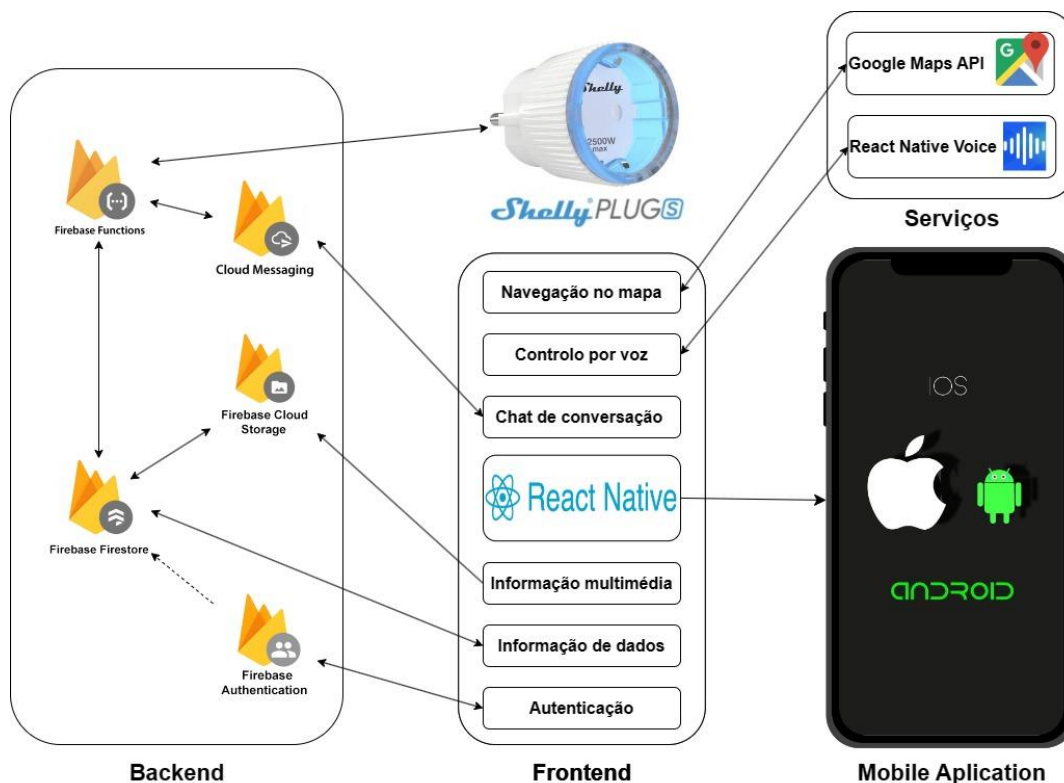


Figura 4.3- Arquitetura final

4.2 Diagramas de atividades

Nesta fase do trabalho, foi pensado quais os passos, a lógica dos processos, as atividades e os ecrãs necessários na aplicação para efetuar os casos de utilização anteriormente explicados, bem como outras atividades relevantes na aplicação. Este planeamento permitiu uma compreensão do fluxo de processos, facilitando o desenvolvimento e a implementação subsequente, e assegurando que todos os aspetos da interação do utilizador e funcionalidade fossem abordados de forma abrangente e coesa. Assim foram criados dois diagramas de atividades para representar o fluxo de processos de cada uma das aplicações.

O diagrama de atividades é uma ferramenta vital para descrever os aspetos dinâmicos do sistema, representando os fluxos guiados pelo processamento, e mostrando o fluxo de controlo de uma atividade para outra.

4.2.2 Diagrama de atividades: Utilizador Fornecedor de Serviço de Carregamento (FSC)

O diagrama que está representado na Figura 4.5, por outro lado, é orientado para o fornecedor de serviço de carregamento (FSC). Centra-se na gestão e criação de carregadores e na gestão dos pedidos de serviços de carregamentos. Detalha as atividades que um FSC terá de realizar, como adicionar novos carregadores ao sistema, definir preços, gerir pedidos de carregamento, responder a pedidos de clientes, entre outros. O foco está na operação e na manutenção da infraestrutura de carregamento e que os pedidos dos PVE sejam atendidos de maneira eficiente.

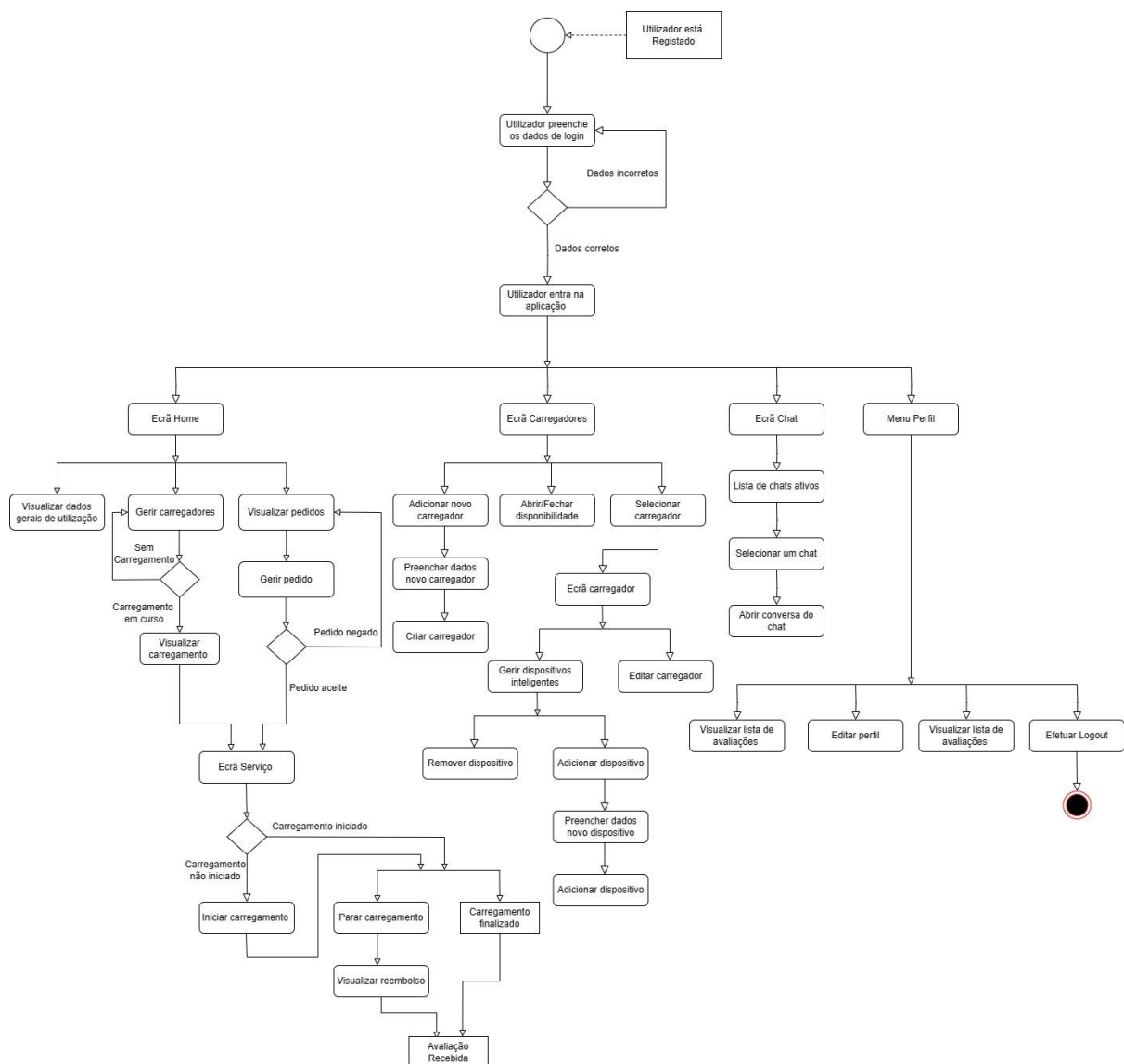


Figura 4.5- Diagrama de Atividades: Utilizador Fornecedor de Serviço de Carregamento (FSC)

5 Aplicações Móveis

Neste capítulo, o foco centra-se na descrição dos processos de desenvolvimento de cada fase das aplicações móveis, a aplicação direcionada para os condutores de carros elétricos (ReChargeMe) e a aplicação direcionada para os proprietários dos carregadores (ReChargeYou), bem como do desenvolvimento do Backend. A implementação destes componentes constitui uma etapa importante do projeto, onde cada elemento e funcionalidade, previamente delineados, é traduzido em código funcional. O objetivo é proporcionar uma compreensão clara e abrangente de como as fases de desenvolvimento foram concebidas e executadas, refletindo a lógica e a estrutura tanto das aplicações móveis quanto da infraestrutura do Backend.

5.1 ReChargeMe

5.1.1 Autenticação

A fase de autenticação constitui o início da interação com a aplicação, nesta etapa, o utilizador é confrontado com diversas opções para ingressar na aplicação, podendo optar pelo início de sessão através de E-mail e Password, caso já possua um registo prévio, ou pelo botão "Registar", conforme demonstrado na Figura 5.1a. A autenticação na aplicação segue o processo comum na maioria das aplicações móveis.

Caso o utilizador opte por fazer o *login* através do e-mail e password, terá de introduzir estes de forma correta e iniciar sessão. Este processo inicia-se com a verificação das credenciais introduzidas pelo utilizador, sendo consultado o Firebase Authentication para confirmar se o e-mail e a password existem e estão corretos. Em caso de discrepância, a aplicação informa o erro, caso contrário, é retornado o ID do utilizador através do método de autenticação da Firebase.

Neste momento, é também obtido o *token* do dispositivo, uma chave única que muda de dispositivo para dispositivo, essencial para receber notificações através do serviço do Firebase Messaging. Posteriormente, os dados são verificados na base de dados (Firestore) através do ID do utilizador, incluindo a concordância do *token* armazenado com o token do dispositivo atual. Caso não corresponda, interpretando-se que o utilizador alterou o dispositivo, o *token* é atualizado.

A aplicação procede à recolha de informações relevantes do utilizador da base de dados (Firestore), nomeadamente o 'ID', 'nome', 'imagem', 'e-mail' e 'carro', armazenando-as em cache para agilizar futuras utilizações e minimizar acessos repetidos à base de dados. Este mecanismo contribui para uma experiência de utilização mais fluida.

A autenticação culmina com a início bem-sucedida da sessão, permitindo ao utilizador explorar todas as funcionalidades da aplicação.

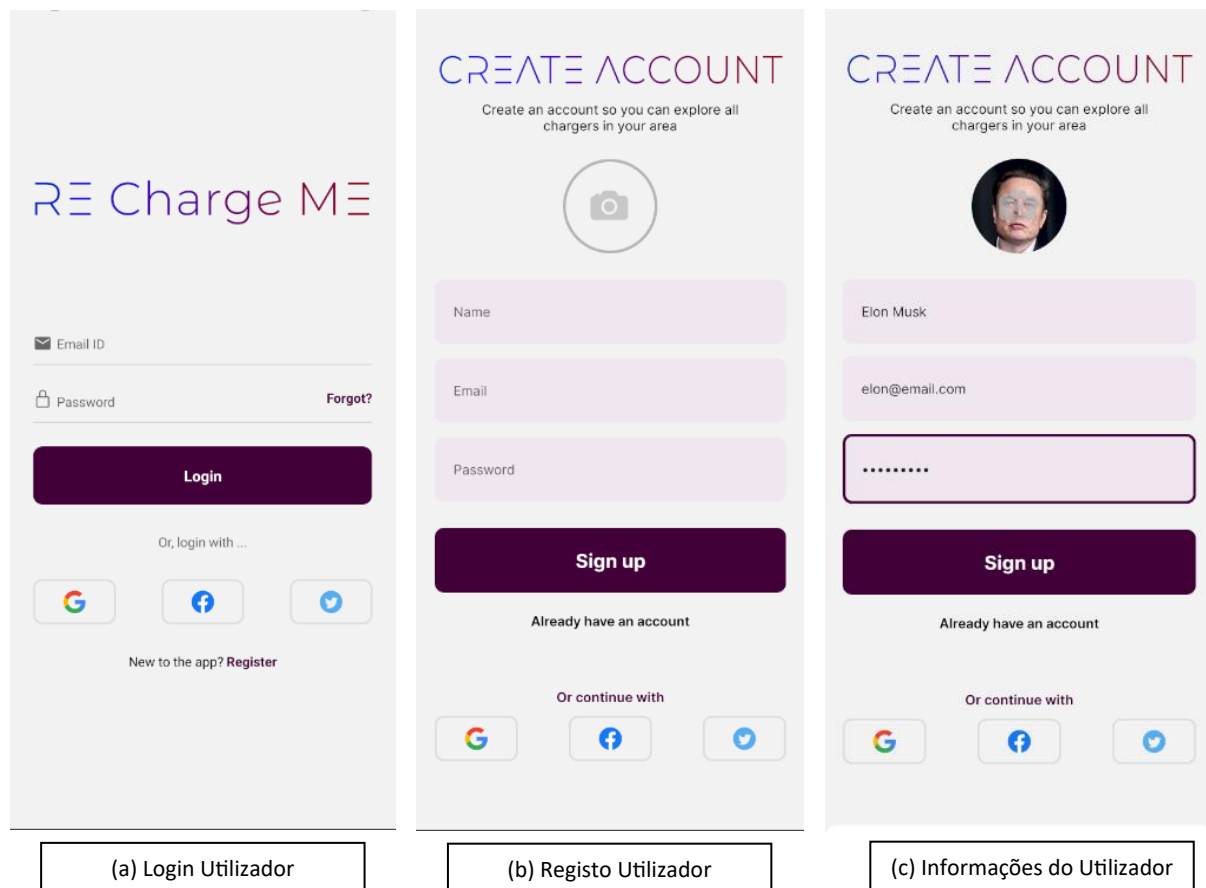


Figura 5.1- Ecrãs de Login e Registo do utilizador

No processo de registo (Figura 5.1b), solicita-se ao utilizador que forneça informações específicas, tais como o nome, e-mail, password e fotografia. É imperativo que essas informações estejam em conformidade com certos parâmetros e formatos, os quais são verificados. Por exemplo, o nome deve estar dentro de um limite de caracteres estabelecido, o e-mail deve aderir ao formato padrão, e a *password* deve ter no mínimo 8 caracteres, incluindo letras e números. Se algum destes critérios não for cumprido, o sistema apresenta uma mensagem de erro ao utilizador.

Uma vez que todos os campos estejam devidamente preenchidos e validados (Figura 5.1c), procede-se ao registo do utilizador no Firebase Authentication, que retorna o respetivo ID. Nesta etapa, é realizado o *upload* da imagem do utilizador para o Firebase Storage, sendo obtido o *link* de acesso à imagem na nuvem. Simultaneamente, é recolhido o *token* do Firebase Messaging do dispositivo, que será associado ao perfil do utilizador.

O registo culmina com a criação do utilizador no Firestore, especificamente na coleção "users", utilizando o ID da Firebase Authentication, como se pode observar na Figura 5.2. Tal como no processo de autenticação, estas informações são armazenadas em *cache*, otimizando acessos futuros. A sessão é iniciada com sucesso, permitindo ao novo utilizador usufruir de todas as funcionalidades da aplicação.



chargers	E0HmcAom7kPcyvVFzsF7m0o79I43
chats	GEPS0sYeaNy70BtJ25I22T4zbv1
plugs	XCNZ6rcPzZfBooqDA3b3
services	YLvgK1PcKy0D4p8KMjcs
users	vc3ifqDVFVSB2kzkHS1mM1hsmNk2

+ Add field

email: "elon@email.com"

image: "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/chargeap-c81e3.appspot.com/o/users%2Fvc3ifqDVFVSB2kzkHS1mM1hsmNk2?alt=media&token=ecd6844d-491a-4e30-ad5a-7b7d8279"

name: "Elon Musk"

token: "c7i4g7-3TY2tZ9L93wknPT-APA91bEtEM50NC4u9h2poQH4ifRxWk3N8YRnihftgT24XxOZJ1cLcX2lpYBKww4XYXQLpHx."

Figura 5.2- Documento com os dados do utilizador da coleção 'users' do Firestore

5.1.2 Navegação no mapa e pontos de carregamento

Depois do processo de autenticação e início de sessão, o utilizador é direcionado para o ecrã principal da aplicação (Figura 5.3). Este ecrã é caracterizado pela presença de um mapa, que permite ao utilizador a possibilidade de navegar e identificar os pontos de carregamento perto de si.

Enquanto os componentes do ecrã estão a ser carregados, algumas operações estão a decorrer em segundo plano, sendo que a primeira é a obtenção da localização do utilizador através do GPS do seu dispositivo. As coordenadas desta localização serão onde o mapa se irá centrar, mostrando no centro o utilizador. Esta localização varia caso o utilizador se mova e a sua distância atual seja maior que 10 metros que a anterior. De seguida, são obtidos todos os carregadores disponíveis na base de dados e são introduzidos no mapa através das suas geolocalizações.

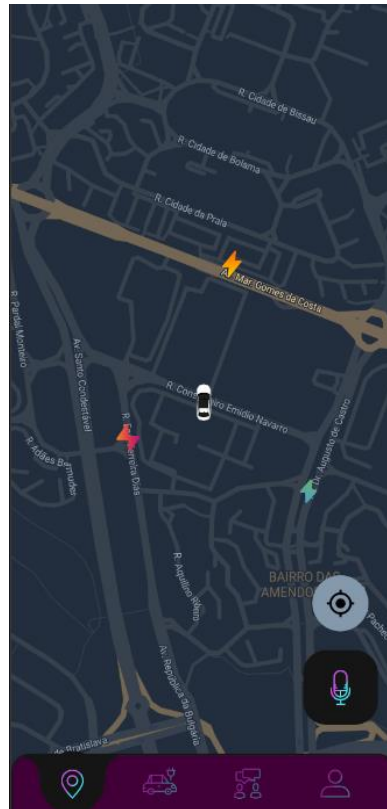





Figura 5.3- Ecrã do mapa com os carregadores

Os ícones representativos de cada carregador são distintos e correspondem à respetiva potência de carregamento. Importa salientar que este nível varia consoante a região geográfica, em virtude das diferenças na potência da corrente elétrica disponível nas habitações de cada localidade.

Nos Estados Unidos da América (EUA), as tomadas domésticas fornecem uma tensão de 120V a 16A, o que se traduz numa potência de 1.9KW. Esta informação pode ser visualizada na Figura 5.4, onde se encontram detalhados os diferentes níveis de carregadores.

Por outro lado, na Europa, as tomadas domésticas proporcionam uma capacidade energética ligeiramente superior, oferecendo 220V a 16A, o que equivale a uma potência de 3.5KW. Assim os carregadores de nível 1 são mais potentes e conseguem carregar mais rápido em comparação com os dos EUA:

-  **Nível 1:** Estes são os carregadores mais fracos, que utilizam as tomadas de casa para carregar. A sua potência varia entre 1.2Kw e 3.5Kw.
-  **Nível 2:** Carregadores de maior potência, requerem instalação específica em ambiente doméstico, com uma capacidade variável entre 3.5Kw e 22Kw.
-  **Nível 3:** Conhecidos como ‘Fast Chargers’, estes carregadores utilizam corrente direta (DC) e são exclusivamente encontrados em estabelecimentos comerciais, possuindo uma potência que pode variar entre 50Kw e 400Kw.

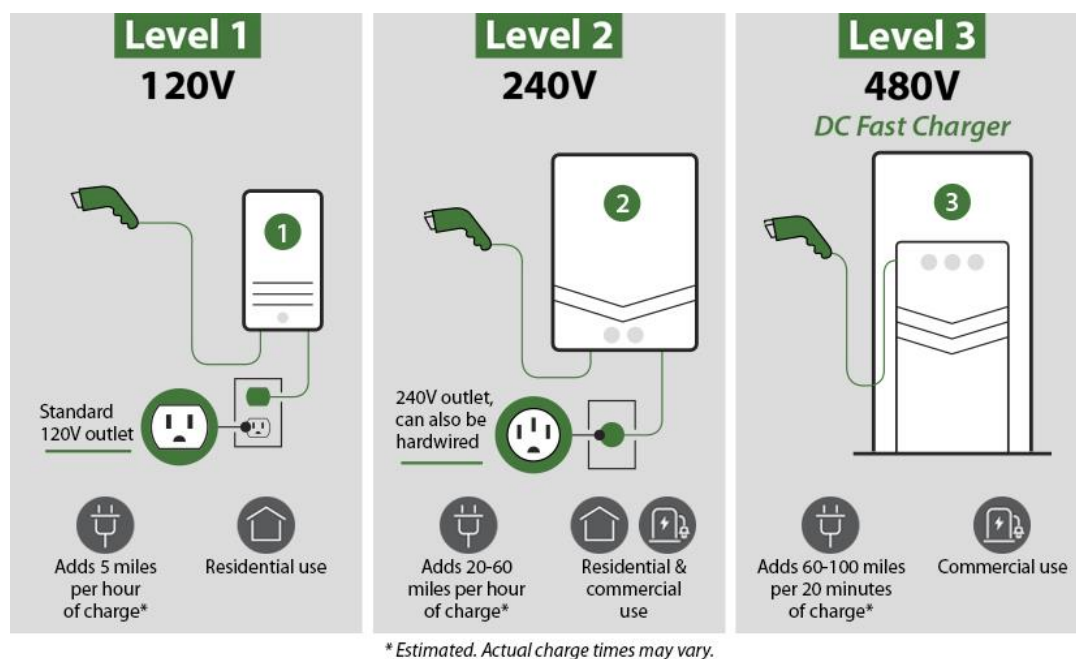




Figura 5.4- Diferentes tipos de carregadores de carros elétricos e respetivos níveis nos EUA [26]

Adicionalmente, na região inferior do ecrã (Figura 5.3), o utilizador tem à sua disposição dois botões funcionais:

 Botão destinado a recentrar a visualização do mapa na posição atual do utilizador.

 • Botão que ativa o recurso de controlo por voz.

5.1.3 Seleção do carro elétrico

Para poder utilizar os carregamentos na aplicação, o utilizador necessita previamente de selecionar qual é o seu veículo, para que possam ser efetuados os cálculos de tempo e custo de carregamento, consoante as especificações do seu automóvel.

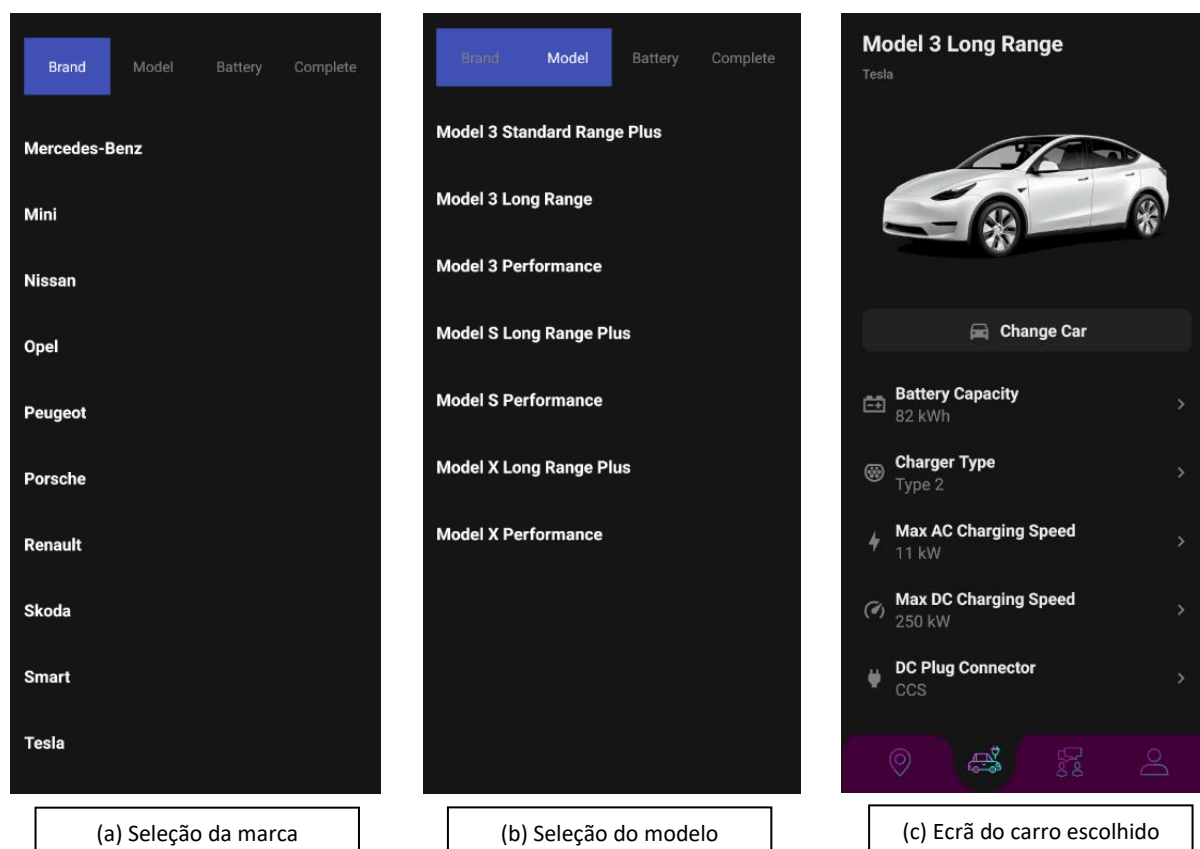


Figura 5.5- Ecrãs de seleção do carro e respetivas especificações

Tal como está ilustrado na Figura 5.5a e 27b, o utilizador tem à sua disposição uma série de marcas e modelos de carros elétricos para escolher. Estes estão armazenados num ficheiro JSON previamente criado, que seguiu um Dataset [27] (Figura 5.6) que reúne todos os modelos de carros elétricos comercializados na Europa até à data de 2 de Dezembro de 2020, num total de 53 modelos, contemplando as respetivas características técnicas de cada modelo. Estas informações técnicas são fundamentais tanto para a estimativa dos carregamentos quanto para a determinação da compatibilidade do veículo com os carregadores disponíveis.

Make	Model	Battery capacity [kWh]	Maximum DC charging power [kW]	Maximum AC charging power [kW]	Connector type for DC charging	Connector type for AC charging
Audi	e-tron 55 quattro	95	150	11	CCS	Type 2
Audi	e-tron 50 quattro	71	150	11	CCS	Type 2
Audi	e-tron S quattro	95	150	11	CCS	Type 2
Audi	e-tron Sportback 50 c	71	150	11	CCS	Type 2
Audi	e-tron Sportback 55 c	95	150	11	CCS	Type 2
Audi	e-tron Sportback S qu	95	150	11	CCS	Type 2
BMW	i3	42,2	50	7.4	CCS	Type 2
BMW	i3s	42,2	50	11	CCS	Type 2
BMW	iX3	80	150	11	CCS	Type 2
Citroën	ë-C4	50	100	7.4	CCS	Type 2
DS	DS3 Crossback e-tens	50	100	7.4	CCS	Type 2
Honda	e	35,5	100	6.6	CCS	Type 2

Figura 5.6- Ficheiro Excell do Dataset dos modelos e respetivas especificações dos carros elétricos [27]

As especificações contempladas são:

- **Capacidade da Bateria / Capacidade Máxima de Carregamento (AC/DC):** Estes valores são cruciais para os cálculos de tempo de carregamento e quantidade de KW necessários para o carregamento.
- **Tipo de Carregador (AC/DC):** Esta especificação é necessária para averiguar se o automóvel é compatível com o carregador anunciado. Existem diversos tipos de formatos de carregadores, como se pode observar na Figura 5.7, que variam de região para região.

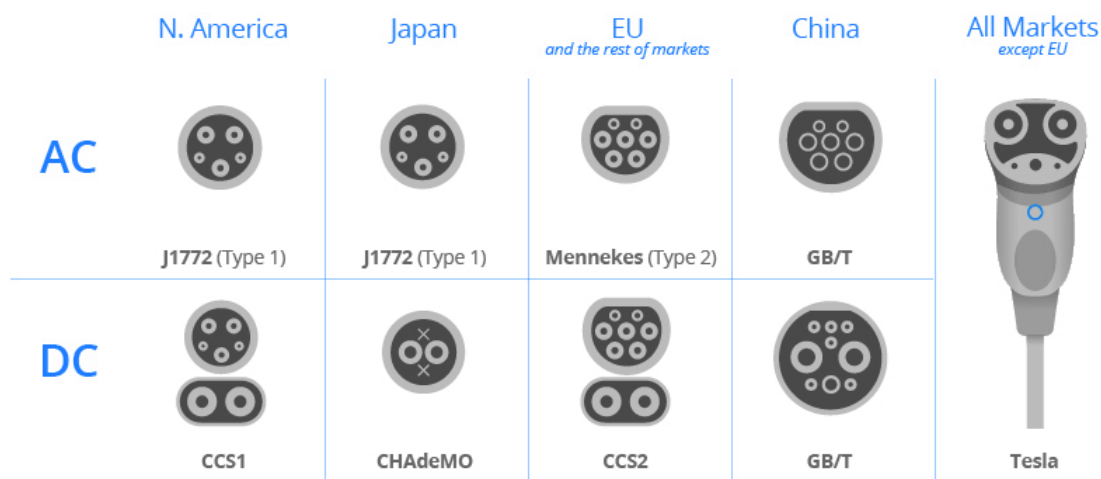


Figura 5.7- Diferentes tipos de formatos de carregadores para carros elétricos [28]

Complementando o processo de seleção, após o utilizador efetuar a escolha do veículo, as informações acerca deste são armazenadas na base de dados (Firestore), especificamente, no documento correspondente ao utilizador, num array designado 'car', tal como é possível

observar na Figura 5.8. Adicionalmente, essas mesmas informações são igualmente armazenadas em *cache*, facilitando futuros acessos da aplicação a essa informação. Por fim, o utilizador terá assim, acesso a uma página com um design intuitivo que congrega todas as informações do seu carro, conforme representado na Figura 5.5c.

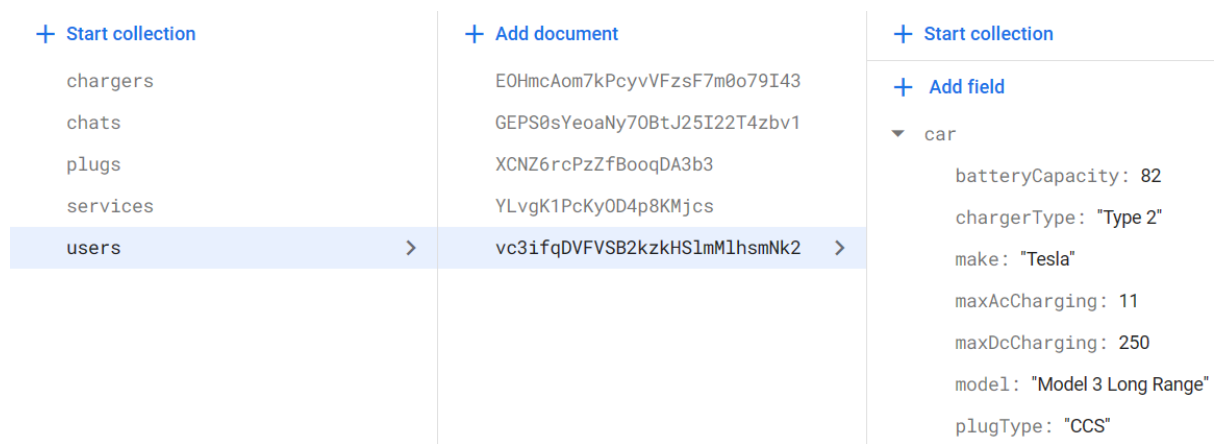


Figura 5.8- Informações do carro armazenado no documento do utilizador no Firestore

5.1.4 Funcionamento dos carregadores

Ao seleccionar um carregador no mapa, o utilizador é redirecionado para a página correspondente, na qual encontrará todas as informações relevantes do carregador, que estão representadas em detalhe na Figura 5.9. Para que os cálculos de tempo e custo de carregamento possam ser realizados, o utilizador deve ter previamente seleccionado o seu carro na opção anterior, caso contrário, será encaminhado para a página de escolha de veículos.

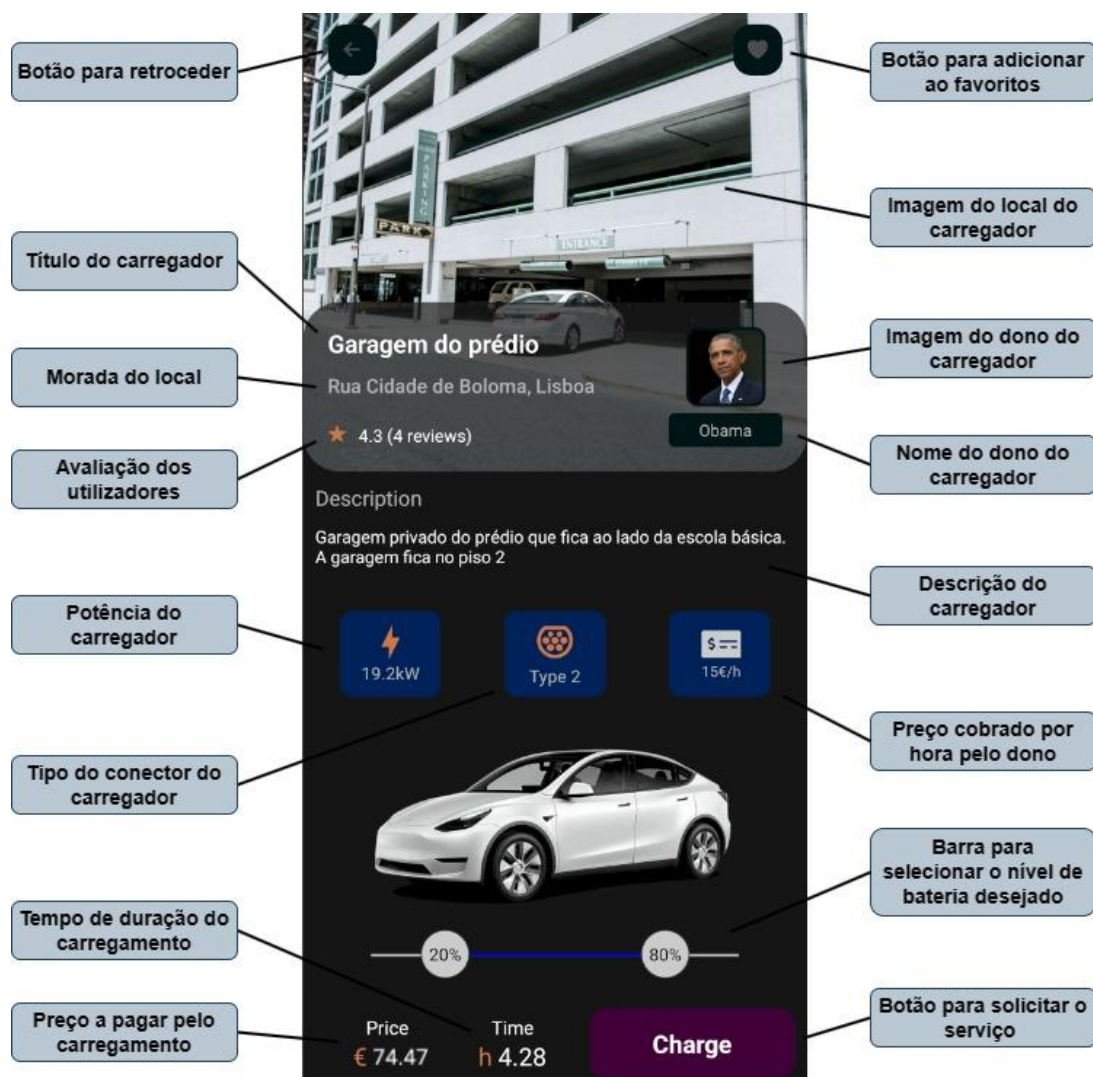


Figura 5.9- Ecrã detalhado do carregador

Inicialmente, o sistema recupera da *cache* as informações referentes às especificações do carro do utilizador para efetuar os cálculos. No exemplo apresentado, as especificações do veículo podem ser observadas na Figura 5.5c. Seguidamente, os cálculos de tempo e preço são processados em tempo real, conforme os valores de bateria que o utilizador seleciona na barra de seleção.

A barra de seleção é constituída por dois cursores: o cursor da esquerda permite ao condutor indicar o nível de bateria do carro no momento em que está a solicitar o serviço, e o da direita permite ao condutor especificar o nível de bateria que deseja carregar. No exemplo da Figura 5.10, o condutor indicou que o seu veículo tem 30% de bateria e pretende carregar até 50%, resultando num total de 20% de bateria para carregar.

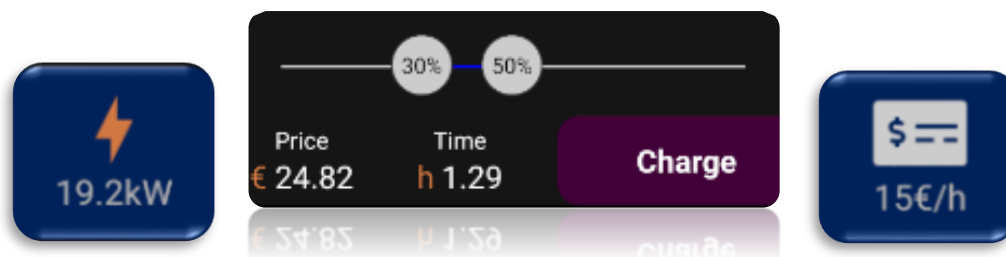


Figura 5.10- Barra de seleção da bateria e respetivos valores de tempo e preço calculados baseados nos valores de potência e cobrança presentes

Os cálculos são efetuados da seguinte forma: Primeiro, verifica-se se a potência de carregamento do carro é superior ou inferior à potência fornecida pelo carregador. No caso em apreço, o carregador é de nível 2 e, por conseguinte, utiliza corrente AC, com uma potência de carregamento de 19.2KW (Figura 5.10). A potência máxima de carregamento AC suportada pelo carro do condutor é de 11KW, o que significa que a potência máxima que o carregador conseguirá fornecer ao carro serão apenas 11KW. Após a determinação da potência de carregamento, que é de 11KW por hora, da capacidade de bateria do carro, que é de 82KWh, e da percentagem a ser carregada, que neste caso é de 20%, procede-se à operação matemática correspondente.

$$\text{Tempo de carregamento} = \frac{82 \times 0.2}{11} \cong 1.49 \rightarrow 1h.29m$$

Para calcular o preço a pagar, é necessário determinar o valor em KWs da bateria que será carregada e multiplicá-lo pelo custo da eletricidade, que neste caso é de 0,15 €/kWh. A este resultado, adiciona-se o valor cobrado pelo proprietário do carregador, que é de 15€ por cada hora, multiplicado pelo tempo de carregamento calculado anteriormente, que é de 1,49 horas.

$$\text{Preço do carregamento} = (82 \times 0.2) \times 0.15 + (1.49 \times 15) \cong 24.82\text{€}$$

Finalmente, o utilizador poderá efetuar o pedido de carregamento ao fornecedor do serviço. Este pedido consiste na criação de um novo documento (Figura 5.11) na base de dados (Firestore), inserido na coleção 'services' e contém informações pertinentes acerca do carregador, inclui os Ids e *tokens* de ambos os envolvidos, tanto do condutor como do proprietário do carregador, os valores dos cálculos de tempo e preço do carregamento anteriormente calculados, bem como outros valores que serão explicados posteriormente.

Quando este documento é criado, é acionada uma das funções do Cloud Functions, responsável pelo tratamento das notificações dos serviços. Ao desencadear essa função, o servidor consulta o documento (Figura 5.11) para obter o *token* do proprietário do carregador e, através do

Firestore Messaging, envia-lhe uma notificação. Essa notificação informa sobre a existência de um novo pedido de serviço de carregamento e inclui detalhes como o nome do carregador em questão, os valores de tempo e preço previamente calculados, bem como o tempo estimado que o condutor levará a chegar ao local do carregamento. A explicação completa deste último elemento será apresentada no próximo tópico.

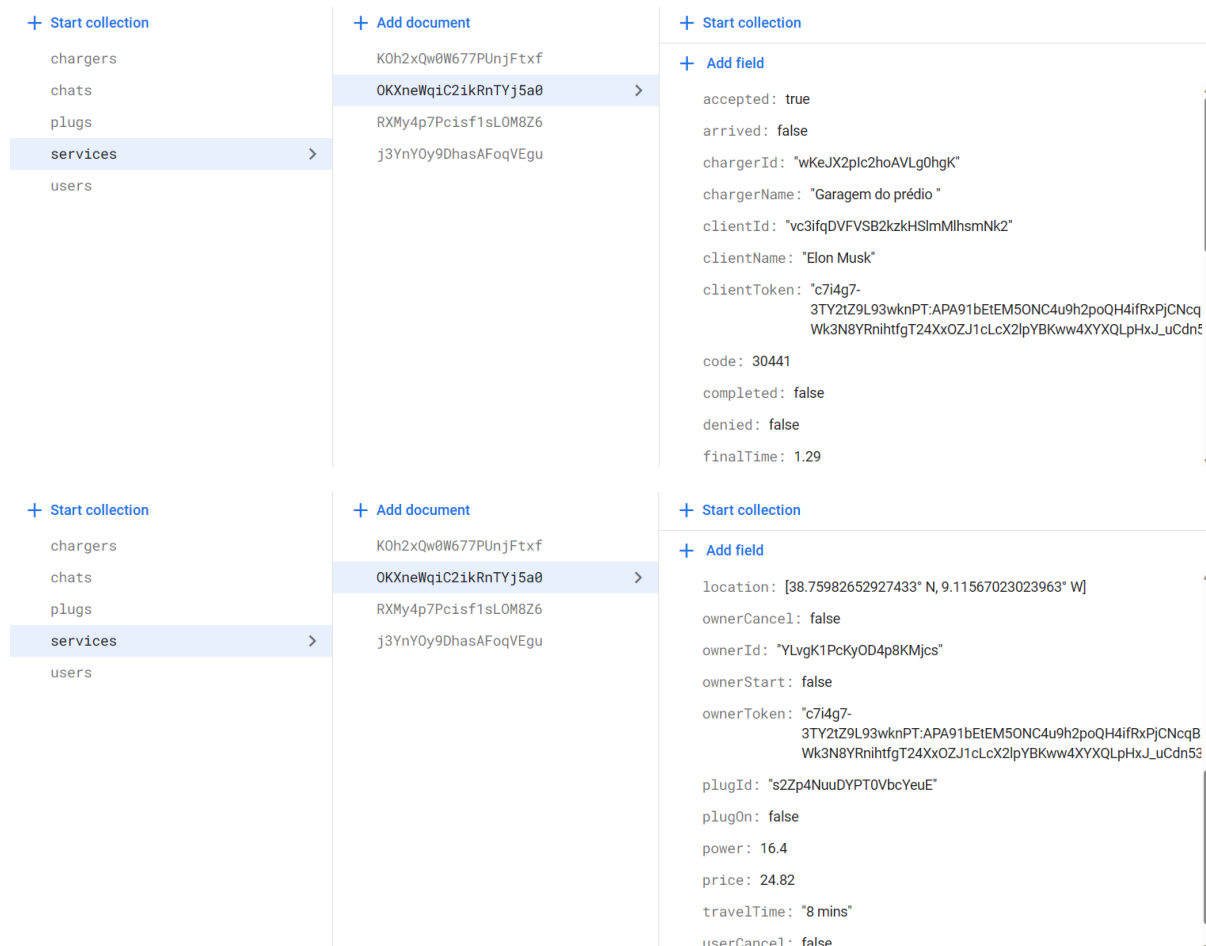


Figura 5.11- Documento do serviço criado no Firestore

Ao ser enviado o pedido de carregamento, uma janela surge para o condutor, alertando-o que deverá aguardar a aceitação do pedido pelo proprietário do carregador (Figura 5.12a). Quando o serviço é aceite, a janela visualizada pelo condutor altera-se, exibindo um mapa com a localização precisa do carregador e facultando-lhe a opção de utilizar dois tipos de sistemas de navegação (Google Maps e Waze) (Figura 5.12b). Ao selecionar um destes sistemas, o condutor é automaticamente direcionado para a aplicação correspondente, e o trajeto é iniciado de imediato.

Quando o condutor chega ao local, avisa o proprietário do carregador que chegou, pressionando o botão 'Arrived' (Figura 5.12b) e avança para a fase do início do serviço de carregamento.

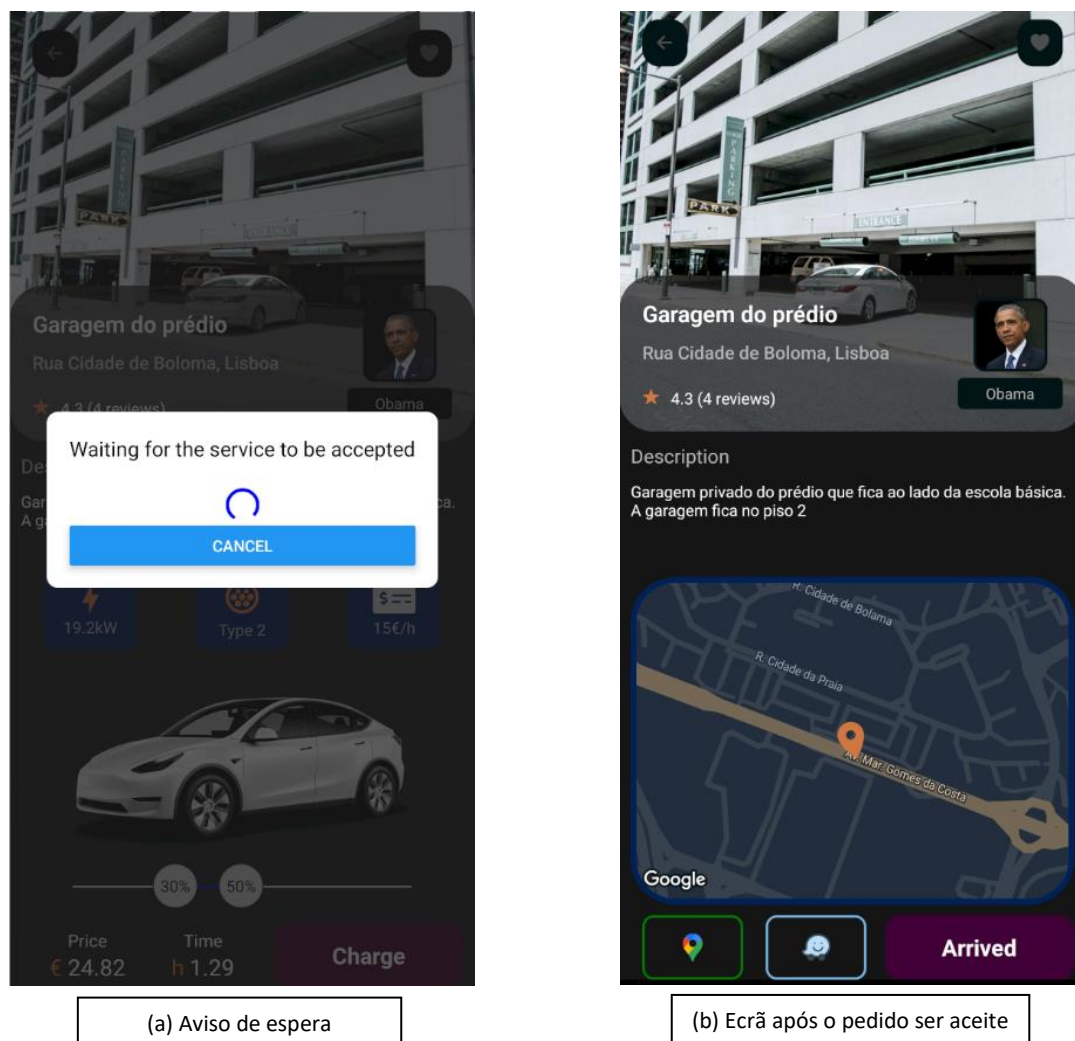


Figura 5.12- Ecrãs do pedido e confirmação do serviço de carregamento

5.1.5 Mecanismo de controlo por voz

Um método alternativo para localizar um carregador destinado ao carregamento do veículo é através do mecanismo de controlo por voz, no qual o condutor está isento de interagir manualmente com o dispositivo móvel, bastando proferir as instruções verbais requeridas, enquanto a aplicação processa autonomamente as tarefas solicitadas. Esta funcionalidade é acionável mediante um botão específico situado no canto inferior esquerdo do ecrã principal da aplicação (Figura 5.3), operando segundo o protocolo com os estados seguintes:

Estado 1: Ao pressionar o botão específico, surge uma janela (*pop-up*) a indicar que a assistente virtual está a comunicar (Figura 5.13a), perguntado ao condutor acerca da natureza da assistência desejada. Quando termina de falar, a janela sofre uma alteração, acompanhada

por um sinal sonoro, sinalizando que é o momento para o condutor falar (Figura 5.13b), e este explicita a sua intenção de carregar o veículo.

Estado 2: A assistente questiona sobre o valor atual da bateria do veículo, um valor que deve situar-se no intervalo estrito entre >0 e <100 . O condutor fornece a informação correspondente.

Estado 3: A assistente interroga o condutor acerca do nível de carga desejado, o qual deve ser superior à capacidade atual e não exceder o limite de 100. O condutor indica o nível de carga pretendido.

Estado 4: Com base nos parâmetros recolhidos, a aplicação disponibiliza informações referentes ao carregador mais próximo, juntamente com os cálculos de custo e duração do carregamento, assim como o tempo previsto para a chegada ao local (Figura 5.13c). A assistente virtual apresenta estas informações e questiona se o condutor deseja prosseguir. O condutor depois de confrontado com esta opção, expressa verbalmente o seu consentimento ou discordância.

Estado 5: Em caso afirmativo, o pedido de serviço é formalizado, e o condutor aguarda a aprovação por parte do proprietário do carregador. Uma vez concedida a autorização, a aplicação de navegação do condutor, neste caso o Google Maps, é automaticamente ativada, iniciando a rota em direção ao destino sem necessidade de intervenção adicional por parte do condutor, que apenas necessita seguir a orientação fornecida.

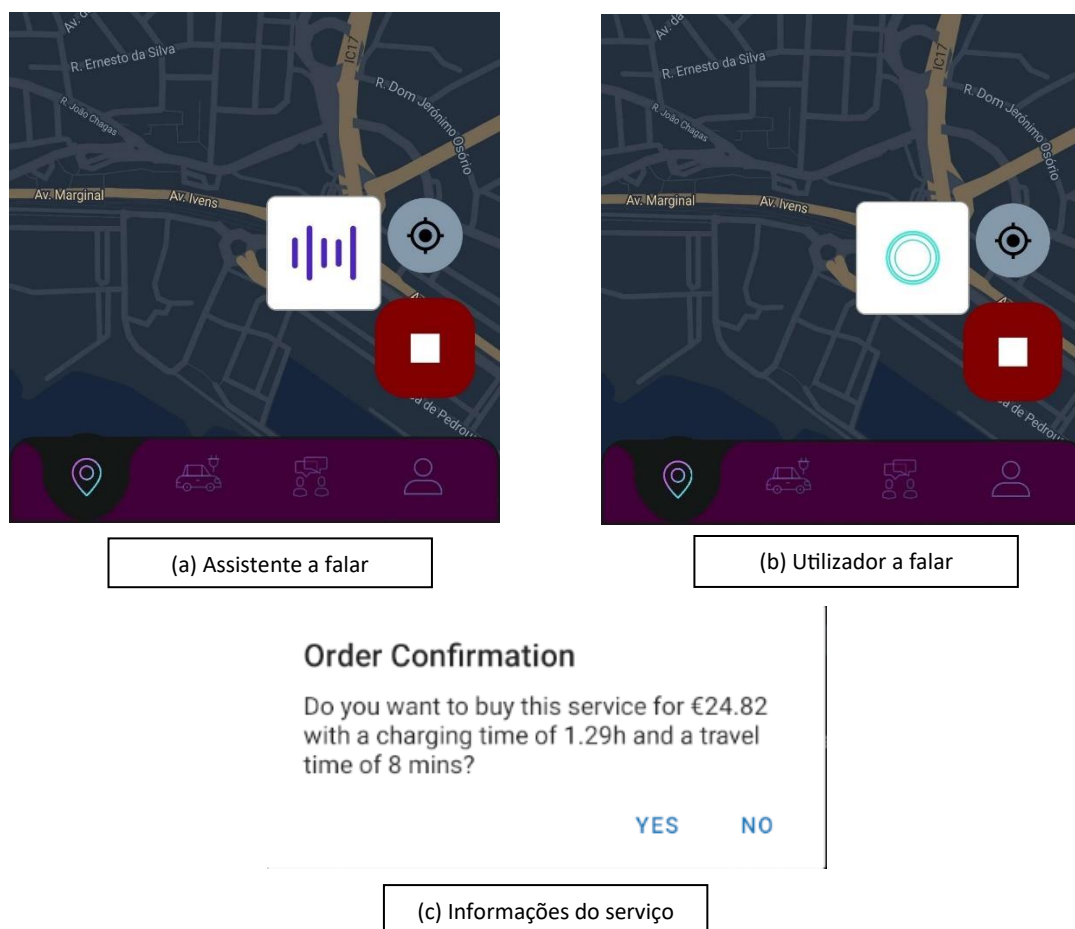


Figura 5.13- Comunicação por voz

Sempre que o condutor pronuncie algo incorreto, como um nível de bateria errado, ou que o sistema não compreenda o que foi dito, a assistente informa o condutor da situação e solicita que este repita a informação novamente. Para entender melhor como funciona esta comunicação e a biblioteca que está por detrás deste mecanismo, passamos à explicação:

O React Native Voice é uma biblioteca que serve para converter áudio em texto e funciona da seguinte forma: Através do microfone do telemóvel, a aplicação grava um ficheiro de áudio com aquilo que o utilizador diz. De seguida, esse ficheiro de áudio é submetido a um processo de extração de características, convertendo o som numa forma discreta, utilizando técnicas de pré-processamento de sinal, incluindo a padronização, de forma que a máquina possa compreender. O sinal de áudio é transformado num espectrograma, que é posteriormente processado por um modelo acústico que atribui probabilidades aos diferentes elementos do vocabulário. O modelo de linguagem acrescenta contexto ao texto, utilizando as probabilidades para formar palavras e frases coerentes na língua em questão. Assim, o que foi dito pelo utilizador é convertido em texto. Este processo pode ser observado de melhor forma na Figura 5.14.

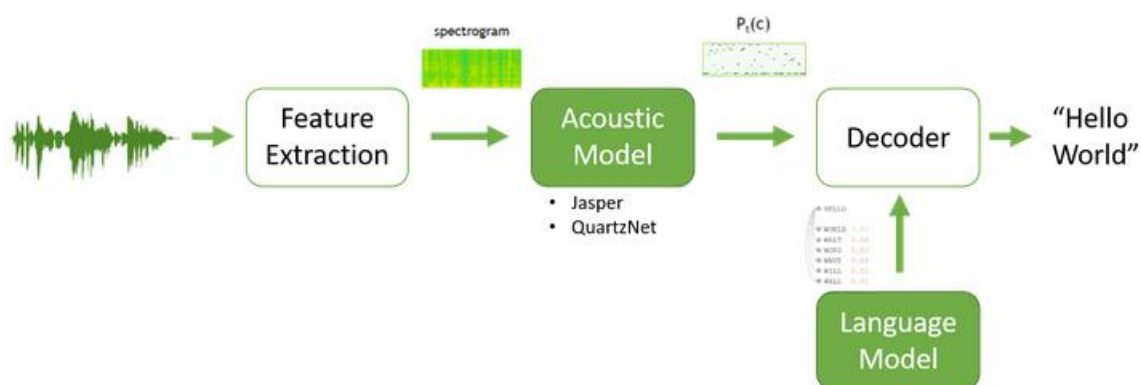


Figura 5.14- Processo de conversão de áudio para texto [29]

Após a conversão do áudio em texto, torna-se possível a implementação de casos específicos e a transição entre os diversos estados, em conformidade com as palavras proferidas pelo utilizador. Utilizando-se palavras-chave previamente definidas, é possível discernir a intenção do utilizador e determinar as ações correspondentes, com base nas expressões verbais identificadas.

Após reunir todas as informações necessárias, no estado 4 é quando se identifica o carregador mais próximo do condutor. Este processo é realizado mediante o cálculo da distância entre dois pontos geográficos: o ponto de localização do carregador e o ponto de localização do condutor. Tal distância é estabelecida com base num nível de abstração, não correspondendo a uma medida exata, conforme se pode observar na Figura 5.15. Este cálculo é efetuado para todos os carregadores situados numa área ao redor do condutor, sendo o carregador com a menor distância o selecionado. Em seguida, torna-se necessário calcular a distância exata de percurso que o condutor necessitará percorrer para alcançar o carregador. Para tal, é utilizada a API da Google, a Distance Matrix API, um serviço que calcula a distância e o tempo de viagem entre um ponto de origem e destino (Figura 5.15). O pedido é efetuado através de uma solicitação

HTTPS, onde são inseridas as coordenadas do ponto de origem e do destino, retornando a distância e a duração da viagem para a rota mais rápida, considerando o trânsito no momento.

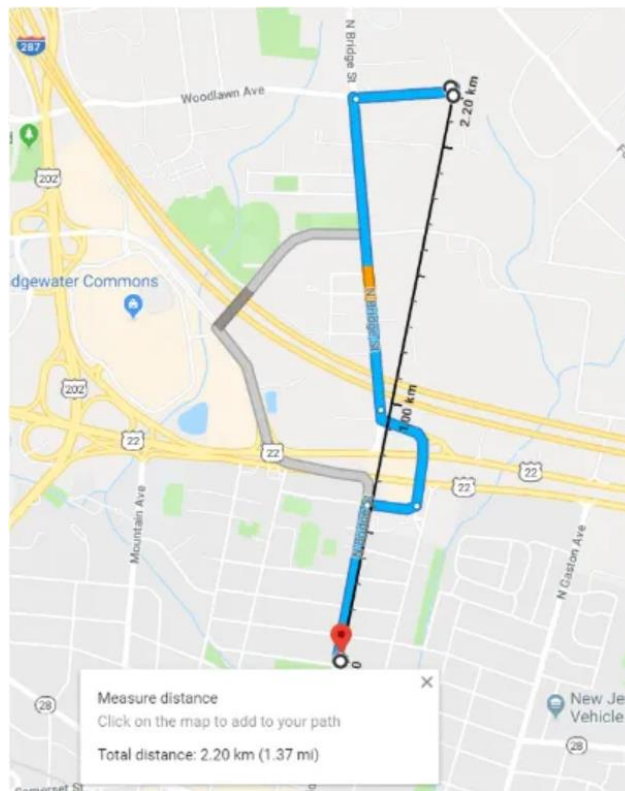


Figura 5.15- Distância entre dois pontos e distância de viagem

Este tempo de navegação é necessário, uma vez que o condutor, durante todo o processo, não interage com a aplicação nem visualiza o mapa com os carregadores. Assim, não tem qualquer noção da distância a que o carregador escolhido se encontra e precisa dessa informação antes de decidir se quer efetuar o pedido de carregamento. Esse valor de distância é também enviado ao proprietário do carregador quando recebe o pedido de carregamento, pois necessita saber quanto tempo, em média, o condutor irá demorar até chegar ao local do carregador. Esta informação pode influenciar a sua decisão de aceitar ou não o pedido.

5.1.6 Serviço de carregamento

Esta é a fase crucial de todo o sistema da aplicação. É nesta etapa que ocorre a coordenação e o controlo do carregamento entre o condutor e o proprietário do carregador, e por isso deve ser a fase que requer maior detalhe e atenção. É essencial que tudo funcione bem, sem problemas, para garantir a entrega da experiência de funcionamento prevista.

Após o condutor chegar ao local do carregador e confirmar a sua chegada, ao premir o botão designado como ‘Arrived’, ilustrado na Figura 5.12b, é gerado um código aleatório para ambas as partes, condutor e proprietário, (Figura 5.16a). Este procedimento permite que o condutor se identifique junto do proprietário, assegurando assim que a pessoa em questão é a correta. Quando o veículo estiver devidamente conectado ao carregador e preparado para iniciar o processo, é momento de ativar o serviço de carregamento na aplicação. A concretização deste serviço somente ocorrerá quando ambos, o condutor e o proprietário, selecionarem o botão para dar início (Figura 5.16a). Caso apenas uma das partes efetue esta Ação, surgirá uma janela de aviso (*pop-up*) (Figura 5.16b) a informar que é necessário aguardar pela correspondente confirmação da outra parte para que o carregamento seja iniciado.

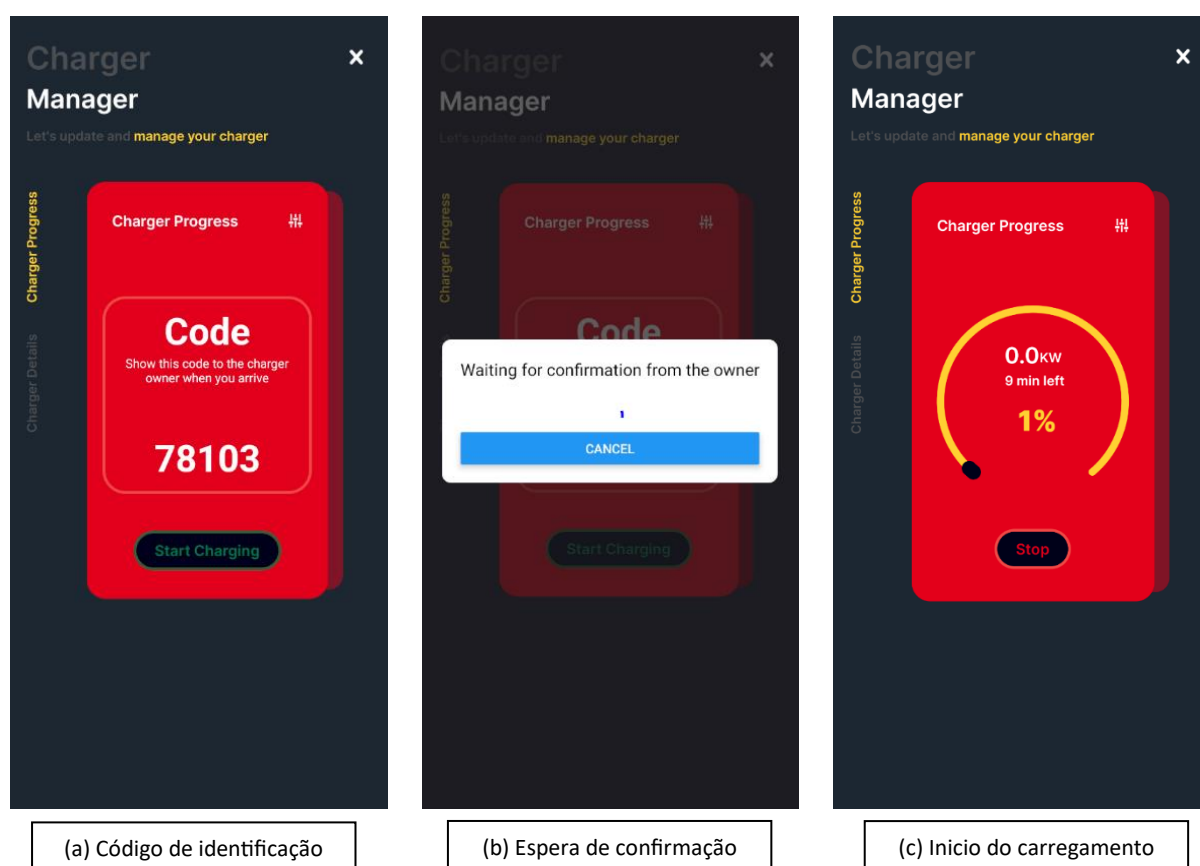


Figura 5.16- Início do processo de carregamento

Ao iniciar o carregamento, a barra circular (Figura 5.16c), que serve como símbolo do progresso do processo, começa progressivamente a aumentar, ao passo que o valor temporal, localizado no seu centro, inicia uma contagem decrescente, indicando o tempo restante para a conclusão. Simultaneamente, os quilowatts (Kw) vão incrementando, representando assim a quantidade de energia que já foi debitada até ao momento.

Esta barra de progresso, que exibe a percentagem do avanço, opera com base no tempo total que o carregamento irá demorar, encontrando-se sincronizada em ambas as aplicações, quer do

lado do condutor, quer do proprietário. De modo a assegurar que o progresso se mantivesse permanentemente sincronizado, mesmo no caso de o utilizador sair da aplicação ou em outras circunstâncias, foram implementadas as seguintes medidas:

Existe um método do React Native que aciona certas funções quando se verifica alguma atividade no ecrã do telemóvel ou com a aplicação em si. Assim, sempre que o utilizador desligar o ecrã, sair da aplicação ou mesmo fechá-la, será acionado um *trigger* nestas ocasiões, que invoca uma função cuja finalidade é guardar em *cache* o tempo decorrido desde o início do carregamento e a data e hora precisas em que, por exemplo, a aplicação foi encerrada. Ao reabrir a aplicação, a primeira verificação incidirá sobre se esses valores estão armazenados na *cache*, o que significaria que a aplicação foi encerrada. Caso afirmativo, esses valores são utilizados para calcular o período pelo qual a aplicação permaneceu fechada, de modo a compensar o tempo perdido na barra de progresso, assegurando assim a sua sincronização. O procedimento concretiza-se através da verificação da data e hora exatas no momento deste processo, calculando-se a diferença entre o tempo presente e a data e hora registadas aquando do encerramento da aplicação, o que permite determinar quanto tempo a aplicação permaneceu fechada. A essa diferença de tempo adiciona-se o tempo de progresso que já havia ocorrido até ao momento em que a aplicação foi fechada, resultando no tempo total de progresso.

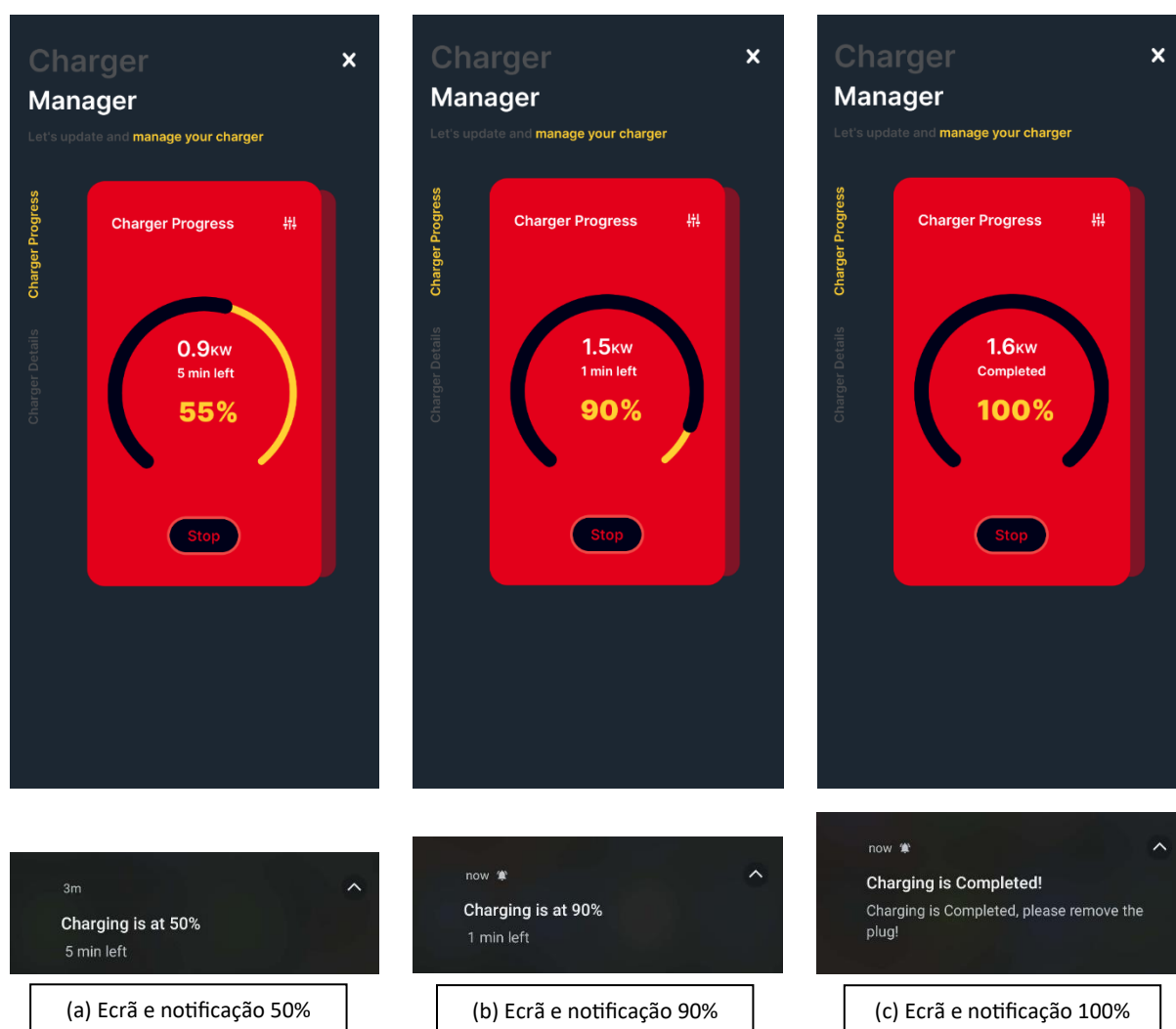


Figura 5.17- Progresso do carregamento e notificações

Deste modo, o utilizador não necessita de manter a aplicação ativa, podendo realizar outras tarefas no telemóvel ou até mantê-lo bloqueado. Isto porque será informado acerca da progressão do carregamento através de notificações. Três notificações locais, que são alertas do próprio React Native lançados no dispositivo, irão avisar o utilizador, indicando o tempo restante para a conclusão, quando o carregamento alcançar os 50%, os 90% e quando estiver finalizado, como se pode observar na Figura 5.17(a/b/c).

Por fim, quando o carregamento se finaliza, surgirá um alerta a indicar a sua conclusão, e será apresentada ao condutor uma janela (*pop-up*) para que este possa avaliar a experiência do serviço, como se pode observar na Figura 5.18.

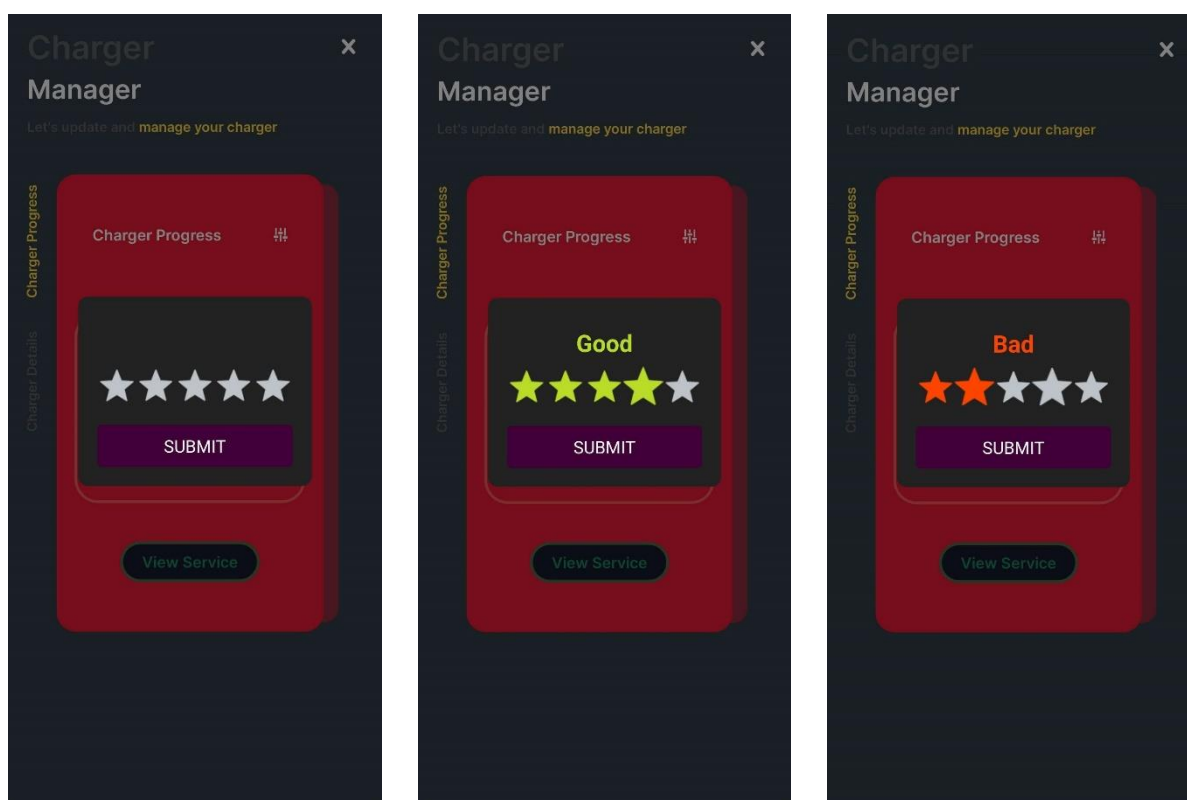


Figura 5.18- Avaliação do serviço

Caso surja a necessidade de cancelar o carregamento durante o seu progresso, essa ação pode ser executada pressionando o botão "stop", localizado abaixo da barra de progresso (Figura 5.17a). Ao pressionar esse botão, surgirá um alerta a questionar se o utilizador tem a certeza de que pretende prosseguir com essa ação (Figura 5.19a). Caso a resposta seja afirmativa, o utilizador ficará em espera até que o outro interveniente, seja o condutor ou o proprietário, também decida cancelar o serviço. Para que o serviço seja efetivamente cancelado, é necessária a concordância de ambas as partes. Uma vez cancelado, procede-se ao cálculo do valor que será devolvido ao condutor (Figura 5.19b).

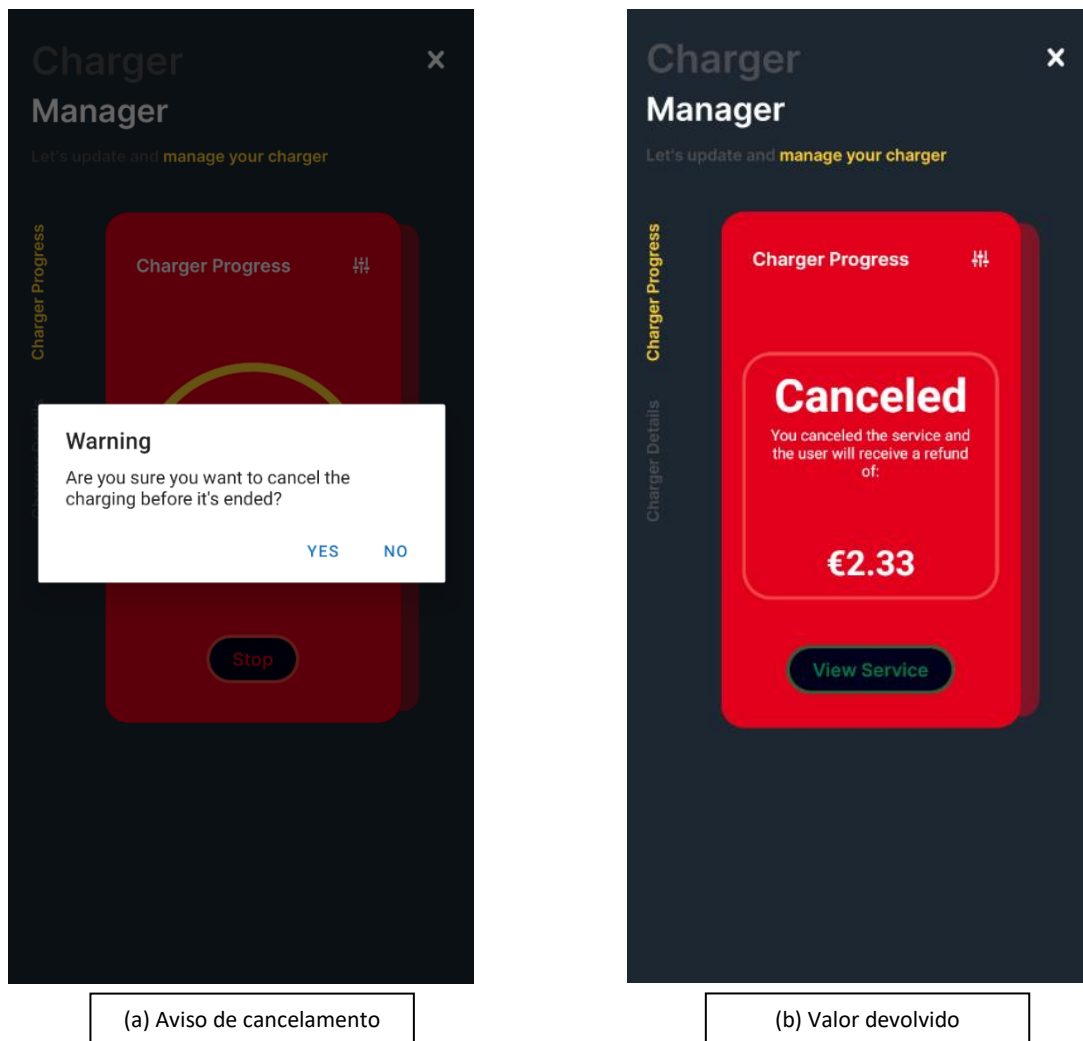


Figura 5.19- Cancelamento do carregamento

Este montante é determinado por uma função que verifica qual a percentagem do serviço que ficou por concluir, essa percentagem é multiplicada pelo valor total pago e, posteriormente, esse resultado é dividido por dois. Na função abaixo, é possível observar um exemplo onde o serviço foi cancelado quando o progresso estava a 71%, e o preço total pago foi de 16,24€.

$$Reembolso = \frac{(100 - Progresso) \times Preço}{100} = \frac{29 \times 16.24}{200} \cong 2.33€$$

5.1.7 Dispositivo inteligente (Smart Plug)

Durante toda a fase do processo de carregamento, detalhada no capítulo anterior, caso o carregador esteja associado a um dispositivo inteligente da Shelly, destinado ao controlo do carregamento, a operação será conduzida de forma autónoma, sem necessidade da intervenção direta do proprietário.

O mecanismo de funcionamento deste dispositivo é delineado do seguinte modo: Sempre que um dispositivo é incorporado a um carregador (um processo que integra a aplicação do proprietário e que será explicado mais adiante), os pormenores relativos a esse dispositivo são armazenados na base de dados Firestore, num novo documento criado na coleção denominada "plugs". Este documento, além de conter as informações necessárias para o controlo do dispositivo (as quais serão explicitadas posteriormente), também contém uma subcoleção intitulada "services" (Figura 5.20). Sempre que um serviço é aceite e o carregador pertencente a esse serviço esteja associado a um dispositivo, é criado um novo documento na subcoleção desse dispositivo, contendo o ID do serviço em questão.

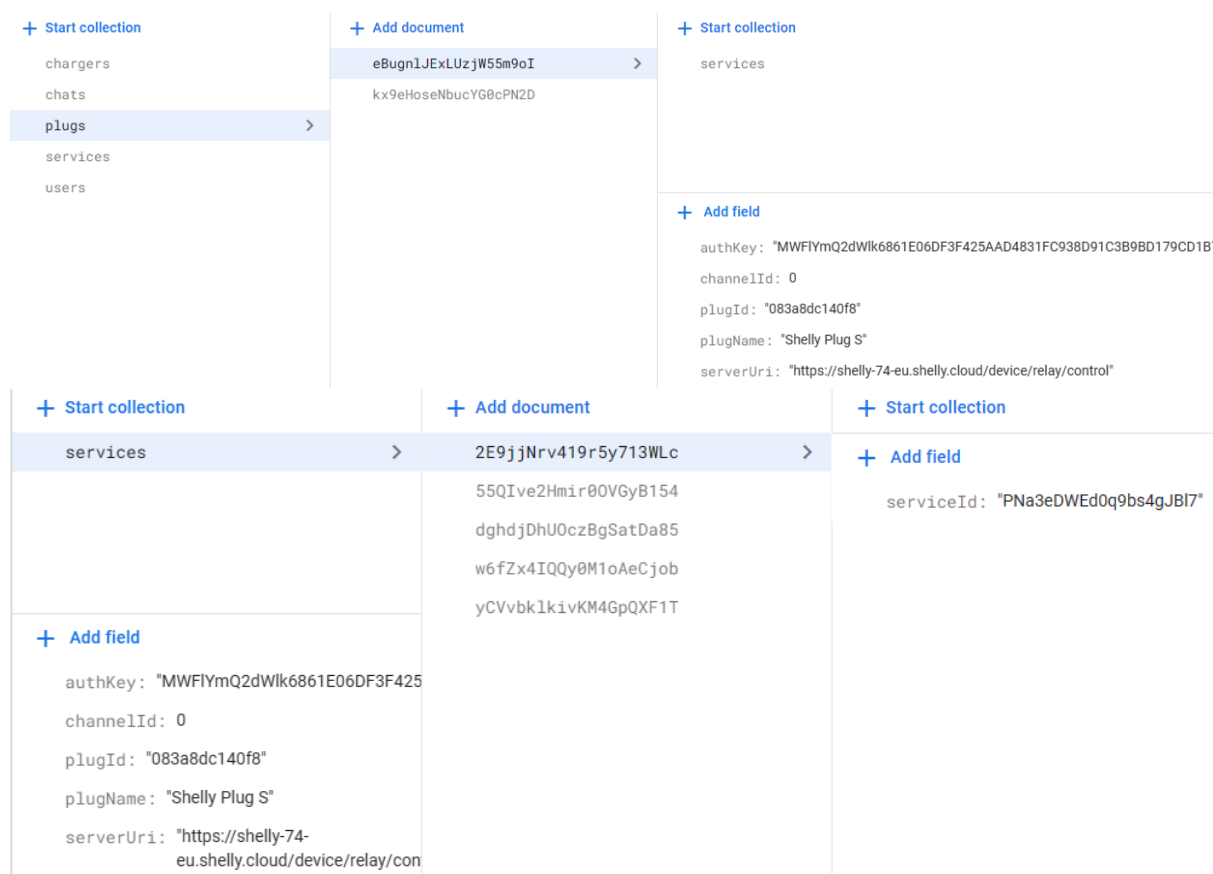
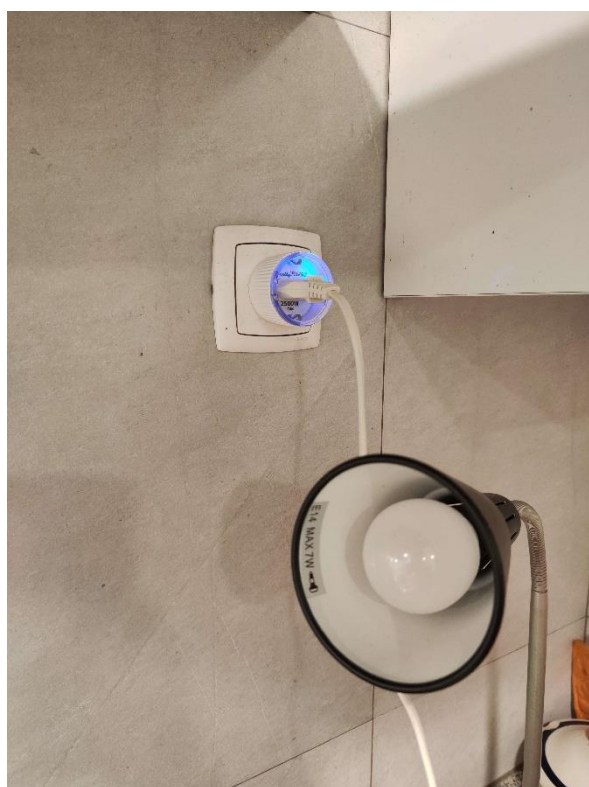


Figura 5.20- Documento com as informações do dispositivo e subcoleção com os documentos dos serviços

Com a criação desse novo documento na subcoleção, desencadeia-se a ativação de uma função pertencente à Cloud Functions. Esta função procede à recolha das informações necessárias para a gestão do dispositivo e, subseqüentemente, aguarda o início do carregamento. Foi exemplificado na Figura 5.21 o funcionamento do dispositivo durante o processo de

carregamento. Quando este é iniciado, é executado o comando para ligar o dispositivo (Figura 5.21 b/d), seguindo-se a instauração de um "Timeout", que consiste num método em JavaScript que induz uma pausa antes da execução de um determinado código. Assim, o período do "Timeout" corresponderá ao tempo total que o carregamento irá consumir, sendo o código executado o comando que será enviado para desligar o dispositivo (Figura 5.21 a/c). Caso ocorra o cancelamento do serviço durante o progresso do carregamento, o "Timeout" é anulado, sendo então transmitido o comando para desligar o dispositivo. Deste modo, o dispositivo é ligado e desligado, acompanhando com sincronismo o processo em curso na aplicação.



(a) Dispositivo desligado



(b) Dispositivo ligado



(c) Luz azul sinaliza dispositivo desligado



(d) Luz vermelha sinaliza dispositivo ligado

Figura 5.21- Imagens de demonstração do funcionamento do dispositivo inteligente durante um serviço de carregamento

A comunicação com os dispositivos Shelly é gerida através da Cloud da Shelly [30], utilizando uma API segura que permite a execução de comandos específicos. Esses comandos são enviados através de requests POST HTTPS ao servidor onde os dispositivos estão hospedados.

O comando utilizado pela função da Cloud Functions, que permite ligar ou desligar o dispositivo, tem a seguinte estrutura:

```
curl -X POST https://<server_uri>/device/relay/control -d "channel=<id>&turn=<on|off>&id=<device_id>&auth_key=<auth_key>"
```

O comando é composto por vários componentes essenciais, que são obtidos através do registo do dispositivo na aplicação da Shelly (será explicado posteriormente) e estão guardados na base de dados Firestore no documento correspondente ao dispositivo (Figura 5.20). Estes parâmetros têm o seguinte significado:

- **'server_uri'**: Identifica o servidor específico associado ao dispositivo;
- **'channel id'**: Refere-se ao canal de saída do dispositivo que será controlado;
- **'turn on|off'**: define se o dispositivo será ligado ou desligado;
- **'device_id'**: É uma identificação única do dispositivo que está a ser controlado;
- **'auth_key'**: Que é uma chave de autorização gerada para garantir a segurança na comunicação com o dispositivo.

Estes componentes trabalham em conjunto para permitir o controlo remoto e preciso dos dispositivos Shelly através da sua Cloud, sem a necessidade do utilizador estar conectado à mesma rede local do dispositivo.

5.1.8 Chat de conversação

Durante o serviço de carregamento, torna-se imperativo estabelecer um meio de comunicação entre os dois participantes envolvidos, nomeadamente o condutor e o proprietário do dispositivo de carregamento. Tal comunicação pode ser necessária para diversos propósitos, como o condutor informar acerca de um atraso ou solicitar ao proprietário orientações adicionais relativas à localização do carregador. Para dar resposta a esta necessidade, foi concebido um *chat* privado, gerado entre ambos os participantes sempre que um serviço é aceite.

Estes *chats* são documentos individuais, armazenados na base de dados Firestore, especificamente na coleção designada por 'chats', e cada um possuindo um ID distintivo (Figura 5.22). Dentro de cada documento, constam as seguintes informações essenciais:

- **lastMessage**: Refere-se ao conteúdo da última mensagem enviada no *chat*.
- **ownerId**: Representa o ID do proprietário do carregador associado ao serviço em questão.

- **ownerImage:** Consiste no *link* para a imagem do proprietário, que é exibida no ícone do *chat*.
- **ownerName:** Corresponde ao nome do proprietário.
- **sender:** Este atributo facilita a identificação do emissor da última mensagem, assumindo o valor de ‘user’ se for o condutor, ou ‘owner’ se for o proprietário.
- **timestamp:** Indica a data e hora da última mensagem, permitindo ao utilizador perceber quando recebeu a mensagem mais recente.
- **userId:** Refere-se ao ID do condutor.
- **userImage:** Imagem representativa do condutor.
- **userName:** Nome do condutor.

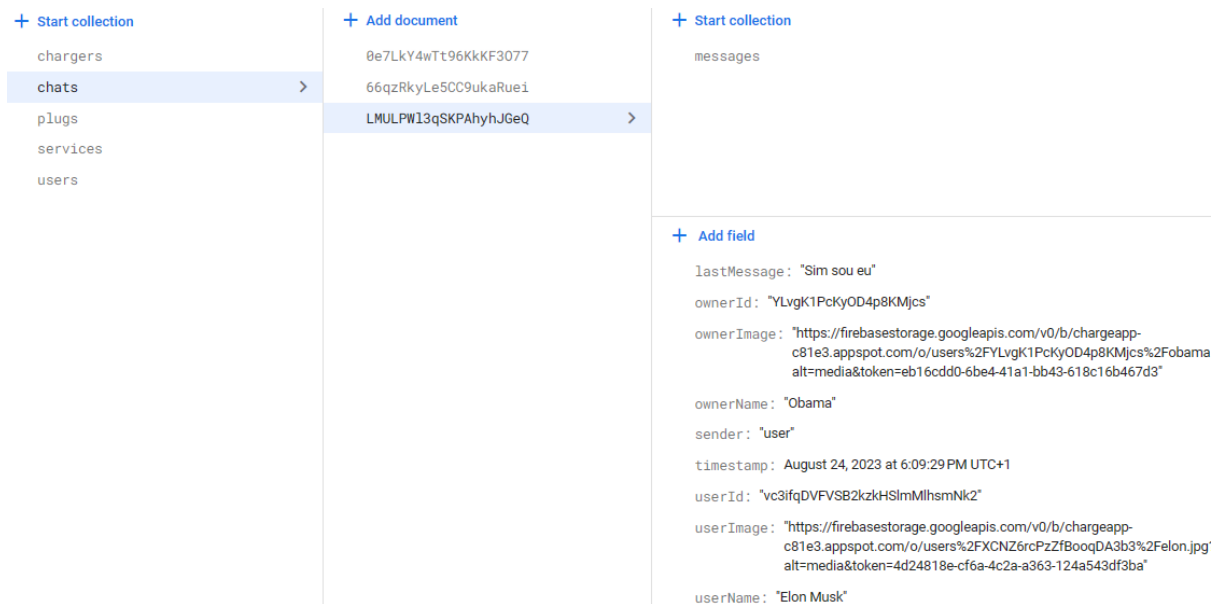


Figura 5.22- Coleção dos chats e respetivos documentos

Estas informações citadas são utilizadas no ecrã da lista de conversas (Figura 5.24a), onde são exibidos todos os chats das conversações ativas do utilizador. Mediante um *Listener*, são obtidos todos os *chats* em que o ID do utilizador consta no documento e, sempre que ocorre uma alteração nas informações do documento, como o envio de uma nova mensagem, estas são atualizadas em tempo real no ecrã.

No que respeita às mensagens enviadas durante a conversação dentro do *chat*, estas são armazenadas em documentos distintos, integrados numa subcoleção denominada ‘messages’, inserida no documento do *chat* correspondente (Figura 5.23). Cada documento de mensagem incorpora os seguintes componentes:

- **content:** Contém o texto da mensagem enviada.

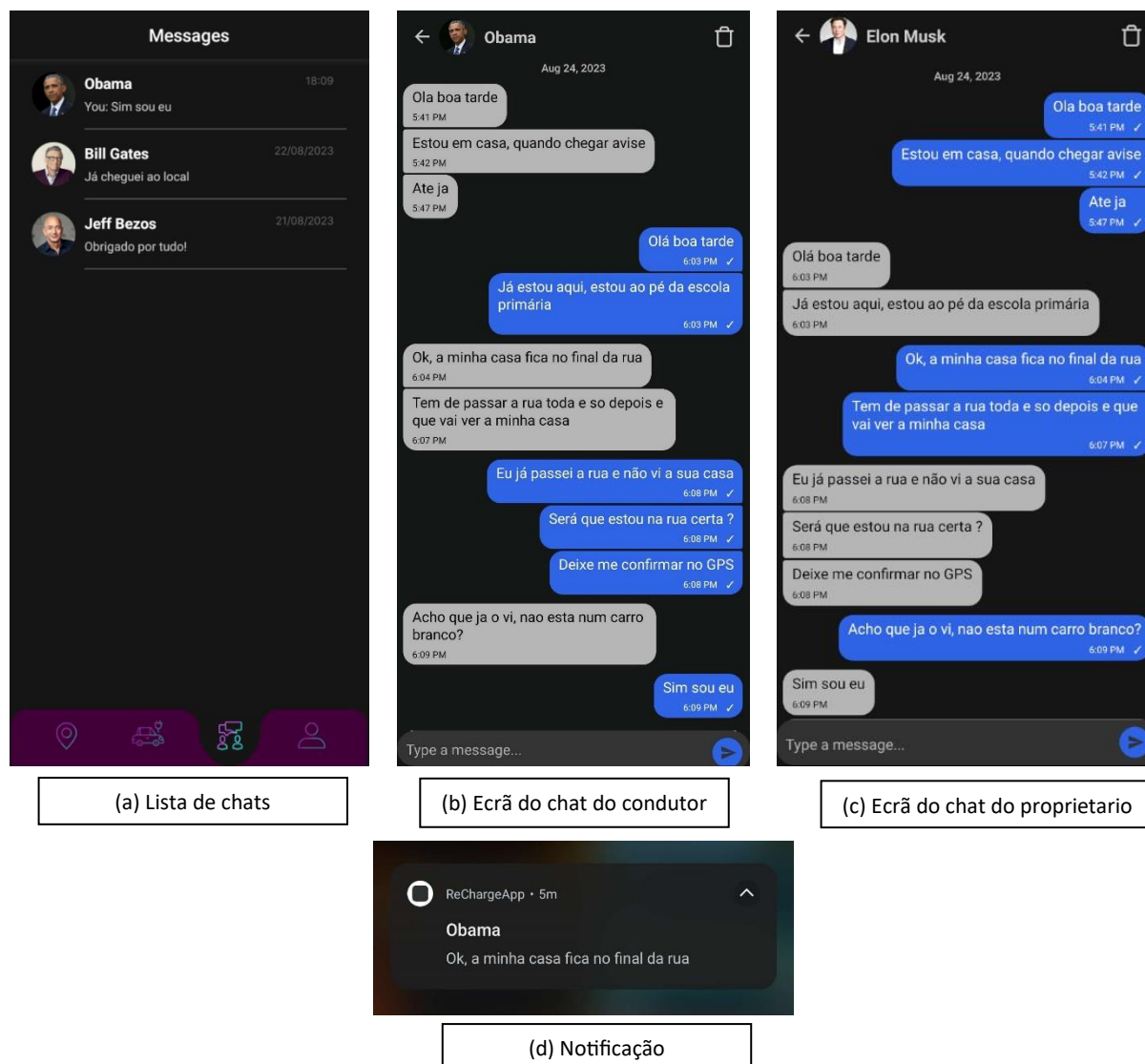


Figura 5.24- Ecrãs dos chats e respetivas mensagens

Sempre que é enviada uma nova mensagem e consequentemente criado um novo documento na subcoleção, é efetuada uma atualização no documento do *chat*, em específico nos valores dos parâmetros ‘lastMessage’, com a nova mensagem, no valor do ‘timestamp’, com a data de envio da mensagem e no valor do ‘sender’. Esta ação aciona uma função específica da Cloud Functions, responsável pelo tratamento das notificações relativas aos *chats*. Esta função procede à obtenção das informações contidas no documento do chat anteriormente referidas, analisando o valor do campo ‘sender’, que permite à função determinar a identidade do emissor da mensagem, seja ele o condutor ou o proprietário do carregador. Com base nesta informação, a função através do ID correspondente ao utilizador em causa, obtém o ‘token’ associado, que se encontra armazenado no documento pertencente às informações específicas do utilizador. Subsequentemente, é criada uma notificação, cujo título corresponde ao nome do remetente e o corpo inclui o texto da mensagem (Figura 5.24d). Utilizando o *token* previamente obtido e recorrendo ao sistema Firebase Messaging, a notificação é enviada para o destinatário da mensagem, servindo como alerta de que uma nova comunicação foi recebida no chat.

5.1.9 Página do perfil

A página do perfil (Figura 5.25) constitui uma interface essencial na aplicação, através da qual o utilizador tem a capacidade de modificar e administrar as suas informações pessoais, assim como gerir elementos específicos como os seus carregadores favoritos, os métodos de pagamento adotados e as avaliações que tenha feito. Esta secção permite igualmente o acompanhamento e análise das estatísticas relativas ao carregamento, oferecendo detalhes como o número de horas de carregamento utilizadas e a quantidade de Kw carregados, informações estas que podem ser úteis. Adicionalmente, a página do perfil faculta ao utilizador a possibilidade de executar o *logout* da aplicação.

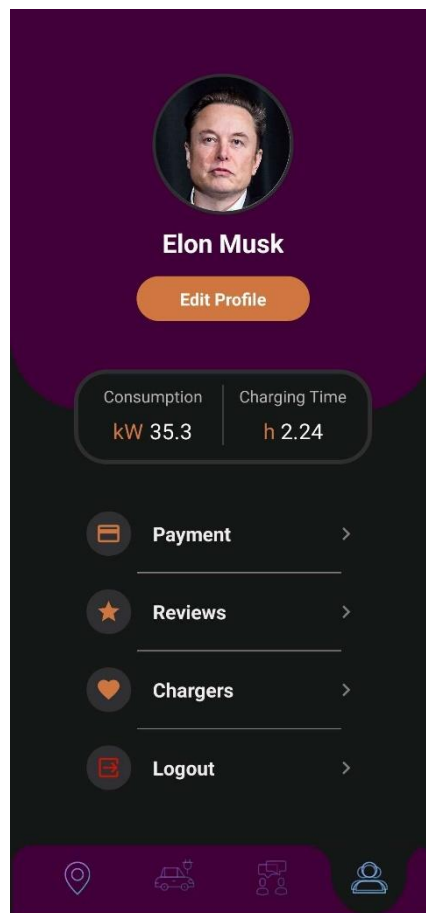





Figura 5.25- Página do perfil

5.2 ReChargeYou

5.2.1 Painel de carregamentos e gestão de pedidos

No ecrã principal da aplicação destinada ao proprietário de carregadores, é possível visualizar um sumário que reflete o número de horas e a quantidade de energia já consumidas pelos seus dispositivos de carregamento, bem como o montante financeiro já auferido (Figura 5.26). Esta interface fornece uma visão abrangente e essencial para a gestão dos equipamentos de carregamento, permitindo ao proprietário não apenas aceder à lista dos seus carregadores, mas também observar o estado operacional de cada um (Figura 5.26a). Neste contexto, existem três estados distintos e definidos que representam a condição atual do carregador:

-  **Estado 1:** Este estado simboliza que o carregador se encontra disponível para utilização, estando assim livre para aceitar novas solicitações de carregamento.
-  **Estado 2:** Este estado representa que o carregador se encontra ocupado, mas não está, no momento, a ser utilizado. Tal condição ocorre quando o carregador está reservado e o condutor encontra-se a caminho do local do carregador.
-  **Estado 3:** Este estado traduz a circunstância em que o carregador está a ser efetivamente utilizado e em pleno processo de carregamento.

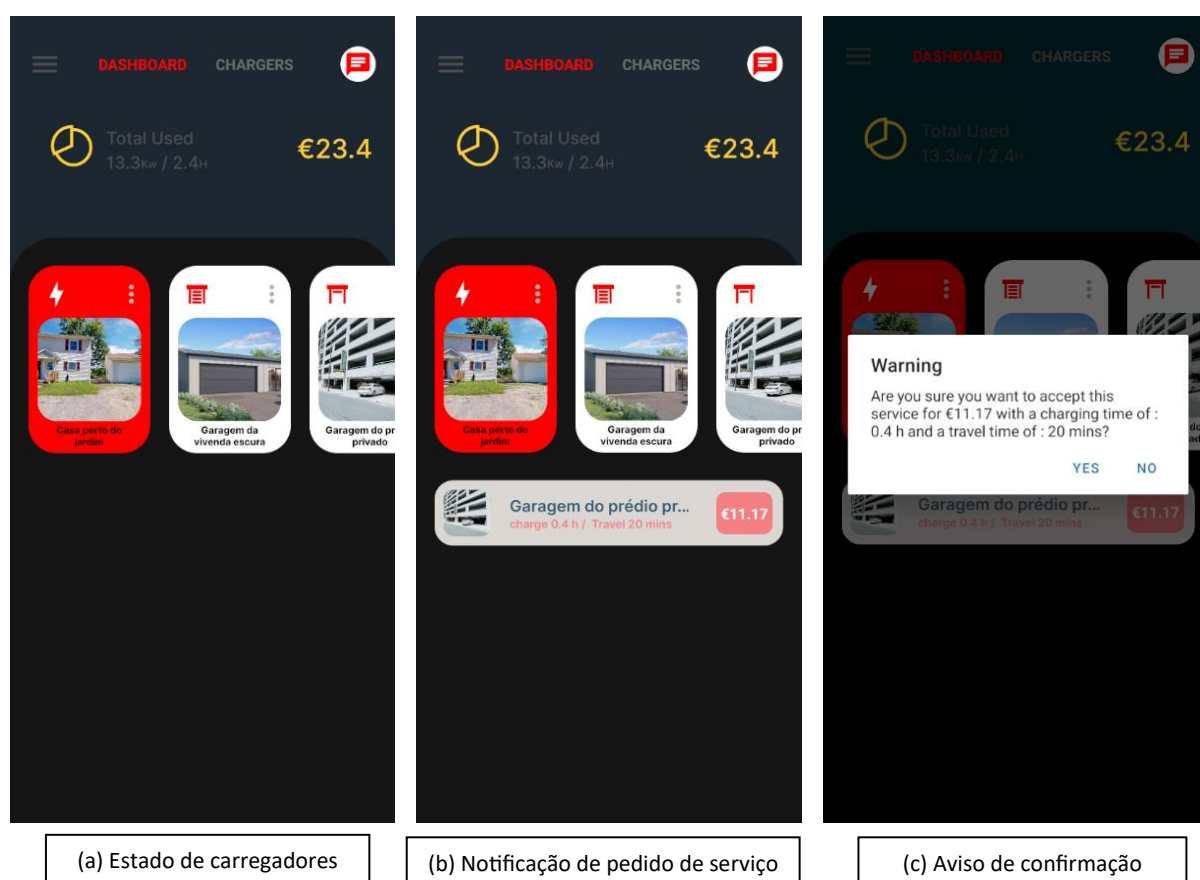


Figura 5.26- Ecrã principal da aplicação do proprietário, com notificação de pedido de serviço de carregamento

Para além destas informações, surgem também no ecrã as notificações referentes a pedidos de serviços de carregamentos para os respetivos carregadores (Figura 5.26b). Estes pedidos são atualizados em tempo real através de um *Listener* que acede a todos os documentos dos serviços associados ao ID do proprietário. Quando um condutor remete uma solicitação de carregamento, aparece de imediato uma notificação, conforme ilustrado na Figura 5.26b, a identificar o carregador em questão e a fornecer informações pertinentes do serviço de carregamento. No exemplo da Figura 5.26b, os detalhes da notificação especificam que o carregamento terá uma duração de 40 minutos, que o condutor irá levar 20 minutos a chegar ao local, e que o montante a receber será 11,17€. Ao interagir com a notificação, surgirá um *pop-up* a enumerar estas informações previamente mencionadas acerca do serviço, inquirindo o proprietário sobre a sua confirmação em aceitar o serviço (Figura 5.26c). Caso este aceite, será redirecionado para a página do serviço com o código de identificação (Figura 5.16a), conforme explicado no capítulo anterior.

5.2.2 Criação do carregador

O proprietário, ao iniciar a criação de um novo carregador, tem acesso ao ecrã para indicar as especificações do mesmo e selecionar a imagem representativa (Figura 5.27a). Todos os campos são obrigatórios e encontram-se sujeitos a requisitos de um número mínimo de caracteres. Os detalhes a serem fornecidos são os seguintes:

- Imagem referente ao carregador ou ao local;
- Nome do carregador;
- Descrição do carregador;
- Taxa cobrada por hora pelo proprietário, durante o carregamento;
- Potência em Kw do carregador;
- Tipo de conector do carregador (exemplo: type1, type 2, Tesla, entre outros).

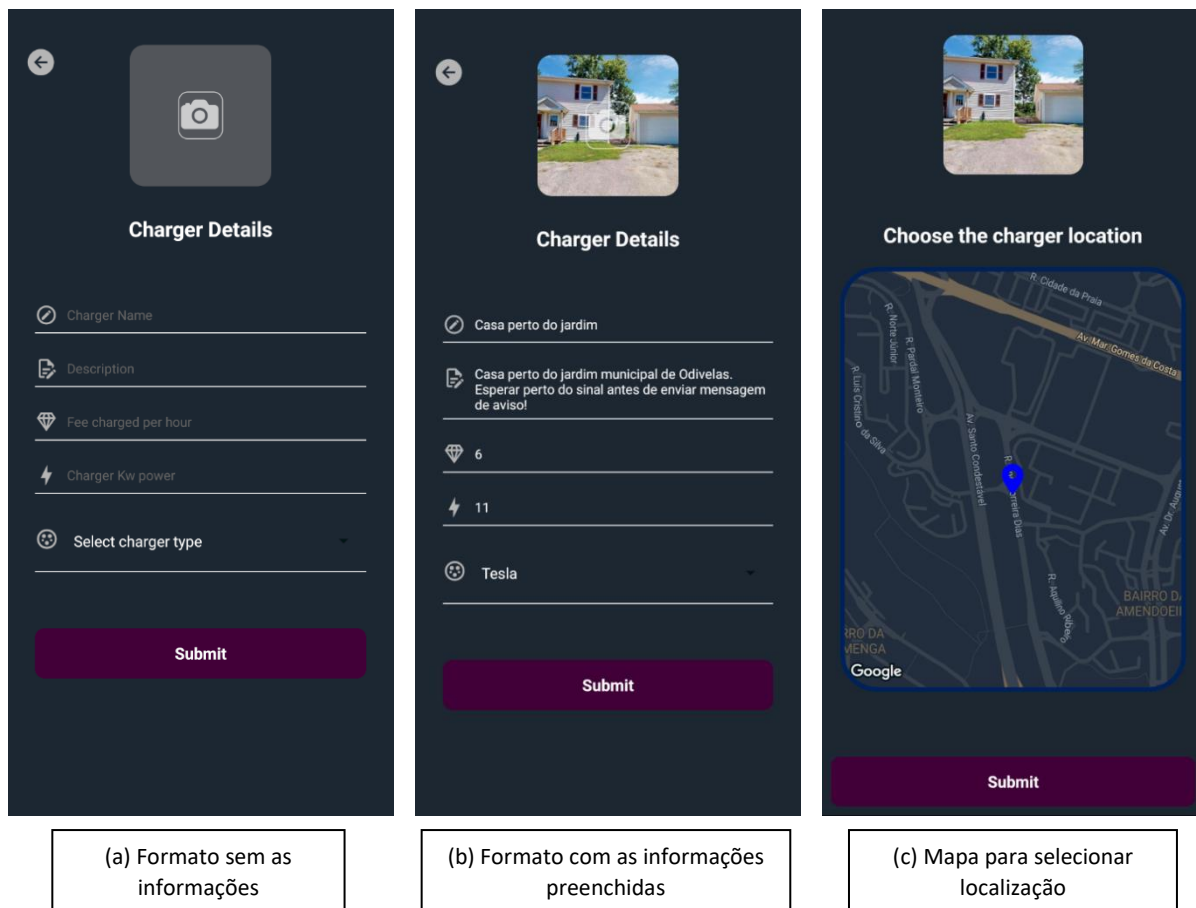


Figura 5.27- Processo de criação de um novo carregador

Após preencher todos os campos com sucesso (Figura 5.27b), o utilizador é direcionado para um ecrã onde é apresentado um mapa com um indicador azul no centro, que se inicia na localização atual do utilizador (Figura 5.27c). De seguida, o utilizador pode mover este indicador pelo mapa e selecionar o local onde pretende sinalizar o seu carregador. Ao finalizar, é criado um novo documento na coleção ‘chargers’, na base de dados Firestore, onde serão armazenadas todas estas informações pertencentes ao carregador (Figura 5.28).

chargers	>	KV4y9qxjD5uhzEBazgeF	>	+ Add field
chats		U1kLU1Fr7LJPH8E3F11c		descrip... "Casa perto do jardim municipal de Odivelas. Esperar perto do sinal a...
plugs		wKeJX2pIc2hoAVLg0hgK		i... "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/chargeapp-c81e3.appspot.co...
services				location: [38.75630065359384° N, 9.118347074836493° W]
users				name: "Casa perto do jardim"
				open: true
				plug: "Tesla"
				plugId: "s2Zp4NuuDYPT0VbcYeuE"
				power: 11
				price: 6
				rating: 0.2
				ratingCount: 22
				smartPlug: "eBugnlJExLUzjW55m9ol"
				status: 3
				type: 3
				user: "YLvgK1PcKyOD4p8KMjcs"

Figura 5.28- Documento no Firestore com as informações do carregador criado

5.2.3 Gestão dos carregadores e dos dispositivos inteligentes

O utilizador tem acesso a um ecrã onde está presente a lista de carregadores criados, juntamente com as suas especificações mais relevantes (Figura 5.29a). Ao seleccionar um dos carregadores, é redirecionado para o ecrã correspondente ao carregador seleccionado, onde se exibem detalhadamente todas as informações relevantes acerca do mesmo, informações essas que foram previamente explicadas, bem como a sua localização geográfica (Figura 5.29b).

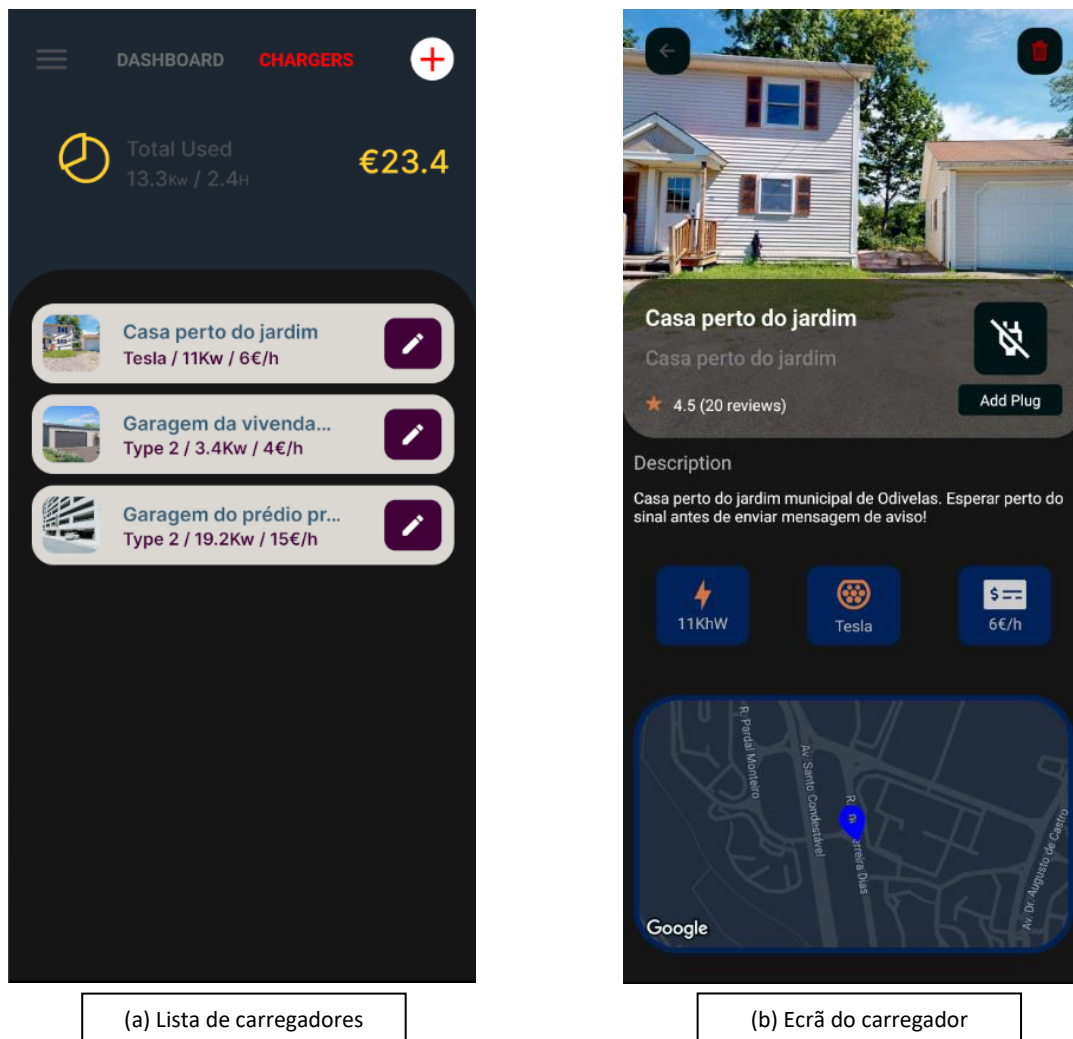



Figura 5.29- Lista de carregadores e ecrã do carregador

É no ecrã correspondente ao carregador que o utilizador tem a possibilidade de associar um dispositivo inteligente ao mesmo. Na Figura 5.31a, pode-se observar, assinalado por um círculo vermelho, o símbolo , e o botão designado como 'add plug', o que indica que o carregador não tem qualquer dispositivo associado a ele. Ao pressionar este botão, o utilizador é direcionado para um ecrã onde terá de inserir todas as informações necessárias para registar o dispositivo (Figura 5.30a).

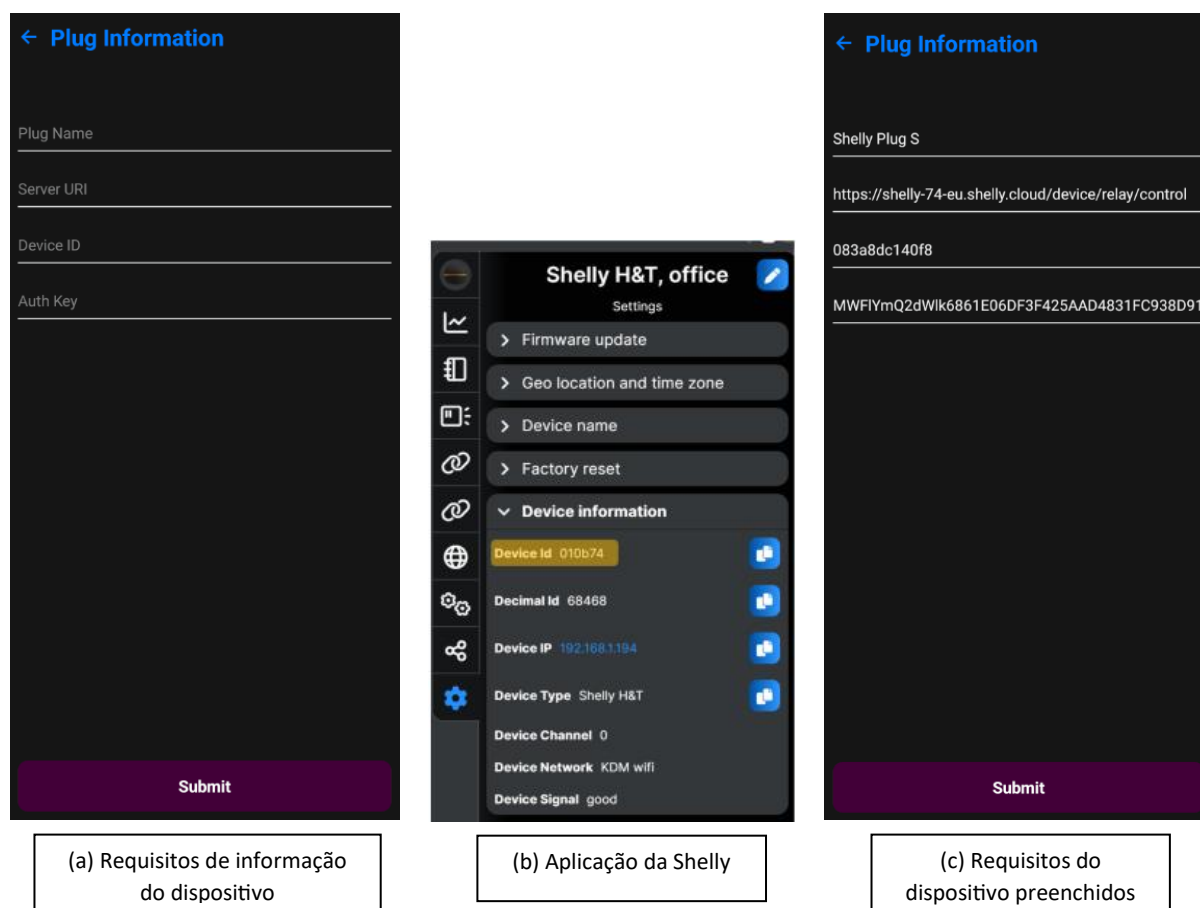


Figura 5.30- Processo de introdução das informações do dispositivo inteligente

Estas informações, que são relativas aos dispositivos da Shelly, já foram explicadas no capítulo anterior e a forma de as obter é através da aplicação da Shelly (Figura 5.30b). O utilizador regista o dispositivo na aplicação e, em seguida, tem acesso a estas informações (Server URI / Device ID / Auth Key). De seguida, basta seleccionar a opção para copiar as informações, presente na própria aplicação, e colar esta informação no formulário (Figura 5.30c). Ao clicar para submeter, será criado um novo documento (Figura 5.20), na Firestore, na coleção 'plugs', com as informações do dispositivo, e o ID deste documento será adicionado ao documento correspondente ao carregador.

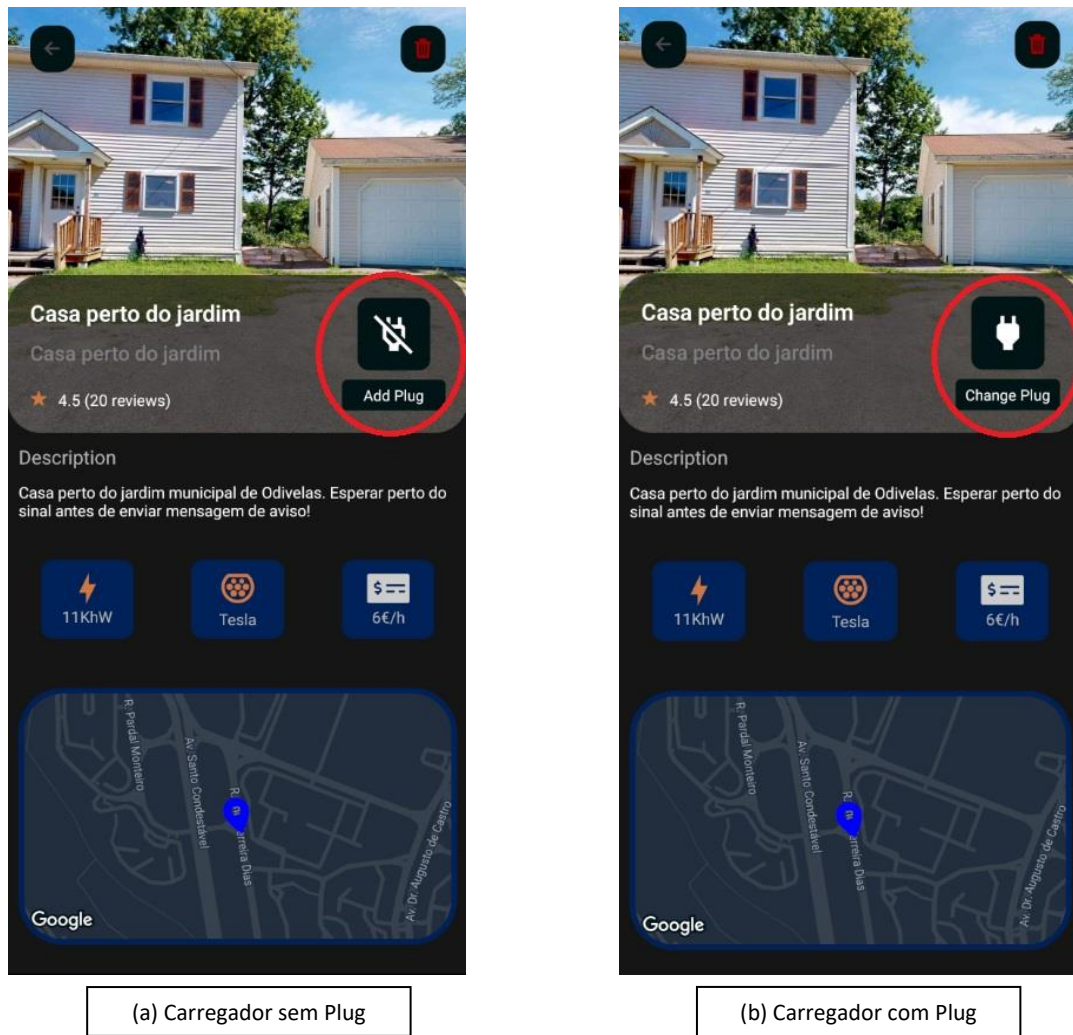



Figura 5.31- Ecrãs do carregador, com e sem o Plug adicionado

Ao concluir este processo, o símbolo que representa o dispositivo no ecrã do carregador sofre uma alteração,  simbolizando que o carregador possui um dispositivo inteligente associado a ele.

6 Avaliação

Neste capítulo, são apresentados e debatidos os resultados da avaliação realizada na aplicação móvel, que foi desenvolvida no âmbito deste projeto. Esta fase de avaliação visa essencialmente validar a aplicação em termos de funcionalidade e eficiência de desempenho, bem como verificar o grau de satisfação e aceitação dos utilizadores. Os resultados detalhados desta avaliação são objeto de análise pormenorizada no próximo capítulo, onde são discutidas as conclusões alcançadas e as recomendações delineadas com base nas considerações dos participantes.

6.1 Metodologia

No que diz respeito à metodologia de avaliação da aplicação, optou-se por realizar um estudo com utilizadores, focado nas particularidades do contexto de utilização P2P entre dois utilizadores. Para guiar a avaliação, foi desenvolvido um guião/questionário personalizado com perguntas estratégicas que visam medir a experiência do utilizador durante a utilização da aplicação. O questionário orientou os participantes nos diversos processos e tarefas da aplicação móvel, desde o registo inicial até ao pedido de carregamento.

Os utilizadores assumiram o papel de condutores de carros elétricos e utilizaram o smartphone para testar a respetiva aplicação. Em simultâneo, noutro smartphone/emulador, estava em execução a aplicação corresponde aos proprietários dos carregadores, que permitia a gestão dos pedidos de carregamento e a realização das operações necessárias para atender às solicitações dos utilizadores. Durante a avaliação, os participantes realizaram uma série de tarefas na aplicação, incluindo a solicitação de carregamento para o veículo elétrico. Esta tarefa, em particular, foi realizada com a utilização do dispositivo inteligente, o que proporcionou uma oportunidade para avaliar o desempenho e a usabilidade da nossa aplicação em situações práticas.

As experiências dos utilizadores, na sequência da realização de cada tarefa, foram documentadas, através do preenchimento do questionário, para obter impressões relevantes sobre o desempenho da aplicação e a satisfação dos utilizadores, assim como a recolha de comentários e sugestões por parte dos utilizadores em tempo real. Esta abordagem iterativa de avaliação e recolha de feedback desempenhou um papel fundamental na obtenção de novas ideias de aperfeiçoamento contínuo da aplicação, garantindo que, no futuro, atenda às expectativas e necessidades dos utilizadores de forma eficaz e eficiente.

6.2 Questionário

O questionário (anexo A) criado para avaliar a aplicação foi dividido em quatro partes distintas com objetivos bastante específicos. Cada uma dessas partes desempenhou um papel

fundamental na obtenção de informações abrangentes sobre a usabilidade e a experiência dos utilizadores durante a utilização da aplicação:

1. Caracterização dos Participantes

A primeira parte do questionário abrange questões de carácter pessoal, como idade, género e outras informações demográficas relevantes. Além disso, inclui questões relacionadas com a experiência prévia dos participantes na utilização de aplicações semelhantes, fornecendo uma visão abrangente do perfil dos participantes.

2. Avaliação da Usabilidade na Realização de Tarefas

A segunda parte do questionário foi dedicada à avaliação da usabilidade da aplicação. Nesta secção, os participantes realizaram um conjunto de tarefas específicas na aplicação. No final de cada tarefa, os participantes responderam a diversas questões relacionadas com a tarefa, além de terem a opção de responder a questões abertas, permitindo-lhes descrever eventuais erros ou dificuldades encontradas durante a utilização da aplicação, bem como sugerir alterações ou novas funcionalidades para a aplicação.

3. Avaliação da Usabilidade Utilizando o System Usability Scale (SUS)

A terceira parte do questionário incluiu o questionário System Usability Scale (SUS) [31] [32] [33], que é um questionário reconhecido para avaliar a usabilidade de sistemas interativos. Os participantes avaliaram a usabilidade da aplicação respondendo a uma série de questões na escala Likert [34] de 5 pontos.

4. Avaliação da Experiência do Utilizador

A última parte do questionário abrangeu a avaliação da experiência do utilizador, por meio do preenchimento do questionário User Experience Questionnaire (UEQ) [35] [36]. Com o objetivo de compreender as perceções dos utilizadores em relação a diversos aspetos da experiência, como eficiência, design e fluidez da interação.

Este questionário desempenhou um papel central na nossa avaliação, permitindo-nos obter informações abrangentes sobre a usabilidade e a experiência dos utilizadores. Os dados das respostas serão de seguida analisados em cada fase do questionário.

6.2.1 Caracterização dos Participantes

Nesta secção é apresentada a caracterização dos participantes envolvidos no processo de avaliação da aplicação móvel. Essa caracterização é fundamental para compreender o perfil demográfico e as características dos utilizadores que participaram da avaliação, fornecendo um contexto importante para a análise dos resultados obtidos.

O questionário utilizado na avaliação foi preenchido por um total de dez participantes que se dispuseram a realizar a experiência previamente descrita. Uma compilação das suas respostas encontra-se disponível em maior detalhe no Anexo B.

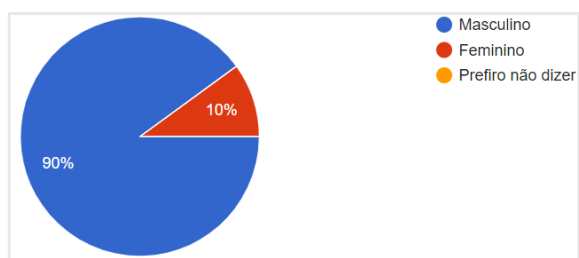


Figura 6.1- Género dos participantes

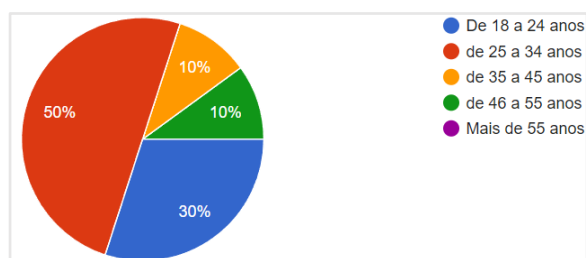


Figura 6.2- Faixa etária dos participantes

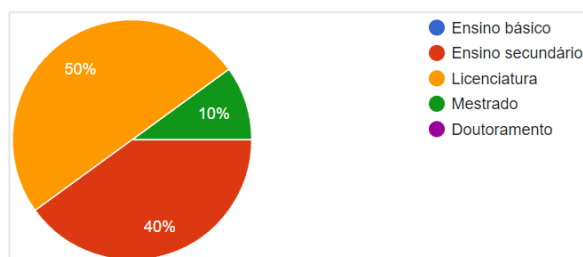


Figura 6.3- Atividade profissional dos participantes

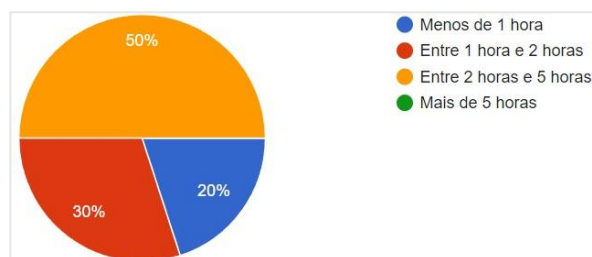


Figura 6.4- Período de utilização diária de smartphones pelos participantes

Em relação ao género dos participantes (Figura 6.1), 10% são do género feminino, enquanto 90% são do género masculino. A maioria dos participantes encontram-se na faixa etária dos 25 aos 34 anos (Figura 6.2) e 50% dos participantes são estudantes de mestrado ou possuem uma licenciatura (Figura 6.3). No que diz respeito ao uso diário do smartphone, a maioria dos participantes relatou utilizar o dispositivo entre 2 e 5 horas por dia (Figura 6.4).



Figura 6.5- Participantes proprietários de carros elétricos

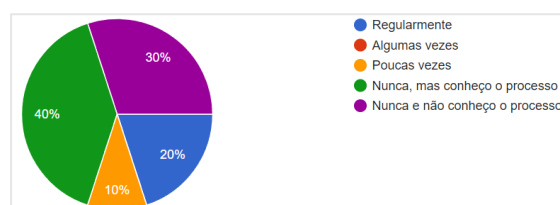


Figura 6.6- Frequência com que os participantes carregam os carros elétricos

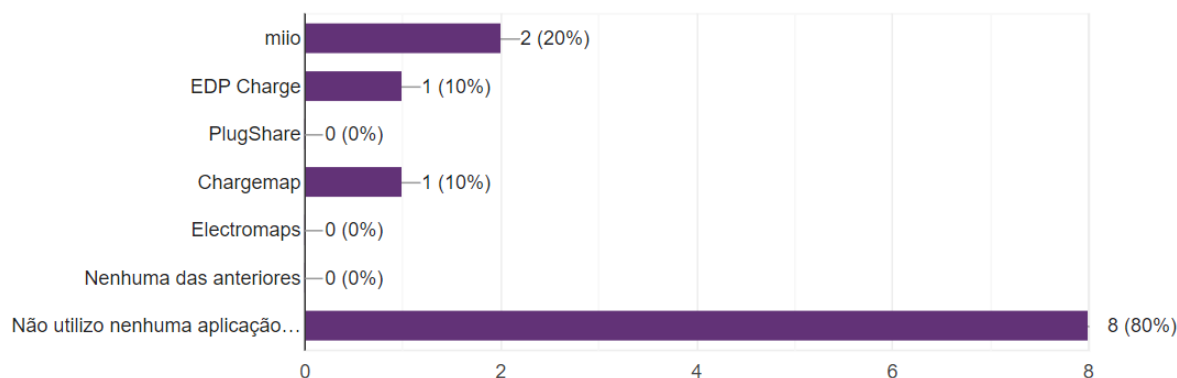


Figura 6.7- Aplicações utilizadas pelos participantes para carregar os carros elétricos

Apenas 2 dos participantes eram proprietários de carros elétricos, enquanto dos restantes que não eram, 3 já haviam tido a experiência de conduzir um VE (Figura 6.5 e Figura 6.6). No que diz respeito ao processo de carregamento de veículos elétricos, destaca-se que a maioria dos participantes demonstrou conhecimento prévio ou experiência direta com o procedimento. Em relação às aplicações utilizadas para carregar os carros elétricos, é de destacar a escolha das aplicações miio e EDP Charge. Estas duas aplicações, ambas de origem portuguesa, têm uma considerável popularidade em Portugal, sendo amplamente utilizadas pelos proprietários de veículos elétricos (Figura 6.7).

6.2.2 Avaliação da Usabilidade e Realização de Tarefas

Ao longo desta secção, são apresentados e discutidos os resultados de maior destaque obtidos através das respostas ao questionário, após a realização das tarefas propostas na utilização da aplicação, com maior foco nas sugestões de melhoramento dadas pelos participantes.

Tarefa - Adicionar um carro

Esta tarefa visava a adição de um novo veículo, através do acesso ao menu da garagem, com a seleção a ser efetuada a partir de uma lista de marcas e modelos previamente disponibilizados na aplicação. A grande maioria dos participantes não enfrentou dificuldades significativas ao completar esta tarefa e considerou o processo de seleção do veículo como intuitivo. No entanto, no que se refere à variedade de modelos de automóveis elétricos disponíveis na aplicação, as opiniões divergiram entre os participantes (Figura 6.8 e Figura 6.9).

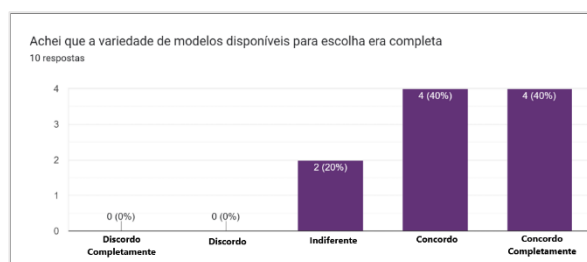


Figura 6.8- Opinião dos participantes sobre a variedade de modelos disponíveis

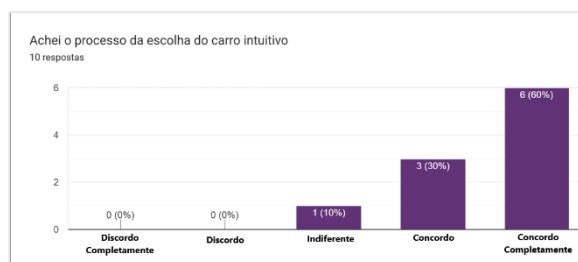


Figura 6.9- Opinião dos participantes sobre o método de escolha do carro

Alguns participantes observaram que nem todos os modelos de automóveis elétricos atualmente disponíveis no mercado estavam representados na base de dados da aplicação. Essa limitação decorreu do facto de os modelos presentes serem referentes a um *dataset* desatualizado, que não contém todos os modelos de veículos elétricos existentes até à data.

Adicionalmente, um participante registou uma observação relevante relacionada ao processo de seleção do veículo. Notou-se que, na etapa final do processo, caso o utilizador desejasse retroceder para efetuar alguma alteração na seleção da marca ou modelo do automóvel, não era possível fazê-lo, sendo obrigado a concluir o processo e iniciar novamente.

As sugestões mais pertinentes oferecidas pelos participantes, no âmbito das respostas abertas, incluíram:

- Recomendação de implementar um design mais apelativo, com a adição de imagens das marcas para uma visualização mais facilitada.
- Necessidade de atualização da lista de modelos de veículos elétricos, uma vez que se encontrava desatualizada.
- Expressão do desejo de que fosse acrescentada a opção de retroceder no processo de seleção do modelo do veículo, a fim de proporcionar maior flexibilidade durante a navegação na aplicação.

Tarefa - Procurar carregador e agendar carregamento

Após a conclusão da tarefa de adicionar o veículo, os participantes procederam à navegação até ao ecrã principal da aplicação. Neste ecrã, tinham de localizar os ícones representativos dos pontos de carregamento no mapa e selecionar aquele que pretendiam. Posteriormente, no ecrã específico do ponto de carregamento selecionado, deveriam escolher os níveis de carga da bateria do veículo a serem recarregados e efetuar o pedido de carregamento.

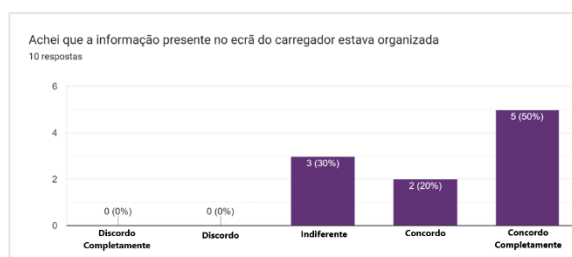


Figura 6.10- Opinião dos participantes sobre a organização da informação no ecrã do carregador

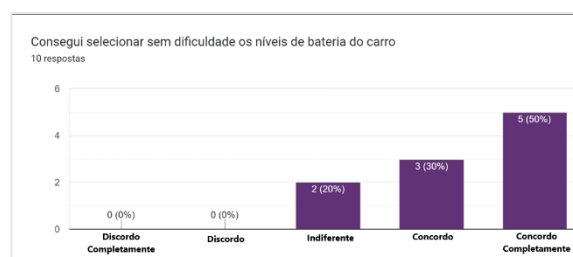


Figura 6.11- Opinião dos participantes relativamente à dificuldade da seleção dos níveis de bateria

Novamente, os participantes enfrentaram poucas dificuldades significativas ao cumprir esta tarefa (Figura 6.10 e Figura 6.11), sendo que a principal área de divergência entre as suas opiniões residia na organização da informação apresentada no ecrã do ponto de carregamento. Além disso, foi observada alguma complexidade na seleção dos níveis de carga da bateria do veículo, resultando em sugestões para aumentar as dimensões da barra de seleção correspondente. Durante a navegação pelo mapa, os participantes também notaram a ausência de uma barra de pesquisa de localização, sugerindo a sua inclusão para facilitar a seleção de regiões desejadas. Uma sugestão adicional, apresentada por um dos participantes, que se

destacou pela sua pertinência, foi a ausência de uma opção de carregamento predefinida. Em vez de os utilizadores terem de selecionar manualmente o nível de carga da bateria do veículo e, em seguida, o nível de carga desejado, foi proposta a implementação de uma opção predefinida, como a possibilidade de carregar 20% da bateria, por exemplo.

As sugestões de maior relevância, apresentadas pelos participantes no contexto das respostas abertas, incluíram:

- A falta de uma barra de pesquisa para localização.
- O tamanho reduzido da barra de seleção dos níveis de carga da bateria.
- A necessidade de uma opção de carregamento predefinida.

Processo de carregamento

Após o pedido de carregamento ser aceite, os participantes são redirecionados para o ecrã de carregamento, onde devem gerir todo o processo. Este procedimento é sincronizado com o dispositivo inteligente, e, posteriormente, os participantes são solicitados a avaliar o processo.

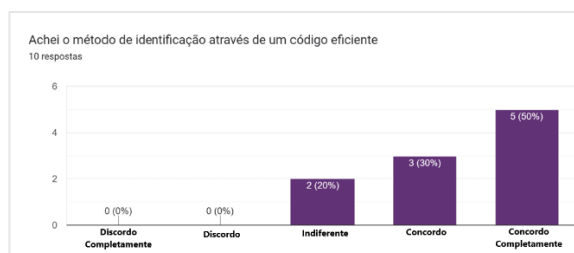


Figura 6.12- Opinião dos participantes referente à eficiência da identificação através de um código

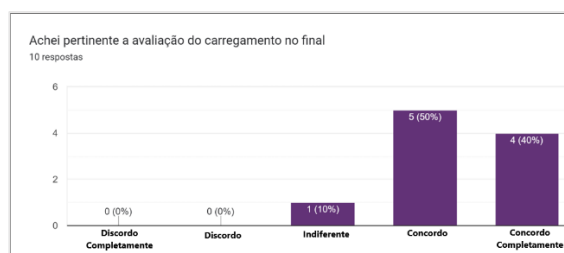


Figura 6.13- Opinião dos participantes sobre a avaliação do carregamento

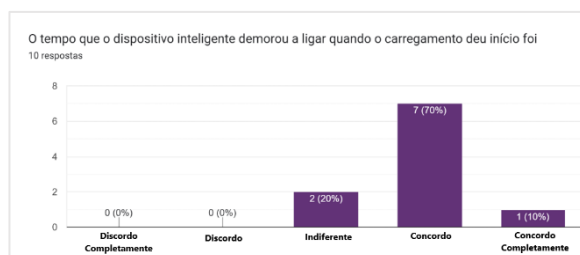


Figura 6.14- Opinião dos participantes sobre o tempo que o dispositivo demora a ligar

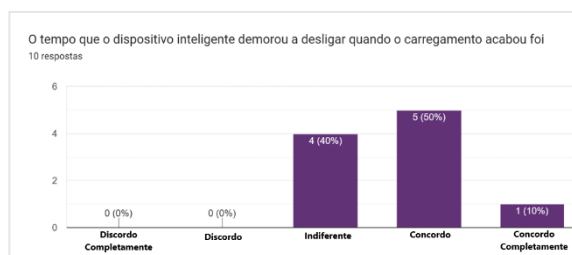


Figura 6.15- Opinião dos participantes sobre o tempo que o dispositivo demora a desligar

Durante todo o processo de carregamento, um dos aspetos que gerou mais sugestões e descontentamento entre os participantes foi o tempo de espera que o dispositivo inteligente demora a ligar e a desligar quando o processo de carregamento se inicia e termina (Figura 6.14 e Figura 6.15). Este atraso é atribuído ao problema conhecido como "cold start" da Firebase Cloud Functions [37], o serviço responsável pelo envio dos comandos para ligar e desligar o dispositivo. Esse atraso decorre da necessidade da Firebase Cloud Functions de criar novas

instâncias para executar a função, que demora em média entre 10 a 20 segundos, o que resulta no tempo que o dispositivo demora para ligar e desligar.

É relevante mencionar que existe uma solução para reduzir este problema, que envolve a manutenção de um número mínimo de instâncias em execução. No entanto, optou-se por não implementar essa solução devido ao custo associado. Manter instâncias em execução gera custos adicionais, o que levou à decisão de equilibrar a otimização de recursos com os benefícios percebidos.

Além disso, é importante notar que o método de identificação através de um código e a avaliação final do processo de carregamento suscitaram opiniões divergentes entre os participantes (Figura 6.12 e Figura 6.13). Uma das sugestões apresentadas visou a melhoria do método de avaliação, com a adição de funcionalidades adicionais, como a possibilidade de deixar um comentário.

As sugestões mais pertinentes oferecidas pelos participantes, no âmbito das respostas abertas, incluíram:

- O dispositivo demorou algum tempo a ligar e a desligar.
- Adição de mais funcionalidades no método de avaliação, como a capacidade de deixar comentários.

Tarefa - Pedido de carregamento através do controlo por voz

Esta tarefa consistiu na realização do pedido de carregamento, por meio da comunicação com a assistente de controlo por voz. Os participantes efetuaram o pedido à assistente e responderam às perguntas pertinentes para a concretização do mesmo.

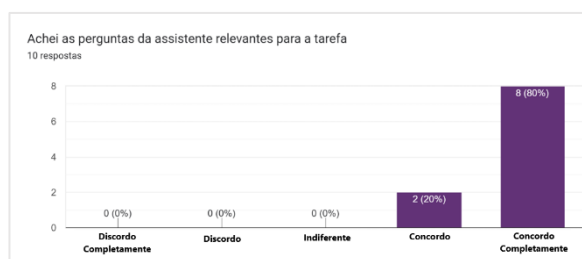


Figura 6.16- Opinião dos participantes em relação às perguntas colocadas pela assistente

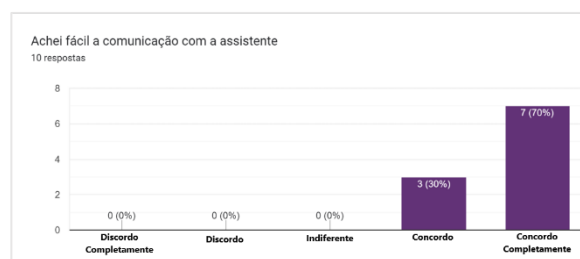


Figura 6.17- Opinião dos participantes em relação à comunicação com a assistente

Em relação à avaliação da facilidade da comunicação entre os participantes e a assistente de controlo por voz, a maioria dos participantes relatou uma comunicação fluente e considerou que as perguntas formuladas pela assistente eram relevantes para a tarefa em questão (Figura 6.16 e Figura 6.17). Contudo, em raras ocasiões, verificou-se que a assistente não compreendeu de imediato a resposta dos participantes, solicitando que estes a repetissem.

As sugestões mais pertinentes oferecidas pelos participantes, no âmbito das respostas abertas, incluíram:

- A assistente falhou algumas vezes em perceber o que foi dito

6.2.3 Avaliação da Usabilidade Utilizando o System Usability Scale (SUS):

O System Usability Scale (SUS) [31] [32] [33] é uma ferramenta para avaliar a usabilidade de sistemas e aplicações. Esta escala consiste em dez perguntas que proporcionam uma visão global das avaliações subjetivas da usabilidade do sistema. O SUS emprega uma abordagem do tipo Likert com 5 opções de resposta, onde os participantes indicam o grau de concordância ou discordância (desde “Discordo Completamente” a “Concordo Completamente”) com afirmações específicas relacionadas à usabilidade do sistema.

Para calcular a pontuação SUS, o cálculo deverá ser efetuado seguindo o seguinte critério:

- Para as perguntas ímpares (1, 3, 5, 7, 9), subtrai-se 1 da pontuação atribuída pelo utilizador.
- Para as perguntas pares (2, 4, 6, 8, 10), subtrai-se de 5, o valor atribuído pelo utilizador.
- No final, são somados os valores de todas as perguntas e o resultado é multiplicado por 2,5, garantindo que os resultados variam entre 0 e 100.

Tabela 1- Respostas dos participantes e respetivos resultados do System Usability Scale

Perguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total		SUS
											Res.	Calc.	
Participante 1	3	2	4	1	5	2	5	1	4	2	29	33	82.5
Participante 2	5	2	5	2	5	1	3	2	4	2	31	33	82.5
Participante 3	4	1	4	1	5	1	4	2	5	1	29	36	90
Participante 4	5	1	5	1	4	1	4	1	5	1	28	34	85
Participante 5	5	2	4	1	5	1	5	2	5	1	31	37	92.5
Participante 6	4	1	5	1	5	2	5	1	5	1	30	38	95
Participante 7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	30	40	100
Participante 8	5	1	5	1	4	1	5	1	5	1	29	39	97.5
Participante 9	4	1	5	1	4	1	5	1	5	1	28	38	95
Participante 10	5	1	5	1	5	2	4	1	4	2	30	35	87.5

Após o cálculo dos resultados do SUS para cada participante (Tabela 1), procede-se ao cálculo da média dos resultados obtidos.

$$SUS = \frac{82.5 + 82.5 + 90 + 85 + 92.5 + 95 + 100 + 97.5 + 95 + 87.5}{10} = 90.75$$

Neste contexto, os participantes atribuíram à aplicação uma pontuação média de 90.75 no SUS. Este resultado é considerado uma classificação de categoria "A", de acordo com a escala estabelecida na Figura 6.18. Embora este resultado seja bastante positivo, é importante reconhecer que a amostra de participantes que completou o questionário foi relativamente pequena. A fim de assegurar a máxima representatividade dos resultados, seria aconselhável testar a aplicação com um número mais substancial de utilizadores.

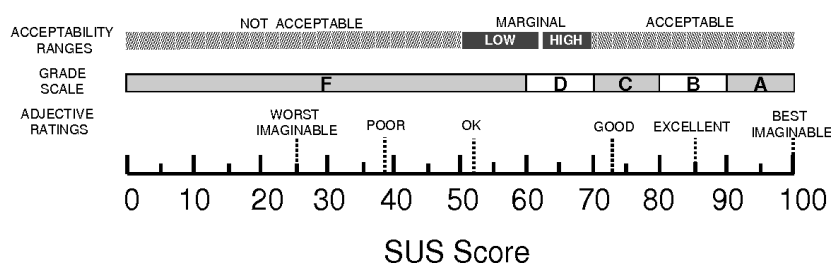


Figura 6.18- Comparação entre escalas de aceitabilidade, adjetivos e classificação escolar em relação à pontuação média do SUS [38]

6.2.4 Avaliação da Experiência do Utilizador:

O User Experience Questionnaire (UEQ) [35] [36] é uma ferramenta utilizada na avaliação da experiência do utilizador (UX) na utilização de produtos interativos. Este questionário possibilita a obtenção de medidas quantitativas das diversas dimensões que compõem a experiência do utilizador. O UEQ consiste num conjunto de 26 questões cuidadosamente elaboradas, cada uma utilizando uma escala diferencial semântica com 7 opções de resposta. Cada questão apresenta um par de termos opostos, como "complicado/fácil" ou "aborrecido/excitante", e os participantes respondem numa escala de sete pontos, que varia de -3 (discordo totalmente com o termo negativo) a +3 (concordo totalmente com o termo positivo).

As 26 perguntas estão agrupadas em seis medidas distintas:

1. **Atratividade:** Avalia a impressão geral do produto, incluindo se os utilizadores gostam, acham atraente e sentem prazer ao usá-lo.
2. **Transparência:** Mede o quão fácil é para os utilizadores se familiarizarem com o produto, a sua Transparência, clareza e facilidade de aprendizagem.
3. **Eficiência:** Avalia se os utilizadores conseguem realizar tarefas sem esforço desnecessário, considerando a eficiência e a rapidez do sistema.

4. **Controlo:** Verifica se os utilizadores se sentem no controlo da interação, conseguem prever o comportamento do sistema e se sentem seguros ao usar o produto.
5. **Estimulação:** Analisa o quanto o produto é emocionante e motivador para os utilizadores, avaliando o grau de diversão ao utilizá-lo.
6. **Inovação:** Avalia se o produto é inovador e criativo, e se consegue capturar a atenção dos utilizadores.

A análise dos resultados das respostas do UEQ é conduzida utilizando um documento Excel intitulado "Data Analysis Tool" [39], disponibilizada pelos próprios autores do questionário. Este documento permite a análise dos resultados, incluindo o cálculo das médias e variâncias, para cada um dos seis parâmetros. As pontuações médias resultantes da análise variam de -3 (extremamente mau) a +3 (extremamente bom).

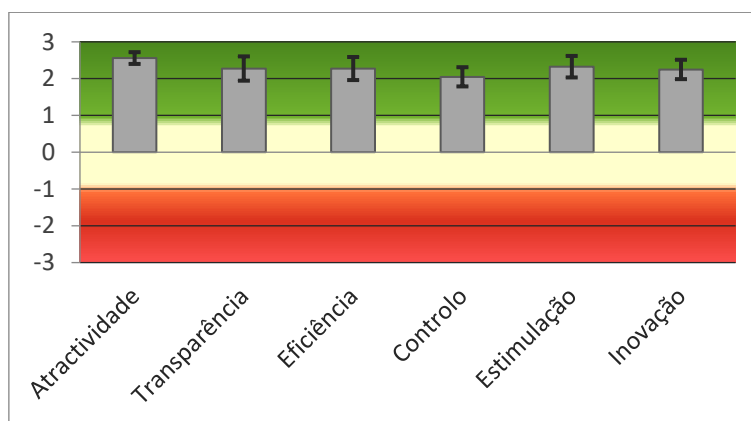


Figura 6.19- Gráfico dos valores médios e os níveis de confiança associados a cada um dos parâmetros

Ao examinar atentamente o gráfico apresentado na Figura 6.19, é possível observar os resultados das médias associados a cada um dos parâmetros em análise. Conclui-se que o parâmetro de "controlo" exibiu a pontuação menos favorável, sendo este resultado atribuído, em grande parte, à divisão de opiniões entre os participantes, particularmente no que se refere à questão "Imprevisível/Previsível", conforme ilustrado na Figura 6.20. Adicionalmente, a questão "Rápido/Lento", retratada na Figura 6.21, também obteve uma pontuação menos favorável, impactando negativamente o parâmetro de "eficiência". Este cenário pode ser, em parte, justificado pela consideração dos participantes em relação ao atraso observado, durante a realização dos testes, do dispositivo inteligente, o que potencialmente influenciou nas suas respostas.

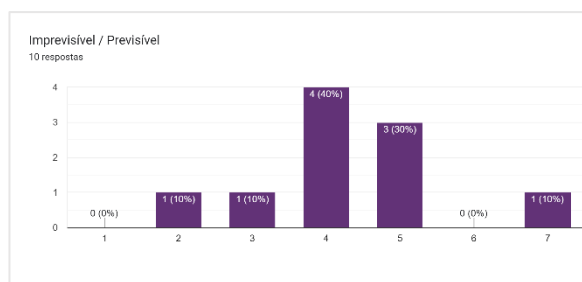


Figura 6.20- Resultados das respostas ao par "Imprevisível/Previsível" pelos participantes

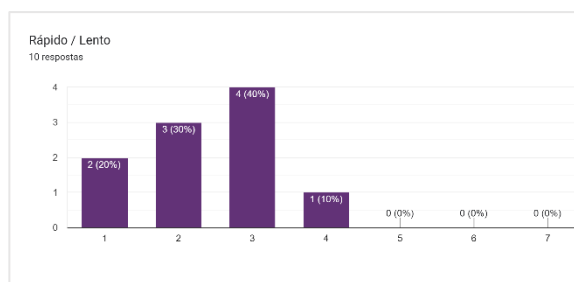


Figura 6.21- Resultados das respostas ao par "Rápido /Lento" pelos participantes

Os parâmetros do Questionário de Experiência do Utilizador (UEQ) podem ser agrupadas em duas categorias principais: **qualidade pragmática**, que abrange Transparência, Eficiência e Controlo; e **qualidade hedónica**, que engloba Estimulação e Inovação. A qualidade pragmática descreve aspetos de qualidade relacionados com a realização de tarefas, enquanto a qualidade hedónica refere-se a aspetos de qualidade não relacionados com tarefas. Posteriormente, são calculados os valores médios desses três aspetos de qualidade pragmática e dos dois aspetos de qualidade hedónica (Figura 6.22).

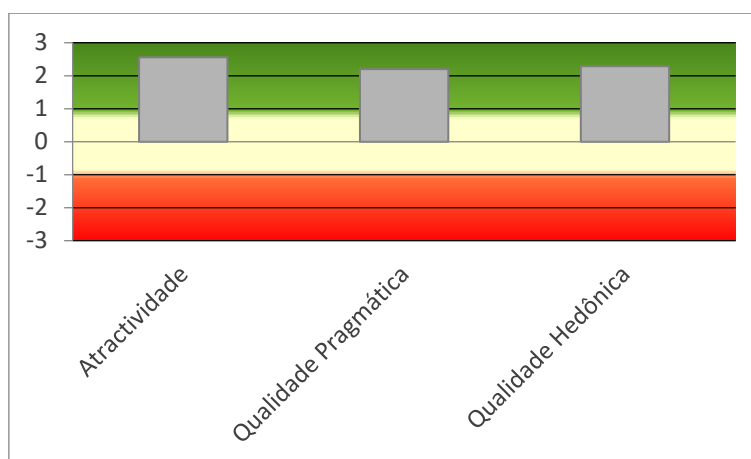


Figura 6.22- Gráfico que representa as médias dos valores de atratividade, qualidade pragmática e qualidade hedónica

Através do documento de análise de dados "Data Analysis Tool," foi possível comparar e avaliar os resultados obtidos na avaliação desta aplicação móvel com os dados de *benchmark* disponibilizados no mesmo documento. Estes dados de referência abrangem informações provenientes de 468 estudos que contaram com a participação de um total de 21.175 indivíduos.

Na análise comparativa dos resultados (conforme ilustrado na Figura 6.23), verifica-se que os parâmetros apresentaram resultados excelentes, situando-se entre os 10% melhores resultados. De notar que os resultados obtidos pelo SUS e UEQ são bons. No entanto, nas questões abertas os utilizadores referiram questões de problemas de usabilidade pertinentes na aplicação.

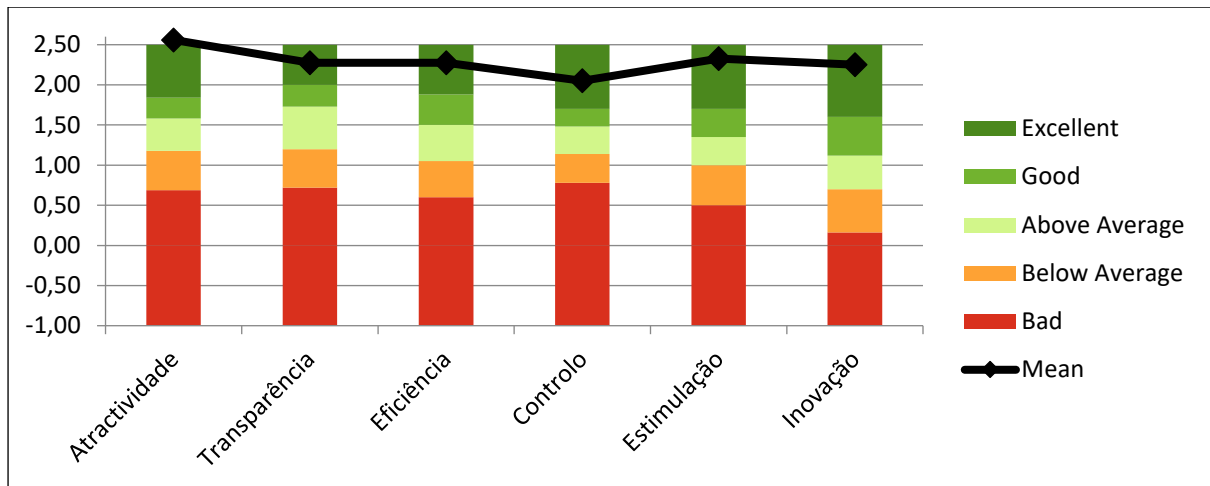


Figura 6.23- Gráfico da análise comparativa entre os resultados da aplicação móvel desenvolvida e os dados de benchmark

7 Conclusões e trabalho futuro

A realização deste projeto centrou-se no desenvolvimento de duas aplicações dedicadas ao carregamento de carros elétricos, sector que tem sido cada vez mais foco de atenções no mundo da mobilidade sustentável. A crescente demanda por soluções ecológicas tem impulsionado inovações neste campo, e a aplicação surge como resposta a uma lacuna existente no mercado. Esta foca-se especificamente no apoio a proprietários de veículos elétricos, auxiliando-os na procura de pontos de carregamento eficientes e na facilitação da interação entre condutores e proprietários destes equipamentos, promovendo assim uma rede colaborativa e de partilha.

Ao longo da fase de pesquisa e análise para a concretização deste projeto, ficou evidente que, mesmo perante o progresso incontestável da indústria automóvel rumo à eletrificação, existe ainda um *gap* considerável em termos de infraestruturas de apoio. Isto sem falar nos sistemas informativos, muitas vezes dispersos e pouco amigáveis, que nem sempre estão acessíveis aos utilizadores. Neste cenário complexo, a aplicação desenvolvida destaca-se e assume um papel de suma importância.

Para o desenvolvimento da aplicação, optou-se pela utilização do React Native. Esta *framework*, amplamente reconhecida pela sua eficácia, permite a criação de aplicações tanto para Android quanto para iOS a partir de um único código, simplificando o processo de desenvolvimento e assegurando uma experiência de utilização uniforme em ambas as plataformas. Adicionalmente, a integração do dispositivo inteligente (*Smart Plug*) revelou-se uma etapa crucial. Este dispositivo introduziu uma autonomia no processo de carregamento. Para complementar, o sistema de interação por voz foi implementado, tornando a aplicação ainda mais prática e dinâmica, e oferecendo aos utilizadores uma forma alternativa e prática de interagir com a mesma.

No que diz respeito aos resultados obtidos nos testes de usabilidade, no geral, eles revelaram-se bastante satisfatórios. No entanto, vale a pena destacar que, entre os problemas identificados e as sugestões fornecidas pelos participantes, uma delas destacou-se: o atraso no tempo necessário para o dispositivo inteligente iniciar e encerrar o processo de carregamento. Este problema já foi discutido anteriormente, e até ao momento, as soluções propostas resumem-se a duas possibilidades. Pode-se optar por implementar instâncias em execução na Cloud Functions, o que acarretaria custos extras, ou desenvolver um servidor próprio para gerir os comandos do dispositivo. No entanto, quando se compara o tempo de espera típico associado ao carregamento de um veículo elétrico, que geralmente dura algumas dezenas de minutos, com o atraso de apenas 10 a 20 segundos para iniciar e interromper o carregamento, torna-se evidente que essa demora é insignificante em termos práticos.

Ademais, é importante salientar outras sugestões valiosas apresentadas pelos participantes, que desempenham um papel crucial na melhoria contínua da aplicação. Entre essas sugestões, destaca-se a solicitação de uma barra de pesquisa de localização no ecrã do mapa, uma funcionalidade de grande utilidade que permite aos utilizadores navegar diretamente para os locais desejados. Além disso, é relevante considerar a necessidade de obter e manter um *dataset* atualizado e em constante atualização para acompanhar o lançamento de novos modelos de veículos elétricos no mercado.

No que diz respeito ao trabalho futuro, diversas perspectivas e metodologias podem ser exploradas para aprimorar e expandir o projeto em curso. Entre as várias abordagens possíveis, é pertinente salientar algumas das mais promissoras e relevantes:

- **Acompanhamento em Tempo Real:** A implementação de um sistema que permite ao proprietário acompanhar a localização em tempo real do condutor enquanto este se dirige ao local do carregador.
- **Sistema de Dispositivos Inteligentes:** O desenvolvimento de um sistema próprio de dispositivos inteligentes e o respetivo serviço de Cloud evita a dependência dos dispositivos e serviços da Shelly.
- **Mecanismo de Agendamento:** A criação de um sistema de agendamento que permita aos condutores marcar uma data e hora para carregar o carro, garantindo que o carregador selecionado fique reservado para essa ocasião.
- **Implementação de Blockchain:** A integração de um mecanismo de Blockchain que assegure a transparência e segurança das transações realizadas dentro da aplicação.
- **Agrupamento de Carregadores por Região:** Ao organizar os carregadores num mapa segmentado por áreas ou regiões, facilita-se a visualização e seleção dos pontos disponíveis, proporcionando uma experiência de utilizador mais direta e menos saturada.
- **Avaliação mais complexa dos Serviços de Carregamento:** A adição de um sistema de avaliação que permite aos condutores deixar comentários e fotografias sobre os pontos de carregamento oferece uma perspectiva mais completa sobre cada carregador e o serviço de carregamento.

8 Referências

- [1] I. N. Laboratory, “History of Electric Cars,” 2012.
- [2] S. Yanatma, “Norway, Germany, UK: Which European countries have the biggest share of electric cars?,” 08 Maio 2023. Available: <https://www.euronews.com/green/2023/05/08/norway-germany-uk-which-european-countries-have-the-biggest-share-of-electric-cars>. [Acedido em 25 Julho 2023].
- [3] V. d. C. Fernandes, “Distributed Peer-to-Peer Simulation,” Instituto Superior Técnico, 2011.
- [4] N. Ortar e M. Ryghaug, “Should All Cars Be Electric by 2025? The Electric Car,” 2019.
- [5] M. Nascimento, “UVE,” 05 Janeiro 2023. Available: <https://www.uve.pt/page/vendas-ve-12-2022/>. [Acedido em 25 Julho 2023].
- [6] S. Marvão, “CNN,” 20 Novembro 2022. Available: <https://cnnportugal.iol.pt/mobilidade-eletrica/carros-eletricos/quem-nao-tem-garagem-carrega-pela-janela-condutores-de-eletricos-colocam-extensoes-em-passeios-para-ligar-o-carro-ao-apartamento/20221120/6377870c0cf2254fb282df92>. [Acedido em 26 Julho 2023].
- [7] M. Armstrong, “Electric Cars But No Chargers?,” 15 Dezembro 2021. Available: <https://www.statista.com/chart/26325/ratio-electric-vehicles-to-public-charging-points/>. [Acedido em 26 Julho 2023].
- [8] J. Li, F. Wang e Y. He, “Electric Vehicle Routing Problem with Battery Swapping Considering Energy Consumption and Carbon Emissions,” 2020.
- [9] P. W. Khan e Y.-C. Byun, “Blockchain-Based Peer-to-Peer Energy Trading and Charging Payment System for Electric Vehicles,” 2021.
- [10] M. Matzner, F. Plenter, J. H. Betzing, F. Chasin, M. von Hoffen, M. Löchte, S. Pritzl e J. Becker, “CrowdStrom – Analysis, Design, and Implementation of Processes for a Peer-to-Peer Service for Electric Vehicle Charging,” University of Münster, European Research Center for Information Systems (ERCIS), Münster, Germany, 2018.
- [11] “EVmatch,” Available: <https://evmatch.com/>. [Acedido em 7 Março 2023].
- [12] EnelX, “Home EV Charging Stations,” Available: <https://evcharging.enelx.com/ca/en/store/residential>.
- [13] “JustPark,”. Available: <https://www.justpark.com/>. [Acedido em 12 Março 2023].
- [14] “JustCharge,”. Available: <https://www.justpark.com/ev/justcharge>. [Acedido em 12 Março 2023].
- [15] J. Maguire, “Zap-Map partners with JustCharge,” 01 Novembro 2022. Available: <https://www.fleetnews.co.uk/news/latest-fleet-news/electric-fleet-news/2022/11/01/zap-map-partners-with-justcharge>. [Acedido em 12 Março 2023].

- [16] P. Junceiro, “Aplicação portuguesa já permite carregar carros elétricos sem cartões físicos,” . Available: <https://www.motor24.pt/noticias/aplicacao-portuguesa-ja-permite-carregar-carros-eletricos-sem-cartoes-fisicos/1506595/>. [Acedido em 15 Março 2023].
- [17] Expresso, “A mobilidade elétrica na ponta dos dedos: como funciona a app EDP EV.Charge,” 14 Dezembro 2021. Available: <https://expresso.pt/iniciativaseprodutos/pub/2021-12-14-A-mobilidade-eletrica-na-ponta-dos-dedos-como-funciona-a-app-EDP-EV.Charge-a3d62e12>. [Acedido em 15 Março 2023].
- [18] “PlugShare App,” . Available: <https://company.plugshare.com/plugshare.html>. [Acedido em 15 Março 2023].
- [19] C. Routledge, “ELECTRICAL VEHICLE OWNERSHIP AND TAKE UP IN EUROPE,” CTEK – ELECTRIC VEHICLE SURVEY, 2021.
- [20] A. Hariharan, “Ionic vs Flutter vs React Native : Which one is better for you,” 25 Novembro 2022. Available: <https://www.performatix.com/ionic-vs-flutter-vs-react-native-which-one-is-better-for-you/>. [Acedido em 21 Março 2023].
- [21] J. Gakure, “6 Cross-Platform App Development Frameworks You Should Know,” 08 Março 2023. Available: <https://blog.openreplay.com/six-cross-platform-app-development-frameworks-you-should-know/>. [Acedido em 21 Março 2023].
- [22] M. Pregasen, “Putting the Expo vs React Native debate to rest,” 16 Fevereiro 2023. Available: <https://retool.com/blog/expo-cli-vs-react-native-cli/>. [Acedido em 21 Março 2023].
- [23] “Shelly,”. Available: <https://www.shelly.com/en-pt/company/about-shelly>.
- [24] Shelly, “Secure API for controlling Shelly devices,”. Available: <https://shelly-api-docs.shelly.cloud/cloud-control-api/>.
- [25] Shelly, “Shelly Plus Plug S,” . Available: <https://www.shelly.com/en-pt/products/product-overview/shelly-plus-plug-s>.
- [26] “Plug in electric vehicles at home,” . Available: <https://www.cenhud.com/en/my-energy/electric-vehicles/how-to-charge/>. [Acedido em 02 Agosto 2023].
- [27] MendeleyData, “EV Dataset,” . Available: <https://data.mendeley.com/datasets/tb9yrptydn/2/files/8dcbbd5f-d7b5-469b-91f2-698093ff6f16>. [Acedido em 07 Maio 2023].
- [28] BestChargers, “Different types of EV Charging Connectors,” . Available: <https://bestchargers.eu/blog/different-types-of-ev-charging-connectors/>. [Acedido em 05 Agosto 2023].
- [29] “Automatic Speech Recognition,” . Available: <https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia/collections/automaticspeechrecognition>. [Acedido em 09 Agosto 2023].
- [30] Shelly, “Communicating with a device,” . Available: <https://shelly-api-docs.shelly.cloud/cloud-control-api/communication>. [Acedido em 22 Junho 2023].
- [31] J. Brooke, “SUS - A quick and dirty usability scale,” 1996.

- [32] A. I. Martins, A. F. Rosa, A. Queirós, A. Silva e N. P. Rocha, “European Portuguese validation of the System Usability Scale (SUS),” *Procedia Computer Science*, 2015.
- [33] B. Klug, “An Overview of the System Usability Scale in Library Website and System Usability Testing,” Gibson d. lewis health science library university of north texas health science center, 2017.
- [34] T. Rinker, “On the Treatment of Likert Data,” University at Buffalo, 2014.
- [35] M. Schrepp, A. Hinderks e J. Thomaschewski, “Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ),” *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2017.
- [36] D. M. Schrepp, “User Experience Questionnaire Handbook,” 2023.
- [37] Ayrshare, “A Firebase Cloud Functions Cold Start Solution,” 22 Setembro 2021. Available: <https://www.ayrshare.com/a-firebase-cloud-functions-cold-start-solution/>. [Acedido em 26 Agosto 2023].
- [38] A. Bangor, P. Kortum e J. Miller, “Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale,” *Journal of User Experience*, 2012. Available: <https://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/>.
- [39] UEQ-Online, “User Experience Questionnaire - Data Analysis Tools,” . Available: <https://www.ueq-online.org/>.

A

Perguntas do Questionário de Avaliação



ReChargeMe

Este questionário surge no âmbito de um Trabalho Final do Mestrado em Engenharia Informática e Multimédia, realizado no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Este projeto consistiu no desenvolvimento de uma aplicação móvel com o propósito de facilitar e apoiar os condutores de carros eléctricos no processo de carregamento dos mesmos, através de um sistemas de partilha de postos privados de carregamento.

Este questionário procura orientar e avaliar a usabilidade e experiência dos utilizadores na utilização desta aplicação, com o objetivo de obter uma percepção abrangente do desempenho da aplicação, identificar eventuais falhas que possam existir e recolher sugestões valiosas para aprimoramentos futuros.

Indique o seu género *

- Masculino
- Feminino
- Prefiro não dizer

Qual é a sua faixa etária? *

- De 18 a 24 anos
- de 25 a 34 anos
- de 35 a 45 anos
- de 46 a 55 anos
- Mais de 55 anos

Quais são as suas habilitações académicas *

- Ensino básico
- Ensino secundário
- Licenciatura
- Mestrado
- Doutoramento

Em média, quanto tempo utiliza o smartphone diariamente? *

- Menos de 1 hora
- Entre 1 hora e 2 horas
- Entre 2 horas e 5 horas
- Mais de 5 horas

É proprietário de um carro elétrico? *

- Sim
- Não sou proprietário, mas já conduzi um carro elétrico
- Não sou proprietário, nem nunca conduzi um carro elétrico

Com que frequência já carregou um carro elétrico? *

- Regularmente
- Algumas vezes
- Poucas vezes
- Nunca, mas conheço o processo
- Nunca e não conheço o processo

Quais aplicações utiliza para fazer carregamentos ou procurar postos de carregamento? *

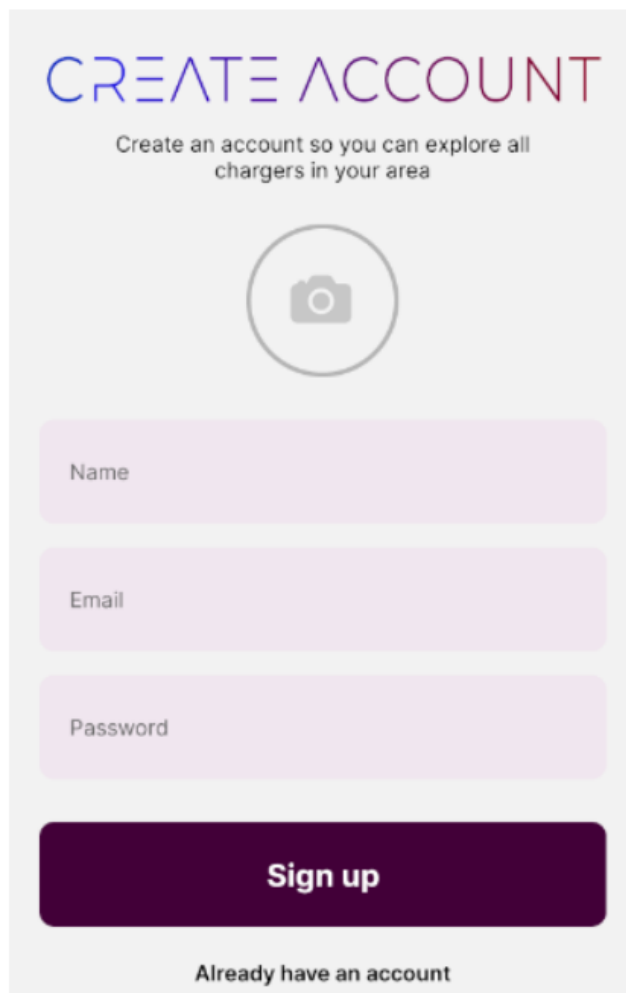
- miiio
- EDP Charge
- PlugShare
- Chargemap
- Electromaps
- Nenhuma das anteriores
- Não utilizo nenhuma aplicação para carregar ou procurar pontos de carregamento

Tarefas - Usabilidade

Questões relacionadas com as tarefas que foram realizadas

1ª Tarefa - Autenticação do Utilizador

Ao abrir a aplicação, será imediatamente direcionado para a página de autenticação. Como esta é a sua primeira vez na aplicação, é necessário proceder ao registo inicial, que envolve a introdução dos seus dados pessoais e o carregamento de uma fotografia.



The screenshot shows a registration screen with the following elements:

- Header:** "CREATE ACCOUNT" in a large, purple, sans-serif font.
- Sub-header:** "Create an account so you can explore all chargers in your area" in a smaller, grey font.
- Image:** A circular icon containing a camera symbol, indicating a profile picture upload step.
- Form Fields:** Three light purple rounded rectangular input fields labeled "Name", "Email", and "Password" stacked vertically.
- Button:** A dark purple rounded rectangular button with the text "Sign up" in white.
- Link:** A link at the bottom that says "Already have an account".

Achei fácil executar esta tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de autenticação, ou alguma sugestão de melhoramento

A sua resposta

2ª tarefa - Adicionar um carro


Ao seleccionar o menu da garagem, será necessário adicionar um novo carro. Ao iniciar este processo, será direccionado para um ecrã onde terá acesso a uma lista de marcas de carros e respetivos modelos eléctricos

Model 3 Long Range


Tesla




 [Change Car](#)

 **Battery Capacity** >
82 kWh

 **Charger Type** >
Type 2

 **Max AC Charging Speed** >
11 kW

 **Max DC Charging Speed** >
250 kW

 **DC Plug Connector** >
CCS



Achei fácil executar esta tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei que a variedade de modelos disponíveis para escolha era completa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei o processo da escolha do carro intuitivo *

1 2 3 4 5

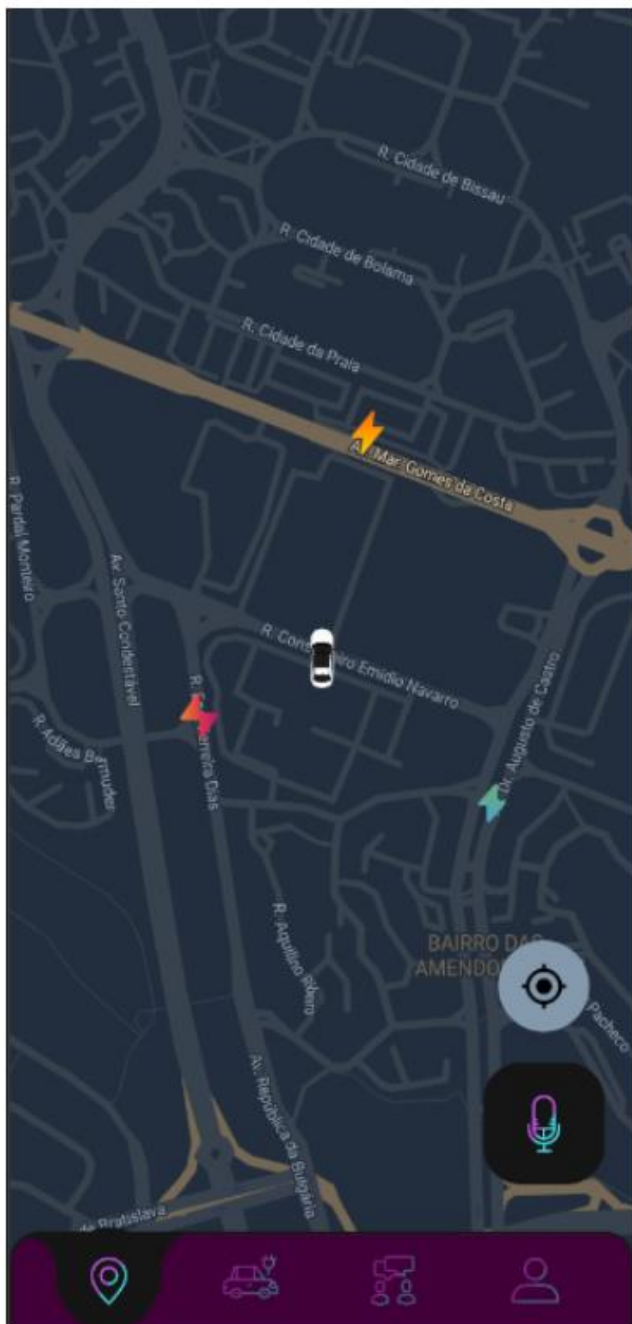
Discordo completamente Concordo completamente

Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de escolha de carro, ou alguma sugestão de melhoramento

A sua resposta

3ª tarefa - Procurar carregador e agendar carregamento

No ecrã principal da aplicação está disposto o mapa que contem os icons representantes dos carregadores disponíveis. Ao selecionar um destes icons, será redirecionado para o ecrã correspondente ao carregador em questão e terá de efetuar o pedido de carregamento.



Achei fácil executar esta tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Consegui concluir a tarefa com sucesso *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Consegui visualizar bem os ícones no mapa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei a navegação no mapa fluída *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei que a informação presente no ecrã do carregador estava organizada *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Consegui seleccionar sem dificuldade os níveis de bateria do carro *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei fácil e intuitivo de visualizar os cálculos obtidos do tempo e preço do carregamento *

1 2 3 4 5

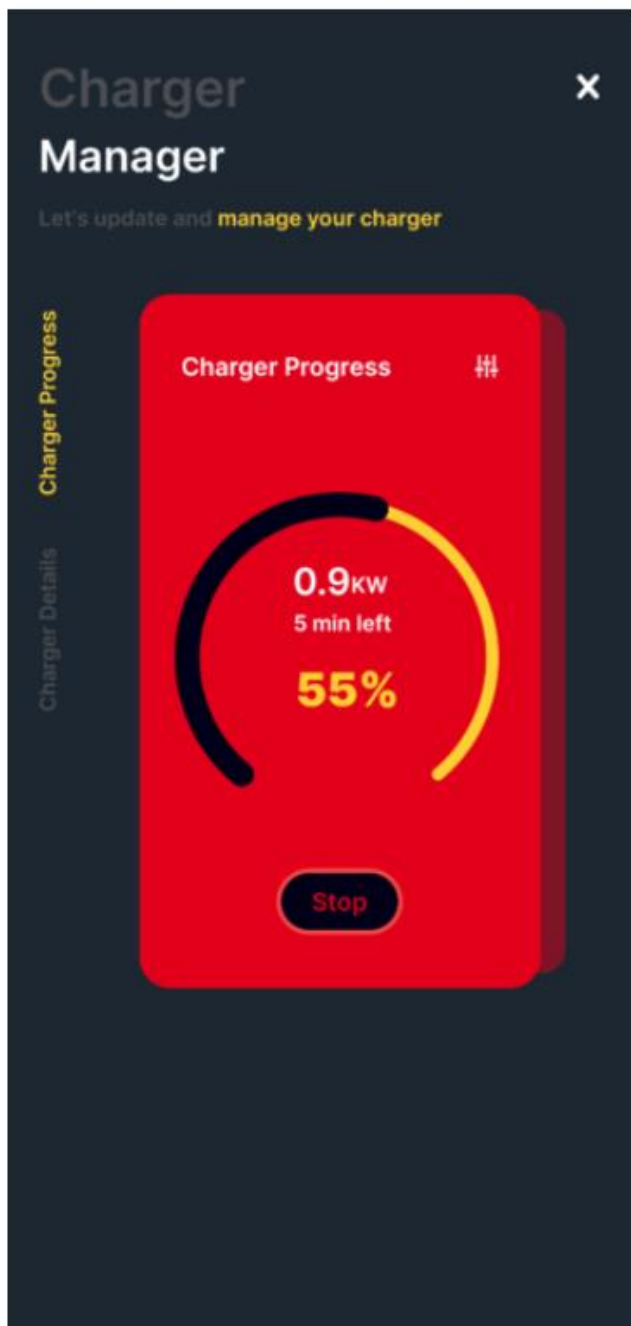
Discordo completamente Concordo completamente

Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de procura de carregador e pedido de carregamento, ou alguma sugestão de melhoramento

A sua resposta

5ª tarefa - Processo de carregamento

Depois do pedido de carregamento ser aceite, irá ser direcionado para o ecrã de carregamento. Neste irá aparecer um código, que serve para a identificação entre o condutor e o proprietário do carregador e em seguida irá carregar no botão 'start charging' para dar início ao carregamento. Este carregamento utiliza um dispositivo inteligente sincronizado, que irá ligar quando o carregamento começar e desligar quando este acabar. Por fim será pedido para avaliar o carregamento.



Achei fácil executar esta tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei a opção de abrir uma aplicação de navegação relevante *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei o método de identificação através de um código eficiente *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

O tempo que o dispositivo inteligente demorou a ligar quando o carregamento deu início foi *

1 2 3 4 5

Muito lento Muito Rápido

Achei a barra de progresso do carregamento intuitiva *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Ao fechar a aplicação e ao voltar a abrir o carregamento manteve-se sincronizado com a aplicação do proprietário do carregador *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

O tempo que o dispositivo inteligente demorou a desligar quando o carregamento acabou foi

1 2 3 4 5

Muito lento Muito rápido

Achei pertinente a avaliação do carregamento no final *

1 2 3 4 5

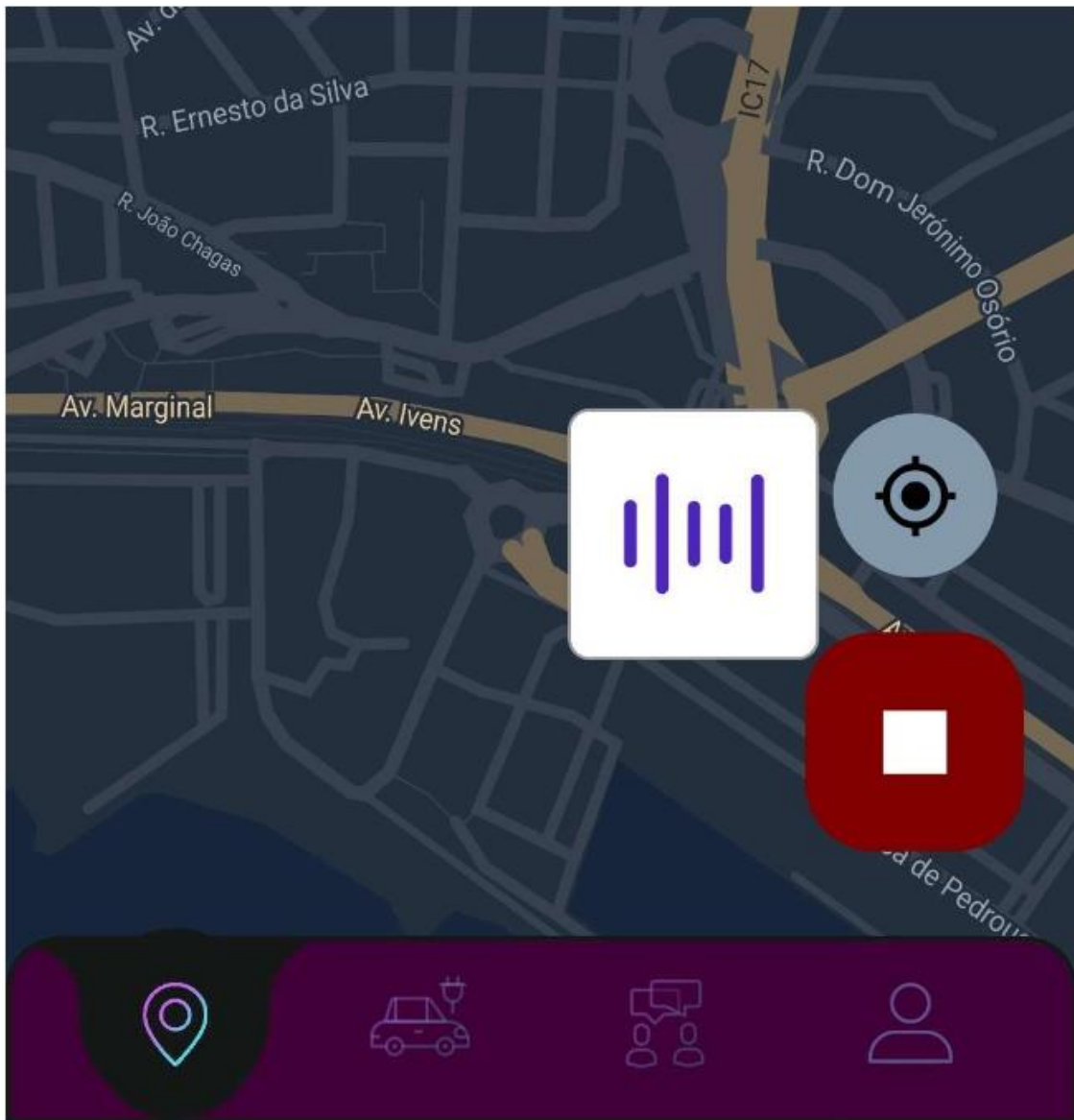
Discordo completamente Concordo completamente

Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de carregamento, ou alguma sugestão de melhoria

A sua resposta

4ª tarefa - Pedido de carregamento através do controlo por voz

No ecrã principal da aplicação existe um botão com um símbolo de um microfone, no canto inferior direito e ao premir este botão, irá iniciar o controlo por voz. A assistente irá fazer perguntas, às quais terá de responder e no fim, será direcionado para o ecrã do carregador, para fazer o pedido de carregamento.



Achei fácil executar esta tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei fácil a comunicação com a assistente *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei as perguntas da assistente relevantes para a tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei esta funcionalidade importante para o propósito da aplicação *

1 2 3 4 5

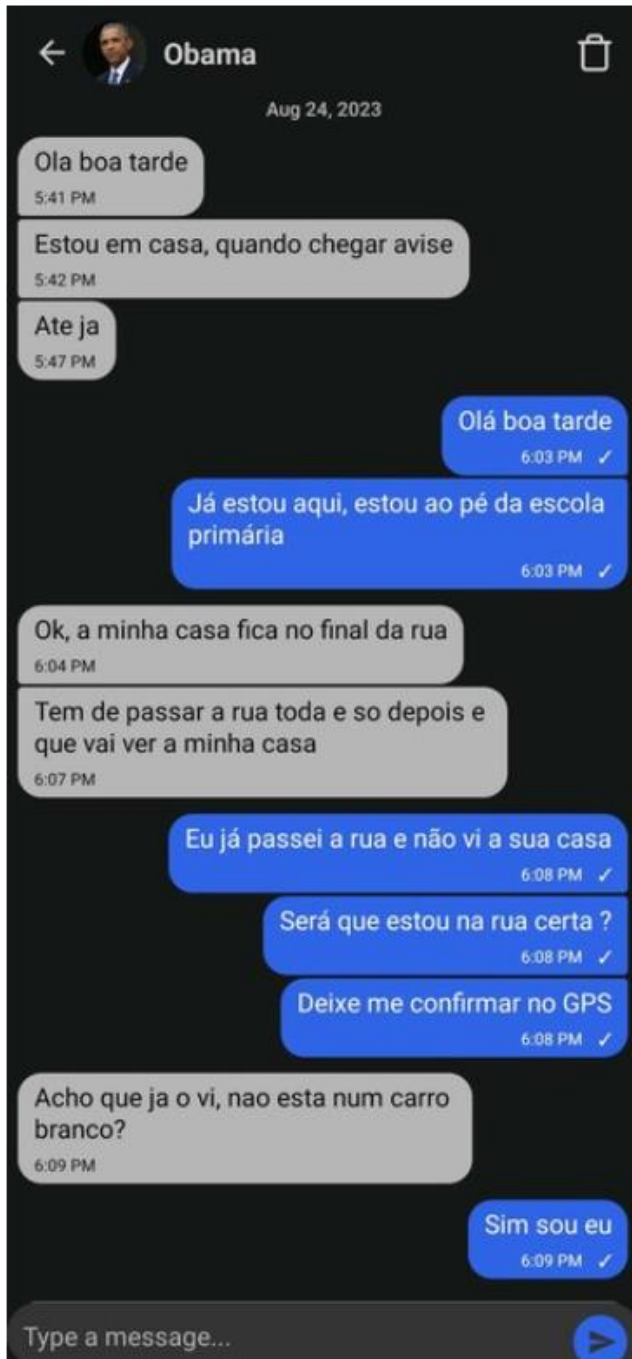
Discordo completamente Concordo completamente

Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de pedido de carregamento através do controlo por voz, ou alguma sugestão de melhoramento

A sua resposta

5ª tarefa - Enviar e receber mensagens no chat

Ir ao menu do chat e conversar através de mensagens com o proprietário do carregador



Achei fácil de executar esta tarefa *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Achei o design do chat intuitivo *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

O tempo que levou a enviar mensagens e a receber foi *

1 2 3 4 5

Muito lento Muito rápido

Achei esta tarefa importante para o propósito da aplicação *

1 2 3 4 5

Discordo completamente Concordo completamente

Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de conversa no chat, ou alguma sugestão de melhoramento

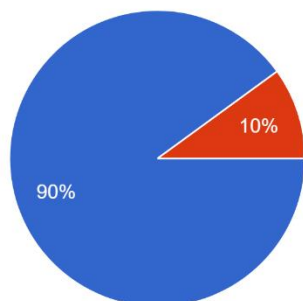
A sua resposta

B

Respostas ao Questionário de Avaliação

Indique o seu género

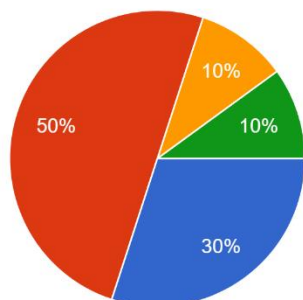
10 respostas



- Masculino
- Feminino
- Prefiro não dizer

Qual é a sua faixa etária?

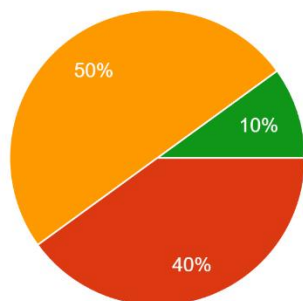
10 respostas



- De 18 a 24 anos
- de 25 a 34 anos
- de 35 a 45 anos
- de 46 a 55 anos
- Mais de 55 anos

Quais são as suas habilitações académicas

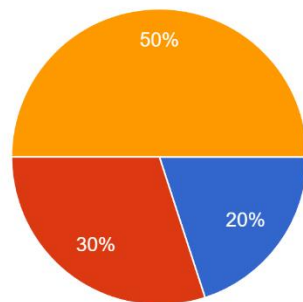
10 respostas



- Ensino básico
- Ensino secundário
- Licenciatura
- Mestrado
- Doutoramento

Em média, quanto tempo utiliza o smartphone diariamente?

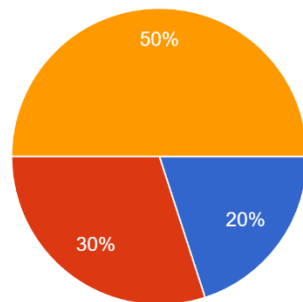
10 respostas



- Menos de 1 hora
- Entre 1 hora e 2 horas
- Entre 2 horas e 5 horas
- Mais de 5 horas

É proprietário de um carro elétrico?

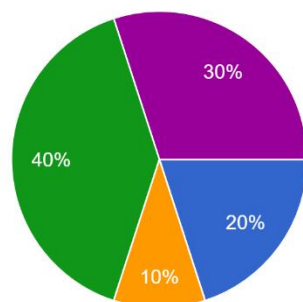
10 respostas



- Sim
- Não sou proprietário, mas já conduzi um carro elétrico
- Não sou proprietário, nem nunca conduzi um carro elétrico

Com que frequência já carregou um carro elétrico?

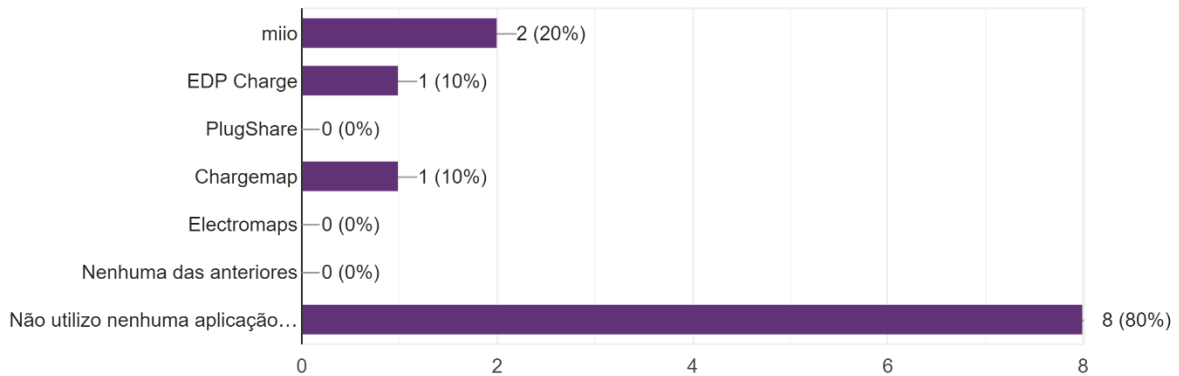
10 respostas



- Regularmente
- Algumas vezes
- Poucas vezes
- Nunca, mas conheço o processo
- Nunca e não conheço o processo

Quais aplicações utiliza para fazer carregamentos ou procurar postos de carregamento?

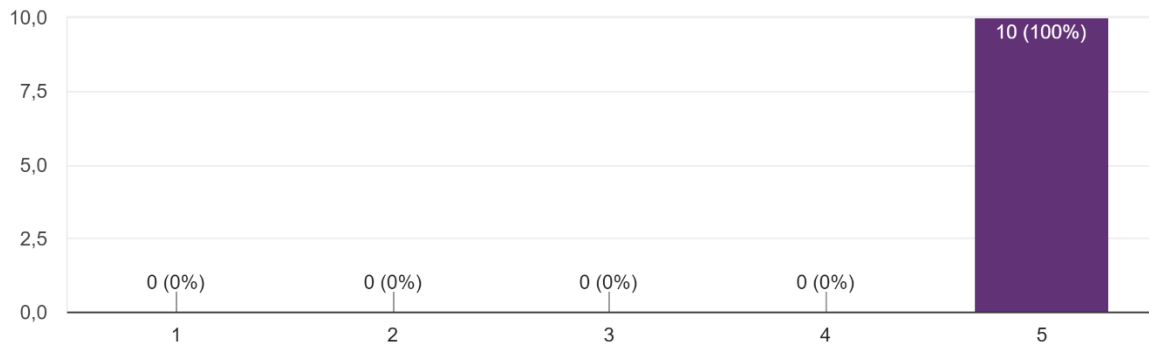
10 respostas



Tarefas - Usabilidade

Achei fácil executar esta tarefa

10 respostas



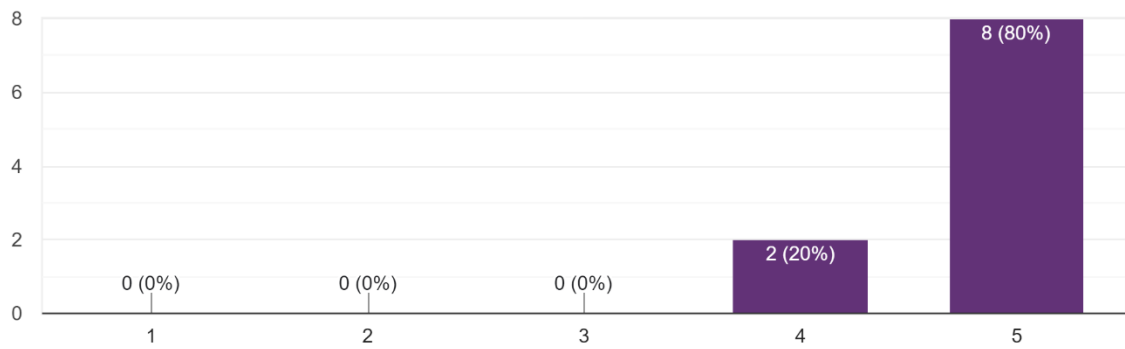
Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de autenticação, ou alguma sugestão de melhoramento

0 respostas

Ainda não existem respostas a esta pergunta.

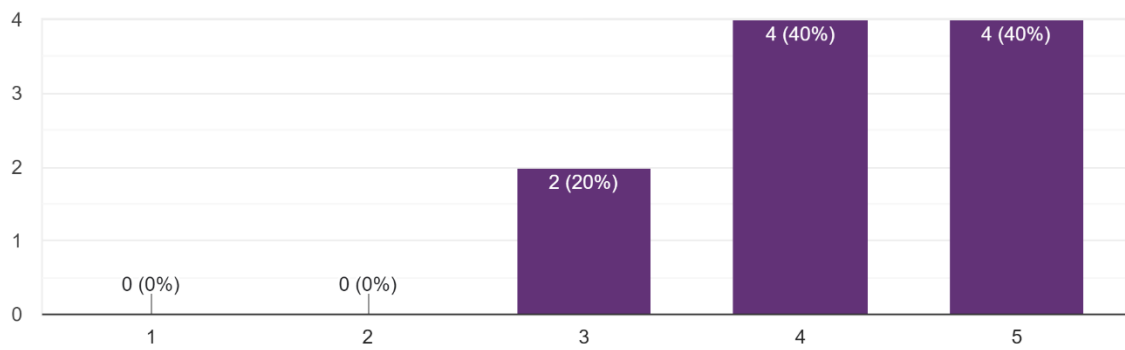
Achei fácil executar esta tarefa

10 respostas



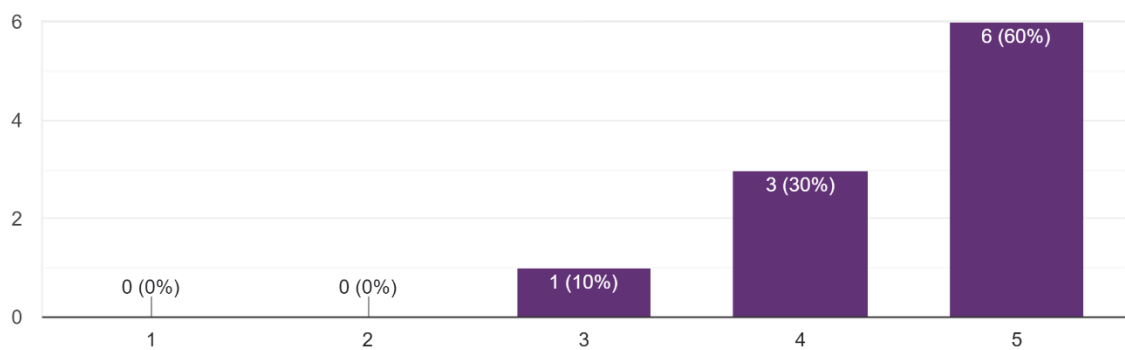
Achei que a variedade de modelos disponíveis para escolha era completa

10 respostas



Achei o processo da escolha do carro intuitivo

10 respostas



Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de escolha de carro, ou alguma sugestão de melhoramento

5 respostas

O design da lista dos modelos podia estar mais apelativo

Se me enganar tenho de fazer o processo todo de novo

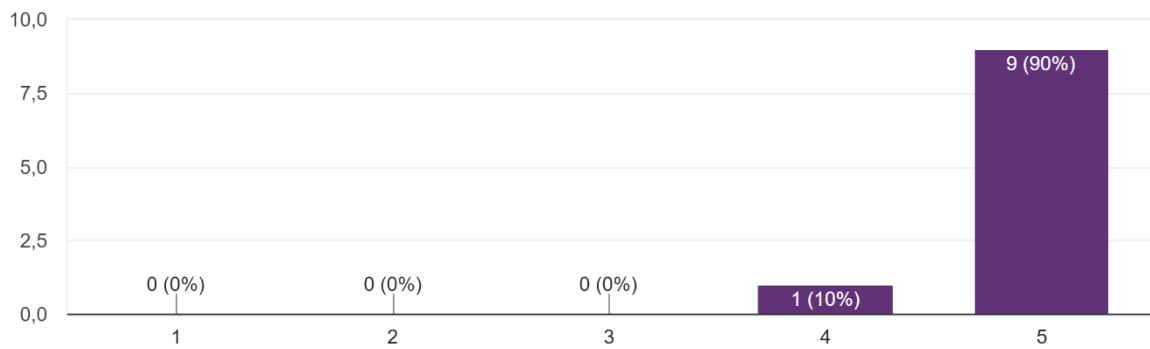
nem todos os modelos estão disponíveis

era mais intuitivo se além do nome também tivesse as imagens das marcas

Falta algumas marcas e modelos

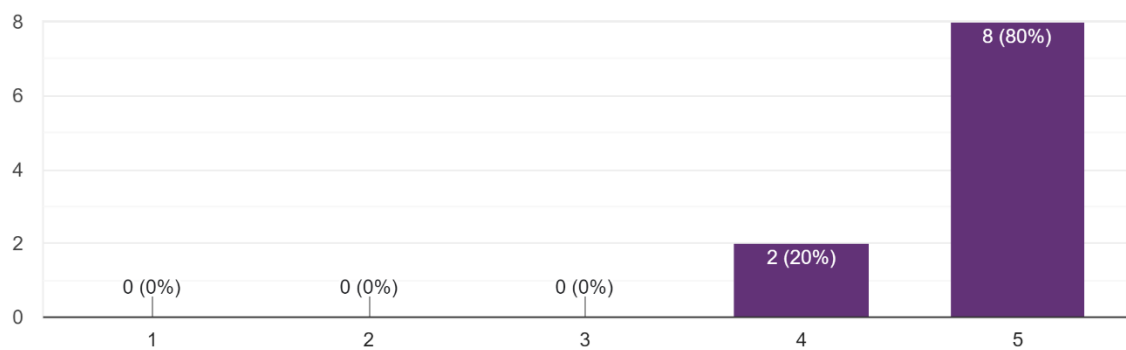
Achei fácil executar esta tarefa

10 respostas



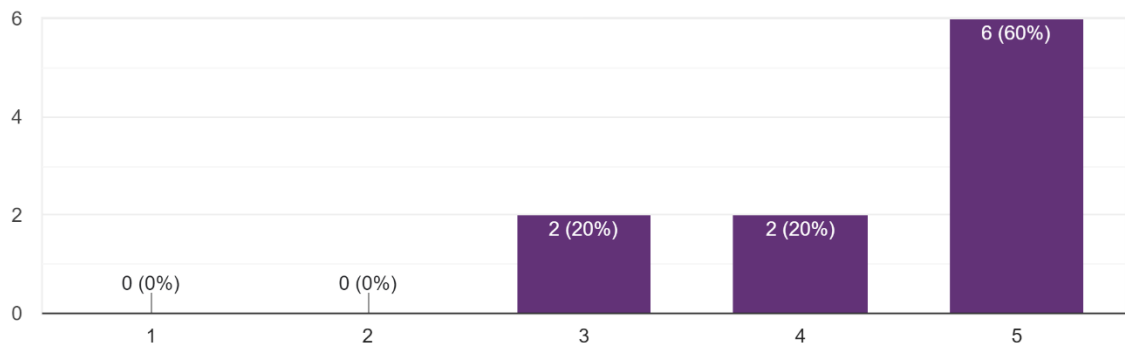
Conseguir concluir a tarefa com sucesso

10 respostas



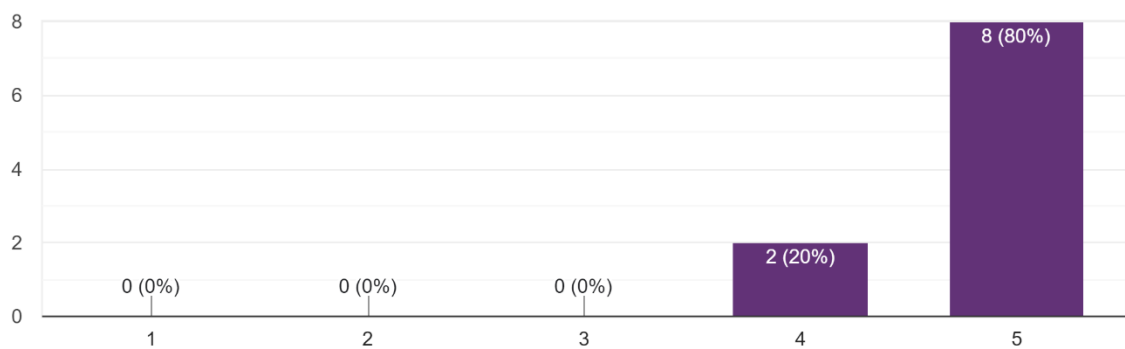
Consegui visualizar bem os icons no mapa

10 respostas



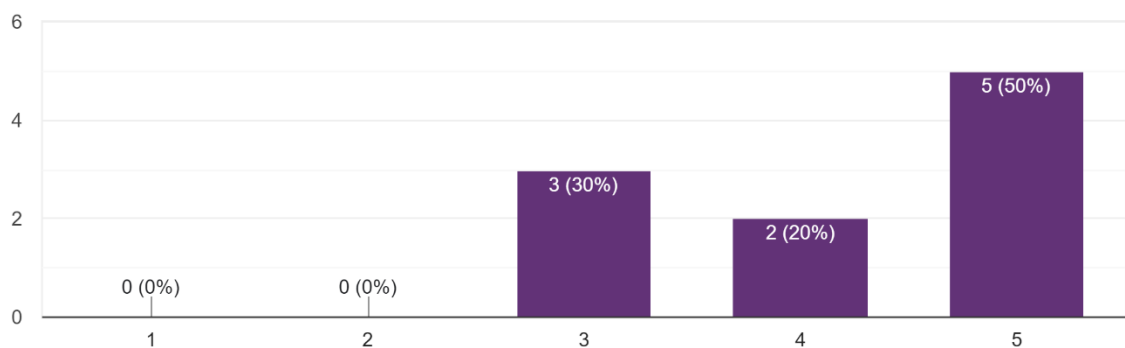
Achei a navegação no mapa fluída

10 respostas



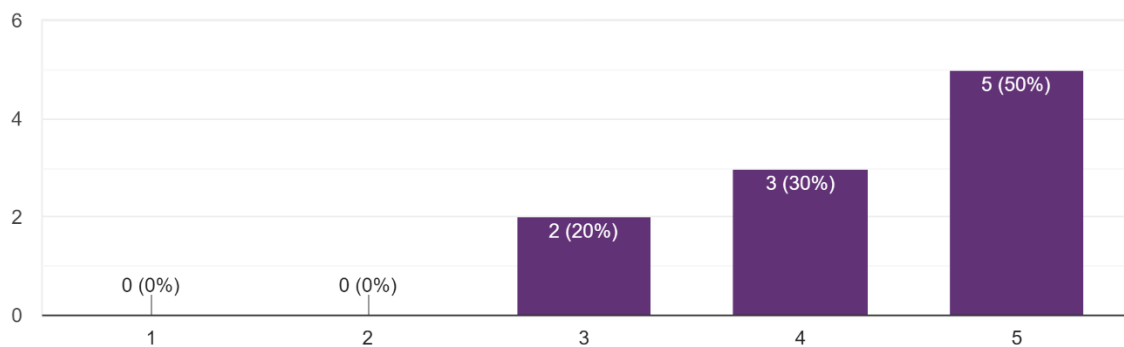
Achei que a informação presente no ecrã do carregador estava organizada

10 respostas



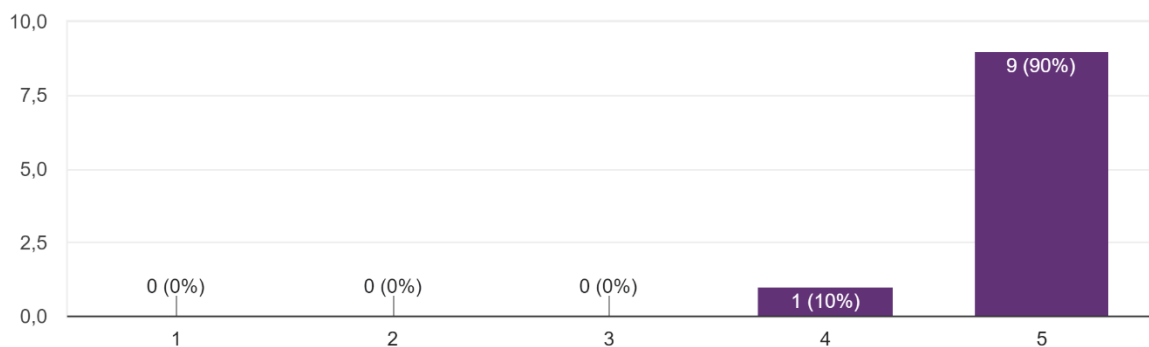
Conseguir seleccionar sem dificuldade os níveis de bateria do carro

10 respostas



Achei fácil e intuitivo de visualizar os cálculos obtidos do tempo e preço do carregamento

10 respostas



Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de procura de carregador e pedido de carregamento, ou alguma sugestão de melhoramento

5 respostas

A barra da bateria devia ser um bocado maior

Devia haver a opção de pesquisar a zona ou morada

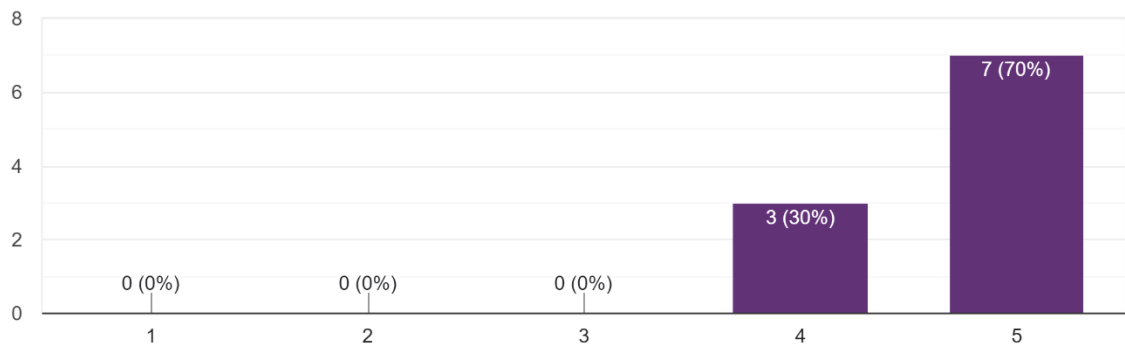
Falta um motor de busca de locais

barra da bateria é um pouco pequena

Devia haver uma opção para seleccionar um valor de carregamento predefinido, como por exemplo, 'Quero carregar 20%'

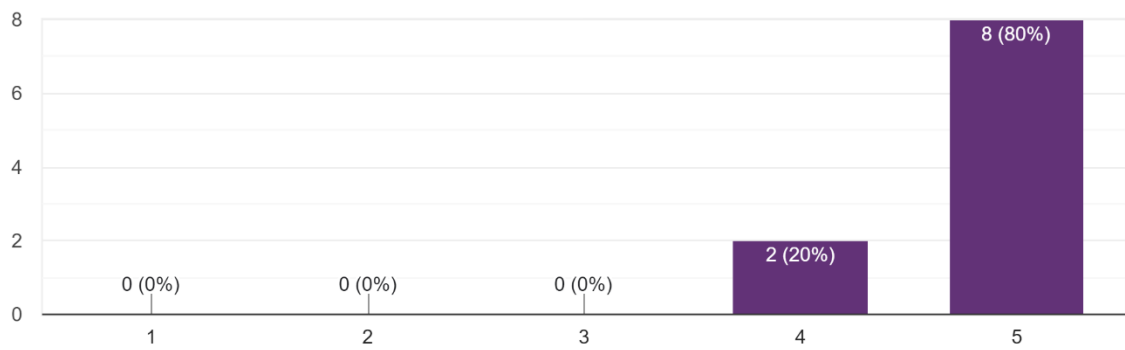
Achei fácil executar esta tarefa

10 respostas



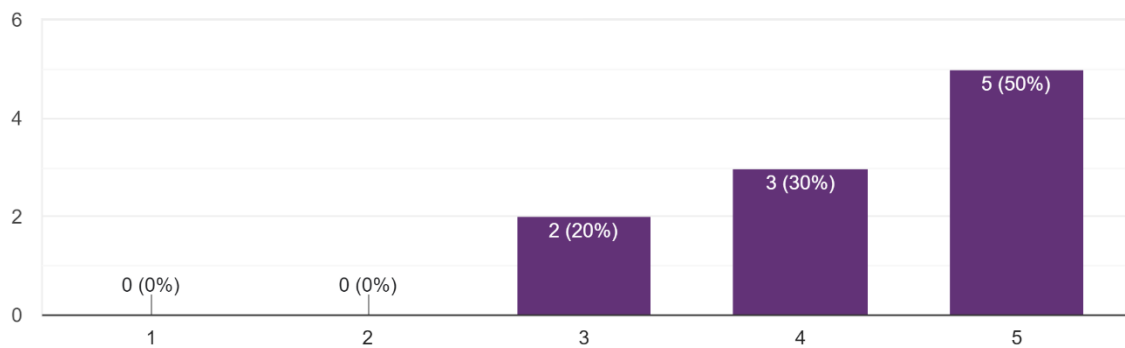
Achei a opção de abrir uma aplicação de navegação relevante

10 respostas

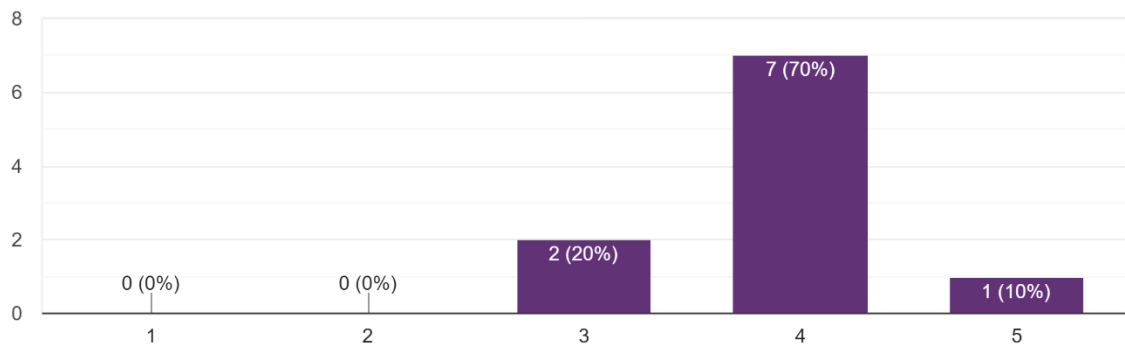


Achei o método de identificação através de um código eficiente

10 respostas

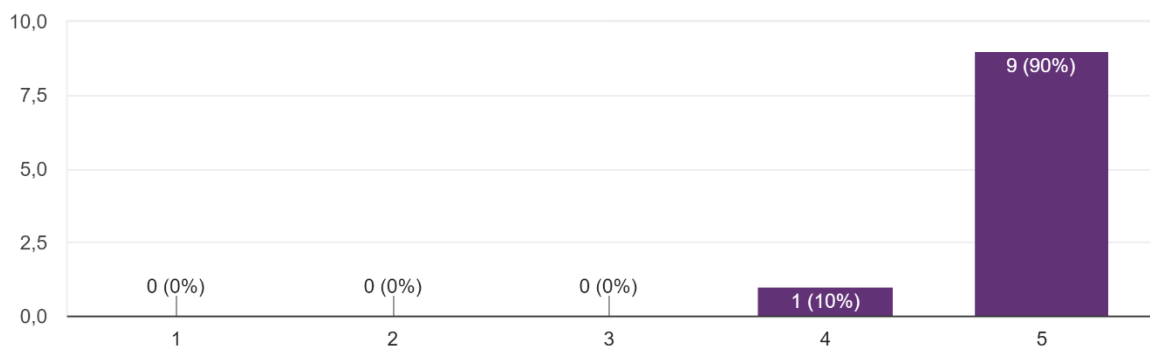


O tempo que o dispositivo inteligente demorou a ligar quando o carregamento deu início foi
10 respostas



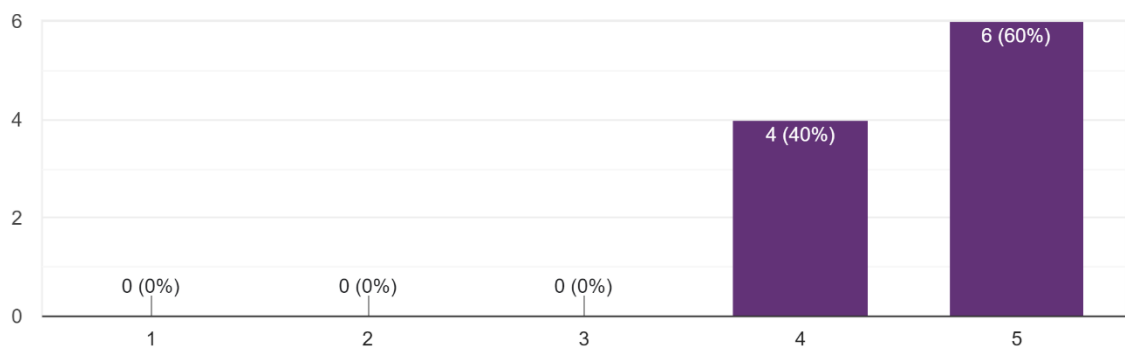
Achei a barra de progresso do carregamento intuitiva

10 respostas

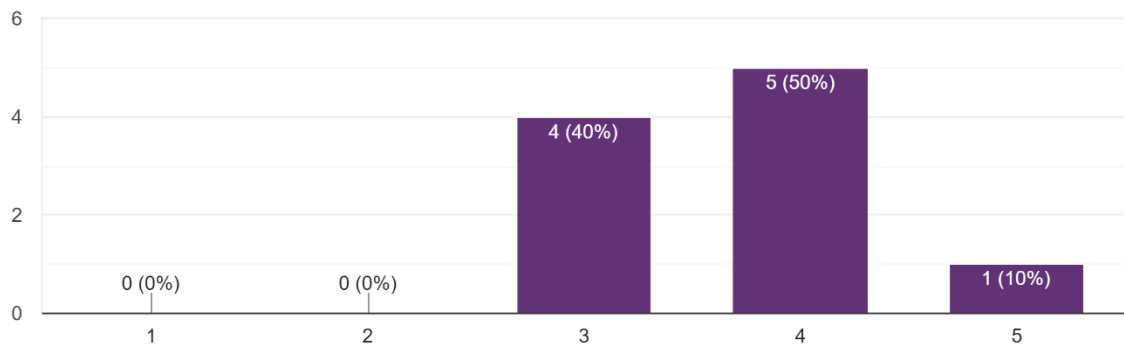


Ao fechar a aplicação e ao voltar a abrir o carregamento manteve-se sincroniza-do com a aplicação do proprietário do carregador

10 respostas

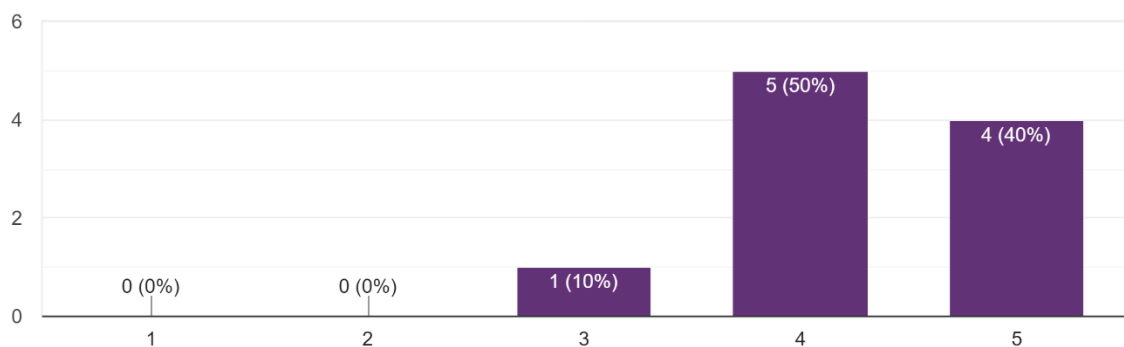


O tempo que o dispositivo inteligente demorou a desligar quando o carregamento acabou foi
10 respostas



Achei pertinente a avaliação do carregamento no final

10 respostas



Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de carregamento, ou alguma sugestão de melhoria

5 respostas

Achei que o dispositivo inteligente demorou um pouco a ligar e a desligar e que a avaliação do carregamento podia ser mais complexa.

O aparelho demorou algum tempo a ligar e a desligar

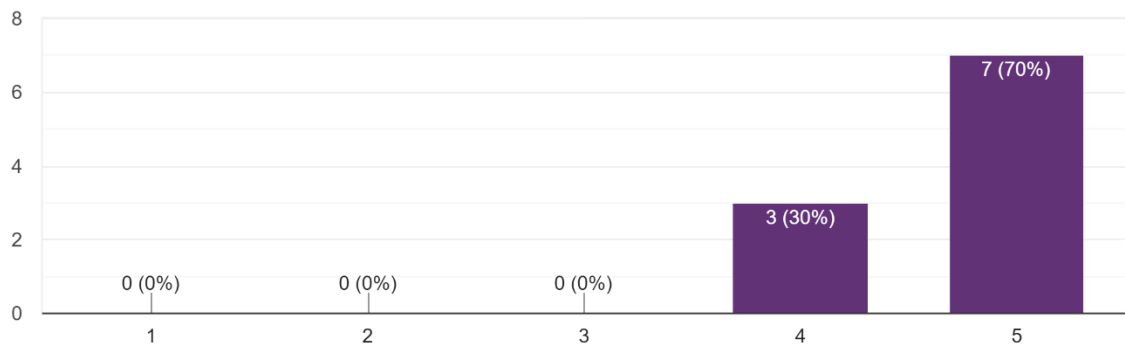
houve um delay no tempo de ligar e desligar o dispositivo

quando o carregamento acabou o dispositivo demorou algum tempo a desligar

O dispositivo demorou tempo a desligar

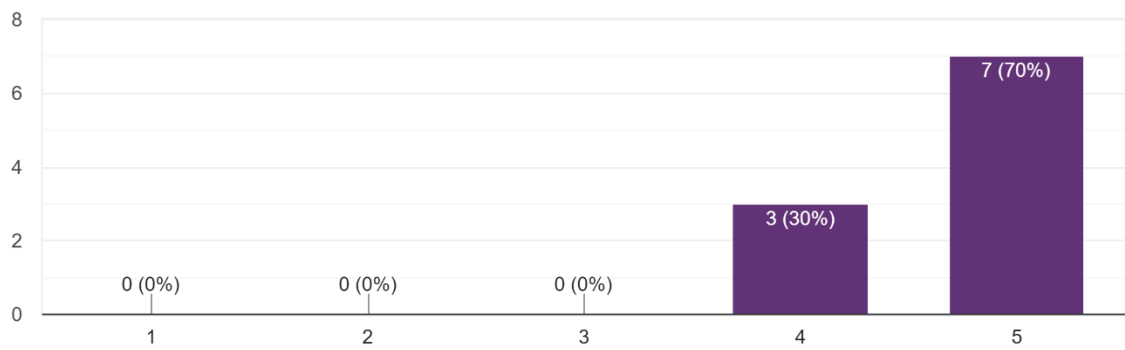
Achei fácil executar esta tarefa

10 respostas



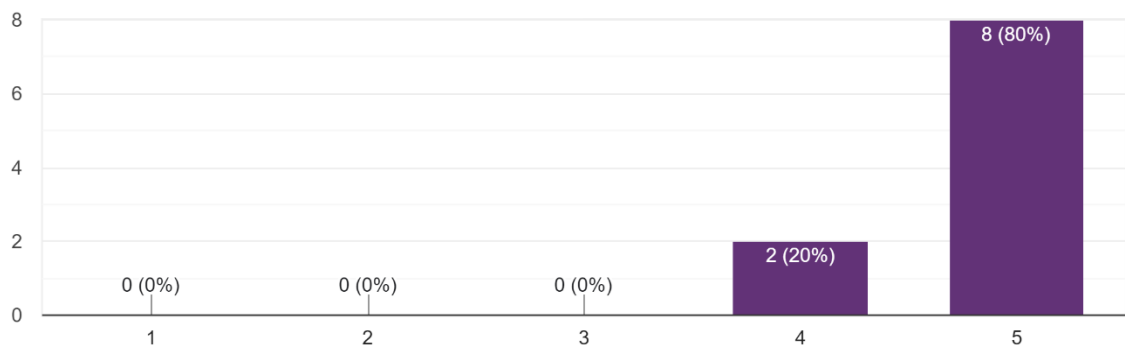
Achei fácil a comunicação com a assistente

10 respostas



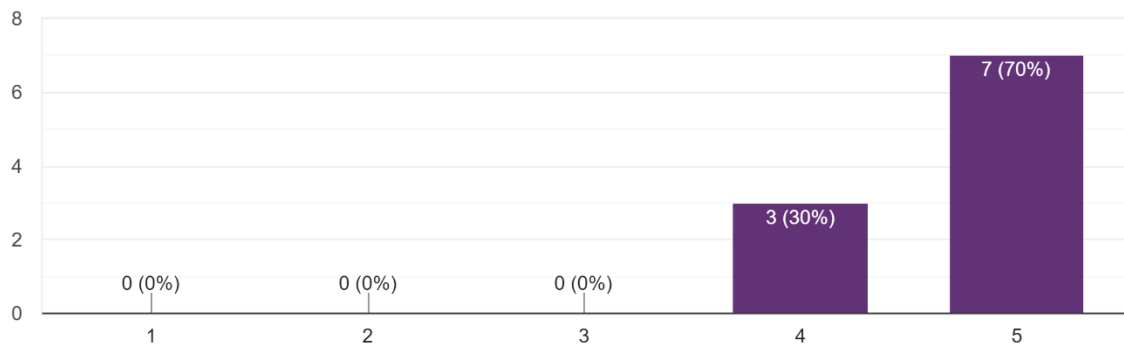
Achei as perguntas da assistente relevantes para a tarefa

10 respostas



Achei esta funcionalidade importante para o propósito da aplicação

10 respostas



Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de pedido de carregamento através do controlo por voz, ou alguma sugestão de melhoramento

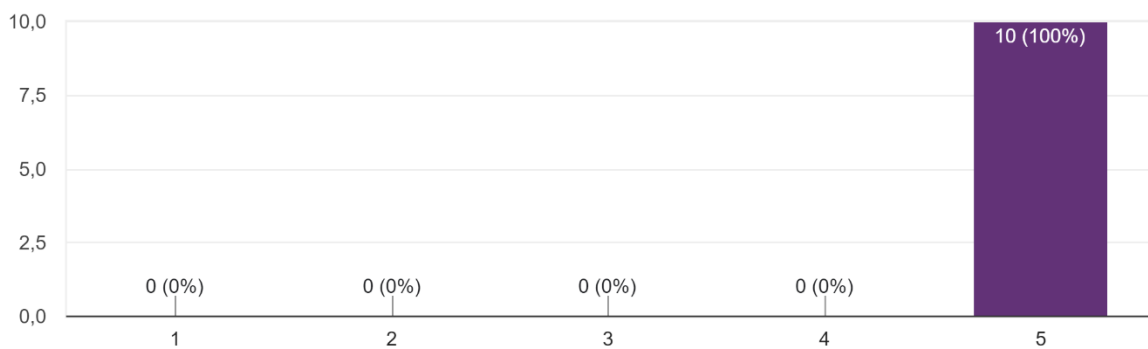
2 respostas

a assistente falhou algumas vezes em perceber o que eu disse

As vezes a assistente nao percebeu o que eu disse

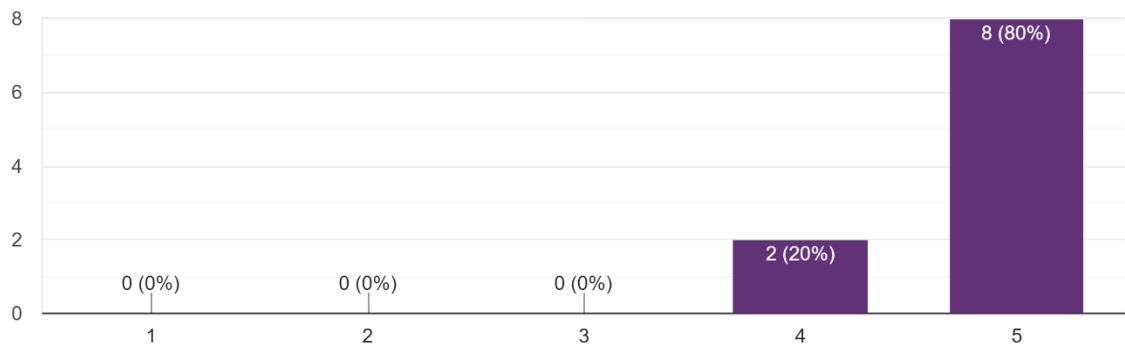
Achei fácil de executar esta tarefa

10 respostas



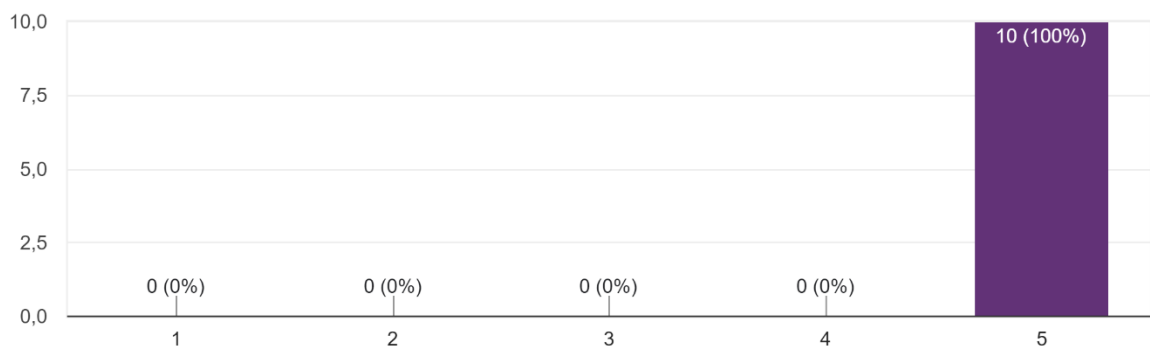
Achei o design do chat intuitivo

10 respostas



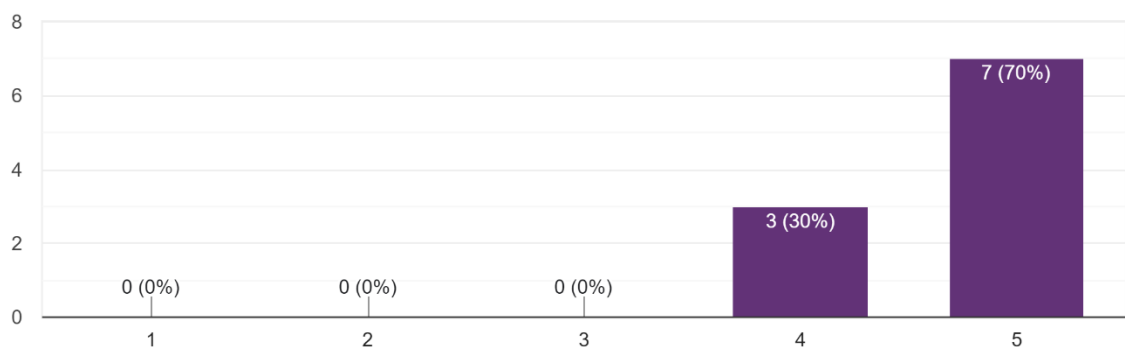
O tempo que levou a enviar mensagens e a receber foi

10 respostas



Achei esta tarefa importante para o propósito da aplicação

10 respostas



Indique erros ou dificuldades encontrados no processo de conversa no chat, ou alguma sugestão de melhoramento

1 resposta

a barra para inserir o texto estava muito em baixo