

DM

Da Sustentabilidade ao Design
Estratégia para uma Gestão Inteligente de Resíduos
Sólidos Urbanos na Ilha da Madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Laura Alves da Conceição
MESTRADO EM DESIGN



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade
www.uma.pt

janeiro | 2026

Da Sustentabilidade ao Design
Estratégia para uma Gestão Inteligente de Resíduos
Sólidos Urbanos na Ilha da Madeira

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Laura Alves da Conceição

MESTRADO EM DESIGN

ORIENTAÇÃO
Shujoy Chakraborty

COORIENTAÇÃO
Gian Andrea Giacobone

“Design is to design a design to produce a design”

- John Heskett

Agradecimentos

A conclusão desta Dissertação representa uma etapa desafiante da minha vida académica, e não poderia deixar de expressar a minha profunda gratidão a todos os que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que este momento fosse possível.

À minha família, o meu eterno agradecimento. Pelo amor incondicional, pelo apoio constante em todos os momentos e por acreditarem em mim, mesmo quando eu duvidava.

Ao meu namorado, obrigada por estares sempre ao meu lado, por me dares força, por me ouvires nas horas de desânimo e por celebrares cada pequena conquista comigo. O teu apoio incondicional foi fundamental para eu chegar até aqui.

Às minhas amigas e colegas, com quem partilhei esta jornada académica, obrigada por cada momento de companheirismo, por cada dia a trabalharmos juntas, por cada conversa, lágrima e gargalhada que demos. Foi com vocês que enfrentei os dias mais difíceis e com quem partilhei os dias mais felizes. Levo-vos comigo no coração.

Quero também agradecer à equipa da ARM, cuja colaboração e partilha de conhecimento foram essenciais para a construção da minha dissertação. Sem o vosso contributo, o meu processo de pensamento e análise não teria sido o mesmo. Obrigada por me ajudarem a ver mais longe.

Aos meus orientadores, Shujoy e Gian Andrea, o meu mais sincero agradecimento pela orientação, paciência e disponibilidade ao longo de todo este percurso. A vossa orientação foi fundamental para a qualidade e o rigor do meu trabalho, e sou grata por todo o conhecimento e motivação que me transmitiram.

A todos, o meu muito obrigada.

Resumo

O aumento da produção de resíduos, impulsionado pelo crescimento populacional, pelo turismo e pelos padrões de consumo, representa um desafio significativo para regiões insulares. Estas áreas, caracterizadas por limitações geográficas, escassez de recursos e elevada vulnerabilidade ambiental, exigem soluções inovadoras e sustentáveis para uma gestão eficaz dos resíduos. Este estudo analisa de que forma o design sustentável pode apoiar a criação de um sistema de gestão inteligente de resíduos na Ilha da Madeira.

A investigação examina o cenário atual da gestão de resíduos na região, identificando desafios específicos como a logística de transporte, a infraestrutura limitada, a sensibilização da comunidade e o comportamento humano. Para tal, recorre a uma abordagem mista, combinando análise qualitativa e quantitativa de dados recolhidos em entrevistas com a população e com entidades responsáveis pela gestão de resíduos.

Com base nos princípios do design sustentável e no uso de tecnologias aplicadas, a pesquisa procura propor soluções que aumentem a eficiência e a eficácia da gestão de resíduos, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Através de uma abordagem interdisciplinar, que integra design, tecnologia e sustentabilidade, pretende-se não apenas mitigar os impactos ambientais, mas também promover práticas de economia circular, incentivar o envolvimento da comunidade local e reforçar a resiliência do sistema insular.

Os resultados esperados incluem o desenvolvimento de diretrizes estratégicas que respondam aos desafios enfrentados pela Ilha da Madeira e que possam ser adaptadas a outros contextos insulares com problemas semelhantes.

Palavras-chave: Design Estratégico; Resíduos Sólidos Urbanos; Gestão Inteligente; Economia Circular; Insularidade.

Abstract

The increase in waste production, driven by population growth, tourism, and consumption patterns, poses a significant challenge for island regions. These areas, characterized by geographical limitations, resource scarcity, and high environmental vulnerability, require innovative and sustainable solutions for effective waste management. This study analyzes how sustainable design can support the creation of a smart waste management system on Madeira island.

The research examines the current waste management scenario in the region, identifying specific challenges such as transport logistics, limited infrastructure, community awareness, and human behavior. To this end, it uses a mixed approach, combining qualitative and quantitative analysis of data collected in interviews with the population and with entities responsible for waste management.

Based on the principles of sustainable design and the use of applied technologies, the research seeks to propose solutions that increase the efficiency and effectiveness of waste management, in line with the Sustainable Development Goals. Through an interdisciplinary approach that integrates design, technology, and sustainability, the aim is not only to mitigate environmental impacts but also to promote circular economy practices, encourage local community involvement, and strengthen the resilience of the island system.

The expected results include the development of strategic guidelines that respond to the challenges faced by Madeira Island and that can be adapted to other island contexts with similar problems.

Keywords: Strategic Design; Urban Solid Waste; Intelligent Management; Circular Economy; Insularity.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas	xv
Lista de Abreviações e Acrónimos	xvi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Enquadramento do Tema.....	1
1.2. Justificação e Relevância do Tema	3
1.3. Problemáticas e Objetivos	4
1.3.1. Objetivos gerais:	5
1.3.2. Objetivos específicos:	5
1.4. Questões de Investigação	5
1.4.1. Questão principal:.....	6
1.4.2. Questões secundárias:	6
1.5. Metodologia de Investigação	6
1.5.1. Princípios de <i>Design Thinking</i>	7
1.6. Estrutura da Dissertação	8
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1. A Economia Circular.....	11
2.1.1. Os 3 Princípios Fundamentais da Economia Circular	11
2.1.2. O Diagrama Sistémico da Economia Circular – “Diagrama da Borboleta”	12
2.2. A Gestão de Resíduos na Ilha da Madeira.....	14
2.2.1. Recolha e separação dos resíduos.....	14
2.3. O Design como Ferramenta para a Sustentabilidade	18
2.3.1. Modelo Triangular da Sustentabilidade	21
2.4. O Papel da Tecnologia na Gestão Inteligente de Resíduos	22
2.4.1. Cidades Inteligentes (Smart Cities)	23
2.4.1.1. Os Pilares de uma Cidade Inteligente.....	26
2.4.2. Inteligência Artificial (IA)	28
2.4.2.1. Origens e Evolução da Inteligência Artificial.....	28
2.4.2.2. Aplicações da IA na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.....	30
2.4.3. Internet das Coisas (Internet of Things (IoT)).....	32

2.4.3.1. Definições e Origem do Termo.....	32
2.5. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	34
CAPÍTULO III – METODOLOGIA E PROCESSOS DE DESIGN	36
3.1. Processos de Referência – DCH E DEU	36
3.1.1. Design Centrado no Humano (Human-centered-Design).....	36
3.1.2. Design de Experiência do Utilizador (UX Design)	39
3.2. Processo de Pensamento e Tomada de Decisão.....	42
3.3. Casos de Estudo Aplicados ao Projeto	44
3.3.1. Caso de estudo 1 – WasteApp.....	44
3.3.2. Caso de estudo 2 - Recycle BinGo	45
3.3.3. Caso de estudo 3 – App TOwaste Toronto	46
3.3.4. Caso de estudo 4 – Ameru – Contentor Inteligente.....	47
3.3.5. Caso de estudo 5 – Projeto <i>Goedzak</i>	48
3.4. Visitas de Campo – Instalações ARM.....	49
3.4.1. Estação de Transferência da Zona Leste e de Triagem da Madeira (ETZL/ ET)	49
3.4.2. Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra	52
3.5. Realização de Questionário com a Comunidade	54
3.5.1. Processo de recolha de dados	54
3.5.2. Caracterização das amostras.....	54
3.5.3. Resultados e Discussão	58
3.6. Realização de Entrevistas	59
3.6.1. Objetivos das Entrevistas	59
3.6.2. Seleção dos Entrevistados	59
3.6.3. Elaboração do Roteiro de Perguntas e Condução das Entrevistas	60
3.6.4. Principais insights e contribuições das entrevistas	60
3.7. Layout do Sistema.....	60
3.8. Personas e Compreensão do Público-alvo.....	62
3.9. <i>User Journey Maps</i>	63
CAPÍTULO IV – DESENVOLVIMENTO PROJETUAL	64
4.1. Identificação do Problema	64
4.1.1. Contexto e Enquadramento do Problema.....	64
4.1.2. Problemas e Necessidades Identificados.....	64
4.1.3. Oportunidades de Intervenção Através do Design	65
4.2. Definição do Conceito.....	66

4.2.1. Processo de Construção do Conceito	66
4.2.2. Visão, Missão e Valores.....	67
4.2.2.1. <i>Business Model Canvas</i>	67
4.3. Identidade Visual	68
4.3.1. Naming.....	68
4.3.2. Criação do logotipo.....	69
4.3.3. Paleta Cromática.....	70
4.3.4. Tipografia.....	70
4.4. Desenvolvimento do Conceito.....	71
4.4.1. Processo de Ideação	71
4.4.2. Arquitetura de Informação - <i>User Flow</i>	71
4.4.3. Wireframes	73
4.5. Prototipagem.....	74
4.5.1. Escolha das ferramentas de prototipagem.....	74
4.5.2. Desenvolvimento do protótipo	74
4.5.3. Website.....	83
4.5.4. Ação de divulgação.....	85
4.6. Testes de Usabilidade e Avaliação inicial	88
4.6.1. Perfil dos Participantes	89
4.6.2. Recolha de Feedback	89
4.6.3. Resultados e Análise Crítica	90
CAPÍTULO V – RESULTADOS.....	92
5.1. Síntese Conclusiva	92
5.2. Avaliação do Impacto.....	92
5.3. Sugestões para Investigações Futuras.....	93
5.4. Limitações do Estudo e Reflexões Finais.....	94
CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO VII – APÊNDICES E ANEXOS	103
APÊNDICES	103
Apêndice A – Registo fotográfico das visitas de estudo	103
Apêndice B – Questionário realizado com a Comunidade.....	105
Apêndice C - Roteiro de Perguntas	110
Apêndice D – Personas.....	113
Apêndice E – User Journey Maps	116
Apêndice F – <i>Mind map</i> do Processo de Construção do Conceito	118

Apêndice G – Business Model Canvas	119
Apêndice H – Wireframes desenvolvidos	120
Apêndice I – Protótipo.....	121
Apêndice J – Páginas do Website	123
Apêndice K – Folheto.....	125
Apêndice L – Tote bag	125
Apêndice M – Poster Promocional.....	126
Apêndice N – Guião de navegação na APP.....	127
Apêndice O – SUS – System Usability Scale.....	130
Apêndice P – NASA-TLX.....	131
ANEXOS.....	132
Anexo A - Correspondência eletrônica para Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 29 de Janeiro 2025.....	132
Anexo B - Correspondência eletrônica com Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 31 de Janeiro 2025.....	132
Anexo C - Correspondência eletrônica com Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 3 de Fevereiro 2025	133
Anexo D – Correspondência eletrônica com Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 11 de Fevereiro 2025	133
Anexo E – Correspondência eletrônica para Eng ^a Madalena Gomes – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 12 de Fevereiro 2025	134
Anexo F – Documento Disponibilizado pela ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 14 de Fevereiro 2025.....	135
Anexo G - Documento Disponibilizado pela ARM – Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 24 de Março 2025 - Evolução da quantidade de resíduos rececionados nas estações da ARM, entre os anos de 2020 e 2024	138

Índice de Figuras

- Figura 1 - 5 etapas de *Design Thinking*.
- Figura 2 – Diagrama Sistémico da Economia Circular.
- Figura 3 – Modelo Triangular da Sustentabilidade.
- Figura 4 – Características e Fatores de uma Smart City
- Figura 5 – Cidade de Singapura, Sudeste Asiático.
- Figura 6 - Áreas Relacionadas com a IA.
- Figura 7 – Dubai, Emirados Árabes Unidos.
- Figura 8 - 4 Princípios de *Human-Centered Design*.
- Figura 9 – Processo de Design Centrado no Humano, IDEO.
- Figura 10 – Abordagem de *Human-Centered Design*.
- Figura 11 – Os 5 planos estruturais da experiência do utilizador.
- Figura 12 – A convergência entre os objetivos do utilizador e os objetivos de negócio.
- Figura 13 - “Favo de mel UX” de Petter Morville.
- Figura 14 – Processo de Pensamento
- Figura 15 - Caso de Estudo 1: Interface da WasteApp
- Figura 16 - Caso de Estudo 2: Interface Recycle BinGo.
- Figura 17 – Caso de Estudo 3: Interface TOwaste
- Figura 18 – Caso de Estudo 4: Ameru – Contentor Inteligente
- Figura 19 – Caso de Estudo 5: Projeto *Goedzak*
- Figura 20 – Compactação de resíduos, ETZL/ET.
- Figura 21 – Depósito de resíduos em contentores de grande capacidade, ETZL/ET.
- Figura 22 – Mão de obra humana. ETZL/ET.
- Figura 23 – Sistema automatizado de triagem de embalagens, ETZL/ET.
- Figura 24 – Toneladas de resíduos, ETZL/ET.
- Figura 25 – Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra.
- Figura 26 - Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, ETRS.
- Figura 27 - Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.
- Figura 28 - Layout do Sistema.
- Figura 29 – Persona desenvolvida para o projeto.
- Figura 30 – *User Journey Map* desenvolvido para o projeto.

Figura 31 – Mind map

Figura 32 – Business Model Canvas do projeto.

Figura 33 - Possíveis Versões do Logotipo.

Figura 34 – Paleta cromática

Figura 35 – Tipografia utilizada na realização do logotipo.

Figura 36 – User flow da app.

Figura 37 – *Wireframes*.

Figura 38 – Ecrã inicial

Figura 39– Splash screen

Figura 40 – Login

Figura 41 – Sign up

Figura 42 – Página inicial

Figura 43 – Mapa

Figura 44 - Estado dos contentores.

Figura 45 – Mapa com IoT

Figura 46 – Resíduos

Figura 47 – Instruções

Figura 48 – Pontos

Figura 49 – Pág. Educação

Figura 50 – Informações

Figura 51 – Pedido de recolha.

Figura 52 – Página da pegada ecológica do utilizador.

Figura 53 – Página de scan de objetos.

Figura 54 – Página de scan de objetos não recicláveis.

Figura 55 – Opções de escola de resíduos e locais de descarte.

Figura 56 – Perfil.

Figura 57 – Edição de perfil.

Figura 58 – Pontos e Recompensas

Figura 59 – Catálogo de recompensas

Figura 60 – Notificação pop-up

Figura 61 – Código de desconto

Figura 62 – *QR code* de desconto

Figura 63 – Processo de doação de pontos.

Figura 64 – *Frontpage website*.

Figura 65 – Página de parceiros.

Figura 66 – Página de notícias.

Figura 67 – Página de dicas de reciclagem.

Figura 68 – Folheto de informação.

Figura 69 – Tote bags.

Figura 70 – Poster promocional.

Figura 71 – Sacos para resíduos.

Figura 72 – Imagem produzida com auxílio de ferramenta de IA. Vizcom

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Quantidade de resíduos rececionados pela ARM.

Tabela 2 – Definições de *Smart City*.

Tabela 3 – Género dos inquiridos

Tabela 4 – Grupo etário

Tabela 5 – “Costuma separar o lixo para reciclagem?”

Tabela 6 – “Sabe identificar as cores do ecopontos e o que deve descartar em cada um?”

Tabela 7 – “Se não separa os seus resíduos, deitando-os no lixo comum, qual é o principal motivo?”

Tabela 8 – “Acha que existem incentivos suficientes para a reciclagem?”

Tabela 9 – “Já utilizou alguma APP para facilitar a reciclagem ou a gestão dos seus resíduos?”

Tabela 10 – Problemas e Necessidades Identificados.

Tabela 11 – Perfil dos utilizadores.

Tabela 12 – Resultados questionário SUS.

Tabela 13 – Resultados questionário NASA TLX.

Lista de Abreviações e Acrônimos

APP - Aplicação

DCH – Design Centrado no Humano

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

ETRS - Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos

ETZL/ET - Estação de Transferência da Zona Leste e de Triagem da Madeira

IA – Inteligência Artificial

ICRSU - Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos

IIRSU - Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos

IoT – *Internet of Things*

OAU – Óleos Alimentares Usados

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RU - Resíduos Urbanos

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UNEP – *United Nations Environment Programme* (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)

UN-Habitat - *United Nations Human Settlements Programme* (Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos)

UX – *User Experience*

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do Tema

A gestão de resíduos urbanos (RU) evoluiu ao longo dos séculos, tornando-se um dos desafios ambientais mais urgentes da atualidade (Brunner & Rechberger, 2014). O crescimento populacional, a rápida urbanização, o desenvolvimento económico e a melhoria do padrão e estilo de vida nos países em desenvolvimento contribuem significativamente para o aumento do volume e da complexidade dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que são produzidos (Abdel-Shafy & Mansour, 2018).

Os RU são produzidos em qualquer lugar onde existam humanos. Cada indivíduo contribui para esse processo através das suas decisões de compra, hábitos diários e maneiras de lidar com o descarte de resíduos em casa. A forma como os materiais são adquiridos, utilizados e descartados influencia diretamente o consumo de energia e de recursos naturais, além da quantidade de lixo que é consequentemente produzida (United Nations Environment Programme, 2024).

O atual sistema económico linear exerce uma pressão crescente sobre o meio ambiente, o que resulta no esgotamento dos recursos naturais e influencia negativamente a qualidade do clima (ISWA, 2021). Neste cenário, é urgente uma transição para um sistema mais sustentável, onde a economia circular surge como uma alternativa à economia linear tradicional de "extrair, produzir e descartar", substituindo o conceito de "fim de vida" pela possível restauração e circularidade dos materiais. Esta abordagem pretende reduzir a atual dependência das matérias-primas e minimizar a quantidade de resíduos que estão destinados aos aterros, incentivando práticas como a reutilização, reciclagem e a valorização energética dos resíduos (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey & Company, 2012). No entanto, com o rápido crescimento da produção de resíduos a superar a capacidade das abordagens tradicionais de gestão, a urgência pela **inovação** tornou-se cada vez maior. (Ferronato & Torretta, 2019)

As abordagens convencionais de gestão de resíduos enfrentam desafios para lidar com a crescente complexidade dos RU que são concebidos atualmente, evidenciando a necessidade de métodos mais sofisticados e baseados em dados. Como resposta a esse cenário, a gestão inteligente de resíduos surgiu como uma solução inovadora e tecnológica, com o objetivo de substituir processos lineares e de alto consumo de recursos

por sistemas mais eficientes e sustentáveis, alinhados aos princípios da economia circular (Boostani et al., 2024) e aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

Nos últimos anos, o desenvolvimento e o avanço significativo das tecnologias digitais, principalmente a inteligência artificial (IA) e a *Internet of Things* (IoT), tem proporcionado novas soluções para lidar com os desafios enfrentados (Lakhout, 2025). Nos dias de hoje, estas tecnologias provocam uma grande mudança na forma como as cidades recolhem, separam e reciclam os resíduos produzidos (Shennib et al., 2024), transformando a ambição de haver cada vez mais cidades inteligentes capazes de gerir todos os setores pelos quais são responsáveis.

De acordo com um relatório publicado em 2018 pelo *World Bank*, estima-se que a quantidade de RSU continue a crescer globalmente caso não haja mudanças significativas nas práticas atuais, passando de aproximadamente 2 mil milhões de toneladas por ano em 2016 para 3,4 mil milhões de toneladas até 2050, seguindo um caminho em que a produção de resíduos crescerá a um ritmo mais do que duas vezes superior ao do crescimento populacional (Kaza et al., 2018; World Bank, 2018). Com isto, a gestão de resíduos sólidos impacta toda a sociedade. No entanto, os mais afetados pelos efeitos negativos da má gestão dos resíduos são, em grande parte, os grupos mais vulneráveis, os países menos desenvolvidos e regiões mais isoladas. Estes indivíduos enfrentam riscos como a perda de vidas e habitações devido às condições de trabalho perigosas na exposição e contacto com os resíduos, o que provoca graves consequências para a saúde (Kaza et al., 2018).

A ilha da Madeira, enquanto território insular, enfrenta desafios significativos na gestão de RSU. Em 2023, a produção total de resíduos na RAM aumentou 30,9 % face a 2022 (Direção Regional de Estatística da Madeira, 2024). A sua posição geográfica implica uma forte dependência da importação e exportação de bens e materiais, bem como das limitações de espaço para a deposição e descarte dos resíduos produzidos. Além disso, os custos elevados associados ao transporte de materiais recicláveis para o continente representam um obstáculo à eficiência desse sistema (Berkemeier & Fonseca, 2019). Sendo um destino turístico, o alto fluxo de visitantes aumenta significativamente a produção de resíduos, tornando ainda mais essencial a adoção de estratégias inovadoras e sustentáveis, adaptadas à sazonalidade.

Com isto, a sensibilização da população local e dos turistas desempenha um papel crucial na adoção de boas práticas ambientais (Martinho, 2021), incentivando a separação e descarte adequados e a utilização de alternativas mais ecológicas.

Diante destes desafios, como é que o design, aliado às tecnologias emergentes, pode contribuir atualmente para uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos urbanos?

1.2. Justificação e Relevância do Tema

A escolha deste tema surge da necessidade de compreender e explorar como o design pode contribuir para a melhoria da gestão dos RU na Ilha da Madeira. Por ser um território insular, a Madeira enfrenta desafios específicos nesta área, existindo uma grande necessidade de promover uma economia mais circular e sustentável.

Dentro da área do Design, a gestão de resíduos pode beneficiar significativamente de abordagens que melhorem os processos de recolha e reciclagem, incentivem comportamentos sustentáveis e promovam soluções mais eficientes e acessíveis a toda a população. O Design, especialmente quando aliado à tecnologia, poderá desempenhar um papel fundamental na criação de estratégias para resolver os problemas atualmente existentes.

A relevância académica desta investigação reside na interseção entre tecnologia, design e sustentabilidade, um campo que tem vindo a ganhar um grande destaque, mas que ainda carece de estudos aplicados a realidades insulares como o caso da Madeira. Através desta dissertação, pretendo contribuir para o conhecimento nesta área, explorando estratégias que possam ser inovadoras para tornar a gestão de resíduos mais eficiente. Para além da dimensão académica, esta investigação tem uma forte pertinência prática e social. A má gestão dos RU pode comprometer a qualidade de vida da população e afetar diversas características da imagem turística da ilha, um setor crucial para a economia local. Ao estudar soluções tecnológicas e de design que possam ser aplicáveis à Madeira, espera-se identificar formas de melhorar a participação dos cidadãos, aumentar a eficiência na recolha e reciclagem e reduzir o desperdício, promovendo uma abordagem adaptada à nossa realidade.

É essencial explorar o potencial do design como uma ferramenta estratégica para a inovação e sustentabilidade na gestão dos RSU. Assim, esta investigação pretende demonstrar como a aplicação do design pode contribuir para a criação de soluções

adaptadas à realidade insular, promovendo uma abordagem mais adequada ao futuro da Madeira.

A nível pessoal, este tema desperta um interesse particular por ser madeirense e por testemunhar, diariamente, os problemas na gestão e descarte incorreto dos resíduos. Esta investigação não só permitirá aprofundar o meu conhecimento sobre o tema, mas também contribuir para a procura de soluções viáveis para a ilha. Assim, a presente dissertação pretende ser uma contribuição significativa para a comunidade madeirense, demonstrando como a tecnologia e o design podem desempenhar um papel fundamental na construção de um futuro mais sustentável.

1.3. Problemáticas e Objetivos

Os problemas que levaram ao aprofundamento desta investigação estão relacionados com os desafios da gestão de resíduos urbanos, especificamente na Ilha da Madeira, fortemente influenciados pela sua insularidade. Fatores como a limitação das infraestruturas, os elevados custos de tratamento e a baixa adesão da população à reciclagem (S. Atilano, comunicação pessoal, 6 de fevereiro de 2025), comprometem o bom funcionamento do sistema atual. Estas problemáticas resultam em consequências notórias como o impacto negativo no meio ambiente e na decadência da imagem daquilo que é a nossa ilha.

A insularidade impõe desafios adicionais, como a dependência de transporte para o envio de resíduos para fora da região (Rodrigues, 2018) e a escassez de espaços adequados para deposição e tratamento dos mesmos. Esta dependência de soluções externas torna o processo menos eficiente e mais vulnerável.

Outro desafio crítico é a separação e reciclagem insuficientes por parte da população, muitas vezes devido à falta de sensibilização, insuficiência de pontos de recolha seletiva ou dificuldades no acesso a outras alternativas (S. Atilano, comunicação pessoal, 6 de fevereiro de 2025). A ausência de um sistema bem estruturado compromete a eficiência da reciclagem e contribui para o acúmulo indevido de resíduos. Estes fatores, aliados ao aumento da produção de resíduos, evidenciam a urgência de compensar e melhorar a gestão dos resíduos urbanos na Madeira.

A tecnologia, por sua vez, não tem sido devidamente aproveitada neste contexto, o que representa uma grande lacuna no esforço para melhorar a gestão de resíduos na

Madeira (S. Atilano, comunicação pessoal, 6 de fevereiro de 2025). Essa subutilização restringe o potencial da inovação que poderia facilitar a tomada de decisões mais informadas por parte da população e a promoção de práticas mais sustentáveis. Assim, explorar e implementar a tecnologia de forma mais ampla seria fundamental para elevar a eficácia da gestão dos resíduos urbanos na região.

1.3.1. Objetivos gerais:

- Desenvolver uma abordagem de design sustentável para a implementação de um sistema de gestão de resíduos mais inteligente na Ilha da Madeira, promovendo a economia circular e o envolvimento comunitário;
- Promover a educação ambiental estimulando socialmente a comunidade para melhores práticas ambientais e consequentemente, a redução de resíduos sólidos urbanos;

1.3.2. Objetivos específicos:

- Avaliar o impacto do comportamento da população e da sensibilização comunitária na eficácia da gestão de resíduos;
- Integrar princípios de economia circular e práticas sustentáveis no ciclo de vida dos resíduos, incentivando a redução, reutilização e reciclagem;
- Identificar estratégias de sensibilização e participação comunitária que possam aumentar a participação da população;

1.4. Questões de Investigação

Esta investigação é orientada por questões que permitiram ampliar a compreensão dos desafios e explorar possíveis soluções. Através destas questões, pretende-se analisar limitações e identificar oportunidades de intervenção. Estas questões servem de base para estruturar a investigação e permitir uma análise aprofundada do contexto estudado.

1.4.1. Questão principal:

- Como pode o Design contribuir para a implementação de um sistema que melhore a gestão de resíduos na Ilha da Madeira, e a torne mais inteligente?

1.4.2. Questões secundárias:

- De que forma o Design pode influenciar hábitos e comportamentos relacionados com a produção de resíduos e a sua correta recolha, promovendo a consciencialização ambiental e a redução do impacto ambiental?
- Quais são os principais desafios na gestão de resíduos na Ilha da Madeira, considerando fatores logísticos, sociais e comportamentais?
- De que forma a sensibilização e o comportamento da comunidade influenciam a eficácia da gestão de resíduos na região?
- Como é que a tecnologia pode contribuir para soluções mais inteligentes e eficientes na gestão de resíduos?
- De que forma a integração entre design, tecnologia e práticas de economia circular pode gerar benefícios ambientais, sociais e económicos?

1.5. Metodologia de Investigação

Esta investigação adota uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa). A escolha deste método justifica-se pela necessidade de analisar não apenas os aspetos técnicos e funcionais do tema e os respetivos dados, mas também as perspetivas e experiências de diferentes intervenientes.

Para a recolha de dados, serão utilizadas várias estratégias complementares. Inicialmente, será realizada uma pesquisa bibliográfica e documental para fundamentar teoricamente o estudo, analisando artigos científicos, relatórios e casos de estudo relevantes para a validação da minha investigação, servindo também de inspiração para o projeto final. Em seguida, serão conduzidas entrevistas semiestruturadas com especialistas da área, incluindo profissionais ligados à gestão ambiental e aos processos de recolha, tratamento e triagem dos resíduos, para obter perspetivas aprofundadas sobre os desafios enfrentados e possíveis soluções. Além disso, serão aplicados questionários à

população local, com o objetivo de compreender o grau de conhecimento, e envolvimento dos cidadãos face ao tema.

Os dados recolhidos serão analisados através de uma abordagem qualitativa, utilizando a análise do conteúdo para interpretar as entrevistas e os documentos estudados. No caso dos questionários, será feita uma análise quantitativa, permitindo visualizar tendências e padrões nos comportamentos e perceções da população, analisando também relatórios e documentos disponibilizados pela empresa contactada ao longo do desenvolvimento do estudo. Como parte do processo de recolha de dados, também foram realizadas visitas de campo a locais estratégicos relacionados com a gestão de resíduos, permitindo uma observação direta das práticas existentes e dos desafios enfrentados na realidade insular.

1.5.1. Princípios de *Design Thinking*

Paralelamente, a investigação será guiada pelos princípios do *Design Thinking*, uma abordagem iterativa e não linear centrada no utilizador, que promove a criação de soluções inovadoras para problemas complexos. Este processo de pensamento é composto por diversas etapas essenciais para a inovação (Wolniak, 2017), desenvolvendo-se em cinco fases principais como mostra a Figura 1:

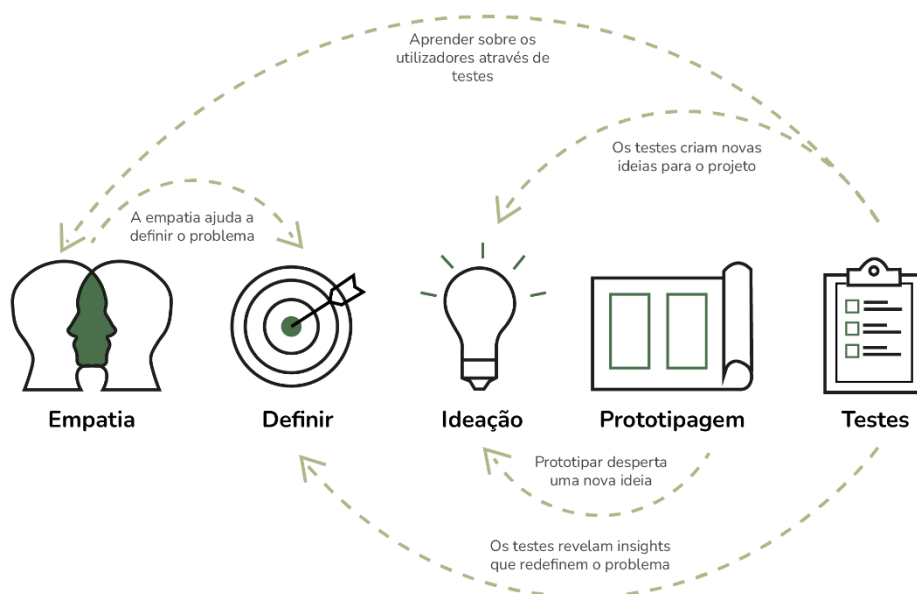


Figura 1 – 5 etapas de *Design Thinking*. Fonte: Adaptado de Dam (2025).

Segundo Dam (2025), a primeira fase, a **empatia**, tem como objetivo identificar as características do público-alvo, recorrendo a observações diretas, entrevistas ou inquéritos. Ao longo deste processo, é possível encontrar informações essenciais sobre os utilizadores e compreender quais são suas necessidades específicas. Na segunda fase, **definir**, deve-se estruturar e interpretar as informações recolhidas, identificando as necessidades reais dos utilizadores e a dimensão do problema a resolver, definindo os objetivos a atingir. O foco da terceira fase, a **ideação**, está em criar várias ideias criativas através da técnica de *brainstorming*, encorajando a originalidade. As melhores ideias serão avaliadas e selecionadas para a prototipagem. Na etapa da **prototipagem** são construídos protótipos para visualizar soluções e recolher feedback dos utilizadores. Os protótipos ajudam a avaliar e a perceber se o design corresponde aos requisitos do cliente, permitindo os ajustes necessários. A fase final é destinada aos **testes**.

Em suma, a metodologia adotada combina diferentes estratégias de recolha e análise de dados, garantindo uma compreensão abrangente e aprofundada da problemática em estudo. A abordagem mista, aliada aos princípios de *Design Thinking* e às visitas de campo, permitirá identificar os desafios existentes e explorar novas soluções para os problemas identificados.

1.6. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos:

O Capítulo I, Introdução, apresenta o enquadramento do tema, destacando a sua relevância no contexto atual, expõe as problemáticas e os objetivos que orientaram a investigação, bem como as questões de investigação e a metodologia adotada.

O Capítulo II, Revisão da Literatura, contém a análise teórica e conceptual que sustenta o estudo. Inicia-se com a abordagem à economia circular, segue-se a contextualização da gestão de resíduos na Ilha da Madeira, destacando os processos de recolha e separação. Este capítulo explora ainda o papel do design como ferramenta para a sustentabilidade, o contributo das tecnologias emergentes, e o enquadramento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

O Capítulo III, Metodologia e Processos de Design, descreve detalhadamente os métodos utilizados e as etapas do processo de design centrado no utilizador. Aborda o

processo de pensamento e tomada de decisão, a análise de casos de estudo relevantes para o projeto, bem como as visitas de campo às instalações da ARM. Apresenta as atividades práticas realizadas, incluindo visitas de campo, questionários à comunidade e entrevistas a diversos intervenientes. Inclui ainda a análise dos dados recolhidos, a definição das personas, os mapas de jornada do utilizador e o *layout* do sistema.

O Capítulo IV, Desenvolvimento Projetual, apresenta o processo criativo e o desenvolvimento do projeto propriamente dito, iniciando-se com a identificação do problema e das oportunidades de intervenção através do design, seguindo-se a definição do conceito sustentada por uma visão, missão e valores. Posteriormente, descreve-se a criação da identidade visual. Este capítulo inclui ainda as etapas de prototipagem e os testes de usabilidade com análise crítica dos resultados obtidos.

O Capítulo V, Resultados e Conclusões, reúne as principais conclusões da investigação, apresentando uma síntese global dos resultados alcançados e uma avaliação do impacto do projeto, discutindo também as limitações do estudo e sugerindo linhas de investigação futuras.

O Capítulo VI, Referências Bibliográficas, inclui todas as fontes consultadas ao longo da investigação. Por fim, o Capítulo VII, Apêndices e anexos, apresenta materiais complementares que apoiam a compreensão do trabalho.

Assim, esta estrutura permite uma compreensão clara de todo o processo de investigação e das suas contribuições para a área do Design e da Sustentabilidade.

**“ Everyone designs who devises courses of action aimed at changing
existing situations into preferred ones”**

- Herbert Simon, 1969

CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A Economia Circular

Durante várias décadas, o modelo económico dominante seguia uma lógica linear: extrair, produzir, consumir e descartar. Embora esta abordagem tenha servido de sustento para o crescimento industrial e para o aumento da produção e consumo, revelou-se insustentável perante as características e limites do nosso planeta (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey & Company, 2012). A escassez de recursos, a degradação ambiental e o aumento da produção de resíduos são consequências que mostram o mau funcionamento deste modelo, levando-o a atingir o seu ponto de rotura. Este modelo baseia-se na premissa de que os recursos naturais são abundantes e renováveis, onde são extraídos os materiais, aplicado energia para fabricar produtos, que posteriormente são vendidos a um consumidor final, deitando-os fora quando já não servir o seu objetivo (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey & Company, 2012).

Neste cenário, tem crescido o interesse por novos modelos que consigam separar o crescimento económico do uso abusivo de recursos naturais. É nesse contexto que ganham destaque os princípios daquilo que é chamada de “**economia circular**”. Embora ainda em fase de desenvolvimento, a economia circular propõe um sistema pensado desde o início para ser um sistema **regenerativo**. Em vez de depender da extração constante de matérias-primas, aposta na criação de produtos que possam ser facilmente reutilizados, renovados ou reciclados. A ideia central é que o crescimento passe a assentar no reaproveitamento de materiais provenientes de produtos que chegaram ao fim da sua vida útil e não na exploração de novos recursos (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey & Company, 2012).

2.1.1. Os 3 Princípios Fundamentais da Economia Circular

Recentemente, a ideia de uma economia circular tem ganho cada vez mais significado. Este conceito tem vindo a despertar um interesse crescente por parte de empresas, governos e da comunidade académica, tornando-se cada vez mais relevante e influente. Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2024), a economia circular assenta em **três princípios** fundamentais: eliminar resíduos e poluição desde a sua conceção, prolongar o uso de produtos e materiais pelo maior tempo possível, e regenerar os

sistemas naturais. Cumprir estes 3 princípios é uma questão de design. Portanto, a economia circular é vista como um **problema de design** (Ellen MacArthur Foundation, 2024).

Como primeiro princípio, **eliminar resíduos e poluição**, procura-se acabar com a produção excessiva de resíduos e a poluição constante do meio ambiente. Isto significa que os produtos que são utilizados hoje devem ser pensados para se transformarem em novos recursos no futuro, evitando graves impactos na saúde humana e no ambiente. Esta abordagem impede a emissão de gases de efeito estufa, a contaminação do ar, da água e do solo, e reduz ao máximo o envio de resíduos para aterros sanitários e incineradoras. Como segundo princípio, **prolongar o uso de produtos e materiais pelo maior tempo possível**, pretende-se incentivar práticas que aumentem a vida útil dos produtos e aproveitem melhor a energia e os recursos investidos na sua produção. O terceiro princípio, **regenerar os sistemas naturais**, implica adotar práticas que contribuam para restaurar e fortalecer a saúde dos ecossistemas existentes (Ellen MacArthur Foundation, 2024).

Ao adaptarmos a nossa economia com base nos princípios daquilo que é uma economia circular, podemos criar transformações positivas.

2.1.2. O Diagrama Sistémico da Economia Circular – “Diagrama da Borboleta”

O diagrama sistémico da economia circular, frequentemente chamado de “diagrama da borboleta”, representa visualmente o fluxo contínuo de materiais. É composto por dois ciclos principais: o **ciclo técnico** e o **ciclo biológico** (Ellen MacArthur Foundation, 2021). No ciclo técnico, o objetivo é manter os produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível, através de estratégias como a reutilização, reparação, remanufatura e reciclagem. Já no ciclo biológico, os materiais biodegradáveis retornam ao ambiente, permitindo que os nutrientes sejam reintegrados nos seus ecossistemas e contribuam para a regeneração da natureza. O fluxo circular desses materiais é representado pelos ciclos em cada lado: a verde para materiais biológicos e a azul para materiais técnicos, como ilustra a Figura 2.

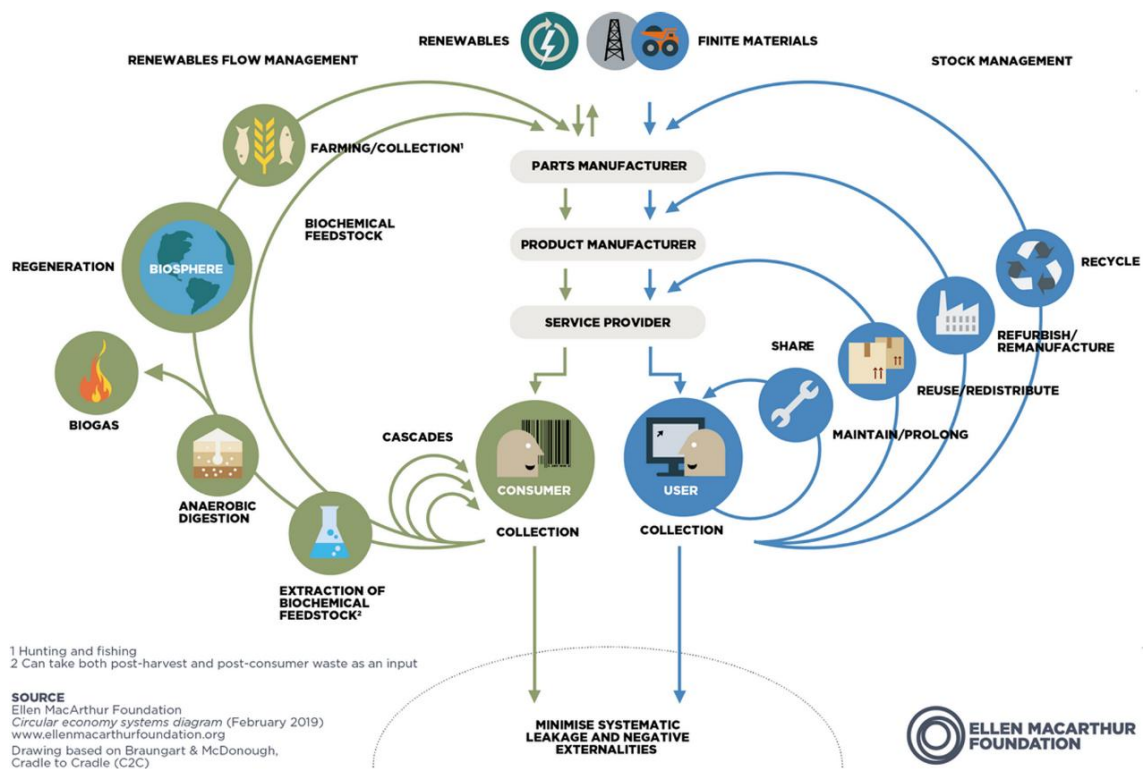


Figura 2 – Diagrama Sistêmico da Economia Circular. Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2021)

O **ciclo biológico** descreve os processos que devolvem nutrientes ao solo e ajudam a regenerar a natureza. Como essência deste ciclo está o conceito de regeneração. Em vez de desperdiçarmos materiais biológicos, passamos a devolvê-los à terra, integrando-os de volta aos ciclos naturais. O objetivo deixa de ser apenas reduzir os impactos negativos no meio ambiente e passa a ser melhorá-lo (Ellen MacArthur Foundation, 2022). Materiais renováveis e biodegradáveis, como alimentos ou produtos à base de madeira, podem circular nos chamados ciclos biológicos, por serem compatíveis com os sistemas naturais. Por exemplo, nas **biorrefinarias**, os processos de conversão permitem transformar os resíduos orgânicos em produtos químicos de alto valor ou em combustíveis. Já os materiais orgânicos que não têm mais uso podem ser **compostos** ou direcionados para a **digestão anaeróbia**, onde são extraídos os nutrientes. Ao adotar essas estratégias de recuperação, é possível reduzir perdas e minimizar os impactos ambientais. Em essência, a economia circular procura obter o máximo valor possível dos recursos, mantendo-os úteis e circulando pelo maior tempo possível (Impulsespring & Ambi 22, 2022; Ellen MacArthur Foundation, 2022).

No lado direito do diagrama está o **ciclo técnico**, sendo ele relevante para produtos que são usados em vez de consumidos. É tipicamente utilizado para produtos feitos de materiais que não são renováveis nem biodegradáveis. Como os materiais técnicos são finitos e não se decompõem naturalmente, é necessário prolongar ao máximo o seu tempo de vida. Os melhores ciclos são aqueles que priorizam a **manutenção** e a **reutilização** dos produtos, preservando o seu valor e prolongando o seu tempo de vida. Mesmo quando um produto deixa de ser útil para o seu dono, ele ainda pode ser **revendido** ou **redistribuído**. Quando não é mais possível usá-lo, muitas vezes ainda é viável **recondicioná-lo** ou **remanufaturá-lo** (Ellen MacArthur Foundation, 2022). Se, mesmo assim, o produto não puder ser reaproveitado, os seus materiais podem ser **reciclados**, evitando o desperdício e reduzindo a necessidade de extração de novos recursos (Impulsespring & Ambi 22, 2022).

2.2. A Gestão de Resíduos na Ilha da Madeira

A gestão de resíduos na Ilha da Madeira é um processo coordenado por várias entidades, com um grande destaque para a ARM – Águas e Resíduos da Madeira, S.A., que assegura a recolha, tratamento e a valorização dos resíduos sólidos urbanos na maior parte dos concelhos da Região Autónoma da Madeira (Águas e Resíduos da Madeira, S. A., s.d.).

As câmaras municipais dos 11 concelhos da Madeira (como o Funchal, Santa Cruz, Machico, entre outros) têm competência direta na recolha dos resíduos indiferenciados e, em alguns casos, também na recolha seletiva. Estas colaboram com a ARM no transporte e deposição dos resíduos nas infraestruturas regionais de separação e tratamento dos mesmos (Águas e Resíduos da Madeira, S. A., s.d.).

2.2.1. Recolha e separação dos resíduos

A ARM é responsável pela gestão dos resíduos em regime de alta na Região Autónoma da Madeira, abrangendo diversas operações de valorização e eliminação. Entre estas encontram-se a transferência dos resíduos, triagem, valorização orgânica e energética, assim como outros métodos de tratamento e deposição final adequada (ARM, S. A., s.d.). Os métodos adotados pela ARM variam conforme o tipo e as características

dos resíduos. Por exemplo, **os resíduos indiferenciados** são encaminhados para **valorização energética**, enquanto os **resíduos verdes** provenientes de jardins e espaços públicos passam por um processo de **valorização orgânica**. Já os **resíduos de embalagens**, como papel, cartão, vidro, plástico e metal, são separados e encaminhados para **reciclagem**. Os **pneus** usados são triturados e direcionados para **valorização**, e outros tipos de resíduos são sujeitos a valorização ou, quando necessário, a **eliminação** (ARM, S. A., s.d.).

Os resíduos indiferenciados, ou seja, aqueles que não são separados pelos cidadãos, são recolhidos porta a porta ou através dos contentores de rua, e posteriormente transportados para a Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra. A partir daí, seguem para tratamento ou para a Central de Valorização Energética, onde são incinerados com recuperação de energia, reduzindo assim a quantidade de resíduos enviados para os aterros. Paralelamente, existe um sistema de recolha seletiva de recicláveis (papel e cartão, embalagens de plástico e metal, e vidro) que são depositados pela população nos ecopontos espalhados por toda a ilha (ARM, S. A., s.d.). Estes materiais são recolhidos e encaminhados para centros de triagem e reciclagem, sendo posteriormente transportados em grandes contentores, por via marítima, para o continente. A partir daí, seguem para fábricas de reciclagem, onde são transformados em matérias-primas utilizadas na produção de novos produtos. Para além disto, a ARM tem vindo a desenvolver campanhas de sensibilização para melhorar a separação deste tipo de resíduos na origem e aumentar as taxas de reciclagem por parte da população (ARM, S. A., s.d.).

Nos últimos anos, tem-se dado particular atenção à recolha de resíduos orgânicos, como restos de comida e resíduos de jardim. A empresa disponibiliza, de forma gratuita, um serviço de recolha destes resíduos mediante solicitação prévia. O pedido pode ser feito através do seu contacto telefónico ou presencialmente num dos balcões de atendimento da empresa. Em alternativa, estes resíduos podem ser entregues diretamente nos Ecocentros ou na ETRS da Meia Serra. Os resíduos verdes são aproveitados na Instalação de Compostagem da ETRS, onde passam por um processo de transformação que resulta num corretivo orgânico totalmente natural, conhecido como **biovalor**, semelhante a um adubo (ARM, S. A., s.d.). Para os resíduos considerados perigosos ou especiais, como pilhas, medicamentos, óleos usados, eletrodomésticos e equipamentos eletrónicos, existem vários pontos de recolha específicos, como farmácias, lojas, supermercados e escolas ou ecocentros, para garantir o seu encaminhamento adequado e seguro. (ARM,

S. A., s.d.). A empresa disponibiliza a toda a população uma rede de recolha de óleos alimentares usados (OAU) através de 65 oleões, garantindo o seu encaminhamento adequado para valorização.

A ilha dispõe de infraestruturas importantes para apoiar todo este sistema, como os **ecocentros** para receção voluntária de resíduos de maiores dimensões, e os **aterros sanitários** para resíduos que não podem ser reciclados ou valorizados energeticamente (ARM, S. A., s.d.).

Assim, a estratégia da Madeira passa por reduzir ao máximo o envio de resíduos para aterro, aumentando a reciclagem e promovendo a valorização energética.

A Tabela 1, disponível no Anexo G, apresenta a evolução da quantidade de resíduos rececionados nas estações da ARM, entre os anos de 2020 e 2024, expressa em toneladas.

Tabela 1 – Quantidade de resíduos rececionados pela ARM. Fonte: Dados fornecidos à autora (2025)

Código LER	Tipo de Resíduos	2020	2021	2022	2023	2024
200301	Indiferenciados	92765,88	95604,4	100282,2	101688,7	104987,1
150106	Embalagens plásticas e metálicas	2392,28	2875,96	3233,4	3497,7	3850,5
150107	Embalagens de vidro	2160,5	2386,28	2890,74	2898,24	2907
150101	Papel e Cartão	2219,96	2291,78	2685,8	2723,18	3014,04
200121, 200123, 200135, 200136	REEE's	168,8	188,5	180,14	238,24	263,92
200133	Pilhas e Acumuladores	2,56	1,26	2,18	3,34	2,82
200140	Sucata metálica	248,48	189,2	154,04	204,12	233,3
200201	Resíduos verdes	8802,9	9424	9210,66	9490,56	9101,04
200307	Monstros	1209,96	1356,7	1318,9	1583,3	1681,24
200138	Madeiras	1149,58	2696,94	4390,92	4444,5	5624,54
200139	Plásticos não recicláveis	86,58	115,64	111,98	163,74	118,94
200125	Óleos alimentares	2,84	4,34	2,04	4,26	3,62
Total		111210,3	117135	124463	126939,9	131788,1

Os dados permitem observar um crescimento constante no volume total de resíduos tratados, passando de 111.210,3 toneladas em 2020 para 131.788,1 toneladas em 2024, o que representa um aumento de aproximadamente 18,5% em cinco anos. Esta tendência pode estar associada ao aumento da população, maior atividade económica, ou à melhoria dos sistemas de recolha e registo de resíduos.

Os resíduos indiferenciados mantêm-se como a fração mais representativa ao longo de todo o período, representando mais de 75% do total anual. Esta categoria

registrou um aumento de 13,2%, subindo de 92.765,88 toneladas em 2020 para 104.987,1 toneladas em 2024. Este crescimento poderá refletir uma persistente necessidade de **reforçar a separação de resíduos na origem**.

Verifica-se também uma pequena evolução na quantidade de resíduos de embalagens recolhidos seletivamente, apresentando valores relativamente baixos e sem variações relevantes ao longo dos últimos 5 anos, o que evidencia uma reduzida taxa de reciclagem dos resíduos de embalagens. As embalagens plásticas e metálicas registaram um aumento, passando de 2.392,28 toneladas em 2020 para 3.850,5 toneladas em 2024, contudo este crescimento não se traduz numa melhoria significativa dos níveis de reciclagem, mantendo-se ainda uma representatividade reduzida face ao total de resíduos produzidos. As embalagens de vidro subiram cerca de 34,5% no mesmo período, enquanto o papel e cartão apresentaram um crescimento de 35,7%. Estes dados sugerem um envolvimento ainda limitado da população na separação de resíduos.

No que diz respeito aos resíduos verdes, os valores mantiveram-se relativamente estáveis, com destaque para os anos de 2023 e 2024, em que foram rececionadas respetivamente 9.490,56 e 9.101,04 toneladas.

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos apresentaram um crescimento significativo de 56,4% entre 2020 e 2024. Este aumento pode indicar uma maior substituição de equipamentos e maior consciência da população sobre o correto encaminhamento destes resíduos.

Outros fluxos de resíduos com destaque são os chamados "monstros", que aumentaram de 1.209,96 para 1.681,24 toneladas. Um crescimento que poderá estar ligado a intervenções urbanas, obras ou campanhas de limpeza.

Por outro lado, categorias como pilhas e acumuladores, plásticos não recicláveis e óleos alimentares usados mantêm-se em valores relativamente baixos. Este dado evidencia a necessidade de reforçar campanhas de sensibilização e facilitar os pontos de entrega para estes resíduos específicos, dada a sua importância ambiental.

Em síntese, os dados demonstram uma evolução na recolha e valorização de diversos fluxos de resíduos, mas também sublinham a necessidade de continuar a investir na redução da produção de resíduos indiferenciados, na promoção da separação na origem e na educação da comunidade.

2.3. O Design como Ferramenta para a Sustentabilidade

O design possui um papel fundamental na promoção da sustentabilidade, o que o leva a atuar como um catalisador para mudanças na forma como os produtos, serviços e sistemas são concebidos e utilizados pela população (Ceschin & Gaziulusoy, 2020). Ao longo dos séculos, o conceito de Design para a Sustentabilidade evoluiu, deixando de se concentrar apenas em melhorias pontuais nos produtos, adotando uma nova abordagem que envolve inovação e mudanças no comportamento dos utilizadores (Ceschin & Gaziulusoy, 2016).

Para compreender o conceito de Design para Sustentabilidade, é essencial entender o significado de sustentabilidade. O termo “**sustentável**” foi, inicialmente, associado ao conceito de desenvolvimento sustentável. As noções daquilo que é a sustentabilidade originam-se maioritariamente do trabalho da Comissão Mundial do Meio Ambiente das Nações Unidas, muitas vezes referida como a Comissão *Brundtland* (WCED, 1987). A definição mais extensa de desenvolvimento sustentável foi apresentada no Relatório *Brundtland*, de 1987, descrevendo-o como um modelo de desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (WCED, 1987). Esta definição não se refere ao meio ambiente em si, mas sim ao bem-estar das pessoas como uma qualidade ambiental. Daqui surge como fundamento um princípio ético: a **responsabilidade das gerações atuais para com as gerações futuras**, de preservar aquilo que é o ambiente. Esse relatório refere-se à sustentabilidade como se fosse dividida em três grandes pilares que sustentam este conceito: ambiente, economia e equidade. A sustentabilidade só pode ser alcançada se proteger o ambiente, preservar o crescimento e o desenvolvimento económico e promover a equidade, simultaneamente. Consiste em tentar alcançar resultados relacionados aos três pilares, sem comprometer nenhum para alcançar a realização de outro(WCED, 1987).

O impacto dos designers na contribuição para a agenda do desenvolvimento sustentável é reconhecido há várias décadas. Victor Papanek foi um dos principais influenciadores dessa agenda, defendendo que os designers e criativos têm a responsabilidade e o potencial de criar mudanças significativas através de um design ético e consciente. Desde a década de 1970, já abordava conceitos de design ecologicamente responsável e voltado para grupos sociais marginalizados, como os mais pobres, idosos e pessoas com deficiências (Papanek, 1971). A sua obra *"Design for the Real World:*

Human Ecology and Social Change” é considerada um marco importante na introdução das preocupações ambientais no design. Papanek apresenta uma crítica da profissão do designer, salientando o seu papel no incentivo ao consumo excessivo e, por consequência, na contribuição para a degradação ecológica e social. O seu trabalho não se limitou a melhorar os resultados do design, mas propôs uma transformação profunda na própria profissão (Papanek, 1971).

Contudo, as preocupações com o limite dos recursos naturais e o impacto da produção material no meio ambiente podem ser encontradas desde os ensinamentos e trabalhos de Buckminster Fuller, que alertava para a necessidade de uma abordagem mais consciente e sustentável (Fuller, 1969). Fuller cunhou o termo “*ephemeralization*”, em 1938, referindo-se à capacidade dos avanços tecnológicos conseguirem “fazer mais com menos”, ou seja, aumentar a eficiência para atingir os mesmos resultados com menos insumos necessários para esse mesmo fim. Esta visão pretendia que a efemeralização tivesse resultado na criação de padrões de vida cada vez melhores para um maior número de população. (*Ephemeralization*, 2024)

Nos inícios de 1990, as primeiras respostas de design concentraram-se numa abordagem de *redesign* com o propósito e objetivo de minimizar o impacto ambiental e aumentar a eficiência e as qualidades individuais dos produtos, designada como *green design* (Ceschin & Gaziulusoy, 2020). Apesar dessas reflexões pioneiras, o design para a sustentabilidade só ganhou força no final do século XX, com o surgimento de estratégias, métodos e ferramentas associadas ao *ecodesign* (Rocha et al., 2019). Com isto, a perspectiva de apenas fazer um *redesign* do produto evoluiu para uma nova estratégia, passando a ser abrangido todo o ciclo de vida dos produtos, desde a extração de matérias-primas, passando pelo seu fabrico, distribuição e utilização, até à eliminação final dos mesmos (Ceschin & Gaziulusoy, 2020). De certa forma, isso permitiu avaliar o impacto ambiental dos produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida, destacando as fases com maior e menor impacto e fornecer uma base estratégica para as decisões de design na fase da conceção dos produtos (Ceschin & Gaziulusoy, 2020).

Já nos inícios de século XXI, outra estratégia de design para a sustentabilidade foi iniciada e defendida pelo arquiteto William McDonough e pelo cientista Michael Braungart, através da publicação do seu livro “*Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*”, em 2002 (McDonough & Braungart, 2002). O design *cradle to cradle*, atualmente reconhecido como design regenerativo, é uma abordagem biomimética que modela a indústria humana nos processos da natureza, tendo como objetivo construir um

ciclo em que os resíduos que sobram de um processo possam se tornar num recurso para outro. O design regenerativo dá-nos a possibilidade de substituir o sistema atual por um que esteja em completa harmonia com a natureza e não a prejudique (Jervis, 2013). Este objetivo é cada vez mais visto como fundamental para o nosso futuro.

Apesar de todas estas estratégias de design para alcançar a sustentabilidade, é irrealista dizer que o designer terá resposta para todos os problemas enfrentados pela sociedade, atualmente (Jervis, 2013). Por outro lado, os designers possuem habilidades para explorar novas alternativas para ajudar nessas questões. Possuem a capacidade de organizar informação de várias fontes e envolverem-se com várias comunidades distintas, desenvolvendo a experiência de trabalhar com múltiplas disciplinas, materiais, tecnologias e novos processos de criação (Jervis, 2013). Estas capacidades são fundamentais para a procura de soluções inovadoras e sustentáveis, pois permitem que o designer atue como um facilitador na interseção entre diferentes áreas do conhecimento. Ao haver colaboração entre diversas disciplinas, poderão ser criadas abordagens mais eficazes para os desafios contemporâneos, como as mudanças climáticas, a escassez de recursos e a desigualdade social. Além disso, a capacidade de sintetizar informações complexas e transformá-las em soluções acessíveis e viáveis contribui para o desenvolvimento de produtos e serviços mais sustentáveis (Jervis, 2013).

Embora os designers não tenham todas as respostas, o seu papel como agentes de mudança é essencial para a construção de um futuro mais equilibrado e voltado para a sustentabilidade (Chen & Chang, 2013). Nesta era da sustentabilidade, o mundo da indústria está constantemente à procura de novas maneiras para diferenciar os seus produtos/serviços e torná-los socialmente e ambientalmente responsáveis. Nos dias de hoje, um número crescente de empresas ao redor do mundo tem direcionado o seu foco para práticas voltadas à preservação do meio ambiente (Chen & Chang, 2013). Consequentemente, a criação de mensagens publicitárias que envolvem os termos “eco”, “*environmentally friendly*”, “*green*” e “sustentabilidade”, são usadas como forma de caracterizar e transmitir os princípios do marketing verde (Chen & Chang, 2013 ; Xu et al., 2025).

No entanto, à medida que o design sustentável torna-se numa tendência crescente nas indústrias e nos mercados, surge também uma grande preocupação com práticas que escondem intenções menos éticas, conhecidas como *greenwashing* (Laufer, 2003). Este termo refere-se à estratégia que as empresas adotam através de um discurso ambientalmente responsável apenas para fins de *marketing*, sem que haja uma mudança

real nos seus processos de produção e conceção ou impacto ambiental, disfarçando as suas atividades eticamente incorretas (Laufer, 2003). O *greenwashing* não só compromete a credibilidade das iniciativas sustentáveis, como também confunde os consumidores e desvaloriza os esforços genuínos de design orientado para a sustentabilidade. Assim, torna-se fundamental que os designers atuem com senso crítico e responsabilidade, garantindo que os projetos sustentáveis não sejam apenas esteticamente "verdes", mas efetivamente comprometidos com transformações positivas (Laufer, 2003).

2.3.1. Modelo Triangular da Sustentabilidade

O desenvolvimento sustentável trata-se de um conceito muito mais abrangente do que a simples proteção do ambiente. Inclui a preocupação com a qualidade de vida, a equidade entre as pessoas e várias gerações, e as dimensões social e ética do bem-estar humano (Campbell, 1996). O que se pretende com desenvolvimento sustentável é encontrar uma forma de promover a cidade de forma económica, defendendo a justiça social, sem prejudicar o meio ambiente. É um modelo triangular, como ilustra a Figura 3, onde as prioridades convergem, tornando-se conflitos.



Figura 3 – Modelo Triangular da Sustentabilidade. Fonte: Adaptado de Campbell (1996, p.298).

Este modelo serve para questionar e analisar até que ponto o crescimento é sustentável, sendo bastante útil para orientar a prática de planeamento nas cidades (Campbell, 1996). Os três pontos do triângulo representam interesses divergentes e, por consequência, conduzem a três conflitos que são fundamentais:

O eixo número 1 representa o primeiro conflito, entre o **crescimento económico global** e a **justiça e equidade social**, que emerge de interesses opostos: de um lado, a procura pelo crescimento económico, e do outro, a exigência pela justiça social. (Campbell, 1996). Trata-se de uma disputa por usos e direitos sobre a propriedade, frequentemente marcada por interesses. O crescimento económico, por exemplo, pode depender da estabilidade social promovida por políticas de habitação, enquanto a equidade social pode depender da criação de riqueza e investimento privado (Campbell, 1996).

O eixo número 2 representa o **conflito de recursos**, que se manifesta na relação de tensão entre a **economia** e a **preservação ambiental**. Este conflito surge da dualidade dos recursos naturais: têm valor económico para a indústria, mas também possuem valor ecológico que é essencial para a preservação do meio ambiente. A economia precisa da natureza, mas, para isso, precisa também aprender a respeitar os seus limites. Daí revela-se o problema de como é possível explorar sem destruir a natureza (Campbell, 1996).

Por fim, o eixo número 3 que representa o **conflito de desenvolvimento**, uma tensão que é difícil de resolver, pois está entre dois objetivos igualmente desejáveis, mas que geram conflito, a **equidade social** e a **preservação ambiental**. Este eixo revela o desafio de alcançar a justiça social e a proteção ambiental ao mesmo tempo. O conflito mostra que o caminho para um desenvolvimento sustentável exige mais do que equilíbrio ambiental. Exige justiça na distribuição dos seus custos e benefícios por todos (Campbell, 1996).

2.4. O Papel da Tecnologia na Gestão Inteligente de Resíduos

À medida que a tecnologia altera a forma como as pessoas vivem e comunicam, também afeta a forma como os resíduos são geridos em todo o mundo (Kaza et al., 2018). A tecnologia tem sido frequentemente utilizada para auxiliar na diminuição da quantidade de resíduos produzidos globalmente e para modificar os processos de fabricação, tornando-os mais eficientes, minimizando o desperdício e ampliando as oportunidades de reciclagem (Kaza et al., 2018). Nas últimas décadas, a tecnologia tem sido uma ferramenta estratégica para aumentar a eficiência dos sistemas de recolha e promover a sustentabilidade ambiental (Bibri et al., 2024).

Recentemente, os avanços na área da tecnologia, nomeadamente a **Inteligência Artificial** e a **Internet das Coisas**, começaram a transformar a gestão dos resíduos sólidos urbanos nas cidades, devido à criação de novas tecnologias inteligentes. Estas tecnologias são mais eficientes, sustentáveis e promovem soluções mais amigas do ambiente (Bibri et al., 2024).

Além disso, a tecnologia desempenha um papel importante na **educação ambiental**, ao fornecer plataformas digitais para a sensibilização da população sobre práticas de separação, reciclagem e redução do consumo. Também permite o desenvolvimento de soluções inovadoras na economia circular, como sistemas de rastreamento de resíduos, reciclagem inteligente e reaproveitamento de materiais (Bibri et al., 2024). Neste contexto, a adoção de soluções tecnológicas para a gestão de resíduos representa não apenas um avanço técnico, mas uma resposta necessária aos desafios ambientais e sociais das cidades contemporâneas. Com o apoio da inovação digital, é possível caminhar para uma gestão de resíduos mais inteligente e participativa por parte de todos os cidadãos (Bibri et al., 2024).

2.4.1. Cidades Inteligentes (Smart Cities)

De acordo com o *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2018), prevê-se que, até 2050, cerca de 66% da população mundial viva em áreas urbanas, um aumento significativo face aos aproximadamente 54% que estão registados até à data deste relatório, em 2018. Isso significa que cerca de 2,4 mil milhões de pessoas poderão integrar a população urbana global, impulsionando a expansão das cidades existentes e a necessidade de criação de novos espaços urbanos. Apesar de ocuparem menos de 2% da superfície terrestre, as cidades consomem mais de 75% dos recursos naturais do planeta. Estima-se ainda que o consumo de materiais associados às áreas urbanas aumente para cerca de 90 mil milhões de toneladas até 2050, mais do que o dobro dos 40 mil milhões de toneladas que foram registados em 2010 (UNEP, 2018).

Com o acelerado crescimento das populações urbanas, as cidades enfrentam um número crescente de desafios, consequentes da elevada concentração de pessoas em espaços reduzidos. A rápida urbanização exige que as cidades encontrem soluções mais inteligentes para lidar com essas questões, como o congestionamento do tráfego, a poluição do ar, o aumento da criminalidade, as dificuldades na gestão de resíduos e o

consumo excessivo e ineficiente de energias não renováveis (Alawadhi et al., 2012). Como resposta a esse cenário, o conceito de “*smart city*” surgiu como uma solução promissora para esses desafios. Tendo despertado grande interesse como uma solução viável para os desafios da sustentabilidade, gestão de recursos e urbanização. Diversas abordagens têm sido propostas para definir esse conceito (Bibri et al., 2024).

As cidades, por concentrarem uma grande densidade populacional, atividades económicas e infraestruturas, tornaram-se simultaneamente os maiores centros de produção e consumo e, por consequência, as principais responsáveis pela degradação ambiental. No entanto, é nesse mesmo espaço urbano que se manifestam com mais intensidade os efeitos dessa degradação, afetando diretamente a qualidade de vida dos seus habitantes (Bibri et al., 2024). Apesar disso, as cidades também representam um campo fértil para a formulação e implementação de soluções inovadoras para os problemas socioambientais. Por meio de uma gestão urbana eficiente, participativa e sustentável, é possível enfrentar os desafios ambientais, promovendo transformações positivas que conciliem desenvolvimento urbano com preservação ambiental (UN-Habitat, 2020). Os avanços tecnológicos observados nos últimos anos têm viabilizado o surgimento de uma grande variedade de soluções e produtos que procuram concretizar a visão das cidades inteligentes (Angelidou, 2015). Com a integração de novas tecnologias, as cidades inteligentes podem ser pioneiras em paradigmas avançados de planeamento urbano e, com isso, melhorar a qualidade e o desempenho dos serviços urbanos já existentes (Gu et al., 2025).

Segundo a *European Commission* (n.d.), uma cidade inteligente é um ambiente onde a tecnologia é utilizada para aprimorar infraestruturas e serviços, beneficiando tanto os cidadãos quanto as empresas. Mais do que apenas otimizar recursos e reduzir emissões, este conceito abrange a melhoria da mobilidade urbana, a eficiência no abastecimento de água e a gestão sustentável de resíduos urbanos produzidos. Além disso, envolve uma administração pública mais interativa, a criação de espaços urbanos mais seguros e o desenvolvimento de iniciativas que satisfaçam as necessidades de toda a população.

Contudo, o conceito de cidade inteligente nunca foi fixo ou definitivo, tendo evoluído ao longo dos anos em resposta às transformações nas dinâmicas urbanas e à incorporação progressiva de abordagens voltadas para a sustentabilidade, inclusão social e para a inovação constante das cidades (Angelidou, 2015). Atualmente, é possível encontrar na literatura dezenas de definições distintas sobre o que constitui uma cidade inteligente, o que evidencia a diversidade de interpretações atribuídas a esse conceito

(Angelidou, 2015). Tem sido cada vez mais usado globalmente, em variados contextos e com múltiplos significados, não existindo ainda um consenso claro e uniforme entre os estudiosos acerca desse fenómeno urbano emergente (Chourabi et al., 2012).

Na Tabela 2 são apresentadas algumas das definições genéricas mais frequentes do que é considerado uma *smart city*.

Tabela 2 – Definições de Smart City.

Fonte: Chourabi et al (2012, p. 2290); De Santis, Fasano, Mignolli & Villa (2014)

Referência	Definição
Hall, R. E. (2000)	Uma cidade que realiza o monitoramento e a integração das condições das suas infraestruturas— como estradas, pontes, túneis, sistemas de transporte subterrâneo, aeroportos, portos, redes de comunicação, abastecimento de água e fornecimento de energia— é capaz de otimizar o uso de seus recursos, planejar de forma mais eficiente a manutenção preventiva e acompanhar continuamente os aspetos relacionados à segurança, ao mesmo tempo em que melhora a qualidade dos serviços prestados à população.
Giffinger et al. (2007)	Uma cidade eficiente e orientada para o futuro, que se destaca em áreas como a economia, a qualidade de vida, a governança, a mobilidade e o meio ambiente. Essa cidade é construída a partir da integração inteligente dos recursos disponíveis e das ações dos cidadãos autónomos, conscientes e capazes de tomar decisões informadas, promovendo um desenvolvimento sustentável e inclusivo.
Harrison, C. et al. (2010)	Uma cidade que “liga a infraestrutura física, a infraestrutura informática, a infraestrutura social e a infraestrutura empresarial para tirar partido da inteligência coletiva da cidade”
Toppeta D. (2010)	Uma cidade que integra as tecnologias de informação e comunicação (TIC) e os recursos da Web 2.0 a estratégias de organização, design e planeamento urbano, com o objetivo de simplificar processos administrativos. Essa combinação visa promover soluções inovadoras para os desafios complexos da gestão urbana, contribuindo para uma maior sustentabilidade e melhor qualidade de vida para os cidadãos.
Washburn D. et al. (2010)	“A utilização de tecnologias de computação inteligente para tornar os componentes e serviços de infraestruturas críticas de uma cidade - que incluem a administração municipal, a educação, os cuidados de saúde, a segurança pública, o sector imobiliário, os transportes e os serviços públicos - mais inteligentes, interligados e eficientes”.
Dirks & Keeling (2009)	Consideram uma cidade inteligente como uma integração orgânica de vários sistemas. A inter-relação entre os sistemas centrais de uma cidade é tido em conta para tornar o sistema dos sistemas mais inteligente, ou seja, nenhum sistema opera de forma isolada.

2.4.1.1. Os Pilares de uma Cidade Inteligente

Como referido anteriormente, uma das primeiras definições operacionais de cidade inteligente foi dada por Giffinger et al. (2007): “uma cidade inteligente é uma cidade com um bom desempenho em seis grande pilares, construída com base na combinação ‘inteligente’ de dotações e atividades de cidadãos autónomos, independentes e conscientes”. Esta descrição sugere um quadro para as cidades inteligentes, constituído por **6 componentes** principais (a economia inteligente, as pessoas inteligentes, a governação inteligente, a mobilidade inteligente, o ambiente inteligente e a qualidade de vida inteligente (Figura 4).

Economia Inteligente	Pessoas Inteligentes	Governação Inteligente
-Espírito inovador; -Empreendedorismo; -Imagem económica e marcas registadas; -Produtividade; -Flexibilidade; -Incorporação internacional; -Capacidade de transformar;	-Nível de qualificação; -Afinidade com a aprendizagem ao longo da vida; -Pluralidade social e étnica; -Flexibilidade; -Criatividade; -Cosmopolitismo/Mente aberta; -Participação na vida pública;	-Participação na tomada de decisões; -Serviços públicos e sociais; -Governança transparente; -Estratégias e perspetivas políticas;
Mobilidade Inteligente	Ambiente Inteligente	Qualidade de Vida Inteligente
-Acessibilidade local; -Acessibilidade (inter)nacional; -Disponibilidade de infraestrutura de TIC; -Sistemas de transporte sustentáveis, inovadores e seguros;	-Atratividade das condições naturais; -Poluição; -Proteção ambiental; -Gestão sustentável de recursos;	-Instalações culturais; -Condições de saúde; -Segurança individual; -Qualidade da habitação; -Instalações educacionais; -Atratividade turística; -Coesão social;

Figura 4 – Características e Fatores de uma Smart City. Fonte: Adaptado de Giffinger et al. (2007)

O pilar da **Economia Inteligente** diz respeito à capacidade competitiva da cidade, sendo crucial para assegurar a sustentabilidade financeira das cidades e promover um ecossistema favorável ao investimento e ao desenvolvimento tecnológico. No segundo pilar, **Pessoas Inteligentes**, por sua vez, sublinha a importância do capital humano e social na construção de uma cidade inclusiva, participativa e resiliente. A **Governação Inteligente** refere-se à eficiência, transparência e abertura dos processos de tomada de decisão e da gestão pública das cidades, com o objetivo de torná-la mais próxima, eficaz e centrada nas reais necessidades da população. A acessibilidade é um aspeto importante do pilar da **Mobilidade Inteligente**. Este pilar abrange a existência de sistemas de transporte público integrados, sustentáveis e eficientes, bem como a infraestrutura de comunicação digital que permita conectividade e acesso à informação em tempo real,

promovendo a fluidez urbana e reduzindo o impacto ambiental da mobilidade. O quarto pilar é relativo ao **Ambiente Inteligente**. Envolve a valorização dos recursos naturais e da paisagem urbana. Este pilar está fortemente ligado à sustentabilidade e à resiliência climática das cidades. Por fim, a **Qualidade de Vida Inteligente** engloba os elementos que compõem o bem-estar urbano e a qualidade de vida dos seus habitantes. Este pilar reflete a capacidade da cidade em proporcionar um ambiente de vida atrativo, saudável e estimulante para todas as faixas da população.

Um dos exemplos mais emblemáticos e bem-sucedidos de cidade inteligente no cenário global é o caso de Singapura (Figura 5). Sendo considerada uma referência mundial na inovação urbana, esta cidade-estado asiática lançou, em 2014, a iniciativa “*Smart Nation*”, com o objetivo de integrar tecnologias digitais ao cotidiano da população e aos serviços públicos, promovendo uma maior eficiência, sustentabilidade e qualidade de vida da sua população (“Thales Group”, 2023).



Figura 5 – Cidade de Singapura, Sudeste Asiático.
Fonte: (“Singapore: one of the world’s top smart cities”, 2023)

A estratégia desta cidade envolve uma abordagem sistêmica, na qual diferentes áreas, como a mobilidade, segurança, energia, governança e planejamento urbano, são orientadas e coordenadas a partir de dados recolhidos por sensores distribuídos por toda a cidade, que funcionam como uma vasta rede de Internet das Coisas (IoT), conectadas entre si (Icivitas, 2025). Dessa forma, Singapura representa um exemplo concreto de como a participação dos cidadãos pode transformar a realidade que enfrentamos

diariamente de forma integrada e sustentável. A sua experiência crescente mostra que o conceito de cidade inteligente vai além da tecnologia em si (Icivitas, 2025).

À medida que as cidades se tornam mais complexas e interdependentes, cresce também a necessidade de utilizar novas ferramentas capazes de interpretar, adaptar e responder de forma eficiente às múltiplas dinâmicas urbanas em constante mudança. Neste cenário, surgem novas possibilidades tecnológicas que não apenas transformam a forma como os serviços são geridos, mas também desafiam os modelos tradicionais de planejamento, operação e interação nas cidades.

2.4.2. Inteligência Artificial (IA)

2.4.2.1. Origens e Evolução da Inteligência Artificial

Nós, seres humanos, denominamos a nossa espécie “*Homo sapiens*”, derivada do latim, que significa homem sábio, porque a nossa **inteligência** é algo de extrema importância enquanto seres vivos. Durante milhares de anos, procuramos entender a nossa capacidade de pensar, isto é, como conseguimos perceber, compreender, prever e manipular um mundo maior e mais complexo que nós próprios. A área da inteligência artificial vai mais além: ela tenta não apenas entender, mas também construir entidades que sejam inteligentes (Gomes, 2010).

O conceito de inteligência artificial (IA) tem raízes profundas na história do pensamento humano. Há mais de dois mil anos, filósofos já se debruçavam sobre processos cognitivos como a visão, a memória, a aprendizagem e o raciocínio. No entanto, foi a partir da década de 1950 que a IA começou a consolidar-se como disciplina científica, com o objetivo de dotar computadores de habilidades que eram exclusivas do cérebro humano (Gomes, 2010). A IA é um dos campos mais recentes em ciências e engenharia. O trabalho começou logo após a Segunda Guerra Mundial, e o próprio nome foi cunhado em 1956 (Russell & Norvig, 2013), por um dos fundadores da disciplina, John McCarthy (“John McCarthy (computer scientist)”, 2024), durante o seminário de *Dartmouth*, onde estiveram reunidos os principais investigadores da época e onde foram lançadas as bases para décadas de investigação (Russell & Norvig, 2013). O seminário de *Dartmouth*, realizado em 1956, é amplamente reconhecido como o ponto de partida formal da IA (Russell & Norvig, 2013).

Um dos marcos importantes da IA foi o trabalho de Warren McCulloch e Walter Pitts, em 1943, que propuseram um modelo de neurónios artificiais baseado em lógica formal e fisiologia (Russell & Norvig, 2013). O trabalho tinha como objetivo fazer uma análise de três ideias básicas. 1) uma análise do ideal de Inteligência Artificial por parte da filosofia. 2) uma análise do funcionamento biológico dos neurónios e 3) uma análise computacional baseada na Teoria de Alan Turing. Através deste estudo, conseguiram desenvolver um modelo de neurónio artificial, que se caracterizava por estar “ligado” ou “desligado”, conforme o estado e o comportamento dos neurónios vizinhos (Russell & Norvig, 2013). Contudo, foi Alan Turing o primeiro a criar uma visão completa da IA no seu artigo de 1950 “*Computing Machinery and Intelligency*”. Apresentou o Teste de Turing, projetado para avaliar a capacidade de uma máquina exibir comportamento inteligente indistinguível do comportamento humano (Gomes, 2010).

Com o passar dos anos, a Inteligência Artificial tem vindo a ganhar destaque e vem a tornar-se cada vez mais importante no cenário tecnológico, conquistando o seu espaço e produzindo aplicações em diversas áreas do conhecimento (Monard & Baranaukas, 2000, p. 2). A sua presença tem se mostrado uma ferramenta essencial em inúmeros setores do conhecimento humano, ajudando no desenvolvimento de novos produtos e pesquisas, entre elas, a medicina, logística, contabilidade, economia, bancária, militar, engenharias, psicologia, matemática, biologia, entre outras, como ilustra a Figura 6.

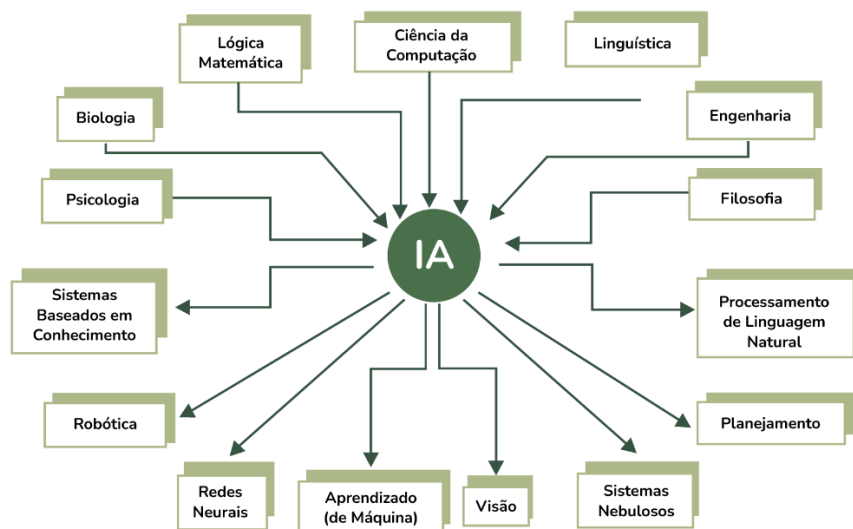


Figura 6 - Áreas Relacionadas com a IA. Fonte: Adaptado de Monard & Baranaukas (2000, p. 2)

Desde a década de 1950, a capacidade que a IA possui para ajudar na resolução de vários problemas tem crescido imenso. As suas aplicações e capacidades evoluíram e são agora vistas como uma tecnologia promissora para muitas áreas. Num mundo cada vez mais digital e conectado, que consequentemente produz cada vez mais dados, a IA pode complementar e alargar as competências e capacidades humanas. (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Com isto, a IA é uma das tecnologias mais disruptivas da história moderna, capaz de transformar como as pessoas percebem e interagem com o mundo físico e digital, impactando sociedades, indústrias, economias e as experiências humanas. Por isso, governos, empresas e indivíduos competem intensamente para liderar e ter sucesso nesta área (Walsh et al., 2019).

2.4.2.2. Aplicações da IA na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

No domínio da gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), a IA destaca-se como uma ferramenta poderosa para melhorar a eficiência operacional, reduzir custos e promover a sustentabilidade. A sua capacidade de tomar decisões baseadas em grandes volumes de dados torna-a particularmente útil na otimização de processos como a recolha, triagem e reciclagem dos resíduos (Lakhouit, 2025; Abdallah et al., 2020).

Uma das principais aplicações reside na otimização das rotas de recolha. Os algoritmos da IA analisam os dados armazenados e em tempo real para planear e identificar quais os trajetos mais eficientes, reduzindo a frequência de recolhas desnecessárias, evitando o transbordo de contentores e assegurando o esvaziamento de contentores subutilizados apenas quando necessário (Ali et al., 2024). Esta abordagem não só melhora a fiabilidade dos serviços, como também contribui para a redução do consumo de combustível e das emissões de gases poluentes.

Além disso, a IA pode ser integrada com sensores e dispositivos de **Internet das Coisas (IoT)**, criando sistemas inteligentes capazes de monitorizar o estado dos contentores e enviar alertas automáticos quando é necessário esvaziá-los. Esta sinergia entre IA e IoT, facilita o rastreio de resíduos, a recolha seletiva e a implementação de práticas de economia circular, mesmo em comunidades com recursos limitados (Shennib et al., 2024).

Nos centros de triagem, a IA pode ser aplicada em sistemas de visão computacional e robótica para classificar automaticamente os resíduos, aumentando a taxa de recuperação de materiais recicláveis e melhorando a sua qualidade (Abdallah et

al., 2020). Essa automação contribui significativamente para a eficiência e segurança dos processos, além de reduzir a exposição dos trabalhadores a ambientes perigosos.

A IA também desempenha um papel estratégico na transição para uma economia circular. Através da análise preditiva, a IA pode apoiar políticas públicas e modelos de negócio mais sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício e para o uso mais eficiente dos recursos naturais (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Um exemplo notável da aplicação de inteligência artificial na gestão de resíduos urbanos pode ser observado na cidade do Dubai (Figura 7), que se destaca pelo uso intensivo de tecnologias inteligentes no âmbito dos serviços públicos. Através do sistema “*AI City Vision*”, criado pela empresa de gestão de resíduos *BEEAH Tandeef*, o Dubai implementou um modelo de monitorização de contentores e espaços públicos, com o objetivo de tornar a cidade mais limpa, eficiente e responsiva (BEEAH Group, 2023).



Figura 7 – Dubai, Emirados Árabes Unidos. Fonte: (Lai, 2022)

O sistema utiliza câmaras 360 nos seus caminhões de recolha para capturar vídeos e imagens das ruas e contentores, permitindo a identificação e categorização de resíduos em tempo real (FiftyFive Tech, 2025). Essa abordagem tem como foco a deteção precoce de situações críticas, como contentores a transbordar, lixo descartado em locais inadequados e comportamentos irregulares por parte dos cidadãos. Tem também como objetivo otimizar as rotas de recolha, o que leva a uma redução de desperdício e custos e economia de recursos como os combustíveis (Magdy, 2025).

2.4.3. Internet das Coisas (Internet of Things (IoT))

2.4.3.1. Definições e Origem do Termo

O termo “*Internet of Things*” (IoT) foi introduzido pela primeira vez em 1999, pelo pioneiro da tecnologia britânico, Kevin Ashton, cofundador do *Auto-ID Center* no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) (Norman, 2004–2025). Criou-o para definir um sistema no qual os objetos do mundo físico poderiam ser conectados à internet através da implementação de sensores. Ashton deu vida a essa expressão para demonstrar o potencial da integração das etiquetas de identificação de produtos por radiofrequência à internet, permitindo que as empresas pudessem rastrear e contar mercadorias automaticamente, sem que houvesse a necessidade da intervenção humana. Nos dias de hoje, a IoT é utilizada para descrever contextos em que a ligação com a internet se expandiu para uma grande variedade de dispositivos, sensores e objetos do nosso quotidiano (Rose et al., 2015).

Segundo Zanella et al., (2014), a Internet das Coisas é um conceito de comunicação moderno que imagina um futuro próximo em que objetos do dia a dia estarão equipados com microcontroladores e transmissores para comunicação digital. Isso permitirá que eles se comuniquem entre si e com os utilizadores, tornando-se uma parte ativa da própria Internet. O objetivo deste conceito é tornar a Internet ainda mais presente e integrada ao nosso cotidiano. Ao facilitar o acesso e a interação com uma vasta gama de dispositivos, como os eletrodomésticos, sensores, ecrãs, veículos, entre outros, a Internet das Coisas impulsionará o surgimento de diversas aplicações. Essas aplicações poderão aproveitar a grande quantidade e diversidade de dados gerados por esses dispositivos para oferecer novos serviços aos cidadãos, às empresas e a instituições públicas. Este paradigma encontra, de facto, aplicação em diversos domínios, como a indústria, a medicina, os cuidados de saúde móveis, a assistência a idosos, o sector automóvel, a gestão do tráfego e muitos outros setores (Bellavista et al., 2013).

A IoT surgiu como uma extensão da conectividade digital para além dos computadores e smartphones, expandindo-se para o mundo físico e proporcionando novas formas de interação entre sistemas e seres humanos. O que o torna especial e que lhe dá poder é a capacidade de conectar objetos físicos do mundo real entre si e também com as tecnologias digitais (Greengard, 2015).

Em 1997, Kevin Ashton, já havia ponderado a possibilidade de utilizar a tecnologia RFID (“*Radio Frequency Identification*”) nos objetos do dia a dia,

estabelecendo assim uma norma global para este tipo de tecnologia (Greengard, 2015). Nesta época, os investigadores viam esse tipo de tecnologia como algo indispensável para a Internet das Coisas. A tecnologia surgiu como uma maneira de aproximar o mundo físico do mundo virtual (Greengard, 2015).

Como destacou Kevin Ashton num artigo publicado em 2009 no *RFID Journal*, a Internet das Coisas muda a lógica da entrada de dados. Em vez de depender exclusivamente de seres humanos, ela passa a contar também com as máquinas nesse processo. Embora na altura a maior parte das informações disponíveis na Internet fosse composta por textos, mensagens, áudios, imagens e vídeos, a IoT introduz novos tipos de dados, combina-os e permite tanto a humanos quanto a máquinas extrair insights mais profundos (Ashton, 2009).

Em 2010, existiam cerca de 1,5 mil milhões de PCs com acesso à Internet e mais de mil milhões de telemóveis com acesso à Internet. A "Internet dos PCs" evoluiu para uma "Internet das Coisas". Com isto, até ao final de 2020, esperava-se que entre 50 e 100 bilhões de dispositivos estivessem conectados à Internet por meio de uma variedade de tecnologias de informação e comunicação (TICs) (Sundmaeker et al., 2010). Esta rápida expansão da conectividade e da digitalização permitiu o desenvolvimento de novas aplicações em diversos setores, incluindo a gestão de resíduos sólidos urbanos.

A IoT contribui significativamente para a melhoria da recolha e triagem de resíduos, além de promover uma economia circular, ao permitir que os materiais recicláveis sejam rastreados ao longo de todo o seu ciclo de vida, assegurando maior sustentabilidade (Lakhout, 2025). Com o uso da IoT, as cidades podem adotar soluções mais inteligentes e adaptadas às suas necessidades face à gestão de RSU, capazes de responder de forma eficiente aos desafios da produção excessiva de resíduos. Esta tecnologia reduz os impactos ambientais e apoia as cidades no alcance das suas metas de sustentabilidade. Ou seja, representa uma verdadeira transformação nas práticas de gestão de resíduos. (Lakhout, 2025).

Apesar de representarem um grande avanço tecnológico e proporcionarem inúmeras facilidades no dia a dia, a IoT também podem ser uma fonte de preocupação. A conectividade constante entre dispositivos, embora eficiente, levanta algumas questões sérias relacionadas à nossa privacidade, à segurança de dados e à criação de dependência de sistemas automatizados. Dessa forma, é fundamental analisar não apenas os benefícios, mas também os riscos associados à adoção massiva dessas novas tecnologias.

Nesse sentido, o estudo deste tema foi extremamente relevante para ampliar a minha compreensão sobre as possibilidades e desafios da Internet das Coisas. No entanto, não seria uma das opções tecnológicas que pretendo implementar no meu projeto na ilha da Madeira, pelo menos neste momento. Considero que, face às limitações e riscos atualmente existentes, a aplicação da IoT no contexto do meu projeto na Madeira revela-se pouco viável nesta fase, também por ser algo de muita complexidade. No futuro, com o avanço das soluções de segurança e uma maior infraestrutura tecnológica local, poderá ser algo a considerar com mais profundidade.

2.5. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), definidos pela Organização das Nações Unidas em 2015 no âmbito da Agenda 2030, representam um plano de ação global orientado para a erradicação da pobreza, a promoção da prosperidade, a proteção ambiental e a construção de sociedades mais justas e resilientes (United Nations, 2015). Com um total de 17 objetivos e 169 metas, os ODS funcionam como um guia para políticas públicas, projetos de investigação e iniciativas privadas que visam responder de forma integrada aos desafios económicos, sociais e ambientais contemporâneos (United Nations, 2015).

No âmbito desta dissertação, cujo foco incide sobre a criação de um sistema que contribua para um melhor funcionamento da gestão de resíduos sólidos urbanos na Ilha da Madeira, estes objetivos assumem um papel fundamental, fornecendo uma estrutura internacionalmente reconhecida para orientar e avaliar o impacto do projeto. Vários destes objetivos cruzam-se de forma direta com esta investigação.

Entre os objetivos mais diretamente relacionados com a presente investigação destacam-se o ODS 11, o ODS 12 e o ODS 13.

O ODS 11, **Cidades e Comunidades Sustentáveis**, estabelece como prioridade a promoção de espaços urbanos mais inclusivos, seguros, resilientes e ambientalmente responsáveis (BCSD Portugal, s.d.). Considerando que a gestão de resíduos sólidos urbanos constitui um dos maiores desafios para o equilíbrio ecológico e para a qualidade de vida das populações, este objetivo revela-se particularmente pertinente no contexto da Ilha da Madeira, onde a pressão urbana e turística acentua a necessidade de soluções inovadoras e eficazes.

Por sua vez, o ODS 12, referente ao **Consumo e Produção Responsáveis**, apela à transformação dos atuais padrões de utilização de recursos, incentivando práticas que reduzam o desperdício, promovam a reciclagem e assegurem uma utilização mais eficiente da matéria-prima e da energia (BCSD Portugal, s.d.). A gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos insere-se de forma clara nesta meta, uma vez que permite fechar ciclos de consumo, prolongar a vida útil dos materiais e minimizar os impactos negativos da atividade humana sobre o ambiente.

Complementarmente, o ODS 13, **Ação Climática**, reforça a urgência em implementar medidas concretas de mitigação e adaptação às alterações climáticas. A inadequada gestão dos resíduos contribui significativamente para a emissão de gases de efeito de estufa, em especial os gases provenientes de aterros sanitários (BCSD Portugal, s.d.). Assim, um sistema mais eficiente e sustentável de tratamento e valorização dos resíduos na Madeira tem o potencial de reduzir estas emissões, alinhando-se com os compromissos internacionais de combate à crise climática e promovendo uma maior resiliência ambiental da região.

Deste modo, estes objetivos não apenas se complementam, mas também oferecem uma base conceptual sólida para enquadrar o presente projeto. Ao articular a sustentabilidade urbana, a responsabilidade no consumo e produção, e a ação contra as mudanças climáticas, estes objetivos reforçam a relevância e a necessidade de desenvolver soluções integradas para a gestão de resíduos sólidos.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA E PROCESSOS DE DESIGN

3.1. Processos de Referência – DCH E DEU

Nesta secção, apresentam-se os fundamentos teóricos e metodológicos que orientaram o desenvolvimento do projeto, com ênfase nas abordagens centradas no utilizador. Com o objetivo de assegurar a criação de soluções alinhadas com as necessidades reais dos utilizadores, optou-se por metodologias que promovem a empatia, a participação ativa e a iteração contínua. Neste contexto, destacam-se o **Design Centrado no Humano (DCH)** e o **Design de Experiência do Utilizador (DEU)**, que fornecem princípios estruturais para um projeto mais sensível no contexto de uso. Estas abordagens sustentam a prática adotada ao longo do projeto, nomeadamente através da aplicação de técnicas como entrevistas, prototipagem, testes de usabilidade e uma melhoria contínua. Permitindo ser fundamentada e centrada nas pessoas ao longo de todas as fases do projeto.

3.1.1. Design Centrado no Humano (Human-centered-Design)

De acordo com a ISO 9241-210:2019, “o design centrado no ser humano é uma abordagem para sistemas interativos que visa torná-los utilizáveis e úteis, concentrando-se nos utilizadores, nas suas necessidades e requisitos, e aplicando fatores humanos/ergonomia e conhecimentos e técnicas de usabilidade. Essa abordagem aumenta a eficácia e a eficiência, melhora o bem-estar humano, a satisfação do utilizador, a acessibilidade e a sustentabilidade; e neutraliza possíveis efeitos adversos do uso na saúde, segurança e desempenho humanos.” (ISO, 2019).

Neste tipo de abordagem, os designers concentraram-se em 4 aspetos principais como ilustra a Figura 8. Concentram-se na **compreensão profunda das pessoas** com quem estão a trabalhar e no seu **contexto**. Quem são, como pensam, o que sentem e quais os problemas que enfrentam no seu dia a dia. A partir disto, o design não é feito para os utilizadores, mas com eles, tornando o processo participativo. Seguidamente, **procuram entender e resolver o(s) problema(s)** que estas pessoas enfrentam. Pensam em tudo como um **único sistema** com várias partes interconectadas. Por último, fazem um trabalho iterativo sem se apressar em encontrar uma solução, realizando **intervenções pequenas e simples**. É fundamental criar protótipos, fazer testes e refinar as propostas de

forma continua para garantir que realmente estão a atender às necessidades das pessoas (Interaction Design Foundation, s.d.).

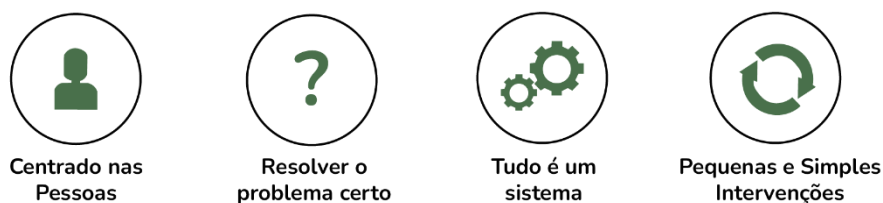


Figura 8 – 4 Princípios de Human-Centered Design.

Fonte: Adaptado de Interaction Design Foundation (s.d)

Segundo Jervis (2013), durante as décadas de 1950 e 1960, grande parte do design seguiu como uma lógica que, consciente ou inconscientemente, retirou os humanos do centro de todo o processo. O foco passou a ser a concepção dos produtos, em vez das necessidades dos utilizadores. Essa tendência resultou em formas com detalhes mínimos, que, apesar de apresentarem um design visualmente eficaz, tornaram os produtos menos intuitivos e acessíveis. Para evitar essas adversidades, a prática do *Human-Centered-Design* priorizou a observação direta e a empatia, permitindo identificar e compreender os problemas reais dos utilizadores não apenas basear-se em suposições ou interpretações distantes da realidade. (Jervis, 2013)

O Design Centrado no Humano prioriza a compreensão e o atendimento às necessidades das pessoas. Ao contrário de designs que priorizam a estética em detrimento da usabilidade, este processo valoriza a funcionalidade e o bem-estar do utilizador. É um processo vital porque garante que criemos soluções adaptadas às necessidades da sociedade.

O DCH não segue um caminho estritamente linear, pois cada projeto tem as suas particularidades e características únicas. No entanto, independentemente do desafio de design enfrentado, o processo geralmente passa por **três etapas** essenciais: **Inspiração**, **Ideação** e **Implementação**, como está representado na Figura 9.

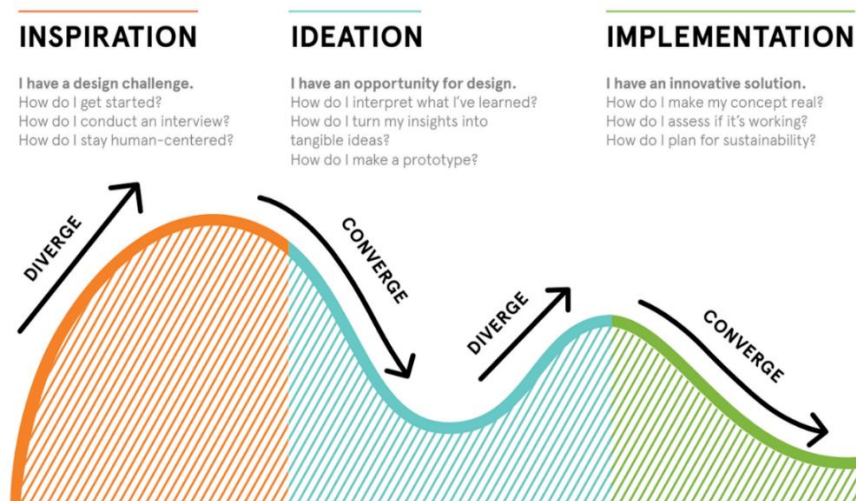


Figura 9 – Processo de Design Centrado no Humano, IDEO. Fonte: (Pacheco, 2021)

Durante essas etapas, desenvolve-se empatia pelas pessoas e comunidades para quem se está a criar a solução. Com base nesse entendimento, identificam-se oportunidades para desenvolver novas abordagens. Por fim, as ideias são testadas, refinadas e preparadas para serem aplicadas no mundo real (IDEO.org, 2015). Este processo foi concebido para o designer aprender diretamente com as pessoas, a inspirar-se e, em seguida, concentrar-se no que é mais desejável e viável para as pessoas que irão beneficiar da solução. Ao longo do processo, é normal alternar o ritmo e passar de observações muito concretas para reflexões mais abstratas e depois regressar ao lado mais prático, desenvolvendo e ajustando os protótipos. A esse movimento chamamos de **divergência e convergência**.

Esse ciclo de explorar e depois filtrar a informação repete-se várias vezes, e com cada repetição, aproximamo-nos de uma solução para ser implementada no mundo real (IDEO.org, 2015).

Como ilustra a Figura 10, o DCH está numa posição única para chegar a soluções que sejam **desejáveis, exequíveis e viáveis**. Partimos sempre dos seres humanos, as suas esperanças, medos e necessidades, para rapidamente identificarmos aquilo que é mais desejado. Depois de determinarmos um conjunto de soluções que apelem à comunidade que pretendemos servir, passamos a concentrar-nos na viabilidade do projeto e em como tornar a solução financeiramente sustentável. Trata-se de um equilíbrio essencial para criar soluções de design eficazes e duradouras (IDEO.org, 2015).

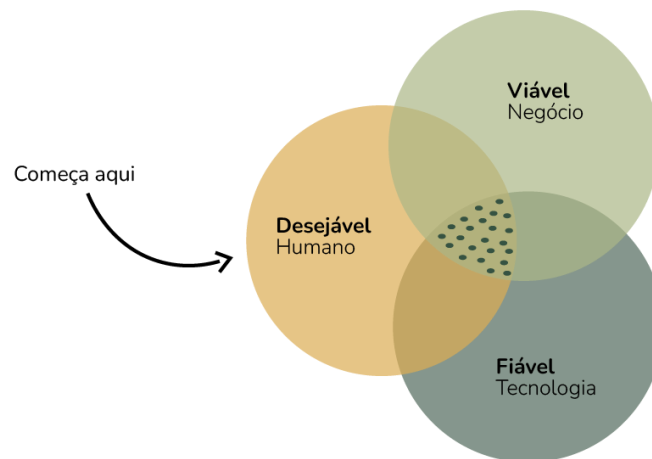


Figura 10 – Abordagem de Human-Centered Design. Fonte: Adaptado de IDEO.org (2015)

3.1.2. Design de Experiência do Utilizador (UX Design)

O termo “experiência do utilizador” foi cunhado pelo cofundador e membro do conselho do *Nielsen Norman Group*, Donald Norman. Foi o pioneiro do design centrado no utilizador e no ser humano, ficando conhecido como o “Pai da Experiência do Utilizador” (Interaction Design Foundation, s.d.).

A *International Organization for Standardization* define a experiência do utilizador como “*percepções e respostas de uma pessoa que resultam do uso ou uso antecipado de um produto, sistema ou serviço*” (ISO, 2019).

O processo de design da experiência do utilizador consiste em garantir que nenhum aspeto da sua experiência com o produto que é desenvolvido aconteça sem uma intenção consciente e explícita da parte do designer. Isso significa ter em consideração todas as possibilidades de cada ação que o utilizador provavelmente irá tomar e compreender as suas expectativas em cada etapa desse mesmo processo (Garrett, 2011).

No livro “*The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web*”, Jesse James Garrett (2011) descreve **cinco planos** que estruturam a experiência do utilizador, desde a estratégia até à superfície do produto (Figura 11). Estas decisões baseiam-se umas nas outras e influenciam todos os aspetos da experiência. Cada plano representa uma camada distinta de tomada de decisão no processo de design, desde as intenções mais abstratas até à concretização visual do produto ou serviço.

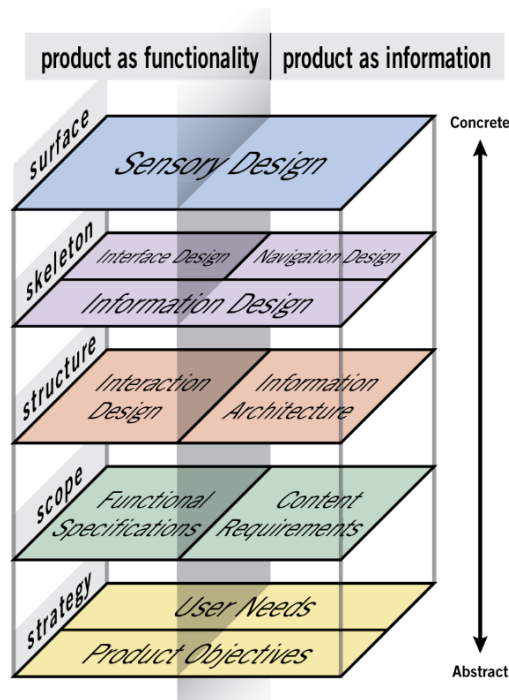


Figura 11 – Os 5 planos estruturais da experiência do utilizador. Fonte: (Garrett, 2011)

Estes cinco planos são hierárquicos e interligados. Cada plano depende das decisões tomadas nos anteriores (Garrett, 2011). O “Plano da Estratégia” ajuda a identificar para **quem** o designer está a projetar e **porquê** que está a fazê-lo. Em conjunto, os **objetivos do produto** e as **necessidades do utilizador** formam este plano, sendo a base de todas as decisões que iremos tomar ao longo do processo, à medida que criamos a experiência do utilizador. Todo o desenvolvimento posterior depende da estratégia definida nesta primeira fase.

A fase do “Escopo” traduz a estratégia em elementos funcionais e tangíveis. Aqui determina-se **o que** será criado. No lado funcional, define-se o conjunto de **funcionalidades** (especificações); no lado informativo, determina-se os **conteúdos** necessários (tipo, formato). Este plano serve para controlar as fronteiras do desenvolvimento, organizar prioridades e evitar desvios.

O “Plano da Estrutura” organiza logicamente os elementos definidos no escopo, definindo a forma como o sistema se comporta e como o conteúdo será disposto. Do lado funcional, aplica-se o design de interação, que dita o comportamento do sistema em resposta às ações do utilizador. Do lado informativo, utiliza-se a arquitetura de informação, que organiza os conteúdos em categorias e hierarquias. Este plano responde ao “**como** funciona?” e prepara o terreno para uma navegação intuitiva.

No “Esqueleto”, a atenção foca-se na organização visual. Os conteúdos e funcionalidades estruturados anteriormente são agora posicionados e agrupados em layout. Este plano inclui três componentes principais: o design de interface (botões, campos, menus), o design de navegação (estruturas de percursos e links entre páginas ou ecrãs) e o design da informação (organização de conteúdos). O resultado é normalmente apresentado através de *wireframes*.

Por fim, o “Plano da Superfície” corresponde à dimensão sensorial da experiência: aquilo que os utilizadores **veem**, **ouvem** ou **sentem**.. O objetivo é criar uma apresentação clara, apelativa e que transmita confiança a quem a utiliza.

Segundo Stull (2018), a área de experiência do utilizador é ampla, o que dificulta generalizações sobre os diferentes papéis dentro do campo. O ponto em comum entre todas as funções de UX é o foco nos utilizadores. O papel do designer é alinhar, refinar e conciliar os objetivos de negócio com as necessidades do utilizador, sendo essa convergência o principal determinante das funcionalidades a serem desenvolvidas (Figura 12).

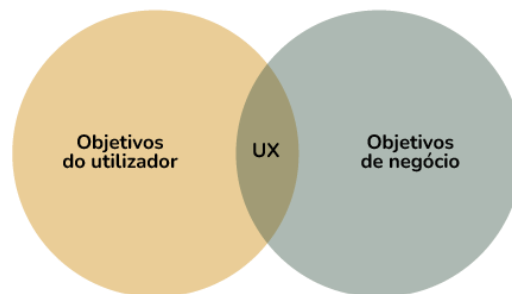


Figura 12 – A convergência entre os objetivos do utilizador e os objetivos de negócio.

Fonte: Adaptado de Stull (2018)

Para o desenvolvimento de uma boa interface, é fundamental conhecer profundamente os utilizadores, compreendendo os seus valores, habilidades e limitações. No entanto, a usabilidade representa apenas uma parte da experiência como um todo. Nesse sentido, Peter Morville identifica outros fatores importantes para uma visão mais ampla do assunto, representando-os por meio de um modelo (Figura 13).



Figura 13 - “Favo de mel UX” de Petter Morville. Fonte: Adaptado de Knight (2019)

Peter Morville propôs o modelo do “favo de mel UX” para ilustrar uma visão mais ampla, destacando sete facetas essenciais. **Útil**, que soluciona problemas e atende às necessidades do utilizador. **Utilizável**, facilidade de uso e aprendizagem. **Desejável**, o valor emocional e a conexão com a marca. **Localizável**, pela facilidade em localizar informações ou funcionalidades. **Acessível**, por estar disponível para todos, independentemente de limitações físicas ou cognitivas. **Credível**, confiável e transparente e **Valioso**, oferece valor tanto ao utilizador quanto aos *stakeholders* e ao negócio. O modelo evidencia que a experiência do utilizador vai muito além da simples usabilidade, exigindo uma abordagem holística (Knight, 2019).

Em suma, o design de experiência do utilizador é um processo intencional, estruturado e iterativo. Adotar esta abordagem centrada no utilizador não apenas melhora a usabilidade e a satisfação, como também aumenta o valor percebido do produto concebido. Ao garantir que cada interação é pensada com intenção, o *UX Design* torna-se uma ferramenta essencial para o sucesso de qualquer solução tecnológica.

3.2. Processo de Pensamento e Tomada de Decisão

O desenvolvimento deste projeto seguiu um processo estruturado, que permitiu organizar o trabalho desde a compreensão do contexto até à avaliação final da solução proposta. Este processo integra oito etapas principais: investigação, empatia, definição do problema, ideação, desenvolvimento, prototipagem, testes e avaliação. O seguinte esquema apresentado ilustra de forma visual o meu processo de pensamento, evidenciando a sequência das etapas e a natureza da metodologia adotada (Figura 14).



Figura 14 – Processo de Pensamento. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

Cada etapa corresponde a uma fase diferente do trabalho, mas todas se encontram interligadas, de forma a garantir uma abordagem sustentada teoricamente.

A etapa de **investigação** permitiu recolher e analisar dados sobre a gestão de resíduos a nível global e mais especificamente sobre a Ilha da Madeira, enquanto a fase de **empatia** possibilitou compreender as necessidades e dificuldades dos utilizadores através de visitas de campo, questionários e entrevistas realizadas.

A partir da **definição do problema**, foram identificadas as oportunidades de design, que serviram de base para a **ideação** e **desenvolvimento** do conceito do serviço digital criado. Posteriormente, a **prototipagem** permitiu materializar a solução, enquanto a fase de **testes** validou a sua eficácia e usabilidade junto dos utilizadores.

Por fim, a etapa de **avaliação** forneceu *insights* sobre o impacto potencial do projeto e apontou melhorias futuras.

3.3. Casos de Estudo Aplicados ao Projeto

3.3.1. Caso de estudo 1 – WasteApp

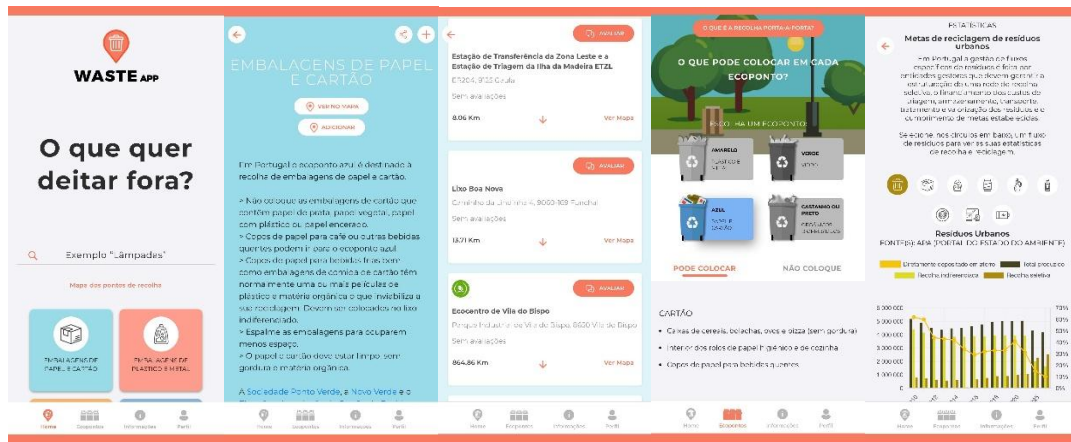


Figura 15 - Interface da WasteApp. Fonte: WasteApp, 2025

A WasteApp é uma aplicação criada através da colaboração entre a Quercus e a Fundação Vodafone Portugal, com o seu desenvolvimento a cargo da empresa portuguesa Next Reality. Lançada nos primeiros meses de 2019, inicialmente como uma aplicação móvel e posteriormente expandida para uma versão *desktop*. Esta ferramenta tem como objetivo incentivar a reciclagem em Portugal. Para isso, fornece informações detalhadas sobre a separação correta de resíduos, abrangendo aproximadamente 50 tipos diferentes de materiais. (Quercus, 2021)

O conceito desta app é bastante simples: quando o utilizador tem um resíduo para descartar, mas não sabe ao certo onde deve colocá-lo para garantir o seu encaminhamento adequado, basta recorrer à aplicação. Ao inserir o nome do resíduo na pesquisa, a app apresenta a melhor solução para a sua correta deposição. Nem todos os resíduos podem ser descartados num contentor, pois alguns devem ser reutilizados, reparados ou encaminhados para locais específicos de recolha. Através desta interface é possível ter acesso a uma imensa lista de locais onde os resíduos podem ser entregues. No entanto, há um pequeno "senão": a aplicação está totalmente operacional apenas para o território continental, não abrangendo, para já, todos os ecopontos e ecocentros das ilhas. Na Figura 15 estão representados alguns ecrãs desta app que permitiram um maior aprofundamento desta investigação.

3.3.2. Caso de estudo 2 - Recycle BinGo



Figura 16 - Interface Recycle BinGo. Fonte: Recycle BinGo, 2025

Para promover mudanças sustentáveis a longo prazo, é essencial educar as crianças desde cedo, incentivando-as a adotar hábitos responsáveis e práticas ambientais corretas. Ao proporcionar uma aprendizagem clara e envolvente sobre o que é a sustentabilidade, será possível que as gerações futuras desenvolvam uma maior consciência ecológica. Além disso, ao incentivar esta educação de forma lúdica e interativa, o processo poderá ser mais eficaz, despertando o interesse das crianças e incentivando-as a aplicar esses conhecimentos no seu dia a dia, seja em casa como até mesmo na escola.

A aplicação *Recycle BinGo* (Figura 16), de origem portuguesa, foi lançada em fevereiro de 2018 pelas empresas Valorsul, Amarsul e Valorlis, com o apoio do Fundo Ambiental do Ministério do Ambiente. Este jogo interativo tem como principal objetivo incentivar a reciclagem através de um sistema de recompensas, tornando a separação de resíduos uma atividade divertida para as famílias e crianças (Valorsul, s.d.). Porém, a sua utilização é exclusiva apenas aos moradores das cidades que sejam aderentes a este projeto.

O conceito deste jogo é simples e intuitivo. Ao utilizar o sistema de geolocalização do *smartphone*, cada vez que o utilizador se dirige a um ecoponto pode realizar um *check-in* e desbloquear personagens interativas chamadas “EcoGits”. Estas figuras podem depois ser usadas para completar os cartões “BinGo”, incentivando a reciclagem de forma lúdica. Além disso, em momentos especiais, existe a possibilidade de encontrar a personagem exclusiva “Sábio”. Esta figura tem um papel educativo, contando histórias relacionadas com a sustentabilidade e a importância das práticas de reciclagem. Cada vez que um cartão é preenchido, o utilizador recebe “EcoMoedas”, que podem ser trocadas

por recompensas nos municípios aderentes. Quanto mais vezes o utilizador se dirigir ao ecoponto para reciclar, mais figuras serão recolhidas e mais prémios serão disponíveis, incentivando a participação ativa na reciclagem. Ocasionalmente, podem ocorrer missões e desafios que permitem acumular recompensas.

3.3.3. Caso de estudo 3 – App TOWaste Toronto

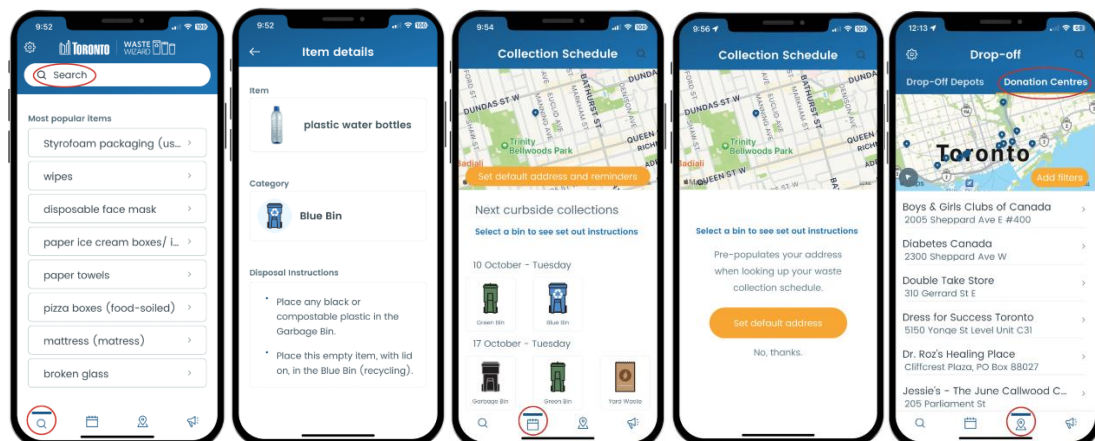


Figura 17 – Interface TOWaste. Fonte: App TOWaste Toronto, 2025

A aplicação TOWaste, desenvolvida pela cidade de Toronto (Figura 17), tem um conceito simples. Quando o utilizador tem um resíduo para descartar e não sabe ao certo onde ou como fazê-lo de forma adequada, pode recorrer à app para obter a resposta. Basta inserir o nome do item na pesquisa, e a aplicação indica o destino correto, seja o contentor apropriado, um ponto de entrega, ou uma alternativa como reutilização ou doação. A app inclui uma base de dados com informações sobre mais de 2.500 tipos de resíduos, bem como mapas que mostram os locais de entrega específicos, como os centros de recolha de resíduos domésticos perigosos. Além disso, permite consultar os horários de recolha e configurar lembretes, uma funcionalidade disponível para moradias com até nove unidades habitacionais. No que diz respeito à privacidade, a TOWaste não recolhe nem partilha dados de localização ou endereço do utilizador, armazenando essas informações apenas no dispositivo. Apesar de ser uma ferramenta muito útil e completa, o seu funcionamento está restrito ao município de Toronto, sendo destinada exclusivamente aos seus residentes (City of Toronto, s.d.).

3.3.4. Caso de estudo 4 – Ameru – Contentor Inteligente



Figura 18 – Contentor Inteligente Ameru. Fonte: (Ameru AI, s.d.)

O Ameru é um sistema de gestão inteligente de resíduos desenvolvido pela empresa Ameru AI, que combina tecnologia de visão computacional e inteligência artificial para facilitar a separação correta do lixo e promover práticas mais sustentáveis em ambientes profissionais e comunitários (Figura 18). Este projeto, lançado nos últimos anos, foi concebido como uma solução integrada que utiliza um “contentor inteligente” capaz de reconhecer automaticamente diferentes tipos de resíduos e direcioná-los para o compartimento adequado (Ameru AI, s.d.).

O funcionamento do Ameru assenta num conceito simples: quando o utilizador deposita um resíduo no contentor, o sistema capta a imagem do objeto através de uma câmara integrada e, recorrendo a um algoritmo de IA treinado para identificar mais de 90 categorias de resíduos, determina de forma imediata o tipo de material e realiza a separação automática o mesmo. Além da separação automática, o Ameru disponibiliza uma plataforma analítica que recolhe e organiza dados sobre os resíduos que foram depositados, permitindo às organizações monitorizar os seus padrões de reciclagem, os volumes produzidos e as taxas de desvio para os aterros.

Este sistema mostra como é possível modernizar processos tradicionais através da visão computacional, classificação automática de materiais e recolha de dados em tempo real. Isto reforça a ideia de que a gestão de resíduos está a evoluir para modelos mais inteligentes e eficientes (Ameru AI, s.d.).

3.3.5. Caso de estudo 5 – Projeto *Goedzak*



Figura 19 – *Goedzak*. Fonte: (Heijltjes + Akkaya, s.d.)

O *Goedzak* é um projeto de design social e sustentável criado pelo estúdio *Heijltjes + Akkaya*, que propõe uma solução simples e visualmente apelativa para incentivar o reaproveitamento de objetos que são ainda úteis. A iniciativa consiste num saco específico onde os utilizadores podem colocar bens que já não desejam, mas que continuam em bom estado (Figura 19). O saco é deixado na via pública, permitindo que qualquer pessoa possa recolher gratuitamente os objetos. O design do *Goedzak* é um elemento central do conceito: o saco é parcialmente transparente, permitindo ver o conteúdo, e apresenta uma faixa de uma cor marcante, que sinaliza de forma clara que aqueles objetos estão disponíveis para reutilização (Heijltjes + Akkaya, s.d.). Além desta dinâmica comunitária, o projeto foi pensado para integrar fluxos formais de recolha. Caso nenhum objeto seja levado, estes podem ser recolhidos por lojas de segunda mão, organizações sociais ou serviços municipais de gestão de resíduos, garantindo que o destino final promove o reuso ou a reciclagem, evitando o desperdício.

O *Goedzak* constitui um exemplo relevante de *design para a sustentabilidade*, mostrando como soluções simples podem influenciar comportamentos e estimular práticas de consumo mais conscientes. Assim, o *Goedzak* representa uma alternativa prática ao descarte tradicional de objetos ainda funcionais, fortalecendo a economia circular e promovendo comportamentos sustentáveis através de uma solução de design acessível, intuitiva e facilmente replicável reutilização (Heijltjes + Akkaya, s.d.).

3.4. Visitas de Campo – Instalações ARM

As visitas de campo foram realizadas no dia 13 de março de 2025, com o objetivo de compreender a dinâmica socioambiental da região, aprendendo e visualizando todos os processos pelos quais passam os resíduos que são recolhidos pela empresa de Águas e Resíduos da Madeira - ARM. Para isso, foram realizadas visitas às instalações dessa empresa, incluindo a Estação de Transferência da Zona Leste e de Triagem da Madeira (ETZL/ET) e a Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra. Durante as visitas, foi possível acompanhar de perto as etapas de recebimento, triagem, tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos, compreendendo os desafios logísticos e operacionais envolvidos na gestão de resíduos na região.

Esta etapa da investigação foi essencial para validar informações obtidas por meio de fontes secundárias, complementar a pesquisa com observações diretas e aprofundar a análise sobre a eficiência e os desafios da gestão de resíduos na Madeira. As imagens registadas durante as visitas de estudo podem ser consultadas no Apêndice A.

3.4.1. Estação de Transferência da Zona Leste e de Triagem da Madeira (ETZL/ET)

Esta estação está localizada no sítio do Porto Novo, no concelho de Santa Cruz e desempenha um papel fundamental na gestão dos resíduos urbanos provenientes dos concelhos de Machico, Santa Cruz e Santana. Durante a visita à ETZL/ET, fomos acompanhados e guiados por um responsável pela instalação, nomeadamente a Eng^a Madalena Gomes, que apresentou e explicou todos os processos operacionais utilizados neste local.

A principal função desta instalação é otimizar o processo de recolha e transporte dos resíduos, evitando o seu encaminhamento direto para a Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos na Meia Serra. Em vez disso, os resíduos são compactados em contentores específicos antes de serem transportados (Figura 20), o que reduz significativamente o número de viagens que seriam feitas.

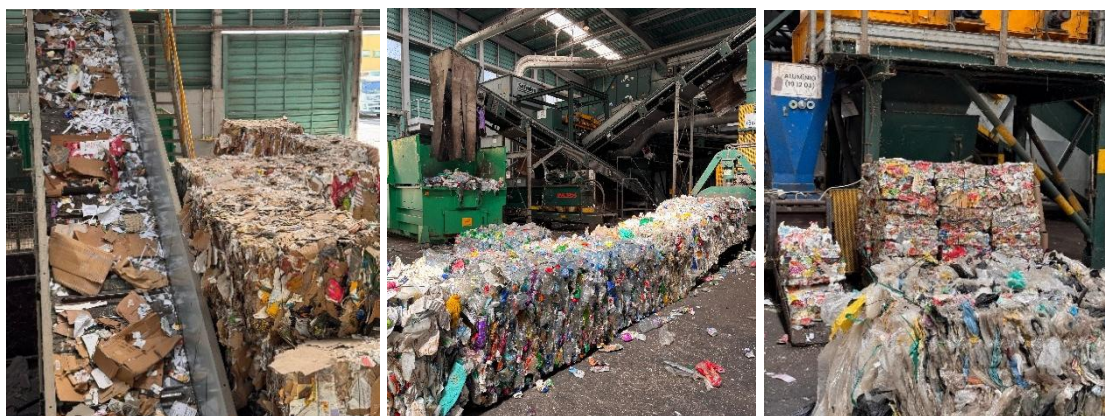


Figura 20 – Compactação de resíduos, ETZL/ET. Fonte: fotografia da autora, 2025

Além disso, esta instalação possui um Ecocentro, onde são recebidos resíduos que não fazem parte da recolha urbana regularmente feita pelos operacionais, sendo provenientes de particulares. Os mesmos são depositados em contentores de grande capacidade (Figura 21). A maior parte destes resíduos são encaminhados para a reciclagem ou valorização, enquanto que alguns materiais são enviados para a ETRS para tratamento ou eliminação através do processo da incineração.

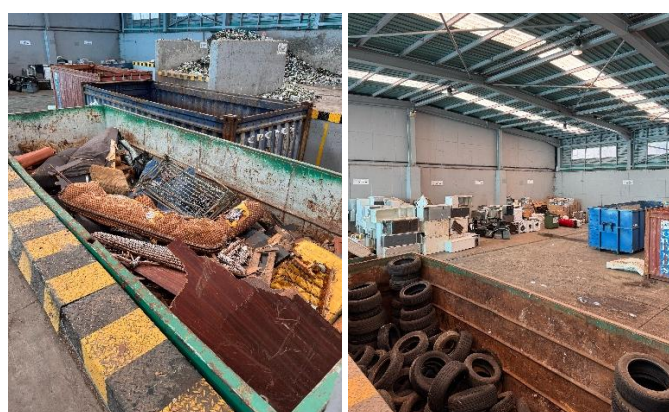


Figura 21 – Depósito de resíduos em contentores de grande capacidade, ETZL/ET.

Fonte: fotografia da autora, 2025

A estação também desempenha um papel crucial na triagem dos resíduos recicláveis recolhidos seletivamente dos ecopontos. A separação e triagem destes resíduos é realizada com a ajuda da mão de obra humana (Figura 22), separando os materiais por tipo e arrastando-os para os tapetes das máquinas correspondentes antes de serem compactados e enfardados para posteriormente serem enviados para o continente para reciclagem. A triagem de embalagens plásticas e metálicas é feita, maioritariamente,

através de um sistema automatizado que aumenta a eficiência do processo e melhora as condições de trabalho (Figura 23).



Figura 22 – Mão de obra humana. ETZL/ET. Fonte: fotografia da autora, 2025

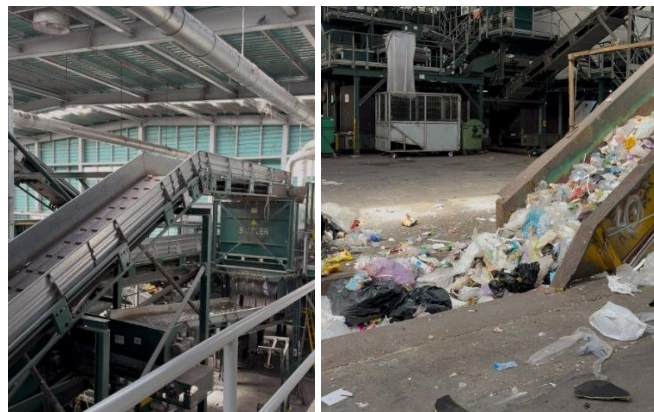


Figura 23 – Sistema automatizado de triagem de embalagens, ETZL/ET.

Fonte: fotografia da autora, 2025

Esse sistema inclui separadores balísticos e óticos, bem como processos de seleção magnética e de aspiração dos materiais mais leves, permitindo a separação eficaz de diferentes resíduos. Um ponto negativo é a idade destas máquinas, pois apresentam algum desgaste e já não estão adaptadas e atualizadas para gerir todos os novos tipos de materiais que existem. Isto prejudica e atrasa alguma das secções que a mesma está dividida. São diariamente triados cerca de **10 toneladas** de resíduos nesta estação de tratamento e triagem (Figura 24).



Figura 24 – Toneladas de resíduos, ETZL/ET. Fonte: fotografia da autora, 2025

3.4.2. Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra

Esta estação foi-nos apresentada por um profissional e funcionário da ARM , o Dr. Nuno Garanito, o qual nos acompanhou durante toda a visita e esclareceu as dúvidas existentes sobre os processos utilizados nesta instalação.

A ETRS da Meia Serra (Figura 25), localizada também no concelho de Santa Cruz, é uma infraestrutura imprescindível no Sistema de Transferência, Triagem e Valorização da Resíduos da Região Autónoma da Madeira. Foi criada em 1991 como o primeiro sistema integrado de tratamento de resíduos urbanos do país. A ETRS passou por remodelações e ampliações para se adaptar às diretrizes europeias e nacionais, garantindo soluções eficientes para a valorização e eliminação de diversos tipos de resíduos, incluindo indiferenciados, verdes, hospitalares, de matadouro, pneus e madeiras (ARM, S. A, s.d).



Figura 25 – Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra.

Fonte: fotografia da autora, 2025

Uma das principais unidades desta estação é a Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos (IIRSU) (Figura 26), que faz o processamento térmico dos resíduos e através do mesmo produz energia elétrica. Existem duas linhas de incineração que têm a capacidade de tratar até 16 toneladas de resíduos por hora, produzindo eletricidade. Um quarto dessa energia produzida é utilizado para o funcionamento da própria estação, e o resto é vendido à Empresa de Eletricidade da Madeira (EEM) e integrado na rede pública (ARM, S. A, s.d).



Figura 26 - Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, ETRS.

Fonte: fotografia da autora, 2025

Outra das unidades desta estação é a Instalação de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos (ICRSU), (Figura 27) destinada exclusivamente à valorização orgânica de resíduos vegetais, com capacidade de tratamento de 60 toneladas por dia. Através de um processo de manipulação destes resíduos, são transformados em composto, um fertilizante naturalmente utilizado na agricultura, designado “biovalor”.



Figura 27 - Instalação de Compostagem de RSU. Fonte: fotografia da autora, 2025

Além disso, a ETRS possui um Parque de Armazenamento, Trituração e Acondicionamento de pneus que foram usados, onde estes são processados antes de serem enviados para valorização no continente. Os Aterros Sanitários desta estação são divididos em duas partes específicas: uma para armazenar escórias provenientes da incineração e outra para resíduos urbanos que não podem ser reciclados ou decompostos. Conta ainda com uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), que trata as águas lixivantes geradas na instalação através de processos que garantem uma reutilização da água (ARM, S. A, s.d).

3.5. Realização de Questionário com a Comunidade

3.5.1. Processo de recolha de dados

Tendo em vista os objetivos desta investigação, nomeadamente, compreender os comportamentos adotados pelas pessoas em relação à reciclagem, os seus hábitos associados e a sua disposição para melhorar essas práticas, optou-se pela construção e aplicação de um questionário (Apêndice B) como um dos principais instrumentos de recolha de dados.

Dada a capacidade deste instrumento conseguir recolher uma vasta quantidade de informação, de um número significativo de indivíduos, permitiu, assim, a análise estatística dos dados. Esta opção metodológica revelou-se particularmente adequada à presente investigação, na medida em que se pretendeu identificar padrões de perceção, atitudes e práticas junto de uma amostra alargada, de forma a garantir a generalização dos resultados dentro dos limites do estudo. O questionário foi disponibilizado através das redes sociais, possibilitando a participação voluntária de qualquer pessoa interessada, o que facilitou o alcance de um público diversificado e numeroso.

3.5.2. Caracterização das amostras

Nesta secção são apresentadas as questões consideradas mais significativas para a análise e discussão dos resultados, por se relacionarem diretamente com os objetivos centrais do estudo. As restantes questões que compõem o questionário, de carácter complementar ou de apoio, encontram-se disponíveis nos Apêndice B, permitindo uma visão mais completa da estrutura utilizada. As percentagens foram arredondadas a uma

casa decimal. De modo a garantir que a soma totaliza 100%, foi feito um ajuste residual mínimo, não comprometendo a análise dos dados.

Foram recolhidas 86 respostas ao questionário disponibilizado, o que é considerado um número aceitável quer permite a análise e o tratamento estatístico dos dados. Os inquiridos eram maioritariamente do género feminino (50), sendo que o género masculino contou com 36 respostas (Tabela 3).

Tabela 3 – Género dos inquiridos

Género	Frequência	%
Masculino	36	41,9
Feminino	50	58,1

A amostra apresenta uma amplitude que variou entre pessoas com menos de 18 anos até aos 60 ou mais anos de idade. Criaram-se sete grupos etários (Tabela 4), no qual se consta que o escalão etário “18-24 anos” apresenta 42 inquiridos (48,8%), sendo o que teve maior número de respostas. O segundo escalão com maior afluência foi o de “25-29 anos” com 18 respostas (20,9%), seguido do “50-60 anos” (10,5%). A faixa etária que representa o menor número de resposta é a “61 anos ou mais” (3,5%).

Tabela 4 – Grupo etário

Grupo etário	Frequência	%
Menos de 18 anos	4	4,7
18 - 24 anos	42	48,8
25 - 29 anos	18	20,9
30 - 39 anos	5	5,8
40 - 49 anos	5	5,8
50 - 60 anos	9	10,5
61 anos ou mais	3	3,5

Relativamente à questão “Costuma separar o lixo para reciclagem?”, verifica-se que a maioria dos inquiridos respondeu “Raramente” (40 respostas, 46,5%). Em segundo lugar surge a opção “Sim, sempre”, com 33 respostas (38,4%). Por fim, 13 inquiridos indicaram que “Não, nunca” separam o lixo, o que representa 15,1% da amostra (Tabela 5).

Tabela 5 – “Costuma separar o lixo para reciclagem?”

Resposta	Frequência	%
Sim, sempre	33	38,4
Raramente	40	46,5
Não, nunca	13	15,1

No que diz respeito à capacidade de identificação das cores dos ecopontos e do tipo de resíduos a descartar em cada um, a maioria dos inquiridos (73 respostas, 84,9%) afirmou conhecer corretamente todos os ecopontos e respetiva função. Por outro lado, 11 participantes (12,8%) indicaram ter algum conhecimento, mas ainda com dúvidas, enquanto apenas 2 pessoas (2,3%) reconheceram não conhecer bem esta informação (Tabela 6).

Tabela 6 – “Sabe identificar as cores do ecopontos e o que deve descartar em cada um?”

Resposta	Frequência	%
Sim, todos	73	84,9
Sei algumas mas tenho dúvidas	11	12,8
Não, não conheço bem	2	2,3

No que diz respeito aos motivos apontados pelos inquiridos para não separarem os resíduos, verifica-se que a maior parte da amostra (44 respostas, 51,2%) afirmou já separar os seus resíduos, pelo que não se aplica a questão. Entre os restantes, o motivo mais referido foi a falta de tempo ou hábito (24 respostas, 27,9%). Seguem-se razões como a falta de espaço em casa (8,1%), não ver necessidade (4,7%) e falta de informação sobre como reciclar (3,5%). Outros motivos menos frequentes, com apenas uma resposta cada (1,2%), incluem a falta de contentores adequados, ainda não ter comprado ecopontos de separação, a localização e o facto de o carro do lixo apenas recolher vidro separadamente (Tabela 7).

Tabela 7 – “Se não separa os seus resíduos, deitando-os no lixo comum, qual é o principal motivo?”

Resposta	Frequência	%
Eu separo	44	51
Falta de informação sobre como reciclar	3	3,5
Falta de tempo ou hábito	24	27,9
Falta de espaço em casa	7	8,1
Não vejo necessidade	4	4,7
Falta de contentores adequados	1	1,2
Ainda não comprei ecopontos de separação	1	1,2
Localização	1	1,2
O carro do lixo só leva o vidro separado	1	1,2

Quanto à percepção dos inquiridos relativamente aos incentivos existentes para a reciclagem, a maioria considera que existem alguns incentivos, mas que poderiam ser melhores (50 respostas, 58,1%). Por outro lado, 28 participantes (32,6%) afirmam que ainda falta incentivo, enquanto apenas 8 inquiridos (9,3%) consideram que existem boas iniciativas nesse âmbito (Tabela 8).

Tabela 8 – “Acha que existem incentivos suficientes para a reciclagem?”

Resposta	Frequência	%
Sim, há boas iniciativas	8	9,3
Alguns, mas poderiam ser melhores	50	58,1
Não, falta incentivo	28	32,6

No que diz respeito à utilização de aplicações para facilitar a reciclagem ou a gestão de resíduos, os dados revelam que a maioria dos inquiridos (54 respostas, 62,8%) nunca utilizou este tipo de ferramenta. Contudo, 28 participantes (32,6%) manifestaram interesse, afirmando que ainda não utilizaram, mas gostariam de experimentar. Apenas 4 pessoas (4,7%) disseram já ter experimentado alguma aplicação, e nenhum dos inquiridos afirmou utilizá-la regularmente (Tabela 9).

Tabela 9 – “Já utilizou alguma APP para facilitar a reciclagem ou a gestão dos seus resíduos?”

Resposta	Frequência	%
Sim, uso regularmente	0	0
Sim, já experimentei	4	4,6
Não, mas gostaria de experimentar	28	32,6
Não, nunca utilizei	54	62,8

3.5.3. Resultados e Discussão

A análise dos dados obtidos através do questionário permitiu identificar tendências relacionadas com os hábitos, conhecimentos e percepções da amostra relativamente à reciclagem e à gestão de resíduos por parte da população.

Em primeiro lugar, a amostra revelou-se predominantemente composta por indivíduos do género feminino (58,1%), sendo a faixa etária mais representada a dos 18 aos 24 anos (48,8%), o que pode refletir um maior envolvimento ou disponibilidade deste grupo etário para novos projetos. Este dado é relevante, pois indica que a percepção e os comportamentos analisados estão fortemente associados a um público jovem-adulto, potencialmente mais recetivo a mudanças e a soluções tecnológicas.

No que diz respeito à separação dos resíduos, observa-se que uma parte considerável dos inquiridos (46,5%) afirma fazê-lo apenas raramente, enquanto 38,4% o fazem sempre, e 15,1% nunca separam o lixo. Estes resultados indicam que, embora exista uma consciência ambiental crescente, a prática regular da reciclagem ainda não está plenamente enraizada.

Apesar disso, a maioria dos participantes (84,9%) afirma conhecer as cores dos ecopontos e os resíduos correspondentes, o que demonstra um bom nível de literacia ambiental. Contudo, o número elevado de respostas que indicam dificuldades práticas, como a falta de tempo ou hábito, falta de espaço em casa e não ver necessidade de reciclar, sugere que os obstáculos à reciclagem estão mais associados a questões comportamentais e logísticas do que propriamente ao desconhecimento.

Quanto à percepção sobre os incentivos à reciclagem, 58,1% dos inquiridos reconhecem a existência de algumas iniciativas, mas consideram que estas poderiam ser melhoradas. Além disso, 32,6% acreditam que há uma falta clara de incentivo, o que

reforça a necessidade de políticas públicas mais eficazes, estratégias de sensibilização contínua e, eventualmente, benefícios concretos para quem recicla.

Um dos dados mais relevantes para este estudo prende-se com a utilização de *Apps* voltadas para a reciclagem e gestão de resíduos. A maioria dos inquiridos nunca utilizou uma aplicação com este objetivo, embora 32,6% demonstrem interesse em experimentar. Apenas uma minoria já teve algum contacto com este tipo de ferramenta. Estes dados evidenciam uma oportunidade clara de intervenção. Existe um público disposto a adotar soluções digitais, mas que ainda não foi suficientemente alcançado por ferramentas eficazes e acessíveis.

De forma geral, os resultados apontam para uma base de conhecimento satisfatória sobre reciclagem, mas também para a existência de desafios que limitam a adoção de comportamentos sustentáveis. O desenvolvimento de soluções digitais, como *Apps* educativas e interativas, poderá responder diretamente a estas lacunas, sendo acompanhado de uma campanha de divulgação e sensibilização eficaz.

3.6. Realização de Entrevistas

3.6.1. Objetivos das Entrevistas

A realização de entrevistas teve como objetivo principal proporcionar uma compreensão aprofundada da situação atual referente à recolha, separação e tratamento dos resíduos na Ilha da Madeira. Por meio dessas entrevistas, procurou-se identificar os responsáveis pelos diferentes processos, compreender as práticas adotadas, os desafios enfrentados a nível regional, bem como captar informações que não estavam disponíveis em documentos ou fontes secundárias. Dessa forma, as entrevistas funcionaram como um instrumento essencial para enriquecer a análise e fundamentar o desenvolvimento do trabalho. Serviram para esclarecer dúvidas, identificar as pessoas certas a serem contactadas ao longo da pesquisa e compreender quais caminhos e estratégias seriam viáveis, assim como aqueles que não seriam bem aceites ou aplicáveis no contexto local.

3.6.2. Seleção dos Entrevistados

Foram entrevistadas três pessoas de extrema relevância da empresa ARM, responsáveis por diferentes áreas estratégicas da gestão de resíduos na região: o Dr.

Sandro Atilano, a Eng.^a Madalena Gomes e a Dr.^a Ricarda Barbosa. A escolha destes entrevistados baseou-se na sua experiência, conhecimento técnico e papel ativo dentro da organização, garantindo que as informações recolhidas fossem confiáveis. Além disso, essa seleção possibilitou o contato direto com as pessoas chave para a gestão do sistema de resíduos, sendo possível a marcação das visitas de campo devidamente guiadas.

3.6.3. Elaboração do Roteiro de Perguntas e Condução das Entrevistas

Para conduzir as entrevistas, foram elaboradas perguntas previamente estruturadas (Apêndice C) que abordavam os principais temas da pesquisa, incluindo processos de recolha, separação, tratamento de resíduos, desafios operacionais e estratégias futuras. Esse roteiro funcionou como um guia inicial, permitindo que o foco nos tópicos relevantes fosse sempre mantido, ao mesmo tempo que deixavam espaço para perguntas abertas.

As entrevistas foram realizadas de forma presencial, para garantir uma comunicação mais direta, com duração média de aproximadamente 45 minutos cada. Esta abordagem semiestruturada garantiu flexibilidade, possibilitando explorar temas além do roteiro inicial e aprofundar questões importantes que surgiam durante as conversas.

3.6.4. Principais insights e contribuições das entrevistas

Foi possível o esclarecimento de dúvidas importantes para uma compreensão do sistema de gestão de resíduos na Madeira. Além disso, essas conversas permitiram conhecer e explorar novas questões e perspectivas que não haviam sido inicialmente previstas. Por fim, como consequência destas entrevistas, foram obtidos dados fornecidos pela empresa sobre o volume anual de resíduos recolhidos, utilizados para complementar a análise da gestão de resíduos na ilha da Madeira (Anexos F e G).

3.7. Layout do Sistema

Para proporcionar uma compreensão mais clara e detalhada do funcionamento do serviço estudado, foi elaborado um *layout* do sistema, com o objetivo de representar visualmente a sua estrutura, os principais componentes envolvidos e a forma como as etapas do processo se interconectam. Este layout serve como uma ferramenta de apoio à análise e documentação de como funciona o serviços, quais os possíveis erros, problemas e oportunidades (Figura 28).

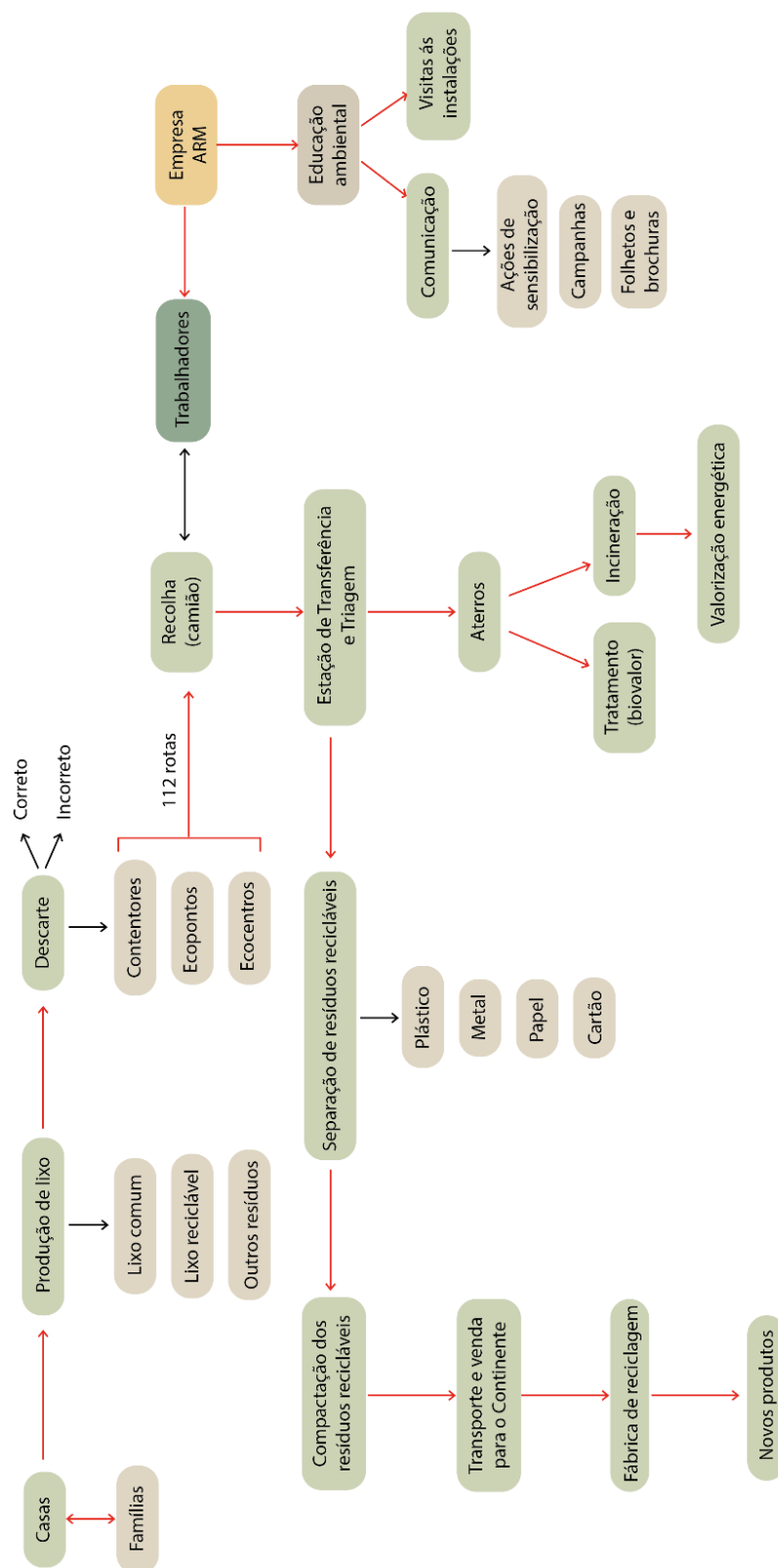


Figura 28 - Layout do Sistema. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

3.8. Personas e Compreensão do Público-alvo

No desenvolvimento do projeto, as personas foram utilizadas como um instrumento de apoio à compreensão do público-alvo e à fundamentação das decisões de design. Através da sua criação, foi possível sintetizar informações recolhidas durante a investigação, refletindo padrões de comportamentos, necessidades e motivações dos futuros utilizadores do serviço. Esta abordagem contribuiu para orientar o processo de conceção de forma mais informada e centrada no utilizador, promovendo o desenvolvimento de soluções mais adequadas, coerentes e alinhadas com as expectativas da comunidade.

Na Figura 29 apresenta-se um exemplo de uma das personas desenvolvidas, ilustrando a forma como foram sintetizados os dados recolhidos e representadas as principais características, necessidades, objetivos e frustrações do público-alvo. As versões completas das cinco personas podem ser consultadas no Apêndice D.



Figura 29 – Persona desenvolvida para o projeto. Fonte: Elaborada pela autora, 2025

3.9. User Journey Maps

Com base nas personas previamente desenvolvidas, procedeu-se à criação de *user journey maps*, uma ferramenta que permite recriar a experiência dos utilizadores ao longo de todas as etapas de interação com o serviço atual. Este processo teve como objetivo compreender não apenas o que os utilizadores fazem, mas também como se sentem, quais são as suas necessidades e os desafios que encontram em cada ponto de contacto com o serviço.

Cada *user journey map* foi elaborado a partir da análise das personas, contemplando diferentes cenários de utilização e trajetórias. Ao visualizar o percurso do utilizador de forma estruturada, tornou-se possível identificar momentos de frustração e oportunidades para intervenção e melhoria, oferecendo uma visão abrangente da experiência do utilizador.

Através desta análise, tornou-se possível reconhecer oportunidades de melhoria e definir com maior precisão as funcionalidades que são prioritárias.

Na Figura 30 apresenta-se um exemplo de *user journey map* desenvolvido no âmbito do projeto, ilustrando as principais fases da interação do utilizador e as respetivas perceções associadas a cada momento. Os restantes mapas detalhados encontram-se disponíveis no Apêndice E.

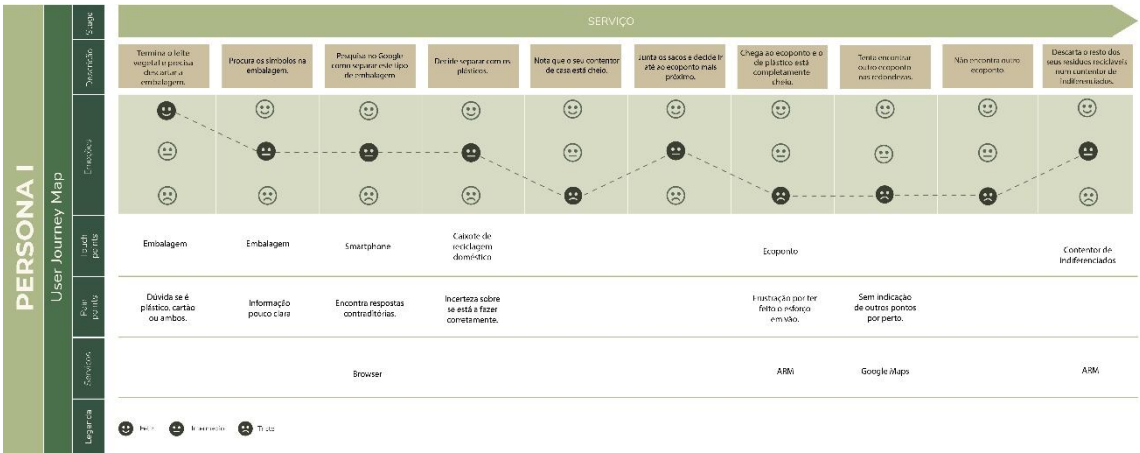


Figura 30 – User Journey Map desenvolvido para o projeto. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

CAPÍTULO IV – DESENVOLVIMENTO PROJETUAL

4.1. Identificação do Problema

4.1.1. Contexto e Enquadramento do Problema

O desenvolvimento deste projeto partiu da necessidade de compreender de forma aprofundada o contexto atual da gestão de resíduos na Ilha da Madeira, analisando-os através dos princípios da economia circular. A crescente produção de resíduos urbanos e a dificuldade em promover uma separação eficiente entre a população revelam desafios estruturais e de uma elevada complexidade, tanto no plano ambiental quanto social.

O design assume aqui um papel estratégico como instrumento de mediação entre a tecnologia, sustentabilidade e o comportamento humano. Também pode contribuir para a criação de sistemas e produtos mais intuitivos e acessíveis, promovendo uma relação mais consciente e participativa entre os cidadãos e aquele que é o ciclo dos resíduos. Através da integração de abordagens que são centradas nos utilizadores e de soluções visuais claras, torna-se possível mudar alguns hábitos do quotidiano e estimular uma cultura de responsabilidade partilhada.

4.1.2. Problemas e Necessidades Identificados

Através das entrevistas, questionários e visitas de campo realizados junto da comunidade e das entidades responsáveis pela gestão de resíduos, foi possível identificar um conjunto de problemas e necessidades reais (Tabela 10). Entre eles, destacam-se a falta de clareza na informação sobre separação seletiva, a dificuldade de acesso a pontos de recolha adequados e a ausência de incentivos que motivem comportamentos mais sustentáveis. Estas necessidades mostram uma lacuna na comunicação entre o sistema de gestão de resíduos e os cidadãos, originando oportunidades de intervenção através do design centrado no utilizador.

Tabela 10 – Problemas e Necessidades Identificados. Fonte: Elaborada pela autora (2025)

Problemas	• Ecopontos frequentemente cheios ou inacessíveis; • Falta de informação clara sobre onde e como reciclar; • Dificuldade de acesso aos pontos de recolha adequados; • Falta de comunicação entre a comunidade e as empresas de gestão de resíduos; • Sistemas inexistentes ou pouco intuitivos;
------------------	---

	• Dificuldade em adaptar soluções tecnológicas a públicos de baixa literacia digital; • Desmotivação por parte da população; • Desinformação e maus hábitos na separação de resíduos; • O sistema atual não é inclusivo; • Pouca facilidade a encontrar ecopontos onde depositar resíduos “especiais” (óleo, pilhas, baterias, etc.); • Conteúdos pouco visuais e pouco apelativos; • Ausência de incentivos;
Necessidades	<u>Organização e Planeamento:</u> • Saber quando e onde descartar os resíduos; • Gestão clara de horários, tipo de resíduos e rotas; • Garantir que os pontos de descarte estejam funcionais, acessíveis e desobstruídos; • Aumentar a disponibilidade de pontos de descarte de resíduos “especiais”; <u>Comunicação e Interação:</u> • Comunicação clara e direta entre os cidadãos e as empresas de recolha; • Promover o envolvimento intergeracional; • Estimular o sentimento de colaboração e respeito mútuo; <u>Informação e Educação:</u> • Reduzir barreiras linguísticas e cognitivas; • Garantir uma experiência de reciclagem universal (independentemente da idade, literacia ou contexto social); <u>Motivação e Envolvimento:</u> • Fomentar uma cultura de responsabilidade ambiental; Valorizar o papel de todos os intervenientes no processo (desde o cidadão ao operário)

4.1.3. Oportunidades de Intervenção Através do Design

Com base nas problemáticas identificadas, definiram-se oportunidades de intervenção em diferentes níveis: comunicação, tecnologia e experiência do utilizador. O design pode aqui contribuir para a criação de soluções que simplifiquem os processos, tornem a informação mais acessível e promovam uma boa relação entre o cidadão e o sistema de gestão de resíduos. Assim, o projeto propõe-se a desenvolver um conceito de uma aplicação digital orientada para a gestão e valorização de resíduos urbanos na Ilha da Madeira. Esta solução digital pretende atuar como uma plataforma de mediação e interação entre os cidadãos, entidades gestoras e sistemas de recolha, promovendo uma comunicação mais eficaz, transparente e participativa no processo de gestão de resíduos.

Neste contexto, o design assume uma função pedagógica e estratégica. A aplicação pretende simplificar o acesso à informação, motivar a participação ativa e estimular a adoção de comportamentos ambientalmente responsáveis.

O conceito do projeto assenta em quatro pilares fundamentais que orientam todo o desenvolvimento da proposta. O primeiro é a **clareza e acessibilidade**, uma vez que é pretendido simplificar a informação sobre a separação e recolha de resíduos, tornando-a compreensível e facilmente aplicável pelo cidadão comum. O segundo pilar é o **envolvimento e motivação**, procurando criar uma experiência que estimule a participação da comunidade, promovendo um sentimento de pertença e responsabilidade coletiva. O terceiro princípio é o da **tecnologia e sustentabilidade**, que visa integrar ferramentas digitais como meio para incentivar comportamentos circulares e apoiar práticas mais conscientes no quotidiano de cada um. Por fim, a **identidade visual coesa** reforça a ligação entre o cidadão e o território, através de uma linguagem visual consistente, capaz de comunicar de forma clara e apelativa.

4.2.2. Visão, Missão e Valores

A **visão** do projeto centra-se na promoção de uma comunidade mais consciente e participativa no processo de gestão de resíduos, alinhada com os princípios da economia circular.

A **missão** é desenvolver uma solução que simplifique a relação do cidadão com o sistema de reciclagem, através de uma comunicação clara e uma experiência intuitiva e educativa. Os **valores** que sustentam o projeto incluem sustentabilidade, transparência, acessibilidade, inovação e responsabilidade social. Estes princípios guiaram todas as decisões de design ao longo do desenvolvimento do projeto.

A partir destes princípios, foi elaborado o modelo estratégico que estrutura a **proposta de valor** do projeto, apresentado a seguir sob a forma de *Business Model Canvas*.

4.2.2.1. Business Model Canvas

O *Business Model Canvas* (Figura 32) sintetiza a estrutura operacional e estratégica do projeto, descrevendo como a solução proposta cria valor para os diferentes intervenientes. Esta ferramenta permite compreender de forma integrada as relações entre o público-alvo, os parceiros, os canais de comunicação e os recursos necessários para a implementação eficaz do conceito (Apêndice G).



Figura 32 – Business Model Canvas do projeto. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

4.3. Identidade Visual

A identidade visual do projeto constitui um elemento fundamental na construção da sua presença e reconhecimento junto da comunidade. O seu desenvolvimento teve como objetivo criar uma linguagem visual clara e apelativa, garantindo consistência em todas as plataformas e pontos de contacto com o público. Através do nome, logotipo, paleta cromática, tipografia e todos os componentes gráficos, procurou-se estabelecer uma ligação emocional e simbólica entre os cidadãos e o futuro ambiental da Madeira.

4.3.1. Naming

O nome escolhido para este projeto foi “Go Green Madeira”, e reflete de forma clara a missão e os valores centrais do projeto. A expressão “Go Green” transmite uma mensagem de ação e mudança, incentivando os cidadãos a adotarem práticas mais sustentáveis e conscientes no seu quotidiano. O verbo “Go” sugere dinamismo e envolvimento, enquanto “Green” simboliza o compromisso com o ambiente e a transição ecológica. A inclusão do termo “Madeira” reforça o vínculo territorial e identitário do projeto, destacando a sua ligação à comunidade local da ilha. O resultado é um nome simples, memorável e positivo, que combina universalidade e pertença, comunicando de

forma eficaz os princípios de sustentabilidade, participação e inovação que orientam o projeto.

4.3.2. Criação do logotipo

O logotipo do projeto foi concebido para traduzir visualmente os princípios centrais da marca. A sua construção baseia-se numa composição tipográfica orgânica, de formas suaves e harmoniosas, que evocam a natureza e a fluidez dos processos circulares. O termo “GoGreen” assume o papel principal na composição, utilizando uma tipografia com linhas arredondadas e dinâmicas, que sugerem movimento e continuidade, reforçando a ideia de progresso e mudança positiva. O desenho incorpora uma folha estilizada no interior da letra “g” de “Go”, elemento que simboliza vida, crescimento e a ligação direta à natureza, tornando-se um ícone distintivo do logotipo. Além disso, surge também uma segunda folha sobre a letra “e”. Estes elementos acrescentam um carácter simbólico ao logotipo, reforçando o compromisso do projeto com práticas ambientais responsáveis. A palavra “Madeira”, posicionada de forma complementar e em cor contrastante, destaca a origem e o âmbito geográfico da iniciativa.

Foram desenhadas várias versões deste logotipo (Figura 33) para permitir a sua adaptação a diferentes contextos e suportes de comunicação. Foram criadas versões monocromáticas, assegurando legibilidade e versatilidade em diversos formatos, desde materiais digitais até sinalética e documentação institucional. Esta flexibilidade garante que o logotipo mantenha a sua identidade visual e impacto em qualquer ambiente ou escala de utilização.



Figura 33 - Possíveis Versões do Logotipo. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

4.3.3. Paleta Cromática

A escolha das cores é um dos elementos mais importantes na construção da identidade visual de um projeto. No desenvolvimento deste projeto, a escolha da paleta cromática teve como objetivo não apenas criar uma estética agradável, mas também reforçar a mensagem central e facilitar a percepção do tema pelo utilizador. Para tal, foram exploradas diversas tonalidades e combinações. A seleção final resultou em cores que se complementam, destacam os elementos mais importantes e promovem uma boa experiência visual (Figura 34).

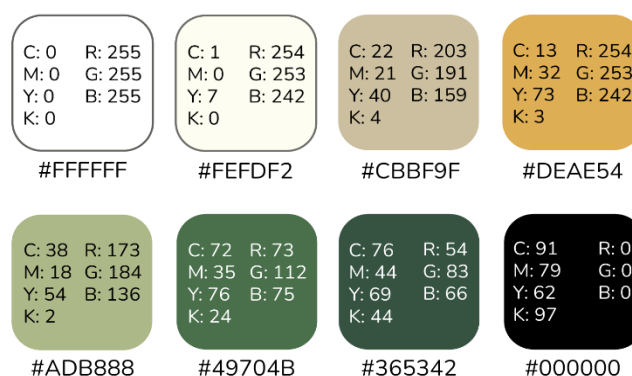


Figura 34 – Paleta cromática. Fonte: Elaborada pela autora, 2025

4.3.4. Tipografia

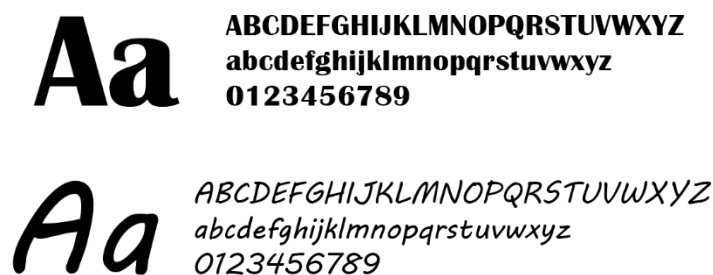


Figura 35 – Tipografia utilizada na realização do logotipo.

Quanto à tipografia do logotipo (Figura 35), a sua seleção seguiu objetivos semelhantes aos da escolha das cores. A pesquisa concentrou-se em tipografias com estilo marcante e carácter próprio, capazes de transmitir dinamismo e criatividade.

A tipografia “*Britanic Bold*” foi escolhida por apresentar traços fortes e modernos, conferindo ao logotipo presença e destaque. Complementando-a, a fonte “*MV Boli*”

trouxo um contraste subtil, equilibrando o design com linhas mais suaves e arredondadas, o que contribui para uma leitura agradável e imediata, mesmo em tamanhos reduzidos ou em suportes digitais.

Ambas as fontes permitem a criação de um logotipo versátil, capaz de se adaptar a diferentes aplicações, desde papelaria e impressos até interfaces digitais, mantendo a coerência e a identidade visual do projeto sem haver a necessidade de recorrer a outras tipografias.

4.4. Desenvolvimento do Conceito

4.4.1. Processo de Ideação

A fase de ideação teve como propósito gerar e explorar múltiplas soluções para o desafio central do projeto: incentivar a separação e a gestão consciente dos resíduos na Ilha da Madeira. Foram utilizadas metodologias como brainstorming e mapeamento das ideias que iam surgindo, permitindo agrupar sugestões de uma forma bem estruturada.

Os conceitos mais relevantes foram aqueles que associavam simplicidade de uso, gamificação e impacto educativo. A partir destes, foram definidos os principais eixos do projeto: uma plataforma digital informativa e interativa, uma identidade visual acessível e uma estratégia de comunicação participativa.

O resultado desta fase foi a definição de um conceito de experiência centrada em **motivar**, **informar** e **envolver** o cidadão madeirense no ciclo dos resíduos urbanos.

4.4.2. Arquitetura de Informação - *User Flow*

Após a definição do conceito, foi desenvolvida a arquitetura de informação que estruturou o conteúdo e a experiência do utilizador. O objetivo foi criar uma navegação intuitiva, que permitisse ao cidadão encontrar rapidamente informações sobre separação de resíduos, pontos de recolha e locais de descarte correto.

O “*user flow*” (Figura 36) foi elaborado para conceber coerência à app, representando o percurso que um utilizador realiza dentro de uma interface digital, desde o momento que entra até à concretização de uma ação específica. Mostra também como

o utilizador se desloca entre páginas, botões, menus ou funções, e de que forma alcança os seus objetivos dentro do sistema.

A estrutura foi testada de forma iterativa com um pequeno grupo de utilizadores, através de alguns testes, permitindo validar a eficácia da hierarquia visual e lógica antes do desenvolvimento dos protótipos.

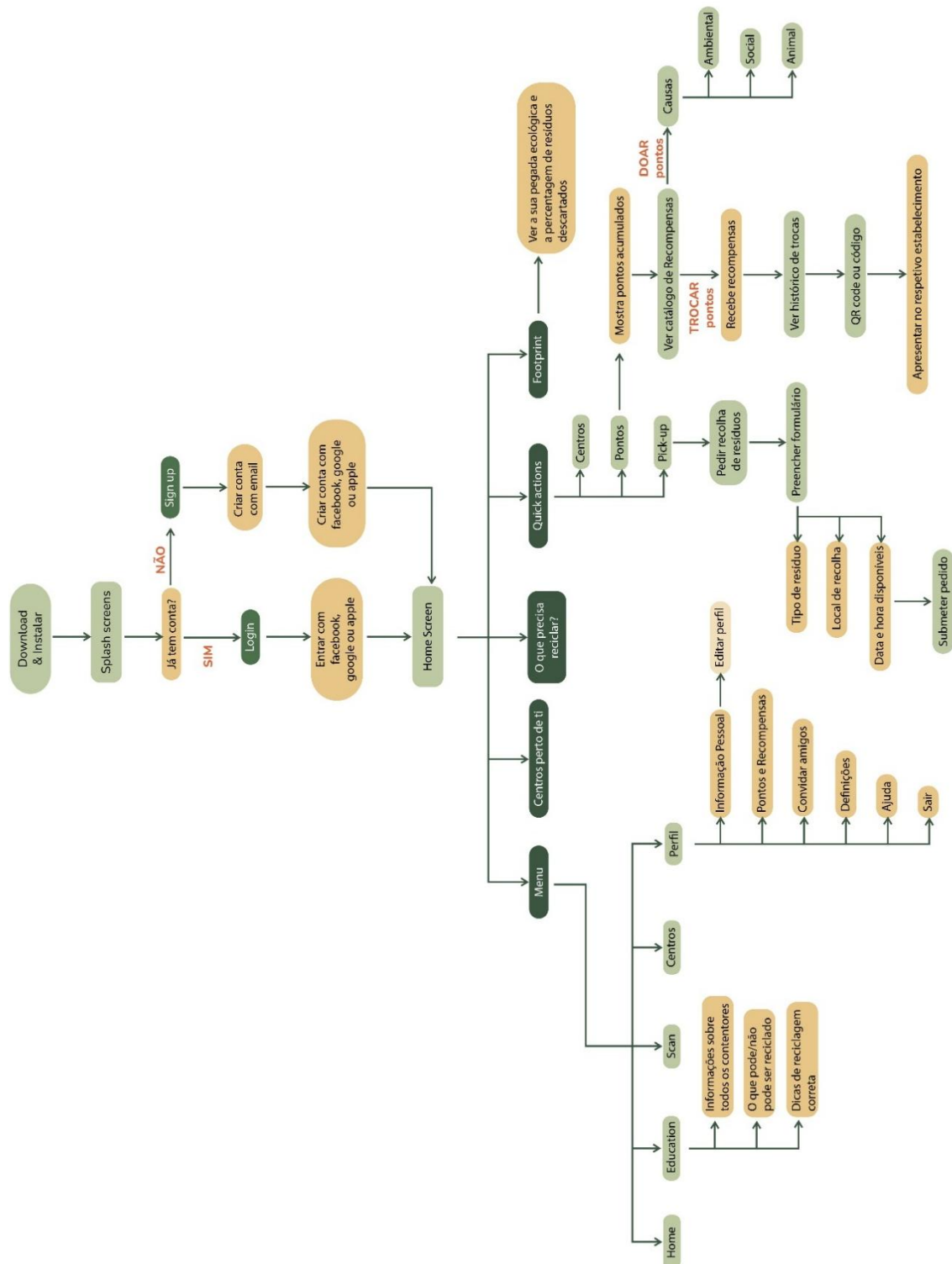


Figura 36 – User flow da app. Fonte: Elaborada pela autora, 2025

4.4.3. Wireframes

Com base na arquitetura de informação (*user flow*), foram desenvolvidos os *wireframes* iniciais (Figura 37) que serviram de base à interface digital do projeto. Estes esquemas de baixa fidelidade permitiram testar a organização espacial, hierarquia de elementos e usabilidade, antes da introdução de elementos gráficos definitivos. Os testes com utilizadores demonstraram boa percepção da estrutura e uma rápida compreensão, confirmando que o design cumpria o objetivo principal de informar e motivar de forma simples e acessível. Todos os *wireframes* desenvolvidos podem ser consultados no Apêndice H.

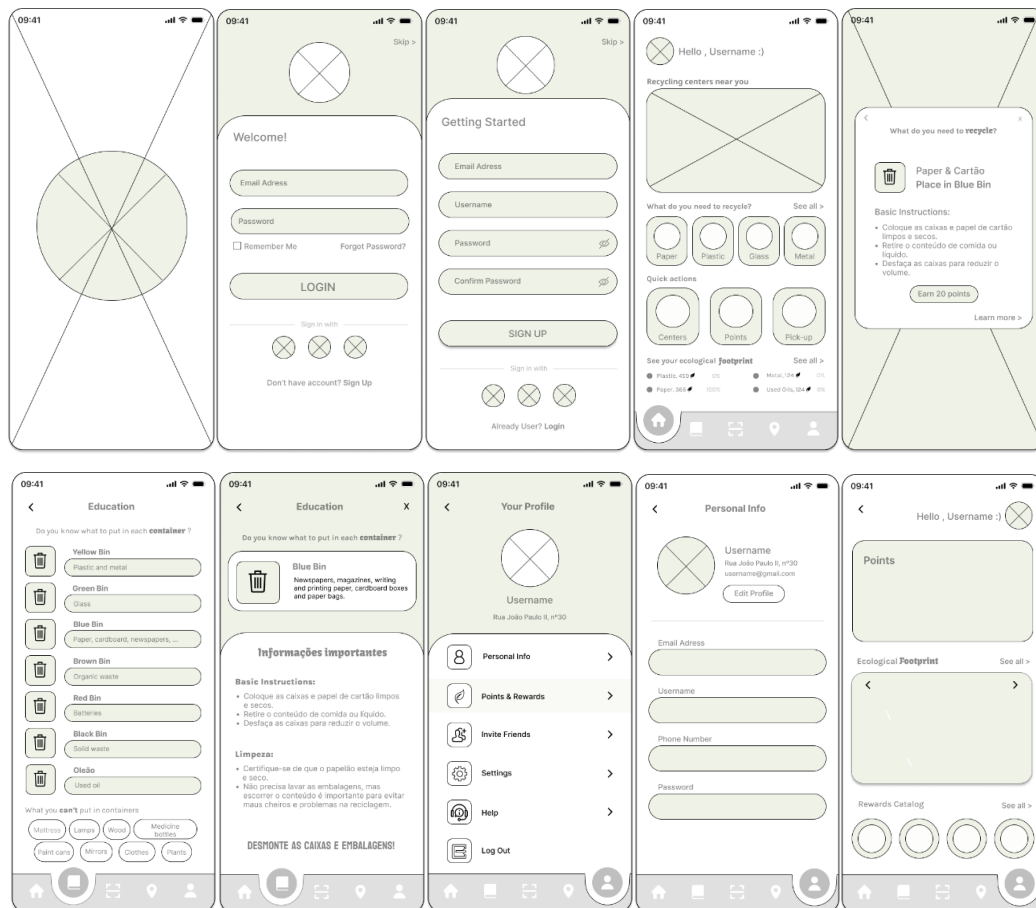


Figura 37 – Wireframes. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

4.5. Prototipagem

4.5.1. Escolha das ferramentas de prototipagem

Para o desenvolvimento do protótipo, foi selecionada a ferramenta Figma, uma plataforma utilizada no design digital pela sua versatilidade. Esta escolha permitiu criar protótipos interativos de alta fidelidade, possibilitando simular o comportamento do utilizador dentro da interface e validar a eficácia da navegação proposta. Também possibilitou um fácil manuseamento sobre os testes de usabilidade e ajudou na partilha com utilizadores e orientadores, o que facilitou o processo de recolha de feedback e iteração do design.

4.5.2. Desenvolvimento do protótipo

O protótipo foi sofrendo algumas alterações ao longo do seu desenvolvimento, até à versão final apresentada. Todos os ecrãs desenhados podem ser consultados no Apêndice I. Na página de apresentação surge o logotipo até os conteúdos da plataforma estarem disponíveis (Figura 38), e seguidamente é iniciado com um *splash screen* que contem uma frase descritiva do que se destina a app (Figura 39). Após essas duas páginas iniciais são apresentadas as opções de login (Figura 40) por entrada através das credenciais pessoais (email e password) ou via redes sociais associadas à conta. Caso o utilizador não possua conta, tem a opção de a criar (Figura 41) onde é necessário colocar email, nome de utilizador, definir password e confirmá-la. Há ainda a opção de não criar ou entrar com a sua conta, clicando no “skip”, o que o leva diretamente para a página inicial.



Figura 38 – ecrã inicial
Fonte: Autora, 2025



Figura 39 – splash screen
Fonte: Autora, 2025

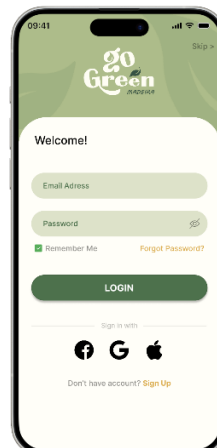


Figura 40 – Login
Fonte: Autora, 2025

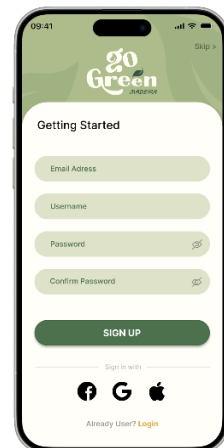


Figura 41 – Sign up
Fonte: Autora, 2025

A página inicial da aplicação (Figura 42) apresenta uma interface intuitiva e de fácil navegação, concebida para auxiliar o utilizador na gestão e planeamento das suas atividades de reciclagem. Na parte inferior, encontra-se a barra de navegação, com ícones que permitem o acesso rápido às principais secções da aplicação, como a página inicial, página da educação, scanner de reciclagem, mapa e perfil do utilizador.

Na parte superior, encontra-se uma secção que apresenta um mapa interativo com a localização dos centros de reciclagem mais próximos. Esta funcionalidade permite ao utilizador identificar rapidamente os pontos de recolha existentes na sua área geográfica (Figura 43).

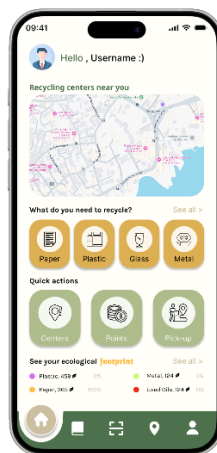


Figura 42 – Página inicial
Fonte: Autora, 2025



Figura 43 – Mapa
Fonte: Autora, 2025

Para esta fase inicial, o projeto será centrado na interação entre utilizadores. A aplicação funcionará com a colaboração da própria comunidade: sempre que um utilizador se deslocar a um contentor, poderá reportar através da app se este se encontra cheio ou vazio. Esta informação será disponibilizada em tempo real para os restantes utilizadores, permitindo-lhes planear melhor as suas deslocações e contribuindo para um sistema mais eficiente. Ao envolver diretamente a comunidade na melhoria do serviço, o projeto promove a **inovação social**, fortalecendo a participação dos cidadãos (Figura 44).

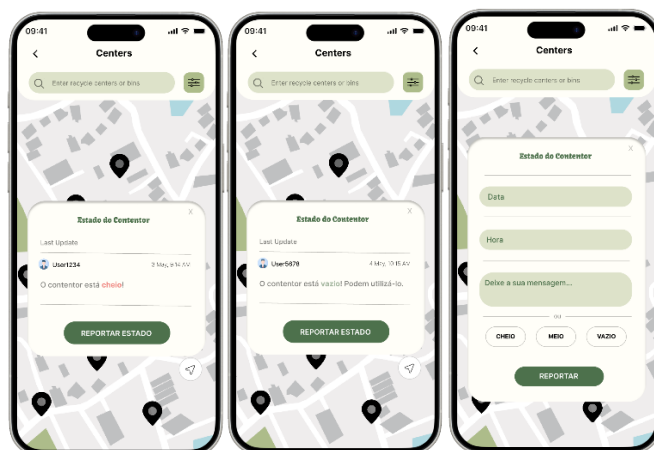


Figura 44 – Estado dos contentores. Fonte: Autora, 2025

Numa fase posterior, como passo futuro deste projeto, está prevista a implementação da **IoT**, colocando sensores em cada contentor para monitorizar automaticamente o seu estado. Esta abordagem permitirá saber se um contentor está cheio ou vazio sem necessidade de deslocações físicas, tornando o sistema totalmente automatizado e ainda mais eficiente. Será representada como em exemplo na Figura 45, se o contentor estiver completamente cheio a app avisa automaticamente que o utilizador deve dirigir-se para o contentor mais próximo, dando assim a melhor opção de local de descarte.

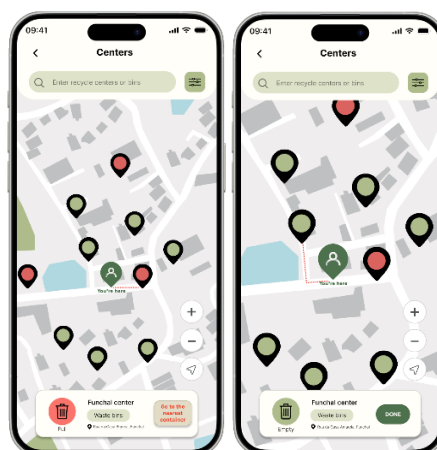


Figura 45 – Mapa com IoT. Fonte: Autora, 2025

De seguida, surge a secção dos materiais que são possíveis reciclar, que disponibiliza botões de acesso rápido para diferentes tipos de resíduos. Cada botão é identificado por um ícone representativo, facilitando a identificação visual e promovendo uma interação simples e eficiente, sendo possível ver todos os tipos de resíduos que necessita através do botão “see all” (Figura 46). Ao escolher um resíduo, é exibido o

contentor adequado para o seu descarte e algumas informações básicas de como o fazer (Figura 47).



Figura 46 – Resíduos
Fonte: Autora, 2025

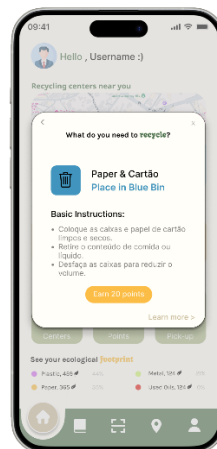


Figura 47 – Instruções
Fonte: Autora, 2025

Ao descartar corretamente o utilizador pode ganhar pontos (Figura 48) ou, se tiver dificuldades, tem a opção de aprender mais, sendo direcionado para a secção da “Educação” (Figura 49), onde escolhe qual o contentor adequado para o descarte dos seus resíduos e tem acesso a informações importantes sobre os mesmos (Figura 50).

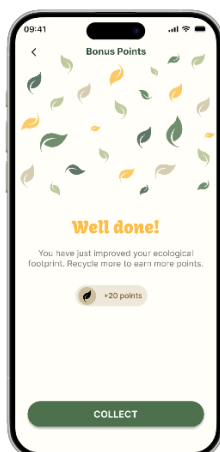


Figura 48 – Pontos
Fonte: Autora, 2025



Figura 49 – Pág. Educação
Fonte: Autora, 2025

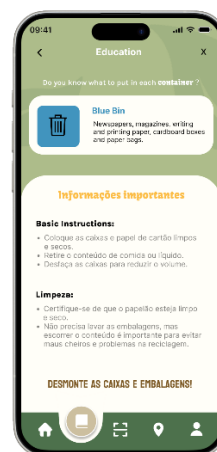


Figura 50 – Contentor
Fonte: Autora, 2025

Na secção “Quick actions”, o utilizador pode aceder a três funcionalidades: Centros de descarte de resíduos, os seus pontos e agendar/pedir uma recolha de resíduos (Figura 51).

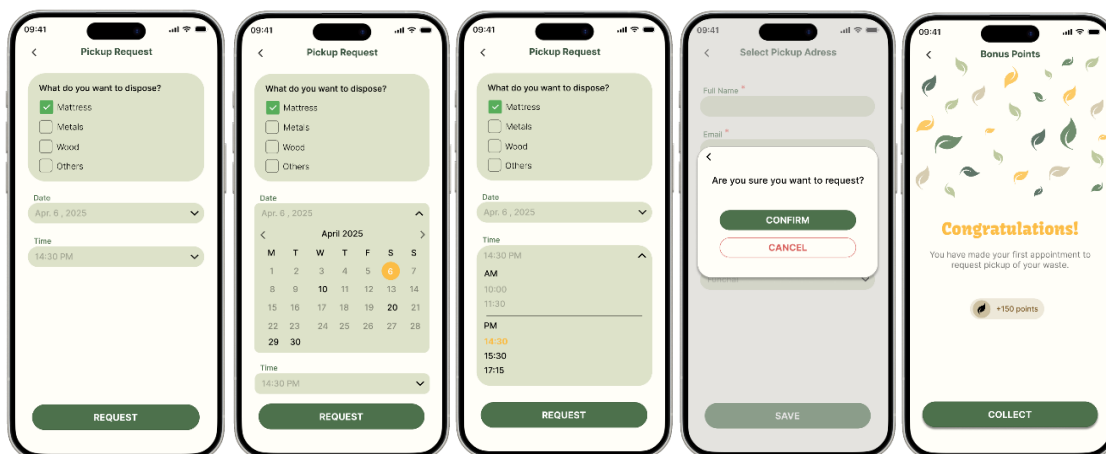


Figura 51 – Pedido de recolha. Fonte: Autora, 2025

Por fim, a área da pegada ecológica apresenta um resumo do impacto ecológico do utilizador, com dados relativos à quantidade de materiais reciclados, representados por cores distintas e indicadores percentuais, podendo ser visto o seu histórico desde um mês, 6 meses e um ano (Figura 52).

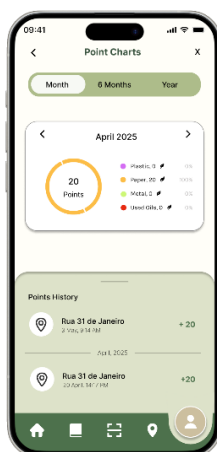


Figura 52 – Página da pegada ecológica do utilizador. Fonte: Autora, 2025

Na terceira secção da barra de navegação, encontra-se o scan (Figura 53) que ativa a função de reconhecimento de objetos através da inteligência artificial. Esta funcionalidade identifica automaticamente o tipo de material de um objeto (por exemplo, distinguir entre plástico, vidro, metal ou papel) através da câmara do dispositivo. Assim, o utilizador pode simplesmente apontar a câmara para o objeto, e a aplicação indica o tipo de resíduo e o contentor adequado, tornando o processo de separação e reciclagem mais acessível e educativo.

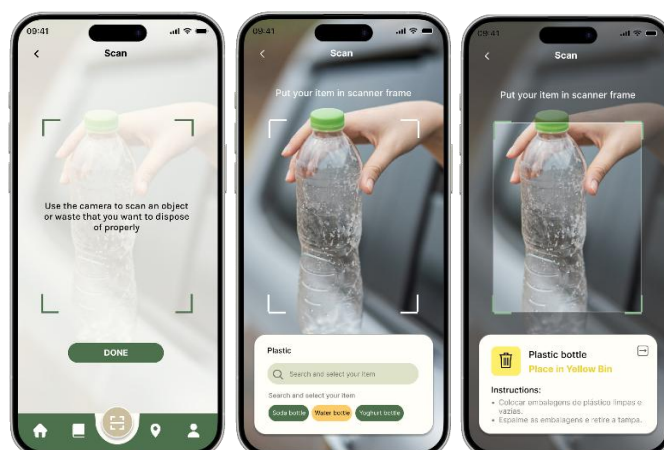


Figura 53– Página de scan de objetos. Fonte: Autora, 2025

Caso o material que o utilizador fez scan não for possível descartar em nenhum contentor ou ponto de recolha/ecocentro, será apresentado um aviso com o que o utilizador deverá fazer para um descarte correto, como exemplificado na Figura 54.

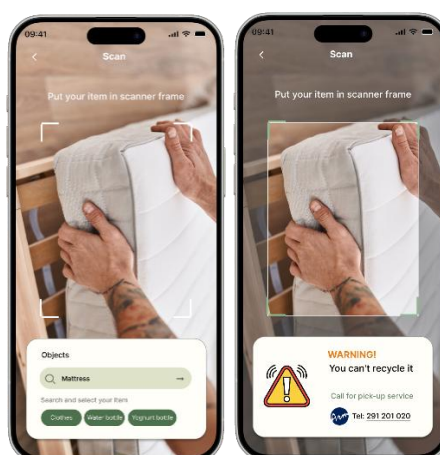


Figura 54 – Página de scan de objetos não recicláveis. Fonte: Autora, 2025

A quarta secção é a dos centros de depósito de resíduos. Como anteriormente apresentado, esta secção permite ao utilizador aceder aos pontos de recolha existentes perto de si. Pondo definir e seleccionar que tipo de resíduo quer descartar e que tipo de centro de reciclagem deseja (Figura 55). Isto facilita na pesquisa dos locais de descarte e a otimização dos percursos que o utilizador terá de percorrer.

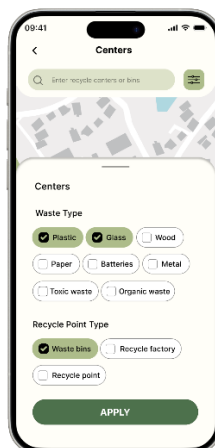
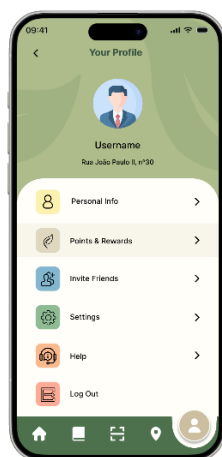
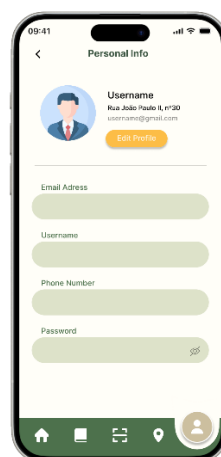


Figura 55 – Opções de escolha de resíduos e locais de descarte. Fonte: Autora, 2025

A secção final da barra de navegação diz respeito ao perfil do utilizador (Figura 56). Tem como objetivo centralizar e simplificar a gestão das informações pessoais e preferências do utilizador. É apresentado um menu que reúne as principais opções de gestão da conta. Neste menu, o utilizador pode aceder à sua informação pessoal, que é totalmente editável (Figura 57), consultar os pontos e recompensas obtidos, utilizar a opção “Convidar Amigos” para promover o uso da aplicação, aceder às definições para ajustar preferências, recorrer à central de ajuda em caso de dúvidas ou problemas, e, por fim, seleccionar a opção de terminar sessão de forma segura.



*Figura 56 – Perfil.
Fonte: Autora, 2025*



*Figura 57 – Edição de perfil.
Fonte: Autora, 2025*

Ao aceder aos “Pontos e Recompensas” (Figura 58), o utilizador encontra um painel principal onde é exibido, em destaque, o total de pontos acumulados. Nesta área, é também possível consultar a pegada ecológica mensal e explorar o catálogo de

recompensas disponíveis. Ao selecionar a opção “see all”, o utilizador tem acesso a uma lista completa de recompensas, podendo visualizar todas as opções disponíveis e escolher entre trocar os seus pontos por recompensas ou doá-los a uma causa solidária (Figura 59).



Figura 58 – Pontos e Recompensas
Fonte: Autora, 2025

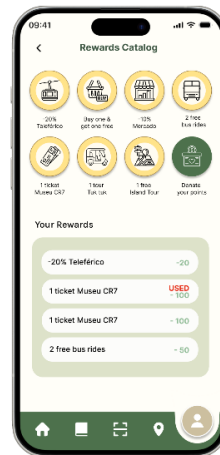


Figura 59 – Catálogo de recompensas
Fonte: Autora, 2025

Ao optar por trocar os pontos por uma recompensa, é apresentada uma notificação pop-up que solicita a confirmação da ação, garantindo que o utilizador pretende realmente efetuar a troca (Figura 60). Após confirmar, selecionando a opção “Trocar”, o sistema gera automaticamente um código que permite ao utilizador usufruir do desconto ou benefício correspondente à recompensa escolhida (Figura 61).

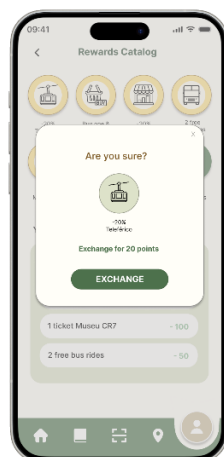


Figura 60 – Notificação pop-up
Fonte: Autora, 2025

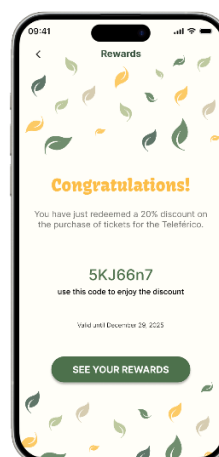


Figura 61 – Código de desconto
Fonte: Autora, 2025

Caso o utilizador pretenda consultar todas as suas recompensas, tanto as que já foram utilizadas como as que ainda se encontram disponíveis, pode regressar à página do

“Catálogo de Recompensas”. Ao aceder a uma recompensa específica, é disponibilizado um código QR, oferecendo uma alternativa mais prática e rápida de utilização face ao código tradicional, como mostra a Figura 62.

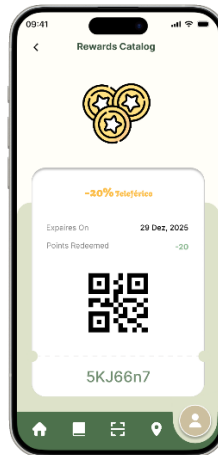


Figura 62 – QR code de desconto. Fonte: Autora, 2025

Por fim, ao optar por doar os seus pontos a uma causa solidária (Figura 63), o utilizador tem à sua disposição três categorias de doação: causas ambientais, sociais ou animais. Cada categoria representa um conjunto de iniciativas com objetivos distintos, permitindo ao utilizador escolher a área com que mais se identifica. Ao seleccionar esta opção, é apresentada uma página informativa que descreve as condições e requisitos da doação, explicando o processo de conversão dos pontos em euros doados. Como forma de incentivo e reconhecimento, o utilizador recebe uma recompensa simbólica pela sua contribuição solidária, reforçando o carácter educativo e socialmente responsável da aplicação.

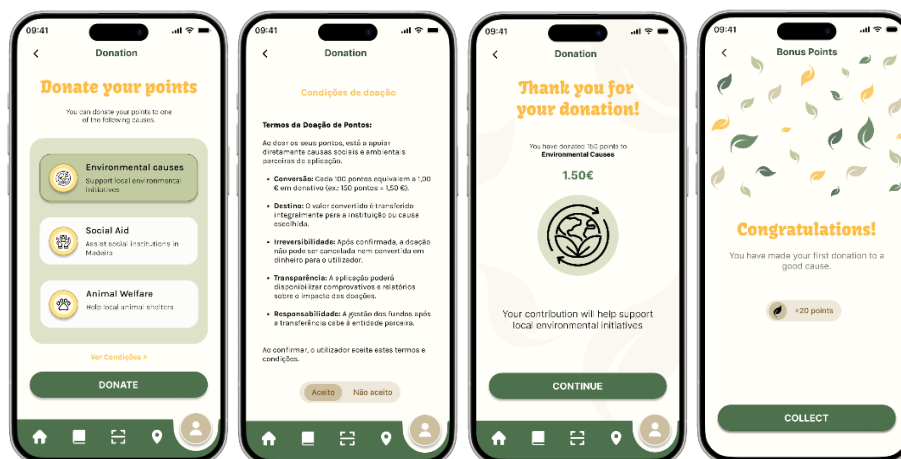


Figura 63 – Processo de doação de pontos. Fonte: Autora, 2025

Esta fase de prototipagem permitiu validar a estrutura visual e funcional do projeto, garantindo uma interface intuitiva e coerente com os objetivos definidos. Esta etapa foi essencial para testar a navegação, a usabilidade e a integração das principais funcionalidades, confirmando a viabilidade do conceito e servindo como base sólida para o desenvolvimento futuro da aplicação.

4.5.3. Website

Para além da aplicação, foi também desenvolvido um website complementar, com o principal objetivo de integrar algumas das funcionalidades já presentes na aplicação, bem como outras de carácter informativo que, de outro modo, não poderiam ser apresentadas de forma clara e detalhada. Mantendo o mesmo grafismo e identidade visual, o website assegura a coerência do projeto, reforçando a unidade entre os diferentes suportes. As figuras seguintes ilustram a forma como o site foi concebido e estruturado. Pode consultar todas as páginas desenvolvidas no Apêndice J.

Em todos os layouts, foi definida a presença de um cabeçalho fixo, permitindo o acesso rápido à barra de pesquisa, às notificações, ao login e ao registo de novos utilizadores. Considerando a variedade de opções incluídas, optou-se por uma barra de menu oculta, de modo a evitar o excesso de informação visual e garantir uma interface limpa, funcional e sem distrações. Neste sentido a mesma é apenas revelada automaticamente quando o utilizador carrega em cima do logotipo (em exemplo na Figura 64). O conteúdo da página inicial faz referência à aplicação, apelando ao seu download e indicando onde está disponível. Ainda que o utilizador não efetue o login é possível consultar toda a informação presente nas páginas.

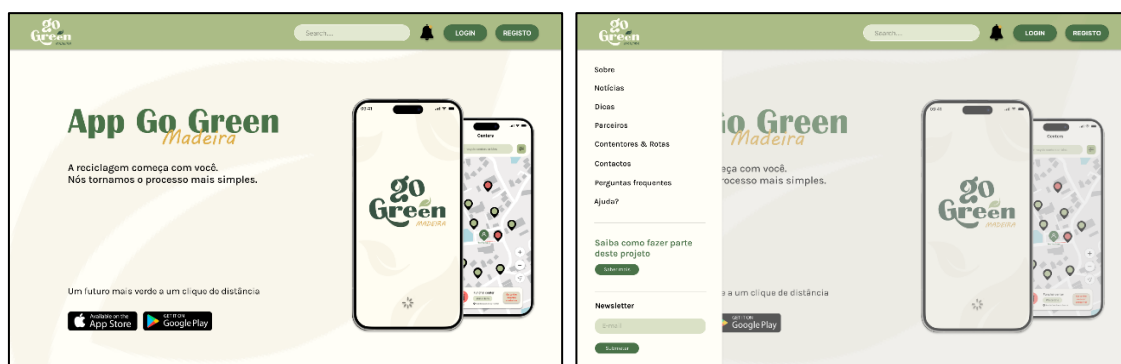


Figura 64 – Frontpage website. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

As principais diferenças entre ambas as plataformas residem, sobretudo, nas funcionalidades adicionais integradas no website. Entre elas, destaca-se a identificação dos parceiros locais (Figura 65), ou seja, estabelecimentos comerciais aderentes onde os utilizadores podem trocar os pontos acumulados por recompensas. Esta funcionalidade visa promover o comércio local, incentivando práticas mais sustentáveis enquanto divulga simultaneamente a própria aplicação.

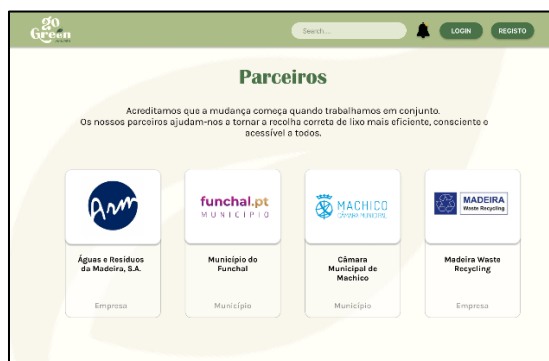


Figura 65 – Página de parceiros. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

Outra secção relevante é a página de notícias, concebida para manter um fluxo contínuo de comunicação com os utilizadores, disponibilizando conteúdos relacionados com práticas ambientais e iniciativas sustentáveis a nível internacional, nacional e regional (Figura 66).



Figura 66 – Página de notícias. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

Por fim, foi criada uma página dedicada a dicas (Figura 67) de como as pessoas devem reciclar e o que devem colocar em cada contentor. Também apresenta dicas de como reduzir a produção de lixo e, consequentemente a nossa pegada ecológica.



Figura 67 – Página de dicas de reciclagem. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

4.5.4. Ação de divulgação

Para maximizar o impacto da proposta e promover a sua adoção junto da comunidade, foi planeada uma ação de divulgação estratégica, concebida para apresentar o projeto ao público, estimular a participação e reforçar a consciencialização ambiental. Esta iniciativa procurou sensibilizar o público para a importância da adoção de práticas sustentáveis, ao mesmo tempo que incentivou a utilização da app.

Foram criados alguns suportes de divulgação: um folheto informativo, uma *tote bag*, um poster promocional e ainda o conceito de um saco específico onde os utilizadores possam separar o seu lixo corretamente em casa e posteriormente coloca-los nos contentores específicos para descarte.

O folheto (Figura 68) teve como propósito apresentar de forma clara e concisa o projeto, descrevendo qual o grande problema que estamos a enfrentar enquanto cidadãos responsáveis pelo meio ambiente e quais as boas práticas que devem ser adotadas. Através de uma linguagem simples e visualmente apelativa, este material serve como instrumento de sensibilização e de convite à ação, direcionando os leitores para o download da aplicação (Apêndice K).



Figura 68 – Folheto de informação. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

Foram também desenvolvidos *tote bags* (Figura 69), uma opção sustentável e reutilizável, que não só incentivam práticas amigas do ambiente, mas também ajudam a divulgar e partilhar o projeto junto da comunidade, reforçando o seu impacto social (Apêndice L).



Figura 69 – Tote bag. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

O poster promocional (Figura 70) foi concebido para atrair a atenção do público em espaços de grande circulação, como escolas, centros comunitários e estabelecimentos comerciais. O design gráfico do poster manteve a coerência com a identidade visual do

projeto, utilizando os mesmos elementos cromáticos e tipográficos, garantindo unidade e consistência comunicacional entre todos os materiais (Apêndice M).



Figura 70 – Poster promocional. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

Por fim, foi desenvolvido um conceito de saco específico para a separação de resíduos recicláveis. A ideia é que os utilizadores façam a separação correta dos materiais em casa, utilizando um saco para cada tipo de resíduo. Por exemplo, um saco azul para papel e cartão, um saco amarelo para plástico e metal, e um saco verde para o vidro (Figura 71). Este sistema pretende facilitar e melhorar o processo de reciclagem, promovendo hábitos mais sustentáveis no quotidiano. Importa salientar que os sacos foram concebidos para serem reutilizáveis e **não** devem ser descartados juntamente com os resíduos, devendo ser esvaziados e utilizados repetidamente.



Figura 71 – Sacos para resíduos. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

Com a ajuda da inteligência artificial foi possível a criação de um render para uma melhor visualização de como seriam os sacos e qual a sua utilidade prática (Figura 72).



Figura 72 – Imagem produzida com auxílio de ferramenta de IA. Vizcom

4.6. Testes de Usabilidade e Avaliação inicial

Esta fase teve como principais objetivos identificar potenciais problemas de interação e recolher feedback qualitativo e quantitativo.

Para a realização destes testes, foram utilizados dois instrumentos: o NASA Task Load Index (NASA-TLX) e a Escala de Usabilidade do Sistema (SUS – *System Usability Scale*). O NASA-TLX foi aplicado com o objetivo de avaliar a carga de trabalho percebida pelos utilizadores durante a execução das tarefas propostas, considerando dimensões como esforço mental, esforço físico, exigência temporal, desempenho, frustração e exigência geral. O SUS foi utilizado para obter uma avaliação subjetiva da usabilidade do sistema, permitindo calcular uma pontuação que reflete a facilidade de uso percebida pelos participantes.

Durante as sessões de teste, os participantes foram convidados a realizar um conjunto de tarefas guiadas por um roteiro preparado previamente, de forma a garantir a consistência entre as experiências dos diferentes utilizadores. Este guião serviu para

orientar as ações dos participantes e assegurar que todos executassem as mesmas tarefas essenciais, possibilitando a comparabilidade dos dados recolhidos.

4.6.1. Perfil dos Participantes

Os participantes foram selecionados de forma aleatória, procurando abranger diferentes faixas etárias e perfis de utilizadores, de modo a obter uma amostra diversificada e representativa da população-alvo como mostra a Tabela 11. Esta abordagem teve como objetivo garantir uma maior variedade de respostas e perspetivas, uma vez que a aplicação se destina a todos os residentes da ilha, independentemente da idade ou experiência prévia com tecnologias digitais. O grupo de foco foi composto por 8 utilizadores, com idades compreendidas entre 8 e os 80 anos. Esta diversidade etária permitiu recolher opiniões e experiências distintas, contribuindo para uma avaliação mais completa e equilibrada da usabilidade e da experiência de interação com o sistema.

Tabela 11 – Perfil dos utilizadores. Fonte: Elaborada pela autora, 2025

ID	Idade	Género	Experiência com tecnologia
ID1	22	Masculino	Alta
ID2	51	Feminino	Média
ID3	27	Masculino	Alta
ID4	45	Feminino	Média
ID5	80	Feminino	Baixa
ID6	12	Masculino	Alta
ID7	8	Masculino	Média
ID8	61	Feminino	Baixa

4.6.2. Recolha de Feedback

Após a realização das tarefas definidas no guião previamente concebido (Apêndice N), os participantes preencheram os dois questionários: o SUS e o NASA-TLX (ver Apêndices O e P). Obtendo os seguintes resultados representados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Resultados questionário SUS. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Resultado
ID1	4	1	5	1	5	1	4	1	5	1	95
ID2	3	1	4	1	5	1	4	1	4	1	87.5
ID3	4	1	5	1	5	1	5	1	4	1	95
ID4	3	1	4	1	5	1	4	1	4	1	87.5
ID5	2	2	3	1	4	1	3	2	3	2	67.5
ID6	4	1	5	1	4	1	4	1	4	1	90
ID7	3	1	4	1	5	1	3	1	4	1	85
ID8	3	2	4	1	4	1	4	1	4	1	82.5
Média global											86.3

Legenda:

>80.3 – A – Excelente

68 – C – OK

<51 – F – Muito mau

68-80.3 – B – Bom

51-68 – D – Mau

Tabela 13 – Resultados questionário NASA TLX. Fonte: Elaborado pela autora, 2025

ID	Exigência Mental	Exigência Física	Exigência Temporal	Desempenho	Esforço	Frustração
ID1	20	15	35	15	10	10
ID2	30	25	40	25	25	30
ID3	20	15	30	10	10	5
ID4	35	15	40	25	15	20
ID5	50	30	60	60	40	20
ID6	15	10	20	15	10	5
ID7	30	10	25	20	10	0
ID8	30	10	25	40	35	15

Legenda:

0–20: muito baixa

41–60: moderada

81–100: muito alta

21–40: baixa

61–80: alta

4.6.3. Resultados e Análise Crítica

A análise dos resultados obtidos permitiu avaliar a percepção global da usabilidade e a carga de trabalho associada à utilização do sistema.

Relativamente ao SUS, as pontuações variaram entre 67.5 e 95, com uma média global de aproximadamente 86 pontos, o que, corresponde a uma usabilidade classificada como “Excelente”. De um modo geral, todos os participantes demonstraram uma

percepção muito positiva do sistema, com destaque para os utilizadores ID1, ID3 e ID6, que atingiram a pontuação máxima de 95 pontos. Apenas o participante ID5, com menor experiência tecnológica e idade mais avançada (80 anos), apresentou uma pontuação inferior (67.5), classificada como “OK”, o que sugere que a experiência pode exigir um ligeiro ajuste para públicos menos familiarizados com as novas tecnologias.

No que diz respeito ao NASA-TLX, os resultados revelaram uma carga de trabalho globalmente baixa, com valores médios mais reduzidos nas dimensões de esforço, exigência física e frustração, situando-se na categoria “muito baixa” a “baixa”. As dimensões de exigência mental e temporal apresentaram valores ligeiramente superiores em alguns casos, mas ainda dentro da faixa “baixa”, indicando que as tarefas não foram percecionadas como complexas ou exigentes. Estes dados refletem que os utilizadores conseguiram completar as tarefas propostas sem sentir esforço significativo ou frustração, o que reforça a boa experiência de interação observada.

De forma geral, os resultados coerentes, evidenciando que o sistema apresenta elevados padrões de usabilidade e baixa carga cognitiva, sendo considerado intuitivo, acessível e de fácil utilização por diferentes perfis de utilizadores. A diversidade etária e de experiência tecnológica dos participantes reforça esta conclusão, uma vez que o sistema demonstrou ser eficaz tanto para utilizadores jovens e experientes quanto para utilizadores com menor familiaridade tecnológica.

Em síntese, os dados recolhidos indicam que o sistema cumpre os princípios de boa usabilidade, garantindo uma interação simples, clara e satisfatória, embora possam ser consideradas pequenas melhorias de acessibilidade para utilizadores mais idosos ou menos experientes, de modo a otimizar ainda mais a experiência de utilização.

CAPÍTULO V – RESULTADOS

5.1. Síntese Conclusiva

O presente estudo permitiu compreender de forma aprofundada os desafios associados à gestão de resíduos na Ilha da Madeira e identificar quais as oportunidades de intervenção, articulando a disciplina do design, a tecnologia e os princípios da economia circular. Através da combinação de métodos de investigação qualitativa e quantitativa, incluindo as visitas de campo, questionários, entrevistas e processos de design centrado no utilizador, foi possível construir um diagnóstico bem estruturado do problema, identificar as necessidades reais da população e desenvolver um conceito capaz de contribuir para práticas mais sustentáveis.

Os resultados demonstraram que, embora exista consciência sobre a importância da separação dos resíduos, persistem lacunas significativas relacionadas com o acesso à informação, à literacia ambiental e à perceção da utilidade dos sistemas de recolha.

A interface criada, juntamente com os materiais de divulgação e o protótipo, revelou potencial para facilitar comportamentos sustentáveis, reforçar a proximidade entre a comunidade e os serviços de gestão de resíduos, e promover uma maior participação cívica. Assim, a investigação reforça a importância do design enquanto elemento estratégico para a inovação ambiental e para o envolvimento dos cidadãos na construção de sistemas mais inteligentes e circulares.

5.2. Avaliação do Impacto

A avaliação do impacto centrou-se na análise dos resultados obtidos a partir dos testes de usabilidade, do feedback recolhido junto dos participantes e da observação do comportamento dos utilizadores perante o protótipo desenvolvido. De uma forma geral, os participantes demonstraram uma grande aceitação da proposta, destacando a clareza visual e a facilidade de navegação. A partir desta análise, foi possível identificar diferentes dimensões de impacto.

Em primeiro lugar, verificou-se um impacto cognitivo significativo, evidenciado pelo aumento da perceção sobre a importância da separação correta dos resíduos. Paralelamente, observou-se um impacto comportamental, traduzido na intenção dos utilizadores de adotar práticas mais alinhadas com os princípios da economia circular.

Também se registou um impacto tecnológico, demonstrando que ferramentas digitais concebidas através de metodologias centradas no utilizador podem efetivamente facilitar a participação ativa da população na gestão sustentável dos resíduos. Por fim, verificou-se um impacto social, pois o projeto revelou potencial para fortalecer a relação entre a comunidade e as entidades responsáveis, promovendo maior confiança no serviço atual de recolha de resíduos e incentivando a responsabilização ambiental.

Apesar destes avanços, importa reconhecer que o impacto real e continuado do projeto só poderá ser plenamente avaliado mediante a sua implementação em contexto real.

5.3. Sugestões para Investigações Futuras

Com base nos resultados obtidos ao longo deste estudo, emergem várias oportunidades de aprofundamento que poderão contribuir para a evolução e consolidação do projeto. Uma primeira linha de investigação futura passa pela realização de uma avaliação do sistema proposto, implementando o protótipo num ambiente real e analisando a sua eficácia ao longo do tempo. Este acompanhamento permitiria a análise de indicadores como o aumento da separação correta de resíduos, a redução dos resíduos indiferenciados ou a melhoria da literacia ambiental da comunidade. Outra direção relevante consiste na integração de tecnologias avançadas, nomeadamente a combinação de Inteligência Artificial e a Internet das Coisas, com o objetivo de desenvolver sistemas preditivos de gestão de resíduos, otimizar as rotas de recolha e disponibilizar feedback personalizado aos cidadãos. Em paralelo, seria pertinente aprofundar o estudo sobre o comportamento do utilizador, investigando as motivações e barreiras que influenciam a adoção de práticas sustentáveis.

Sugere-se ainda a expansão do projeto para outros contextos geográficos, de modo a avaliar a sua aplicabilidade em outras regiões insulares, cidades portuguesas ou territórios com desafios semelhantes, permitindo compreender como diferenças culturais, infraestruturais ou sociais podem impactar a implementação da solução. Finalmente, destaca-se a importância de desenvolver campanhas de sensibilização que utilizem estratégias como gamificação, *storytelling* ou experiências interativas, com o objetivo de avaliar quais promovem maior participação e mudanças de comportamento mais eficazes.

5.4. Limitações do Estudo e Reflexões Finais

Embora este estudo tenha contribuído significativamente para o entendimento da gestão de resíduos na Madeira e para a criação de uma solução inovadora, é importante reconhecer algumas limitações.

Primeiro, o número de participantes nos questionários e entrevistas, embora suficiente para uma análise qualitativa, poderia ser ampliado para garantir maior representatividade estatística. Além disso, os testes de usabilidade foram realizados num ambiente controlado, o que não reflete completamente as condições e desafios de utilização no dia a dia.

Outra limitação prende-se com a fase de prototipagem, que se apresentou apenas como um conceito inicial. Embora funcional a nível exploratório, o protótipo não contempla todas as funcionalidades necessárias para uma implementação real, nomeadamente aquelas relacionadas com a integração de dados em tempo real com os sistemas tecnológicos da ARM.

Apesar destas limitações, o estudo reforça a relevância do design enquanto agente transformador e evidencia o seu papel estratégico na transição para sistemas de gestão de resíduos mais eficientes, participativos e sustentáveis. A abordagem adotada demonstrou que soluções centradas no utilizador, aliadas à tecnologia e à educação ambiental, podem gerar impactos positivos e contribuir para uma cultura mais responsável face ao meio ambiente.

Em suma, esta investigação representa um contributo valioso para a área da sustentabilidade, abrindo caminho para futuras aplicações de design e inovação tecnológica no contexto insular.

CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdallah, M., Talib, M.A., Feroz, S., Nasir, Q., Abdalla, H., Mahfood, B., 2020. Artificial intelligence applications in solid waste management: a systematic research review. *Waste Manag.* 109, 231–246.

Abdel-shafy, H. I., & Mansour, M. S.M. (2018) Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization.

Alawadhi, S., Aldama-nalda, A., Chourabi, H., Gil-Garcia, J. R., Leung, S., Mellouli, S., Nam, T., Pardo, T. A., Scholl, H. J., & Walker, S. (2012). *Building understanding of smart city initiatives*. In H. J. Scholl et al. (Eds.), *EGOV 2012, LNCS 7443* (pp. 40–53). IFIP International Federation for Information Processing. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33489-4_4.

Ali, M. M., Shijina, B., Sooraj, P., Babu, S., & Nainachan, A. (2024). *Towards a greener future: IoT-enabled waste management systems*. Preprint. <https://doi.org/10.22541/au.172971573.30184146/v1>.

Ameru AI. (n.d.). *Ameru – Smart waste bin solution*. <https://www.ameru.ai/>.

Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. In Elsevier (Ed.), *Cities* (pp. 95-106). <https://doi:10.1016/j.cities.2015.05.004>.

ARM - Águas e Resíduos da Madeira, S. A. (s.d.). *Resíduos*. <https://arm.pt/residuos/>.

ASHTON, K. (2009, 22 de junho). *That 'Internet of Things' Thing*. RFID Journal. <https://www.rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881>.

International Solid Waste Association (ISWA). (2021). *O futuro do setor de gestão de resíduos: Tendências, oportunidades e desafios para a década (2021-2030)*. ISWA.

BCSD Portugal. (s.d.). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)*. ODS – BCSD Portugal. <https://ods.pt/ods/>.

BEEAH Group. (2023, 14 de agosto). *BEEAH unveils region's first AI vision cameras to enhance city cleaning and waste management*. <https://www.beeahgroup.com/regions-first-ai-vision-cameras-to-enhance-city-cleaning-and-waste-management/>.

Bellavista, P., Cardone, G., CorradI, A., and Foschini, L. “Convergence of MANETandWSNinIoTurbanscenarios,” *IEEE Sens. J.*, vol. 13, no. 10, pp. 3558–3567, Oct. 2013.

Berkemeier, R., & Fonseca, S. (2019, janeiro 14). *The hidden costs of incineration: The case of Madeira and Azores* (Case Study). Zero Waste Europe / ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável. <https://zerowasteeurope.eu/library/the-hidden-costs-of-incineration-the-case-of-madeira-and-azores/>.

Bibri, S. E., Krogstie, J., Kaboli, A., & Alahi, A. (2024). *Smarter eco-cities and their leading-edge artificial intelligence of things solutions for environmental sustainability: A comprehensive systematic review*. *Environmental Science and Ecotechnology*, 19, 100330. <https://doi.org/10.1016/j.es.2023.100330>.

Boostani, F., Golzary, A., Huisin, D., & Skitmore, M. (2024). *Mapeando o futuro: revelando tendências globais em pesquisa de gerenciamento inteligente de resíduos*. *Results in Engineering*, 24, 103485. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103485>.

Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2014). Waste to energy—key element for sustainable waste management. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.003>.

Campbell, S. (1996). *Green cities, growing cities, just cities? Urban planning and the contradictions of sustainable development*. *Journal of the American Planning Association*, 62(3), 296–312. <https://doi.org/10.1080/01944369608975696>.

Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. (2016). Design for Sustainability: An Evolutionary Review. *Design Research Society International Conference 2016*. <https://doi.org/10.21606/drs.2016.59>.

Ceschin, F., & Gaziulusoy, İ. (2020). *Design for sustainability: A multi-level framework from products to socio-technical systems*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429456510>.

Chen, Y.-S., & Chang, C.-H. (2013). Greenwash and green trust: The mediation effects of green consumer confusion and green perceived risk. *Journal of Business Ethics*, 114(3), 489–500. <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1360-0>.

Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T. A. e Scholl, H. J. (2012). Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. *Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, 45, 2289-2294. <https://doi:10.1109/hicss.2012.615>.

City of Toronto. (s.d.). *TOwaste App*. <https://www.toronto.ca/services-payments/recycling-organics-garbage/towaste-app/>.

Dam, R. F. (2025, 18 de julho). *The 5 Stages in the Design Thinking Process*. Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking->

[process?srsId=AfmBOoqV0nvHN1QbaG9bQe9sx372s_mhaSaQAOIgRCHy-pSXM8zu9HGD.](#)

De Santis, R., Fasano, A., Mignolli, N., & Villa, A. (2014). *Smart city: fact and fiction*. MPRA Paper 54536, University Library of Munich. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/54536/>.

Direção Regional de Estatística da Madeira. (s.d.). *Resíduos: Em 2023, produção total aumentou 30,9% face a 2022, devido ao acréscimo de resíduos inertes*. Governo Regional da Madeira. <https://estatistica.madeira.gov.pt/en/drem/cooperacaoestatistica/206-press-release/environment-press-release/4779-30-09-2024-residuos-2.html>.

Dirks, S. e Keeling, M. (2009), A vision of smarter cities - How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future. IBM Global Business Services. https://www.ibm.com/smarterplanet/global/files/in_none_smarter_cities_a_vision_of_smarter_cities_exec_summary_1.26mb.pdf

Ellen Macarthur Foundation & Mckinsey & Company. (2012). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation.

Ellen Macarthur Foundation. (2019). *Artificial intelligence and the circular economy: AI as a tool to accelerate the transition*. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/our-story/partners/global/google>.

Ellen Macarthur Foundation. (2021, 12 de fevereiro). *The butterfly diagram: Visualising the circular economy*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>.

Ellen Macarthur Foundation. (2022, 23 de maio). *The biological cycle of the butterfly diagram*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-biological-cycle-of-the-butterfly-diagram>.

Ellen Macarthur Foundation. (2024, 21 de agosto). *Circular economy principles*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-principle>.

Ephemerization. (2024, 14 de junho). Na Wikipédia. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ephemerization&oldid=1214684036>.

European Commission. (s.d.). *Cidades e comunidades inteligentes*. Shaping Europe's digital future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pt/policies/smart-cities-and-communities>.

Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>.

Fiftyfive Tech. (2025, 11 de julho). *Waste Management System*. <https://fiftyfivetech.io/waste-management-system/>.

Fuller, R. B. (1969). *Operating Manual for Spaceship Earth*. Carbondale, IL: Southern Illinois University Press.

Garrett, J.J. (2011). *The elements of user experience: User-centered design for the web and beyond* (2ª ed.). New Riders.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities*. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.

Gomes, D. dos S. (2010). *Inteligência artificial: Conceitos e aplicações*. Revista Olhar Científico – Faculdades Associadas de Ariquemes, 1(2), 234–246.

Greengard, S. (2015). *The Internet of Things*. MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/9780262527736/the-internet-of-things/>.

Gu, Q., Sing, M. C. P., Jefferies, M., & Kanjanabootra, S. (2025). *Bridging the gap between smart cities and sustainability: Current practices and future trends*. *Cities*, 159, 105799. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105799>.

Hall, R. E. (2000). The vision of a smart city. In *Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop*, Paris, France, September 28. http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/773961_oxyp82/webviewable/773961.pdf.

Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010). *Foundations for Smarter Cities*. IBM Journal of Research and Development, 54(4).

HEIJLTJES + AKKAYA. (s.d.). *Goedzak*. <https://www.heijltjesakkaya.com/goedzak>.

Icivitas. (2025, 6 de janeiro). *Singapura Cidade Inteligente: Jornada Digital e Inovação*. <https://icivitas.city/singapura/>.

IDEO.org. (2015). *The field guide to human-centered design* (1ª ed.). IDEO.org. <https://www.designkit.org/resources/1>.

Impulsespring, Lda., & AMBI 22 – Estudos e Projectos Ambiente, Lda. (2022). *Brochura técnica sobre economia circular: Caracterização do setor nacional*. APEMETA – Associação Portuguesa de Empresas de Tecnologias Ambientais. <https://www.apemeta.pt>.

Interaction Design Foundation. (s.d.). *Human-centered design*. Em *Interaction-Design.org*. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/human-centered-design>.

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 9241-210:2019 - Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems*. <https://www.iso.org/standard/77520.html>.

Jervis, J. (2013). *50 design ideas you really need to know*. Quercus Publishing.

John Mccarthy (computer scientist). (2024, 2 de julho). Na Wikipédia. [https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_\(computer_scientist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist)).

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.

Knight, W. (2019). *UX for Developers: How to Integrate User-Centered Design Principles Into Your Day-to-Day Development Work*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4227-8>.

Lai, O. (2022, 20 de abril). *Smart city in Dubai: Could blockchain technology be the game changer?* Earth.Org. <https://earth.org/smart-city-in-dubai/>.

Lakhout, A. (2025). *Revolutionizing urban solid waste management with AI and IoT: A review of smart solutions for waste collection, sorting, and recycling*. *Results in Engineering*, 25, 104018. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104018>.

Laufer, W. S. (2003). *Social accountability and corporate greenwashing*. *Journal of Business Ethics*, 43(3), 253–261. <https://doi.org/10.1023/A:1022962719299>.

Magdy. (2025, 19 de fevereiro). *AI powered smart city initiatives in Dubai*. IEREK. <https://www.ierek.com/news/ai-powered-smart-city-initiatives-in-dubai/>.

Martinho, J. (2021, 3 de agosto). *Ecoturismo em prol da sustentabilidade*. Associação Insular de Geografia. <https://aigmadeira.pt/opinioao/15/ecoturismo-em-prol-da-sustentabilidade>

Mcdonough, W., & braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press.

Monard, M. C.; Baranaukas, J. A.. Aplicações de Inteligência Artificial: Uma Visão Geral. São Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos, 2000.

Norman, J. M. (2004–2025). *Kevin Ashton invents the term 'The Internet of Things'*. History of Information. <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3411>.

Pacheco, J. F. (2021, 30 de agosto). IDEO Human-Centered Design (HCD) Design Process. Medium. <https://juanfernandopacheco.medium.com/ideo-human-centered-design-hcd-design-process-a2/eae26e3da>.

Papanek, V.. (1971). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. Pantheon Books, New York.

Quercus. (2021, março). *WasteApp*. Quercus. <https://quercus.pt/2021/03/wasteapp/>.

ROCHA, C. S., ANTUNES, P., & PARTIDÁRIO, P. (2019). Design for sustainability models: A multiperspective review. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1428-1445. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.108>.

Rodrigues, J. M. (2018, 24 março). *O negócio da insularidade — A Madeira não gera receitas suficientes para o nível da sua despesa, apesar da carga fiscal ser muito elevada*. DNOTÍCIAS. <https://www.dnoticias.pt/2018/3/24/102939-o-negocio-da-insularidade/>

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *The Internet of Things: An overview — Understanding the issues and challenges of a more connected world*. Internet Society. <https://www.internetsociety.org>.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2013). *Inteligência artificial* (3ª ed., R. C. S. de Macedo, Trad.). Elsevier. (Obra original publicada em 2010).

Shennib, F., Eicker, U., & Schmitt, K. (2024). *OpenWasteAI—Open data, IoT, and AI for circular economy and waste tracking in resource-constrained communities*. *IEEE Technology and Society Magazine*. <https://doi.org/10.1109/MTS.2024.3372610>.

Stull, E. (2018). *UX Fundamentals for Non-UX Professionals: User Experience Principles for Managers, Writers, Designers, and Developers*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3811-0>.

Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelfflé, S. (Eds.). (2010). *Vision and challenges for realising the Internet of Things*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2759/26127>.

Thales Group. (2023, 20 de fevereiro). *Singapore: the world's smartest city*. Thales Group. <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide-digital-identity-and-security/iot/magazine/singapore-worlds-smartest-city>.

Toppeta, D. (2010). The Smart City vision: How Innovation and ICT can build smart, “liveable”, sustainable cities. The Innovation Knowledge Foundation. http://www.inta-aivn.org/images/cc/Urbanism/Background%20documents/Top_peta_Report_005_2010.pdf.

UN-Habitat. *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. United Nations Human Settlements Programme, 2020.

United Nations Environment Programme, & International Resource Panel (UNEP) (2018). *The Weight of Cities: Resource Requirements of Future Urbanization - Summary for Policymakers*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/31624>.

United Nations Environment Programme. (2024). *Global waste management outlook 2024: Beyond an age of waste – Transformando lixo em recurso*. PNUMA. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>.

United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations General Assembly. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.

Valorsul. (s.d.). *Recycle BinGo: O jogo que dá prêmios a quem recicla*. Valorsul. <https://www.valorsul.pt/pt/media/outras-campanhas-e-acoas/recycle-bingo/>.

Walsh, T., Levy, N., Bell, G., Elliott, A., Maclaurin, J., Mareels, I.M.Y., Wood, F.M., (2019). The effective and ethical development of artificial intelligence: An opportunity to improve our wellbeing. Report for the Australian Council of Learned Academies, Melbourne.

Washburn D., Sindhu U., Balaouras S., Dines R. A., Hayes N. M. & nelson, L. E. (2010), 19 Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO, Cambridge, MA: Forrester Research, Inc.

WCED. (1987). *Our Common Future*. Oxford, New York: Oxford University Press.

We Build Value. (2023, 9 de maio). *Singapore: one of the world's top smart cities*. <https://www.webuildvalue.com/en/megatrends/singapore-smart-city.html>.

Wolniak, R. (2017). *O método de design thinking e suas etapas*. *Systemy Wspomagania com Inżynierii Produkcji*, 6 (6), 247-255.

World Bank. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Xu, M., Tse, Y. K., Geng, R., Liu, Z., & Potter, A. (2025). Greenwashing and market value of firms: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 284, 109606. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109606>.

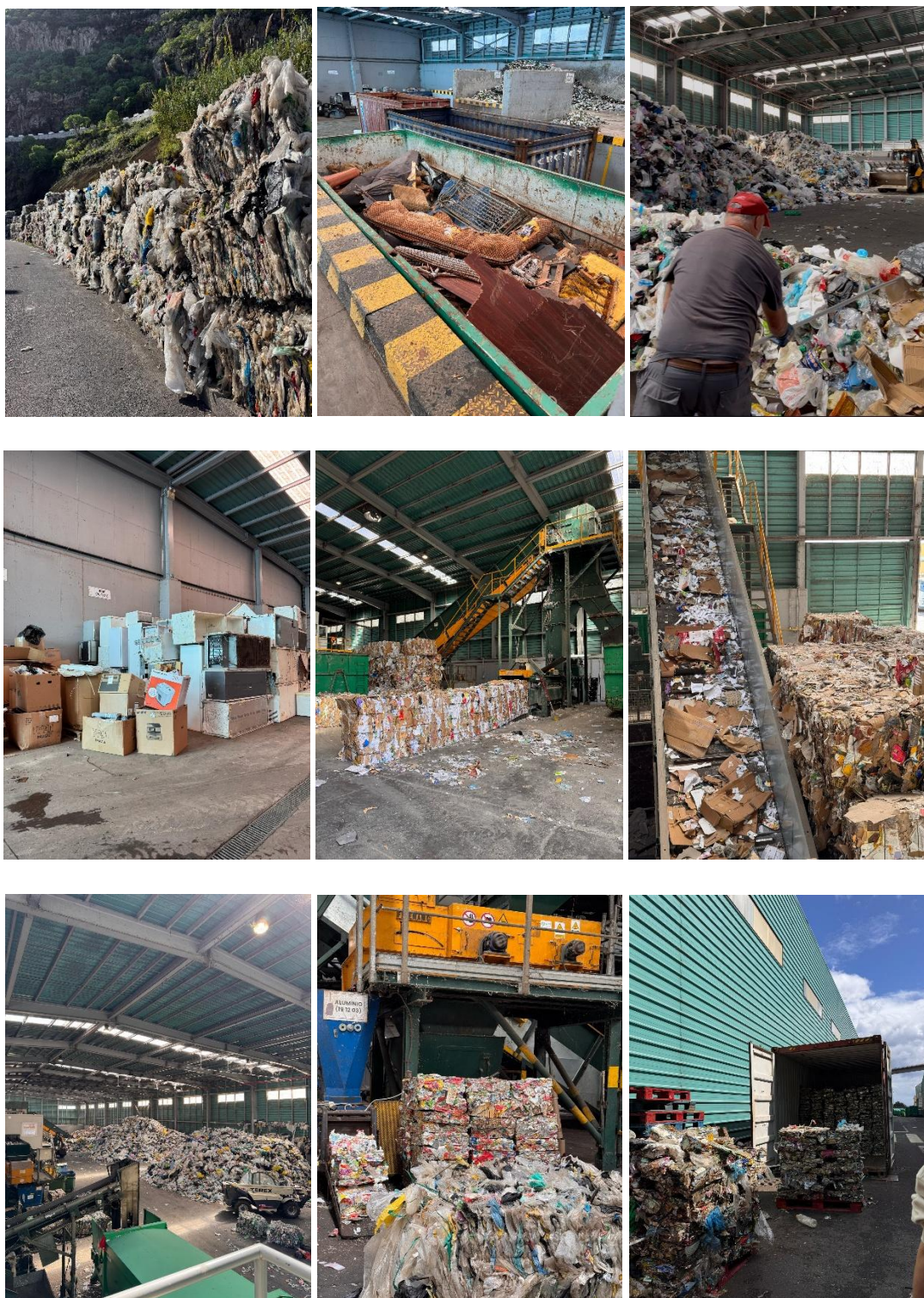
Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). *Internet of Things for Smart Cities*. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22–32. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>.

CAPÍTULO VII – APÊNDICES E ANEXOS

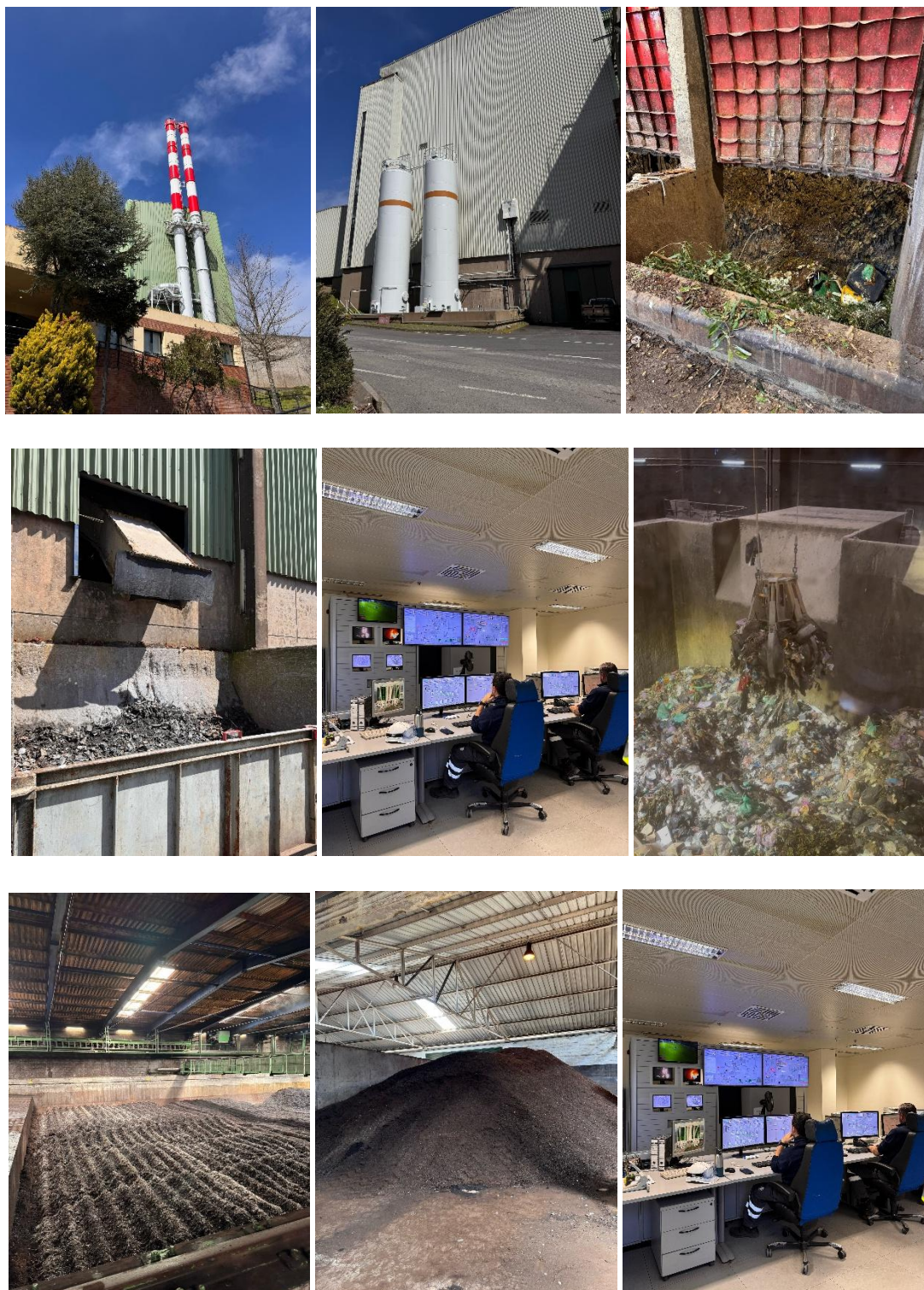
APÊNDICES

Apêndice A – Registo fotográfico das visitas de estudo

A1. Estação de Transferência da Zona Leste e de Triagem da Madeira (ETZL/ET)



A2. Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra



Apêndice B – Questionário realizado com a Comunidade

04/11/25, 13:27

Reciclagem e Reutilização: A Sua Opinião Conta!

Reciclagem e Reutilização: A Sua Opinião Conta!

Olá! 🌟 Sou estudante de Mestrado de Design da Universidade da Madeira. No âmbito de um projeto académico, estou a realizar um estudo sobre os hábitos de reciclagem e descarte de resíduos no dia a dia das pessoas. Este questionário ajudará a entender melhor como lidamos com o lixo, quais são os desafios e como podemos melhorar a reciclagem.

- ♦ O questionário é anónimo e levará apenas 2 a 3 minutos para ser respondido.
- ♦ Não há respostas certas ou erradas, queremos apenas a sua opinião!

Muito obrigado pela sua participação! ♻️

*** Indica uma pergunta obrigatória**

1. Género *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Feminino
- ☐ Masculino
- ☐ Prefiro não dizer

2. Faixa etária *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 18 anos
- ☐ 18 - 24 anos
- ☐ 25 - 29 anos
- ☐ 30 - 39 anos
- ☐ 40 - 49 anos
- ☐ 50 - 60 anos
- ☐ 60 anos ou mais

3. Costuma separar o lixo para reciclagem? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, sempre
- ☐ Raramente
- ☐ Não, nunca

4. Onde descarta os resíduos que são recicláveis? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Ecopontos públicos
- ☐ Recolha seletiva porta a porta
- ☐ Entrego em pontos específicos (supermercados, escolas, etc.)
- ☐ Não descarto corretamente

5. Sabe identificar as cores dos ecopontos e o que deve descartar em cada um? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, todas
- ☐ Sei algumas, mas tenho dúvidas
- ☐ Não, não conheço bem

6. Quais são os materiais que separa para reciclagem? (Pode escolher mais de uma opção) *

Marcar tudo o que for aplicável.

- ☐ Plástico
- ☐ Vidro
- ☐ Papel/cartão
- ☐ Metal
- ☐ Orgânico (compostagem)
- ☐ Eletrônicos (baterias, telemóveis, etc...)
- ☐ Nenhum

7. Se não separa os seus resíduos, deitando-os no lixo comum, qual é o principal motivo? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Eu separo
- ☐ Falta de informação sobre como reciclar
- ☐ Falta de tempo ou hábito
- ☐ Falta de espaço em casa
- ☐ Não vejo necessidade
- ☐ Outra: _____

8. O que o(a) impede de reutilizar alguns materiais? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Falta de tempo/espaço
- ☐ Não sei como reutilizar
- ☐ Acho que não vale a pena
- ☐ Outra: _____

9. Se tivesse mais opções para reutilizar certos materiais, estaria disposto a isso? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Talvez, se valesse a pena
- ☐ Não, prefiro descartar

10. Já se arrependeu de deitar algo fora? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

11. Acha que existem incentivos suficientes para a reciclagem? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, há boas iniciativas
- ☐ Alguns, mas poderiam ser melhores
- ☐ Não, falta incentivo

12. O que poderia melhorar para incentivar mais a reciclagem? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Mais campanhas de sensibilização
- ☐ Melhor infraestrutura (mais ecopontos, recolha porta a porta, etc.)
- ☐ Benefícios ou recompensas para quem recicla
- ☐ Nada, já está bom assim

13. Já participou em alguma campanha ou programa de conscientização sobre reciclagem? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

14. Já utilizou alguma APP (Aplicação) para facilitar a reciclagem ou a gestão dos seus resíduos? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, uso regularmente
- ☐ Sim, já experimentei
- ☐ Não, mas gostaria de experimentar
- ☐ Não, nunca utilizei

15. Estaria disposto(a) a comprar um produto feito com materiais reciclados ou transformado em algo novo no futuro? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

16. Já influenciou alguém a começar a reciclar? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

17. Classifique esta experiência: *

1	2	3	4	5
☆	☆	☆	☆	☆

Apêndice C - Roteiro de Perguntas

Data: 06/02/2025

Entidade:

Nome:

Estatuto:

Localização:

Material de Registo:

Título da Dissertação:

Breve descrição da Dissertação:

O meu projeto foca-se na criação de um serviço para a melhoria da gestão de resíduos na Ilha da Madeira. Através de pesquisa e análise de dados, irá ser identificado os principais obstáculos enfrentados cá na ilha, como os problemas de logística e a sensibilização da população. A proposta é usar os princípios de design sustentável e tecnologia para tornar o sistema mais eficiente, reduzindo impactos ambientais e promovendo práticas circulares. No fundo, quero criar uma estratégia prática e adaptável que ajude a Madeira a gerir melhor os seus resíduos, e oferecer uma solução acessível que facilite a participação da comunidade.

Objetivo da Reunião:

O objetivo desta reunião é recolher informações para a minha dissertação sobre a gestão de resíduos urbanos na Ilha da Madeira, com foco na contribuição do design para a sustentabilidade. Pretendo obter insights sobre as práticas atuais da gestão de resíduos urbanos da ARM, identificar desafios logísticos e sociais e explorar oportunidades para soluções inovadoras, incluindo sistemas de gestão inteligente de resíduos. Este questionário foi elaborado com base nas informações disponíveis no site da ARM (https://arm.pt/residuos/?utm_source)

Porquê a ARM?

A ARM (Águas e Resíduos da Madeira) é a empresa responsável pela gestão de resíduos e abastecimento de água na ilha da Madeira. Trabalha na recolha, tratamento e valorização de resíduos, promovendo práticas mais sustentáveis. Escolhi a ARM porque é a principal referência na região na área do tratamento de resíduos e pode fornecer informações valiosas sobre como o pode ser aplicado um novo projeto que ajude a mitigar e a conscientizar a população sobre o seu consumo e produção excessiva.

Questionário:

1. GESTÃO DE RESÍDUOS NA ARM:

- 1.1. Quais são os principais tipos de resíduos geridos pela ARM pelos municípios aderentes?
- 1.2. Poderia descrever o processo de recolha seletiva e indiferenciada realizado pela ARM?
- 1.3. Quais são as instalações e infraestruturas utilizadas pela ARM para o tratamento e valorização de resíduos?
- 1.4. Existem desafios específicos enfrentados pela ARM devido às características insulares da Madeira?
- 1.5- Existem dificuldades logísticas específicas enfrentadas na recolha e transporte de resíduos?

2. PROCESSOS DE TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO:

- 2.1. Que métodos de valorização e eliminação de resíduos são atualmente utilizados pela ARM?
- 2.2. Existem processos específicos para a triagem e reciclagem de materiais como papel, vidro, plástico e metal?
- 2.3. Como é gerida a valorização orgânica de resíduos verdes provenientes por exemplo de jardins e parques?
- 2.4. Como é feito o acompanhamento da eficiência desses processos e sua melhoria contínua?

3. PAPEL DO DESIGN NA GESTÃO DE RESÍDUOS:

- 3.1. Existem iniciativas que utilizam soluções tecnológicas para otimizar o sistema de gestão de resíduos?
- 3.2. Existem parcerias com organizações ou empresas locais para promover a conscientização da comunidade?
- 3.3. Como a ARM vê a integração de tecnologia e design para otimizar a gestão de resíduos? (ex: integração de sensores para monitorizar o enchimento de contentores)
- 3.4. Existem estratégias de comunicação visual para melhorar a identificação e a utilização dos contentores/ecopontos?

4. DADOS E ESTATÍSTICAS:

- 4.1- Poderia fornecer dados gerais sobre as quantidades de resíduos recolhidos e tratados anualmente pela ARM?
- 4.2- Quais são as taxas de reciclagem alcançadas pelos municípios servidos pela ARM?
- 4.3- Existem metas estabelecidas para a redução de resíduos e aumento da reciclagem nos próximos anos?

5. SUSTENTABILIDADE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL:

5.1- Quais são as principais estratégias da ARM para promover a sustentabilidade e a redução de resíduos?

5.2- Existem programas de educação ambiental direcionados à comunidade para incentivar práticas de sustentabilidade?

5.3- Como a ARM avalia o impacto dessas iniciativas na conscientização e participação da população?

5.4. De que forma a população pode ser mais envolvida na gestão sustentável dos resíduos?

5.5. Existem incentivos financeiros ou outras recompensas para a comunidade ou para as empresas que adotam boas práticas de reciclagem?

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

6.1- Há mais alguma informação ou perspectiva que considere relevante para a minha pesquisa sobre a gestão de resíduos?

6.1- Estaria disponível para futuras discussões ou colaborações relacionadas com este tema?

7. APÓS A REUNIÃO:

SOBRE O CONTEÚDO DA REUNIÃO:

7.1. Quais foram as principais informações que a ARM forneceu sobre a gestão de resíduos?

7.2. Houve algum dado ou insight que me surpreendeu?

7.3. Quais são os principais desafios que a ARM enfrenta na valorização de resíduos?

7.4. O que a empresa já faz que pode estar relacionado com a intervenção da comunidade?

SOBRE O PROJETO:

7.5. Há potencial real para implementar o meu projeto na Madeira com base no que foi discutido?

7.6. A empresa demonstrou interesse ou abertura para novos projetos?

7.7. A ARM demonstrou interesse por projetos que integram design, tecnologia e sustentabilidade?

SOBRE A DISSERTAÇÃO:

7.8. Como estas informações podem ser integradas na minha pesquisa?

7.9. Quais são os pontos que preciso de aprofundar mais?

7.10. Existem novas perguntas que surgiram e que devo investigar?

7.11. Quem mais poderia entrevistar ou que outras fontes de informação devo procurar?

De **0/10** como descrever esta experiência: _____

Apêndice D – Personas

D1. Persona 1

PERSONA I I NOME Inês Ferreira I ATRIBUTOS 25 anos; Estudante; I CARACTERÍSTICAS Inês é uma jovem apaixonada por projetos sustentáveis. Tem um estilo de vida ecológico. Separa o lixo em casa, mas sente falta de informações claras sobre como reciclar corretamente certos materiais.	
" QUERO RECICLAR MELHOR MA FALTA-ME INFORMAÇÃO "	
NECESSIDADES . Informações claras e simples de como reciclar corretamente os seus resíduos; . Motivação para separar o lixo;	OBJETIVOS . Reciclar corretamente e de forma prática; . Inspirar outros a adotar hábitos sustentáveis; . Aceder rapidamente a informações sobre reciclagem;
FRUSTRAÇÕES . Informações confusas ou contraditórias sobre reciclagem; . Falta de feedback sobre o impacto das suas ações; . Falta de iniciativas inovadoras;	

D2. Persona 2

PERSONA II

I NOME
Ricardo Sousa

I ATRIBUTOS
46 anos; Técnico da ARM;

I CARACTERÍSTICAS
Trabalha há mais de 15 anos na ARM e conhece bem os desafios da gestão de resíduos na ilha. Está habituado a lidar com a logística dos ecopontos, a sensibilizar a população e a implementar programas de separação de resíduos. Acredita que a tecnologia pode ajudar a otimizar o sistema.



“ COM 15 ANOS NA EMPRESA, ACREDITO QUE A TECNOLOGIA SERÁ UMA MAIS VALIA ”

NECESSIDADES

- . Ferramentas digitais para monitorizar e responder a ocorrências nos ecopontos;
- . Conteúdos acessíveis;

OBJETIVOS

- . Reduzir a quantidade de resíduos mal separados;
- . Aumentar o uso correto dos ecopontos;
- . Monitorizar dados sobre a reciclagem na ilha;

FRUSTRAÇÕES

- . Baixo índice de reciclagem na ilha;
- . Falta de conhecimento da população sobre como separar corretamente;
- . Dificuldade de comunicação entre a população e a ARM;

D3. Persona 3

PERSONA III

I NOME
Miguel Nóbrega

I ATRIBUTOS
38 anos; Residente da ilha da Madeira

I CARACTERÍSTICAS
Miguel é prático no seu dia a dia e quer fazer "o que está certo", mas sente que reciclar é complicado. Gostaria de ter algo que simplifique o processo e lhe diga exatamente onde e como reciclar, perto de casa ou do trabalho.



“ PRECISO DE ALGO QUE SIMPLIFIQUE O PROCESSO DE RECICLAGEM ”

NECESSIDADES

- . Algo simples, rápido e fácil de usar;
- . Saber a localização de ecopontos;
- . Informação objetiva e visual.
- . Reforço positivo para manter motivação (ex: recompensas ou reconhecimento);

OBJETIVOS

- . Reciclar de forma prática e sem complicações;
- . Receber dicas rápidas;
- . Poupar tempo;

FRUSTRAÇÕES

- . Informação difícil de encontrar ou confusa;
- . Falta de sinais claros nos ecopontos;
- . Não sabe, por exemplo, onde colocar objetos como cápsulas de café ou pequenos eletrodomésticos.

D4. Persona 4

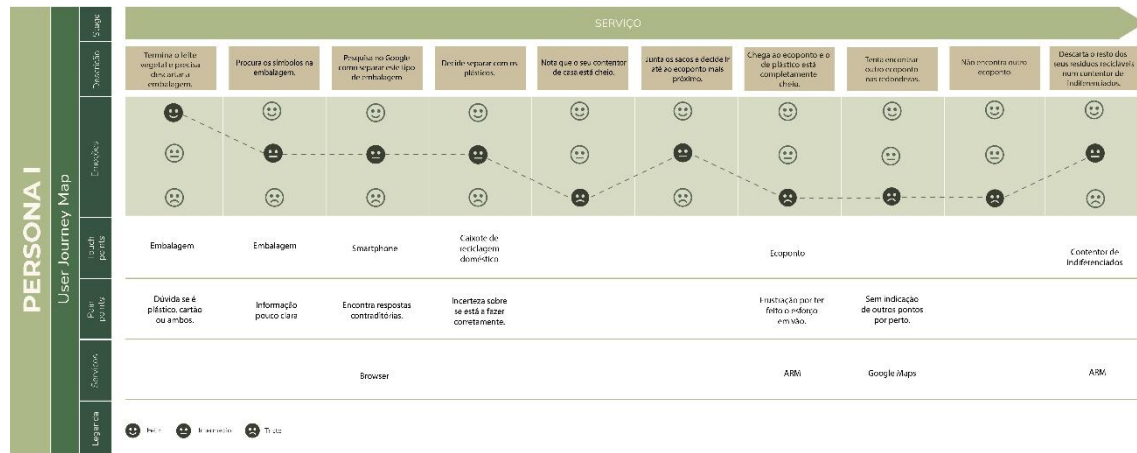
PERSONA IV	
I NOME João Gouveia	
I ATRIBUTOS 40 anos; Operário da ARM	
I CARACTERÍSTICAS Operário experiente e dedicado da ARM, que enfrenta diariamente os desafios de um sistema de recolha ineficiente e procura ferramentas que valorizem o seu trabalho e otimizem a sua rotina;	
	
"TODOS OS DIAS LIDO COM FALHAS NO SISTEMA"	
NECESSIDADES . Sistema de recolha eficiente; . Comunicação em tempo real com cidadãos; . Informação clara sobre zonas críticas;	OBJETIVOS . Cumprir as rotas de recolha com eficiência; . Garantir que os ecopontos estão limpos e funcionais; . Sentir-se respeitado pelo esforço físico e logístico do trabalho;
FRUSTRAÇÕES . Ecopontos constantemente mal utilizados; . Falta de alertas sobre contentores cheios; . Falta de reconhecimento do trabalho que é feito;	

D5. Persona 5

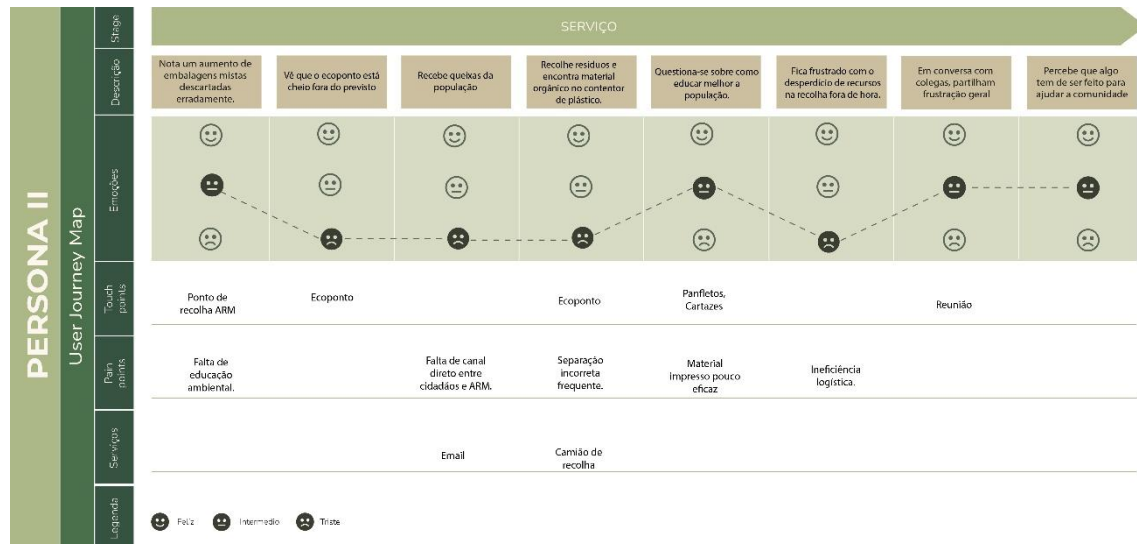
PERSONA V	
I NOME Maria de Jesus	
I ATRIBUTOS 75 anos; Reformada, ex-costureira	
I CARACTERÍSTICAS Maria é uma idosa reformada que não tem hábitos de reciclagem. Pretende melhorar os seus hábitos mas a rotina não a deixa. É uma mulher com poucos estudos e não percebe alguns símbolos das embalagens nem consegue ler alguns rótulos devido à falta de visão.	
	
"NÃO SEI BEM COMO COMEÇAR A RECICLAR"	
NECESSIDADES . Informação clara, simples, com imagens; . Ecoponto acessível; . Ajuda na separação do seu lixo;	OBJETIVOS . Separar o lixo corretamente; . Contribuir para o ambiente e para os netos terem um futuro melhor; . Sentir-se útil e ativa na comunidade;
FRUSTRAÇÕES . Não sabe onde colocar muitos dos resíduos; . Ecoponto mais próximo é longe e sem acessibilidade; . Não entende os símbolos das embalagens; . Informações pouco acessíveis à sua idade;	

Apêndice E – User Journey Maps

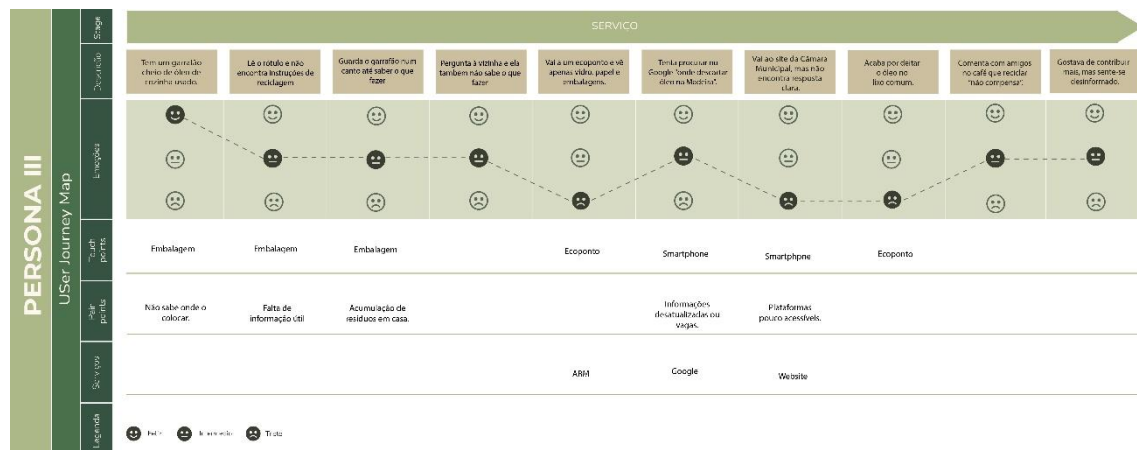
E1. User Journey Map da Persona 1



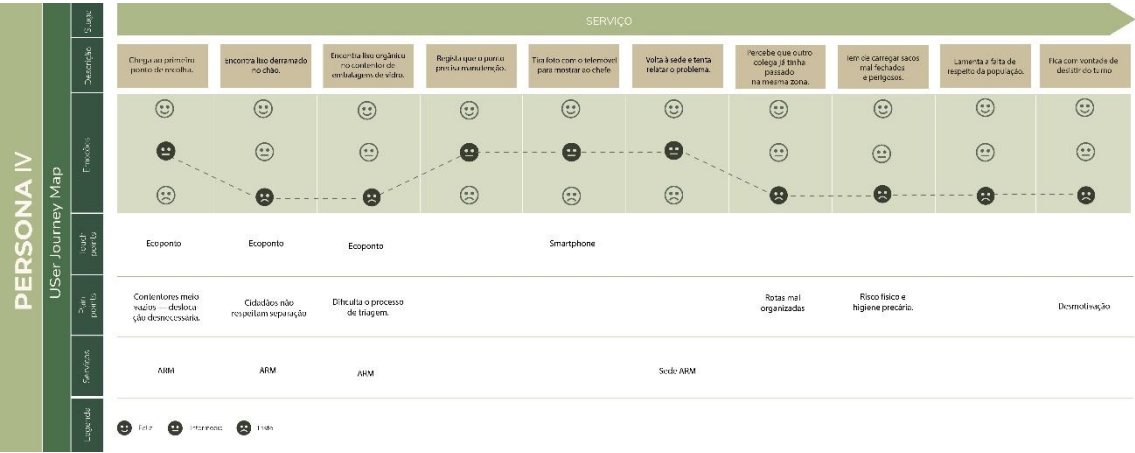
E2. User Journey Map da Persona 2



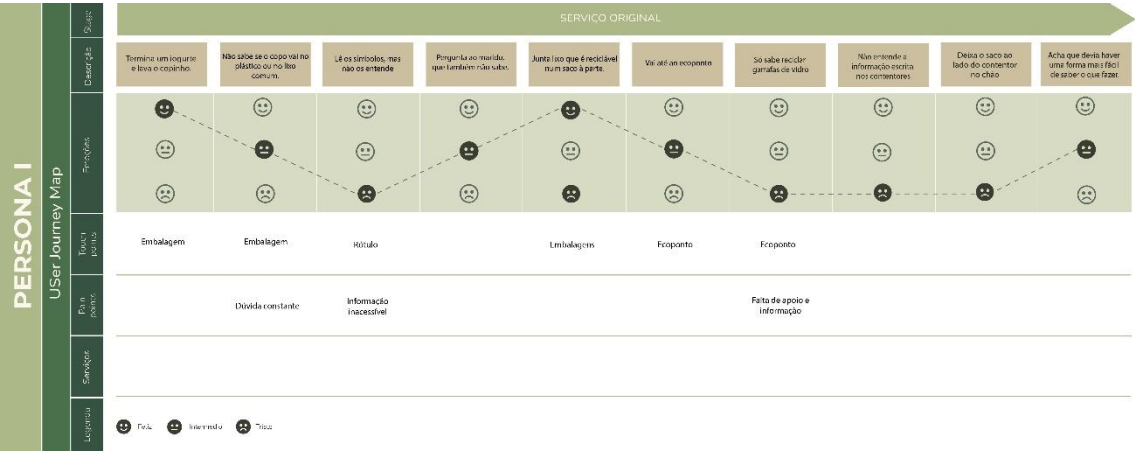
E3. User Journey Map da Persona 3



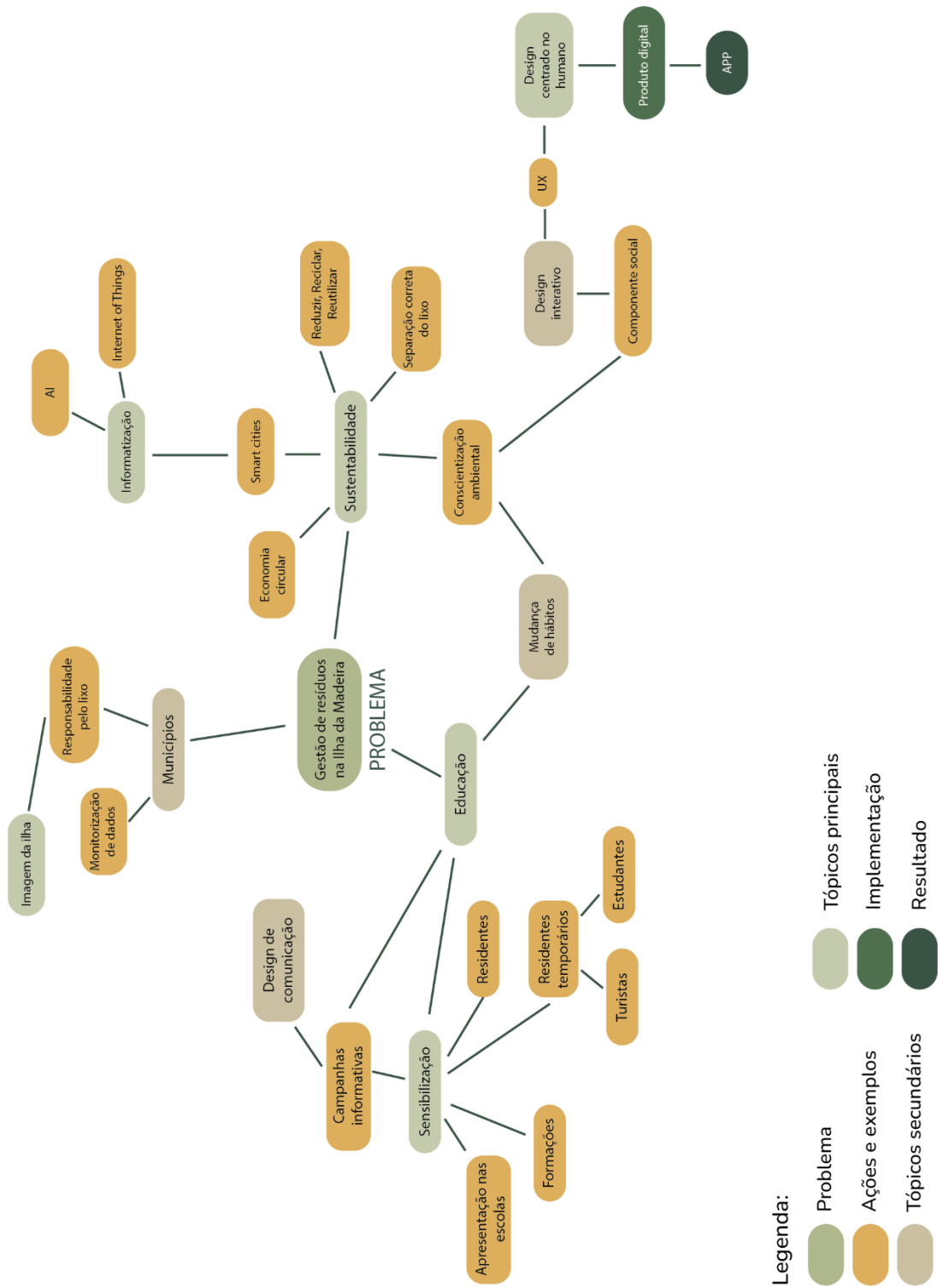
E4. User Journey Map da Persona 4



E5. User Journey Map da Persona 5



Apêndice F – Mind map do Processo de Construção do Conceito

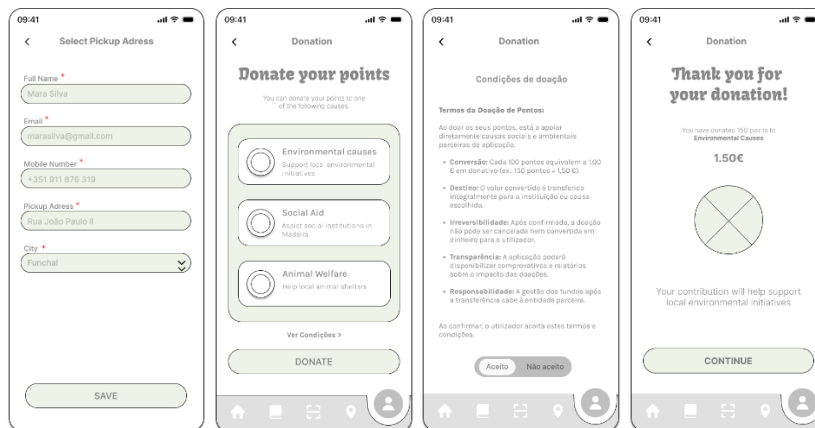


Apêndice G – Business Model Canvas

PARCEIROS-CHAVE  - ARM – Águas e Resíduos da Madeira; - Municípios e escolas locais; - Universidades e centros de investigação; - Empresas e marcas sustentáveis locais; - Programas governamentais e europeus de apoio ambiental;	ATIVIDADES-CHAVE  - Desenvolvimento e manutenção da plataforma digital; - Gestão de conteúdos educativos; - Campanhas de sensibilização ambiental; - Parcerias com entidades locais; - Monitorização e análise de impacto ambiental e social;	PROPOSTA DE VALOR  Desenvolver uma solução digital que promova a separação e gestão inteligente de resíduos na Ilha da Madeira, incentivando comportamentos sustentáveis e a economia circular. A proposta combina tecnologia, educação ambiental e design intuitivo, aproximando cidadãos, entidades públicas e empresas.	RELAÇÃO COM CLIENTES  - Comunicação direta e educativa; - Sistema de recompensas por boas práticas; - Atualizações regulares e conteúdos informativos; - Apoio ao utilizador e feedback contínuo;	SEGMENTO DE CLIENTES  - Cidadãos e residentes da Madeira (utilizadores finais); - Municípios e entidades de gestão de resíduos; - Escolas e instituições educativas; - Negócios locais comprometidos com a sustentabilidade;
ESTRUTURA DE CUSTOS - Desenvolvimento e manutenção tecnológica (app/website); - Produção de conteúdos e campanhas educativas; - Ações de divulgação e eventos; - Recursos humanos (design, tecnologia, comunicação); - Custos operacionais e administrativos;	RECURSOS-CHAVE  - Equipa de design e desenvolvimento digital; - Plataforma tecnológica (website); - Rede de parceiros institucionais e comunitários; - Identidade visual e materiais de comunicação;	FONTE DE RECEITA  - Parcerias institucionais e financiamento público (ex.: programas de sustentabilidade e inovação); - Apoio de marcas e empresas locais; - Possibilidade de implementação de um sistema de pontos ou incentivos patrocinados; - Consultoria ou replicação do modelo noutras regiões;	CANAIS  - Aplicação/Website do projeto; - Redes sociais e campanhas de sensibilização; - Parcerias com escolas; - Eventos comunitários e ações de rua; - Divulgação em meios digitais locais;	Fontes de Receita  - Parcerias institucionais e financiamento público (ex.: programas de sustentabilidade e inovação); - Apoio de marcas e empresas locais; - Possibilidade de implementação de um sistema de pontos ou incentivos patrocinados; - Consultoria ou replicação do modelo noutras regiões;

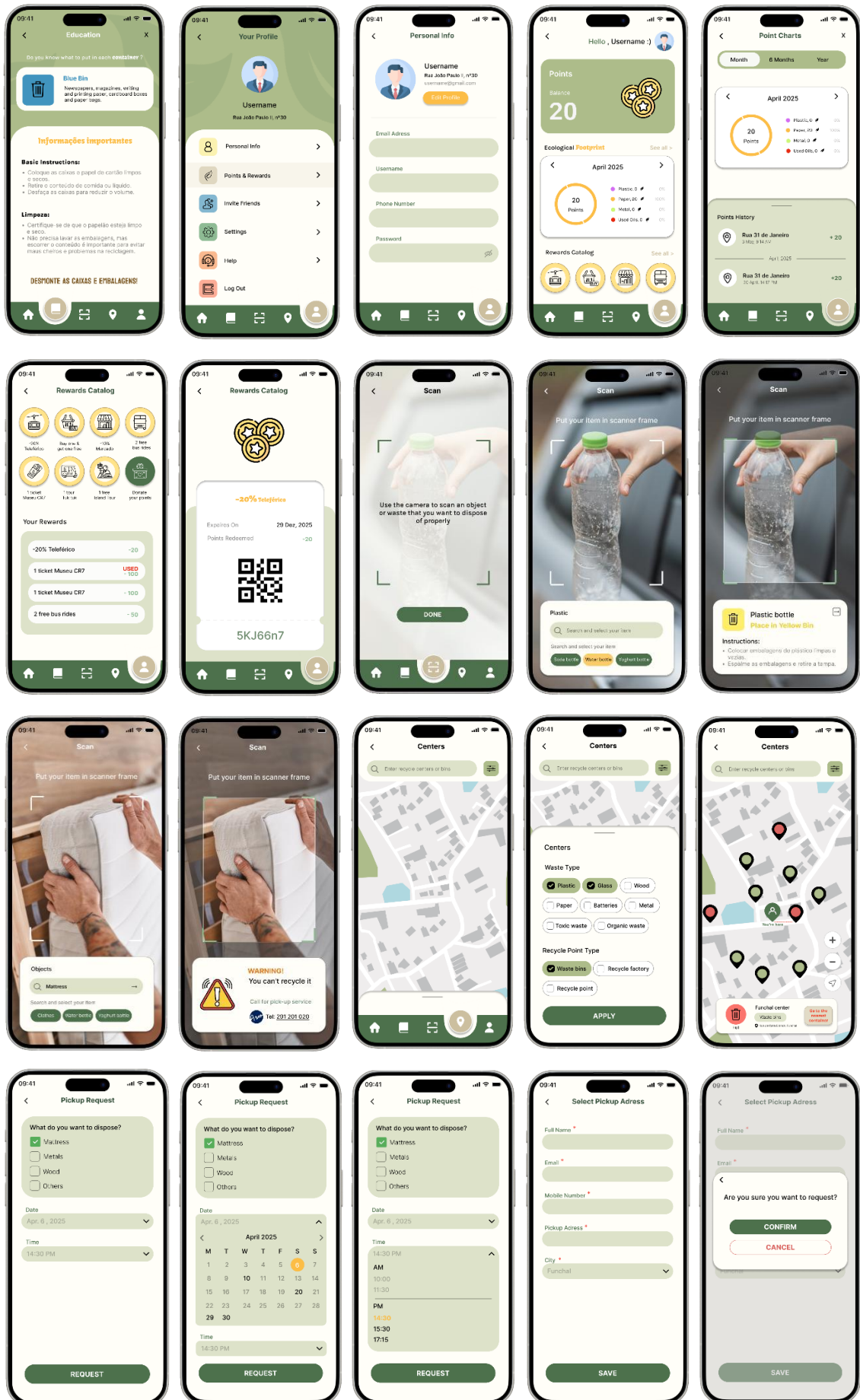
Apêndice H – Wireframes desenvolvidos

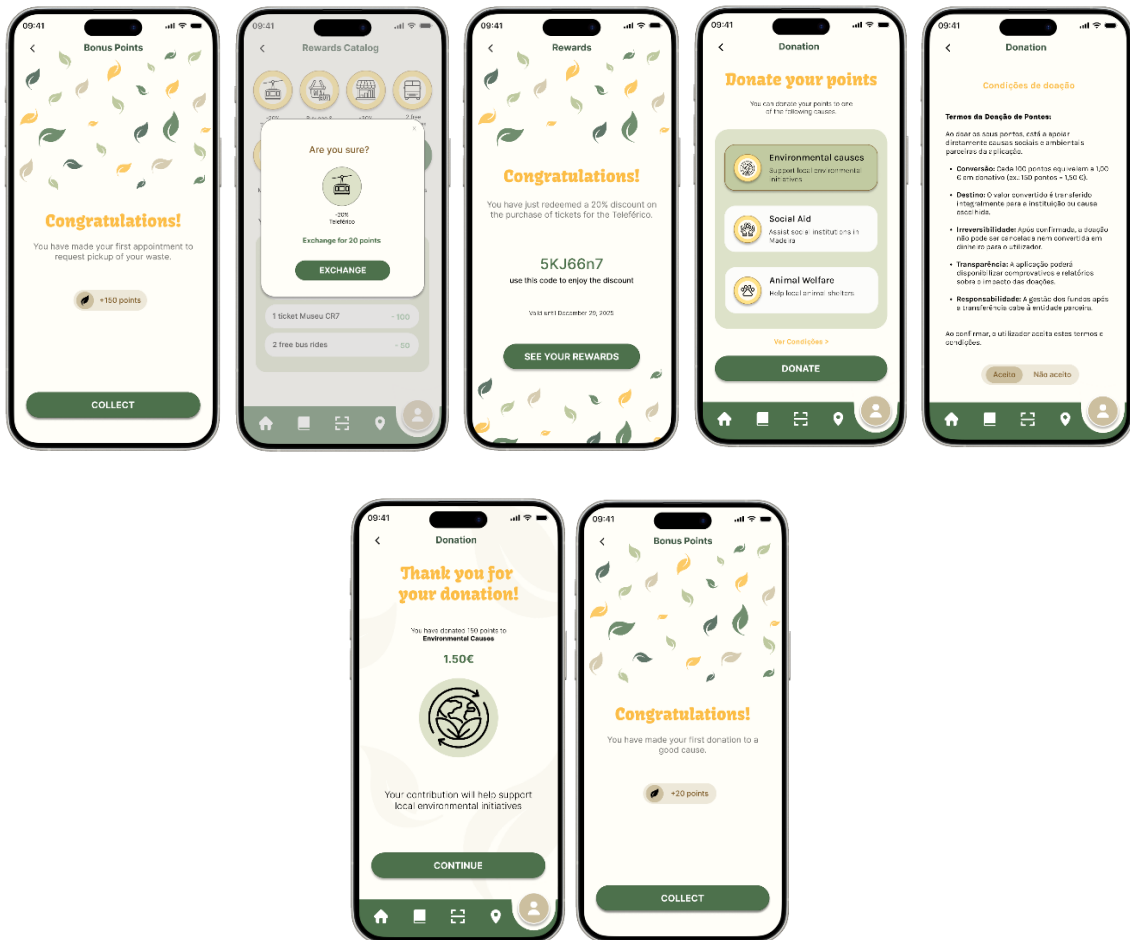




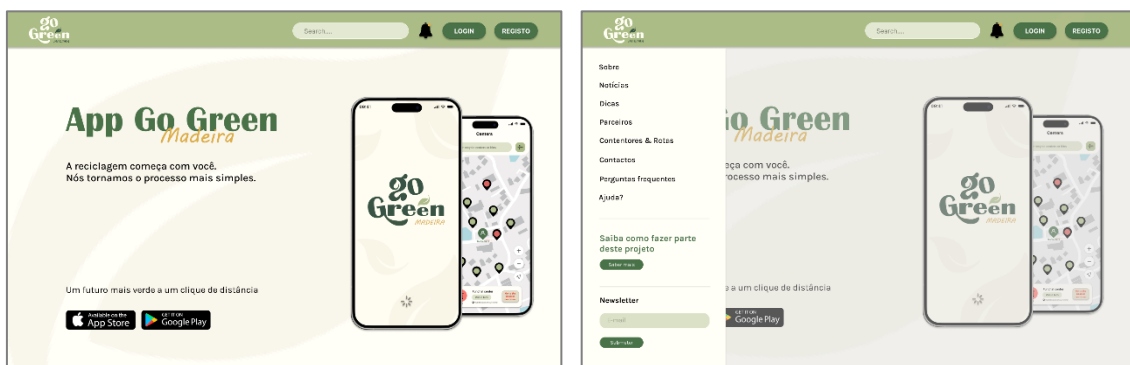
Apêndice I – Protótipo

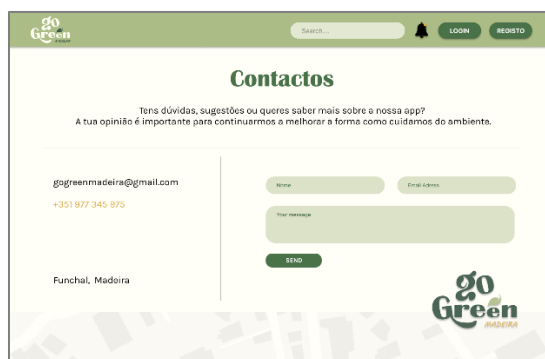
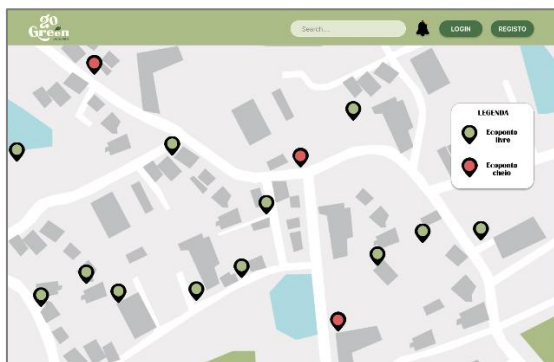
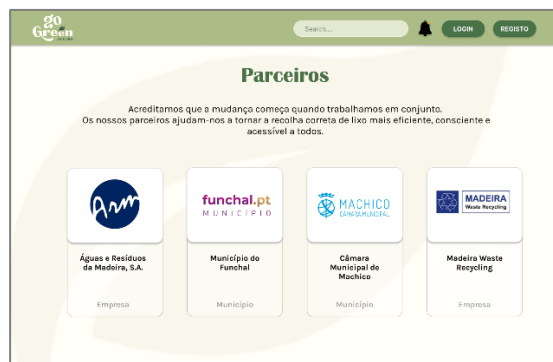






Apêndice J – Páginas do Website





Apêndice K – Folheto



Apêndice L – Tote bag



Contribui para um Futuro Sustentável!

Acompanhe o impacto das suas ações e aprenda a separar corretamente todos os resíduos.
Reciclar bem começa com **informação**.

Descarrega a aplicação

GoGreen *Madeira*

Acompanha em tempo real os seus depósitos e saiba onde descartar corretamente qualquer tipo de resíduo que tenha em casa.

**Não se trata de ser perfeito,
trata-se de tentar.
De fazer um pouco
melhor todos os dias.**



Disponível para download gratuito:



Apêndice N – Guião de navegação na APP

Teste de usabilidade (Script)
Duração: 10 min.
Produto: "Go Green Madeira"

Olá _____, obrigado por disponibilizar o seu tempo para participar neste estudo.
Antes de começarmos, gostaria de explicar em que consiste este teste.

Nesta sessão, irá realizar quatro tarefas utilizando a app Go Green Madeira, uma app criada para ajudar as pessoas a reciclar de forma correta, identificar os pontos de recolha mais próximos e adotar hábitos mais sustentáveis no seu dia a dia. O objetivo deste teste é avaliar a usabilidade da app, ou seja, perceber até que ponto é simples, clara e intuitiva de utilizar.

Não estamos a avaliar a sua performance, mas sim o funcionamento e a experiência oferecida pela interface.

Durante o teste, gostaria que fosse verbalizando o seu raciocínio: o que está a tentar fazer, o que lhe parece claro, o que acha confuso, o que gosta, o que não gosta e porquê. A sua opinião é muito importante para que possamos melhorar..

Se em algum momento surgir alguma dúvida ou sentir dificuldades em avançar, não hesite em perguntar. Não há respostas certas ou erradas, estamos aqui para aprender com a forma como utiliza a aplicação.

Antes de começarmos, tem alguma pergunta?

Se não tiver mais questões, iniciamos então o teste.

Primeiro, qual é a sua primeira impressão sobre esta interface?

Introdução

1. Explicação do teste.
2. Breve introdução da plataforma.
3. Explicação do objetivo do estudo.

Material

1. TLX NASA.
2. SUS.
3. Bloco de notas.

Medidas

Quantitativo

1. SUS
2. TLX NASA

Qualitativo

1. Notas feedback

[Tarefa 1]

Contexto:

A/O (nome do participante) pretende registar-se na aplicação *Go Green Madeira* para aceder a funcionalidades como: consultar pontos de recolha próximos, receber instruções de reciclagem.

[Execução]

1. Como deve proceder para se registar na aplicação?
 - a. Que informação deve inserir para criar uma conta na app?
 - b. O que deve fazer se já tiver uma conta registada?

[Tarefa 2]

Contexto:

A/O (nome do participante) deseja ver os diferentes tipos de resíduos e materiais que podem ser reciclados, bem como as instruções associadas.

[Execução]

1. Aceda ao menu "Educação" para visualizar todos os tipos de resíduos e as suas categorias.
 - a. Existe outra forma de aceder à lista de materiais recicláveis?
(ex.: através do atalho na página inicial)
2. Se quisesse saber onde colocar o "plástico", como procederia?
 - a. Onde teria de clicar para aceder às instruções de reciclagem do plástico?
 - b. Onde acredita que deve clicar para ver mais opções?

Objectivos

As tarefas abordam o processo de registar-se no website e inserir informação no formulário.

1. É fácil de perceber que o botão Signup é para registar-se?
2. É fácil de perceber que tipo de informação é possível de inserir em cada campo do formulário?
3. Se já tem conta, sabe que tem de ir para login?

Objectivos

Esta tarefa avalia o processo de visualizar os tipos de materiais que podem ser reciclados na aplicação.

1. O botão "Educação" presente no menu é suficientemente visível e intuitivo para o utilizador?
2. O utilizador compreende que também pode aceder às categorias de materiais diretamente através da página inicial?
3. O utilizador percebe claramente a função do botão "Ver todos"?
(ex.: expandir lista, mostrar mais tipos de materiais)

[Tarefa 3]

Contexto:

A/O (nome do participante) deseja encontrar e consultar um ecoponto vermelho para pilhas perto da sua localização

[Execução]

1. Localize um ecoponto vermelho destinado à recolha de pilhas.
 - a. Onde deve clicar para ver a lista ou o mapa dos ecopontos disponíveis?
 - b. Depois de encontrar o ecoponto vermelho das pilhas, onde deve clicar para ver mais detalhes?
 - c. Se quiser voltar ao mapa ou procurar outro ecoponto, onde deve clicar?
 - d. Existe algo que gostaria de ver a mais nesta página do ecoponto (como informações adicionais, funcionalidades, etc.)?

[Tarefa 4]

Contexto:

A/O (nome do participante) decide ver as suas informações pessoais.

[Execução]

1. Selecione no menu a opção "Perfil".
 - a. Que tipo de informação encontra disponível nesta secção?
(ex.: dados pessoais, conta, histórico, favoritos, preferências, etc.)
 - c. Há algo que gostaria de ver acrescentado ou melhorado nesta página?

Objectivos

Esta tarefa pretende avaliar a clareza e facilidade de navegação quando o utilizador consulta um ecoponto específico na aplicação.

1. O utilizador consegue identificar rapidamente onde aceder a mais informação sobre o ecoponto?
2. O utilizador compreende intuitivamente que o ícone de localização serve para indicar o local onde se encontra o ecoponto no mapa?

Objectivos

Esta tarefa aborda o processo de visualizar a página "Perfil".

1. É fácil de perceber onde está o botão "perfil" no menu?
2. A informação exibida na página é suficiente para o utilizador?

Apêndice O – SUS – System Usability Scale

L1. Exemplo utilizador 1

System Usability Scale

© Digital Equipment Corporation, 1986.

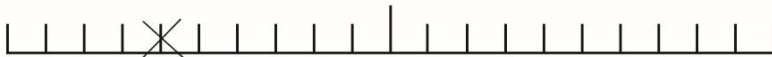
	Strongly disagree							Strongly agree
1. I think that I would like to use this system frequently	☐	☐	☐	☒	☐			
	1	2	3	4	5			
2. I found the system unnecessarily complex	☒	☐	☐	☐	☐			
	1	2	3	4	5			
3. I thought the system was easy to use	☐	☐	☐	☐	☒			
	1	2	3	4	5			
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	☒	☐	☐	☐	☐			
	1	2	3	4	5			
5. I found the various functions in this system were well integrated	☐	☐	☐	☐	☒			
	1	2	3	4	5			
6. I thought there was too much inconsistency in this system	☒	☐	☐	☐	☐			
	1	2	3	4	5			
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	☐	☐	☐	☒	☐			
	1	2	3	4	5			
8. I found the system very cumbersome to use	☒	☐	☐	☐	☐			
	1	2	3	4	5			
9. I felt very confident using the system	☐	☐	☐	☐	☒			
	1	2	3	4	5			
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	☒	☐	☐	☐	☐			
	1	2	3	4	5			

Apêndice P – NASA-TLX

M1. Exemplo utilizador 1

NASA Task Load Index

Hart and Staveland's NASA Task Load Index (TLX) method assesses work load on five 7-point scales. Increments of high, medium and low estimates for each point result in 21 gradations on the scales.

Name	Task	Date
Exigência Mental	Quão mentalmente exigente era a tarefa?	
		
Muito Baixo		Muito Alto
Exigência Física	Quão fisicamente exigente era a tarefa?	
		
Muito Baixo		Muito Alto
Exigência Temporal	Quão apressado foi o ritmo da tarefa?	
		
Muito Baixo		Muito Alto
Performance	Qual foi o seu grau de sucesso em realizar o que foi pedido?	
		
Perfeito		Fracasso
Esforço	Quão duro teve que trabalhar para realizar seu nível de desempenho?	
		
Muito Baixo		Muito Alto
Frustração	Quão inseguro, desanimado, irritado, stressado e aborecido estava?	
		
Muito Baixo		Muito Alto

ANEXOS

Anexo A - Correspondência eletrônica para Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 29 de Janeiro 2025

Boa tarde, Drº Sandro Dinarte,

Venho por este meio, solicitar o agendamento de uma reunião para discutirmos e esclarecermos melhor os pontos solicitados anteriormente por nossa parte.

Caso necessitem de informações adicionais para que possamos nos preparar previamente, informe-nos, e teremos o maior prazer em fornecê-las.

Solicitamos, ainda, que nos indique a sua disponibilidade para os próximos dias.

Atenciosamente,

Laura Conceição e Margarida Abreu

Anexo B - Correspondência eletrônica com Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 31 de Janeiro 2025

Boa tarde, Dr.^a Margarida Abreu e Dr.^a Laura Conceição,

Venho, por este meio, informar que tenho disponibilidade na próxima 4ª feira, dia 05/02/2025, pelas 10h.

Podemos reunir na nossa Estação de Transferência da Zona Leste e de Triagem da Ilha da Madeira, no Porto Novo, concelho de Santa Cruz.

Com os melhores cumprimentos,

Sandro Atilano

Anexo C - Correspondência eletrónica com Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 3 de Fevereiro 2025

Boa tarde, Dr.^a Margarida Abreu e Dr.^a Laura Conceição,

No seguimento do email infra, informo que podemos nos reunir na próxima 5^a feira, dia 06/02/2025, pelas 10h, na sede da ARM, situada na Rua dos Ferreiros n.º 148 – 150, Funchal.

Aguardo feedback.

Cumprimentos,

Sandro Atilano

Anexo D – Correspondência eletrónica com Dr. Sandro Atilano – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 11 de Fevereiro 2025

Boa tarde, Dr.^a Margarida Abreu e Dr.^a Laura Conceição,

No seguimento do email infra, informo que a Dr.^a Ricarda Barbosa e a Eng.^a Madalena Gomes se encontram disponíveis para colaborar convosco.

Nesse sentido, envio os contactos móveis, de modo a poderem organizar uma nova reunião.

Dr.^a Ricarda Barbosa - 910709571

Eng.^a Madalena Gomes - 937790018

Relativamente aos dados solicitados, os mesmos serão enviados, logo que possível.

Com os melhores cumprimentos,

Sandro Atilano

Anexo E – Correspondência eletrónica para Eng^a Madalena Gomes – ARM –Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 12 de Fevereiro 2025

Bom dia Eng^a Madalena Gomes,

Venho por este meio, em anexo a este email, enviar o Questionário Modelo para que possa compreender o que será falado na nossa reunião. Quero lembrar que, devido ser um questionário adaptado, os temas podem variar visto o mesmo ser de duas alunas com diferentes dissertações.

Como foi falado na chamada, pretendemos pedir alguns dados sobre os resíduos. No meu caso suponho que o mais indicado será pedir dados mais recentes no que toca ao descarte de mobiliário (o mesmo será justificado na nossa reunião).

Entretanto aguardamos saber a sua disponibilidade e a mesma da Dr^a Ricarda Barbosa.

Se precisar de mais alguma informação por favor me avise.

Com os melhores cumprimentos,

Margarida Abreu e Laura Conceição

Universidade da Madeira

Anexo F – Documento Disponibilizado pela ARM – Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 14 de Fevereiro 2025



De: ARM – Águas e Resíduos da Madeira, S.A.
Para: Exma. Sr.ª Dr.ª Margarida Abreu
E-mail: margarida0721@gmail.com
Cc: lauraal897@gmail.com
Ref.ª: 073.25/DTR
Processo: PR0059, PR0060, PR0061
Anexos: [Sim]

Assunto: Solicitação de informações sobre Gestão de Resíduos para um Projeto Académico

Exma. Sr.ª Dr.ª Margarida Abreu,

Na sequência dos emails remetidos por V.ª Ex.ª, com registo de entrada ARM_E/2024/40547 datados de 28/11/2024 e 10/02/2025, relativos aos assuntos em referência, e após a reunião realizada com o responsável do Departamento de Recolha de Resíduos, Eng.º Sandro Atilano, no passado dia 06/02/2025, a ARM - Águas e Resíduos da Madeira, S.A. (adiante designada ARM), disponibiliza em anexo os quantitativos solicitados de resíduos recolhidos por fluxo e concelho.

Mais se informa que o Eng.º Sandro Atilano disponibilizou os contactos móveis da Dr.ª Ricarda Barbosa e da Eng.ª Madalena Gomes, com a concordância das mesmas, a fim de V.ª Ex.ª articular uma nova reunião, de modo a abordar o Processo de Tratamento e Valorização, Dados e Estatísticas e Sustentabilidade e Educação Ambiental.

Sem mais a acrescentar, a ARM agradece o contacto de V.ª Ex.ª e manifesta a sua total disponibilidade para prestar qualquer esclarecimento adicional tido como necessário.

Com os melhores cumprimentos,

A Diretora de Recolha, Transferência e Triagem

Eliana Santos

Anexo: Tabelas com os quantitativos de resíduos recolhidos por fluxo e concelho.

ANEXO

Quantidade de resíduos indiferenciados recolhidos (toneladas)

Município Aderente	2024
Porto Santo	2 677
Câmara de Lobos	11 415
Ribeira Brava	4 470
Machico	8 387
Santana	2 398
Total	29 345

Quantidade de resíduos de papel/cartão recolhidos (toneladas)

Município Aderente	2024
Porto Santo	169
Câmara de Lobos	421
Ribeira Brava	168
Machico	252
Santana	105
Total	1 114

Quantidade de resíduos de vidro recolhidos (toneladas)

Município Aderente	2024
Porto Santo	208
Câmara de Lobos	377
Ribeira Brava	174
Machico	279
Santana	142
Total	1 180



ÁGUAS E RESÍDUOS DA MADEIRA



Quantidade de resíduos de embalão recolhidos (toneladas)

Município Aderente	2024
Porto Santo	102
Câmara de Lobos	226
Ribeira Brava	100
Machico	123
Santana	57
Total	609

Quantidade de outros resíduos recolhidos (toneladas)

Monos, Resíduos Verdes, Equipamentos elétricos e eletrónicos, entre outros.

Município Aderente	2024
Porto Santo	502
Câmara de Lobos	328
Ribeira Brava	138
Machico	388
Santana	92
Total	1 448

Tabelas 1 a 5 - Quantitativos de resíduos recolhidos por fluxo e concelho.

Anexo G - Documento Disponibilizado pela ARM – Águas e Resíduos da Madeira, S.A., a 24 de Março 2025 - Evolução da quantidade de resíduos rececionados nas estações da ARM, entre os anos de 2020 e 2024

Código LER	Tipo de Resíduos	2020	2021	2022	2023	2024
200301	Indiferenciados	92765,88	95604,4	100282,2	101688,7	104987,1
150106	Embalagens plásticas e metálicas	2392,28	2875,96	3233,4	3497,7	3850,5
150107	Embalagens de vidro	2160,5	2386,28	2890,74	2898,24	2907
150101	Papel e Cartão	2219,96	2291,78	2685,8	2723,18	3014,04
200121, 200123, 200135, 200136	REEE's	168,8	188,5	180,14	238,24	263,92
200133	Pilhas e Acumuladores	2,56	1,26	2,18	3,34	2,82
200140	Sucata metálica	248,48	189,2	154,04	204,12	233,3
200201	Resíduos verdes	8802,9	9424	9210,66	9490,56	9101,04
200307	Monstros	1209,96	1356,7	1318,9	1583,3	1681,24
200138	Madeiras	1149,58	2696,94	4390,92	4444,5	5624,54
200139	Plásticos não recicláveis	86,58	115,64	111,98	163,74	118,94
200125	Óleos alimentares	2,84	4,34	2,04	4,26	3,62
Total		111210,3	117135	124463	126939,9	131788,1