



Catarina Patrício
Martins Marques

Design de produtos sustentáveis pela valorização de
lixo marinho através de impressão 3D



Catarina Patrício
Martins Marques

Design de produtos sustentáveis pela valorização de lixo marinho através de impressão 3D

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica da Doutora Teresa Cláudia Magalhães Franqueira Baptista, Professora Associada do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro, e do Doutor Victor Fernando Santos Neto, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Gonçalo João Ribeiro Gomes
professor auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

arguente

Prof. Doutor Rui Jorge Leal Ferreira Mendonça da Fonseca
professor auxiliar da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

arguente

Prof. Doutor Paulo Agostinho Silva de Lima
professor adjunto da Escola Superior de Design, Gestão e Tecnologias da Produção de Aveiro-Norte (ESAN) da Universidade de Aveiro

orientadora

Prof. Doutora Teresa Cláudia Magalhães Franqueira Baptista
professora associada do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Quero agradecer à minha família pelo apoio incondicional durante todo o percurso académico, principalmente aos meus pais pela oportunidade dada para me desenvolver enquanto profissional.

Aos meus amigos e docentes que partilharam comigo este percurso e contribuíram de alguma maneira para o desenvolvimento desta etapa, onde sem os quais, o mestrado não teria tido o mesmo nível de aprendizagem. Em especial aos meus amigos Bruno Araújo e Raquel Agostinho, bem como o professor João Oliveira e os bolseiros Tiago Gomes e Mylene Cadete que foram incansáveis no processo experimental da investigação.

À Catarina Lemos, que sem ela esta dissertação não teria tido o mesmo impacto. Excelente amiga e entusiasta que me acompanhou em todo o processo e permitiu o estabelecimento do extenso número de contactos que tive a oportunidade de estabelecer.

À professora Ana Gomes e Filomena Martins pela contribuição científica na área de Engenharia do Ambiente e pela sua disponibilidade prestada, dando a oportunidade de trabalhar junto de profissionais.

À Inovaria e a todo o seu ecossistema, que teve envolvido na organização do concurso de Ideias de Negócio Platicemar, e que me auxiliou constantemente no desenvolvimento do serviço.

Ao engenheiro Luís Rabaça da Câmara Municipal de Ílhavo, Filipa Neves da Junta de Freguesia da Gafanha da Nazaré, professora Ana Antunes, Joca e Amigos do Oceano, que me deram a oportunidade de participar em eventos relacionados com a temática da investigação e que me deram a total disponibilidade de utilizar e transformar material recolhido do oceano.

À Sandra Cunha, que foi um elemento fundamental na inter-relação com o projeto “Clean the ocean for your future”, e ao surfista McNamara pela transmissão de conhecimento sobre a área.

Por fim, aos meus orientadores, Doutora Teresa Franqueira e Doutor Victor Neto pelo apoio, exigência e rigor prestados, que conduziram ao resultado desta investigação. Mas também pelas oportunidades facultadas que levaram ao aperfeiçoamento e escalabilidade do desenvolvimento, como a permissão para a utilização de equipamento da Universidade e da Design Factory.

palavras-chave

reciclagem, plástico do oceano, economia circular, horticultura urbana, mobiliário urbano.

resumo

O atual consumo excessivo e dependência do plástico são características distintivas da nossa contemporaneidade. Esta realidade, combinada com a gestão inadequada do ciclo de vida dos materiais, tornou o meio ambiente, especialmente o oceano, num dos recetores finais do material plástico. Estima-se que, a cada ano, oito milhões de toneladas de plástico acabem no oceano. Tem vindo a ser um fator de grande preocupação global devido às consequências prejudiciais à saúde da vida marinha e dos seres humanos.

Perante esta problemática é identificado o objetivo e desafio desta investigação: desenvolver produtos com plástico proveniente do oceano ou com probabilidade de o vir a ser. Nesse sentido, o trabalho concentrou-se nos materiais tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (HDPE), pois são os mais utilizados no contexto doméstico e facilmente encontrados no oceano. De modo a compreender estes materiais reciclados, realizaram-se testes ao material proveniente do oceano e do lixo doméstico, em dois processos de fabrico diferentes: impressão 3D e injeção. Foi possível retirar conclusões do comportamento e das limitações de cada material submetido ao reprocessamento e, conseqüentemente, determinar os requisitos dos produtos a desenvolver.

A fase de desenvolvimento culminou num sistema produto-serviço, denominado MERO (Manter E Recuperar o Oceano), acompanhado por dois produtos que servem como exemplo de aplicabilidade do material reciclado. Optou-se por desenhar um vaso para plantas com sistema de auto rega usando resíduos domésticos e mobiliário urbano desenvolvido com plástico do oceano. Numa fase de experimentação definiram-se as metodologias e condições para a impressão 3D, tendo-se impresso diversas peças com filamento de plástico reciclado produzido em espaço oficial.

O resultado final constituirá um contributo para a consciencialização dos malefícios do plástico e para uma maior longevidade do ciclo de vida destes materiais. A sinergia entre o Design e a Engenharia, pretende dar uma nova vida ao material reciclado, através da sua transformação em produtos com valor, mitigando o impacto ambiental gerado pelo consumo excessivo de produtos descartáveis. O uso excessivo atual destes produtos é insustentável, se a indústria não desenvolver abordagens mais ecológicas e inovadoras.

keywords

recycling, ocean plastic, circular economy, urban horticulture, urban furniture.

abstract

The current overconsumption and dependence on plastic are distinctive features of our contemporary times. This reality, aligned with poor management of the lifecycle of materials, has made the environment, especially the ocean, one of the final receivers of plastic elements. It is estimated that, each year, eight million tons of plastic end up in the ocean. This situation has become a major global concern due to the consequences brought onto the health of marine life and human beings.

Dwelling on this problem, it's possible to identify the objective and challenge of this research: to develop products with plastic from the ocean or plastic which will likely end up there. In this sense, the work is focused on polyethylene terephthalate (PET), polypropylene (PP) and high-density polyethylene (HDPE) materials, as they are the most commonly used in the domestic context and easily found in the ocean. In order to understand these recycled materials, ocean and household waste material were tested in two different manufacturing processes: 3D printing and injection. Thus, it was possible to draw conclusions from the behavior and limitations of each material subjected to reprocessing and, consequently, determine the requirements of the products to be developed.

The development phase resulted in a product-service system, named MERO (Maintain and Recover the Ocean), accompanied by two products that serve as an example of the applicability of recycled material. The solution became to opt for designing a self-watering plant pot using household waste and urban furniture developed from ocean-sourced plastic. In an experimental phase, the methodologies and conditions for 3D printing were defined, and several pieces were printed with recycled plastic filament produced in a manufactory space.

The end result will contribute to the awareness of the harms of plastic and to a longer life cycle of these materials. The synergy between Design and Engineering aims to give new life to recycled materials through the transformation into valued products, mitigating the environmental impact created from the excessive consumption of disposable products. The current excessive usage of these products is unsustainable if the industry doesn't develop more innovative and ecological approaches.

Índice

I.Introdução	01
1.1.Motivações pessoais	03
1.2.Problemática e objetivos	03
1.3.Abordagem metodológica	04
1.4.Estrutura do documento	05
II.Estado da Arte	08
Parte I - Contextualização Teórica	11
2.1.Preocupação ambiental	11
2.1.1.Lixo marinho	12
2.1.2.Impactos ambientais, económicos e sociais	14
2.2.Economia circular	15
2.2.1.Conceitos aplicados ao mar	16
2.3.Plásticos	18
2.3.1.Ciclo de vida dos plásticos	19
2.4.Reciclagem mecânica	22
2.4.1.Fases do processo de reciclagem	22
2.4.2.Barreiras da reciclagem	27
2.5.Design for Environment (DFE)	29
Parte II - Casos de Estudo	30
Precious Plastic	31
The New Raw	32
Adidas x Parley	33
Back to Nature	34
Sea Chair	35
2.6.Análise e interpretação dos casos de estudo	36
III.Projeto	38
3.1.Definição dos produtos	41
3.2.MERO – Manter e Recuperar o Oceano	44
3.2.1.Entidades envolvidas	49
3.3.Recolha e análise do “lixo”	50
3.3.1.Seleção dos materiais	52
3.4.Procedimento experimental	54
3.4.1.Injeção de provetes	55
3.4.2.Impressão 3D de provetes	58
3.4.3.Ensaio de tração	62
3.4.4.Resultados	65
3.5.Desenvolvimento do vaso com sistema de auto rega	70
3.5.1.Horticultura urbana	70
3.5.2.Brief	72
3.5.3.Ergonomia das cozinhas	72
3.5.4.Propostas	74
3.5.5.Materiais e processos de fabrico	78

3.5.6.Maquetização	80
3.5.7.Proposta final	83
3.6.Desenvolvimento do mobiliário urbano	86
3.6.1.Brief	89
3.6.2.Análise antropométrica e ergonómica	89
3.6.3.Propostas	91
3.6.4.Maquetização	95
3.6.5.Materiais e processos de fabrico	97
3.6.6.Proposta final	98
IV.Conclusão	104
4.1.Considerações finais	107
4.2.Desenvolvimentos Futuros	108
Referências bibliográficas	109
Anexos	117

Índice de figuras

figura 01 Lixo em área costeira.

Fonte: <https://noticias.masverdedigital.com/american-express-har-sus-tarjetas-con-basura-plastica-marina-reciclada-y-reducira-el-uso-de-desechables-en-todas-sus-sucursales/>

figura 02 Ilustração dos objetivos inerentes ao projeto. Imagem da autora.

figura 03 Double diamond: metodologia projetual. Imagem adaptada pela autora.

figura 04 Cronograma de trabalho do capítulo III. Imagem da autora.

figura 05 Lixo. Fonte: <https://regiao-sul.pt/2018/09/14/ambiente/centro-ciencia-viva-exibe-filme-e-debate-problema-do-lixo-marinho/446794>

figura 06 Lixo marinho por tipo de material. Imagem da autora.

figura 07 Grande Ilha de lixo do Pacífico. Fonte: Fotografia de Caroline Power

figura 08 Lixo marinho a flutuar na superfície do oceano. Fonte: <https://www.worldatlas.com/articles/what-causes-ocean-pollution.html>

figura 09 Itens mais encontrados nas praias segundo a ocean conservancy. Imagem adaptada pela autora.

figura 10 Impactos ambientais: aprisionamento e ingestão. Fonte: <https://www.natgeo.pt/planeta-ou-plastico> & <https://greenwire.greenpeace.org>

figura 11 Categorias de resíduos marinhos consoante o tamanho. Imagem adaptada pela autora.

figura 12 Economia linear vs. circular. Fonte: <https://www.seattlemade.org/circular-economy/>

figura 13 Conceitos do desenvolvimento sustentável. Imagem da autora.

figura 14 Conceitos aplicados ao mar. Imagem da autora.

figura 15 Materiais amorfo e semi-cristalino. Imagem adaptada pela autora de Ensinger (2018)

figura 16 Família de plásticos: termoplásticos e termoendurecíveis. Imagem adaptada pela autora.

figura 17 Ciclo de vida dos polímeros Imagem adaptada pela autora de Azapagic et al. (2003).

figura 18 Sectores de utilização dos plásticos. Imagem da autora.

figura 19 Fases do processo de reciclagem. Imagem da autora.

figura 20 Ecopontos na urbe. Fonte: https://www.google.com/search?q=ecoponto&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjewa6_ma_hAhU87uAKHf7kDkoQ_AUIDigB&biw=1366&bih=625#imgrc=h5iOZB1fRa-VQBM:

figura 21 Identificação dos códigos dos plásticos de uso geral . Imagem da autora.

figura 22 Eficiência dos métodos de limpeza. Imagem adaptada pela autora de Jung et al. (2018)

figura 23 Grau de reciclabilidade. Imagem da autora.

figura 24 Aplicações dos plásticos commodities. Imagem da autora.

figura 25 Máquinas da precious plastic: trituradora, extrusora, injetora e compressora. Fonte: <https://preciousplastic.com/en/machines.html>

figura 26 Produtos desenvolvidos pela precious plastic. Fonte: <https://www.dezeen.com/2016/04/14/dave-hakkens-updates-open-source-precious-plastic-recycling-machines/>

figura 27 The new raw: banco de exterior. Fonte: <https://thenewraw.org/Print-Your-City-Amsterdam>

figura 28 Print your city. Fonte: <https://thenewraw.org/Print-Your-City-Thessaloniki>

figura 29 Sapatilhas adidas x parley. Fonte: <https://www.parley.tv/updates/2019/5/21/alphaedge-4d-adidas-parley>

figura 30 Cadeia de valor. Fonte: <http://inabundschuh.com/portfolio/adidas-x-parley>

figura 31 Back to nature: produtos desenvolvidos para a natureza. Fonte: <https://andreamangone.com/works/back-to-nature/>

- figura 32** Cadeia de valor. Fonte: <https://andreamangone.com/works/back-to-nature/>
- figura 33** Sea chair do studio swine. Fonte: <https://www.studioswine.com/work/sea-chair/>
- figura 34** The nurdler e sea press. Fonte: <https://www.kickstarter.com/projects/1715854418/sea-chair-into-the-gyre>
- figura 35** Lixo nova zelandia. Fonte: <https://www.nationalgeographic.com/environment/plastic-facts/>
- figura 36** Contextos selecionados. Imagem da autora.
- figura 37** Seleção de contextos. Imagem da autora.
- figura 38** Objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU: 12, 13 e 14. Imagem adaptada pela autora.
- figura 39** MERO: objetivos. Imagem da autora.
- figura 40** Palestra sobre plásticos. Imagem da autora.
- figura 41** Mapa de serviço: ilustração representativa do funcionamento do serviço. Imagem da autora.
- figura 42** Mind map: esquema representativo das ideias para o logotipo. Imagem da autora.
- figura 43** Desenvolvimento do logotipo. Imagem da autora.
- figura 44** Proposta de logotipo da marca MERO. Imagem da autora.
- figura 45** Proposta do identificador desenvolvido para a yamaha marine. Imagem da autora.
- figura 46** Identificador impresso em 3D para a Yamaha Marine. Imagem da autora.
- figura 47** Iniciativa "Clean the ocean for your future" pela Yamaha Marine. Fonte: <http://visao.sapo.pt/visaojunior/2019-06-05-Garrett-McNamara-entra-na-onda-para-salvar-o-planeta>
- figura 48** Experiência de redução na utilização de plástico. Imagem da autora.
- figura 49** Recolha de material doméstico à esquerda e do oceano à direita. Imagem da autora.
- figura 50** Gráficos de recolha de material. Imagem da autora.
- figura 51** Aplicações do PET. Fonte: <https://www.stocktonrecycles.com/material/plastic/>
- figura 52** Aplicações do HDPE. Fonte: <https://www.stocktonrecycles.com/material/plastic/>
- figura 53** Aplicações do PP. Fonte: <https://www.stocktonrecycles.com/material/plastic/>
- figura 54** Remoção de rótulos e lavagem de embalagens de PET. Imagem da autora.
- figura 55** Redução de tamanho: PET, HDPE e PP. Imagem da autora.
- figura 56** Secagem de material na estufa. Imagem da autora.
- figura 57** Equipamento e norma utilizada na injeção de provetes. Fonte: <http://www.rheologysolutions.com/thermo-scientific-haake-minijet-ii/> & (International Organization for Standardization, 2006)
- figura 58** Amostras de provetes injetados PET. Imagem da autora.
- figura 59** Amostras de provetes injetados PP. Imagem da autora.
- figura 60** Amostras de provetes injetados HDPE. Imagem da autora.
- figura 61** Beeverycreative B2x300 e Noztek Pro Desktop Filament Extruder. Fonte: <https://www.beeverycreative.com/> & <https://www.noztek.com/product/noztek-pro/>
- figura 62** Aglomerados de material que se tornam desperdício. Imagem da autora.
- figura 63** Extrusão de filamento de material HDPE. Imagem da autora.
- figura 64** Filamento de PET e PP. Imagem da autora.
- figura 65** Amostras de provetes impressos PET. Imagem da autora.
- figura 66** Amostras de provetes impressos PP. Imagem da autora.
- figura 67** Dificuldades sentidas: fraca adesão à cama e maleabilidade. Imagem da autora.
- figura 68** Exemplo de impressões malsucedidas com o material HDPE. Imagem da autora.

- figura 69** Equipamento utilizado para ensaios de tração. Fonte: [https:// www.shimadzu.com/](https://www.shimadzu.com/) & Imagem da autora.
- figura 70** Amostras de provetes PET injetados após ensaios. Imagem da autora.
- figura 71** Amostras de provetes PP injetados após ensaios. Imagem da autora.
- figura 72** Amostras de provetes HDPE injetados após ensaios. Imagem da autora.
- figura 73** Amostras de provetes PET imprimidos após ensaios. Imagem da autora.
- figura 74** Amostras de provetes PP imprimidos após ensaios. Imagem da autora.
- figura 75** Desafios do processo de injeção. Imagem da autora.
- figura 76** Desafios do processo de impressão 3D. Imagem da autora.
- figura 77** Curvas de tensão-deformação do material PET. Imagem da autora.
- figura 78** Curvas de tensão-deformação do material PP. Imagem da autora.
- figura 79** Curvas de tensão-deformação do material HDPE. Imagem da autora.
- figura 80** Propriedades mecânicas da injeção e impressão. Imagem da autora.
- figura 81** Sistema de cultivo no interior de habitação. Fonte: https://www.ikea.com/pt/pt/catalog/categories/departments/indoor_gardening/
- figura 82** Brief do sistema de cultivo. Imagem da autora.
- figura 83** Ergonomia da cozinha: dimensões e disposições das áreas. Imagem da autora.
- figura 84** Dimensões dos produtos. Imagem da autora.
- figura 85** Esquemas dos sistemas de auto rega. Imagem da autora.
- figura 86** Geração de conceitos. Imagem da autora.
- figura 87** Soluções desenvolvidas para o conceito de auto rega. Imagem da autora.
- figura 88** Solução 1: "recipiente em cima de recipiente". Imagem da autora.
- figura 89** Solução 6: nível de água visível. Imagem da autora.
- figura 90** Formas dos recipientes. Imagem da autora.
- figura 91** Processo de desenvolvimento: desenhos e mock-up. Imagem da autora.
- figura 92** Proposta selecionada. Imagem da autora.
- figura 93** Texturas e cores. Imagem da autora.
- figura 94** Componentes do produto e encaixe entre peças. Imagem da autora.
- figura 95** Processo de injeção. Imagem da autora.
- figura 96** Processo de impressão 3D. Imagem da autora.
- figura 97** Logotipo em baixo relevo. Imagem da autora.
- figura 98** Maquetes à escala real. Imagem da autora.
- figura 99** Alterações para DFM. Imagem da autora.
- figura 100** Componente impresso através de filamento reciclado. Imagem da autora.
- figura 101** Maquete à escala 1:2. Imagem da autora.
- figura 102** Proposta final. Imagem da autora.
- figura 103** Funcionamento do produto. Imagem da autora.
- figura 104** Funcionamento do produto. Imagem da autora.
- figura 105** Vaso de HDPE e PET. Imagem da autora.
- figura 106** Dimensões do produto. Imagem da autora.
- figura 107** Produto no contexto de uso. Imagem da autora.
- figura 108** Produto no contexto de uso. Imagem da autora.
- figura 109** Ílhavo: informação sobre a cidade e vista aérea. Imagem da autora & Foto de Varcolaci Deviantart.

figura 110 Jardim oudenot Fonte: <https://pumpkin.pt/eventos/jardim-oudenot/>

figura 111 Mobiliário urbano atual do jardim oudenot. Imagem da autora.

figura 112 Brief do mobiliário urbano. Imagem da autora.

figura 113 Dimensões antropométricas para o design de cadeiras. Imagem adaptada pela autora de Panero & Zelnik (2001).

figura 114 Ilustração que expõe as dimensões de um banco para exterior. Imagem adaptada pela autora de Yücel (2013).

figura 115 Primeiros esboços. Imagem da autora.

figura 116 Farol, forte da barra e casas típicas da costa nova. Fonte: <https://litoralmagazine.com> & <https://www.cm-ilhavo.pt/p/forteda-barra>

figura 117 Conceitos do mobiliário urbano. Imagem da autora.

figura 118 Propostas de desenhos com orientações diferentes. Imagem da autora.

figura 119 Propostas de desenhos com disposições diferentes. Imagem da autora.

figura 120 Propostas de desenhos com orientações e disposições diferentes. Imagem da autora.

figura 121 Proposta de desenho selecionado. Imagem da autora.

figura 122 Estudo das dimensões e proporções. Imagem da autora.

figura 123 Mock-up à escala real. Imagem da autora.

figura 124 Dimensões gerais do mobiliário urbano. Imagem da autora.

figura 125 Maquete à escala 1:5 impressa em 3D. Imagem da autora.

figura 126 Módulos do mobiliário urbano. Imagem da autora.

figura 127 Proposta final. Imagem da autora.

figura 128 Funções do mobiliário urbano. Imagem da autora.

figura 129 Suporte de bicicletas. Imagem da autora.

figura 130 Fixação ao chão. Imagem da autora.

figura 131 Pontos de fixação ao chão. Imagem da autora.

figura 132 Fixações entre peças. Imagem da autora.

figura 133 Detalhes dos encaixes e fixações. Imagem da autora.

figura 134 Componentes de fixação. Imagem da autora.

figura 135 Imagem de marca. Imagem da autora.

figura 136 Disposições. Imagem da autora.

figura 137 Produto em contexto de uso. Imagem da autora.

figura 138 Mobiliário urbano no jardim Oudinot. Imagem da autora.

figura 139 Campanha de sensibilização da National Geographic: "Planet or Plastic". Fonte: <https://www.nationalgeographic.com/environment/planetorplastic/>

Índice de tabelas

tabela 1 Técnicas de identificação de polímeros.

tabela 2 Técnicas de separação de macrolásticos.

tabela 3 Técnicas de separação de microplásticos.

tabela 4 Condições para injeção de provetes.

tabela 5 Condições de temperatura para extrusão de filamento.

tabela 6 Condições para impressão de provetes.

tabela 7 Valores médios das propriedades mecânicas resultantes.

tabela 8 Valores tabelados das propriedades dos materiais PET, PP e HDPE.

Capítulo I

Introdução

1.1.

Motivações pessoais

1.2.

Problemática e objetivos

1.3.

Abordagem metodológica

1.4.

Estrutura do documento



figura 1
Plástico proveniente
do oceano



1.1. Motivações pessoais

O presente projeto de investigação surge da problemática do excesso de resíduos plásticos existente no planeta. A principal motivação foi a possibilidade de desenvolver um projeto que diminua a quantidade de resíduos existentes no oceano e aterros terrestres.

O design de produto deverá considerar conceitos como a sustentabilidade e a economia circular, no sentido de convergir para os objetivos do desenvolvimento sustentável. Estabelecer o caminho para um mundo mais sustentável é uma tarefa complexa, onde todos os contributos são válidos.

Por outro lado, o material plástico representa uma das matérias-primas mais utilizadas na indústria, sendo por isso importante na formação dos designers o contacto com esta matéria-prima.

Em suma, estas motivações tiveram um papel impulsionador na escolha deste tema, pelo que demonstram um problema pertinente e atual, que se traduzem numa oportunidade de contribuir como profissional.

1.2. Problemática e objetivos

Uma parte considerável do volume de lixo sólido de uma cidade corresponde à matéria plástica, o que se apresenta como um problema para o planeta devido ao seu enorme impacto ambiental. Este problema está a ter uma rápida expansão nos últimos tempos, sendo a época atual caracterizada como a “Era dos plásticos” (C. J. Moore, 2015).

A “Era dos plásticos” é caracterizada pela excessiva dependência do plástico, e consequentemente, pela poluição que este causa. Se aliarmos o excesso de produção e utilização deste material a ciclos curtos de vida útil e a um processo de descarte rápido, facilmente compreendemos a dimensão do problema. O processo do lixo tem eventualmente como destino final o aterro¹, onde os resíduos são depositados e armazenados, longe dos olhos da sociedade. O problema sente-se quando os resíduos são conduzidos para o oceano, e devido às suas propriedades, estes permanecem centenas de anos no meio, acabando por se deteriorar. Esta problemática está a ser cada vez mais destacada, preocupando especialistas e a própria sociedade sobre o futuro desta adversidade, que tem crescido exponencialmente nos últimos anos.

Posto isto, a poluição causada por este material requer novos métodos e soluções. A reciclagem e o reaproveitamento surgem como meios para solucionar esse problema, e para diminuir os desperdícios e consumos de energia no desenvolvimento de produtos, aspirando alcançar a sustentabilidade social e ambiental. Assim, o desafio e objetivo aqui, é diminuir o impacto ambiental proveniente do plástico, nomeadamente a partir da criação de produtos com material reciclado. Com isto, não só se utiliza a matéria-prima já existente no meio ambiente, utilizando recursos que outrora foram considerados lixo, como também se dá uma nova vida, de preferência mais longa, ao material.

¹ Em 2018, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente, verifica-se que a fração total de resíduos depositados em aterro foi de 58,3% dos resíduos geridos (Agência Portuguesa do Ambiente, 2018).

Os produtos desenvolvidos surgiram no sentido de criar oportunidade de incorporar materiais reciclados em produtos úteis e com valor. O objetivo passa não só em incorporar medidas corretivas para a resolução da poluição marinha, mas também em medidas preventivas, evitando que o material tenha como destino o oceano. Neste sentido, o papel do Design pode ter uma contribuição considerável na redução de resíduos presentes no oceano e nos aterros, como também na mudança dos hábitos da sociedade, criando uma atitude sustentável e responsabilidade sobre o tema. A figura 2 mostra resumidamente os objetivos do projeto.

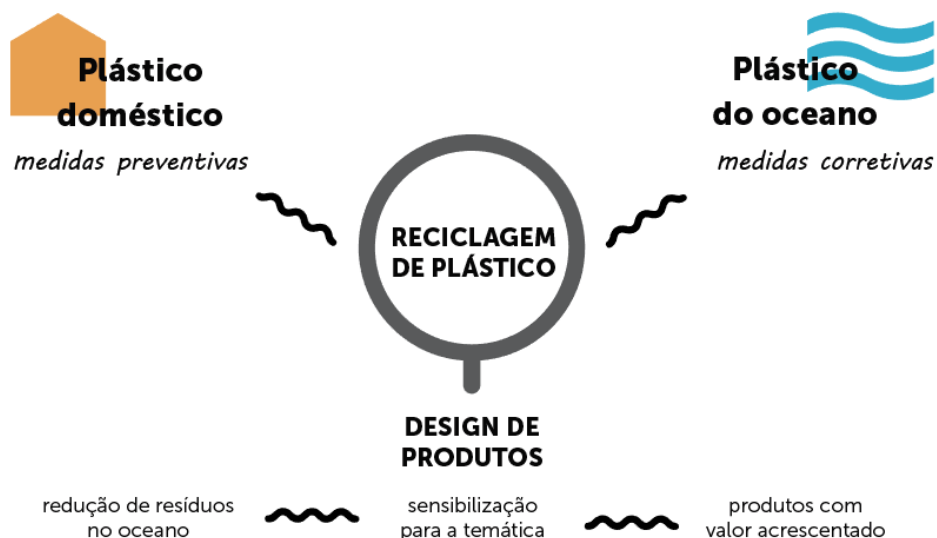


Figura 2 Ilustração dos objetivos do projeto

1.3. Abordagem metodológica

A abordagem metodológica aplicada no desenvolvimento do presente projeto de dissertação foi baseada no Double Diamond (figura 3). Este método consiste em quatro fases e divergem em três marcos importantes para o projeto. Utiliza dois tipos diferentes de pensamento, divergente e convergente, o que lhe confere maior liberdade exploratória e conceptual para a resolução do problema. Tem um carácter flexível, permitindo iterações e correções ao longo do processo e potencia uma abordagem multidisciplinar (Clune & Lockrey, 2014).

A metodologia começa por um problema, seguido da fase de pesquisa divergente, onde se explora o problema sem constrangimentos. Depois inicia-se a fase do pensamento convergente, onde se começa a definir e a focar as áreas chave para a solução do problema. Após esta fase, e com o problema definido, entra-se no segundo diamante, onde se utiliza novamente um pensamento divergente. Nesta fase, começa-se a idealizar um conjunto de ideias, sem muitas restrições, chegando por fim à última etapa onde se converge novamente para encontrar uma solução que vá de encontro ao definido anteriormente e com o objetivo de melhor responder ao problema inicial. Na figura 3, encontra-se o Double Diamond, com as etapas percorridas no presente projeto, de modo a facilitar a compreensão do que foi realizado em cada fase do processo.

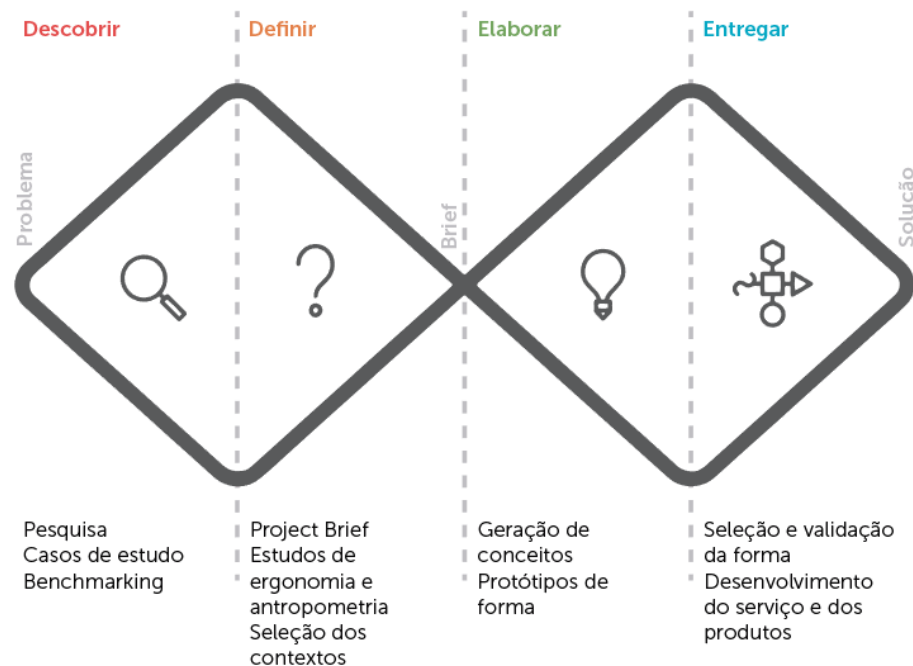


Figura 3 Double diamond: metodologia projetual

1.4. Estrutura do documento

O presente documento é composto por 4 capítulos: **I. Introdução** ao projeto; **II. Estado da Arte**, que inclui a contextualização teórica da temática e os casos de estudo relevantes para o projeto; **III. Projeto**, que constitui a componente prática da investigação; **IV. Conclusão**, e por último a bibliografia e os anexos.

No capítulo **I. Introdução** do projeto são expostas, numa primeira abordagem, as motivações pessoais que levaram ao desenvolvimento do projeto, bem como, as problemáticas e objetivos envolventes. É ainda apresentada a abordagem metodológica utilizada para traçar o processo de desenvolvimento e a estrutura do documento.

II. Estado da Arte é um capítulo introdutório ao documento, que compreende conteúdos relacionados com a temática do lixo marinho e os seus impactos, de modo a esclarecer a área de conhecimento a ser tratada. Está dividido em duas partes: a primeira parte é relativa à contextualização teórica, que pretende resumir o conhecimento adquirido sobre o tema, retratando a problemática do lixo marinho na atualidade, o conceito de economia circular e a sua evolução ao longo do tempo, assim como uma definição mais detalhada dos materiais plásticos, o processo de reciclagem e o design for environment. A segunda parte corresponde às iniciativas e produtos de referência já desenvolvidos, constituindo os casos de estudo para a investigação.

O capítulo III. **Projeto** integra-se numa componente prática da dissertação direcionado para o trabalho de investigação e desenvolvimento realizado ao longo do tempo. Contém a seleção dos produtos a desenvolver e uma descrição detalhada do serviço que representa a base do projeto. Inclui ainda uma recolha e análise realizada ao lixo recolhido, e a descrição do processo experimental com o objetivo de identificar as diferentes resistências dos materiais reciclados, com foco no processo de impressão 3D. Por fim, integra também todas as fases decorrentes do projeto conceptual dos produtos, sendo que o resultado final foi o colmatar do conhecimento adquirido aplicado na prática. Uma vez que este capítulo inclui inúmeras fases que foram realizadas simultaneamente, na figura 4 é apresentado o cronograma, de modo a compreender-se melhor o desenvolvimento do projeto.

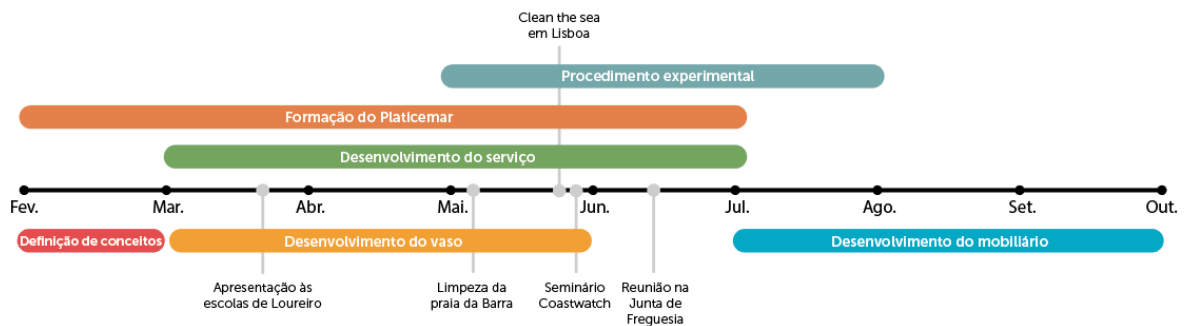


Figura 4 Cronograma de trabalho do capítulo III

No capítulo IV. **Conclusão** são expostas as conclusões finais do presente trabalho de investigação e as perspetivas para o futuro, apontando novas realidades emergentes e relacionadas com o tema.

Capítulo II

Estado da arte

2.1.

Preocupação ambiental

2.2.

Economia circular

2.3.

Plásticos

2.4.

Reciclagem mecânica

2.5.

Design for environment (DFE)

2.6.

Interpretação dos casos de estudo

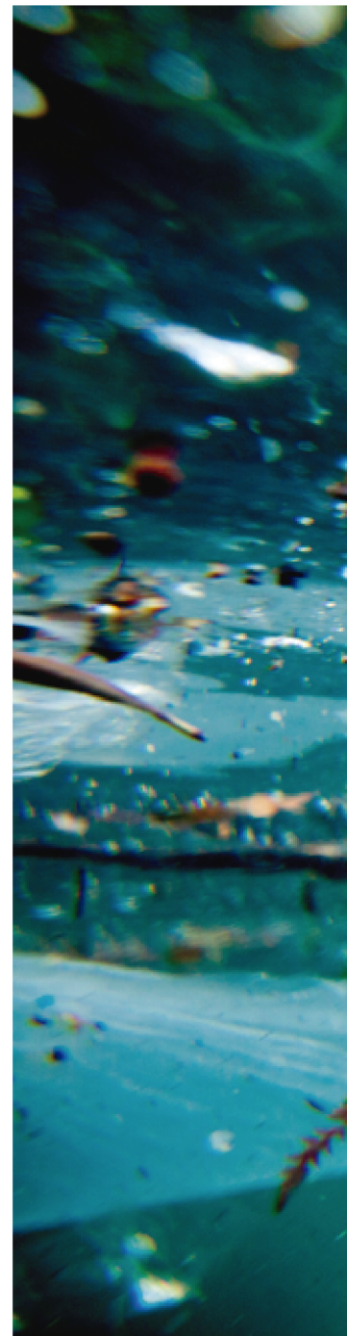


figura 5

Lixo marinho a flutuar na superfície do oceano



Parte I - Contextualização Teórica

2.1. Preocupação ambiental

A industrialização e o consumo excessivo das últimas décadas, resultaram na geração de uma enorme quantidade de produtos, que por sua vez se transformam em desperdício. A esse desperdício chamam-se resíduos sólidos, pois são resultantes de atividades humanas em sociedade. Estima-se que a quantidade média gerada desses resíduos na União Europeia (EU) em 2020 será de 680 kg por pessoa (European Environment Agency, 2008). Os resíduos sólidos urbanos (RSU), mais vulgarmente denominados por lixo urbano, é uma tipologia de resíduos sólidos que integra todos os tipos de resíduos provenientes dos centros urbanos. A sua composição depende da situação socioeconómica e dos hábitos de consumo da população. Desta forma, podem ser encontrados nesta categoria, materiais como: matéria orgânica, papel e papelão, plásticos, vidro, metais, tecidos, óleos e materiais tóxicos (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

Além da proliferação dos resíduos sólidos urbanos, a crescente concentração populacional no litoral, a tendência da utilização de produtos descartáveis, e a má gestão do volume de produção, contribuem para a deposição desses desperdícios no meio ambiente, principalmente no oceano (Martins & Sobral, 2011). Estes resíduos que têm o seu fim de vida no meio marinho, consistem numa ampla variedade de materiais, incluindo plástico, borracha, papel, madeira, metal, vidro e têxteis (figura 6) (European Environment Agency, 2014). Historicamente, o mar foi local de depósito destes resíduos, que com a crescente introdução de materiais mais resistentes, leves e flutuantes como os plásticos, o problema passou a ser mais visível (Ribic & Ganio, 1996). Estes materiais passaram a ser os detritos em maior abundância no oceano, representando 60% a 80% da totalidade de resíduos, segundo investigações (Derraik, 2002).

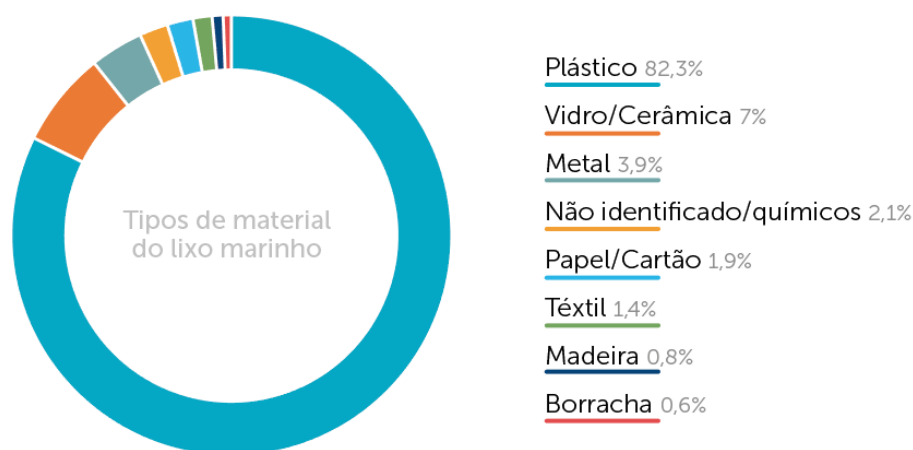


Figura 6 Lixo marinho por tipo de material

Frequentemente, o oceano acaba por ser o recetor final deste material plástico, sendo considerado o material em maior abundância e o mais problemático. O seu consumo excessivo, em combinação com a má gestão do seu fim de vida útil, resultou no excesso de poluição derivado deste material (World Economic Forum & Ellen Macarthur Foundation, 2015), o que contribuiu para o aumento e persistência de detritos marinhos e domésticos (Rios, Moore, & Jones, 2007). Este é um problema ambiental acabando por acumular-se nos meios terrestre e marinho, persistindo por tempos indeterminados no meio e causando graves problemas.

O reconhecimento da poluição marinha como um problema ambiental a nível global aconteceu a partir dos anos 50 e 60 com a poluição de hidrocarbonetos (Marques da Silva, 2018). Contudo, só no final do século XX é que a poluição por resíduos sólidos ganhou notoriedade devido à descoberta da Grande Ilha de lixo do Pacífico em 1997 (figura 7) (C. Moore & Phillips, 2012). Este problema tem vindo a aumentar drasticamente, sendo que se estima que oito milhões de toneladas de plástico tenham o seu fim de vida no oceano (European Environment Agency, 2014), representando cerca de 10% dos plásticos produzidos (Sobral et al., 2016).



Figura 7 Grande Ilha de lixo do Pacífico

2.1.1. Lixo marinho

Detritos marinhos, ou mais vulgarmente chamado lixo marinho, são materiais sólidos que entraram no meio ambiente aquático (figura 8). Entre os oito milhões de toneladas de plástico depositados no mar, prevê-se que cerca de 80% seja de fonte doméstica, e os restantes 20% de origem oceânica (Allsopp, Walters, Santillo, & Johnston, 2006). Entende-se por fonte doméstica, os rios e enchentes, descargas industriais, descargas de drenos de águas pluviais, esgotos municipais não tratados, ou atividades das zonas costeiras e praias. As fontes marinhas incluem a pesca e aquacultura, descargas de embarcações, mineração e extração offshore e despejo ilegal no mar (European Environment Agency, 2014).



Figura 8 Lixo marinho a flutuar na superfície do oceano

O lixo marinho pode ser encontrado perto da sua fonte de entrada, mas tipicamente é transportado por longas distâncias, através das correntes marítimas e ventos (UNEP, 2005). Nesse sentido, a origem do resíduo é desconhecida, e torna o processo de recolha e classificação ainda mais difícil. Além disso, estes podem ser encontrados a flutuar na superfície (15%), em zonas costeiras e praias (15%) ou no fundo do mar (70%). Este problema muito se deve à má gestão dos resíduos, à deficiência de infraestruturas para o seu tratamento e à negligência do Homem (Sobral et al., 2016). É necessário haver campanhas de sensibilização, educação ambiental e formulação de regras para evitar o uso de materiais plásticos, uma vez que após estes se encontrarem no meio marinho, torna-se difícil de o recolher.

Para combater a atitude de indiferença ou desconhecimento sobre os impactos causados pelo lixo marinho, têm vindo a surgir organizações que sensibilizam e criam eventos de limpeza de praias. Têm o objetivo de reduzir os resíduos presentes no local, mas também de analisar o que é recolhido, tanto em termos da sua tipologia como a nível de quantidades. A *Ocean Conservancy* é uma organização que tem como iniciativa a *International Coastal Cleanup* que consiste na recolha e documentação do lixo no litoral de vários países. Na figura 9 pode-se ver os dez itens mais encontrados globalmente em 2017 (Ocean Conservancy, 2018).

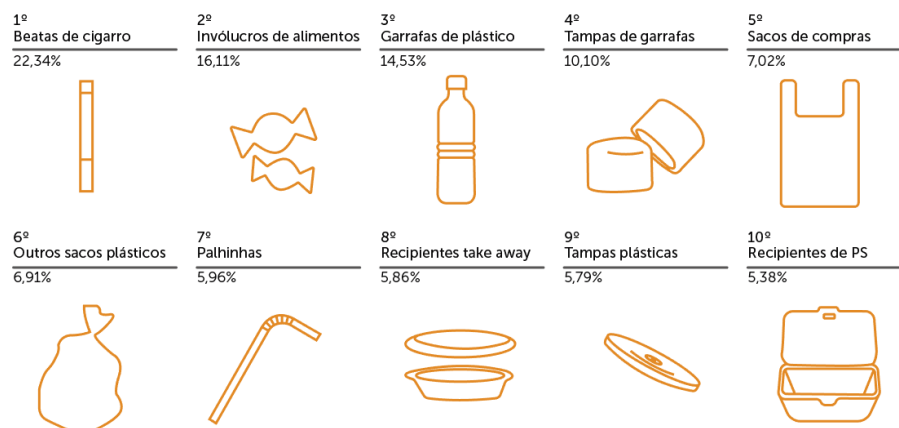


Figura 9 Itens mais encontrados nas praias segundo a *Ocean Conservancy*

Coastwatch Europe é outra organização voluntária semelhante à *Ocean Conservancy*, que protege e gere zonas litorais. A sua atividade resume-se à monitorização das zonas costeiras, à realização de campanhas de melhoria para políticas ambientais e para a implementação da legislação ambiental, e à organização de eventos e seminários de informação pública (Coastwatch, 2019). No âmbito desta dissertação foi efetivada uma colaboração com esta organização, que colmatou numa apresentação de sensibilização no Seminário *Coastwatch* 2019.

2.1.2. Impactos ambientais, económicos e sociais

Ao longo dos últimos anos, o problema da poluição marinha tem-se tornado uma preocupação à escala global principalmente devido aos seus impactos ambientais, económicos e sociais, afetando os ecossistemas marinho e terrestre (Marques da Silva, 2018).

Numa abordagem socioeconómica o lixo marinho causa despesas em: atividades de limpeza e prevenção às autoridades locais, afeta o turismo, reduz a atividade pesqueira e qualidade do peixe e causa problemas às embarcações (Hastings & Potts, 2013).

Além disso, prejudica a vida dos animais marinhos, e consequentemente a cadeia alimentar dos seres humanos, acabando por trazer consequências a nível de saúde. O efeito prejudicial do plástico sobre a vida marinha geralmente inclui o aprisionamento, conhecida por pesca fantasma, e a ingestão de plástico (Allsopp et al., 2006) (figura 10). Causa, por isso, a diminuição da qualidade de vida, e consequentemente, a diminuição da capacidade reprodutiva que, em última instância, pode levar à morte dos animais (Hastings & Potts, 2013). Além disso, possíveis poluentes e toxinas são absorvidos pelos detritos plásticos causando problemas graves quando ingeridos pelos seres marinhos. Esses poluentes orgânicos persistentes (POP) e aditivos tóxicos podem ser transportados através da cadeia alimentar, afetando a saúde e bem-estar dos seres humanos (Sobral et al., 2016).



Figura 10 Impactos ambientais: aprisionamento e ingestão

Um dos problemas dos materiais plásticos é a sua elevada persistência e durabilidade no meio. No entanto, devido à degradação por meio ultravioleta, pela ação das ondas e do sal, os resíduos fragmentam-se em pequenas partículas e por isso tornam-se facilmente ingeridas por animais marinhos. Para uma melhor compreensão destas partículas, os especialistas dividem-nas em quatro categorias conforme o seu tamanho (Eriksen et al., 2014), como se pode ver na figura 11.



Figura 11 Categorias de resíduos marinhos consoante o tamanho

Estão a ser realizadas em Portugal algumas investigações para se compreender o estado desta realidade, sendo os microplásticos, objetos de estudo em algumas regiões do país. Existem estudos que mostram que estas pequenas partículas plásticas correspondem a 72% da quantidade total de plástico no mar, em cinco praias ao longo da costa portuguesa (Martins & Sobral, 2011). Outro estudo, este na região de Aveiro, demonstrou que os microplásticos estão presentes em 66% de amostras de zooplâncton recolhidas na região (Marques da Silva, 2018). Estes estudos servem para comprovar que esta é uma questão recorrente e emergente global e é necessário o surgimento de soluções para a combater.

Em suma, o plástico, material em foco no presente trabalho, apresenta-se como um material importante para a economia e para a sociedade, mas ao mesmo tempo também perigoso, causando grandes problemas a nível ambiental, social e económico. É um problema atual que necessita da atenção dos especialistas e da sociedade para ser resolvido, e, por conseguinte, esta investigação pretende ser uma voz ativa e um contributo nesse sentido. Não podendo resolver o problema na sua totalidade, pretende-se que este seja um agente de mudança na recolha e transformação de resíduos plásticos, tendo como foco os macrolásticos.

2.2. Economia circular

Economia circular, conceito definido por Ellen MacArthur, impulsionadora e grande referência nesta temática, visa redefinir o crescimento económico, concentrando-se em benefícios positivos para toda a sociedade. Isto implica a dissociação do consumo de recursos finitos e a utilização de resíduos fora do sistema. O princípio da economia circular é modificar o panorama atual da economia que segue uma abordagem linear “*Cradle to grave*” (extração, produção e eliminação). Pretende então transformar esta, numa abordagem de ciclo fechado, onde o objetivo é reutilizar, preservar e valorizar o capital natural, dando lugar ao conceito intitulado “*Cradle to Cradle*” (McDonough & Braungart, 2003). Esta abordagem defende que no final de vida útil dos produtos, estes devem voltar ao “berço” e servir de recurso para outros produtos (Azapagic, Emsley, & Hamerton, 2003). É então um conceito evolutivo industrial e social que aspira a sustentabilidade através de uma cultura sem desperdícios (De los Rios & Charnley, 2017) (figura 12).

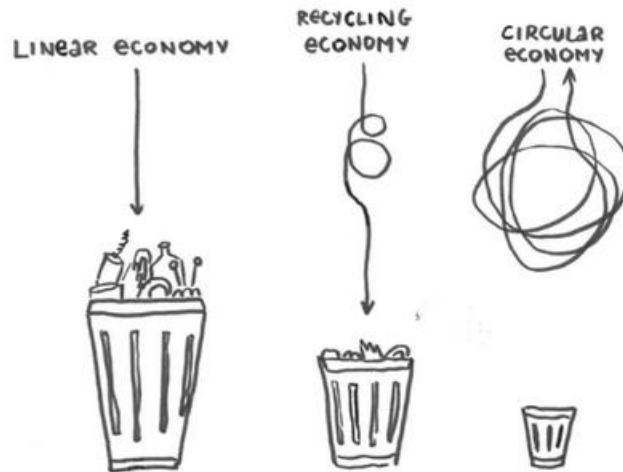


Figura 12 Economia linear vs. circular

Para poder compreender o que levou ao surgimento deste conceito, deve-se conhecer, em primeira instância, os acontecimentos ao longo do tempo que foram determinantes para a evolução face à economia circular (Frias, 2010; Sobral et al., 2016) (figura 13). Esta evolução influencia e resulta numa mudança e inovação no design de produtos.

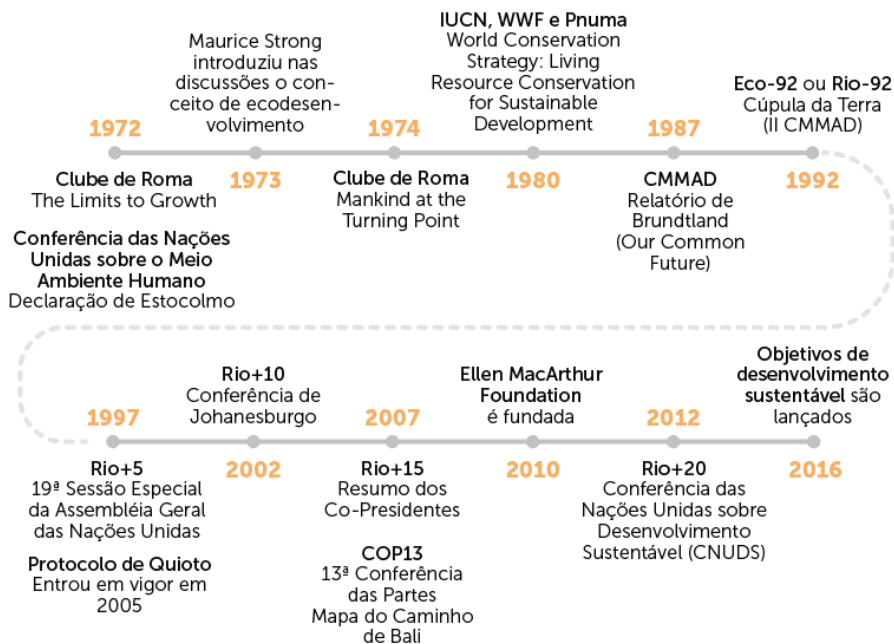


Figura 13 Conceitos do desenvolvimento sustentável

2.2.1. Conceitos aplicados ao mar

A poluição marítima começou a ganhar notoriedade a partir dos anos 50 e 60 (Marques da Silva, 2018) e ao longo da história, houve vários acordos, convenções, normas e legislações que se tornaram marcos importantes na implementação do desenvolvimento sustentável (figura 14).

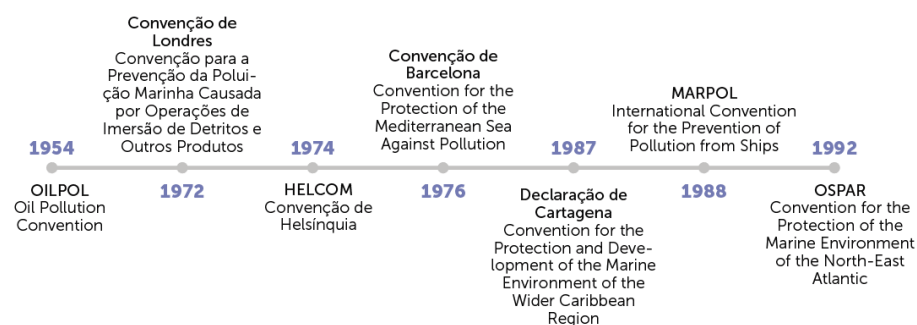


Figura 14 Conceitos aplicados ao mar

Apesar de ao longo dos anos se terem reunido alguns esforços para combater e reduzir os impactos da poluição marinha, estes não foram suficientes. A falta de implementação de regulamentos e legislações nacionais, regionais e internacionais, e a aparente falta de consciência social são motivos significativos para a falta de controlo preventivo (Sobral et al., 2016). Assim, o lixo marinho continuará a aumentar a um ritmo preocupante.

Neste contexto, e de acordo com o Parlamento Europeu, a venda de produtos de plástico de utilização única deverá ser proibida na União Europeia (UE) a partir de 2021. Os artigos incluem pratos, talheres, cotonetes, palhinhas, agitadores para bebidas e varas para balões, artigos estes comumente encontrados no meio marinho. A proposta também estabelece o objetivo de reciclar 90% das garrafas de plástico até 2029, além de obrigar que a sua composição contenha 25% de material reciclado até 2025 e 30% até 2030 (Parlamento Europeu, 2018). Em relação à legislação nacional, Portugal instituiu um sistema de incentivo ao consumidor para devolução de embalagens de bebidas em plástico não reutilizáveis, a implementar até ao fim de 2019. E ainda um sistema de depósito de embalagens de bebidas em plástico, vidro, metais ferrosos e alumínio não reutilizáveis, obrigatório a partir de 2022 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019). Além disso, entrou em vigor a proibição da distribuição de sacos e cunetas de plástico para pão, frutas e legumes no comércio alimentar. A partir de 2023, será obrigatório a disponibilização aos consumidores de alternativas a estes sacos e cunetas (Diário da República, 2019).

Assim sendo, torna-se importante considerar a legislação em vigor durante o desenvolvimento desta investigação. O trabalho assenta no conceito de economia circular, uma vez que se pretende reutilizar os plásticos presentes no meio para o desenvolvimento de novos produtos, sem ser necessário a utilização de nenhum material virgem². Desta forma, optar-se-á por soluções a nível do desenho dos produtos que permitam facilmente reutilizar o material, reintroduzindo-o novamente no sistema, fechando e recomeçando o ciclo, tantas vezes quanto as necessárias.

² Material puro, ou seja, que ainda não foi reprocessado, encontrando-se no primeiro estágio da sua utilização.

2.3. Plásticos

Polímero, mais comumente denominado plástico, provém do grego poly (muitos) e meros (parte). O termo foi pela primeira vez utilizado por John Jakob Berzelius em 1833. É um material orgânico polimérico sintético, produzido com base no petróleo, uma substância que serve de matéria-prima para o fabrico dos mais variados produtos. Consiste em macromoléculas formadas por uma cadeia de unidades simples, chamadas monómios. Foi no final do século XIX que os polímeros sintéticos começaram a ser produzidos, e devido às necessidades sentidas na II Guerra Mundial e do consumo de pós-guerra, tiveram uma crescente exploração de aplicações devido às suas extraordinárias propriedades (Azapagic et al., 2003).

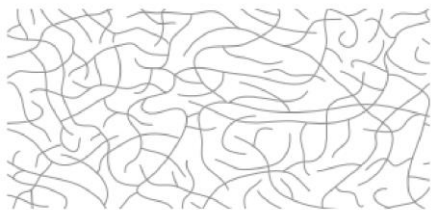
Os polímeros podem adquirir várias formas, distinguindo-se em: plásticos, elastómeros e fibras (Canevarolo Jr., 2002). Os plásticos, uma vez que são os mais produzidos e utilizados no quotidiano, são o foco desta dissertação. Estes têm uma quantidade enorme de benefícios a oferecer e, em muitos casos, podem substituir outros materiais.

Estes plásticos representam um grande grupo de materiais, sendo que existe uma grande variedade de plásticos, devido às suas composições sintéticas distintas, o que faz com que este material se possa aplicar num número infinito de produtos. Esta variedade de tipologias, e consequentemente versatilidade de aplicações, assim como as suas propriedades e preço, fez com que causasse na sociedade atual uma dependência deste material. Essa dependência levou ao excesso de industrialização do material, e, naturalmente, a um excesso de resíduos plásticos sem destino após a sua vida útil.

A sua denominação - plástico - provém da sua capacidade de ser moldado a temperaturas mais elevadas, apresentando um comportamento plástico. Pode ser classificado de acordo com o seu comportamento térmico em termoplásticos e termoendurecíveis (Azapagic et al., 2003).

Os termoplásticos caracterizam-se por conseguirem ser reprocessados através do emprego da temperatura, e ser conformados, moldados e utilizados novamente. Isto porque a ligação entre a cadeia molecular é menos forte. Por essa razão, cria-se a possibilidade de serem reciclados, contrariamente aos termoendurecíveis. Os termoplásticos podem ainda ser subdivididos, segundo as suas cadeias moleculares, em amorfos e semicristalinos (figura 15) (Ensinger, 2018). Os amorfos apresentam cadeias moleculares irregulares, e os semicristalinos apresentam uma mistura entre cadeias regulares e irregulares e apresentam uma aparência mais translúcida (Ashby & Johnson, 2014).

Amorfo



Semicristalino



Figura 15 Materiais amorfo e semicristalino

Estes materiais podem ainda ser divididos com base na sua estabilidade térmica em termoplásticos de uso geral (materiais *commodities*), materiais estes de uso comum, e termoplásticos de engenharia. Termoplásticos de uso geral é o nome mais comum para caracterizar os plásticos menos caros que constituem a maior parte da produção de plástico por serem os mais usados, como o polipropileno e polietileno. Enquanto que os termoplásticos de engenharia são utilizados em produtos com requisitos mais exigentes e específicos, como os poliamidas (Azapagic et al., 2003).

Por outro lado, os termoendurecíveis têm um efeito irreversível, não tendo a capacidade de serem moldados através da temperatura. Na figura 16 estão listados os polímeros consoante as suas categorias.

Plásticos

Termoplásticos

reprocessados através do emprego da temperatura, podendo ser conformados, moldados e utilizados novamente.

Termoendurecíveis

não são possíveis de serem reciclados

Cristalinos

acetais
poliamidas
PE
PP
PET

Amorfos

ABS
poliamidas
PMMA
PC
PS
PVC
SAN

Elevada reticulação

silicones
resinas

Baixa reticulação

borrachas

Figura 16 Família de plásticos: termoplásticos e termoendurecíveis

A presente investigação concentra-se nos termoplásticos de uso geral, devido à sua capacidade de serem reciclados e à sua utilização frequente por parte da sociedade, contrariamente aos termoendurecíveis. É deste modo fundamental adquirir o conhecimento do que caracteriza estes materiais, e como se comportam. Com esta informação consegue-se prever o seu comportamento durante o processo de reciclagem, e o que o limita durante a sua utilização.

2.3.1. Ciclo de vida dos plásticos

O ciclo de vida dos plásticos consiste em todo o percurso feito pelos produtos plásticos, desde a extração de recursos para a sua produção até ao seu fim de vida útil. Na figura 17, está representado um ciclo de vida genérico dos plásticos, com opções de destinos distintos.

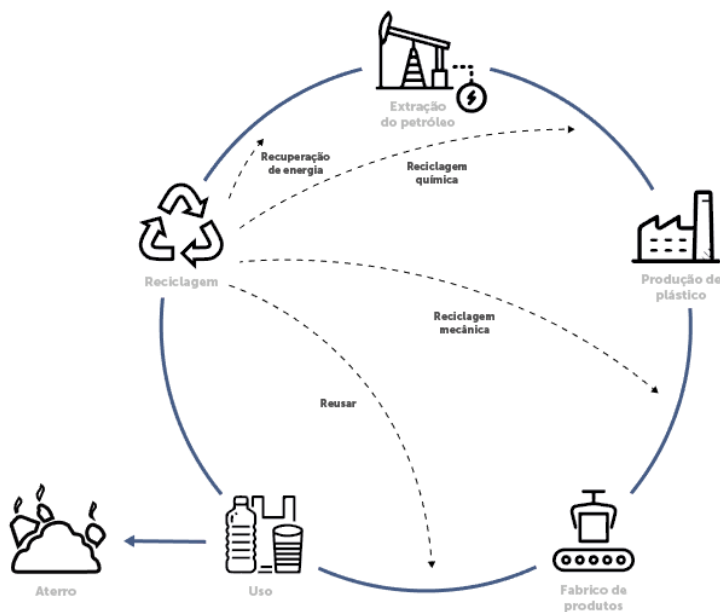


Figura 17 Ciclo de vida dos polímeros (Azapagic et al., 2003)

O ciclo começa na extração do petróleo, para seguidamente ser usado na produção dos plásticos. É então iniciada a sua vida útil, sendo transportado para a indústria de transformação de plásticos para a produção de produtos, com a finalidade de ser utilizado pelos consumidores. Após o seu fim de vida útil, este é recolhido como resíduo e enviado para aterro ou reciclagem. Caso seja reciclado, este pode ter quatro destinos diferentes: reutilização, reciclagem mecânica, química e energética, explicadas mais à frente.

Vida útil

Devido às propriedades deste material, como referido anterior, este é bastante versátil e por essa razão é utilizado em diferentes aplicações. O principal sector de utilização deste material é a indústria das embalagens apresentando cerca de 39.9% de toda a produção de plástico, contribuindo para a acumulação de resíduos. Esta utilização é frequentemente associada a uma vida útil muito curta que muito rapidamente se torna num desperdício. Segue-se a indústria de construção (19.7%), automóvel (10%), eletrónica (6.2%), e outros (Plastics Europe, 2017) (figura 18).

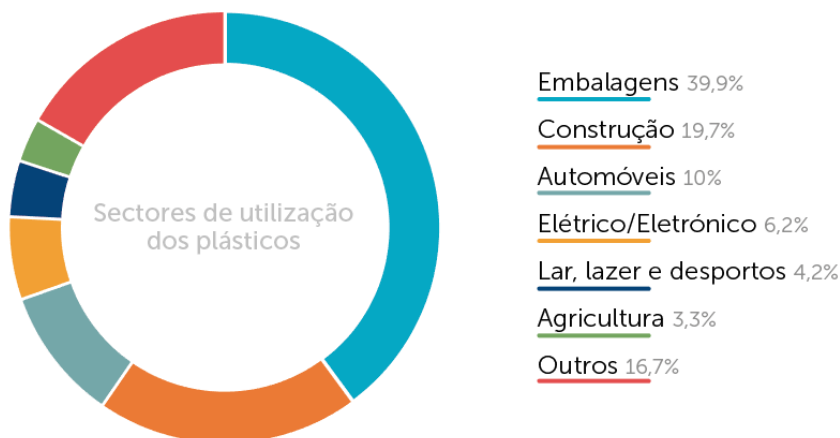


Figura 18 Sectores de utilização dos plásticos

As características que tornam o plástico tão útil no uso cotidiano são as mesmas que o tornam prejudicial ao ambiente (lenta degradação, elevada persistência e resistência à corrosão) (Sobral et al., 2016).

Fim de vida útil

A formação de desperdício é difícil de ser evitada, e por isso, a estratégia da sua gestão torna-se um fator relevante. Assim, existem várias estratégias que apresentam destinos distintos, sendo uns mais desejáveis que outros. Numa perspectiva de valorização dos resíduos, as estratégias utilizadas resumem-se, da mais desejável para a menos, como se pode ver a seguir (Azapagic et al., 2003).

Redução: consiste em minimizar o uso de materiais e energia, e, por conseguinte, minimizar os desperdícios e emissões para o meio ambiente, conceito conhecido como desmaterialização.

Reuso: consiste na recuperação de componentes e partes de produtos que já tenham sido utilizados, reutilizando-os em novos produtos.

A reciclagem tira vantagens do valor do material ou da energia dos produtos, sendo que existe três opções de reciclagem.

Reciclagem mecânica: o material é processado e recuperado para o fabrico de novos produtos, sem necessidade de material virgem. Dependendo da sua vida útil, estes podem ser mais ou menos valorizados, apresentando valores de qualidade diferentes. Esta técnica, ainda que seja a mais desejável a nível ambiental, é dispendiosa.

Reciclagem química: os resíduos poliméricos são utilizados para a produção de combustíveis químicos. É uma boa alternativa para os resíduos de plástico mistos, no entanto têm elevados custos de capital.

Reciclagem energética: é um processo de recuperação de energia, onde o material é queimado, também conhecido por incineração. No entanto, contribui para a poluição do ar e utiliza recursos finitos não-renováveis. Não requer grande separação de polímeros, contudo deve-se eliminar o PVC da mistura, com o intuito de diminuir as emissões de dioxinas e ácido clorídrico. Incineração sem recuperação de energia não é considerada reciclagem, porque só reduz o volume de resíduos sólidos. Além disso, pode ser considerado uma opção não sustentável, pois lança emissões tóxicas a partir do combustível (dioxinas e metais pesados).

Aterro: é a abordagem mais convencional para a gestão dos resíduos, em que consiste num espaço para o armazenamento dos desperdícios, podendo este ter ou não tratamento subjacente. No entanto, estes espaços estão a tornar-se escassos para a quantidade de resíduos produzidos pelo Homem. Além disso, do ponto de vista da sustentabilidade, uma grande desvantagem dos aterros é que nenhum dos recursos materiais usados para produzir plástico é recuperado, criando um fluxo de material linear, em vez de circular. (Hopewell, Dvorak, & Kosior, 2009).

No seguimento da investigação, será retratada a reciclagem mecânica, tendo como objetivo analisar as considerações necessárias no desenvolvimento de produtos com material reciclado. Terá particular relevância, o estudo da reciclagem de embalagens, pois é o principal sector

de utilização de produtos plásticos, e o que conseqüentemente, se encontra com mais abundância no lixo doméstico e marinho.

2.4. Reciclagem mecânica

A reciclagem surge pela primeira vez como meio para solucionar o excesso de produção de materiais na década de 1970 (Hopewell et al., 2009). Além de reduzir a acumulação progressiva de resíduos, diminui os consumos de energia no desenvolvimento de produtos, aspirando alcançar a sustentabilidade social e ambiental. Este processo assume um papel importante na utilização sustentável dos recursos, conservando os recursos naturais e tendo o objetivo de reduzir os danos ambientais.

Reciclagem é o reprocessamento de materiais em novos produtos. Este processo apresenta enormes vantagens pois evita o uso excessivo de recursos naturais e reduz o consumo de matéria-prima e de energia, comparativamente à produção de matéria virgem. Além de que, potencia a redução dos custos de fabrico a nível ambiental, social e por vezes, económico. Por outro lado, este processo atravessa diversas fases onde se utiliza técnicas que consomem demasiada energia em processamento e transporte (Mohamad, Sattar, Husin, & William, 2007).

2.4.1. Fases do processo de reciclagem

Para o correto processo de transformação da matéria-prima, é necessário ocorrer um conjunto de etapas que irão garantir a qualidade do produto final (figura 19). Para o desenvolvimento deste tópico sobre as fases necessárias para o processo de reciclagem foi tido como referência o artigo “Plastics recycling: challenges and opportunities” de J. Hopewell, R. Dvorak e E. Kosior.



Figura 19 Fases do processo de reciclagem

Recolha

A primeira fase é a recolha de resíduos plásticos, podendo esta ditar a qualidade da matéria-prima reciclada. Os resíduos plásticos podem ser resultantes de fontes diferentes, o que os distingue em dois grandes grupos (Gort & Gerrits, 2015):

Resíduos pré-consumo são obtidos a partir dos desperdícios de um processo de produção. A vantagem deste tipo de material é que este ainda não foi exposto a nenhuma degradação, nem afetado por outros fatores, pois não teve uma vida útil.

Resíduos pós-consumo são obtidos através de produtos e embalagens que já tiveram um ciclo de vida associado, e por isso, já foram utilizados. Apresentam, por conseguinte, mais dificuldades no processo de reciclagem, podendo conter sinais de degradação e contaminação decorrentes da sua vida útil. Estes serão os resíduos destacados na presente dissertação.

A sociedade Ponto Verde e a Ersuc, são exemplos de empresas que são responsáveis por esta fase, utilizando um sistema de ecopontos no meio urbano. Os ecopontos (figura 20) são contentores que utilizam cores diferentes consoante o tipo de lixo a recolher: o amarelo é para plásticos e metais; o azul é para papel; o verde para vidro; e o vermelho para pilhas. Esta recolha em categorias serve para facilitar a fase seguinte de separação e identificação dos materiais, e, com isso, simplificar o processo de reciclagem.



Figura 20 Ecopontos na urbe

Separação e classificação

Esta é uma fase de bastante relevância no caso dos plásticos, pois existem inúmeras tipologias, que misturadas podem originar produtos de baixa qualidade (Azapagic et al., 2003). Além disso, têm temperaturas de processamento distintas, o que pode dificultar o fabrico de novos produtos, ou até mesmo impossibilitar uma mistura homogénea, não havendo compatibilidade entre eles (Takatori & Operations, 2014). Neste sentido, atualmente, utiliza-se inúmeras técnicas de separação e identificação de polímeros, e acredita-se que com o avanço da tecnologia, esta fase pode ser simplificada, baixando os custos do processo. Na maioria das empresas recicladoras, o que acontece é a necessidade de combinar diferentes métodos analíticos para a identificação dos polímeros, causando implicações no custo da operação. Na tabela 1 estão mencionadas as técnicas de identificação atualmente utilizadas.

Tabela 1 Técnicas de identificação de polímeros

Técnicas de identificação

Espectroscopia de infravermelho ou espectroscopia de massa
Análise térmica ex. calorimetria de varrimento diferencial
Ressonância magnética nuclear
Reconhecimento de padrões opto-mecânicos
Fluorescência de raios X
Fourier transform infrared (FTIR)
Fourier transform Raman (FTR)

Numa maneira geral, existem técnicas de separação mecânicas e manuais. Separação manual é geralmente o método mais comum, devido ao facto das técnicas mecânicas serem mais dispendiosas (Lobo, 2010). Esta técnica, conta com o auxílio de um código universal de identificação de polímeros, facilitando assim esta tarefa. Foi proposto em 1988 pela Sociedade da Indústria de plásticos, uma série de sete classificações, como mostra a figura 21, identificando os polímeros de uso geral, usados principalmente em embalagens (Azapagic et al., 2003). Posteriormente, este código foi estendido para outras tipologias de plástico.



Figura 21 Identificação dos códigos dos plásticos de uso geral

Na tabela seguinte estão identificadas as técnicas utilizadas na separação de polímeros macrolásticos.

Tabela 2 Técnicas de separação de macrolásticos

Técnicas de separação de macrolásticos

Separação manual
Separação manual assistida com algum grau de automação
Near Infrared (NIR)
Marcadores de polímero
Deteção visual por cor
Raio X

Em Portugal, a ERSUC (Resíduos Sólidos do Centro, S.A.), é uma empresa que detém um sistema multimunicipal de tratamento e valorização de resíduos sólidos urbanos do litoral centro. Esta, encarrega-se de fazer a triagem e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, valorizando-os.

Através de uma visita às instalações da ERSUC, foi possível obter conhecimento sobre as suas técnicas utilizadas para esse tratamento. Estas são a separação ótica por infravermelhos (FTIR), em que identifica e separa os diversos tipos de plástico, e a separação manual, de modo a corrigir algumas falhas do método automático.

Lavagem

Esta fase é fundamental, pois melhora a capacidade de identificação do polímero, além de melhorar a sua qualidade (Jung et al., 2018). Um estudo determinou qual o método mais eficaz na limpeza de amostras, concluindo que a limpeza com água é o mais eficaz (figura 22) (Jung et al., 2018). Porém uma desvantagem deste método é a utilização de quantidades consideráveis de água, encarecendo o processo.

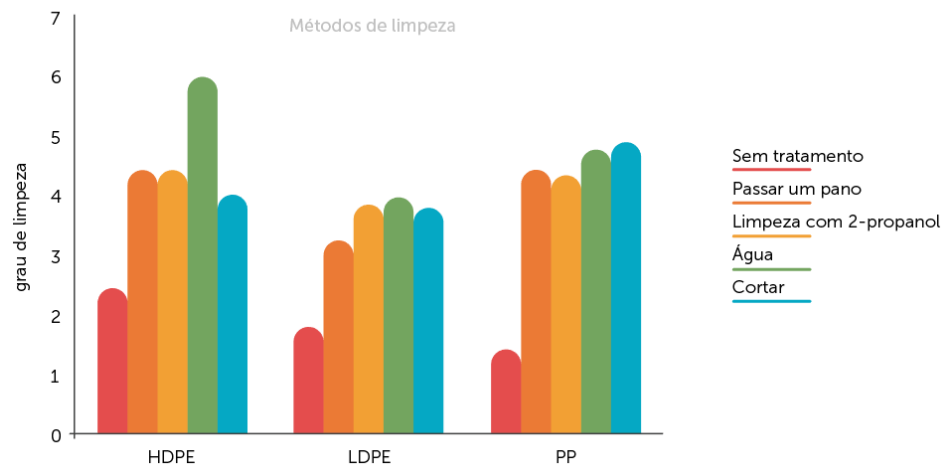


Figura 22 Eficiência dos métodos de limpeza (Jung et al., 2018)

As fases de separação e limpeza continuam a ser consideradas dos maiores impedimentos para a eficiência da reciclagem de resíduos plásticos. São as fases que apresentam maior dificuldade no processo e maior consumo de energia, e por essa razão, podem tornar o processo numa solução não sustentável.

Redução de tamanho

O processo de redução de tamanho consiste na trituração de material. Por vezes, e caso necessário, são adicionados aditivos no material que asseguram a sua qualidade. Em relação ao tamanho, este depende do processo e equipamento utilizado na fase de reprocessamento.

Separação e identificação

Uma fase adicional de separação dos diferentes tipos de plásticos é, por vezes, necessária no processo para garantir a melhor pureza do material. Na tabela 3 estão identificadas as técnicas de separação utilizadas no caso de polímeros de tamanho reduzido.

Tabela 3 Técnicas de separação de microplásticos

Técnicas de separação de microplásticos

Tanques de flutuação
Hidrociclone
Separação por compressão de ar
Micronização
Separação electrostática
Filtração por fusão
Separação de partículas coloridas

Reciclagem para a criação de novos produtos

Após a realização das etapas anteriormente referidas, estão reunidas as condições para a obtenção de uma matéria-prima de qualidade e para o processamento de novos produtos. Assim, cria-se uma oportunidade aos resíduos que não eram valorizados, de serem transformados em matéria-prima capaz de entrar novamente na cadeia de valor, criando uma economia circular.

No entanto, os polímeros, como não apresentam todos as mesmas características, também não apresentam o mesmo grau de reciclabilidade. Na figura 23, são apresentados os materiais de uso geral segundo a sua facilidade de reciclagem (National Geographic, 2019).



Figura 23 Grau de reciclabilidade

Em relação à sua aplicabilidade, na figura 24 pode-se observar alguns produtos que utilizam estes materiais, tanto virgens como reciclados.

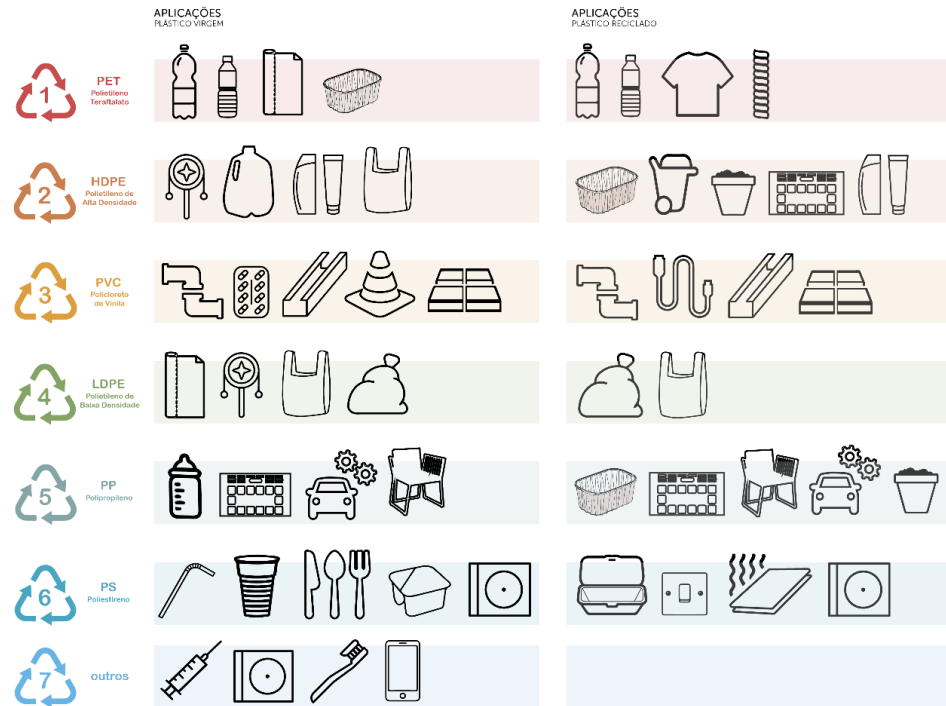


Figura 24 Aplicações dos plásticos de uso geral

Em suma, o conhecimento das fases do processo de reciclagem torna-se fundamental no desenvolvimento desta investigação, na medida em que na componente prática se terá de seguir todos estes passos para a obtenção dos produtos.

2.4.2. Barreiras da reciclagem

Embora algumas políticas estejam a ser desenvolvidas para acelerar o processo de reciclagem, alguns fatores influenciam e limitam a sua implementação. Fatores técnicos, económicos, ambientais e sociais precisam de ser abordados a fim de alcançar a sustentabilidade na produção de novos produtos (Azapagic et al., 2003).

Fatores sociais

Uma grande componente do problema atual da poluição marinha está relacionada com o comportamento humano (Sobral et al., 2016). Nesse sentido, é também importante que a comunidade seja incluída no processo de reciclagem. Contudo, este processo ainda sofre alguns problemas de aceitação e desconfiança. A aceitação pública sobre a reciclagem depende de vários fatores, como condições históricas, culturais, estado socioeconómico e crenças pessoais. O público começou a questionar a viabilidade e os benefícios ambientais da reciclagem. Um dos exemplos onde o público não está totalmente de acordo é em relação à incineração, uma vez que pode libertar compostos tóxicos, causando riscos para a saúde, principalmente se as instalações forem localizados perto de habitações (Azapagic et al., 2003).

Tem sido amplamente reconhecido que a educação é crucial para promover o desenvolvimento sustentável e a consciência ambiental do público. A educação ambiental passa pela disseminação de informação e sensibilização pública, contudo não é, a estratégia mais eficaz na mudança de comportamento da sociedade, quando implementada isoladamente. No entanto, influencia os jovens a trabalharem em direção ao desenvolvimento sustentável e a desempenharem papéis importantes no futuro, como profissionais e consumidores (Azapagic et al., 2003).

Algumas organizações e acordos incluem estratégias para integrar a educação sobre desenvolvimento sustentável nas escolas e universidades, com a finalidade de fornecer conhecimento sobre os problemas existentes, e como trabalhar com eles. Mais oportunidades de aprendizagem sobre esta temática podem ser fornecidas através de parcerias entre escolas, autoridades locais e empresas (Azapagic et al., 2003).

Alguns estudos sugerem que consumidores com riqueza e educação acima da média são mais propensos a reciclar, e tendem a ser mais produtivos na separação dos resíduos. Isto, pode ser explicado devido a esta parte da população ser mais ambientalmente consciente e preparada para gastar tempo e esforço para reciclar (Azapagic et al., 2003).

Outra estratégia, é a distribuição de incentivos que oferecem um propósito à sociedade pelo seu esforço e contributo na valorização de resíduos. Incentivos económicos são geralmente as formas mais bem-sucedidas de incentivar os consumidores a participar na recuperação de materiais. Alguns desses incentivos são o sistema de restituição de depósitos ou o fornecimento de taxas de eliminação baseadas em peso ou volume. Incentivos não económicos também podem ser eficazes, como por exemplo conceder certificados à comunidade pela sua participação em programas de reciclagem.

Fatores técnicos

Uma matéria-prima que passe por todas as fases anteriormente referidas, não significa que a reciclagem desta, seja bem-sucedido. Existem vários constrangimentos a nível técnico que podem prejudicar o processo, desde a recolha da matéria-prima até a sua aplicação. Exemplos esses são: má separação dos tipos de polímeros, contaminação na mistura, degradação do material e qualidade do equipamento.

Além disso, a qualidade do produto final pode ser comprometida devido ao facto de haver perda de propriedades causado pelas tensões e condições ambientais decorrentes da sua vida útil. Em muitos casos, as especificações dos clientes são muito complexas. Por essa razão, para muitas empresas, a reciclagem ainda não representa uma solução 100% fidedigna, sendo que não estão dispostas a comprometer-se com matéria-prima de qualidade indeterminada. Acreditam que essa matéria-prima pode prejudicar o desempenho dos produtos e afetar o negócio de vendas. A presença de aditivos nestes materiais é outro entrave pois podem causar dificuldades no processo de reciclagem. Além do mais, alguns deles são tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente, representando uma ameaça à saúde e segurança dos seres humanos.

Fatores económicos

A viabilidade económica da reciclagem de polímeros depende do custo da matéria-prima virgem, que conseqüentemente, depende do preço do petróleo e outros óleos crus. Isto significa que quando estes aumentam, a matéria reciclada torna-se mais atrativa, pois garante um distanciamento a nível do preço, apresentando um valor mais reduzido. No entanto, comparativamente à disposição de resíduos em aterro, este apresenta mais custos. A disposição em aterro é normalmente a estratégia de gestão mais recorrente pois representa a alternativa mais barata economicamente, contudo, menos sustentável.

Fatores políticos

Os fatores políticos tentam incentivar e encorajar as práticas da reciclagem. As legislações e acordos são o impulso mais eficiente para encorajar a sustentabilidade. Algumas das estratégias desenvolvidas foram: o estabelecimento de padrões mínimos de utilização de material reciclado, políticas de responsabilidade do produtor, subsídios para reciclagem, impostos sobre o uso de material virgem, programas de reembolso de depósitos e taxas de eliminação.

Em síntese, estes fatores complementam-se, sendo que a sua combinação conduz a soluções mais sustentáveis, e podem tornar-se fundamentais para o sucesso do projeto. Estes influenciam as estratégias adotadas no desenvolvimento do projeto, permitindo um resultado mais viável e aceitável pela comunidade e entidades oficiais.

2.5. *Design for Environment* (DFE)

Ferramenta utilizada na fase de desenvolvimento de produto, onde está diretamente relacionada com o seu impacto ambiental, sendo a reciclagem um princípio bastante defendido. O mote é projetar produtos de modo a preservar o ambiente e que sejam mais sustentáveis (Ahmad, Wong, Tseng, & Wong, 2018). Nesse sentido, é necessário minimizar o uso de materiais e energia necessários nas etapas de produção e utilização, e ainda minimizar o desperdício e emissões para o meio ambiente (desmaterialização). Para isso, o produto deve permitir a sua fácil desmontagem (*design for disassembly*), utilizando sistemas de fixação standard e não permanentes, e facilitar a reutilização e reciclagem (*design for recycling*), evitando misturar diferentes tipologias de materiais.

Esta abordagem utiliza ferramentas como “Pensamento do ciclo de vida” (*Life Cycle Thinking*), uma abordagem de pensamento, em que segue o produto e os seus impactos ambientais ao longo de todo o seu ciclo de vida. E a “Avaliação do ciclo de vida” (*Life Cycle Assessment* (LCA)) que permite quantificar e avaliar o seu desempenho ambiental, produto ou atividade do início ao fim do seu ciclo de vida (Azapagic et al., 2003).

Estas ferramentas auxiliam o desenvolvimento de produtos numa perspetiva de alcançar a sustentabilidade ambiental, sendo consideradas ao longo de todo o processo. As estratégias a ter em consideração resumem-se em: ter atenção a todo o ciclo de vida do produto e seus impactos ambientais, e projetar um produto que seja fácil de desmontar e reciclar no seu fim de vida útil.

Parte II - Casos de Estudo

No decorrer do processo de investigação foi possível encontrar exemplos práticos que se enquadravam com o mote deste projeto. Nesse sentido, na presente secção serão considerados e analisados os casos de estudo considerados mais pertinentes para o desenvolvimento do projeto. Serão abordados diferentes projetos que valorizam os resíduos plásticos e que tenham naturezas e fatores inovadores distintos, que pretendam não só corrigir a poluição marinha, mas também preveni-la.

Serão analisados cinco casos de estudo que se inserem nas seguintes categorias: sistema produto-serviço, produtos reciclados com material doméstico e produtos com material proveniente do oceano.

Pretende-se que estes casos sirvam como base para o projeto, sendo de alguma forma uma introdução ao projeto desenvolvido no capítulo seguinte. Além disso, serve também de exemplo do que já existe e obteve sucesso no mercado, dando informação técnica pertinente no decorrer do projeto.

The New Raw



Figura 27 *The New Raw*: banco de exterior

Tipologia: Produto com material doméstico

Autor: Panos Sakkas e Foteini Setaki

Ano: 2018

País: Holanda, Roterdão

Materiais: PE e PP, mas

também pode ser PET e PS

Processo: Impressão 3D

The New Raw é um estúdio de design que se concentra na reciclagem de resíduos plásticos através do processo de impressão 3D. O intuito é trabalhar no contexto de economia circular, e simultaneamente, fortalecer a produção local. Desenvolveu inúmeros trabalhos no âmbito da poluição dos plásticos e da economia circular, fabricação local em campos de refugiados, produção descentralizada em ilhas, entre outros. O projeto "*Print your city*" é de destacar pela sua pertinência. Este integra-se num programa em parceria com a Coca-Cola, onde se unem em Tessalônica, na Grécia, no laboratório *Zero Waste Lab*. O projeto convida os cidadãos a trazerem os seus resíduos domésticos para o laboratório e a participarem ativamente no processo de reciclagem, sendo uma chamada de atenção para a poluição deste tipo de material. Com isto, desenvolvem peças de mobiliário urbano personalizadas a partir desse material com o intuito de redesenhar os espaços urbanos (figura 27). Utilizam a impressão 3D em grande escala como recurso para a sua criação física, com o auxílio de um braço robótico e de instalações de reciclagem locais (figura 28) (Sakkas & Setaki, n.d.).

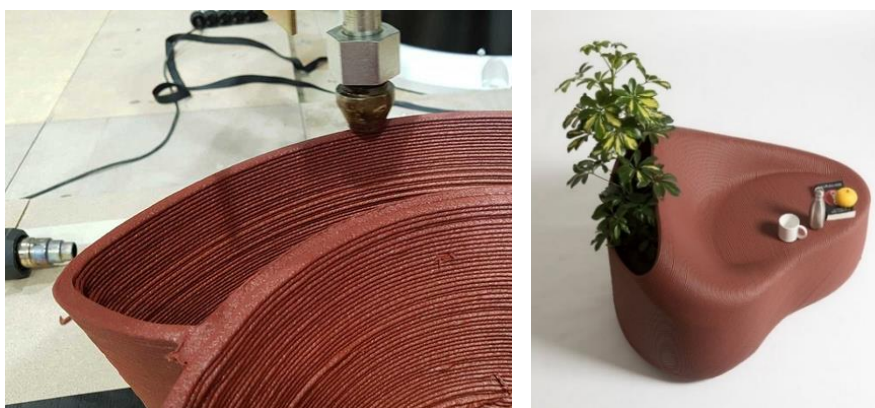


Figura 28 *Print your city*

O estúdio explora soluções sustentáveis para a poluição de plástico, envolvendo a comunidade no processo, dando a conhecer os diversos contextos onde este material pode ser aplicado. Utiliza a impressão 3D como catalisador em áreas menos desenvolvidas, transformando resíduos plásticos em matéria-prima para o empreendedorismo cultural.

Adidas x Parley



Figura 29 Sapatilhas Adidas x Parley

Tipologia: Produto com material marinho **Materiais:** PET e Nylon
Autor: Adidas e Parley **Processo:** Processo de fiação
Ano: 2016
País: Alemanha

Adidas AG é uma grande empresa de sucesso destinada à venda de produtos desportivos. Esta desenvolveu uma linha de sapatilhas produzidas através de plástico provenientes do oceano (figura 29), em colaboração com a *Parley for the Oceans*, uma organização ambiental que aborda as ameaças ambientais dos oceanos. A missão desta parceria é reduzir a poluição atual dos plásticos através da reinvenção do próprio material e transformar os seus produtos em símbolos de mudança. Em conjunto, desenvolveram uma cadeia de valor (figura 30) onde o plástico é coletado pela *Parley* e suas organizações parceiras em áreas costeiras, como as Maldivas. De seguida, é então enviado para o fornecedor da *Adidas x Parley* em Taiwan, que faz a transformação do plástico em fibras de PET, que são usadas no design das sapatilhas (Adidas, n.d.).



Figura 30 Cadeia de valor

As sapatilhas da Adidas x Parley foram redesenhadas, utilizando costuras e malhas decorativas feitas através do plástico recolhido dos oceanos. Além disso, as solas são produzidas a partir de borracha também reciclada. Neste momento, contam com uma linha de produtos, destacando-se as sapatilhas de corrida Ultra-Boost-style desenvolvida pelo designer Alexander Taylor e Ultra Boost da designer Stella McCartney.

Back to Nature



Figura 31 *Back to Nature*: Produtos desenvolvidos para a Natureza

Tipologia: Produto com material doméstico **Materiais:** HDPE e LDPE
Autor: Andrea Mangone **Processo:** Compressão
Ano: 2016
País: Itália

Back to Nature é um projeto que inclui 3 produtos feitos através de embalagens plásticas recicladas e sacos, com o intuito de satisfazer necessidades de animais e plantas (figura 31). O objetivo é explorar como se pode fechar o ciclo de vida dos plásticos, de modo a prosperar a natureza ao invés de prejudicá-la (figura 32). Além disso, visa criar consciência sobre a produção excessiva de produtos plásticos descartáveis e tornar as localidades urbanas mais recetivas a animais e insetos.

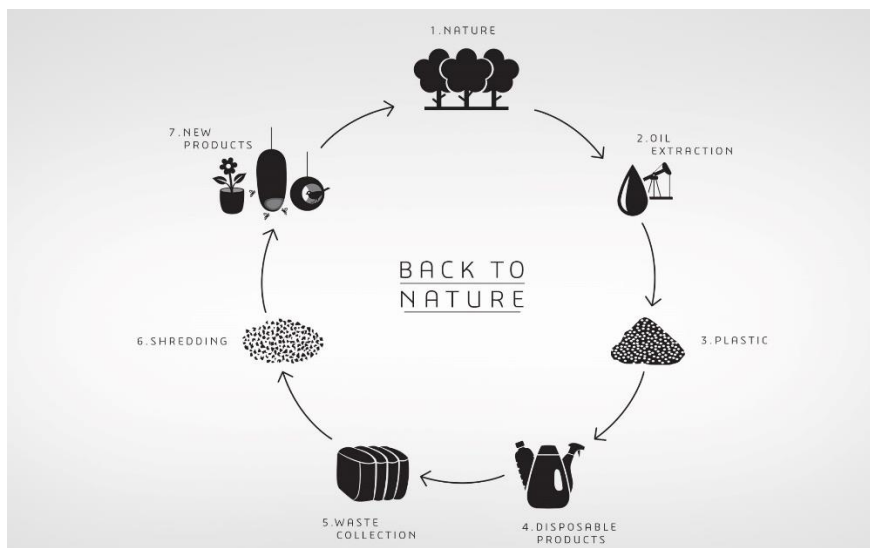


Figura 32 Cadeia de valor

Os produtos são uma colmeia, um alimentador de pássaros e um vaso de flores, feito a partir maioritariamente de HDPE 100% reciclado. O LDPE é somente utilizado nos cabos da colmeia e do alimentador de pássaros (Back to Nature, n.d.).

Sea Chair



Figura 33 *Sea Chair* do *Studio Swine*

Tipologia: Produto com material do oceano **Materiais:** PET, PE e PP

Autor: Studio Swine

Processo: Compressão

Ano: 2011

País: Londres

Cadeira desenvolvida através de plástico recuperado do oceano, recolhido e transformado na própria embarcação, pelos pescadores locais (figura 33). Os designers Alexander Groves, Kieren Jones e Azusa Murakami que constituem o Studio Swine, propõem transformar uma traineira aposentada numa fábrica de cadeiras de plástico (*Sea Chair*, n.d.).

Uma vez que antigamente se exigia que os marinheiros tivessem habilidades de carpintaria para reparar os navios de madeira no mar, muitos se aposentavam e continuavam a produzir móveis nas cidades portuárias da Inglaterra. Assim, este projeto, permite que o pescador fabrique em vez de móveis de madeira, cadeiras através de plástico recolhido no mar e trabalhar na própria embarcação. A primeira cadeira a ser desenvolvida, utilizou plástico das margens de Porthtowan, uma praia localizada na costa sudoeste, uma das praias mais poluídas do Reino Unido. A cadeira é identificada com as coordenadas geográficas do local onde foi recolhido o plástico e possui um número de produção. Foi produzida com o *Sea Press*, uma máquina que permite que o plástico seja aquecido e formado até obter a forma do molde. Além disso, desenvolveram o *Nurdler*, que consiste numa bomba de água acionada manualmente que separa os microplásticos, classificando as partículas por tamanho e densidade (figura 34).



Figura 34 *The Nurdler* e *Sea press*

2.6. Análise e interpretação dos casos de estudo

De modo a compreender os aspetos mais relevantes de cada caso de estudo, foram analisados os pontos fulcrais a reter para esta investigação. Assim, serão considerados aspetos técnicos, formais e logísticos dos casos anteriormente apresentados, tendo influência no resultado decorrente desta investigação.

O projeto *Precious Plastic* é uma referência importante destacando o serviço desenvolvido, o qual foi capaz de mobilizar a comunidade em prol dos objetivos do projeto – solucionar a utilização excessiva do plástico. É importante considerar alguns aspetos logísticos preponderantes ao serviço, de modo a conseguir a fidelidade dos clientes. Além disso, uma vez que tem experiência nesta área desde 2013 e partilha online esse conhecimento, serve como guia técnico ao longo da investigação.

O projeto “*Print your city*” da *The New Raw*, é um exemplo bem-sucedido em que desenvolve peças de mobiliário urbano produzidas através de plástico reciclado com o auxílio da impressão 3D. Torna-se por isso um caso relevante de ser analisado no âmbito da tecnologia a ser utilizada e a nível formal do produto impresso.

Não se poderia deixar de falar da marca *Adidas*, esta foi e continua a ser um exemplo inovador na indústria do calçado, sendo pioneira na utilização de material plástico proveniente do oceano. Inspirou inúmeras marcas a seguir o seu caminho, além de ter definido uma cadeia de valor bem estruturada que inclui parcerias fundamentais para solucionar a poluição marinha. Uma vez que a disponibilidade do material que vem do oceano não é certa, a *Adidas* soluciona essa advertência com edições limitadas dos seus produtos, não comprometendo os seus clientes.

Back to Nature cria produtos com polietileno 100% reciclado, dando o exemplo de que é possível fazer produtos 100% reciclados. O conceito por detrás do projeto é também relevante ser destacado, sendo que pretende prosperar a Natureza e não a prejudicar. Esse conceito estará presente nas propostas a desenvolver nesta investigação.

Sea Chair é um produto produzido através de lixo marinho e fabricado na própria embarcação. O ponto a reter deste caso de estudo é o facto de o produto contar a sua história, e que neste caso, se transmite através das coordenadas geográficas, de modo a identificar cada peça produzida, tendo assim um elemento diferenciador e único que valoriza o produto.

Capítulo III

Projeto

3.1.

Definição dos produtos

3.2.

MERO - Manter e Recuperar o Oceano

3.3.

Recolha e análise do “lixo”

3.4.

Procedimento experimental

3.5.

Desenvolvimento do vaso com sistema de auto rega

3.6.

Desenvolvimento do mobiliário urbano



figura 35
Poluição marinha na Nova Zelândia



Consciencializar, valorizar e desenvolver projetos que vão ao encontro da sustentabilidade do oceano é uma prioridade neste trabalho. Posto isto, e tendo em conta essa premissa, a solução encontrada com o objetivo de responder eficientemente ao problema da poluição marinha, consistirá num sistema de produto-serviço. O objetivo é recuperar e reciclar material propenso a ir parar ao mar ou à costa e, com isso, desenvolver produtos com valor acrescentado. Para esse efeito, em primeira instância, é necessário delinear o modelo de negócio e definir os produtos com potencial aplicação desse material. Proceder-se-á à recolha de material necessário, de modo a analisar as suas propriedades e conceber peças impressas em 3D através de filamento reciclado. O objetivo com isto, será chegar-se ao fim com uma proposta viável para um serviço local, onde a finalidade é a venda de produtos de qualidade através de matéria não valorizada, e com uma relação estreita com a comunidade local.

3.1. Definição dos produtos

Com o objetivo de o resultado deste trabalho ser um projeto completo e eficiente, é importante conhecer bem o contexto do problema, e identificar as oportunidades de mercado que resultarão em produtos bem-sucedidos. Uma vez que o material reciclado pode ter por vezes uma conotação negativa, é fundamental analisar os contextos chave, para que a qualidade do produto e a sua venda não sejam prejudicadas. Assim, nesta fase, é detalhado o processo de seleção da aplicabilidade deste material, tornando-se assim fundamental, que os materiais reciclados satisfaçam as necessidades e exigências do produto a desenvolver. Pretende-se ainda desenvolver produtos que contêm uma história, onde a origem do plástico tenha uma ligação direta com a sua aplicação, e assim colmatar necessidades que a própria origem enfrenta. Esta é a narrativa que faz com que os produtos estabeleçam uma ligação com os consumidores, criando empatia e razões mais que suficientes para a compra do produto. Por essa razão, no seguimento deste trabalho, realizou-se um mapeamento, e posteriormente, foram selecionados os contextos que faziam sentido para produtos reciclados.

O processo começa por mapear os contextos existentes e possíveis que incorporam vários produtos exequíveis de serem projetados. Esses contextos passaram por um processo criterioso, onde foram analisados e cotados, de forma a chegar à conclusão de quais os que faziam sentido ou não de serem pensados (Anexo 1). Neste sentido, são apresentados de seguida os critérios de seleção.

Higiene

Existe um preconceito na utilização de materiais reciclados, que por sua vez, não é bem aceite em produtos que estejam em contacto com alimentos, pele ou outro local que necessita de um certo cuidado higiénico (Gort & Gerrits, 2015).

Ligação à origem

Como anteriormente foi referido, pretende-se que a sua aplicação tenha uma ligação com a origem da matéria-prima. Assim, se os resíduos vêm do mar, estes vão servir de matéria-prima para um produto relacionado de

alguma maneira ao mar. E se os resíduos provêm de habitações, o produto resultante deverá ser inserido nesse contexto.

Propriedades desadequadas

Os materiais plásticos reciclados têm propriedades e características por vezes difíceis de definir, devido à sua variedade, e podem apresentar valores diferentes dos materiais virgens. Nesse sentido, deve-se ter isso em consideração no desenvolvimento de produto, para que o material consiga satisfazer as exigências do produto.

Descartabilidade

Uma grande fração dos resíduos que vão parar a aterro são provenientes de produtos descartáveis (Villarrubia-Gómez, Cornell, & Fabres, 2018). Estes, além de serem destinados apenas para uma única utilização, o tempo de vida útil do produto é muito reduzido, sendo que, em média, são utilizados apenas durante alguns minutos.

Resistência

É necessário selecionar um produto que não seja muito exigente em termos de resistência, pois esta propriedade do material pode ser comprometida.

Realidade do contexto

Para o desenvolvimento de produto é necessário conhecer o seu contexto, por essa razão, um critério de seleção é a facilidade ou não de conhecer a realidade do contexto do produto, para assim se tornar mais fácil o processo de criação. Com isto, é preferível um produto que possa ser implementado e testado na região de Aveiro, do que por exemplo num país subdesenvolvido.

Dificuldade de processamento

Por fim, teve-se em atenção a dificuldade de processamento, sendo esse um entrave no desenvolvimento de produto. Assim, deu-se preferência a produtos de fabrico mais simples.

Os contextos com mais pontuação, ou seja, que correspondem melhor aos requisitos, são: outdoor, casa e agricultura (figura 36). Posto isto, foi realizada uma pesquisa mais detalhada dos contextos e produtos em estudo, de modo a conseguir selecionar os que apresentam uma maior oportunidade de mercado de acordo com a pertinência do projeto.

O **material doméstico** será utilizado para o desenvolvimento de um produto de horticultura urbana para o interior de habitações. A razão pela qual se escolheu este produto, foi devido ao facto de que, este, pode diminuir significativamente a pegada ecológica. Isto, porque a produção alimentar está mais próxima do consumidor e, assim, não só reduz a energia necessária para transporte, como também a quantidade de embalagens utilizadas no supermercado. Por outro lado, este produto pode promover uma mudança no padrão de consumo alimentar, promovendo uma alimentação mais saudável, onde o utilizador cria os seus próprios alimentos mais frescos e caseiros. Assim, além de proporcionar uma maior qualidade de vida, também garante a sustentabilidade ambiental.

O **material proveniente do oceano** será utilizado para o fabrico de mobiliário urbano. A razão desta escolha, justifica-se pelo facto de, estes equipamentos conseguirem estabelecer de alguma forma controlo social, de modo a criar comportamentos apropriados aos que utilização o espaço público (Herring, 2016). Nesse sentido, pode-se estabelecer uma analogia entre esta definição e o mote deste trabalho, sendo que o que se pretende é, do mesmo modo, mudar hábitos e comportamentos em relação à problemática da poluição do oceano. Além disso, outra analogia possível, é que o mobiliário urbano é normalmente visto como um objeto de rua aparentemente sem autor (Herring, 2016). Assim como o lixo presente no oceano, este também aparenta não ter autor, contudo o autor deste somos todos nós.

No próximo capítulo, será descrito com mais detalhe o funcionamento do serviço e os seus objetivos, assim como a sua marca associada.

3.2.MERO – Manter e Recuperar o Oceano

A empresa a formar com base no serviço denomina-se MERO, acrónimo para “Manter E Recuperar o Oceano”. A sua denominação nasceu a partir do seu acrónimo, que corresponde ao objetivo principal do projeto. Contudo, MERO também tem como significado pureza, simplicidade e sem misturas (Priberam dicionário, n.d.). Remete assim para a limpeza do oceano de modo a ficar o mais puro e sem plástico possível, resultando num habitat saudável para as espécies marinhas. Por fim, este nome também é dado a um peixe que pertence à família dos serranídeos e é considerado uma das maiores espécies marinhas, *Epinephelus itajara* (Florida Museum, 2017).

A ideia do serviço parte da tentativa de solucionar o problema atual da poluição marinha inerente ao plástico. Pretende-se, assim como no *Precious Plastic*, criar uma oficina para transformar resíduos plásticos em produtos valorizados, mas neste caso com o mote de reduzir os resíduos presentes no oceano. Neste sentido, o serviço consiste no tratamento e recuperação de resíduos provenientes do oceano ou considerados lixo, com o objetivo de desenvolver produtos que promovam a sustentabilidade, utilizando matéria-prima não valorizada na atualidade. Simultaneamente, pretende também sensibilizar jovens e empresários através de palestras, com o intuito de educar a comunidade para o tema da poluição ambiental devido ao excesso de produção de plástico.

O projeto inclui tanto medidas de prevenção como corretivas, correspondendo ao “Manter” e “Recuperar”, respetivamente. As medidas de prevenção incluem a recolha de plástico que ainda não foi parar ao mar (doméstico ou perdido na cidade), conseguindo assim evitar que esse plástico vá parar ao oceano. Este material torna-se fundamental uma vez que é acessível à comunidade e, conseqüentemente, à MERO, conseguindo-se recolher quantidades suficientes para dar resposta ao volume de vendas. As medidas corretivas pretendem recolher o plástico presente no meio marinho, considerado lixo, sendo este o foco do serviço. Contudo, a recolha deste material necessita de mais recursos e energia despendidos pela MERO.

Uma vez que os objetivos do serviço são assentes nos conceitos de sustentabilidade e economia circular, é importante frisar que a iniciativa vai ao encontro dos objetivos de desenvolvimento estabelecidos pela ONU (Organização das Nações Unidas). Assim, pretende “garantir padrões sustentáveis de consumo e produção”, “tomar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e seus impactos” e “Conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável” (United Nations, 2018) (figura 38). Além disso, foca-se nos três componentes fundamentais da sustentabilidade: sociedade, economia e ambiente, onde os objetivos são alcançados se, e só se, os três componentes forem satisfeitos simultaneamente (Azapagic et al., 2003).



Figura 38 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU: 12, 13 e 14

De uma forma mais detalhada, o serviço desenvolvido assenta em três objetivos: o tratamento dos resíduos plásticos, a venda de produtos e a organização de campanhas de sensibilização com o mote de educar a sociedade sobre o meio ambiente (figura 39). Este serviço pretende, no seu início de implementação, ser aplicado em Aveiro. Contudo, o objetivo será permitir que este modelo esteja estruturado para poder ser implementado noutros sítios com tipologias diferentes de espaço. Este serviço foi desenvolvido no âmbito da participação no concurso PlaticeMar que decorreu em Ílhavo, com o objetivo de melhorar a ideia e o negócio, com a ajuda de formações todos os meses. Além da oportunidade de estabelecimento de contactos com possíveis entidades, foi desenvolvido o Business Model Canvas, apresentado no anexo 2, com o intuito de gerir estrategicamente alguns pontos importantes do serviço e mapeá-los de forma visual.

MERO
Manter e recuperar
o oceano

**tratamento
de resíduos**



**venda de
produtos**

**produtos da
marca MERO**
vaso auto-regante
para cultivo
mobiliário urbano

**campanhas de
sensibilização**



Figura 39 MERO: objetivos

O **tratamento de resíduos plásticos** passa por diferentes fases, começando na recolha de matéria-prima através de parcerias estabelecidas pela empresa ou até mesmo pela comunidade. A separação, classificação, lavagem, secagem, trituração e processamento dos resíduos são realizadas pela equipa MERO, com o intuito de processar o material e incorporar essa matéria-prima no ciclo de vida de novos produtos. O processamento será feito através de máquinas *low-tech* da *Precious Plastic* ou através de impressoras 3D. Além disso, o serviço tem uma perspetiva de inclusão social, tentando integrar a comunidade no processo, de modo a sensibilizá-la para o tema. Essa integração é feita através de visitas às instalações e da realização de workshops, e através do sistema de entrega de resíduos.

A **venda de produtos** será realizada pela marca MERO, onde pretende valorizar os resíduos que anteriormente eram considerados lixo. Assim, cria a oportunidade de esses resíduos serem transformados em produtos com um design único e utilização prolongada e valorizada.

Além disso, o serviço conta com um **objetivo educacional**, pois acredita-se que através da educação consegue-se uma sociedade mais sustentável e predisposta à aceitação de soluções mais ecológicas. Pretende-se então realizar campanhas de sensibilização para a recuperação do lixo. Estas serão realizadas em escolas, pois os jovens são considerados agentes de mudança na sociedade, não só porque representam a próxima geração de consumidores e decisores, mas porque são elementos de influência para a comunidade (Sobral et al., 2016). Durante o desenvolvimento da dissertação, foi tida a oportunidade de participação no projeto “SCREE – Sinergias Circulares: Recuperação de um Espaço Escolar”, um projeto do Agrupamento de Escolas de Loureiro em Oliveira de Azeméis. O objetivo era informar alunos do 5º ao 9º ano sobre a situação atual do plástico na nossa sociedade e as suas problemáticas. Essa interação pode ser observada na figura 40, em duas escolas de Loureiro.



Figura 40 Palestra sobre plásticos

Igualmente importante, será organizar estas campanhas em empresas locais, com o intuito de desenvolver junto delas programas de sustentabilidade. É também uma forma de fazer divulgar o projeto, obtendo novos clientes para a compra de produtos.

O funcionamento do serviço assim como todos os agentes envolventes, podem ser observados no mapa de serviço da figura 41. É de destacar que os canais de distribuição serão fundamentais no serviço, mas podem tornar-se insustentáveis. De modo a isso ser evitado, a proposta de logística de transporte estará assente num conceito “zero pegada ecológica”, o que significa que através de parcerias com transportadoras, serão utilizados os espaços vazios entre descargas de mercadorias.

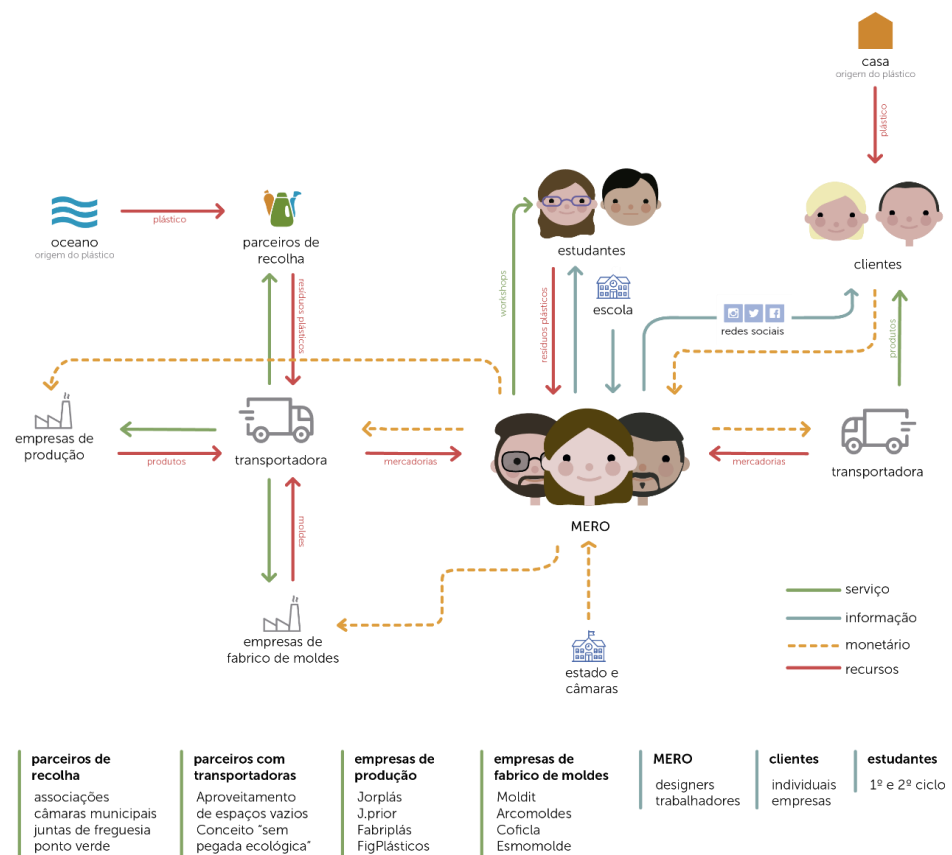


Figura 41 Mapa de serviço: ilustração representativa do funcionamento do serviço

Logotipo

Foi necessário o desenvolvimento de um logotipo para a marca MERO. Este pretende não só identificar os produtos desenvolvidos pela marca, como também representar os seus ideais, tornando-os parte da sua imagem. Com um logotipo bem desenvolvido, consegue-se aumentar a confiança percebida dos clientes e facilitar o seu reconhecimento no mercado.

No seguimento do seu desenvolvimento, realizou-se um *mind map*, ferramenta utilizada na geração de ideias, colocando a informação relevante num esquema visual. Como se pode ver na figura seguinte, definiu-se cinco tópicos chave relevantes ao seu desenvolvimento: Mensagem subjacente à marca, esquema de cores, estilo, símbolos relacionados e tipos de logotipos.

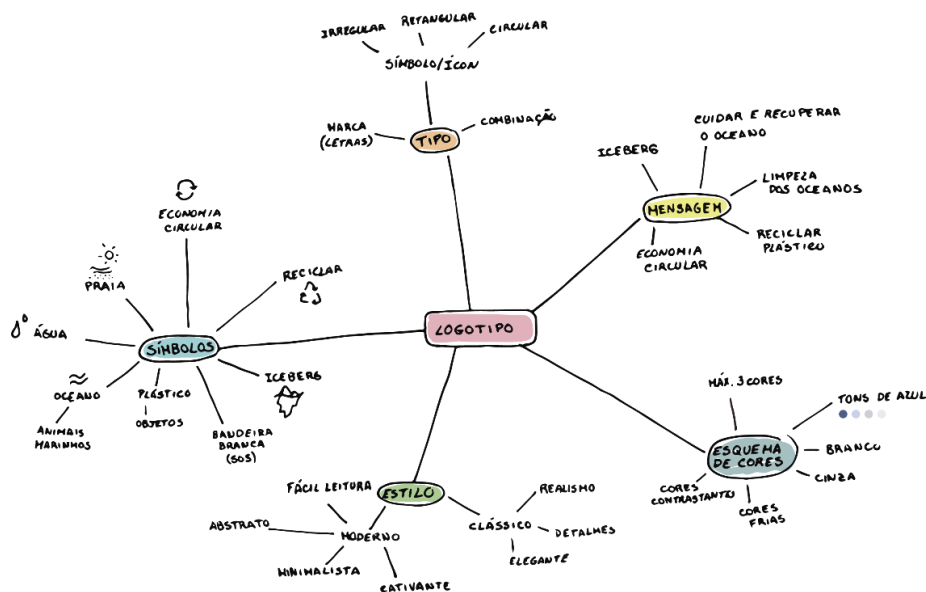


Figura 42 Mind map: esquema representativo das ideias para o logotipo

Após identificar as ideias com maior potencial e cruzar informações, foi desenvolvido um logotipo, através das ideias formais que se podem ver na figura seguinte.

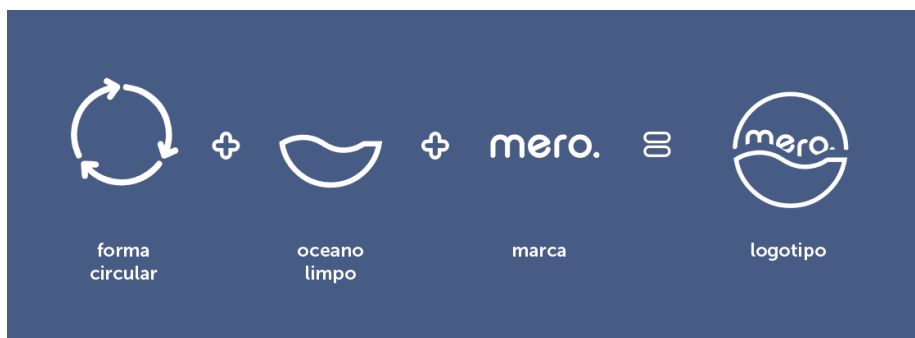


Figura 43 Desenvolvimento do logotipo

Por fim, selecionou-se o logotipo que mais se identificava com a marca, podendo este ser observado na figura seguinte.



Figura 44 Proposta de logotipo da marca MERO

3.2.1. Entidades envolvidas

Um ponto fulcral para o sucesso do serviço é a parceria com entidades como empresas, associações, câmaras, juntas e escolas, pois é um serviço complexo que envolve várias fases e recursos. Posto isto, a base do serviço assenta numa rede, onde várias entidades parceiras são preponderantes.

Na fase correspondente à recolha de resíduos, entidades como a Docapesca e a escola de surf Amigos do Oceano foram agentes fundamentais na obtenção de matéria prima. “A pesca por um mar sem lixo” e “Não lixes” são campanhas que foram realizadas em Ílhavo e armazenaram resíduos que foram posteriormente utilizados no âmbito deste trabalho. Além disso, também se estabeleceu contacto com a Câmara Municipal de Ílhavo, que através do projeto *Coastwatch Europe*, foi possível participar numa ação de recolha de lixo e reunir mais plástico para a realização de testes ao material (Anexo 3).

Na fase de divulgação do projeto, foi tida a oportunidade de criar uma parceria com a *Yamaha Marine*³, e participar na iniciativa “*Clean the ocean for your future*”. Neste contexto, foi desenvolvido um produto da marca MERO exclusivo para o cliente *Yamaha Marine* - um identificador para os funcionários e colaboradores da empresa usarem em feiras e eventos (figura 45).



Figura 45 Proposta do identificador desenvolvido para a *Yamaha Marine*

Este foi pela primeira vez apresentado numa campanha de recolha de lixo entre Cascais e o Terreiro do Paço, realizada no dia 23 de maio, no âmbito da iniciativa referida anteriormente com a participação do surfista Garrett McNamara (figura 46 e 47).

³ Yamaha Marine é uma empresa fabricante de motores e produtos náuticos, como motos de água, volantes e hélices de alta performance, bloqueadores de segurança e capas de proteção para motores, entre outros. (Yamaha, n.d.)



Figura 46 Identificador impresso em 3D para a Yamaha Marine



Figura 47 Iniciativa "Clean the ocean for your future" pela Yamaha Marine

3.3.Recolha e análise do "lixo"

A primeira fase do processo de desenvolvimento de produtos com material reciclado corresponde à sua recolha, pois este será a matéria-prima utilizada no processo. É necessário desenvolver um estudo comparativo entre o material doméstico e o que advém do oceano. Para esse efeito foram recolhidas quantidades suficientes de materiais de uso doméstico assim como materiais provenientes do oceano para posteriormente os seus comportamentos serem testados e analisados.

O material doméstico advém de uma experiência realizada durante duas semanas. Na primeira semana, foram recolhidos os resíduos plásticos utilizados e descartados nessa semana produzidos por uma pessoa. Na segunda semana, o objetivo foi tentar reduzir ao máximo a quantidade de

desperdícios produzidos, mudando hábitos e comportamentos, principalmente no momento de compra no supermercado. Os resultados desse esforço podem ser observados na figura 48, sendo que à esquerda está o resultado da primeira semana e à direita o resultado da segunda.



Figura 48 Experiência de redução na utilização de plástico

O material proveniente do oceano, foi obtido tanto pela Junta de Freguesia da Gafanha da Nazaré como pela Docapesca. O material é proveniente de campanhas que têm como objetivo a limpeza das praias e do mar, sensibilizando a comunidade local e piscatória para o tema da poluição. Uma vez que a análise detalhada das características intrínsecas dos resíduos recolhidos não foi exequível, foi impossível determinar se todos estes plásticos estiveram presentes no oceano ou se se mantiveram na linha costeira sem estar em contacto com a água salgada. Essa informação seria relevante para o estudo a ser desenvolvido pois a percentagem de sal e impurezas podem alterar os resultados do processo de recuperação.

O resultado da recolha de material doméstico e do oceano pode ser observado na figura 49.

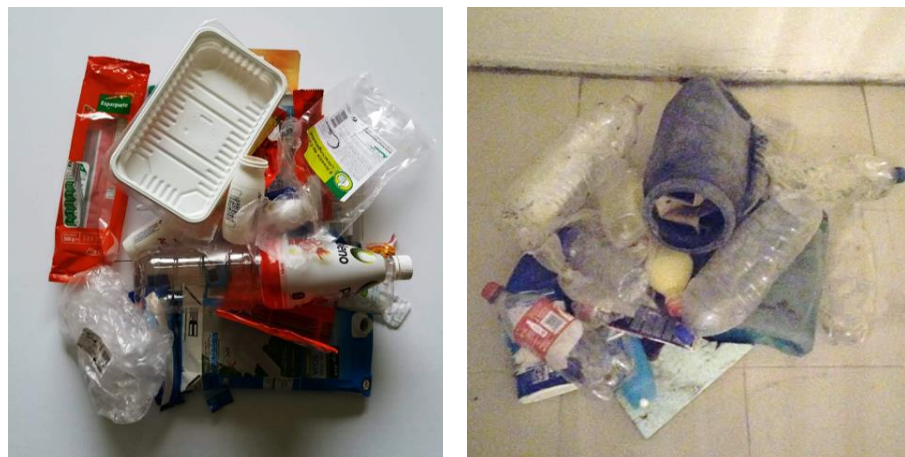


Figura 49 Recolha de material doméstico à esquerda e do oceano à direita

Após a conclusão da fase de recolha, o material foi devidamente separado, classificado conforme a sua tipologia e analisado. Nos gráficos da figura 50 pode-se observar a variedade de material recolhido em conformidade com a sua massa, e assim retirar conclusões sobre os que apresentam ser mais relevantes para o estudo.

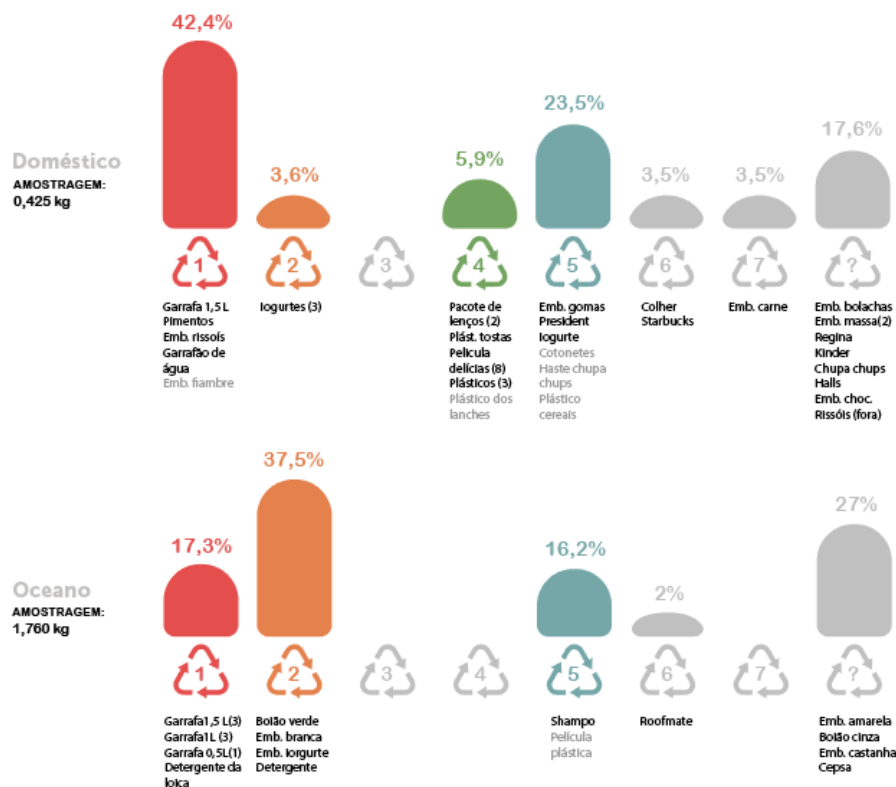


Figura 50 Gráficos de recolha de material

Em conformidade com os gráficos, na recolha de uso doméstico, os materiais mais presentes são sucessivamente, PET, PP e PE. Por outro lado, na recolha que advém do mar, são o PE, PET e PP. Embora não sejam apresentados na mesma ordem, os que representam maior quantidade recolhida tanto no lixo doméstico como marinho, são o PET, o PE e o PP. Isto provavelmente deve-se ao facto de o material de uso doméstico ser a principal fonte de origem dos detritos marinhos. Por conseguinte, o material que se utiliza com mais frequência nas nossas habitações, é também o material que vai ter o seu fim de vida nos oceanos.

3.3.1. Seleção dos materiais

Em modo de conclusão, a partir dos dados coletados anteriormente, foi possível selecionar os materiais utilizados como objeto de estudo. Estes são o PET, o HDPE e o PP, pois além de serem os mais encontrados e utilizados no quotidiano, são propícios à reciclagem. Assim sendo, serão testados de modo a determinar as suas propriedades mecânicas e métodos de processamento mais adequados, de forma a validar a sua utilização na aplicação em produtos.

Antes de passar para o procedimento experimental, deve-se ter em conta as características gerais destes três materiais no seu estado virgem, assim como as suas aplicações mais adequadas, com o intuito de compreender as suas propriedades.

O PET (Polietileno Tereftalato) é um polímero termoplástico semicristalino, que apresenta uma temperatura de fusão de 270°C e de transição vítrea de 73°C. Os seus pontos fortes resumem-se em: boa transparência e brilho, boas propriedades químicas e elétricas, boa resistência mecânica (alta rigidez e dureza com comportamento frágil), baixo coeficiente de fricção e bom isolamento (Hahladakis & Iacovidou, 2018; Kula, Daniel; Ternaux, 2012).

É um material muito utilizado em embalagens de produtos alimentares como garrafas de água e refrigerantes, embalagens de comida congelada e embalagens de produtos farmacêuticos e cosméticos (figura 51). Além disso, é bastante utilizado na indústria têxtil (Kula, Daniel; Ternaux, 2012; Omnexus, 2019).



Figura 51 Aplicações do PET

O HDPE (Polietileno de alta densidade) é o polímero termoplástico mais simples, que apresenta uma temperatura de fusão de 120°C a 135°C e de transição vítrea de -95°C. Os seus pontos fortes resumem-se em: baixo custo, facilidade de aplicação, baixa resistência mecânica e rigidez, boa resistência química, baixo coeficiente de fricção, excelente isolamento elétrico e ainda boa resistência ao impacto (Ensinger, 2018; Hahladakis & Iacovidou, 2018; Kula, Daniel; Ternaux, 2012).

É um material muito utilizado em embalagens de produtos alimentares ou higiénicos, cosméticos ou de limpeza (figura 52). Além disso, apresenta uma grande variedade de aplicações como tubos, cabos, redes, fibras, filmes, entre outros (Kula, Daniel; Ternaux, 2012; Omnexus, 2019).



Figura 52 Aplicações do HDPE

O PP (Polipropileno) é um polímero termoplástico, que apresenta propriedades parecidas ao polietileno, sendo que a temperatura de fusão é de 165°C a 170°C e de transição vítrea de -18°C. Os seus pontos fortes resumem-se em: baixo custo, facilidade de aplicação, boa resistência química, baixo coeficiente de fricção, bom isolamento elétrico e boa resistência ao impacto e à fadiga (Kula, Daniel; Ternaux, 2012).

É um material muito utilizado em aplicações de bens de consumo, embalagens e mobiliário, mas também é utilizado na indústria automóvel e médica (figura 53). Além disso, é empregue no fabrico de fibras e tecidos (Omnexus, 2019).



Figura 53 Aplicações do PP

3.4.Procedimento experimental

Após a recolha e seleção dos materiais a serem utilizados no estudo, passou-se para o procedimento experimental, que compreende a reciclagem dos materiais na obtenção de provetes de modo a serem testados quanto à sua resistência à tração. O objetivo é identificar as dificuldades e perdas de propriedades que possam existir no processo de reciclagem dos materiais reciclados, de modo a serem considerados no desenvolvimento de produtos. Estas perdas de propriedades devem-se à contaminação e degradação que eventualmente se sucede durante a sua vida útil. Por vezes, a sua deterioração é tal, que não é recomendado a sua utilização no reprocessamento. Neste contexto, no seguimento do trabalho, é apresentado o processo de impressão 3D dos provetes e a identificação das propriedades mecânicas destes materiais, assim como o seu método de reprocessamento. De modo a estabelecer-se uma análise comparativa, o material será submetido também ao processo de injeção.

Definiu-se estes processos uma vez que apresentam características muito distintas e poderão demonstrar diferentes resultados. A impressão 3D é um processo cada vez mais acessível, tendo por isso grande impacto na sociedade. Idealmente, num futuro próximo, seria interessante que a sociedade pudesse transformar os seus desperdícios domésticos em novos produtos, utilizando esta tecnologia nas suas habitações. Posto isto, uma vez que este processo apresenta uma excelente oportunidade na solução do excesso de plástico, a impressão 3D tornou-se o foco deste trabalho, despendendo grande parte do tempo na investigação. Por outro lado, a injeção, é um processo muito utilizado na indústria plástica na produção em massa. Por isso, é relevante compreender o comportamento dos materiais reciclados neste processo, servindo de comparação para os valores

resultantes dos testes impressos. Neste contexto, serão discutidos os desafios de cada processo, e posteriormente, os resultados serão comparados e analisados, através de ensaios mecânicos de tração.

3.4.1. Injeção de provetes

Começou-se pelo processo de injeção pois é, entre os processos em estudo, o mais simples. É um dos mais relevantes na indústria dos plásticos e consiste na fusão do material através de uma extrusora, onde é fundido e depois injetado sob pressão num molde. A cavidade do molde determina a forma e a estrutura da superfície do componente. O processo geralmente é económico apenas para grandes tiragens de produção devido aos custos dos moldes (Ensinger, 2018).

Procedeu-se à injeção de provetes de material reciclado doméstico e do oceano. Para tal, em primeira instância, foi necessário remover os adesivos e rótulos das embalagens e proceder-se à devida lavagem utilizando somente água para o efeito (figura 54).

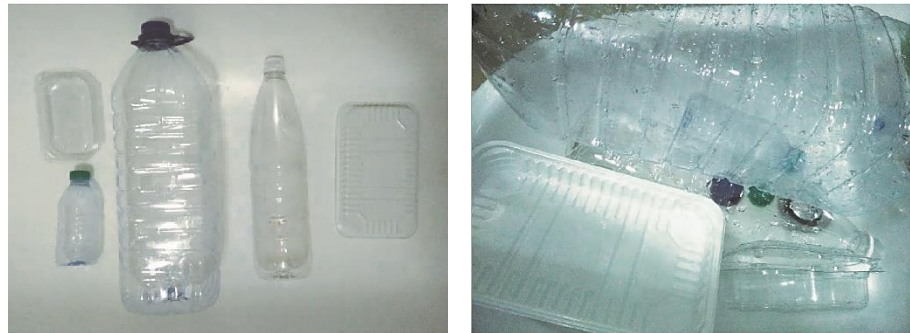


Figura 54 Remoção de rótulos e lavagem de embalagens de PET

A fase seguinte consiste na redução de tamanho dos resíduos, recortando as embalagens em parcelas de 5mm por 5mm (figura 55).



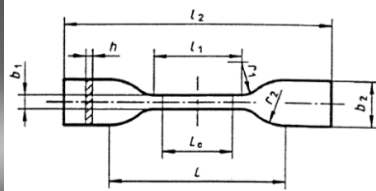
Figura 55 Redução de tamanho: PET, HDPE e PP

Antes de se iniciar o processo, foi necessário a secagem do material no caso do PET e HDPE, utilizando uma estufa para o efeito, onde estes foram aquecidos a uma temperatura entre 100 a 120 graus (figura 56).



Figura 56 Secagem de material na estufa

O processo foi efetuado na máquina *Haake Minijet II da Thermo Fisher Scientific*, sendo possível obter provetes segundo a amostra do tipo 5A da norma ISO 527-2: 1996 (International Organization for Standardization, 2006) (figura 57).



Dimensão	Valor (mm)
l_2	$75,00 \pm 0,05$
b_2	$12,70 \pm 0,05$
l_1	$25,00 \pm 0,05$
b_1	$4,10 \pm 0,05$
r_1	$8,00 \pm 0,05$
r_2	$12,5 \pm 0,1$
L	$50,00 \pm 0,05$
L_0	$20,00 \pm 0,05$
h	$2,00 \pm 0,05$

Figura 57 Equipamento e norma utilizada na injeção de provetes

A metodologia de injeção foi idêntica para os três materiais, à exceção dos parâmetros de temperatura e pressão. Começou-se o procedimento com o material reciclado de uso doméstico e após algumas experiências para estabelecer-se os parâmetros mais favoráveis, chegou-se aos ideais. À exceção de ligeiras diferenças nos materiais PET e PP, as condições usadas no material do oceano foram semelhantes. Na tabela 4 são descritos os parâmetros utilizados no processo.

Tabela 4 Condições para injeção de provetes

	material	temp. cilindro	temp. molde	pressão	pós-pressão
doméstico	PET	270°C	140°C	500 bar - 20s	300 bar - 10s
	PP	270°C	50°C	600 bar - 20s	600 bar - 10s
	HDPE	210°C	75°C	600 bar - 20s	600 bar - 10s
oceano	PET	270°C	148°C	500 bar - 20s	300 bar - 10s
	PP	210°C	60°C	600 bar - 20s	600 bar - 10s
	HDPE	210°C	75°C	600 bar - 20s	600 bar - 10s

Nas figuras 58, 59 e 60 estão apresentados os provetes injetados e que serão posteriormente testados. Foram produzidos cinco provetes para cada estudo, devido à possibilidade de ocorrer desvios sistemáticos e aleatórios que são difíceis de eliminar em qualquer procedimento experimental.

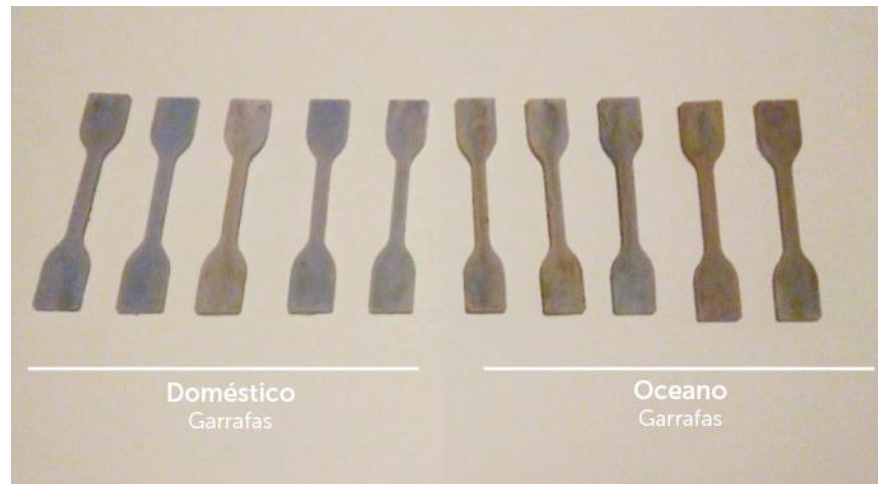


Figura 58 Amostras de provetes injetados PET



Figura 59 Amostras de provetes injetados PP



Figura 60 Amostras de provetes injetados HDPE

3.4.2. Impressão 3D de provetes

A impressão 3D, terminologia comumente dada à manufatura aditiva, é um processo cada vez mais usado, e trouxe grandes mudanças na indústria e no mercado de produtos (Niaki, Torabi, & Nonino, 2019). É uma técnica de manufatura aditiva para o fabrico de inúmeras geometrias complexas a partir de um modelo tridimensional (CAD 3D), que por outro processo seria bastante mais complicado. Existe diferentes tipos de impressão, contudo o modo de processo é semelhante a todos e resume-se na formação de sucessivas camadas de material (Ngo, Kashani, Imbalzano, Nguyen, & Hui, 2018). A tipologia que será utilizada é a fabricação com filamento fundido (FFF) em que consiste na deposição de camada por camada de material fundido, através da extrusão de filamento. Os principais benefícios deste processo são a liberdade ao nível do design, personalização e customização, minimização de desperdícios e a capacidade de construir geometrias mais complexas, bem como facilitar a construção de protótipos (Ngo et al., 2018).

Procedeu-se à impressão 3D de provetes de material reciclado doméstico e do oceano, fase esta que foi explorada mais detalhadamente na investigação. Para tal, em primeira instância, assim como na injeção, foi necessário remover os adesivos e rótulos das embalagens, proceder-se à devida lavagem e, finalmente, recortar as embalagens em parcelas de 5mm por 5mm. Neste processo foi mais uma vez necessário proceder-se à secagem do material PET e HDPE.

O processo foi efetuado utilizando duas máquinas, a extrusora para se fazer o filamento, na máquina *Noztek Pro Desktop Filament Extruder*, e a impressora 3D, *Beeverycreative B2X300*, para se imprimir provetes segundo a mesma norma utilizada na injeção (amostra do tipo 5A da norma ISO 527-2: 1996) (figura 61).

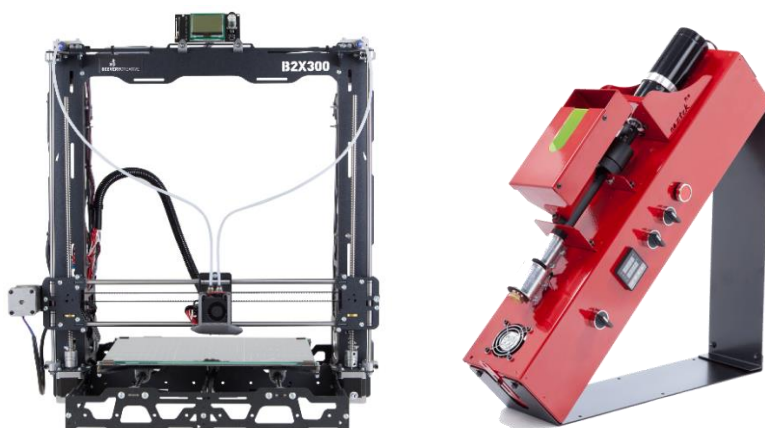


Figura 61 Beeverycreative B2X300 e Noztek Pro Desktop Filament Extruder

Extrusão de filamento

A dificuldade sentida nesta fase, deveu-se ao facto da espessura do filamento não ser constante como o pretendido, devido à extrusora não dispor de um sistema de puxo. Por essa razão, o filamento não apresentava um diâmetro constante idealmente com 1,75mm. Tendo este entrave, há uma variação de diâmetro de 1,5 a 2mm, causando problemas futuros na

impressão 3D. Além disso, o processo torna-se muito manual, pois é necessário controlar constantemente a espessura do filamento e a adição de material. Outro problema identificado foi a criação de pequenos aglomerados de material que, depois de uma vez no fuso, voltavam para o local de armazenamento numa forma mais condensada. Por essa razão, este material tornava-se desperdício, pois não conseguia voltar ao fuso para ser fundido (figura 62). A solução para este problema foi a adição constante de material em pequenas quantidades, diminuindo essa aglomeração.



Figura 62 Aglomerados de material que se tornam desperdício

Após algumas experiências para se estabelecer os parâmetros mais favoráveis, chegou-se aos ideais, conseguindo extrudir filamento para cada material (figura 63 e 64). As condições usadas na extrusão de filamento foram as que estão detalhadas na tabela 5.



Figura 63 Extrusão de filamento de material HDPE

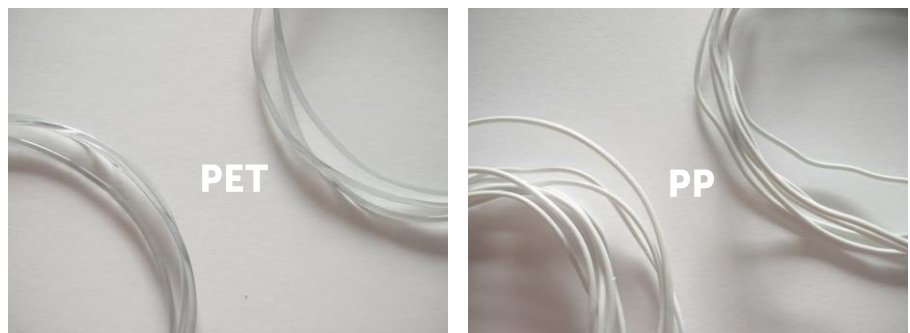


Figura 64 Filamento de PET e PP

Tabela 5 Condições de temperatura para extrusão de filamento

	material	temperatura
doméstico	PET	245°C a 260°C
	PP	270°C
	HDPE	210°C
oceano	PET	245°C a 260°C
	PP	200°C
	HDPE	210°C

Impressão de provetes

As condições para cada material foram pré-definidas no programa *Ultimaker Cura* e, após algumas experiências, definiu-se os parâmetros ideais, estando estas referidas na tabela 6. Informação mais detalhada dos parâmetros utilizados encontra-se em anexo (Anexo 4).

Tabela 6 Condições para impressão de provetes

	material	temperatura de impressão	temperatura da cama	fluidez	velocidade	aceleração
doméstico	PET	250°C	60°C	110%	60 mm/s	400 mm/s ²
	PP	250°C	85°C	115%	15 mm/s	400 mm/s ²
	HDPE	220°C	85°C	115%	15 mm/s	400 mm/s ²
oceano	PET	250°C	60°C	110%	60 mm/s	400 mm/s ²
	PP	220°C	85°C	115%	15 mm/s	400 mm/s ²
	HDPE	220°C	85°C	115%	15 mm/s	400 mm/s ²

É fundamental denotar que os parâmetros utilizados foram otimizados de acordo com o material obtido. Devido à diversidade de plásticos existente, há a probabilidade de estes parâmetros terem de ser alterados conforme o desempenho do material durante o processo. Por essa mesma razão, as temperaturas utilizadas em alguns casos, foram distintas entre o material do oceano e doméstico, devido às diferentes características entre embalagens.

Na figura 65 e 66 estão apresentados os provetes impressos e que serão posteriormente testados. Foram produzidos não cinco, mas três provetes para cada estudo, uma vez que o processo de extrusão de filamento e impressão ainda apresentam algumas dificuldades no seu processamento, o que complica a sua produção no tempo estimado.



Figura 65 Amostras de provetes impressos PET



Figura 66 Amostras de provetes impressos PP

O material HDPE apresentou grandes dificuldades no processo, concluindo que este não é o mais apropriado à impressão 3D. Além da sua dificuldade de adesão na cama de impressão, a consistência maleável do filamento permitia que este fosse escavado pela roldana da impressora, não permitindo a continuação do seu puxo (figura 67).

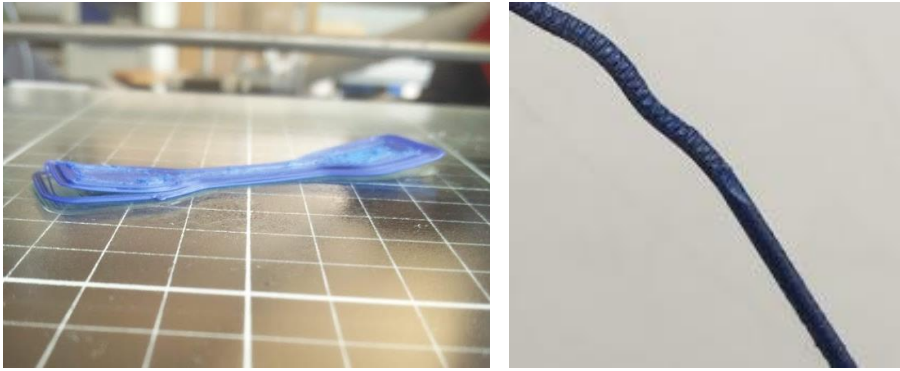


Figura 67 Dificuldades sentidas: fraca adesão à cama e consistência maleável

Posto isto, e após inúmeras tentativas (figura 68), não foi possível proceder-se à impressão de provetes que tivessem as características necessárias para os ensaios de tração. Não quer dizer que não seja possível, contudo com o equipamento disponível e processo utilizado, a impressão de HDPE não se tornou uma solução viável.

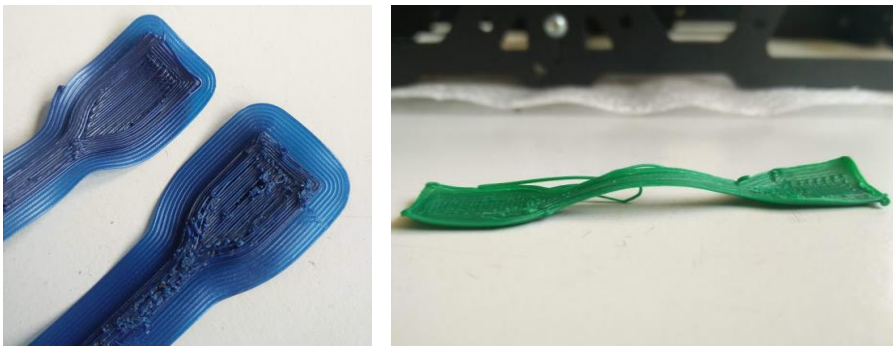


Figura 68 Exemplo de impressões malsucedidas com o material HDPE

Estudos afirmam que o HDPE é um dos materiais mais complexos para impressão devido à sua contração e fácil deformação e à má adesão entre camadas. Mas ajustando a impressão às características do HDPE comprovam que é possível (All3DP, 2019).

3.4.3. Ensaios de tração

Com o propósito de estudar as propriedades mecânicas dos provetes preparados, foram realizados ensaios de tração que estão em conformidade com a norma ASTM D638-10 (equivalente a ISO 527) (ASTM International, 1989, 2010). Para a sua realização foi utilizada a máquina universal Shimadzu Autograph AGS-X de 10 kN (figura 69). Para cada material em estudo, foram realizados três ensaios no caso dos provetes impressos e cinco ensaios nos injetados, tendo realizado quarenta e dois ensaios ao todo.

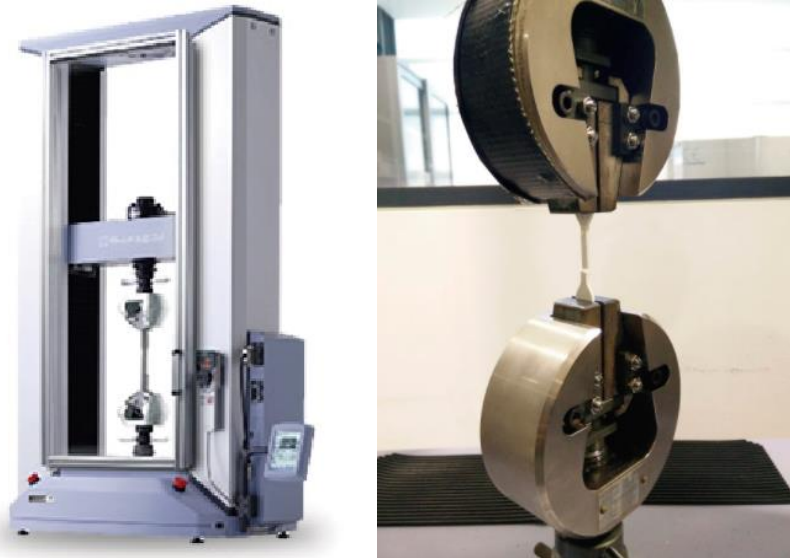


Figura 69 Equipamento utilizado para ensaios de tração

Em relação aos parâmetros utilizados para a realização deste ensaio, aplicou-se uma velocidade variável entre 1mm/min e 3mm/min, $L_0 = 45\text{mm}$, $D = 4\text{mm}$ e $b = 2\text{mm}$.

Nas figuras 70 a 74 estão apresentados os provetes resultantes dos ensaios, injetados e impressos, de modo a estabelecer-se uma comparação entre estes, para se compreender o comportamento destes materiais reciclados em diferentes processos.

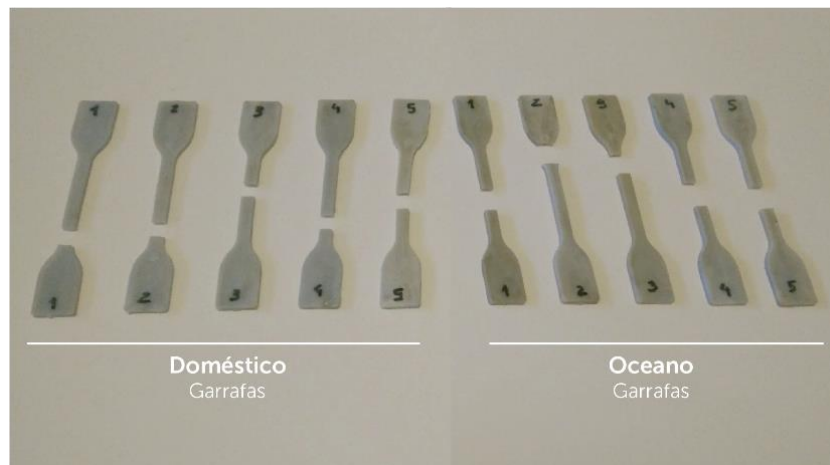


Figura 70 Amostras de provetes PET injetados após ensaios



Figura 71 Amostras de provetes PP injetados após ensaios



Figura 72 Amostras de provetes HDPE injetados após ensaios



Figura 73 Amostras de provetes PET imprimidos após ensaios



Figura 74 Amostras de provetes PP imprimidos após ensaios

3.4.4. Resultados

Após todas as experiências e ensaios realizados, pode-se então avaliar e discutir o comportamento dos materiais PET, PP e HDPE tanto a nível do seu reprocessamento, como também a nível das suas propriedades mecânicas. Mesmo não tendo conseguido imprimir provetes de HDPE, será analisado na mesma o seu comportamento no processo de injeção e as suas dificuldades sentidas na impressão 3D. É importante referir que os valores resultantes são variáveis, uma vez que há uma enorme variabilidade de produtos existentes da mesma tipologia e que apresentam características distintas. Isto, não só dificulta a homogeneidade de resultados no processo de reciclagem, como também dificulta as comparações entre materiais, apresentando resultados muitas vezes ambíguos e incertos. Por fim, também será relevante fazer uma comparação entre os materiais reciclados e os materiais virgens. O objetivo com isto é compreender se os resultados dos materiais reciclados estão muito distantes dos resultados preestabelecidos dos materiais virgens.

Numa perspetiva de comparar o comportamento dos materiais durante o processamento, tanto na injeção como na impressão, realizou-se um gráfico onde ilustra, numa escala de baixo a alto, os desafios encontrados no decorrer dos processos (figuras 75 e 76).

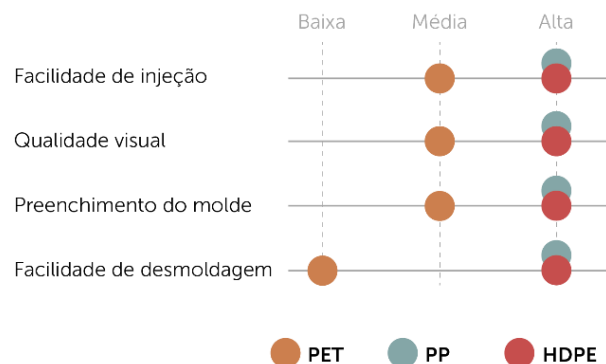


Figura 75 Desafios do processo de injeção

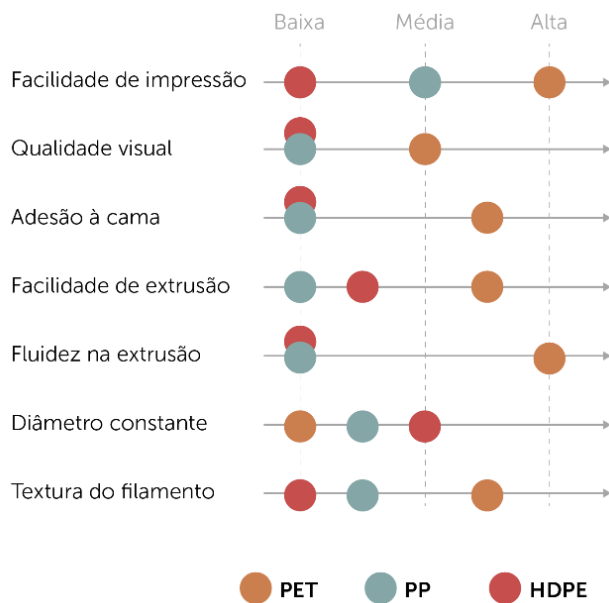


Figura 76 Desafios do processo de impressão 3D

Conclui-se assim, no caso da injeção, que o PP e o HDPE são os materiais mais fáceis de processar, comparativamente ao PET que cristaliza muito rapidamente quando arrefecido. Por outro lado, o PET devido à sua fluidez é o material que apresenta menos dificuldades na extrusão de filamento, uma vez descoberta a melhor técnica e condições mais favoráveis ao seu processamento. Além disso, entre os três, é o que se comporta melhor na impressão, devido à consistência do material e facilidade de adesão à cama. Posto isto, o PET é o material reciclado mais apropriado para a impressão de peças por FFF, e o PP e HDPE para a injeção.

Em termos de comparação entre os materiais de origens diferentes, doméstico e do oceano, não foi distinguida qualquer diferença no processamento, apresentando ambos as mesmas dificuldades ou facilidades. A única diferença apontada é em termos da qualidade visual, onde o material do oceano apresenta visualmente mais sujidade e impurezas, muito provavelmente devido à quantidade de tempo presente no meio marinho ou na linha costeira.

Após a finalização dos ensaios de tração dos três diferentes estudos, e para uma melhor compreensão dos resultados dos seus comportamentos, foi necessário a obtenção de gráficos tensão-deformação. Como o nome indica, estes gráficos apresentam curvas de tensão em função da deformação, sendo possível analisar o comportamento do material ao longo do ensaio. Os resultados obtidos pelas curvas de tensão-deformação estão representados nas figuras 77, 78 e 79, do material PET, PP e HDPE, respetivamente.

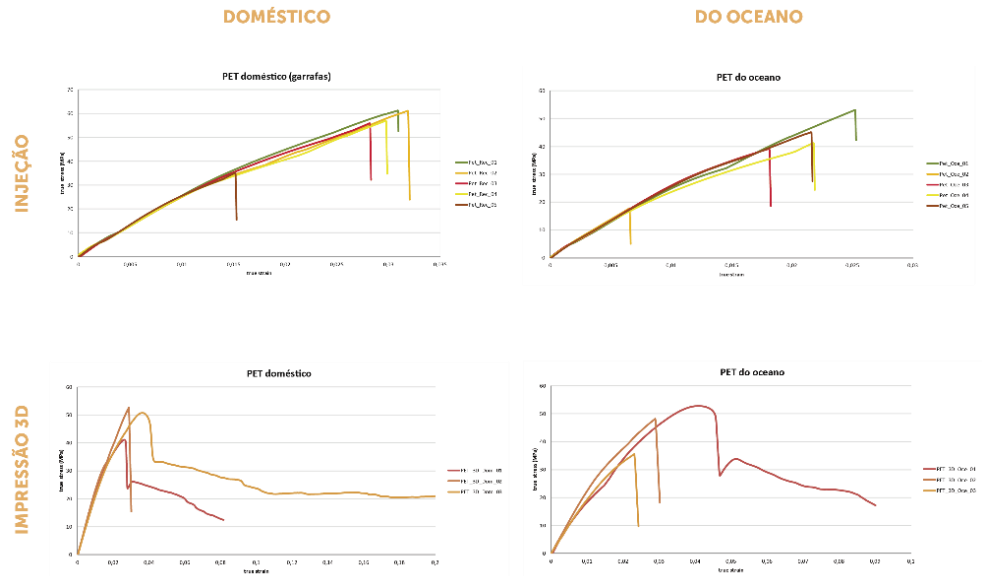


Figura 77 Curvas de tensão-deformação do material PET

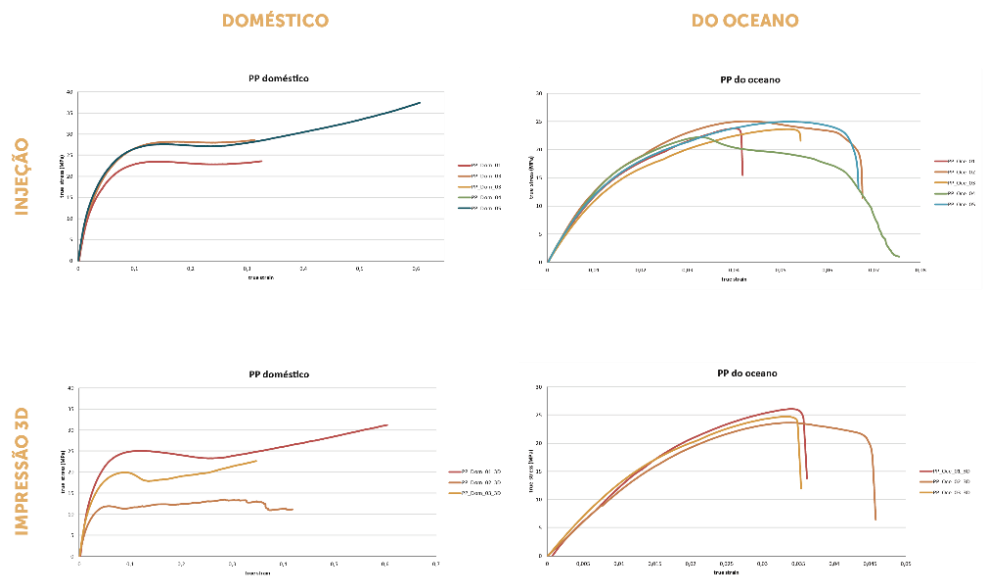


Figura 78 Curvas de tensão-deformação do material PP

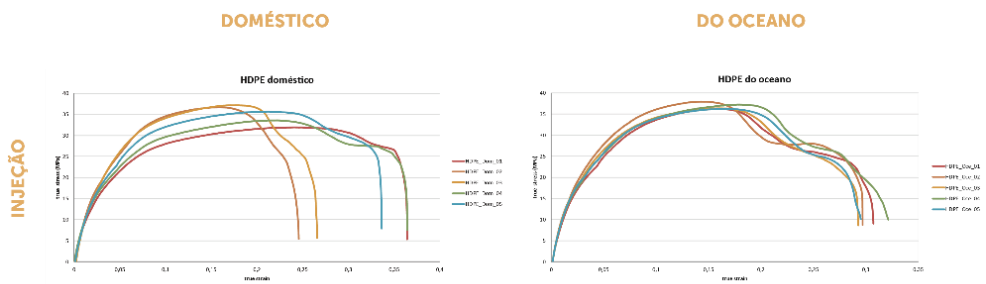


Figura 79 Curvas de tensão-deformação do material HDPE

Pode-se observar que as curvas obtidas no estudo do PET descrevem um comportamento característico de materiais frágeis. Apresentam uma região plástica muito curta ou até mesmo inexistente, podendo essa observação ser mais conclusiva na curva dos provetes injetados. Contudo, o PP e o HDPE apresentam um comportamento mais dúctil.

Foi ainda preponderante determinar os parâmetros necessários na análise das propriedades mecânicas dos diferentes estudos. Deste modo, determinou-se para cada ensaio a sua resistência à tração (tensão máxima), a deformação e o módulo de elasticidade ou módulo de Young, (Costa, 2016), como mostra o anexo 5. De modo a facilitar a comparação dessa análise, determinou-se a média aritmética dos valores obtidos e o desvio padrão, valores estes submetidos na tabela 7. Assim, a partir dos dados tratados e obtidos na tabela, foi possível observar diferenças significativas entre as propriedades mecânicas dos materiais.

Tabela 7 Valores médios das propriedades mecânicas resultantes

material	teste	tensão máx. MPa	deformação mm	Módulo de young MPa
PET	INJ. DOM.	54±10.8	0.06024±0.02	2544.2±29.6
	INJ. OCE.	39.2±13.0	0.04142±0.02	2936.4±247.7
	PRINT DOM.	48.3±6.4	0.0676±0.01	2239±117.1
	PRINT OCE.	45.7±8.8	0.0688±0.02	2126.3±159.4
PP	INJ. DOM.	29.2±4.8	0.82816±0.29	829.6±99.4
	INJ. OCE.	24±1.2	0.09698±0.02	1404.2±82.0
	PRINT DOM.	22.3±9.0	0.9152±0.38	694±130.5
	PRINT OCE.	25±1.0	0.07507±0.01	1275.7±124.5
HDPE	INJ. DOM.	35.2±2.2	0.4501±0.07	850.4±123.6
	INJ. OCE.	36.6±0.9	0.36066±0.03	993.6±40.1

A partir dos valores calculados, foram concebidos os gráficos da figura 80, que procuram estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos, e compreender o que esses resultados correspondem em termos de características dos materiais.

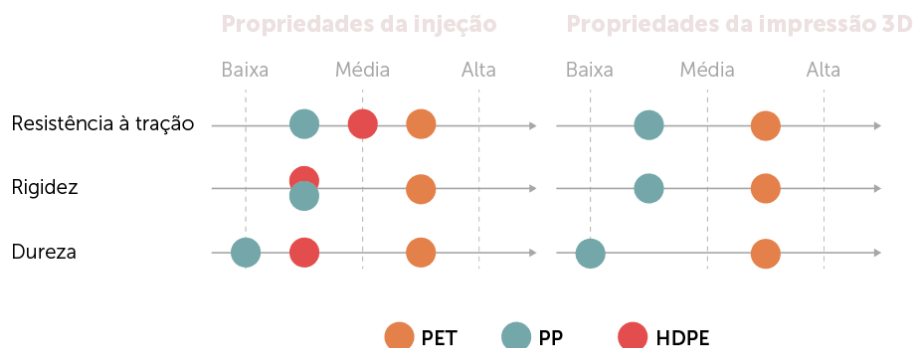


Figura 80 Propriedades mecânicas da injeção e impressão

O PET é o que apresenta uma maior resistência à tração (maior tensão máxima), maior rigidez (maior módulo de Young), e maior dureza (deformação menor), nos dois processos. Enquanto que o PP é o menos resistente e duro dos três, mas apresenta uma rigidez idêntica ao HDPE.

Em termos comparativos sobre a origem do material, o PET e o PP do oceano apresentam, na injeção, uma resistência inferior ao doméstico (Marques, Franqueira, & Neto, 2019). Contudo, na impressão já não se pode afirmar isso, sendo que apresentam resistências muito semelhantes ou até mesmo um pouco superiores. Assim, conclui-se que a impressão 3D pode representar uma boa solução na reciclagem de materiais provenientes do oceano. Em relação ao HDPE, o material do oceano apresenta maior resistência à tração. Porém, estas comparações podem ser injustas devido ao facto de os provetes terem sido feitos a partir de embalagens distintas, que possivelmente apresentam propriedades também distintas. Em relação à rigidez, de um modo geral, os materiais provenientes do oceano apresentam valores superiores aos do doméstico.

Por fim, estabeleceu-se termos comparativos entre os materiais reciclados e os virgens. Para isso, foram utilizados os valores definidos na ficha técnica dos materiais virgens da Ensinger. Na tabela 8 são expostos valores referentes às propriedades mecânicas para cada material (Ensinger, 2018; Omnexus, 2019).

Tabela 8 Valores tabelados das propriedades dos materiais PET, PP e HDPE

Materiais Virgens Ensinger	material	tensão máx. MPa	deformação mm	Módulo de young MPa
		PET	90	20%
	PP	32	100%	1600
	HDPE	24	>100%	1000

De uma maneira geral, os resultados dos materiais reciclados são ligeiramente inferiores aos materiais virgens, sendo isso o esperado. No entanto, no caso da resistência à tração (tensão máxima), o HDPE submetido ao procedimento experimental apresentou maior resistência que o HDPE da Ensinger. Isso pode ser justificado pela grande variedade existente de materiais dentro da tipologia HDPE.

Em síntese, o material PET processa-se melhor por impressão 3D, sendo um bom material para ser valorizado através deste processo. Além de apresentar menos dificuldades durante o processamento, também apresenta boas propriedades mecânicas, não muito longe das apresentadas dos materiais virgens. Por outro lado, o HDPE e PP apresentam melhores características para produzir produtos através da injeção. Nesse sentido, os identificadores para a *Yamaha Marine* foram impressos com PET, um com material doméstico e outro com material proveniente do oceano (apresentados na secção 3.2.1.), provando o sucesso da impressão com este material. Contudo, acredita-se que a impressão de PP e HDPE possa ser facilitada utilizando diferentes condições ou equipamentos. Estas conclusões são fundamentais nos subcapítulos 3.5 e 3.6., na seleção do material e processo de fabrico dos produtos a desenvolver através de material reciclado.

3.5. Desenvolvimento do vaso com sistema de auto rega

Procedeu-se ao desenvolvimento conceptual, com base na informação recolhida anteriormente, e tendo como objetivo a aplicação dos materiais testados nos produtos a desenvolver. Todo o processo de criação foi influenciado pelos resultados obtidos no processo experimental e por toda a pesquisa recolhida ao longo da investigação. É importante reforçar, que os produtos desenvolvidos neste trabalho são um exemplo de aplicabilidade de materiais reciclados, contudo, existem ainda inúmeras possibilidades de aplicação noutros produtos.

Deste modo, desencadeia-se um conjunto de fases que conduzem a uma solução para o desenvolvimento do vaso para cultivo de plantas, com sistema de rega automático.

3.5.1. Horticultura urbana

Atualmente, está-se na presença de um fenómeno chamado êxodo rural, que consiste na migração em massa da população, das zonas rurais para as cidades (Knapp, Ross, & McCrae, 1989). Isto deve-se principalmente à necessidade de a população procurar novas oportunidades, comodidades, condições de trabalho e qualidade de vida em zonas urbanas. Contudo, a sociedade contemporânea urbana, tem vindo a enfrentar alguns problemas decorrentes do excesso de urbanismo, e conseqüentemente, da escassez de espaço. A falta de contacto entre o ser humano e a Natureza, o surgimento de problemas psicológicos, como o stress, e os hábitos alimentares com menos qualidade nutricional, são problemas de carácter social e psicológico, que podem levar a problemas a nível de saúde.

Neste sentido, a horticultura urbana surge como um benefício ambiental, social e económico, potenciando a ligação da Natureza com o ser humano e o seu espaço, sendo este um recurso natural de bem-estar. Uma vez que este passa, nos dias de hoje, 85% do seu tempo de vida em espaços fechados (Lee, Lee, Park, & Miyazaki, 2015), principalmente na sua habitação, é fundamental trazer a natureza do exterior para o interior, proporcionando o bem-estar dos habitantes. Essa importância vem da ligação inata dos seres humanos ao mundo natural, chamada biofilia, termo popularizado por Edward Osborne Wilson em 1984. Por essa razão, surge uma nova imagem de cidade em que combina características entre o meio urbano e suburbano, através da identidade ecológica, havendo assim a necessidade de inclusão de características rurais na cidade (Doron, 2005). A horticultura urbana faz então a ponte entre a agricultura e os espaços existentes nos centros urbanos, aproveitando o seu espaço como meio de cultivo e sustentabilidade da sociedade contemporânea.

A agricultura urbana é definida por Luc J. A. Mougeot como uma indústria localizada dentro da cidade ou na sua periferia, que cresce, processa e distribui uma diversidade de produtos alimentares e não alimentares. Reutiliza em grande parte recursos humanos e materiais, produtos e serviços encontrados dentro e no redor da área urbana e, por sua vez, fornece esses mesmos recursos a essa área (Mougeot, 2000).

A agricultura surge na cidade sobre diferentes formas e escalas, e cada vez mais, será uma tendência natural. Nesta investigação, pretende-se

desenvolver uma horta doméstica, uma solução para o interior de habitações, normalmente para consumo próprio, e por isso a uma escala pequena (figura 81). O objetivo desta, é potenciar uma ligação entre a natureza e o ser humano, promovendo o seu bem-estar e qualidade de vida, adotando assim comportamentos alimentares mais saudáveis e sustentáveis.



Figura 81 Sistema de cultivo no interior de habitação

Os impactos ambientais resultantes deste tipo de cultivo são a redução significativa de recursos de transporte e energia e a redução de dióxido de carbono, devido à diminuição da distância entre o produtor e o consumidor. Além disso, reduz a necessidade de embalagens, diminuindo assim a utilização de plástico (Doron, 2005). Ao nível dos impactos sociais, esta prática traz benefícios no conforto e satisfação dentro do espaço habitacional, reduz o stress psicológico, melhora o estado de humor e a saúde cognitiva dos habitantes. Tudo isto são resultados de estudos feitos através de experiências com plantas em espaços interiores (Lee et al., 2015). É ainda, no caso das hortas comunitárias, um meio de desenvolvimento de relações, conseguindo quebrar barreiras culturais, sociais e económicas e incrementar a educação ambiental (Doron, 2005).

Para um bom crescimento, as plantas necessitam de luz, água e espaço. Posto isto, este tipo de agricultura apresenta vários desafios: a pouca diversidade de plantas que são capazes de crescer no interior, a limitação de luz e espaço, e a falta de tempo que as pessoas realmente dedicam às plantas. Dentro destes desafios, o que apresenta mais dificuldade em ser resolvido é a limitação espacial. Existem já soluções de vasos com sistema de rega automática que facilitam o utilizador na tarefa de regar a planta, e ainda, sistemas que conseguem reproduzir as condições de luz e água mais favoráveis às plantas.

O material reciclado é apropriado para este tipo de produto porque, não só lhe proporciona impermeabilidade, como também é leve, permitindo a

portabilidade do objeto. Além disso, o aspeto do produto torna-se único, pois as texturas nunca serão exatamente iguais umas às outras, e existe uma maior liberdade em termos de forma.

3.5.2. Brief

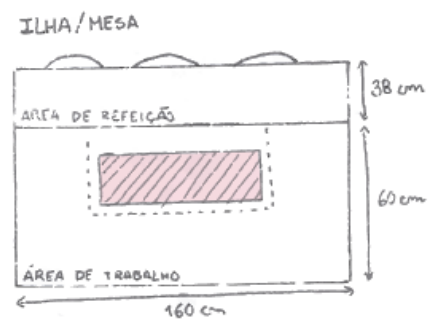
Tendo em consideração toda a recolha e análise de dados anteriormente exposta, e ao desenvolvimento do benchmarking (anexo 6) estão criadas as condições para a definição do brief, com o intuito de definir os objetivos fundamentais no desenvolvimento do produto. Posto isto, é pretendido desenvolver um sistema de horticultura urbana para cultivo de alimentos no interior das habitações, particularmente em apartamentos com espaço reduzido. O sistema de auto rega foi um mote importante, que tem o intuito de facilitar a sua utilização, tendo como requisitos e características o que se pode observar na figura abaixo.

HORTICULTURA URBANA Brief	Descrição	Requisitos
	Sistema de horticultura urbana para cultivo em espaços interiores domésticos.	Criação e promoção de um ambiente mais natural e orgânico
	Tipologia	Permitir o cultivo de alimentos (legumes, frutas e especiarias)
	Vaso com sistema de auto rega	Facilitar a plantação no interior das habitações
	Utilizadores	Informar o utilizador sobre o nível da água
	Habita tipicamente em espaços urbanos (apartamentos)	Design atraente, minimalista e sustentável.
	Faixa etária: global com destaque dos 18 aos 40 anos de idade	Pequeno/médio porte que ocupe pouco espaço.
	Capacidade financeira: Classe média	Apropriado para mesas ou bancas de cozinhas
	Com preocupações a nível da sua saúde pessoal, alimentação e sustentabilidade	Leve e portátil.
	Cores disponíveis	
	De acordo com os resíduos a utilizar	

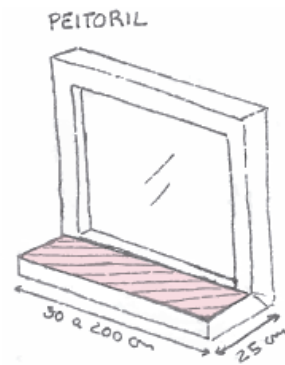
Figura 82 Brief do sistema de cultivo

3.5.3. Ergonomia das cozinhas

Como definido anteriormente no brief, este produto é desenvolvido principalmente para cozinhas, uma vez que serve, maioritariamente, para o cultivo de alimentos comestíveis. Contudo, não exclui a possibilidade de ser utilizado para plantas decorativas ou de pequeno porte. Por essa mesma razão, a primeira fase será a compreensão espacial de uma cozinha e das áreas potenciais para o produto, sendo estas, as que são menos utilizadas nesta divisão. Esta fase é importante na medida em que compreende todas as dimensões e áreas espaciais das cozinhas, e por isso contextualiza o produto no seu espaço. O produto deve ter as dimensões adequadas à maioria dos espaços para ter sucesso no mercado. Nesse sentido, foram analisadas as dimensões dos móveis das cozinhas e as suas áreas menos utilizadas, com a finalidade de definir as dimensões gerais adequadas do produto. Na figura em baixo, pode-se observar as áreas menos utilizadas numa cozinha a vermelho.



Ilha / Mesa



Peitoril



Banca da cozinha



Figura 83 Ergonomia da cozinha: dimensões e disposições das áreas

As áreas que não são utilizadas para trabalhar, normalmente destinadas a objetos decorativos, são os centros de mesas ou ilhas, os peitoris das janelas e a parte de trás das bancas de cozinha. Posto isto, conseguiu-se definir as dimensões adequadas do produto, através da recolha das dimensões dessas áreas menos utilizadas (figura 84).

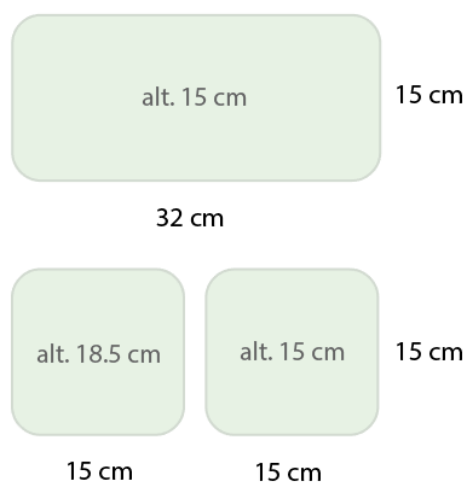


Figura 84 Dimensões dos produtos

Será desenvolvido um conjunto de três produtos, com ligeiras distinções a nível dimensional por dois motivos. Esta decisão explica-se devido às plantas terem diferentes tamanhos e por isso precisarem de necessidades de espaço e água diferentes. Assim sendo, os três objetos diferem a nível de dimensões, tanto no recipiente que contém a planta, como no que reserva a água, permitindo uma maior diversidade de cultivo de plantas. Por outro lado, ao desenvolver três produtos diferentes, permite ao utilizador o poder de escolha dependendo da tipologia da sua cozinha. Além disso, permite disposições diferentes caso os utilizadores comprem mais que um vaso, criando um espaço esteticamente interessante com base na ideia de modularidade.

3.5.4. Propostas

Após a definição das dimensões gerais do produto, foram analisados os sistemas existentes de auto rega, apresentados na figura 85, com o intuito de selecionar o mais adequado à sua função e aos requisitos do utilizador.

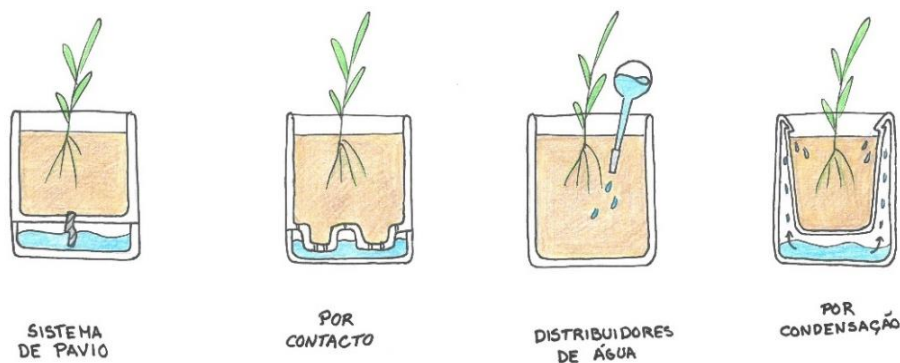


Figura 85 Esquemas dos sistemas de auto rega

Posto isto, o sistema selecionado foi o **sistema por contacto**, pois por um lado, facilita o utilizador, e por outro, não é necessária a utilização de outros materiais adicionais. É um sistema simples que consiste num recipiente que permite o armazenamento de água que se encontra por baixo do recipiente da planta. Esse recipiente superior tem uma extensão, que através de perfurações, deixa passar a água necessária às raízes da planta através do fenómeno de capilaridade.

Passou-se então para a geração de esboços representativos de algumas ideias embrionárias (figura 86), que com a sua exploração e estudo passaram a ser desenhos mais pensados e funcionais.



Figura 86 Geração de conceitos

Os desenhos exploratórios foram distribuídos em seis soluções gerais distintas, com o objetivo de facilitar a seleção do conceito (figura 87). Assim, foi simplificado o processo, conseguindo combinar as soluções de diferentes maneiras, dando ao utilizador um produto mais funcional e conveniente.

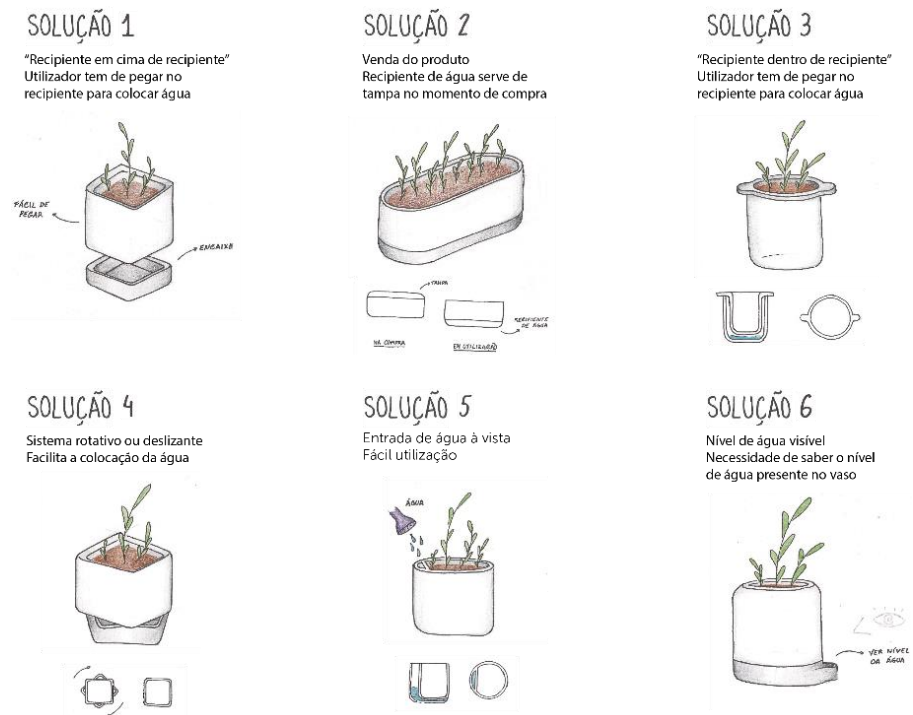


Figura 87 Soluções desenvolvidas para o conceito de auto rega

As soluções 1 e 6 foram combinadas de modo a facilitar a utilização do produto. A solução 1 consiste no recipiente da planta encontrar-se por cima do recipiente de água (figura 88) e a solução 6 inclui a possibilidade do utilizador conseguir observar o nível de água que o recipiente ainda possui (figura 89).

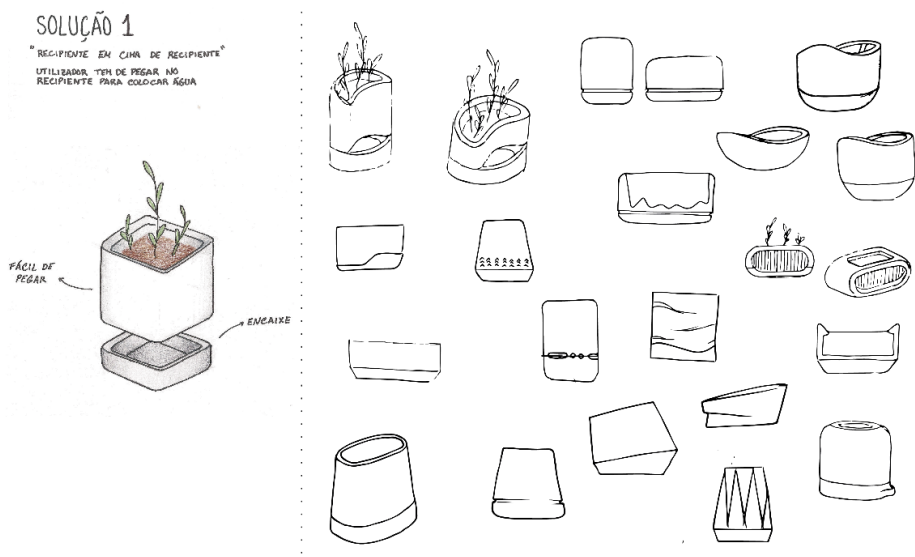


Figura 88 Solução 1: "recipiente em cima de recipiente"

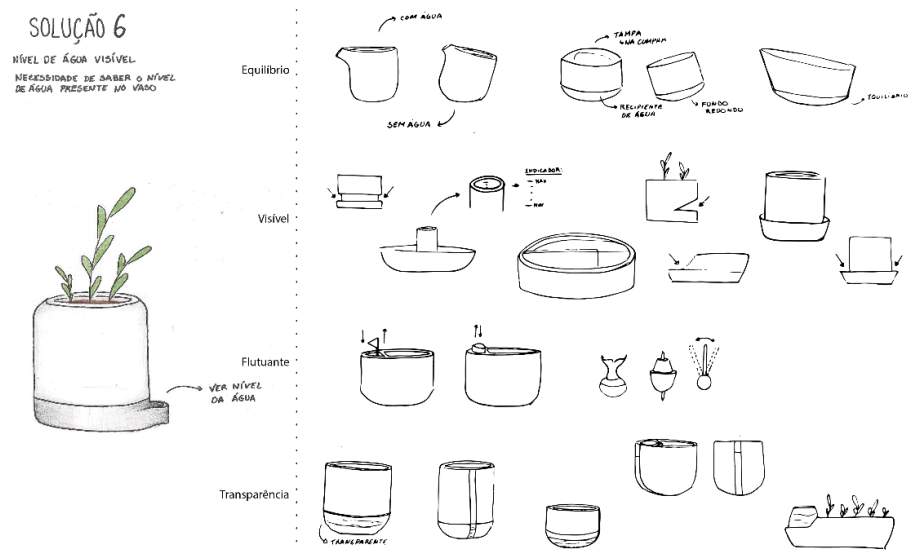


Figura 89 Solução 6: Nível de água visível

Foram seleccionadas, a partir dos desenhos anteriormente demonstrados, algumas formas que iam mais de encontro à proposta apresentada no brief. Manifestou-se a consistência de formas mais arredondadas com cantos boleados, e por isso as formas seleccionadas representam essas características. Dentro desse registo, analisou-se a forma geral, e experimentou-se raios distintos de modo a alterar a forma exterior dos recipientes (figura 90).

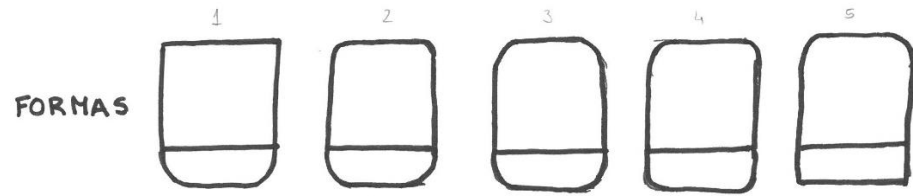


Figura 90 Formas dos recipientes

Pode-se observar de seguida alguns potenciais desenhos, que foram posteriormente validados com o auxílio de mock-ups em espuma à escala real.



Figura 91 Processo de desenvolvimento: desenhos e mock-up

A proposta que foi selecionada encontra-se na figura abaixo, seguindo a forma número quatro da figura 90.

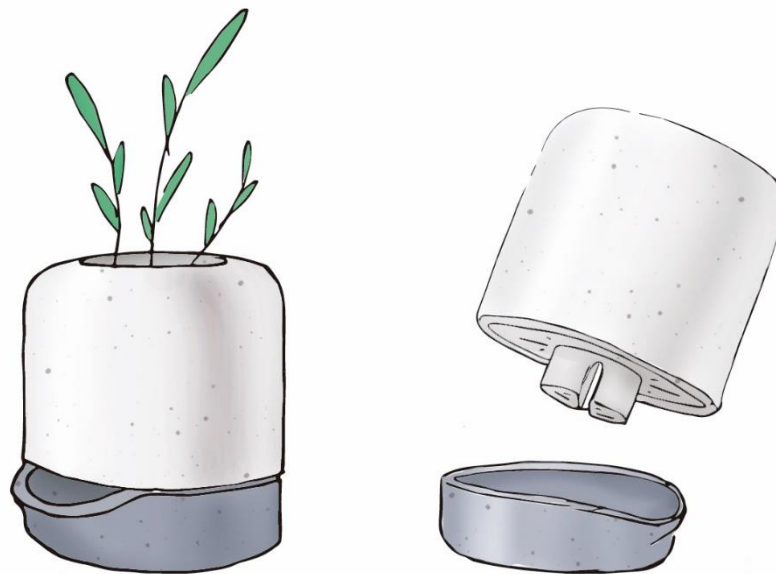


Figura 92 Proposta selecionada

3.5.5. Materiais e processos de fabrico

A seleção do material e do processo de fabrico é relevante ser definido na fase de desenvolvimento conceptual, uma vez que influencia a geometria e a funcionalidade do produto. Contudo, esta investigação foca, não um material, mas um conjunto de materiais plásticos, visando a sua aplicabilidade num produto com determinados requisitos. Uma vez que todos os plásticos satisfazem os requisitos do produto, não foi necessário restringir o tipo de plástico a utilizar. Assim, o material aplicado depende somente dos resíduos disponíveis no momento e do processo de fabrico. Estes podem ser o PET, o PP e o HDPE, ou até mesmo outros que possam resultar, apresentando uma infinidade de possibilidades de texturas e cores (figura 93).



Figura 93 Texturas e cores

Os processos de fabrico selecionados para a produção deste produto são a impressão 3D para uma produção de pequena série e a injeção para uma produção em grande série. O produto foi projetado para ser fabricado nestes dois processos por isso é composto por 3 peças, podendo estas ser fabricadas por injeção ou impressão (figura 94).



Figura 94 Componentes do produto e encaixe entre peças

Assim, aconselha-se a utilizar o PET no caso da impressão 3D e o HDPE ou PP para a injeção, apresentando melhores resultados no processo. As etapas do processo destas duas tecnologias podem ser observadas na figura 95 e 96.



Figura 95 Processo de injeção



Figura 96 Processo de impressão 3D

O logotipo da marca estará em baixo relevo na base do recipiente de armazenamento de água, de modo a ser realizado no momento do fabrico.



Figura 97 Logotipo em baixo relevo

3.5.6. Maquetização

Algumas melhorias foram implementadas a nível de proporções e linhas do produto. De forma a validar essas alterações, foi impresso em 3D o produto em escala real. Além de validação de forma, foi possível testar se os componentes estavam adequados ao processo, conseguindo assim melhorar pequenos detalhes do produto.

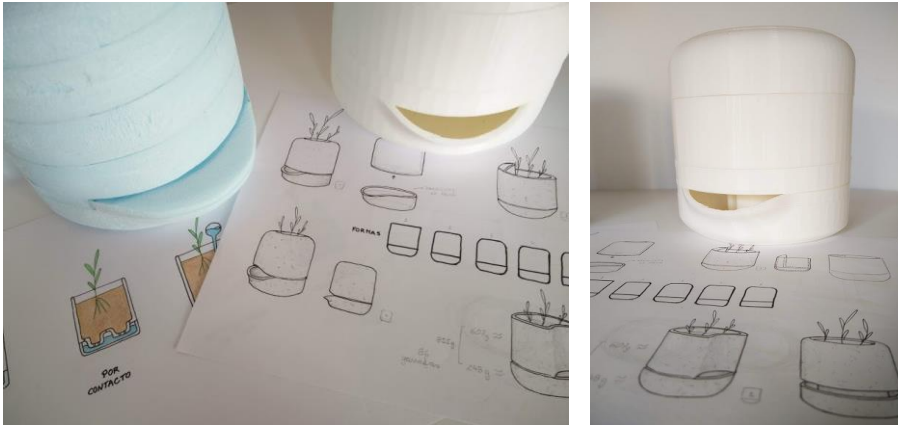


Figura 98 Maquetes à escala real

De modo a implementar soluções o mais viáveis possíveis, o vaso foi projetado com foco no *Design for Manufacturing* (DFM). Assim, foram necessárias algumas alterações na geometria para uma produção através da impressão 3D mais eficaz, simplificada e com menos imperfeições possíveis, reduzindo o custo de produção (figura 99). As alterações foram de uma maneira geral, a alteração de raios e a inclinação de algumas paredes, a espessura dos componentes e a adição de encaixes entre peças para a facilitação de impressão (desenhos técnicos no anexo 8).

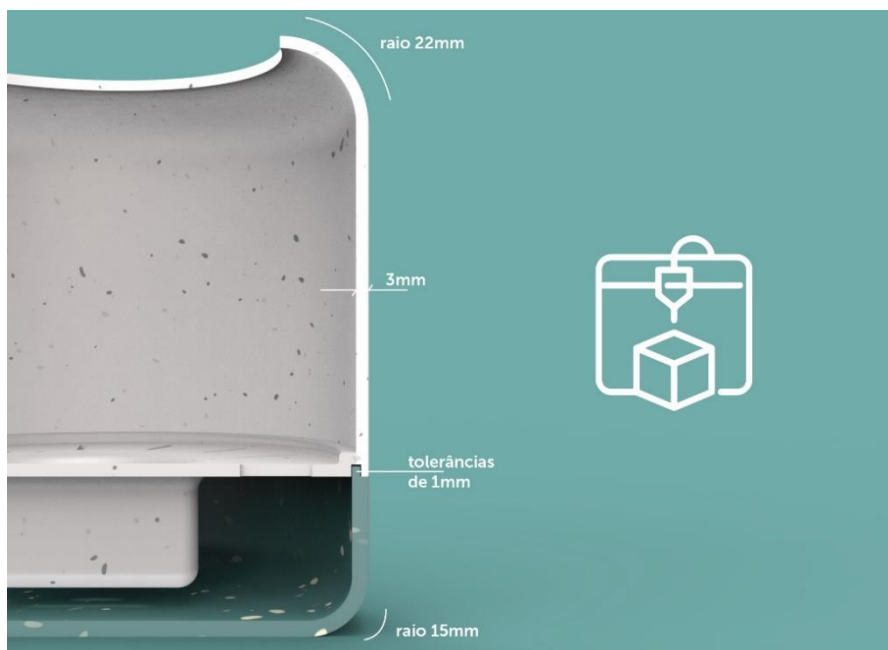


Figura 99 Alterações para DFM

Após ter alcançado um conceito que era próximo ao pretendido segundo o DFM, foi feita a experiência de imprimir uma das componentes do vaso com filamento reciclado. O material escolhido para este teste foi o PET, uma vez que apresenta as melhores características para a produção de filamento, e consequente impressão. A peça foi produzida na escala 1:2 pois o processo de produção de filamento ainda não estava otimizado para grandes quantidades. Na figura seguinte, pode-se ver o processo e resultado da peça inferior do vaso, impressa através de filamento reciclado a partir de garrafas de plástico de água domésticas.

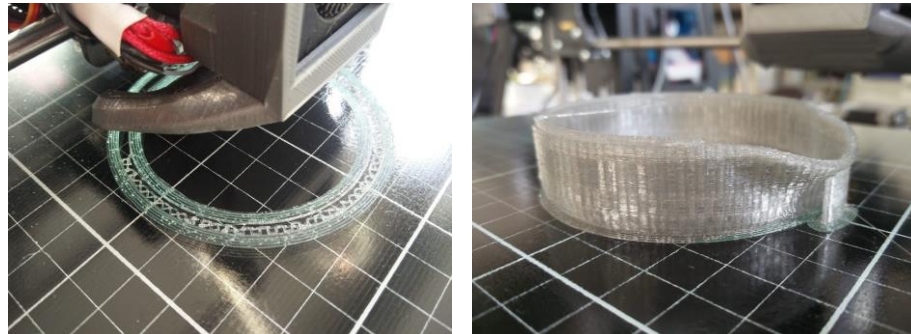


Figura 100 Componente impresso através de filamento reciclado

De maneira a completar o protótipo, foi impresso o recipiente superior à escala 1:2, utilizando filamento de material PET virgem. Na figura seguinte, pode-se ver as duas componentes impressas, uma utilizando PET virgem e outra reciclado (figura 101).



Figura 101 Maquete à escala 1:2

Numa perspetiva comparativa, a nível visual estas apresentam aspetos completamente distintos, sendo que o PET virgem apresenta grande opacidade e uma cor azul clara, e o PET reciclado apresenta uma ligeira transparência e um azul mais escuro. Estes resultados foram obtidos com determinados parâmetros de impressão, sendo que pode apresentar resultados diferentes com outras condições processuais.

3.5.7. Proposta final

Todo o processo exploratório e de desenvolvimento anteriormente demonstrado, encadearam a um resultado que melhor responde às necessidades do mercado e às características do material (figura 102).



Figura 102 Proposta final

A proposta assenta num conjunto de três produtos que podem ser conjugados de diferentes maneiras, para uma melhor adaptação ao espaço de habitação e às necessidades das plantas, apresentando um sistema intuitivo e de fácil utilização (figura 103 e 104).

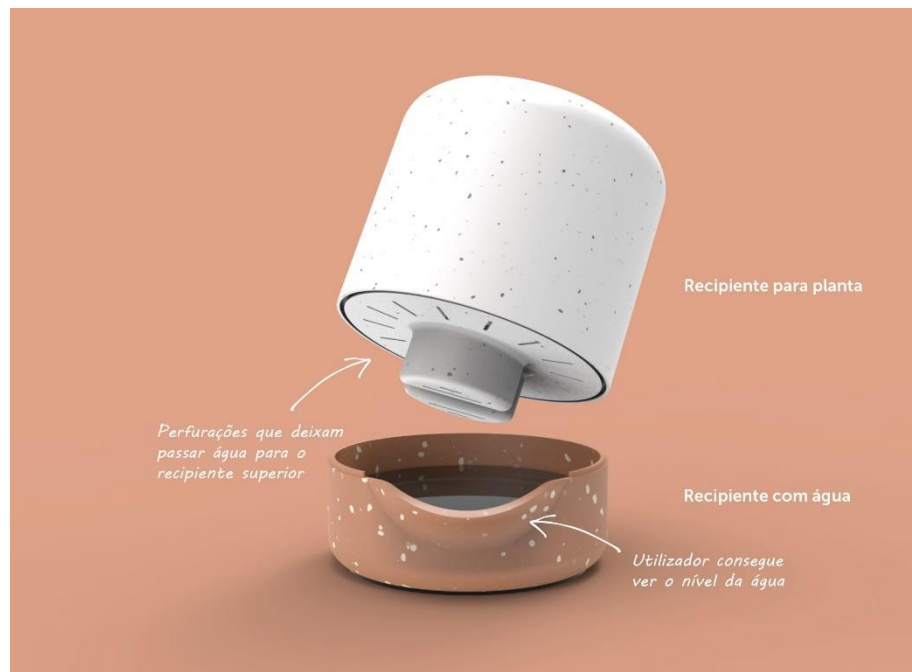


Figura 103 Funcionamento do produto



Figura 104 Funcionamento do produto

Apresenta um aspeto único e personalizado, onde as cores serão definidas pelos resíduos plásticos utilizados e os padrões serão incontáveis conferindo um aspeto moderno (figura 105). Além disso, a impressão de um vaso utiliza cerca de cinquenta garrafas de meio litro para a sua produção.



Figura 105 Vaso de HDPE e PET

Perfeito para o cultivo de plantas alimentares de consumo próprio e com dimensões adequadas à área da cozinha (figura 106, 107 e 108).

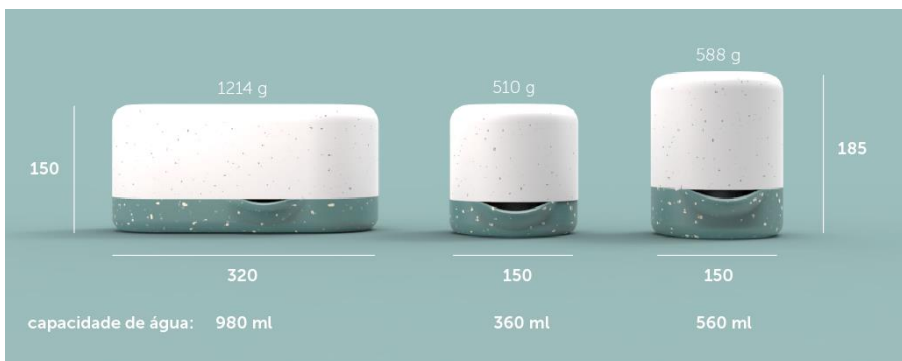


Figura 106 Dimensões do produto



Figura 107 Produto no contexto de uso



Figura 108 Contexto de uso

3.6. Desenvolvimento do mobiliário urbano

O mobiliário urbano compreende um conjunto de equipamentos que se encontram na urbe, em espaços públicos, que se destinam à satisfação das necessidades sociais ou prestação de serviços dos cidadãos (Mourthé & Menezes, 2012). Estes equipamentos encorajam a sociedade a aproveitar e usufruir o espaço exterior, o que beneficia o estabelecimento de relações sociais entre a comunidade, criando uma sociedade mais unida e feliz. Estes, não só atendem às necessidades da comunidade, mas também da própria cidade, dando carácter, identidade e sentido de lugar ao local (Yücel, 2013).

Existe uma grande quantidade de equipamentos urbanos, e por essa razão, podem ser agrupados considerando as suas funcionalidades (Mourthé & Menezes, 2012).

Elementos decorativos: esculturas e painéis decorativos em edifícios.

Mobiliário de serviço: telefones públicos, caixas de correios, paragens de autocarros, cabines de WC's.

Mobiliário de lazer: bancos, mesas de jogos, parques infantis e máquinas de desporto.

Mobiliário comercial: quiosques, barracas de vendedores ambulantes, bancas de flores e cadeiras de engraxar sapatos.

Mobiliário de sinalização: placas informativas e de identificação, sinais de trânsito e semáforos.

Mobiliário de publicidade: Painéis publicitários.

No desenvolvimento desta tipologia de produtos devem ser tidos em consideração vários aspetos que influenciam o sucesso do mesmo. Um deles é o contexto urbano e histórico da região onde o objeto é implementado. Este é fundamental pois permite coerência e harmonia no espaço público, ao mesmo tempo que dá personalidade à cidade. As características geográficas e climáticas deverão também ser tidas em conta, na fase de conceção do mobiliário e na seleção do seu material. Por fim, é necessário o conhecimento da natureza humana e da sua cultura, de modo a satisfazer as necessidades dos utilizadores e para que estes usufruam ao máximo as características do objeto (Shen, Yu, & Zhang, 2013).

Como foi referido anteriormente, é fundamental conhecer o contexto onde o mobiliário se insere, de maneira a ser integrado no local de forma contextualizada. Assim, antes de se definir o equipamento a desenvolver, selecionou-se o seu contexto. Nesse sentido, propõe-se desenvolver um produto para a cidade de Ílhavo, no distrito de Aveiro, uma vez que é um contexto próximo, facilitando a identificação das necessidades dos utilizadores e do meio envolvente. Além disso, é uma região que tem como principal característica a sua ligação ao mar, indo de encontro com o mote desta investigação. Foi então feita uma análise à cidade para compreender a sua história, clima, locais turísticos e as suas características simbólicas, onde se pode ver, de um modo resumido, na figura seguinte (C.M. Ílhavo, 2019).

Ílhavo

Concelho português, localizado no distrito de Aveiro, que inclui quatro freguesias: Gafanha da Encarnação, Gafanha da Nazaré, Gafanha do Carmo e Ílhavo (São Salvador).

Clima

Temperado oceânico de influência mediterrânica. Pouco húmido, com temperatura média anual de 15,6°C.

Locais turísticos

Forte e farol da Barra
Capela de Nossa Senhora dos Navegantes
Praia da Barra
Porto bacalhoeiro
Casa Gafanhoeira
Jardim Oudinot e Navio Museu Santo André
Casa da Música da Gafanha da Nazaré
Museu marítimo de Ílhavo
Praia da Costa Nova
Museu histórico da Vista Alegre
Jardim Henriqueta Maia
Casa da Cultura de Ílhavo

Contexto histórico

Descendente de lendários navegadores, possivelmente fenícios, gregos, antigos navegadores do mar do Norte ou Romanos, que entraram pela foz do Vouga e estabeleceram-se nas suas margens, sendo os próprios ilhavenses, já muito cruzados com várias raças.

Residentes que na sua maior parte são pescadores.

Terra que tem "O Mar por Tradição".

Ligação à pesca do Bacalhau, sendo então intitulada a Capital Portuguesa do Bacalhau.

Origem da palavra Ílhavo

"Illavum", "Illiavo" e "Illiabum" que significa a Ilha do rio.

Símbolos

Pesca, ria, mar, praia, farol, bacalhau, artesanato, barcos.

Locais potenciais

Jardim Oudinot
Praça abeira do farol da Barra
Jardim Henriqueta Maia
Praia da Costa Nova



Figura 109 Ílhavo: informação sobre a cidade e vista aérea

Ílhavo, apresenta vários locais potenciais para a inclusão do objeto a propor. De maneira a identificar esses locais, foi imprescindível falar com a Junta de Freguesia da Gafanha da Nazaré. Foi tida essa oportunidade, conseguindo compreender melhor as necessidades da região, o local de implementação do produto e ainda o tipo de equipamento necessário. Isto porque o objetivo é fazer produtos que possam ser implementados e valorizados pelos utilizadores da região.

Nessa interação foram definidos pontos importantes do brief. Assim, ficou definido que o equipamento a desenvolver é um banco de exterior, com possibilidade de ter suporte para bicicletas, para o Jardim Oudinot, situado na Gafanha da Nazaré (figura 110).



Figura 110 Jardim Oudinot

O Jardim Oudinot fica situado na ponta norte do Canal de Mira e apresenta uma relação estreita e privilegiada entre a terra e a Ria de Aveiro. O espaço público inclui um ancoradouro de recreio, uma praia fluvial, um bar, espaços de circulação pedonal, pista para bicicletas, parque de merendas, campos desportivos para a prática de futebol, basquetebol e ténis, parques infantis, um parque geriátrico, e ainda o local de ancoragem do Navio Museu Santo André.

Selecionou-se o Jardim Oudinot pois é um local turístico e, ao mesmo tempo, está fortemente ligado ao mar. É o espaço apropriado para a inclusão de mobiliário urbano com um design moderno, de modo a sensibilizar a população que passa pelo local. O banco com suporte de bicicletas é apropriado, pois é capaz de conferir ao local mais coesão e modernismo, sendo que, o existente atualmente é escasso e pouco apelativo (figura 111).



Figura 111 Mobiliário urbano atual do Jardim Oudinot

Além disso, o material plástico reciclado proveniente do oceano é um material com grande potencial de aplicabilidade num banco de jardim. Não só é impermeável, como também duradouro e anti inflamável, aspetos estes relevantes neste tipo de equipamento.

3.6.1. Brief

Após toda a análise anteriormente exposta, foi possível elaborar o brief com os objetivos detalhados que o produto deve incluir no seu desenho (figura 112). Foi definido através da observação direta do contexto do produto, das sugestões obtidas na reunião com a Junta de freguesia e pelo benchmarking desenvolvido com informação dos produtos concorrentes (anexo 7).

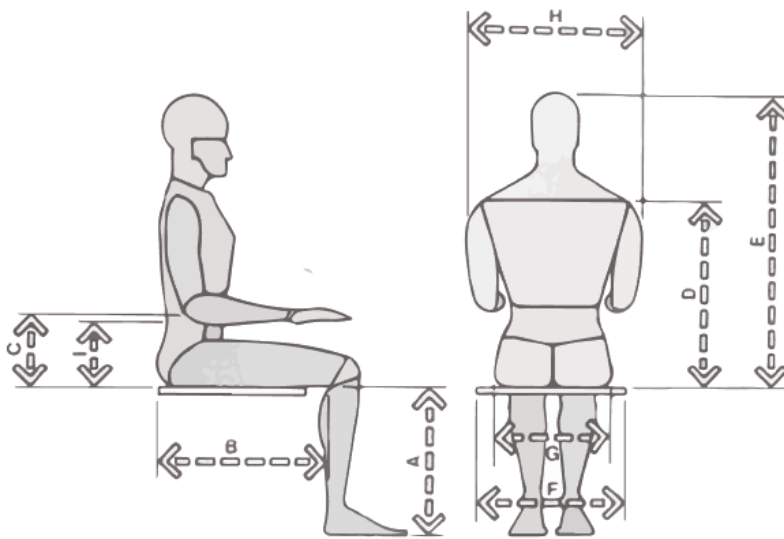
MOBILIÁRIO URBANO Brief	Descrição Banco urbano para zona litoral de Ílhavo, inspirado nas características da região.	Requisitos Retratar a região e a sua tradição com o mar Promover o litoral da região e locais com menos equipamento urbano
	Tipologia Banco individual modular com suporte para bicicletas	Fácil integração no meio Criação e promoção de um ambiente mais moderno e divertido
	Utilizadores Qualquer tipo de utilizador Utilizadores que pretendam usufruir do espaço exterior	Robusto e resistente ao vandalismo Permite diferentes disposições de espaço Confortável
	Cores disponíveis De acordo com os resíduos a utilizar	Geometria simples de fabricar com design atrativo, minimalista e sustentável

Figura 112 Brief do mobiliário urbano

3.6.2. Análise antropométrica e ergonómica

Uma das características mais importantes na interação homem-produto é a facilidade de utilização e conforto proporcionado por essa interação. Por essa razão, é importante efetuar uma análise antropométrica e ergonómica, uma vez que o assento deve estar em plena conformidade com os seus utilizadores.

O principal objetivo desta análise é desenvolver um equipamento que proporcione o maior conforto e adaptabilidade à maioria dos utilizadores, tendo em conta o estudo das características humanas e das suas capacidades e limitações. Essas informações serão fundamentais para o desenvolvimento de produto em relação às suas proporções, dimensões e forma. Assim sendo, para o desenvolvimento do banco é necessário ter como referência as dimensões humanas quando este se encontra sentado, para o percentil 95 (figura 113).



MEDIDAS	HOMENS		MULHERES	
	Percentil		Percentil	
	5	95	5	95
	cm	cm	cm	cm
A Altura do sulco poplíteo	39,4	49,0	35,6	44,5
B Comprimento nádega-sulco poplíteo	43,9	54,9	43,2	53,3
C Altura de descanso dos cotovelos	18,8	29,5	18,0	27,9
D Altura dos ombros	53,3	63,5	45,7	63,5
E Altura, sentado normalmente	80,3	93,0	75,2	88,1
F Largura cotovelo a cotovelo	34,8	50,5	31,2	49,0
G Largura do quadril	31,0	40,4	31,2	43,4
H Largura do ombro	43,2	48,3	33,0	48,3
I Altura da região lombar	Ver nota.			

Figura 113 Dimensões antropométricas para o design de cadeiras (Panero & Zelnik, 2001)

De acordo com Gökçen Yücel, as dimensões de um banco de jardim devem ser as expostas na figura seguinte, servindo de referência na fase de desenvolvimento.

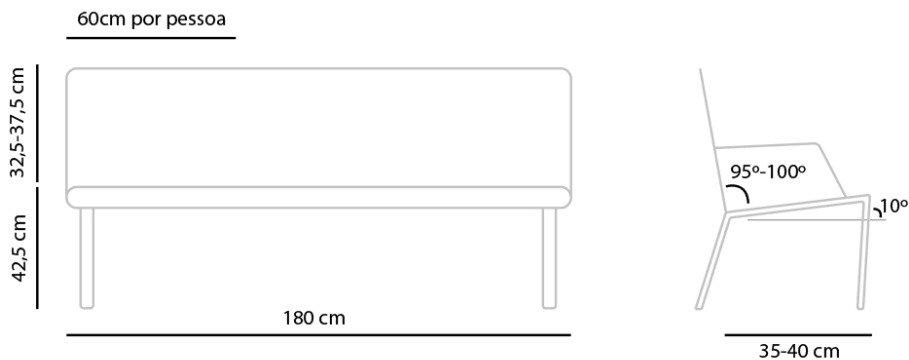


Figura 114 Ilustração que expõe as dimensões de um banco para exterior (Yücel, 2013)

3.6.3. Propostas

Como já foi referido anteriormente, o desenho deve levar em consideração várias condições de uso, como as dimensões do ser humano, o espaço envolvente do produto, o contexto para o qual é usado, a história do local onde se encontra e as suas condições geográficas e climáticas. Nesse sentido, foram desenhados os primeiros esboços com algumas dessas considerações em mente, como se pode ver na figura 115.

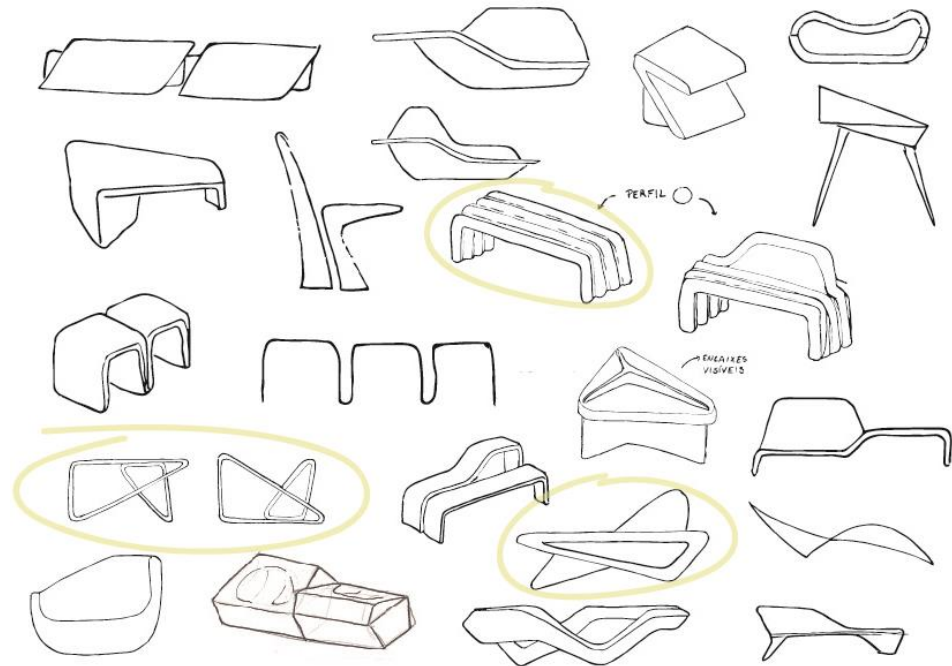


Figura 115 Primeiros esboços

Nesse processo, foram encontradas características potenciais e inspirações nos desenhos destacados. O produto consegue, através de orientações diferentes, criar funcionalidades distintas. A utilização repetitiva de módulos semelhantes facilita a produção do banco e diminui os custos associados. Esta repetição foi inspirada nas riscas do Farol e do Forte da Barra, bem como nas casas típicas da Costa Nova (figura 116).



Figura 116 Farol, Forte da Barra e casas típicas da Costa Nova

Além disso, uma vez que a utilização de bicicletas é bastante frequente nesta região, e sendo que o próprio jardim Oudinot tem pista de ciclismo, achou-se que o mobiliário urbano deveria incluir um suporte para bicicletas. Assim, na figura seguinte, está representado um esquema onde refere os conceitos por detrás do desenvolvimento do produto.

MOBILIÁRIO URBANO

Farol
Forte
Palheiros



Camadas
Horizontais
Verticais



Modularidade

Diferentes
orientações



Diferentes
disposições



Figura 117 Conceitos do mobiliário urbano

Definidas estas particularidades, foram desenvolvidos esboços mais detalhados de algumas ideias, dividindo-os em dois conceitos de modularidade: orientações diferentes e disposições diferentes. Estes conceitos partiram da característica de ser modular, sendo que, por ser um adjetivo vago, pretendeu-se defini-lo de maneiras distintas.

Orientações diferentes: É modular, pois, pode ser orientado de diferentes maneiras e consegue por isso ter diferentes funções.

Disposições diferentes: É modular porque dispondo-os de uma certa maneira, pode criar um padrão interessante no espaço.

Nas figuras seguintes, podem ser observados os desenhos desenvolvidos para cada um dos conceitos.

Algumas das propostas desenvolvidas conseguiram incluir os dois conceitos, como se pode ver na figura seguinte.

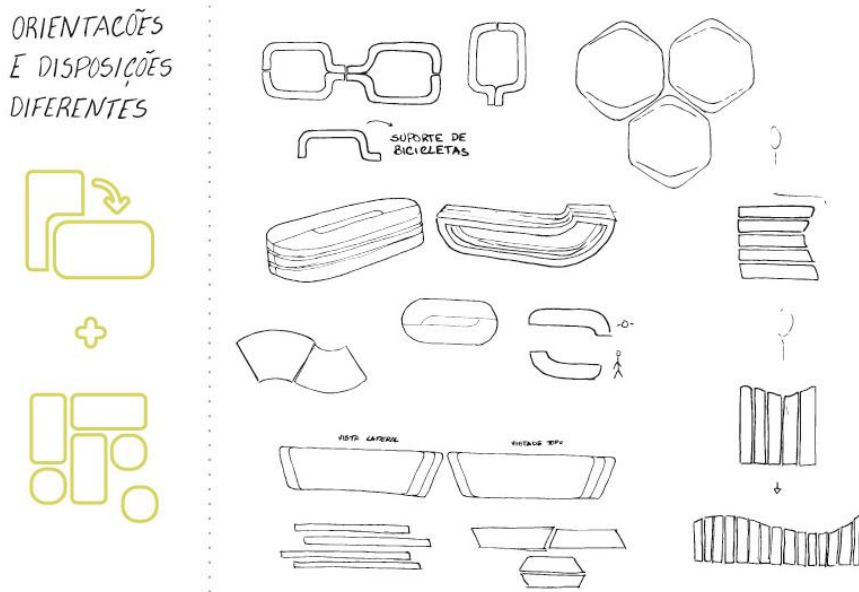


Figura 120 Propostas de desenhos com orientações e disposições diferentes

O desenho que acabou por ser selecionado, tanto pela sua simplicidade de forma, como pela sua diversidade de funções, disposições e orientações, foi o que pode ser observado na figura 121. O objetivo é a partir de um, ou dois módulos, conseguir dispô-los de maneiras distintas, adaptando-se a diferentes funcionalidades. Nesse sentido, funciona como um banco de jardim, na posição horizontal, no entanto, na posição vertical, pode funcionar como mesa ou até mesmo um banco alto. Além disso, através de diferentes espaçamentos consegue ainda funcionar como um suporte de bicicletas.

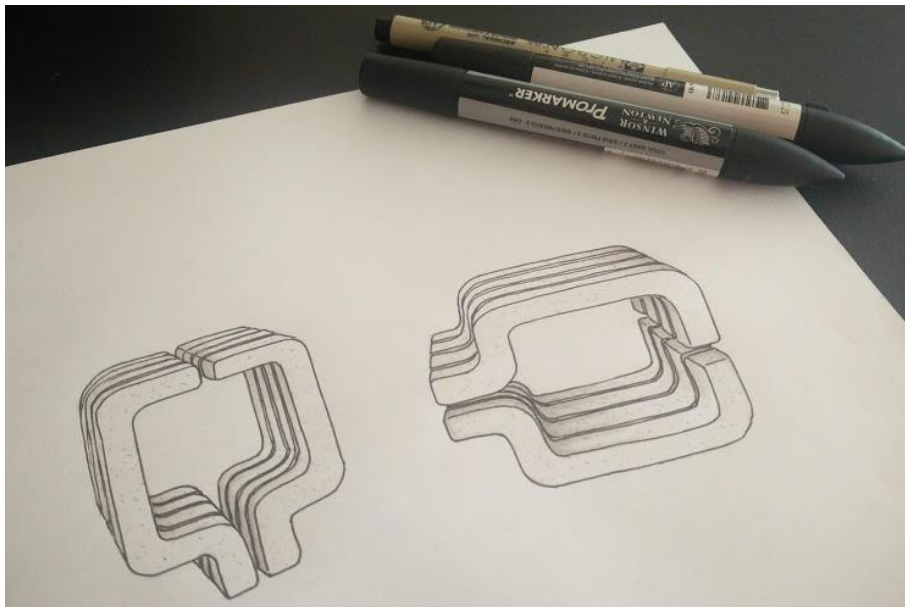


Figura 121 Proposta de desenho selecionado

3.6.4. Maquetização

Com base nas dimensões antropométricas referidas na secção 3.6.2., determinou-se as dimensões gerais do produto, de forma a permitir diferentes orientações e conjugações no espaço. Este estudo (figura 122) foi relevante na medida em que, uma vez que é uma peça com geometria simples, as proporções são fundamentais na estética do produto. Além disso, de modo a conceder funções distintas devido à sua orientação, as dimensões têm de ser pensadas de forma mais detalhada.

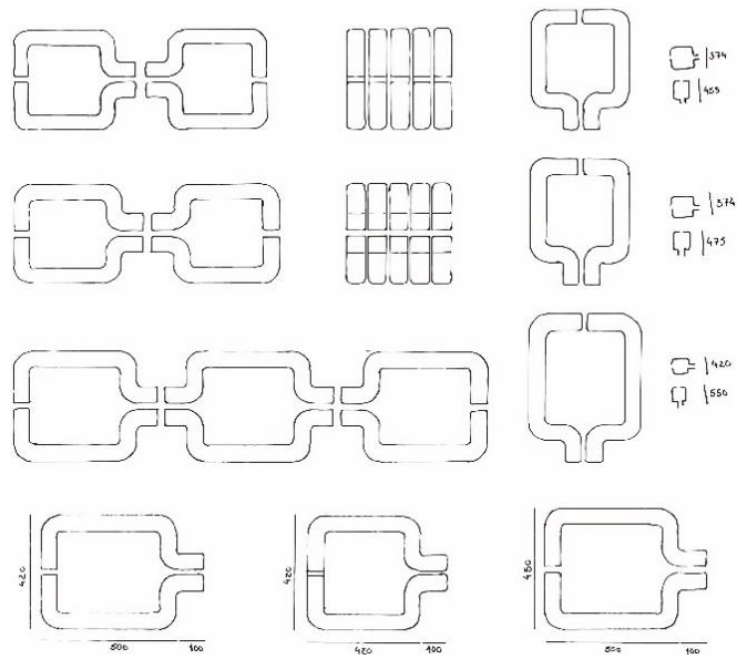


Figura 122 Estudo das dimensões e proporções

A realização de mock-ups auxilia na perceção mais realista do dimensionamento do produto e das suas peças constituintes e permite comparar o produto com a escala humana (figura 123).



Figura 123 Mock-up à escala real

De modo a permitir maior diversidade de disposições, desenvolveu-se dois produtos. Na figura 124 são apresentadas as dimensões gerais desses produtos, após o estudo de dimensionamento, de modo a enquadrar-se nas funções que foram definidas.

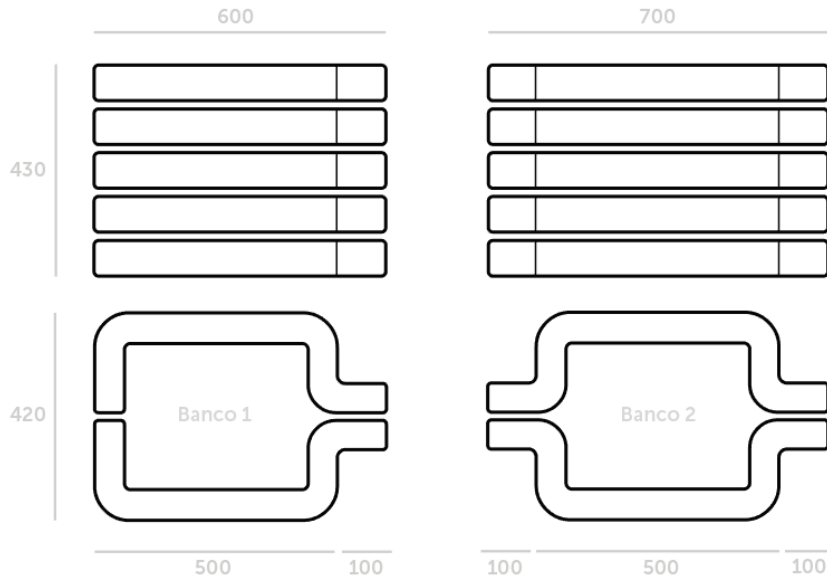


Figura 124 Dimensões gerais do mobiliário urbano

De forma a validar a geometria e dimensões do mobiliário urbano, foi realizada uma maquete à escala 1:5 do banco 1, com recurso à impressão 3D. Na figura 125 pode-se observar a maquete.



Figura 125 Maquete à escala 1:5 impressa em 3D

Com o auxílio da maquete foi possível auferir que o posicionamento das fixações entre as peças estava em conformidade com a geometria da peça, não perturbando a sua elegância.

3.6.5. Materiais e processos de fabrico

À semelhança do sistema de cultivo para horticultura urbana, o mobiliário urbano também pode ser produzido com qualquer tipologia de plástico, caso seja recolhida uma quantidade suficiente do mesmo tipo de plástico do oceano. Contudo, os materiais mais adequados a este tipo de função são o PP e o HDPE, sendo os mais utilizados no desenvolvimento de mobiliário urbano. Além disso, estes materiais apresentam uma grande potencialidade a nível estético devido às possibilidades de misturas de cores.

A proposta para o processo de fabrico do produto em questão é a injeção assistida a gás, pois além de se conseguir prever o comportamento do material reciclado neste processo, também garante um produto maciço e robusto. Este processo é utilizado pela Extruplás no fabrico de mobiliário urbano com material reciclado (Extruplás, 2019). Os furos que incluem os componentes de fixação e encaixes são maquinados posteriormente à injeção.

Este produto foi projetado com foco no DFM, tendo em atenção a geometria dos componentes, a utilização de ligações parafusadas normalizadas, a facilidade de produção e sua redução de custos e ainda a facilidade de montagem e manutenção (desenhos técnicos no anexo 8).

Em relação aos componentes de fixação, estes são do mesmo material que as restantes peças plásticas e produzidos por injeção. Optou-se por essa solução, uma vez que após o fim de vida útil do produto, este deve ser devidamente reciclado e, sendo maioritariamente do mesmo material, a sua separação é facilitada. Os únicos componentes que não são de material plástico, são os parafusos que fixam o mobiliário ao chão. É um parafuso standard M10 metálico que garante a fixação permanente do produto ao chão. Quando o fim de vida útil tiver chegado ao fim, estes componentes são removidos, permitindo uma fácil separação no processo de reciclagem.

Com o mote assente na facilidade de produção e redução de custos, cada produto é constituído por dez módulos iguais. Assim, só é necessário um molde para a produção de cada banco (figura 126). Além disso, a mesa e o suporte de bicicletas utiliza o mesmo módulo, não sendo necessário outro molde para a produção desses produtos.

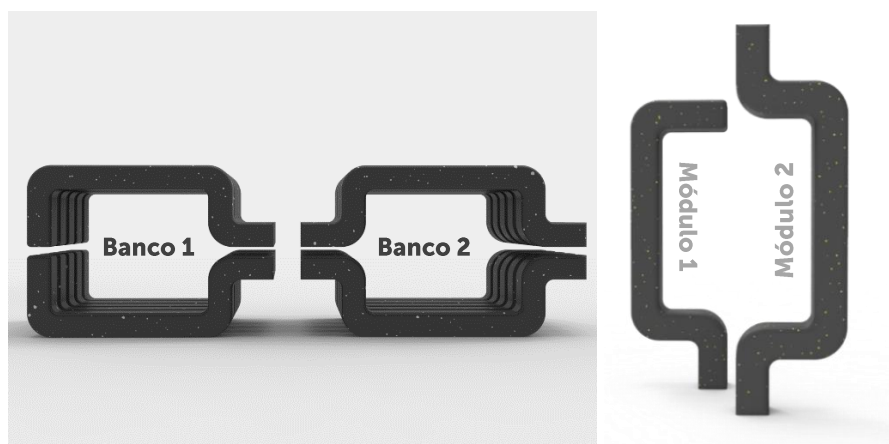


Figura 126 Módulos do mobiliário urbano

3.6.6. Proposta final

Como solução final é apresentado o mobiliário urbano presente na figura 127, que se caracteriza pela sua geometria simples e design minimalista. Este, compreende um conjunto de funções que pretendem dar resposta às diferentes necessidades do utilizador.

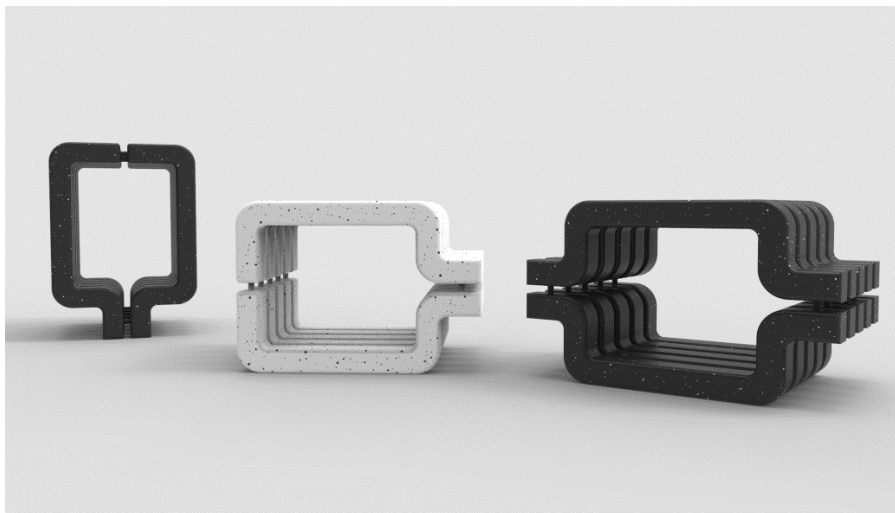


Figura 127 Proposta final

A geometria confere ao produto uma variedade de funções quando implementado num espaço público. Permite transformar o espaço com disposições diferentes, adaptando-se facilmente ao local envolvente. Assim, corresponde a uma diversidade de requisitos, podendo este, ser utilizado como mesa, banco ou suporte de bicicletas (figura 128).

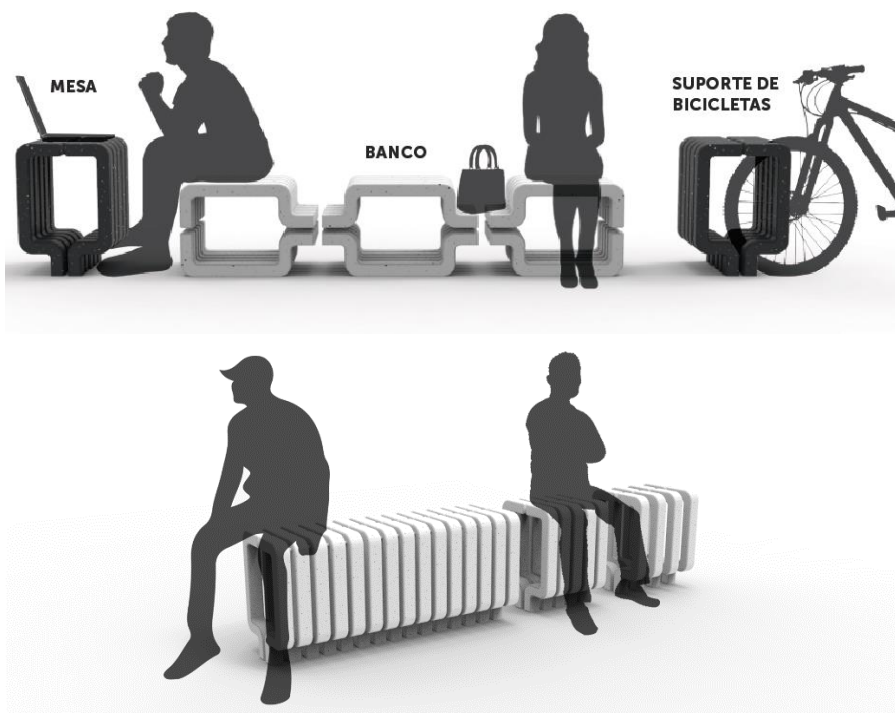


Figura 128 Funções do mobiliário urbano

O suporte de bicicletas permite o armazenamento de tantas bicicletas quanto o espaço permitir. São necessários quatro módulos para o suporte de uma bicicleta, sendo que a sua distância deve ser cerca de nove centímetros, permitindo espaço para a roda da bicicleta. Na figura seguinte, pode-se observar o seu funcionamento.



Figura 129 Suporte de bicicletas

De modo a precaver em caso de vandalismo ou roubo, o banco é fixado ao chão através de dois varões roscados M10 como se pode ver na figura 130 e 131. No momento de instalação, os varões roscados, previamente agregados ao produto, são inseridos no cimento antes de este estar curado.

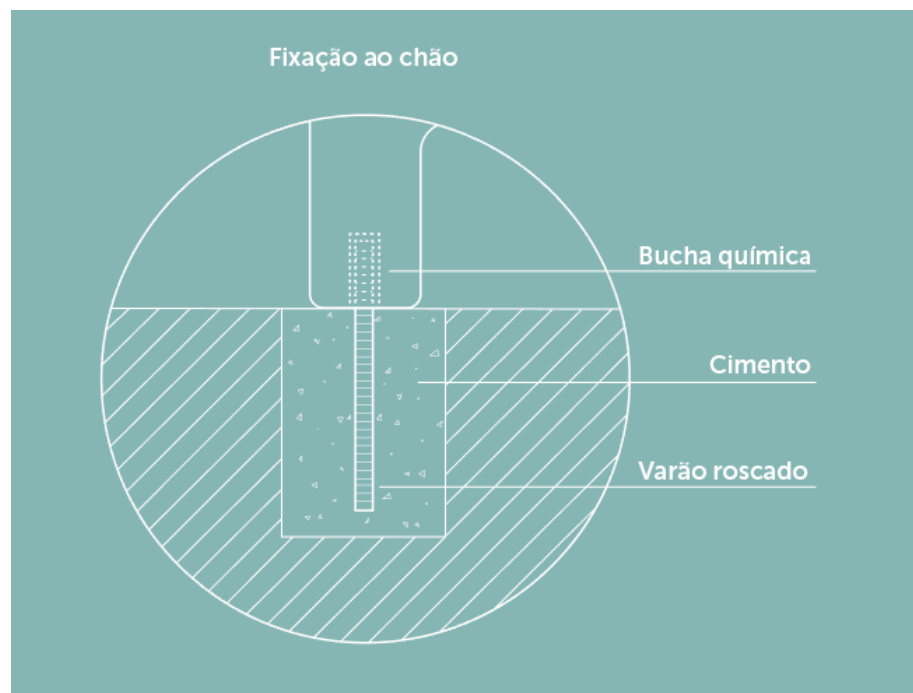


Figura 130 Fixação ao chão

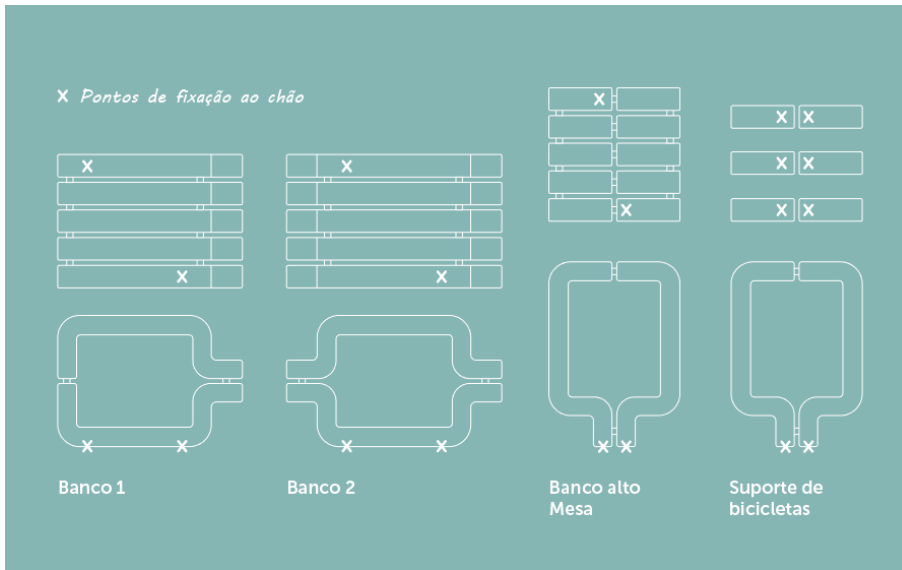


Figura 131 Pontos de fixação ao chão

As fixações entre peças são constituídas por quatro varões M10 que atravessam os módulos e dez peças que os unem uns aos outros. O encaixe é realizado à pressão, podendo ser utilizado cola, caso seja necessário. De modo a garantir o espaçamento entre as peças, espaçadores de dois centímetros são introduzidos entre as peças. Na figura 132 são ilustradas as fixações e o seu posicionamento, e na figura 133 e 134 observam-se em detalhe os encaixes e os componentes de fixação.

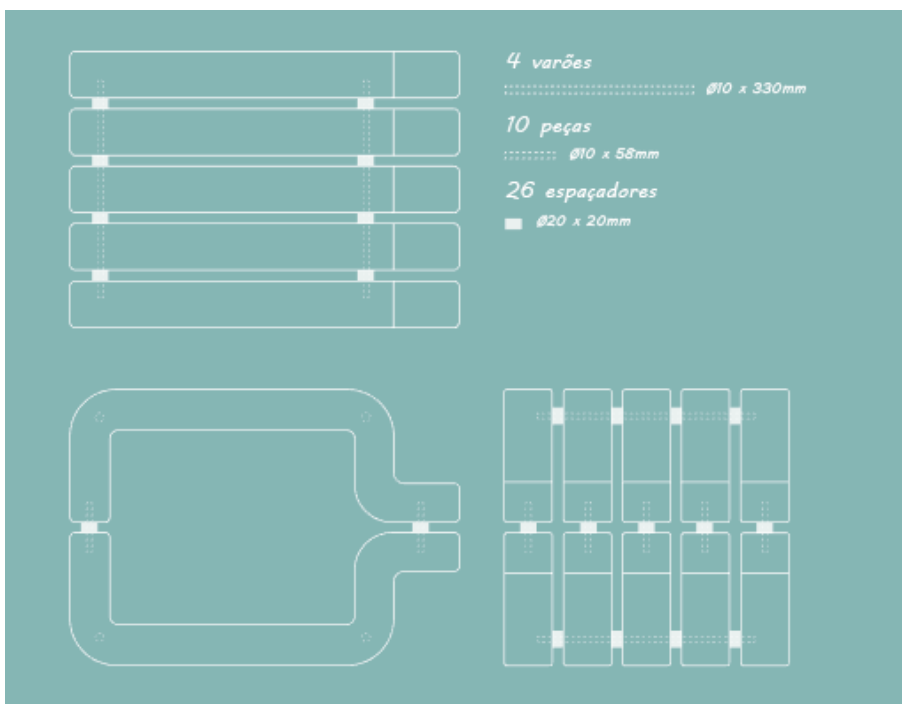


Figura 132 Fixações entre peças

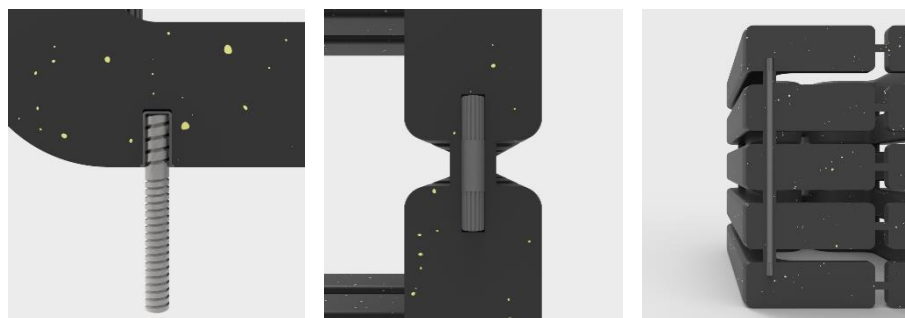


Figura 133 Detalhes dos encaixes e fixações



Figura 134 Componentes de fixação

A marca MERO pretende ser divulgada numa plataforma online de modo a criar uma imagem de marca. A figura 135 representa uma possibilidade de imagem a ser divulgada ao público.

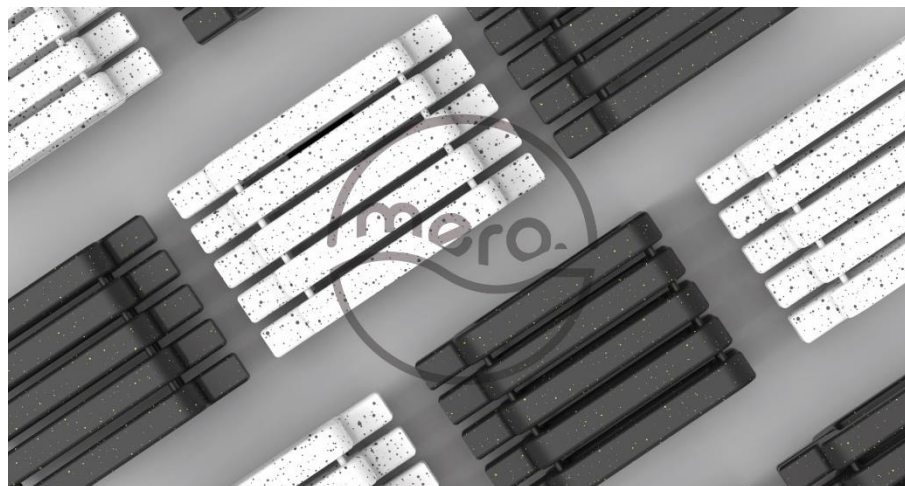


Figura 135 Imagem de marca

Mobiliário urbano versátil e com um design minimalista produzido com material proveniente do oceano, pode ser incorporado em qualquer espaço público, nas mais variadas disposições. Na figura 136 pode-se observar alguns exemplos de disposições que este mobiliário urbano permite.

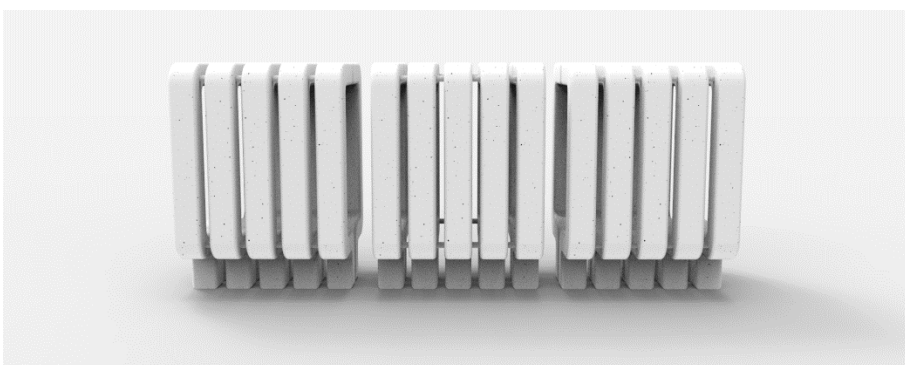
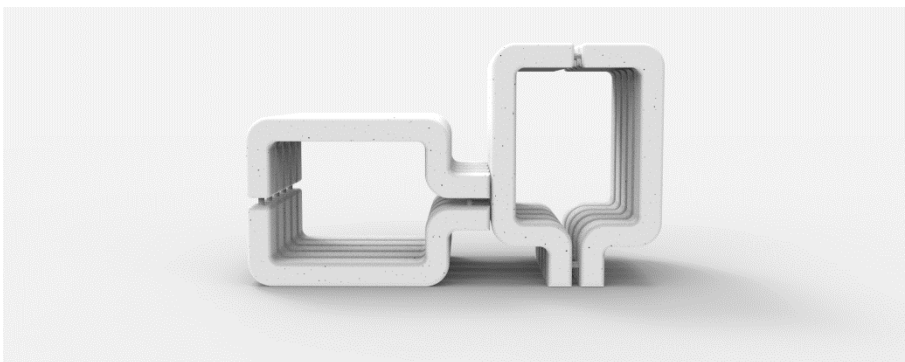
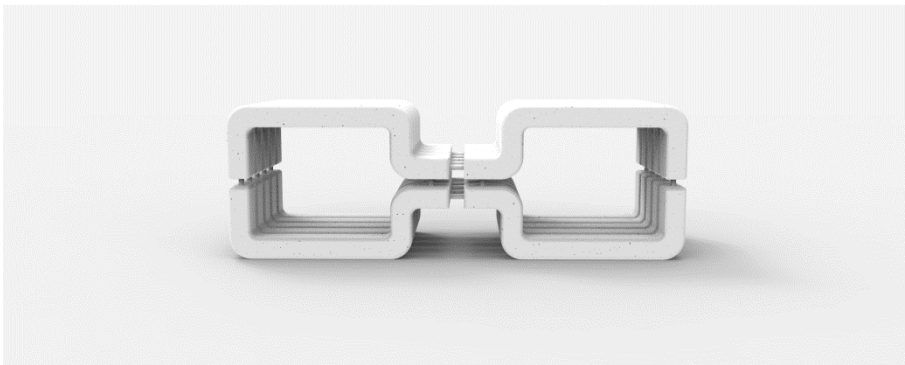
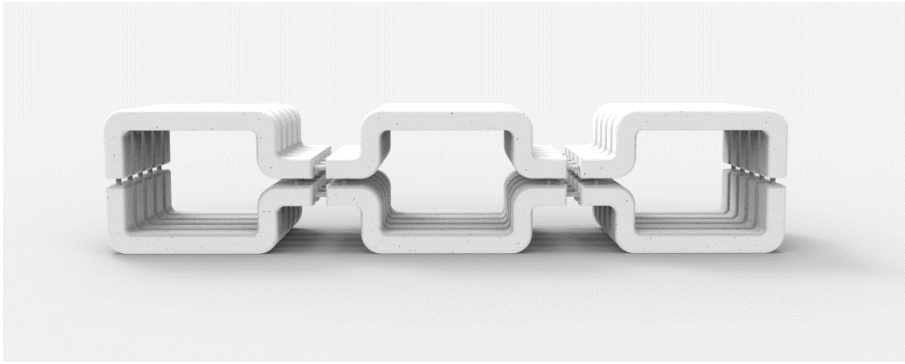


Figura 136 Disposições

O seu desenvolvimento é assente numa atitude sustentável, e a sua implementação pretende expor o problema e sensibilizar a comunidade. As figuras seguintes mostram o produto em contexto de uso e no local para onde foi pensado – Jardim Oudinot em Ílhavo – com material plástico recolhido nas praias de Ílhavo.



Figura 137 Produto em contexto de uso



Figura 138 Mobiliário urbano no jardim Oudinot

Capítulo IV

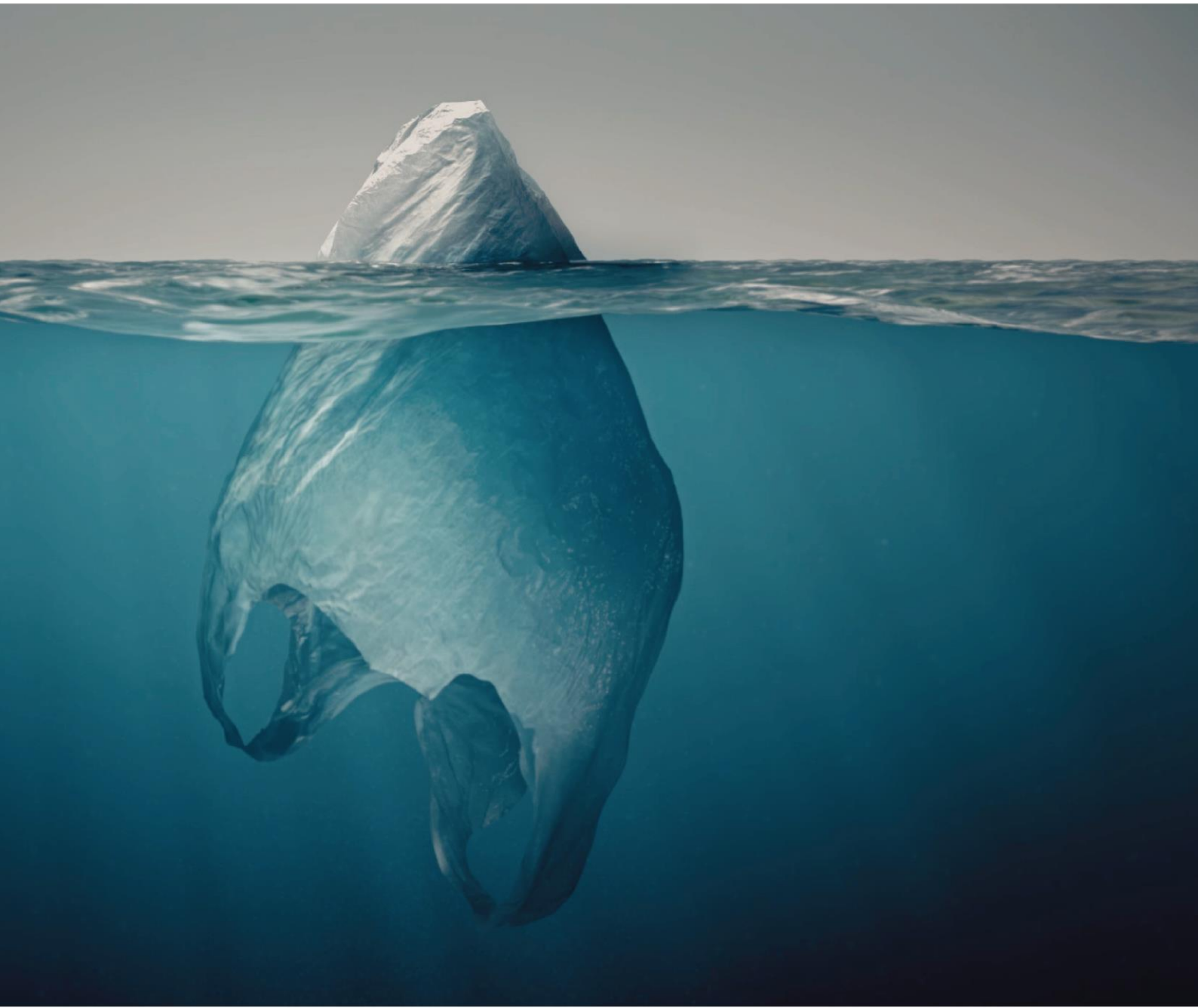
Conclusão

4.1.
Considerações finais

4.2.
Desenvolvimentos futuros



figura 139
Campanha de sensibilização da National Geographic: "Planet or Plastic"



4.1. Considerações finais

Atualmente, o plástico é um material imprescindível, e por essa razão, tornou-se valioso em algumas atividades económicas. Contudo, as características que o tornam tão desejado, são também as características que fazem com que seja considerado um grande problema ambiental.

Tendo como ponto inicial a problemática que despoletou esta investigação - a poluição marinha decorrente do excesso de material plástico - procurou-se dar resposta às adversidades que espelham a “Era do Plástico”. Neste sentido, foram identificados problemas como a dependência atual do plástico, a utilização de produtos descartáveis, a má gestão de resíduos e a negligência do ser humano. Como consequência destes problemas, registam-se aspetos prejudiciais na saúde dos seres vivos e no nosso planeta. Ações devem ser tomadas, de modo a aumentar o ciclo de vida desses materiais, através da transformação de resíduos plásticos em produtos de valor acrescentado, mitigando o impacto ambiental decorrente do excesso de consumo. Denote-se que o uso excessivo atual de produtos não é sustentável, a menos que a indústria desenvolva abordagens mais ecológicas e inovadoras.

De modo a solucionar uma fração deste problema global, e no decorrer do presente documento, ficou explícito a interdependência entre a disciplina do Design e Engenharia, além de outras áreas científicas também relevantes no resultado desta investigação. É através desta multidisciplinaridade que se alcança o desenvolvimento do serviço MERO, assim como produtos funcionais através de resíduos que possivelmente iriam parar a um aterro. Além disso, este projeto manifesta um sentido de dever social, onde estreita a relação entre a sociedade e a indústria. Assim, forma-se uma sociedade com uma atitude mais sustentável, onde cada pequeno passo dado, é um passo mais próximo de um mundo equilibrado e sustentável. A proposta apresenta uma solução local com possibilidade de ser escalável, de modo a reciclar o máximo de resíduos plásticos, levando em conta questões ambientais, sociais e económicas.

Em termos projetuais, concluiu-se que o material proveniente do oceano apresenta algumas complicações adicionais devido aos processos de degradação que ocorrem no ambiente marinho. No entanto, em geral, as características que apresentam são semelhantes aos materiais domésticos, apresentando por isso capacidade de aplicabilidade em determinados produtos. Desta forma, deve-se ter atenção em adaptar a função do produto às características do material reciclado. Além disso, a impressão 3D representa um processo com grande oportunidade ao nível da recuperação de resíduos plásticos.

4.2.Desenvolvimentos Futuros

Em termos de perspectivas futuras é notório o longo caminho que o projeto tem para percorrer e o seu enorme potencial, tendo em vista a sua produção, implementação e investigação. Poderá ser fundamental neste trabalho, a inclusão de uma investigação na área de engenharia do ambiente, procedendo-se a uma análise dos materiais provenientes do oceano e zonas costeiras, de modo a compreender-se de forma mais clara os processos de degradação dos materiais decorrentes da salinidade, da luz solar e das impurezas presentes no meio marinho. Deve ser ainda pensada de forma mais aprofundada a logística do serviço, de maneira a poder ser implementado localmente com o mínimo de pegada ecológica.

No que diz respeito à Engenharia, ensaios e melhoramentos podem ser desenvolvidos com equipamento mais adequado ao efeito. Os procedimentos experimentais decorridos nesta investigação foram limitados pelo tempo e pelo equipamento disponível, contudo, resultados mais fiáveis e utilizando métodos alternativos, poderão ser facilmente alcançados no futuro. Além disso, mais protótipos poderão ser produzidos de modo a testar parâmetros diferentes dos utilizados nesta investigação. Os produtos desenvolvidos deverão ser produzidos no processo de fabrico definido. E deverão ser testados materiais de cores e texturas distintas, de maneira a compreender-se o aspeto estético que concede ao produto. Além disso, deverão ser feitos testes de validação estrutural e de otimização de geometria, de modo a minimizar o desperdício de matéria-prima reciclada.

Por fim, e tendo em vista a implementação do projeto, o registo da marca poderá estar nos passos futuros. Assim como o estabelecimento de possíveis parcerias e clientes potenciais, sendo que se acredita que as parcerias serão fundamentais no projeto, devido à existência de várias fases distintas no processo. A análise financeira e económica do projeto são também passos que devem ser cumpridos. A marca MERO poderá no futuro ocupar um lugar de relevo no comércio de todo o tipo de produtos de plástico reciclado oferecendo diversidade e qualidade associadas à imagem de marca.

Referências bibliográficas

- Adidas. (n.d.). Q&A Adidas x Parley Partnership. Retrieved from https://www.adidas-group.com/media/filer_public/e1/62/e162aa5a-d2b7-4d7c-b87e-21fcea4edd3f/adidas_x_parley_qa_2018.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2018). Relatório Anual de Resíduos Urbanos 2018. Amadora.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2019). Plásticos de uso único. Retrieved from <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=1578>
- Ahmad, S., Wong, K. Y., Tseng, M. L., & Wong, W. P. (2018). Sustainable product design and development: A review of tools, applications and research prospects. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.020>
- All3DP. (2019, June). HDPE (3D Printing Material): All you need to know. Retrieved from <https://all3dp.com/2/hdpe-3d-printing-material-all-you-need-to-know/>
- Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D., & Johnston, P. (2006). Plastic Debris in *the World's Oceans*. Holanda. Retrieved from http://www.greenpeace.org/austria/Global/austria/dokumente/Studien/meere_Plastic_Debris_Study_2006.pdf
- Ashby, M. F., & Johnson, K. (2014). *Materials and design : the art and science of material selection in product design*.
- ASTM International. (1989). Standard Test Method for Tensile Strength and Young Modulus for HighModulus Single-Filament Materials (D 3379). United States: West Conshohocken.
- ASTM International. (2010). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics D638. United States: Department of Defense.
- Azapagic, A., Emsley, A., & Hamerton, L. (2003). *Polymers, the Environment and Sustainable Development*. (I. Hamerton, Ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470865172>
- Back to Nature. (n.d.). Back to Nature: Andrea Mangone. Retrieved October 16, 2019, from <https://andreamangone.com/works/back-to-nature/>
- C.M. Ílhavo. (2019). Acerca do Município de Ílhavo. Retrieved September 17, 2019, from <https://www.cm-ilhavo.pt/>
- Canevarolo Jr., S. V. (2002). *Ciência dos polímeros : um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. Artliber.
- Clune, S. J., & Lockrey, S. (2014). Developing environmental sustainability strategies, the Double Diamond method of LCA and design thinking: a case study from aged care. *Journal of Cleaner Production*, 85, 67–82. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.02.003>
- Coastwatch. (2019). Coastwatch Europe. Retrieved from <http://coastwatch.org/europe/>
- Costa, A. (2016). *Nanocompósitos de matriz polimérica para impressão 3D*. Universidade de Aveiro.

- De los Rios, I. C., & Charnley, F. J. S. (2017). Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design. *Journal of Cleaner Production*, 160, 109–122.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.130>
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852.
[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Diário da República. (2019). Lei 77/2019, 2019-09-02 - DRE. Retrieved from <https://dre.pt/web/guest/home/-/dre/124346828/details/maximized?serie=l&day=2019-09-02&date=2019-09-01>
- Doron, G. (2005). Urban Agriculture: Small, Medium, Large. *Architectural Design*, 75(3), 52–59. <https://doi.org/10.1002/ad.76>
- Ensinger. (2018). *Engineering plastics – The Manual*.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., ... Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS ONE*, 9(12), 1–15.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- European Environment Agency. (2008). Better management of municipal waste will reduce greenhouse gas emissions. Prevention.
- European Environment Agency. (2014). *Marine Litter Watch: Citizens collect plastic and data to protect Europe's marine environment*. Marine Litter Watch. <https://doi.org/2467-3196>
- Extruplás. (2019). Mobiliário urbano. Retrieved October 6, 2019, from <http://www.extruplas.com/pt/>
- Florida Museum. (2017). *Epinephelus itajara*. Retrieved August 19, 2019, from <https://www.floridamuseum.ufl.edu/discover-fish/species-profiles/epinephelus-itajara/>
- Frias, J. (2010). *Microplásticos : O “ presente ” envenenado*. Universidade de Lisboa.
- Gort, I., & Gerrits, A. (2015). Designing with recycled plastics. Retrieved May 30, 2018, from <http://www.partnersforinnovation.com/media/Guidelines-designing-with-recycled-plastics.pdf>
- Hahladakis, J. N., & Iacovidou, E. (2018). Closing the loop on plastic packaging materials: What is quality and how does it affect their circularity? *Science of The Total Environment*, 630, 1394–1400.
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.02.330>
- Hakkens, D. (n.d.). *Precious Plastic*. Retrieved from <https://preciousplastic.com/>
- Hastings, E., & Potts, T. (2013). Marine litter: Progress in developing an integrated policy approach in Scotland.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.01.024>

- Herring, E. (2016). Street Furniture Design: Contesting Modernism in Post-War Britain. *Journal of Design History*, 29(4), 435–437. <https://doi.org/10.1093/jdh/epw045>
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management. (World Bank, Ed.). Washington.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Royalsocietypublishing*, 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- International Organization for Standardization. (2006). Plastics - Determination of tensile properties - Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics. (2nd ed.). London: British Standard EN ISO 527-2:1996 BS 2782-3: Method 322: 1994.
- Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez C., V., Beers, K. L., Balazs, G. H., ... Lynch, J. M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 704–716. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2017.12.061>
- Knapp, B. J., Ross, S., & McCrae, D. (1989). Challenge of the human environment. Longman.
- Kula, Daniel; Ternaux, E. (2012). *Materiologia : O guia criativo de materiais e tecnologias*. (Senac São Paulo, Ed.). São Paulo: Senac São Paulo.
- Lee, M., Lee, J., Park, B.-J., & Miyazaki, Y. (2015). Interaction with indoor plants may reduce psychological and physiological stress by suppressing autonomic nervous system activity in young adults: a randomized crossover study. *Journal of Physiological Anthropology*, 34(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0060-8>
- Lobo, J. M. P. P. d'Arrochella. (2010). A valorização de resíduos de plástico. Universidade de Aveiro. Retrieved from <https://ria.ua.pt/handle/10773/3868>
- Marques, C., Franqueira, T., & Neto, V. (2019). Design and sustainability: transforming plastic waste into new long-life products. In *Book of abstracts of the 2nd International Conference of TEMA: mobilizing projects (1º edição)*. Aveiro: UA Editora.
- Marques da Silva, A. (2018). Diagnóstico da gestão de resíduos em embarcações de pesca. Universidade de Aveiro.
- Martins, J., & Sobral, P. (2011). Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2649–2653. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2011.09.028>
- McDonough, W., & Braungart, M. (2003). *Cradle to Cradle*. (Vintage Publishing, Ed.). Emmaus, PA, United States: Rodale Press.
- Mohamad, A., Sattar, A., Husin, M., & William, D. (2007). Review of Recycling and Its Techniques. In *1st Engineering Conference on Energy & Environment* (pp. 456–459).

- Moore, C. J. (2015). How much plastic is in the ocean? You tell me! *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 1–3.
<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2014.11.042>
- Moore, C., & Phillips, C. (2012). *Plastic ocean : how a sea captain's chance discovery launched a determined quest to save the oceans*. Avery Publishing.
- Mougeot, L. J. A. (2000). Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks, and policy challenges cities feeding people series. Retrieved from <http://www.idrc.ca/cfp>
- Mourthé, C. R., & Menezes, J. B. (2012). Ergonomics methodology for comparative study of street furniture in different cities. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(8), 28–31. <https://doi.org/10.1177/154193120004400807>
- National Geographic. (2019, June). Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje. Retrieved from https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714/7
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2018.02.012>
- Niaki, M. K., Torabi, S. A., & Nonino, F. (2019). Why manufacturers adopt additive manufacturing technologies: The role of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 222, 381–392.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.03.019>
- Ocean Conservancy. (2018). International Coastal Cleanup - Building a clean swell. Retrieved from <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2018/07/Building-A-Clean-Swell.pdf>
- Omnexus. (2019). Plastic Materials: Free Online Database for Plastic Industry. Retrieved August 27, 2019, from <https://omnexus.specialchem.com/>
- Panero, J., & Zelnik, M. (2001). *Dimensionamento humano para espaços interiores : um livro de consulta e referência para projetos*. Gustavo Gili.
- Parlamento Europeu. (2018). Parlamento Europeu aprova restrições aos produtos de plástico descartáveis.
- Plastics Europe. (2017). *Plastics-the Facts 2017 An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Retrieved from https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf
- Priberam dicionário. (n.d.). Mero. Retrieved August 19, 2019, from <https://dicionario.priberam.org/mero>

- Ribic, C. A., & Ganio, L. M. (1996). Power analysis for beach surveys of marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 32(7), 554–557. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(96\)84575-9](https://doi.org/10.1016/0025-326X(96)84575-9)
- Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, 54(8), 1230–1237. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2007.03.022>
- Sakkas, P., & Setaki, F. (n.d.). The New Raw. Retrieved from <https://thenewraw.org/>
- Sea Chair. (n.d.). Sea Chair: Studio Swine. Retrieved August 30, 2019, from <https://www.studioswine.com/work/sea-chair/>
- Shen, T., Yu, W. W., & Zhang, L. (2013). Analysis on the public street furniture design in cold cities. *Applied Mechanics and Materials*, 274, 531–534. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.274.531>
- Sobral, P., Antunes, J., Ferraz, M., Ferro, F., Frias, J., Raposo, I. P., ... Oliveira, M. (2016). Lixo Marinho: um problema sem fronteiras. Lisboa. Retrieved from https://docs.wixstatic.com/ugd/3ddddd3_e334118d548f4a3c9a7470fad4315ec8.pdf
- Takatori, E., & Operations, Y. (2014). Material recycling of polymer materials & material properties of the recycled materials. *International Polymer Science and Technology*, 42(11), 441–446. Retrieved from <http://www.polymerjournals.com/pdfdownload/1206668.pdf>
- UNEP. (2005). Marine Litter: An analytical overview. Nairobi, Kenya. Retrieved from www.unep.org/web/www.unep.org
- United Nations. (2018). The sustainable development goals report 2018. 300 East 42nd Street, New York: Afghanistan Centre at Kabul University. Retrieved from <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2018-EN.pdf>
- Villarrubia-Gómez, P., Cornell, S. E., & Fabres, J. (2018). Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. *Marine Policy*, 96, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.035>
- World Economic Forum, & Ellen Macarthur Foundation. (2015). Plastics in the interface between chemicals , products and waste. *Rethink Plastics*.
- Yamaha. (n.d.). Yamaha Marine. Retrieved August 19, 2019, from <https://www.yamaha-motor.eu/pt/pt/products/marine-engines/>
- Yücel, G. F. (2013). Street furniture and amenities: designing the user-oriented urban landscape. *Advances in Landscape Architecture*, (July 2013), 623–644. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.107001>

Anexos

ANEXO 1

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS CONTEXTOS

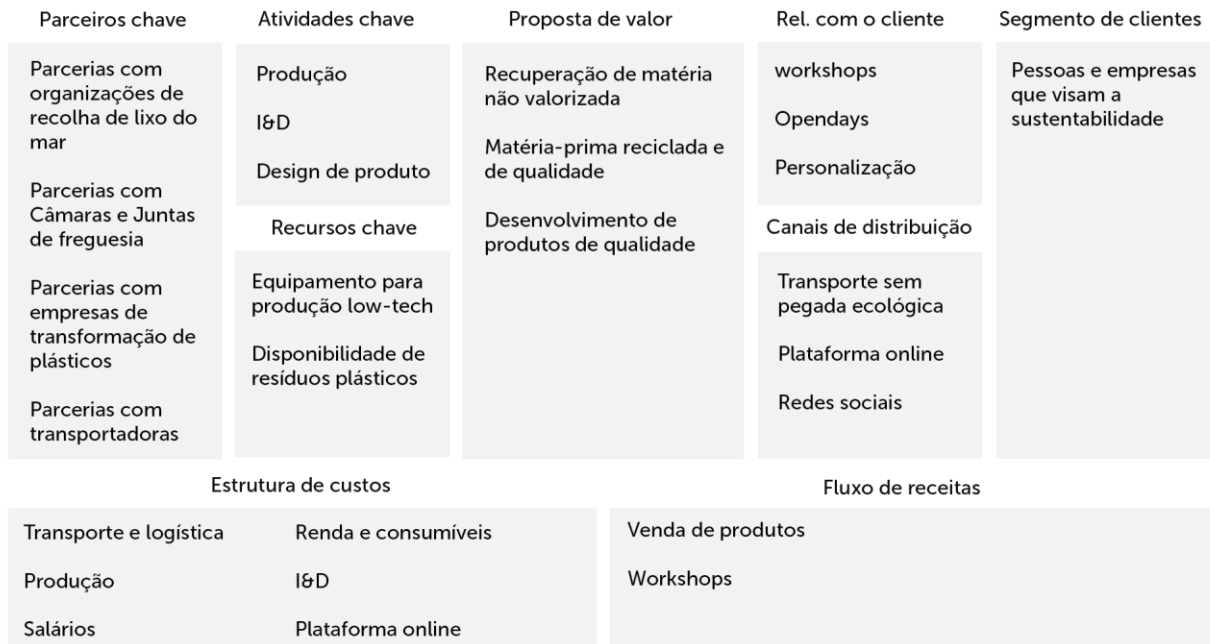
		CRITÉRIOS DE SELEÇÃO							TOTAL	MÉDIA
CONTEXTOS (SECTORES)		Sem prejudicar saúde	Ligação à origem	Propriedades adequadas	Prazo de vida útil	Resistência	Realidade do contexto	Facilidade de processamento		
OUTDOORS	Mobiliário urbano	X	X	X	X		X	X	6	
	Brinquedos		X	X		X	X	X	5	
	Iluminação	X	X	X	X		X	X	6	
	Pesca		X	X		X	X	X	5	
	Embarcações	X	X	X	X				4	5,2
CASA	Utensílios de cozinha		X	X		X	X	X	5	
	Utensílios de limpeza		X	X	X	X	X	X	6	
	Mobiliário	X	X	X	X		X	X	6	
	Decoração	X	X	X		X	X	X	6	
	Iluminação	X	X	X	X	X	X	X	7	
	Eletrrodomésticos		X	X	X	X	X	X	6	6
CONSTRUÇÃO	Decks	X		X	X		X	X	5	
	Vigas	X			X		X	X	4	
	Blocos	X		X	X		X	X	5	4,6
EDUCAÇÃO	Mobiliário	X		X	X		X	X	5	
	Brinquedos			X		X	X	X	4	
	Material escolar	X		X	X	X	X	X	6	5
MOBILIDADE	Carros	X		X	X		X		4	
	Comboios	X		X	X				3	
	Aviões	X		X	X				3	
	Acessórios	X		X		X	X	X	5	
	Bicicletas	X		X	X	X	X		5	4
TECNOLOGIA	Televisões	X		X		X	X	X	5	
	Telemóveis	X		X			X	X	4	
	Fotografia	X		X	X	X		X	5	4,6
ARTESANATO	X			X	X	X		4	4	
SAÚDE	Cuidado pessoal			X		X	X	X	4	
	Próteses	X		X	X				3	
	Fisioterapia	X		X	X				3	
	Ambulâncias			X	X			X	3	3,3

CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

CONTEXTOS (SECTORES)		Sem prejudicar saúde	Ligação à origem	Propriedades adequadas	Prazo de vida útil	Resistência	Realidade do contexto	Facilidade de processamento	TOTAL	MÉDIA
AGRIULTURA	Mobiliário	X	X	X	X			X	5	
	Vasos	X	X	X	X	X	X	X	7	
	Rega	X	X	X		X	X		5	
	Utensílios	X	X	X		X	X	X	6	
	Máquinas	X		X	X				3	5,2
DESIGN SOCIAL	Distribuição de água		X	X	X			X	4	
	Saneamento	X		X	X	X		X	5	
	Fome					X		X	2	
	Educação	X		X	X	X		X	5	
	Eletricidade	X		X	X	X		X	5	
	Cuidados de saúde			X		X		X	3	4
LAZER	Desporto	X			X			X	3	
	Brinquedos			X		X	X	X	4	
	Música	X			X				2	
	Mobiliário	X		X	X		X	X	5	
	Restauração			X		X	X	X	4	3,6
TURISMO	Acessórios de viagem	X		X		X	X	X	5	
	Hotelaria			X	X			X	3	4
INDÚSTRIA	Calçado	X			X		X		3	
	Vestuário	X		X	X	X	X		5	
	Alimentar		X			X	X	X	4	
	Embalagens		X	X		X	X	X	5	
	Sacos			X		X	X	X	4	
	Ferramentas	X		X	X			X	4	4,2

ANEXO 2

MODELO DE NEGÓCIO (BUSINESS MODEL CANVAS)

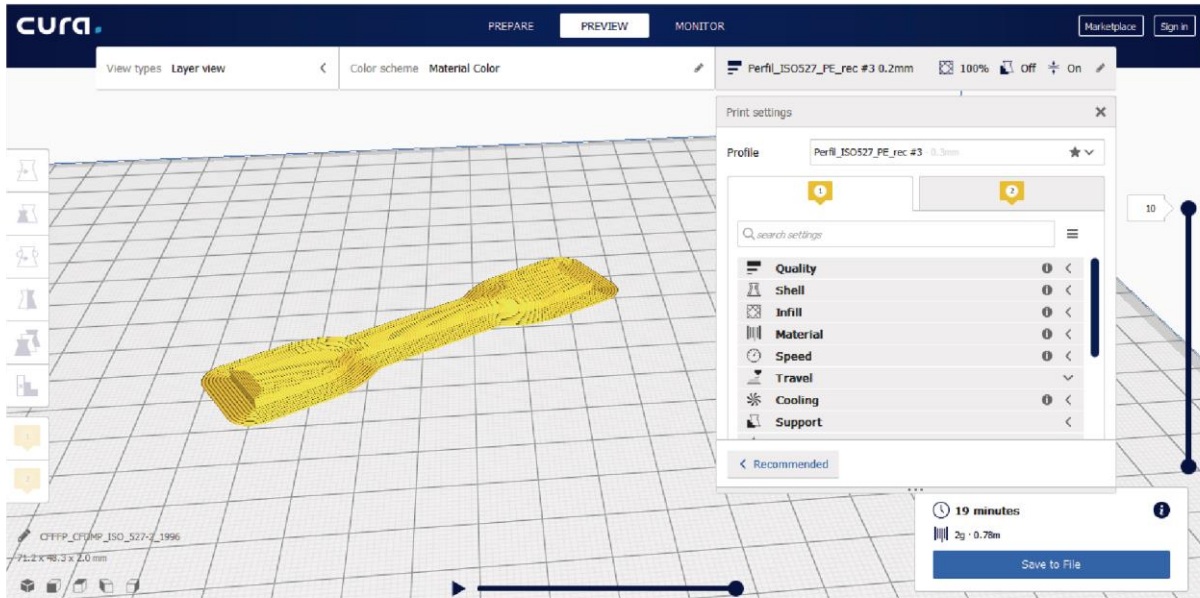


ANEXO 3
AÇÃO DE RECOLHA DE LIXO



ANEXO 4

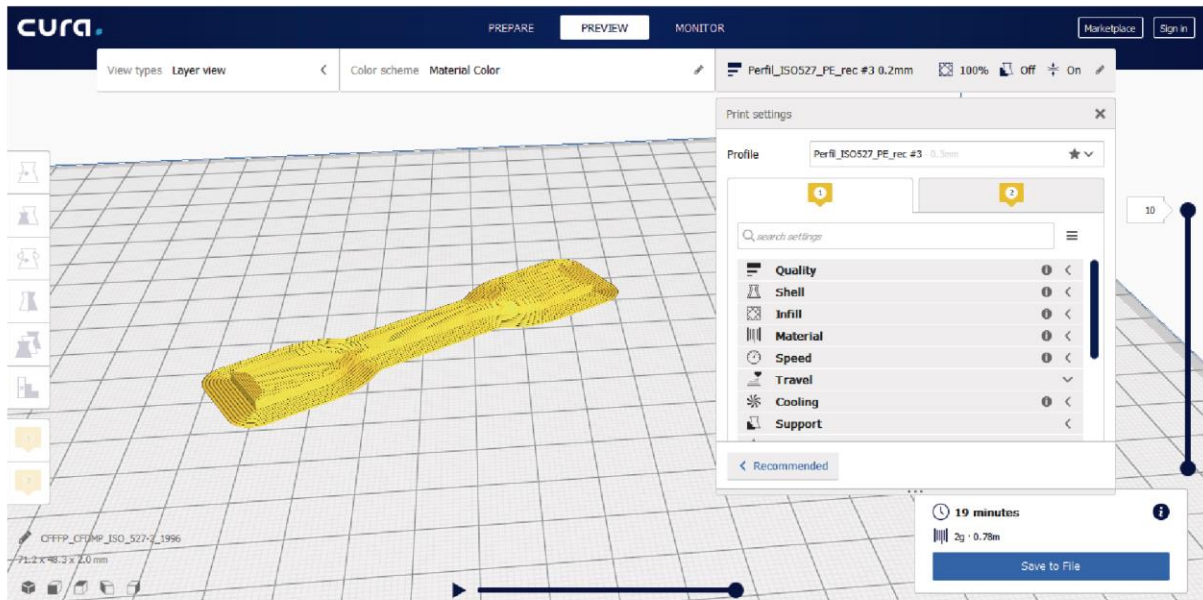
CONDIÇÕES DE IMPRESSÃO DOS PROVETES HDPE e PP



Quality			
Layer Height	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.2"/>	mm
Initial Layer Height	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.3"/>	mm
Line Width		<input type="text" value="0.4"/>	mm
Skirt/Brim Line Width	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.6"/>	mm
Shell			
Wall Thickness		<input type="text" value="1"/>	mm
Wall Line Count	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="6"/>	
Top/Bottom Thickness		<input type="text" value="0"/>	mm
Top Thickness		<input type="text" value="0"/>	mm
Top Layers	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/>	
Bottom Thickness		<input type="text" value="0"/>	mm
Bottom Layers	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/>	
Horizontal Expansion		<input type="text" value="0"/>	mm
Infill			
Infill Density		<input type="text" value="100"/>	%
Infill Pattern	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Lines"/>	
Infill Line Directions		<input type="text" value="[60]"/>	
Minimum Infill Area		<input type="text" value="5"/>	mm ²
Material			
Printing Temperature	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="220 ou 250"/>	°C
Build Plate Temperature	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="85"/>	°C
Flow		<input type="text" value="115"/>	%
Initial Layer Flow	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="115"/>	%
Enable Retraction	<input type="checkbox"/>		
Retract at Layer Change	<input type="checkbox"/>		

Speed		
Print Speed		<input type="text" value="15"/> mm/s
Infill Speed		<input type="text" value="15"/> mm/s
Wall Speed		<input type="text" value="7.5"/> mm/s
Outer Wall Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="15"/> mm/s
Inner Wall Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="15"/> mm/s
Initial Layer Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="15"/> mm/s
Initial Layer Print Speed		<input type="text" value="15"/> mm/s
Skirt/Brim Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="15"/> mm/s
Enable Acceleration Control	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Print Acceleration		<input type="text" value="400"/> mm/s ²
Infill Acceleration		<input type="text" value="400"/> mm/s ²
Wall Acceleration		<input type="text" value="400"/> mm/s ²
Cooling		
Enable Print Cooling		<input type="checkbox"/>
Support		
Generate Support	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Build Plate Adhesion		
Build Plate Adhesion Type	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Brim"/>
Build Plate Adhesion Extruder	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Extruder 1"/>
Brim Width	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="5"/> mm
Brim Line Count	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="8"/>
Dual Extrusion		
Enable Prime Tower	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CONDIÇÕES DE IMPRESSÃO DOS PROVETES PET



Quality			
Layer Height	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.2"/>	mm
Initial Layer Height	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.3"/>	mm
Line Width		<input type="text" value="0.4"/>	mm
Skirt/Brim Line Width	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0.6"/>	mm
Shell			
Wall Thickness		<input type="text" value="1"/>	mm
Wall Line Count	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="6"/>	
Top/Bottom Thickness		<input type="text" value="0"/>	mm
Top Thickness		<input type="text" value="0"/>	mm
Top Layers	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/>	
Bottom Thickness		<input type="text" value="0"/>	mm
Bottom Layers	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="0"/>	
Horizontal Expansion		<input type="text" value="0"/>	mm
Infill			
Infill Density		<input type="text" value="100"/>	%
Infill Pattern	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Lines"/>	
Infill Line Directions		<input type="text" value="[60]"/>	
Minimum Infill Area		<input type="text" value="5"/>	mm ²
Material			
Printing Temperature	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="250"/>	°C
Build Plate Temperature	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="60"/>	°C
Flow	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="110"/>	%
Initial Layer Flow	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="115"/>	%
Enable Retraction	<input type="checkbox"/>		
Retract at Layer Change	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Speed			
Print Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="60"/>	mm/s
Infill Speed		<input type="text" value="60"/>	mm/s
Wall Speed		<input type="text" value="30.0"/>	mm/s
Outer Wall Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="60"/>	mm/s
Inner Wall Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="60"/>	mm/s
Top/Bottom Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="20"/>	mm/s
Initial Layer Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="15"/>	mm/s
Skirt/Brim Speed	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="15"/>	mm/s
Enable Acceleration Control	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Print Acceleration		<input type="text" value="400"/>	mm/s ²
Infill Acceleration		<input type="text" value="400"/>	mm/s ²
Wall Acceleration		<input type="text" value="400"/>	mm/s ²
Cooling			
Enable Print Cooling		<input type="checkbox"/>	
Support			
Generate Support	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Build Plate Adhesion			
Build Plate Adhesion Type	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Brim"/>	
Build Plate Adhesion Extruder	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="Extruder 1"/>	
Brim Width	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="5"/>	mm
Brim Line Count	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="8"/>	
Dual Extrusion			
Enable Prime Tower	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ANEXO 5 PARÂMETROS

Tensão máxima: $\sigma_{\max} = \frac{F}{A}$ [MPa]

Deformação: $\varepsilon = 100 \times \frac{\Delta L_0}{L_0}$ [%]

Módulo de Young: $E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$ [MPa]

Desvio padrão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum X^2 - n\bar{X}^2}{n - 1}}$$

TABELAS DE PROPRIEDADES

PET

DOMÉSTICO



Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
61	0,0687	2574
61	0,0708	2513
56	0,0626	2513
57	0,0661	2569
35	0,0337	2552

DO OCEANO

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
53	0,0561	2517
18	0,0145	3051
39	0,0402	3072
41	0,0484	2912
45	0,0479	3130



Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
41	0,0581	2218
53	0,0638	2366
51	0,0808	2133

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
53	0,0908	2024
48	0,0642	2310
36	0,0514	2045

Média e desvio padrão

INJEÇÃO

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
54±10.8	0.06024±0.02	2544.2±29.6

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
39.2±13.0	0.04142±0.02	2936.4±247.7

IMPRESSÃO 3D

48.3±6.4	0.0676±0.01	2239±117.1
----------	-------------	------------

45.7±8.8	0.0688±0.02	2126.3±159.4
----------	-------------	--------------

PP

DOMÉSTICO



Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
24	0,7233	656
29	0,6947	844
28	0,6960	862
28	0,6797	886
37	1,3471	900

DO OCEANO

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
24	0,0889	1373
25	0,0940	1500
24	0,1139	1282
22	0,0732	1424
25	0,1149	1442



Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
31	1,3414	781
13	0,6338	544
23	0,7705	757

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
26	0,0759	1194
24	0,0754	1214
25	0,0739	1419

Média e desvio padrão

INJEÇÃO

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
29.2±4.8	0.82816±0.29	829.6±99.4

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
24±1.2	0.09698±0.02	1404.2±82.0

IMPRESSÃO 3D

22.3±9.0	0.9152±0.38	694±130.5
----------	-------------	-----------

25±1.0	0.07507±0.01	1275.7±124.5
--------	--------------	--------------

HDPE

DOMÉSTICO



Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
32	0,5375	692
37	0,3531	842
37	0,3967	800
34	0,4936	1029
36	0,4696	889

DO OCEANO

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
36	0,3582	931
38	0,3171	1037
36	0,3559	1018
37	0,3951	989
36	0,3770	993

Média e desvio padrão

INJEÇÃO

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
35.2±2.2	0.4501±0.07	850.4±123.6

Tensão máx.	Deformação	Módulo de young
36.6±0.9	0.36066±0.03	993.6±40.1

ANEXO 6

BENCHMARKING



ANEXO 7

BENCHMARKING

OUTDOORS

MOBILIÁRIO URBANO



Union Bench Collection by Jangir Maddadi



Modular Bench Naguisa by Toyo Ito and Associates



Recycled seats by Rodrigo Alonso



RBM Flip and Fold by Karl Marius Sveen



Print Your City (Thessaloniki) by The New Raw



Talea bench by Marco Zito



Cisca: urban seat by Juampi Sammartino



Ponte by cdiez+diez diseño



Print Your City (Amsterdam) by The New Raw



Dune by Rainer Mutsch for Eternit



Muscle by Alexandre Moronno



LINK by Ester Pujol e Daniel Vila

ANEXO 8

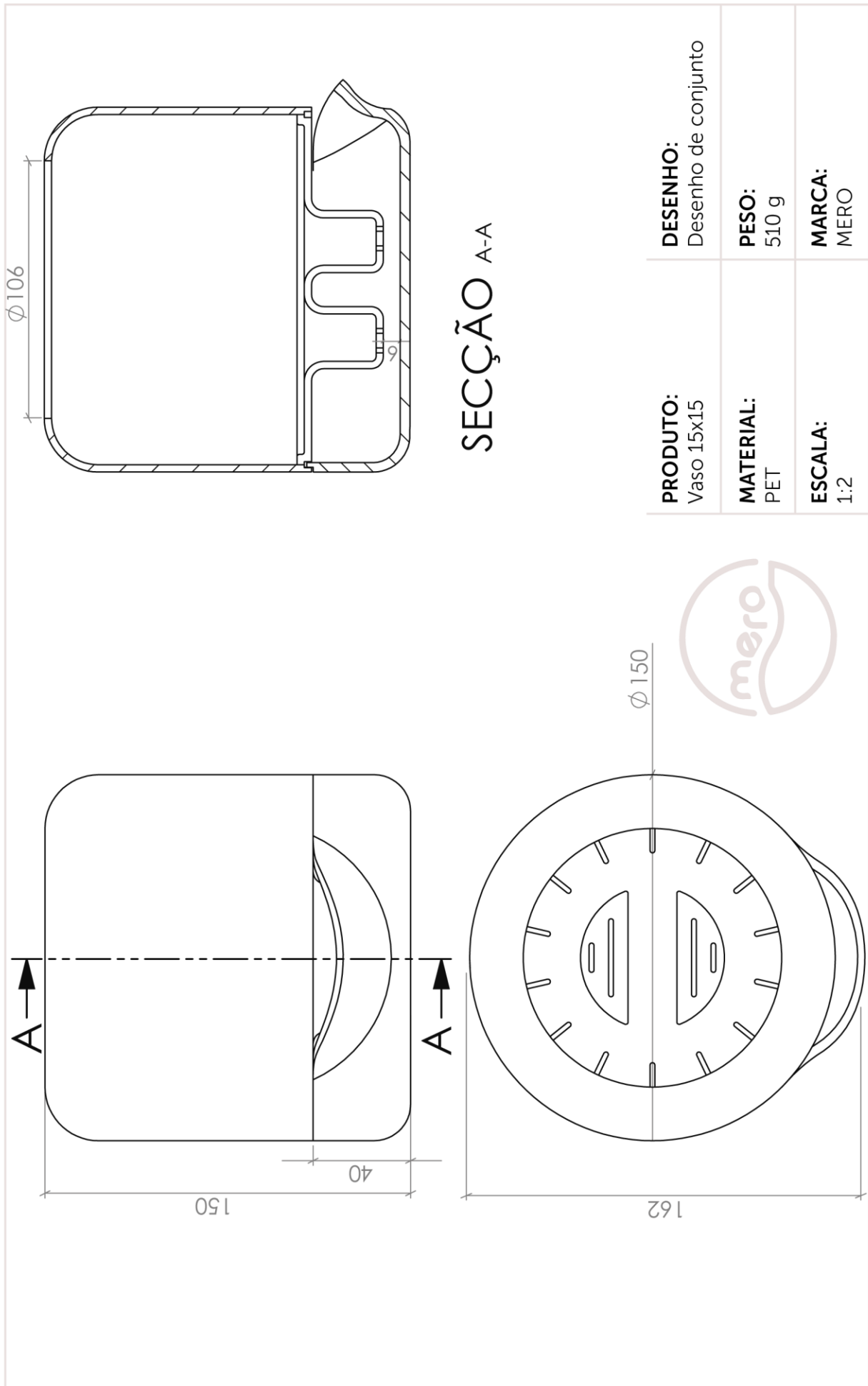
DESENHOS TÉCNICOS

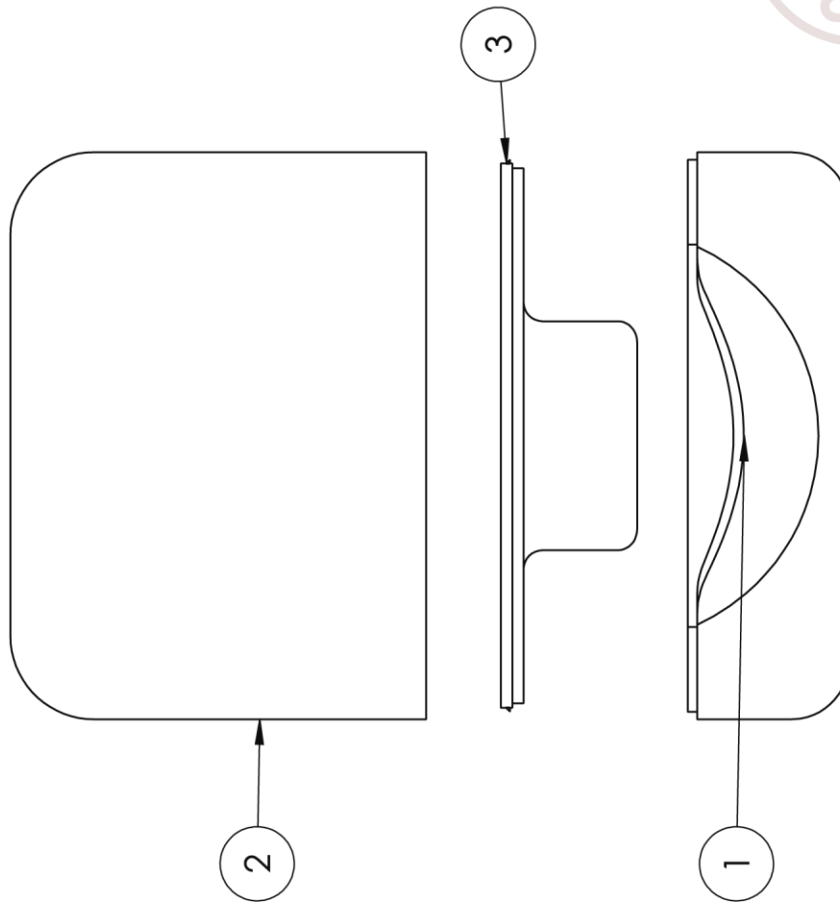
Vaso com sistema de auto rega

- 1.** Desenho de conjunto do Vaso 15x15
- 2.** Vista explodida do Vaso 15x15
- 3.** Recipiente inferior
- 4.** Recipiente superior
- 5.** Base do recipiente superior
- 6.** Desenho de conjunto do Vaso 18,5x15
- 7.** Vista explodida do Vaso 18,5x15
- 8.** Desenho de conjunto do Vaso 15x32
- 9.** Vista explodida do Vaso 15x32

Mobiliário urbano

- 10.** Desenho de conjunto do Mobiliário Urbano
- 11.** Vista explodida do Mobiliário Urbano
- 12.** Módulo 1
- 13.** Módulo 2
- 14.** Varão
- 15.** Fixação entre peças
- 16.** Espaçador





Item	Material	Peça	Peso	Qnt.
1	PET	recipiente inferior	180.59	1
2	PET	recipiente superior	227.64	1
3	PET	Base do recipiente superior	101.84	1

PRODUTO:
Vaso 15x15

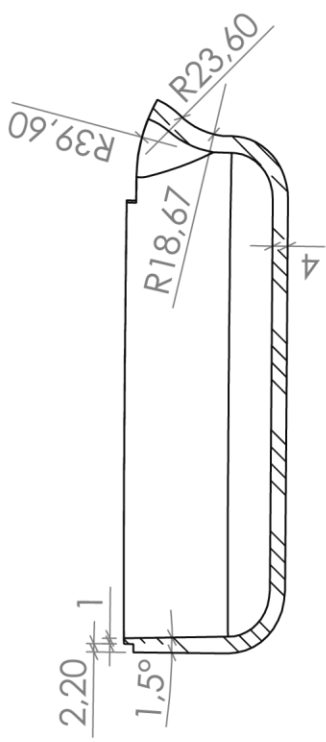
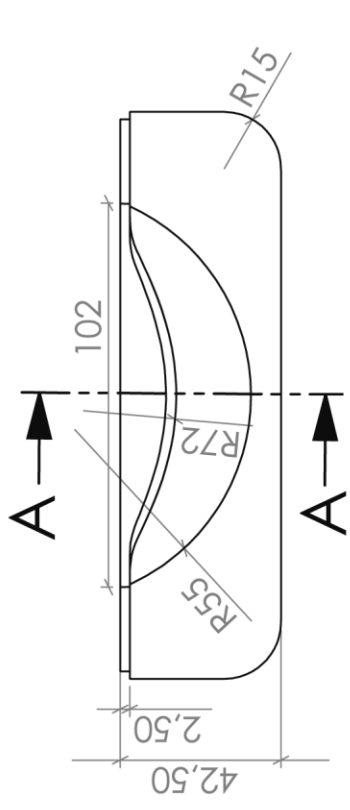
DESENHO:
Vista explodida

MATERIAL:
PET

PESO:
510 g

ESCALA:
1:2

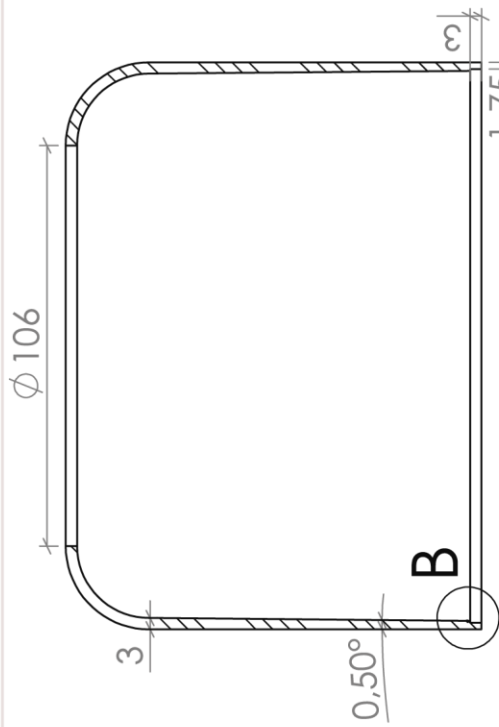
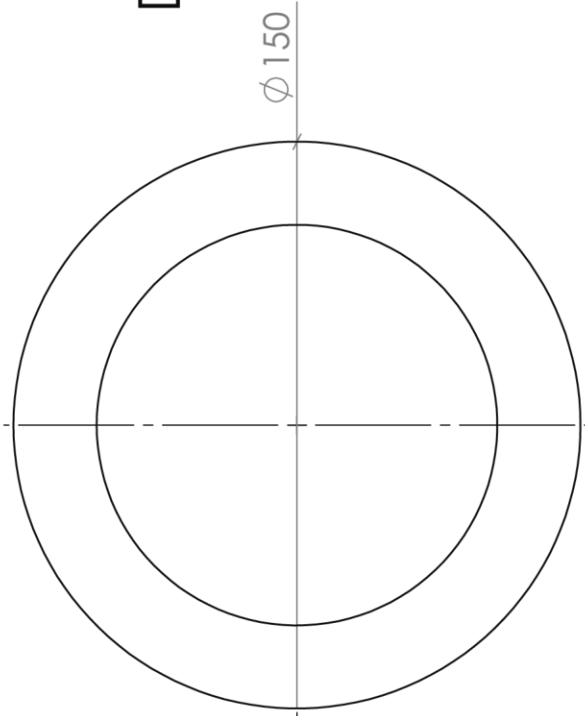
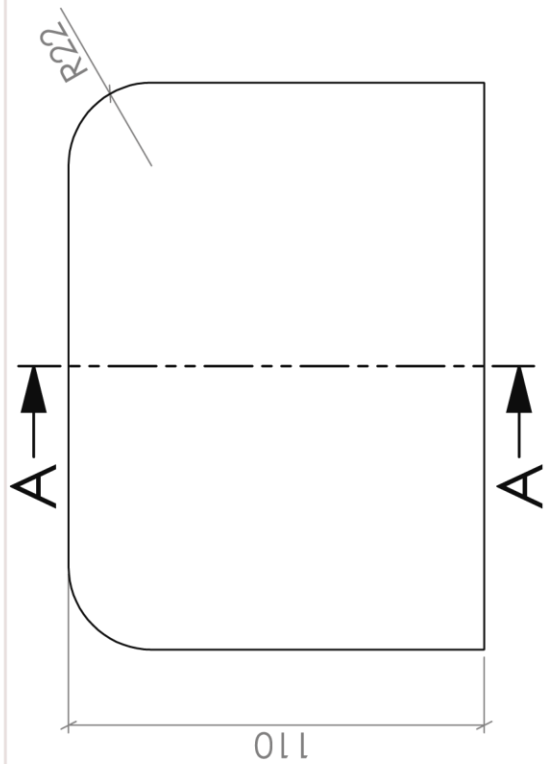
MARCA:
MERO



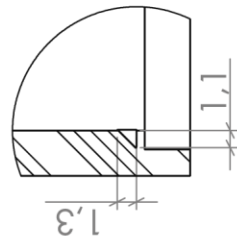
SECÇÃO A-A



PRODUTO: Vaso 15x15	DESENHO: Recipiente inferior
MATERIAL: PET	PESO: 180.59 g
ESCALA: 1:2	MARCA: MERO



SECÇÃO A-A

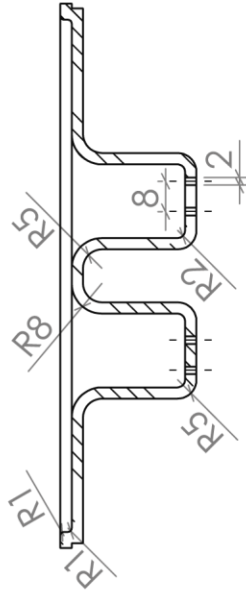
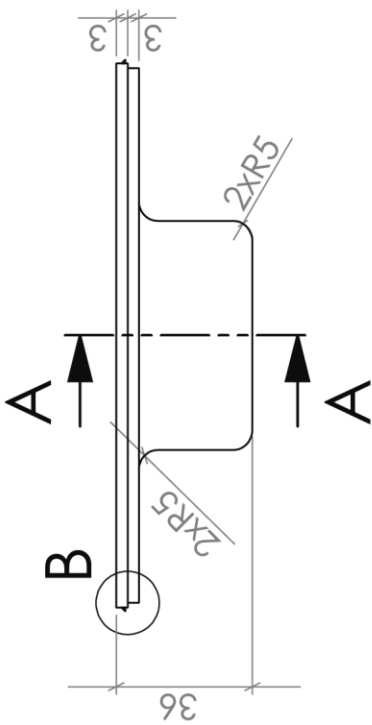


DETALHE B

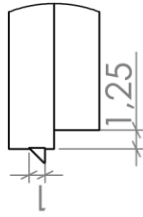
ESCALA 2 : 1



PRODUTO: Vaso 15x15	DESENHO: Recipiente superior
MATERIAL: PET	PESO: 227.64 g
ESCALA: 1:2	MARCA: MERO

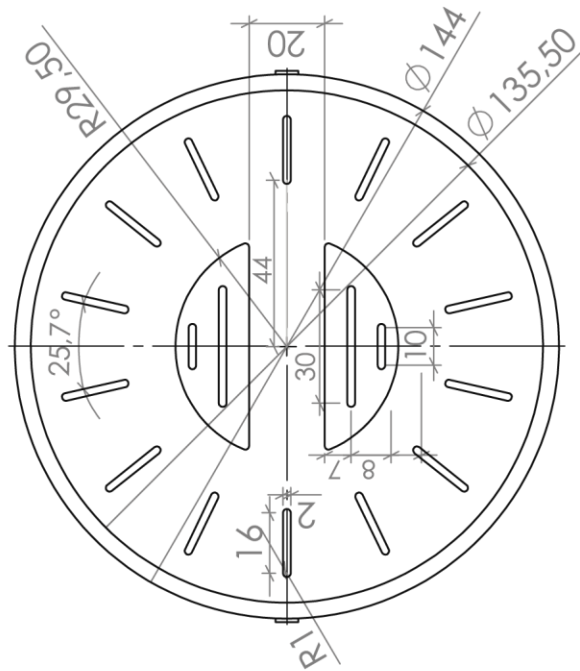


SECÇÃO A-A

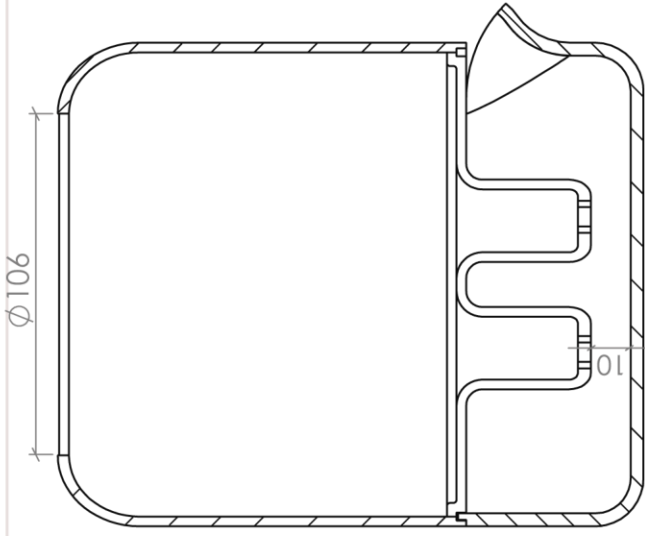
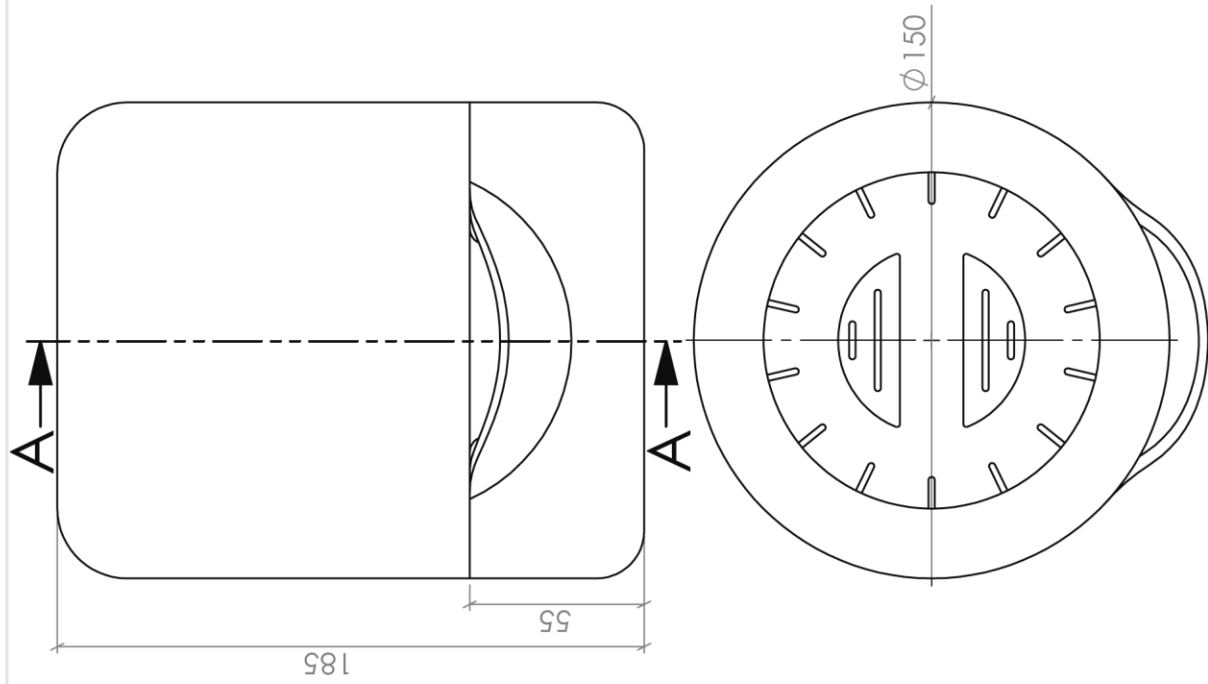


DETALHE B

ESCALA 2:1



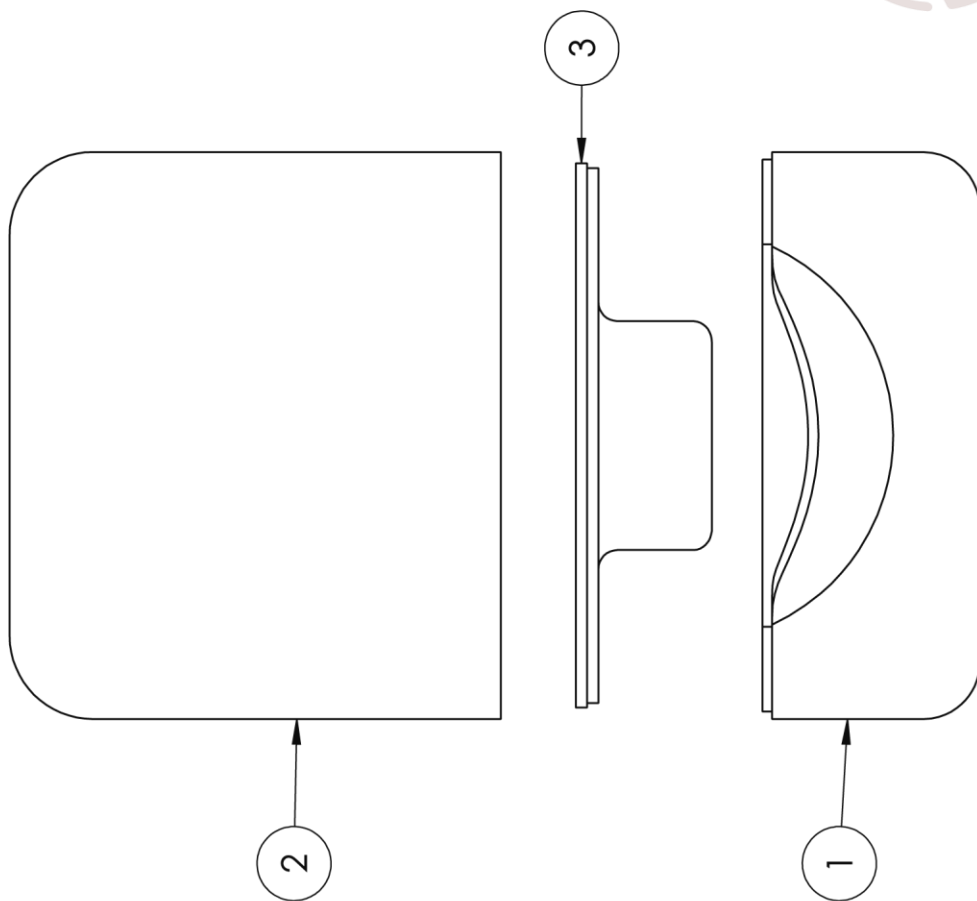
PRODUTO: Vaso 15x15	DESENHO: Base do recipiente superior
MATERIAL: PET	PESO: 101.84 g
ESCALA: 1:2	MARCA: MERO



SECÇÃO A-A

PRODUTO: Vaso 18.5x15	DESENHO: Desenho de conjunto
MATERIAL: PET	PESO: 600 g
ESCALA: 1:2	MARCA: MERO





Item	Material	Peça	Peso	Qnt.
1	PET	recipiente inferior	218,85	1
2	PET	recipiente superior	266,99	1
3	PET	Base do recipiente superior	114,16	1



PRODUTO:
Vaso 18.5x15

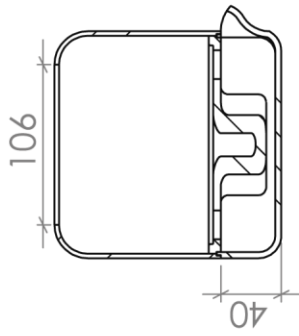
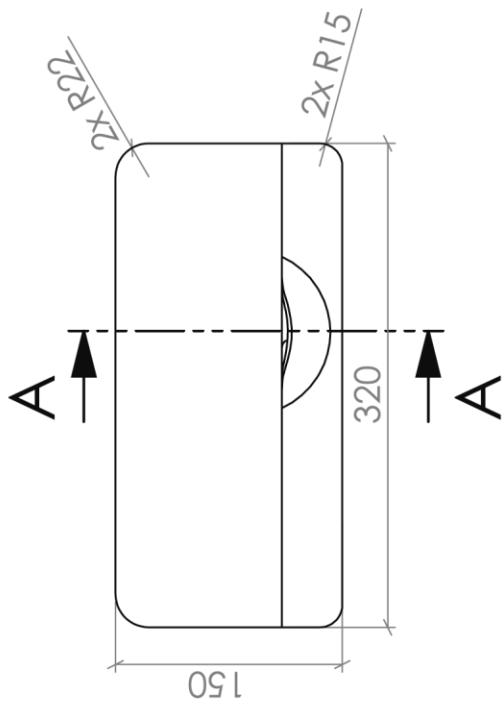
DESENHO:
Vista explodida

MATERIAL:
PET

PESO:
600 g

ESCALA:
1:2

MARCA:
MERO



SECÇÃO A-A



PRODUTO:
Vaso 15x32

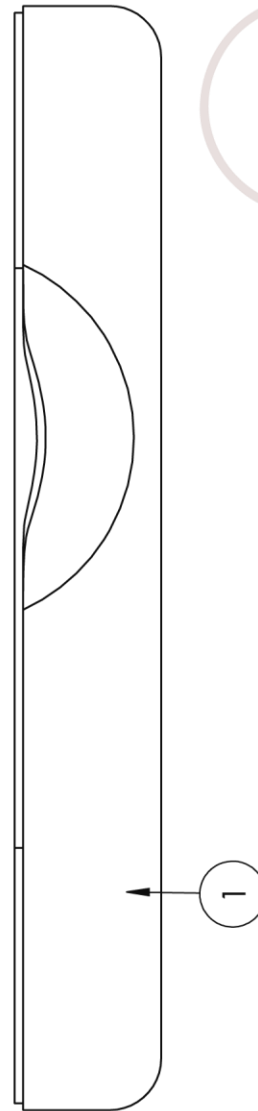
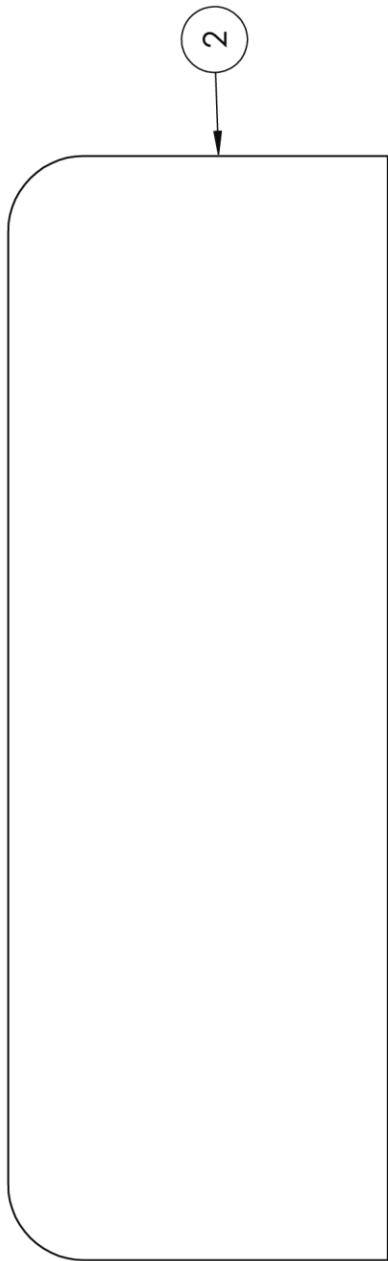
MATERIAL:
PET

ESCALA:
1:5

DESENHO:
Desenho de conjunto

PESO:
1214 g

MARCA:
MERO



Item	Peça	Material	Peso	Qnt.
1	recipiente inferior	PET	388.23	1
2	recipiente superior	PET	399.93	1
3	Base do recipiente superior	PET	425.81	1

PRODUTO:
Vaso 15x32

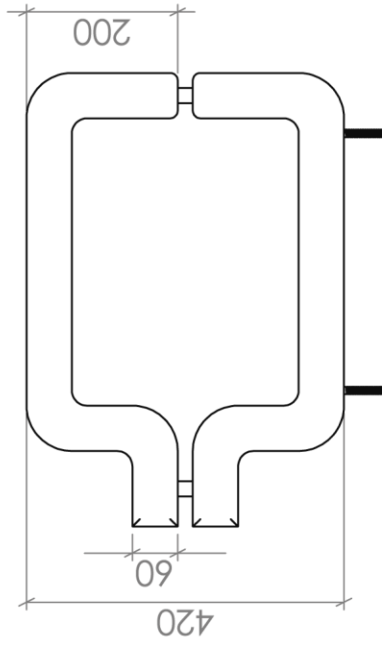
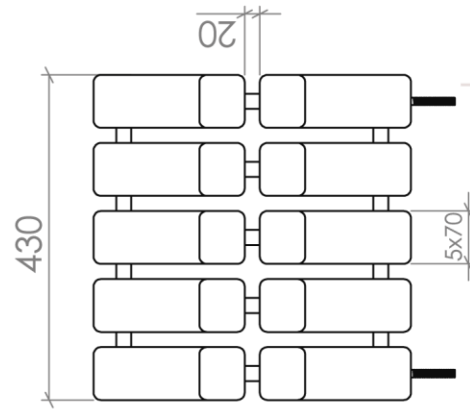
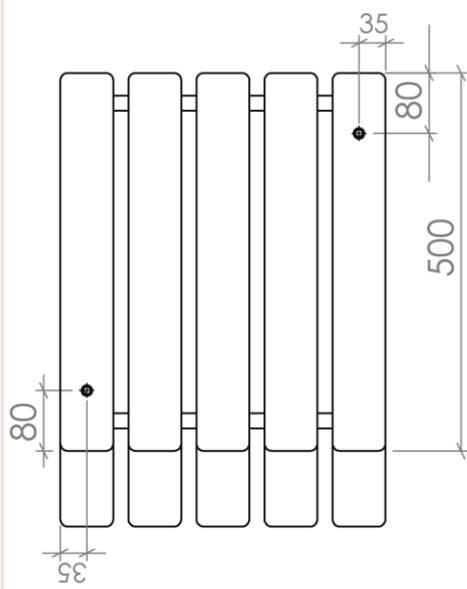
DESENHO:
Vista explodida

MATERIAL:
PET

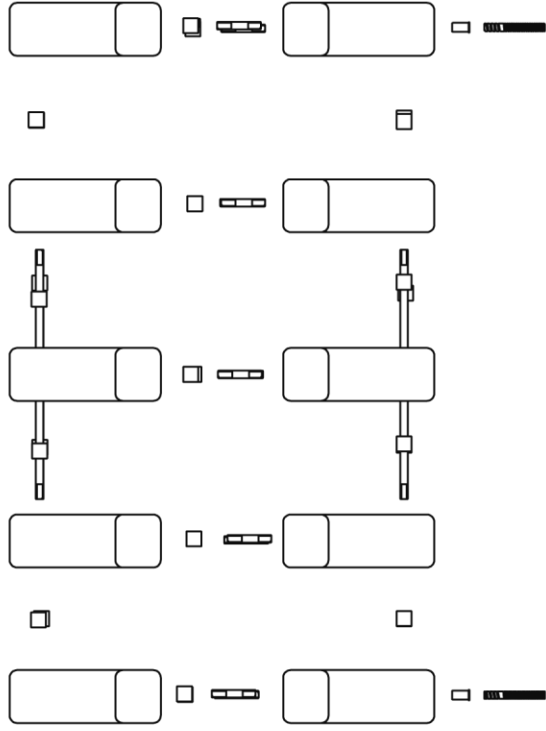
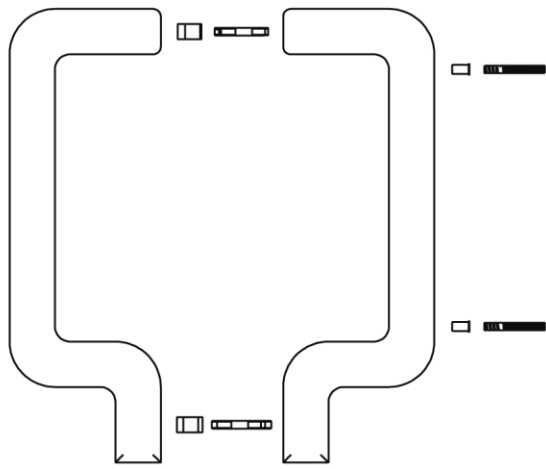
PESO:
1214 g

ESCALA:
1:2

MARCA:
MERO



PRODUTO: Mobiliário urbano	DESENHO: Desenho de conjunto
MATERIAL: HDPE	PESO: 33309 g
ESCALA: 1:10	MARCA: MERO



Item	Peça	Material	Peso	Qnt.
1	módulo 1	HDPE	3300	10
2	fixações entre peças	HDPE	4.18	10
3	espaçadores	HDPE	4.49	26
4	varão	HDPE	24.50	4
5	parafuso para chão	Aço	46.72	2
6	bucha	HDPE	0.86	2



PRODUTO:
Mobiliário urbano

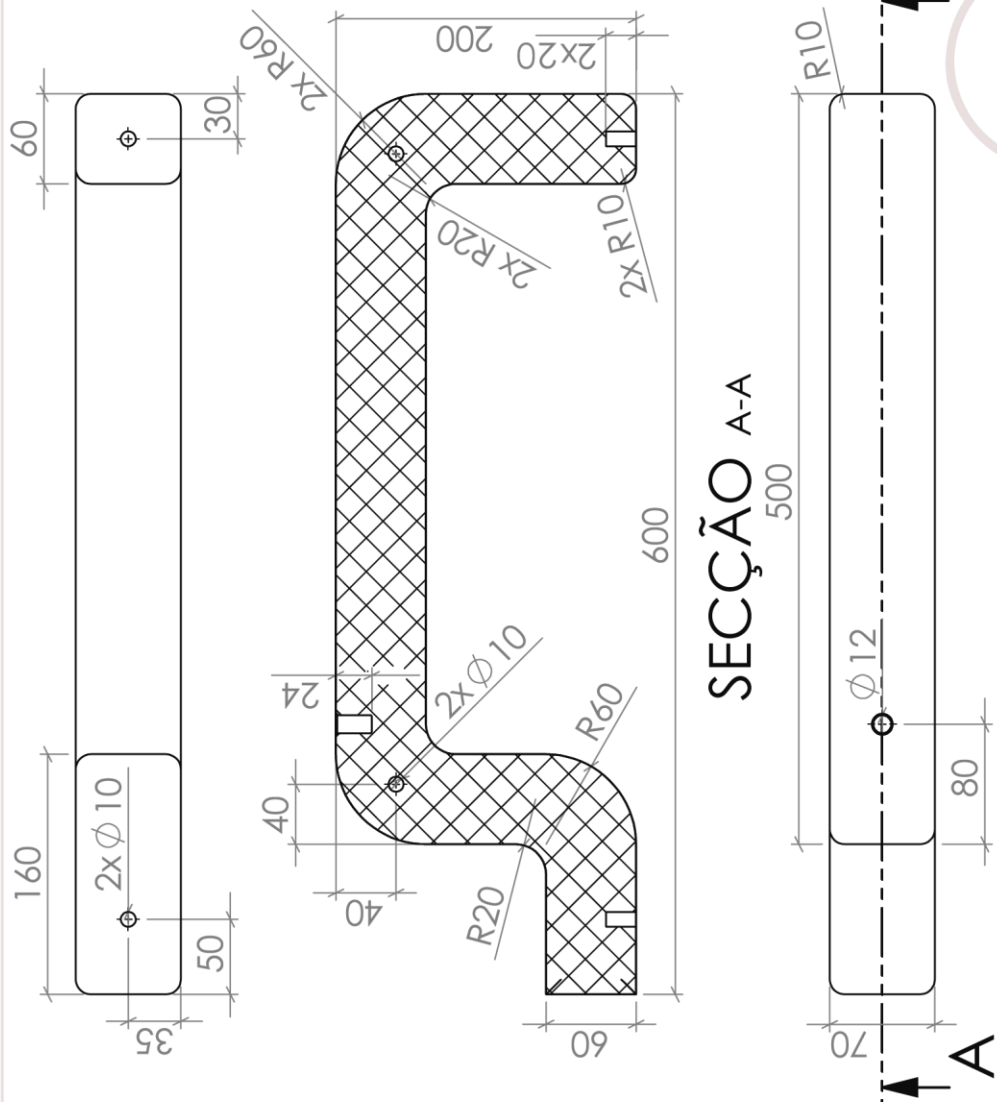
DESENHO:
Vista explodida

MATERIAL:
HDPE

PESO:
33309 g

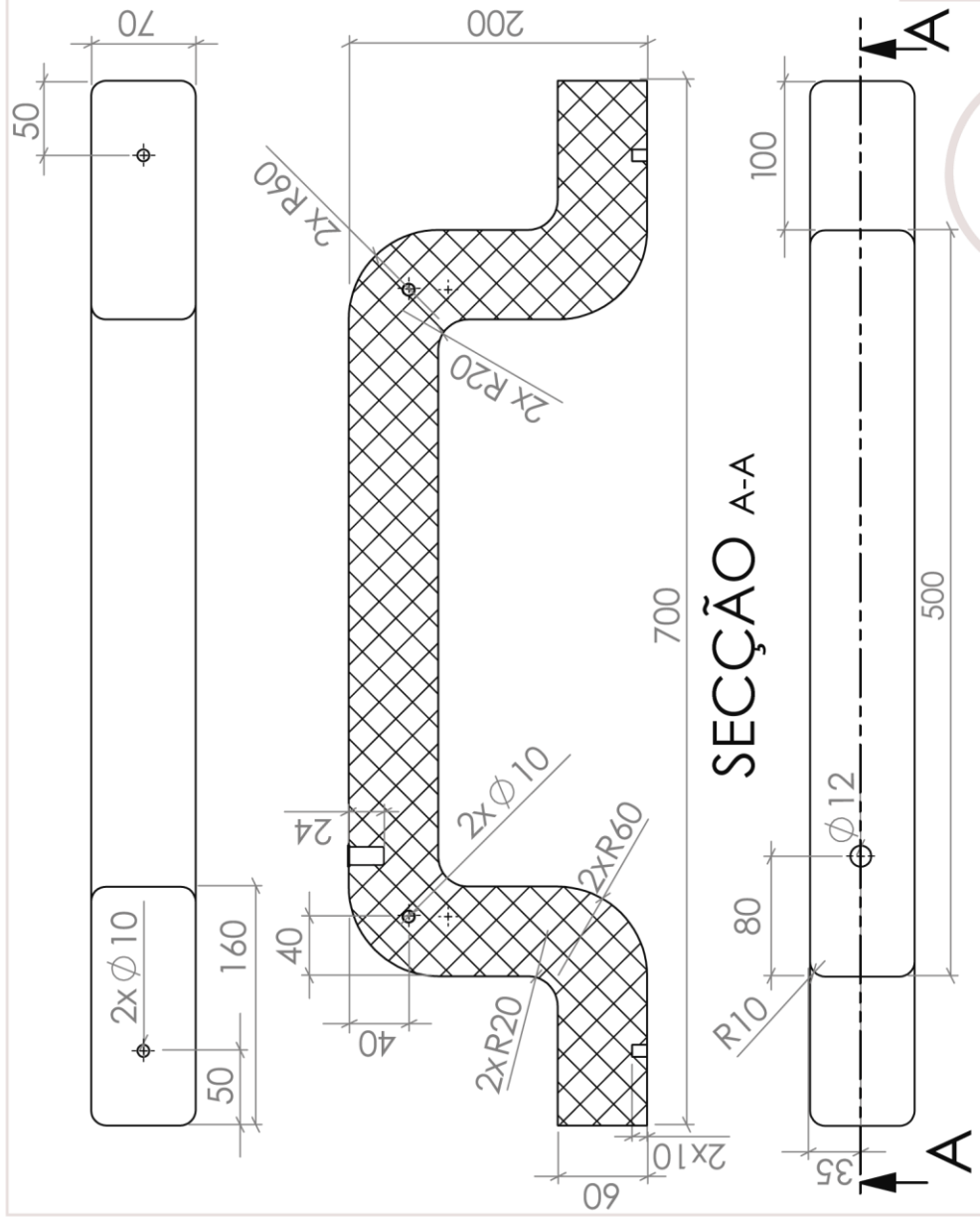
ESCALA:
1:10

MARCA:
MERO



SECÇÃO A-A

PRODUTO: Mobiliário urbano	DESENHO: Módulo 1
MATERIAL: HDPE	PESO: 3300 g
ESCALA: 1:5	MARCA: MERO

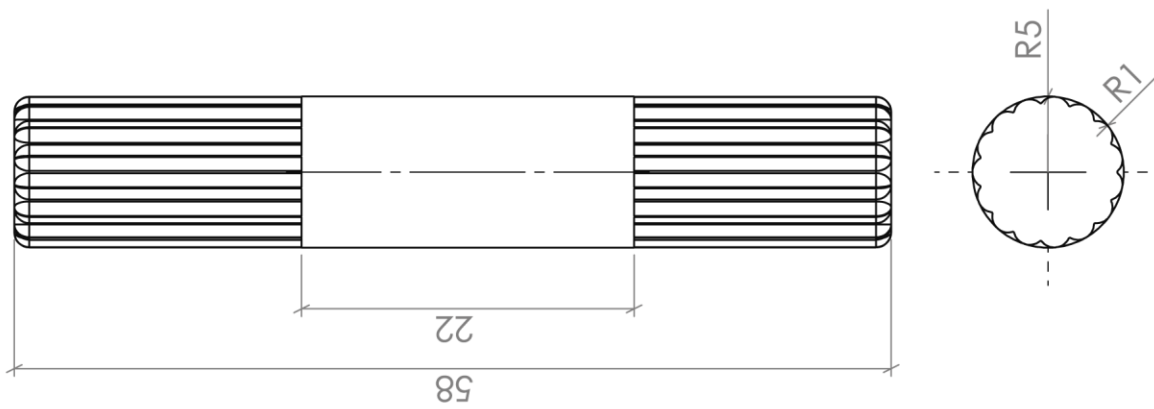


PRODUTO: Mobiliário urbano	DESENHO: Módulo 2
MATERIAL: HDPE	PESO: 3650 g
ESCALA: 1:5	MARCA: MERO

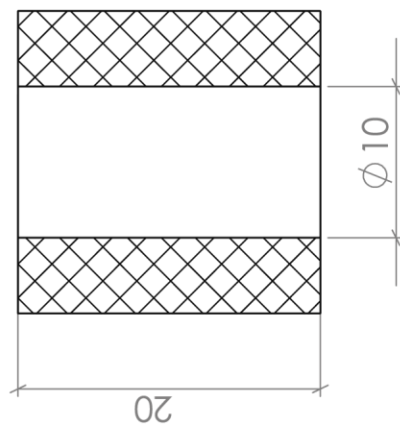
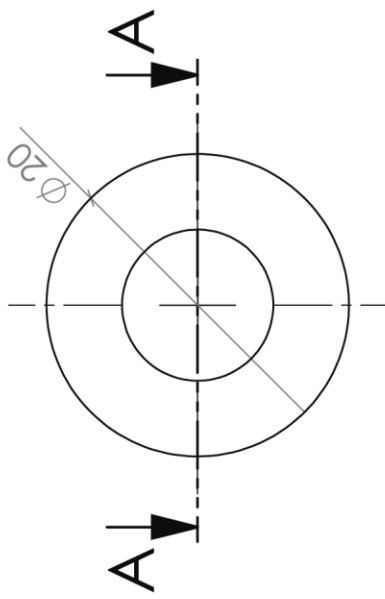


PRODUTO: Mobiliário urbano	DESENHO: Varão
MATERIAL: HDPE	PESO: 24.50 g
ESCALA: 1:2	MARCA: MERO





PRODUTO: Mobiliário urbano	DESENHO: Fixação entre peças
MATERIAL: HDPE	PESO: 4.18 g
ESCALA: 2:1	MARCA: MERO



SECCÃO A-A



PRODUTO: Mobiliário urbano	DESENHO: Espaçador
MATERIAL: HDPE	PESO: 4.49 g
ESCALA: 2:1	MARCA: MERO

