DESIGN A PARTIR DE RESÍDUOS

REAPROVEITAMENTO DE DESPERDÍCIOS ALIMENTARES APLICADOS AO DESIGN DE PRODUTOS - CASCAS DE OVOS

Rita Manuel Castro Lopes Vieira Leite

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em

Design Industrial e de Produto

Orientadora: Doutora Bárbara Rangel

Professora Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientador: Doutor Jorge Lino

Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Co-orientador: Mestre Adriana Patrícia Fernandes

Design Studio da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, julho 2020

É autorizada a reprodução integral desta dissertação apenas para efeito de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

©Rita Leite

U.PORTO

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

O JÚRI

PRESIDENTE

Doutor Rui Mendonça

PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADOR

Doutor Bárbara Rangel

PROFESSOR AUXILIAR DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ARGUENTE

Doutor Amilton José Vieira Arruda

PROFESSOR ASSOCIADO III DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNANBUCO

20

24 JULHO 2020

MESTRE Rita Leite
MDIP/**84**

Aos meus pais, obrigada por tudo ♥.

RESUMO

No modelo económico atual, a maioria das indústrias extraem matérias-primas provenientes do meio ambiente e transformam-nas em novos produtos, que são destinados ao consumo e descartados muitas vezes após um único ciclo de utilização. Este é um processo linear, no qual as matérias-primas são normalmente finitas e acabam destinadas a aterros ou a processos de reciclagem, o que acarreta elevados custos de tratamento dos resíduos com grande impacto ambiental. Como proposta de melhoria deste cenário, o modelo de economia circular pretende maximizar a eficiência dos recursos e minimizar a produção de resíduos, e propõe produtos projetados para serem duráveis, reutilizáveis e recicláveis.

Baseada nos princípios do Design circular, esta dissertação propõe soluções para a reutilização de resíduos alimentares, especificamente cascas de ovos. A presente investigação foi desenvolvida no âmbito do projeto We Won't Waste You, uma parceria entre o Design Studio Feup e a Câmara Municipal de Matosinhos, que através da Oficina Design propõe a reutilização de desperdícios no desenvolvimento de novos materiais e produtos ao mesmo tempo que cria uma oportunidade de emprego/formação a pessoas em situação de desemprego.

Descreve o processo de desenvolvimento do material PLAegg©, um compósito biodegradável, compostável e reciclável produzido a partir de cascas de ovos trituradas e ácido Poliláctico, através de diversas experiências, testes, e por fim a validação através da aplicação do método Material Driven Design.

Com os resultados obtidos e as características do material desenvolvido, foi elaborada uma proposta de aplicação, o candeeiro de mesa Lexi Lamp, que se mostrou viável para produção pela equipa da Oficina Design, através da realização de um workshop nas instalações do projeto.

Conclui-se que é possível agregar valor a resíduos alimentares transformando-os em novos produtos, colaborando assim para um cenário de circularidade que contribui para a preservação do meio ambiente, e no qual o design assume um papel determinante no desenvolvimento de alternativas viáveis para a reutilização de resíduos.

Palavras-chave: Desperdícios alimentares; Casca de Ovo; Design Circular; Ecodesign; Inovação.

ABSTRACT

In the current economic model, most industries extract raw materials from the environment and transform them into new products, which are intended for consumption and many times discarded after a single cycle of use. This is a linear process, in which the raw materials are normally finite and end up destined for landfills or recycling processes, which entails high costs of waste treatment with a great environmental impact. As a proposal to improve this scenario, the circular economy model aims to maximize resource efficiency and minimize waste production, and proposes products designed to be durable, reusable and recyclable.

Based on the principles of circular design, this dissertation proposes solutions for the reuse of food waste, specifically eggshells. This research was developed within the scope of the We Won't Waste You project, a partnership between Design Studio Feup and the Municipality of Matosinhos, that through the Oficina Design proposes the reuse of waste in the development of new materials and products while creat an job/training opportunity for people in unemployment.

Describes the development process of the PLAegg © material, a biodegradable, compostable and recyclable composite produced from egg shells and Polylactic acid, through various experiments, tests, and finally the validation through the application of the method Material Driven Design.

With the results obtained and the characteristics of the developed material, a proposal for application was elaborated, the Lexi Lamp table lamp, which proved to be viable for production by the Oficina Design team, through the realization of a workshop at the project's facilities.

It was concluded that it is possible to add value to food waste by transforming it into new products, thus contributing to a scenario of circularity that contributes to the preservation of the environment, and in which design assumes a determining role in the development of viable alternatives for reuse of waste..

Keywords: Food waste; Eggshell; Circular Design; Ecodesign; Innovation.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais por todos os incentivos e sacrifícios que fizeram ao longo dos anos para que eu tivesse uma vida confortável e pudesse desenvolver e concluir a minha vida académica. Por acreditarem em mim em todos os momentos mesmo quando eu mesma não era capaz.

Seguidamente, agradeço á minha orientadora, professora Bárbara Rangel, por estar presente durante toda esta etapa, tentando sempre melhorar o trabalho em questão. Agradeço ao Professor Jorge Lino, coorientador desta dissertação, por ter estado sempre disponível para ajudar nas questões técnicas e por ter facilitado todos os materiais e equipamentos necessários para a realização do projeto.

Á minha coorientadora e acima de tudo amiga Adriana Fernandes um muito obrigado por toda a ajuda dada ao longo de todo o curso de mestrado. Agradeço pela constante disponibilidade e por todas as sugestões e incentivos dados ao longo de todo este percurso e que se revelaram fundamentais para o resultado final. Obrigada por me guiar em momentos de completa desorientação.

Aos professores e técnicos do DEMec e INEGI que de algum modo apoiaram a realização deste trabalho contribuindo para o seu sucesso. Aos integrantes do LDPS por toda a ajuda prestada.

Agradeço também ao Senhor Vitor do bar INESC TEC pela amabilidade e simpatia com que sempre me recebeu e por ter disponibilizado a grande maioria das cascas de ovos que utilizei durante a realização deste projeto

Aos meus queridos amigos de longa data, que mesmo estando tão longe fisicamente sempre se mostraram disponíveis para ouvir os meus lamentos em momentos mais desafiadores, obrigada pelas palavras de incentivo e motivação. Aos integrantes da república do biquíni agradeço por estes três anos de companheirismo e boas gargalhadas, sem vocês não teria conseguido chegar até aqui.

Obrigada a todos vocês,

Rita Manuel Castro Lopes Vieira Leite

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO 4

1.2 OBJETIVOS 5

1.3 METODOLOGIA 5

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 6

2 ESTADO DA ARTE 7

2.1 A PROBLEMATIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS 10

2.2 ECONOMIA CIRCULAR 15

2.2.1 Criação de valor 20

2.2.2 Ecodesign 22

2.3 DESIGN CIRCULAR 24

2.3.1 Diretrizes 24

2.3.2 Circular design guide 27

2.4 DESPERDÍCIO ALIMENTAR: CASCAS DE OVOS 34

2.4.1 COMPOSIÇÃO 35

2.4.2 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES 36

2.4.3 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS 37

2.5 PESQUISA DE MERCADO 38

2.5.1 Reaproveitamento de desperdícios alimentares 38

2.5.2 Reaproveitamento de cascas de ovos 47

2.6 Síntese do Capítulo 48

3 CASO DE ESTUDO 51

3.1 WE WON´T WASTE YOU 54

3.1.1 Obo lamp 57

3.1.2 Leix lamp 59

3.1.3 Análise de impacte ambiental - experiência interdisciplinar MDIP x MIEA 65

3.2 PLANO EXPERIMENTAL 76

3.2.1 Desenvolvimento do material 76

3.2.2 Composição 82

3.2.3 Processos de fabrico 85

3.3 MATERIAL DRIVEN DESIGN 99

3.3.1 Etapa 1: Entender o material 100

3.3.2 Etapa 2: Caracterização experiencial do material 101

3.3.3 Etapa 3: Criar conceitos de materiais | produtos 112

3.4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO 113

3.4.1 Conceitos básicos de iluminação 113

3.4.2 Candeeiros desenvolvidos a partir de resíduos alimentares 120

3.4.3 Direcionamento de projeto 123

4 PROPOSTA DE PRODUTO 127

4.1 Conceito 130

4.2 Material utilizado 131

4.3 Componentes do produto 131

4.4 Processo de fabrico 134

4.5 Embalagem 136

4.6 Análise de custos 138

4.7 Acabamentos 141
4.8 Usabilidade 142
4.9 Validação das melhorias 144
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 149
5.1 CONCLUSÃO 152
5.2 PERSPETIVAS FUTURAS 153
ANEXO 1 – Esclarecimento Técnico nº10 / DGAV / 2018 162
ANEXO 2 - Desenho técnico e detalhamento OBO Lamp 164
ANEXO 3 - Desenho técnico e detalhamento LEIX Lamp 167
ANEXO 4 - Ficha técnica PLA Ingeo™ 3260HP 169
ANEXO 5 - Mapa de caracterização experiencial e cartas método MDD 173
ANEXO 6 - Quadro com imagens referentes às palavras-chaves 175
ANEXO 7 - Desenho técnico e detalhamento LEXI lamp 176
ANEXO 8 - Etiquetas embalagem LEXI lamp 178
ANEXO 9 - Manual embalagem LEXI lamp 179

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

ADEIMA – Associação para o Desenvolvimento Integrado de Matosinhos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CMM – Câmara Municipal de Matosinhos

DC – Design Circular

DEMec – Departamento de Engenharia Mecânica

DGAV – Direção Geral de Alimentação e Veterinária

DSFEUP – Design Studio da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

EC – Economia Circular

EXP. – Experiência

FBAUP – Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

FEM – Fundação Ellen Macarthur

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

HACCP – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo

HDPE – Polietileno de Alta Densidade

INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

Ma2E4 – Materials to Experiences at four levels

MDD – Material Driven Design

MDF – Medium Density Fiberboard

MDIP – Mestrado em Design Industrial e de Produto

MDMS – Meaning Driven Materials Selection

MIEA – Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

PET – Polvethylene Terephthalate

PLA – Ácido Polilático

PVC – Policloreto de Vinila

REEE – Resíduos de equipamento elétrico e eletrónico

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RU – Resíduo Urbano

SPOA – SubProduto de Origem Animal

UF – Unidade Funcional

UP – Universidade do Porto

WWWyou – We Won't Waste You

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Aterro de Azambuja (TRIAZA 2017). 1

Figura 2 - Cascas de Ovos (Barros 2017). 7

Figura 3 - Projeção mundial de geração de lixo (adaptado de Kaza *et al.* 2018) 10

Figura 4 - Geração dos resíduos em 2016, por região e em percentagem (Kaza *et al.* 2018) 11

Figura 5 - Geração de Resíduos: Europa e Ásia Central (adaptado de Kaza *et al.* 2018). 11

Figura 6 - Composição dos resíduos na Europa e na Ásia Central (adaptado de Kaza *et al.* 2018) 12

Figura 7 - Caracterização física dos RU produzidos, em 2018 (adaptado de APA 2019b). 14

Figura 8 - Destino final dos RU em Portugal Continental no ano de 2018 (adaptado de APA 2019b) 14

Figura 9 - Diagrama conceitual Economia Linear (elaborado pelo autor). 15

Figura 10 - Influência de várias escolas de pensamento na economia circular (adaptado de Wautelet 2018b) 16

Figura 11 - Diagrama borboleta (adaptado de Foundation 2013). 18

Figura 12 - Ecodesign (adaptado de Pazmino 2007). 22

Figura 13 - Diretrizes de Design (elaborado pelo autor). 25

Figura 14 - Etapas propostas pelo *Circular Design Guide* (adaptado de IDEO 2016). 27

Figura 15 - Seis Métodos "Entender" (adaptado de IDEO 2016) 28

Figura 16 - Seis Métodos "Definir" (adaptado de IDEO 2016) 29

Figura 17 - Seis Métodos "Fazer" (adaptado de IDEO 2016). 31

Figura 18 - Seis Métodos "Lançar" (adaptado de IDEO 2016) 32

Figura 19 - Estrutura da casca de ovo de galinha (adaptado de Hincke *et al.* 2012). 35

Figura 20 - Conjunto de imagens Fruitleather (Fruitleather 2015) 38

Figura 21 - Conjunto de imagens Orangefiber (A. Santanocito 2014). 39

Figura 22 - Conjunto de imagens Vegea (lifegate 2017). 40

Figura 23 - Conjunto de imagens Piñatex (Hijosa 2013) 40

Figura 24 - Conjunto de imagens Nanollose (Nanollose 2014) 41

Figura 25 - Conjunto de imagens Biolive (Yilmaz 2016). 42

Figura 26 - Conjunto de imagens Biofase (Munguia 2013) 42

Figura 27 - Imagem Biotrem (Wysocki 2016). 43

Figura 28 - Conjunto de imagens Shellworks (Barrett 2019). 44

Figura 29 - Imagem Nuatan (Settey 2018) 44

Figura 30 - Conjunto de imagens Recoffee (Naccarato, Guimarães, and Camargo 2017). 45

Figura 31 - Conjunto de imagens Chip(s) Board (Minkley and Nicoll 2018). 46

Figura 32 - Conjunto de imagens Sea Jewelry (Oliveira *et al.* 2019) 46

Figura 33 - Conjunto de imagens NihonMtecs (NihonMtecs 2019). 47

Figura 34 - Conjunto de imagens Colleggtion (Edinburgh Napier 2017) 48

Figura 35 - Conjunto de imagens Shell Homage (A' Design Award 2017) 48

Figura 36 -Testes de Materiais (acervo próprio) 51

Figura 37 - Logo desenvolvida para o Projeto WWWyou (MDIP and FEUP 2018). 54

Figura 38 - Alguns produtos desenvolvidos no Projeto WWWyou. a. case para óculos feita com câmara de pneu; b. mapa feito com cartão; c. bracelete feito com redes de pesca; d. formas de praia feitas com tampas; e. prato feito com algas; f. candeeiro feito com casca de ovos; g. espremedor de limão feito com conchas e h. candeeiro feito com açúcar (imagens cedidas pelos autores) 56

Figura 39 - Protótipo Obo Lamp (acervo próprio). 57

Figura 40 - Esquema do funcionamento do candeeiro Obo (acervo próprio). 58

Figura 41 - Embalagem Obo Lamp (acervo próprio). 58

Figura 42 - Imagem Leix Lamp inserida em uma ambientação (acervo próprio). 59

Figura 43 - Imagens do Terminal de Cruzeiro do Porto de Leixões (Silva 2019, Maia 2015). 60

Figura 44 - Desenho embalagem Leix lamp (acervo próprio) 61

Figura 45 - Protótipo embalagem Leix Lamp (acervo próprio) 61

Figura 46 - Processo de produção do molde do difusor Leix Lamp: a. impressão 3D; b. tratamento de superfície da peça de impressão 3D; c. Montagem caixa do molde; d. Caixa do molde; e. Caixa do molde com silicone; f. Molde bipartido em silicone (acervo próprio). 62

Figura 47 - Produção do difusor: a) colocação do material no molde; b) colocação do molde no forno; c) material já conformado na forma final; d) difusor; e) retirada de excessos de material com auxílio de uma serra de fita; f) cabine de granalhagem com esferas metálicas (acervo próprio) 63

Figura 48 - Protótipo Leix Lamp (acervo próprio). 63

Figura 49 - Apresentação da LEIX Lamp aos estudantes do MIEA (acervo próprio) 65

Figura 50 - Prototipagem da LEIX Lamp com os estudantes do MIEA (acervo próprio). 66

Figura 51 - Ciclo de vida LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019). 67

Figura 52 – Estrutura de ACV (adaptado de MIEA 2019). 69

Figura 53 - Fronteiras do Sistema (adaptado de MIEA 2019). 70

Figura 54 - Avaliação do Ciclo de Vida LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019). 72

Figura 55 - Avaliação do Ciclo de Vida LEIX Lamp exceto fase de utilização (adaptado de MIEA 2019). 72

Figura 56 - Cenários de Melhoria (adaptado de MIEA 2019). 75

Figura 57 - Testes de Materiais. a. cola branca + gelatina + casca de ovo; b. gelatina + casca de ovo; c. silicone + casca de ovo; d. fécula de batata + casca de ovo; e. fécula de batata + redes + casca de ovo; f. cola branca + casca de ovo; g. argila + casca de ovo; h. resina cristal + casca de ovo; i. resina de pinheiro + casca de ovo; j. HDPE colorido + casca de ovo; k. HDPE transparente + casca de ovo e l. PLA + casca de ovo (elaborado pelo autor). 77

Figura 58 - Preparação cascas de ovo: a. cascas com membrana; b. lavagem com água; c. destacamento da membrana (acervo próprio). 79

Figura 59 - Processo de secagem: a. cascas de ovos castanhos crus; b. cascas de ovos castanhos com 30 minutos a 200 ºC; c. cascas de ovos castanhos com 60 minutos a 200ºC; d. cascas de ovos brancos crus; e. cascas de ovos brancos com 30 minutos a 200ºC; f. cascas de ovos brancos com 60 minutos a 200 ºC (acervo próprio). 80

Figura 60 - a. Trituração das cascas de ovo com auxílio de um almofariz, b. Agitador de peneiros utilizado no ensaio de granulometria (acervo próprio). 81

Figura 61 - Resultado do ensaio de granulometria (acervo próprio). 81

Figura 62 - Amolecimento do PLA (acervo próprio). 82

Figura 63 - Processo de mistura do PLA com a casca de ovo (acervo próprio) 83

Figura 64 - Processo de moldagem (acervo próprio) 83

Figura 65 - Amostra experiência 7 (acervo próprio). 85

Figura 66 - Amostra experiência 8 (acervo próprio). 85

Figura 67 - a. vazamento do material no molde; b. posicionamento do contramolde e c. molde com folga (acervo próprio) 86

Figura 68 - a. material vazado no molde antes de ser colocado no forno; b. molde quando retirado do forno e c. colocação do contramolde (acervo próprio) 87

Figura 69 - a. utilização da lixadora; b. amostra do teste com a lixadora e c. amostra do teste com granalhagem (acervo próprio). 87

Figura 70 - a. Material depositado no tapete de silicone; b. Tubo em cartão com o qual se espalhou o material; c. Primeira camada depositada e d. Camadas de deposição do material (acervo próprio).....89

Figura 71 - a. tapete colocado no forno com o material; b. utilização de cano em cartão para dar forma ao material; c. tapetes com material após retirada do cano de cartão; d. amostra 15; e. amostra 16 e f. ambas as amostras (acervo próprio).....90

Figura 72 - a. injetora vertical, b. molde metálico (acervo próprio).....91

Figura 73 - a. colocação de casca de ovo no molde metálico; b. molde após injeção do material; c. resultado (acervo próprio).....91

Figura 74 - a. material antes de ser colocado na injetora; b. material colocado na injetora; c. resultado (acervo próprio).....92

Figura 75 - Resultados das experiências com injetora vertical (acervo próprio).....92

Figura 76 - Experiência 01: a. molde após aplicação de desmoldante; b. PLA com deposição da casca de ovo; c. molde após ser retirado da prensa térmica; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).....93

Figura 77 - Experiência 02: a. PLA + casca de ovo antes de serem colocados no forno; b. PLA + casca de ovo no forno; c. material antes de ser colocado na prensa; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).....94

Figura 78 - Experiência 03: a. material no molde de silicone; b. peça compósito no molde metálico; c. Material após ser retirado da prensa; d. Peça após ser retirada do molde (acervo próprio).....95

Figura 79 - Experiência 04: a. PLA + casca de ovo antes de serem misturados; b. PLA + casca de ovo após mistura; c. material após ser retirado da prensa; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).....96

Figura 80 - Experiência 05: a. Mistura de PLA + casca de ovo + vaselina líquida antes de ser colocada no forno; b. Mistura de PLA + casca de ovo + vaselina líquida após ser retirado do forno; c. material após ser retirado da prensa; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).....96

Figura 81 - - Método Material Driven Design (adaptado de Karana *et al.* 2015).....99

Figura 83 - Experiências de caracterização do material: a. corte com serra manual; b. resistência ao fogo; c. corte com mini ferramenta; d. injetora vertical; e. resistência a água; f. lixadeira elétrica; g. molde de silicone; h. corte com serra de fita (acervo próprio).....101

Figura 84 - *Toolkit* adaptado para esta dissertação (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).....102

Figura 85 - Amostras utilizadas no estudo com casca castanha (elaborado pelo autor).....103

Figura 86 - Amostras utilizadas no estudo com casca branca (elaborado pelo autor).....103

Figura 87 - Quadro com imagens referentes às palavras-chaves (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).....104

Figura 88 - Quadro com imagens selecionadas pelos participantes referentes á palavra-chave sustentável (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).....105

Figura 89 - Quadro com imagens selecionadas pelos participantes referentes á palavra-chave requinte (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).....105

Figura 90 - Amostras selecionadas pelos participantes do estudo (elaborado pelo autor).....106

Figura 91 - Nível Sensorial (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).....107

Figura 92 - Nível Afetivo (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).....108

Figura 93 - Significados mais escolhidos pelos participantes do estudo (elaborado pelo autor).....108

Figura 94 - Imagens interpretativas selecionadas pelos participantes (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).....109

Figura 95 - Gráfico da opinião dos participantes sobre a composição do material (elaborado pelo autor).....110

Figura 96 - Gráfico de palavras das características mais agradáveis do material (elaborado pelo autor).....110

Figura 97 - Quadro com imagens selecionadas pelos participantes, como sendo possíveis aplicações do material (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).....111

Figura 98 - Imagens mais selecionadas pelos participantes, como sendo possíveis aplicações do material (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).....112

Figura 99 - Espetro eletromagnético (adaptado de Russell 2012).....113

Figura 100 - Tipos de Reflexão (adaptado de Gordon 2015).....114

Figura 101 – Refração (adaptado de INDALUX 2012).....115

Figura 102 - Grandezas básicas da iluminação (adaptado de REVOLUZ 2011).....116

Figura 103 - Temperatura de cor (adaptado de DESIGN 2019).....117

Figura 104 - Classificação de candeeiros de acordo com o fluxo luminoso (adaptado de INDALUX 2012).....119

Figura 105 - Pesquisa de mercado candeeiros com desperdícios alimentares: a. kamaria; b. mycellium lamp; c. the meat project; d. verbaan lamp; e. highligth wine; f. marine ligth; g. veggie ligths. (Fruitleather 2015, decafé 2016, Krown 2019, Monte 2010, Nirmeiri 2010, high-society 2019).....120
Figura 106 - Croqui Leix Lamp (elaborado pelo autor).....123
Figura 107 - Esquiço inicial do produto (elaborado pelo autor).....123
Figura 108 - Esquiço do processo de desenvolvimento do produto (elaborado pelo autor).....124
Figura 109 - Esquiço da proposta final do produto (elaborado pelo autor).....125
Figura 110 - Propostas de variação de utilização do difusor do candeeiro (elaborado pelo autor).....126
Figura 111 - LEXI lamp (acervo próprio).....127
Figura 112 - Ambientação LEXI lamp. (acervo próprio).....130
Figura 113 - Azulejo utilizado no Terminal de Cruzeiro do Porto de Leixões (Gonçalves 2020).....130
Figura 114 - Componentes LEXI lamp (acervo próprio).....131
Figura 115 - Desenho técnico difusor LEXI lamp (elaborado pelo autor).....132
Figura 116 - - Detalhamento montagem LEXI lamp (elaborado pelo autor).....132
Figura 117 - Processo de fabrico LEXI lamp (acervo próprio).....134
Figura 118 - Desenhos embalagem LEXI lamp (elaborado pelo autor).....136
Figura 119 - Planificação embalagem LEXI lamp (elaborado pelo autor).....136
Figura 120 - Protótipo embalagem LEXI lamp (acervo próprio).....137
Figura 121 – Manual de instruções LEXI lamp (acervo próprio).....137
Figura 122 - Protótipos LEXI lamp (acervo próprio).....141
Figura 123 - Protótipos LEXI lamp (acervo próprio).....141
Figura 124 - Protótipos LEXI lamp (acervo próprio).....142
Figura 125 - Ambientação LEXI lamp (acervo próprio).....142
Figura 126 - Ambientação LEXI lamp (acervo próprio).....143
Figura 127 - Ambientação LEXI lamp (acervo próprio).....143
Figura 128 - Organização dos componentes por tipo de material (elaborado pelo autor).....144
Figura 129 - Planilha design para a desmontagem (elaborado pelo autor a partir de IDEO 2016).....145
Figura 130 - Lista de Materiais (elaborado pelo autor a partir de IDEO 2016).....146
Figura 131 - Planilha árvore de decisão (elaborado pelo autor a partir de IDEO 2016).....148

Figura 132 - LEXI Lamp (acervo próprio).....149

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativos dos RU produzidos em Portugal (adaptado de APA 2019a). 13

Tabela 2 - Síntese pesquisa de mercado (elaborado pelo autor). 50

Tabela 3 - Caracterização do produto LEIX Lamp (elaborado pelo autor) 67

Tabela 4 - Caracterização dos processos LEIX Lamp (elaborado pelo autor) 68

Tabela 5 - Entradas na ACV de uma LEIX Lamp (MIEA 2019). 71

Tabela 6 - Saídas na ACV de uma LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019) 71

Tabela 7 - Matriz MET LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019) 74

Tabela 8 - Caracterização do processo experimental (elaborado pelo autor). 84

Tabela 9 - Caracterização do processo experimental 9, 10, 11, 12, 13 e 14 (elaborado pelo autor) 88

Tabela 10 - Caracterização do processo experimental: 15 e 16 (elaborado pelo autor). 90

Tabela 11 - Caracterização experiências | Forno com prensa térmica (elaborado pelo autor) 97

Tabela 12 - Amostras com granulometrias definidas (elaborado pelo autor). 98

Tabela 13 - Síntese pesquisa de mercado candeeiros (elaborado pelo autor) 122

Tabela 14 - Custos relativos á produção molde de silicone (elaborado pelo autor). 138

Tabela 15 - Custos relativos a materiais e componentes: candeeiro + embalagem (elaborado pelo autor) 139

Tabela 16 - Custos relativos a energia e mão de obra: candeeiro + embalagem (elaborado pelo autor) 140

Tabela 17 - Custos totais LEXI lamp (elaborado pelo autor). 140

GLOSSÁRIO

C

COMPÓSITO – Resulta da combinação de dois ou mais materiais distintos no que diz respeito as suas propriedades físicas. O objetivo desse tipo de combinação heterógena é a obtenção das características de seus componentes, para que apresente melhor desempenho estrutural em condições especificas de uso (Ventura 2009).

D

DOWNCYCLING – É o processo de recuperação de um material para reuso em um produto com menor valor, ou seja, a integridade do material é de certa forma comprometida com o processo de recuperação (Campbell-Johnston *et al.* 2020).

M

MATRIZ MET – A matriz MET é um método qualitativo ou semi qualitativo utilizado para obter uma visão geral sobre as entradas e saídas em cada fase do ciclo de vida do produto (AEP 2013).

MOLDED PULP – é uma massa feita com papel picado e água (Martínez, Toso, and Morabito 2016).

U

UPCYCLING – É um processo de recuperação que converte os resíduos em novos materiais ou produtos com melhor qualidade e valor ambiental (Campbell-Johnston *et al.* 2020).

Figura 1 - Aterro de Azambuja (TRIAZA 2017).

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Desde os tempos mais primitivos, o homem produz resíduos sob diferentes formas, oriundos da ação de apropriação da natureza para satisfazer as suas necessidades (Berríos 2006), nos quais se incluem os desperdícios alimentares. Não bastasse a diversidade, os resíduos gerados mudam ao longo do tempo, tanto em quantidade quanto em qualidade, acompanhando as mudanças tecnológicas, culturais e comportamentais das sociedades humanas. Quanto mais a população aumenta e mais a economia cresce, maiores quantidades de resíduos gerados e mais diversos (Souto and Povinelli 2013).

A indústria de alimentos, uma das maiores indústrias do mundo, é de primordial importância para a economia. No entanto, o aumento dramático nos requisitos da população mundial e da cadeia de suprimentos de alimentos levará a um aumento acentuado da produção de alimentos nos próximos 50 anos. Nessas circunstâncias, altos volumes de resíduos da indústria de alimentos atraem crescente atenção social, política e científica a nível nacional e internacional (Otles *et al.* 2015). Segundo os resultados do relatório da Organização para a Agricultura e a Alimentação (FAO 2011), aproximadamente um terço dos alimentos produzidos para consumo humano são perdidos ou desperdiçados globalmente. Isso também significa que grandes quantidades dos recursos utilizados na produção de alimentos são despendidas em vão, assim como a emissão de gases de efeito estufa causados pela produção dos mesmos.

Oitenta por cento do impacte ambiental de um produto, serviço ou sistema é determinado no estágio de projeto (Thackara 2005). Assim sendo, pela natureza da atividade, os designers podem ajudar a reverter essa tendência, e várias estratégias podem ser adotadas para um design mais consciente. Segundo (Papanek 1995), os designers têm a oportunidade de criar algo novo, ou de refazer algo para que fique melhor, no entanto, devem ser cuidadosos com o que criam, devido às mudanças ambientais que são consequência das ações humanas. Acrescenta ainda que é imperativo que os designers deem o seu contributo na busca de soluções. Podem exercer uma influência positiva na conceção de soluções ambientalmente corretas de forma a contribuir significativamente durante todo o ciclo do produto, desde a extração de matérias-primas, passando pela produção onde pode produzir de forma "mais limpa" com o recurso a materiais reciclados e geração de menos resíduos.

Manzini (2008) defende que a sociedade deve mover-se em direção à redução do consumo material em busca do desenvolvimento sustentável. Por definição, o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades presentes da sociedade sem comprometer as necessidades das próximas gerações. Esse conceito não foca somente questões ambientais, pois as ações para um desenvolvimento mais sustentável devem ser amplas, abrangendo, além do meio ambiente a sociedade e a economia (Arruda, Ferroli, and Librelotto 2018). No âmbito do Design, com a crescente inovação das tecnologias, surgem produtos cada vez mais desejáveis e rapidamente

substituíveis e descartáveis, gerando volumes enormes de resíduos. Assim, torna-se essencial praticar uma Economia Circular, em que se analisa todo o ciclo de vida do produto, colocando todos os aspetos relacionados à sustentabilidade em análise (Marques 2012). Seguindo estes princípios, na metodologia do Design Circular os produtos devem ser projetados levando em consideração todas as fases de sua vida, desde a extração dos recursos necessários para a produção até o último tratamento e destino após o seu uso. A partir dessa análise, é possível determinar qual é o material mais viável ao longo do processo e como a sua produção afeta o ambiente (Manzini and Vezzoli 2002). Além de uma nova forma de projetar, o Design Circular considera ações voltadas a prolongar a vida útil, durabilidade dos produtos, projetar para a desmontagem, reutilização e reciclagem de materiais e componentes (Commission 2019). O papel do design, dessa forma, está em ligar o "tecnicamente possível" com o "ecologicamente necessário", fazendo nascer novas propostas que refletem a cultura atual de respeito pelo ambiente (Manzini and Vezzoli 2002).

1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação teve como principal objetivo investigar soluções para agregar valor aos desperdícios alimentares, especificamente cascas de ovos, desperdício originário da indústria de restauração e hotelaria. Apresentam-se soluções onde estes resíduos são transformados em matéria-prima para o design de um novo produto.

Através de pesquisa e experimentação obteve-se um novo material que foi aplicado em novo produto nomeadamente um candeeiro de mesa.

Com o produto desenvolvido pretende-se fomentar a sensibilização das pessoas acerca do impacto negativo dos resíduos e incentivar o seu reaproveitamento.

1.3 METODOLOGIA

O desenvolvimento desta dissertação foi acompanhado por uma série de metodologias para uma melhor estruturação do processo de investigação e de design. No Estado da Arte, capítulo 2, primeiramente foi feita uma investigação bibliográfica abrangente sobre o tema. Posteriormente foi feito um estudo de mercado com uma recolha de exemplos relativos a aplicações já existentes, de desperdícios alimentares em novos produtos. Com a recolha de informações realizada, seguiu-se o Caso de Estudo, capítulo 3, onde se realizou o trabalho experimental que consistiu no fabrico de amostras utilizando diferentes aglutinantes e casca de ovo em várias granulometrias.

Nesta fase, foi utilizada uma metodologia desenvolvida especificamente para facilitar o design com novos materiais, a Material Driven Design (Karana *et al.* 2015). Obtendo um conjunto de características descritivas do material compósito importantes para a implementação nas propostas de produtos. Por fim, foi feita a proposta de aplicação do material em um produto, a

fim de testar processos de fabrico e explorar possibilidades do material. A proposta foi desenvolvida através de modelação 3D, maquetes e protótipo funcional.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação estrutura-se em cinco capítulos.

O primeiro capítulo, Introdução, reúne as informações introdutórias à temática da dissertação, objetivos a atingir durante o seu desenvolvimento, metodologias adotadas e a estrutura do documento.

No segundo capítulo é exposto o Estado da Arte, com a revisão da literatura, que diz respeito à problemática dos resíduos, são explorados conhecimentos referentes ao resíduo alimentar em estudo nesta dissertação, nomeadamente a casca de ovo. São ainda referidas algumas aplicações que utilizaram a transformação de desperdícios alimentares em matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos. Faz-se referência aos conceitos de Economia Circular e como o design pode atuar na valorização dos resíduos.

O terceiro capítulo é referente ao Estudo de Caso onde se insere o plano experimental, constituído pelo desenvolvimento do material e processos de fabrico. É aplicada uma metodologia com o intuito de avaliar que perceção o utilizador tem em relação ao material desenvolvido e a partir das impressões recolhidas obter um direcionamento para a tipologia de produto a ser desenvolvido.

O quarto capítulo apresenta o produto proposto. O conceito, materiais, componentes, processos de fabrico e embalagem também são abordados. Por fim foi feita uma análise aproximada dos custos de produção.

No quinto capítulo são feitas as considerações finais, assim como as conclusões desta dissertação e perspetivas futuras. Por último, será exposta a bibliografa e anexos, referentes a toda a documentação de apoio na realização desta dissertação.

Figura 2 - Cascas de Ovos (Barros 2017).

2

ESTADO DA ARTE

2.1 A PROBLEMATIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com o relatório das Nações Unidas (2017) a população mundial, atualmente em cerca de 7,6 biliões de pessoas, deverá chegar a 8,6 biliões em 2030, 9,8 biliões em 2050 e 11,2 biliões em 2100. Com um crescimento de aproximadamente 83 milhões de habitantes por ano a expectativa é de que a tendência de aumento da população mundial continue. Com o aumento populacional a necessidade de se utilizarem recursos extraídos da natureza para a produção de bens de consumo cresce de maneira equivalente. Consequentemente, ocorrerá um grande aumento na produção de resíduos que serão na sua maioria descartados, desencadeando assim um dos grandes problemas enfrentados pela sociedade atual: a produção desenfreada de lixo.

O impacto global da geração de resíduos sólidos no planeta tem vindo a aumentar rapidamente a cada ano (A.Fernandes *et al.* 2018). Segundo o relatório do *World Bank Group* (Kaza *et al.* 2018) a geração global de resíduos em 2016 foi estimada em 2,01 biliões de toneladas e a previsão é de que no ano de 2030, o mundo deverá gerar 2,59 biliões de toneladas de resíduos anualmente e em 2050, espera-se que este número atinja 3,4 biliões de toneladas (Figura 3).

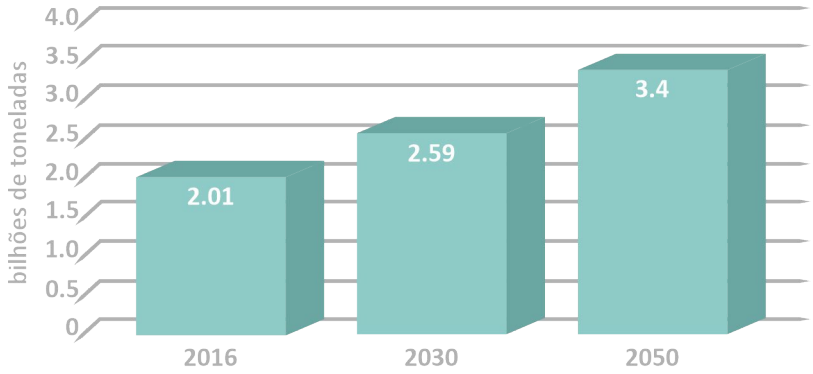


Figura 3 - Projeção mundial de geração de lixo (adaptado de Kaza *et al.* 2018).

A região da Europa e Ásia Central gerou 392 milhões de toneladas de resíduos em 2016, ou 1,18 kg por pessoa por dia. O total representa 20% do lixo mundial (Figura 4). Os maiores geradores de resíduos per capita são encontrados em alguns países com altos níveis de turismo e nos centros econômicos da Europa Ocidental. Portugal fica acima da média, com 1,26kg por pessoa por dia (Figura 5).

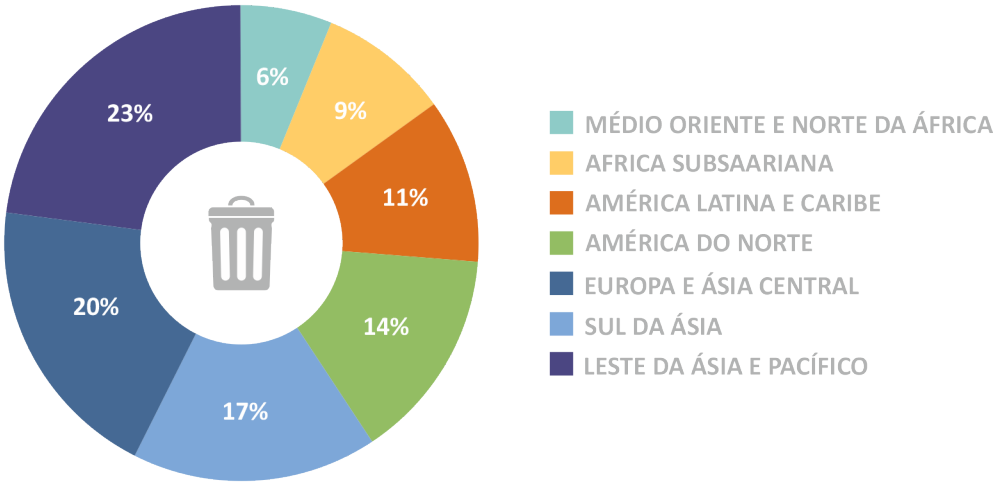


Figura 4 - Geração dos resíduos em 2016, por região e em percentagem (Kaza *et al.* 2018).

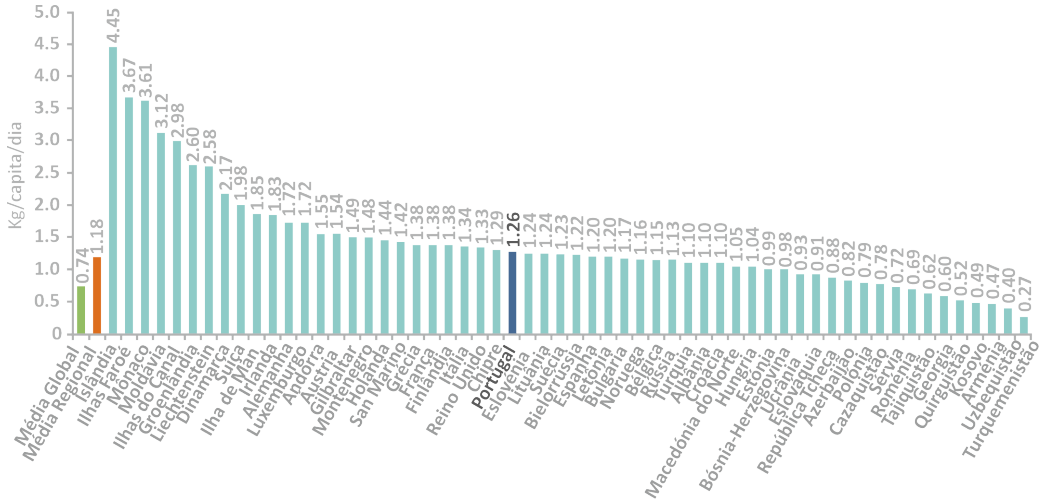


Figura 5 - Geração de Resíduos: Europa e Ásia Central (adaptado de Kaza *et al.* 2018).

Em relação á composição dos resíduos, a categoria com maior percentual na região da Europa e Ásia Central (Figura 6) são os resíduos alimentares e verdes que contabilizam 36% do total dos resíduos produzidos (Kaza *et al.* 2018).

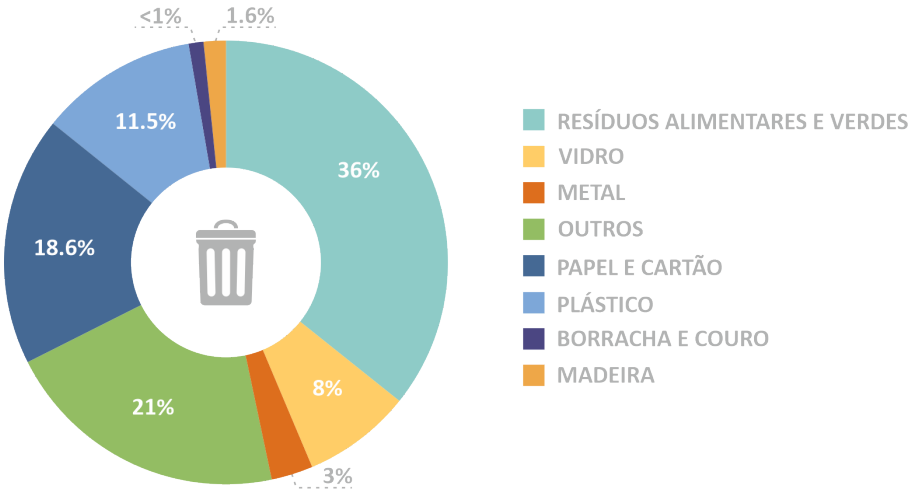


Figura 6 - Composição dos resíduos na Europa e na Ásia Central (adaptado de Kaza *et al.* 2018).

Em Portugal, a definição de Resíduo Urbano (RU) tem evoluído no que se refere à sua abrangência. O Decreto-Lei n.º 239/97 de 9 setembro apenas considera como resíduos urbanos "*os resíduos domésticos ou outros resíduos semelhantes, em razão da sua natureza ou composição, nomeadamente os provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde, desde que, em qualquer dos casos, a produção diária não exceda 1100 l por produtor*" (Ambiente 1997).

Entretanto, o atual Regime Geral de Gestão de Resíduos, reunido no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, prevê um conceito mais alargado, abrangendo todos os resíduos semelhantes aos resíduos domésticos, independentemente da quantidade diariamente produzida. A definição atualmente em vigor é a seguinte: *"resíduo proveniente de habitações, bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações"* (Território 2011).

Assim, são considerados resíduos urbanos os resíduos produzidos:

a) Pelos agregados familiares (resíduos domésticos);

b) Por pequenos produtores de resíduos semelhantes (produção diária inferior a 1.100 l);

c) Por grandes produtores de resíduos semelhantes (produção diária igual ou superior a 1.100 l).

Assim, apenas existe diferenciação no que diz respeito à responsabilidade de gestão, cabendo a mesma aos municípios no caso de produções diárias inferior a 1100 litros e aos respetivos produtores nos restantes casos (APA 2019a).

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), em 2018, foram produzidas em Portugal 5.213 mil toneladas de RU, mais 4% do que em 2017, sendo que em Portugal Continental foram produzidas 4.945 mil toneladas (Tabela 1). Este aumento poderá estar relacionado com uma

melhoria da situação económica, o que evidencia, no contexto dos RU, a tendência de afastamento do objetivo de dissociar a produção de resíduos do crescimento económico (APA 2019b). A APA elaborou em 2014 o "Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos" onde definiu como meta a redução da produção de RU para 2020, em 10% em relação aos resíduos produzidos em 2012 (APA 2014).

Tabela 1 - Quantitativos dos RU produzidos em Portugal (adaptado de APA 2019a).

REGIÃO / ANO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Portugal Continental	4 525	4 363	4 474	4 523	4 640	4 745	4 945
Região Autónoma da Madeira	114	106	110	110	119	124	126
Região Autónoma dos Açores	143	139	136	132	132	137	142
Total	4 782	4 608	4 719	4 765	4 891	5 006	5 213
Variação face ao ano anterior	↓ 7%	↓ 4%	↑ 2%	↑ 1%	↑ 3%	↑ 2%	↑ 4%

(unidade: milhares de toneladas)

No ano 2018, em Portugal continental, 36,4% dos resíduos produzidos encontram-se na categoria dos bio resíduos (APA 2019b). Consideram-se bio resíduos os resíduos de jardim biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos restaurantes, das unidades de catering e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos (MAOTDR 2009). Na Figura 7 são apresentados os resultados da caracterização física dos RU produzidos no Continente no ano de 2018, elaborada com base nas especificações técnicas da Portaria n.º 851/2009, de 7 de agosto (APA 2019b).

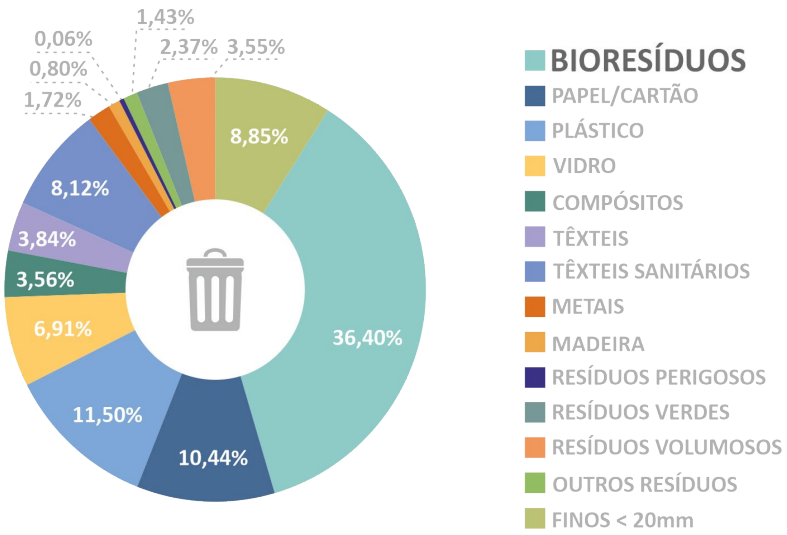


Figura 7 - Caracterização física dos RU produzidos, em 2018 (adaptado de APA 2019b).

No ano de 2018 em Portugal Continental 58% dos resíduos gerados foram depositados em aterro e apenas 13% tiveram como destino final a reciclagem (APA 2019b) (Figura 8). Uma parte significativa dos RU pode ser alvo de reutilização e valorização material e, como tal, ser devolvida à economia como um recurso secundário.

A gestão dos resíduos com vista à valorização e (re)incorporação na economia é uma das áreas de foco da economia circular em matéria de política pública europeia. Uma vez que a percentagem de resíduos valorizados em Portugal é inferior à média europeia, é prioritário que os resíduos passem a ser considerados como recursos (BCSD 2019).

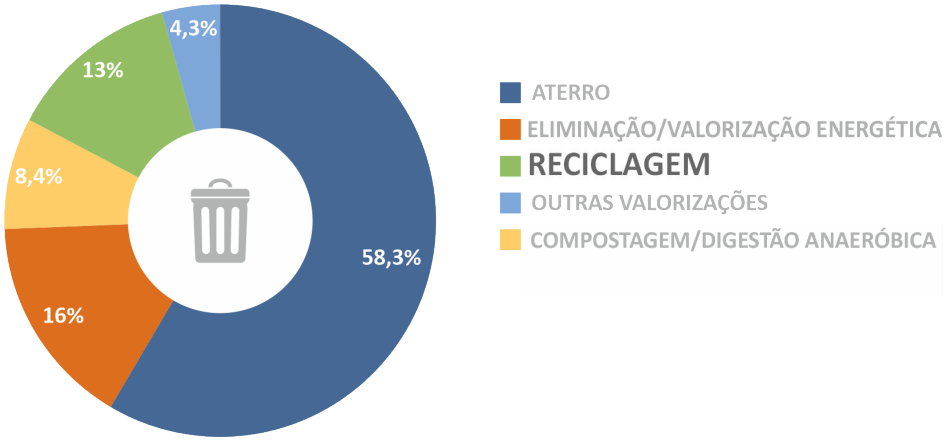


Figura 8 - Destino final dos RU em Portugal Continental no ano de 2018 (adaptado de APA 2019b).

2.2 ECONOMIA CIRCULAR

Entender o conceito de Economia Circular (EC) é essencial para uma transição bem-sucedida para um cenário sustentável. O objetivo deste subcapítulo é fornecer uma compreensão comum do que a EC implica.

Nos últimos 150 anos, a economia industrial tem sido dominada por um modelo linear de produção (Wautelet 2018b) onde o capital manufaturado, o capital humano e o capital natural contribuem para o bem-estar humano, apoiando a produção de bens e serviços no processo econômico (Brears 2018). Com avanços tecnológicos inovadores, a revolução industrial aumentou a produtividade da economia e trouxe prosperidade sem precedentes para a sociedade. Para fomentar o seu crescimento, esse sistema econômico forneceu incentivos para aumentar as vendas e simular economias de escala, o que levou a um consumo cada vez maior de bens e serviços (Wautelet 2018a).

O modelo linear é construído sobre três pilares: não existem limites para os recursos naturais, a disponibilidade fácil de recursos (energia e matérias-primas) e uma ilimitada capacidade regenerativa da Terra. Este sistema levou ao esgotamento dos recursos naturais do planeta, pois à medida que a economia cresce, uma maior quantidade de matéria-prima é necessária para a produção de bens e consequentemente uma maior geração de resíduos e degradação ambiental (Brears 2018). Como ilustrado pelo diagrama da Figura 9, este modelo assenta numa cadeia que passa por "extrair recursos – produzir bens – consumir – depositar resíduos". Ao longo desta cadeia os níveis de desperdício são significativos, havendo uma perda de valor económico e ambiental (Michelini *et al.* 2017).

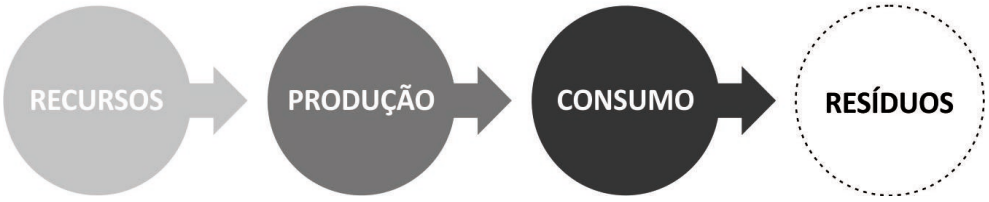


Figura 9 - Diagrama conceitual Economia Linear (elaborado pelo autor).

O sistema linear fez sentido quando surgiu no alvorecer da revolução industrial porque os recursos eram abundantes e a população pequena (Cara Pike 2010). Hoje, no entanto, mostra-se ineficaz para enfrentar os principiais desafios da sociedade moderna, dos quais pode-se referir a redução da pobreza e das desigualdades sociais, mudanças climáticas, escassez hídrica, perda da biodiversidade e exaustão dos recursos naturais. A projeção de crescimento da economia mundial no período de 2014 a 2050 é de em média pouco mais de 3% ao ano o que resulta numa economia com o dobro de tamanho até 2037 e quase a triplicar até 2050, ano em que a população da Terra alcançará aproximadamente nove biliões de pessoas. Para responder a esse

requisito global, a economia exigirá cerca de três vezes os recursos utilizados atualmente (Wautelet 2018b).

Para atingir um desenvolvimento econômico que concilie prosperidade com sustentabilidade, é preciso sair de uma economia baseada na escassez, de curto prazo, com foco no processo, para uma economia baseada no valor, de longo prazo (CNI 2018). A necessidade fundamental de uma alternativa ao modelo tradicional de crescimento levou ao debate emergente sobre a EC.

Suas aplicações práticas nos modernos sistemas econômicos e processos industriais ganharam força desde o final dos anos 1970 (Wautelet 2018b), liderados por um pequeno número de acadêmicos, líderes de pensamento e empresas. Segundo a Fundação Ellen MacArthur (FEM), o modelo de EC sintetiza uma série de importantes escolas de pensamento (Figura 10), incluindo a Economia de performance; a filosofia de design *Cradle to Cradle*; a ideia de Biomimética; a Ecologia industrial; o Capitalismo natural; a abordagem *Blue economy* e as ideias do Design regenerativo (Foundation 2015a).

Figura 10 - Influência de várias escolas de pensamento na economia circular (adaptado de Wautelet 2018b).

A FEM define a EC como "*Restaurativa e regenerativa por princípio. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, distinguindo entre ciclos de materiais técnicos e biológicos*" (Foundation 2015b). Este conceito tenta reproduzir, no processo produtivo, o que a natureza faz há milhões de anos, em linha com a constatação do químico francês Antoine Lavoisier "*Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma*" (Montaigne 2016).

O conceito de EC tem origens profundas, não deve ser rastreado até uma única data ou autor (Wautelet 2018b). Começou a ser difundido no ano de 2010 (Kaur *et al.* 2018), no Reino Unido pela FEM, que tem como principal objetivo a sua divulgação e promoção. Esta Fundação tem exercido um papel fundamental nesta área conseguindo envolver grandes empresas e governos, colaborando com a Comissão Europeia na elaboração do pacote relativo à EC apresentado em dezembro de 2015 (Lemos 2018).

A EC pretende substituir o modelo econômico linear. Dissociando o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos e eliminar resíduos do sistema. Para isso pretende-se maximizar a eficiência dos recursos e minimizar a produção de resíduos. É uma abordagem que transforma a função e o papel dos recursos: os resíduos industriais podem tornar-se matéria prima para outros processos (Wautelet 2018b).

Inspirada nos sistemas naturais, a EC busca compreender as suas características e como elas se relacionam com os sistemas artificiais (Motta 2018). O modelo circular responde a desafios relacionados a recursos para empresas e países e poderia gerar crescimento, criar empregos e reduzir os impactes ambientais, incluindo as emissões de carbono (Foundation 2015b). Apoiado por uma transição para fontes de energia renovável, o modelo circular constrói capital económico, natural e social (Foundation 2019a). Fundamenta-se em três princípios:

Princípio 1: Preservar e aumentar o capital natural

Este princípio começa com a forma de repensar produtos e serviços, compreende a utilização de recursos renováveis ou que apresentem o melhor desempenho, reduzem-se os gastos com a extração de recursos, aproveitando-os ao máximo. No final da sua vida útil, os materiais renováveis devem ser devolvidos à natureza para enriquecer o capital natural (Angelis 2018).

Princípio 2: Otimizar a produção de recursos

O segundo princípio envolve maximizar o valor dos recursos ao longo do tempo em ciclos técnicos e biológicos. Os nutrientes biológicos alimentam a biosfera, que corresponde aos ciclos da natureza ou biociclos enquanto os nutrientes técnicos alimentam a tecnosfera, que corresponde aos ciclos dos sistemas industriais ou tecnociclos (Braungart and McDonough 2014). O consumo dá-se apenas nos ciclos biológicos, onde alimentos e outros materiais de base biológica são projetados, sem componentes tóxicos, e quando a reutilização não é mais viável, podem retornar ao sistema através de processos como compostagem e digestão anaeróbica (Foundation 2019a). Materiais técnicos são concebidos para retornar aos processos de produção e consumo com perda mínima de qualidade ou valor (Lacy and Rutqvist 2015). Isso é sinônimo de projetar para a

remanufactura, a reforma e a reciclagem, de modo que componentes e materiais continuem circulando e contribuindo para a economia (Foundation 2019a).

Princípio 3: Fomentar a eficácia do sistema

O terceiro princípio, promover a eficácia do sistema, inclui a redução de danos a produtos e serviços de que os seres humanos precisam, como alimentos, mobilidade, habitação, educação, saúde e entretenimento. Pauta-se na boa gestão de recursos como solo, ar e água, extraindo os riscos de poluição ambiental e sonora, por exemplo, além de intensificar ações para manter o círculo contínuo (Foundation 2013).

Assim, os princípios que norteiam a EC priorizam a adoção de novas ferramentas e metodologias de produção, reduzindo a geração de resíduos e incentivando a adoção de energias renováveis (Foundation 2019a).

O diagrama borboleta (Figura 11) ilustra o fluxo contínuo de materiais técnicos e biológicos através do "círculo de valor" (Foundation 2019a) O fluxo circular dos nutrientes é representado pelas setas de cada lado, verde para biológico e azul para técnico.

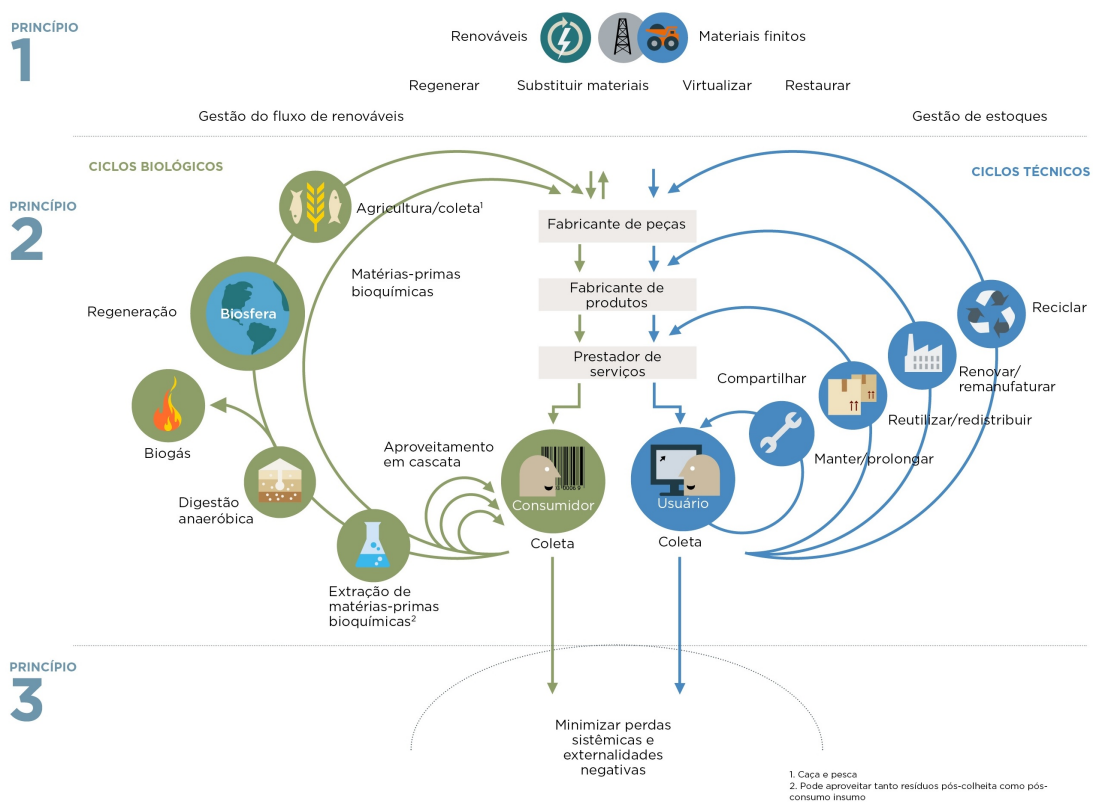


Figura 11 - Diagrama borboleta (adaptado de Foundation 2013).

O ciclo técnico é dividido em quatro ciclos, onde os mais pequenos são os mais valiosos pois mantém a integridade do produto.

_Ciclo de Manutenção/Prolongamento: Nesse ciclo, a durabilidade do produto é prolongada e ocorre o reparo e manutenção dos produtos, em caso de necessidade, para preservar o máximo do seu valor. No design, a escolha de materiais de qualidade, os processos de fabricação e o design do produto podem contribuir para criar artefactos duradouros e fáceis de reparar e atualizar (Foundation 2019a).

_Ciclo de Reúso/Redistribuição: A reutilização do produto é intensificada, podendo ser compartilhada. Aqui, o produto pode ser vendido ou redistribuído para outros mercados.

_Ciclo de Renovação/Remanufatura: Quando não for possível manter ou reutilizar, o ciclo de renovação/remanufatura contribui para o reprocesso de alguns componentes, reforma e atualização, investindo menos energia do que a reciclagem. Aqui, pode ocorrer uma restauração geral do produto e ele retorna para uma vida útil como produto usado, remanufaturado (Foundation 2019a).

_Ciclo de Reciclagem: Quando não for possível preservar a integridade do produto em outros ciclos, ocorre a reciclagem. O valor do produto é perdido, mas os materiais são recuperados, podendo ser reprocessados para a produção de um novo artefacto (Foundation 2019a).

As características fundamentais descritas a seguir descrevem a EC (Foundation 2019a):

Design sem resíduo

Os resíduos não são permitidos no funcionamento dos ciclos técnicos e biológicos. Todo artefacto deve ser projetado para ser desmontado e seus materiais compostados ou usados novamente.

Criar resiliência através da diversidade

Resiliência é a capacidade de uma pessoa, objeto ou meio se adaptar a novas circunstâncias após ter sofrido algum tipo de influência externa que tenha modificado as suas características. A EC valoriza a diversidade como forma de se fortalecer. Modularidade, versatilidade e adaptabilidade são características que precisam ser priorizadas. Em muitos tipos de sistemas, a diversidade é um fator fundamental para a versatilidade e a resiliência. Em sistemas vivos, por exemplo, a biodiversidade é essencial para sobreviver a mudanças ambientais. De maneira semelhante, as economias precisam de equilíbrio entre negócios de vários portes para terem sucesso no longo prazo.

Transitar para o uso de energia proveniente de fontes renováveis

Os sistemas devem operar com energia renovável, em sua própria natureza, de modo a reduzir a dependência dos recursos e aumentar a resiliência dos sistemas. Da mesma forma que os sistemas naturais se sustentam, os sistemas industriais circulares devem se sustentar com energia solar, eólica, das marés, a fim de utilizarem recursos sempre renováveis

Pensar em sistemas

O chamado "pensamento sistémico", propõe uma visão onde se encara o mundo como um sistema, composto por diversos sistemas mais pequenos, onde tudo está interligado. Na EC, o pensamento sistémico tem ampla aplicação, para a organização funcionar com sucesso, é necessário conectar todos os elementos e trabalhar em sistemas.

Pensar em cascata

Para os materiais biológicos, a essência de criação de valor reside na possibilidade de extrair valor adicional de produtos e materiais em cascata através de outras aplicações. Para exemplificar, os microrganismos decompõem materiais como a madeira, em etapas, obtendo nutrientes. Quando um produto de madeira é incinerado, deixa de receber esse valor adicional concedido por intermédio dos fungos e bactérias.

2.2.1 Criação de valor

O envolvimento empresarial possui uma relevante importância para que a transição para a EC se concretize. Empresas que compartilham, regeneram, otimizam, diminuem o desperdício e dependem de fontes de energia renovável, vão criar valor na EC (Motta 2018). A visão está a se popularizar entre líderes governamentais e empresariais como uma alternativa atraente ao modelo linear, na medida em que dissocia o crescimento econômico de recursos virgens, estimula a inovação, aumenta o crescimento e cria emprego. O surgimento de novos produtos (Ecovative, Aquafil) e plataformas de partilha (Mobike, MUD jeans) mostra que os modelos circulares de criação de valor já existem em setores da economia. FEM identifica quatro pontos principais que ajudarão a estimular uma economia mais circular (Foundation 2015b, 2020):

1. Design de produto e produção circular: o processo de design passa a ser considerado desde a conceção. São necessárias competências centrais em design circular para facilitar a reutilização, a reciclagem e o aproveitamento dos produtos. São importantes no design circular economicamente bem-sucedido os seguintes pontos:
    - a seleção de materiais e o uso de componentes padronizados;
    - produtos projetados para durar;
    - facilidade de classificação, separação ou reutilização de produtos e materiais no fim da vida dos itens;
    - critérios de fabricação que levem em conta possíveis aplicações úteis de subprodutos e resíduos. Os modelos de negócio da EC também devem ser considerados no design de produtos.
2. Novos modelos de negócio: Os modelos de negócios atuais são baseados na venda de produtos e na entrega de valor para os clientes. Na EC, por outro lado, os modelos de negócios circulares além de entregar valor para os clientes, agregam mais valor para o seu público, circulam mais os produtos e recursos e utilizam recursos renováveis de forma a regenerar o meio ambiente. São um grande desafio para muitas empresas, pois não requerem somente mudanças internas, mas também em toda sua cadeia de valor, incluindo a forma como os produtos são oferecidos aos consumidores. Orientam a transformação dos consumidores em utilizadores, através da prestação de serviços em vez de vendas de produtos.
3. Ciclo Logístico Reverso: ao se ter em conta que a criação de valor de materiais e produtos usados pressupõe o seu retorno à origem, será vital potencializar e explorar as capacidades instaladas ou novos modelos de logística reversa. No fluxo reverso, os produtos ou os seus resíduos, embalagens e afins são movimentados pelo consumidor em direção ao produtor. Como resultado os materiais retornam a etapas anteriores da cadeia para o seu processamento em uma nova utilização, por meio da reutilização ou reciclagem.
4. Fatores viabilizadores e condições sistêmicas favoráveis: Embora as empresas possam promover esses três primeiros pontos, algumas condições viabilizadoras podem contribuir muito para a transição:
    - Educação: A educação pode desempenhar um papel importante na preparação dos futuros profissionais para um novo paradigma econômico, particularmente na criação de uma base de habilidades para promover a inovação circular.

- Financiamento: Um ambiente regulatório estável é um ponto crucial para os investidores e pode representar um incentivo especial se os governos declararem a intenção de promover a transição para a EC, através da criação de estímulos aos financiamentos.
- Plataformas colaborativas: a colaboração efetiva entre cadeias de valor e setores é imperativa para o estabelecimento de um sistema circular de larga escala. Parcerias no desenvolvimento de produtos, transparência e compartilhamento de informações, sistemas de coleta compartilhados, padrões setoriais, incentivos alinhados e mecanismos de identificação de possíveis parceiros podem ser disponibilizados em plataformas colaborativas entre setores inteiros e entre empresas e formuladores de políticas.
- Uma nova estrutura econômica: Mudanças de maior alcance no sistema fiscal atual e nas métricas do desempenho econômico podem ajudar a viabilizar uma transição sistêmica para a EC.

2.2.2 Ecodesign

O Ecodesign foi destacado pela Comunicação da Comissão Europeia (2017) como importante estratégia na implementação do Plano de Ação para a EC (Commission 2019). Compõe um modelo de design orientado por critérios ecológicos (Bakker 1995). Tem por objetivo reduzir o impacte ambiental do produto ao longo de todo o seu ciclo de vida (AEP 2013). Deve ser economicamente viável, isto é, um produto competitivo no mercado e ecologicamente correto, que minimize o impacto ao meio ambiente (Figura 12). Para tornar um produto ecológico o designer pode fazer um redesign de um produto existente ou o design de novos produtos com vantagens ambientais, para isto deve atuar em todas as fases do ciclo de vida do produto e tomar decisões ecologicamente corretas que minimizem os impactos ambientais (Pazmino 2007). Os fatores de meio ambiente e econômico devem ser tratados como objetivos de projeto.

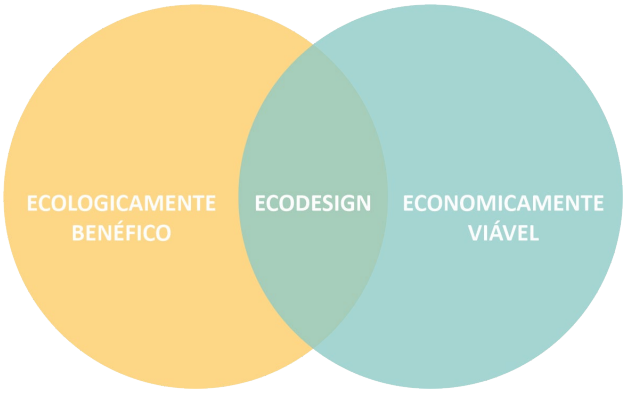


Figura 12 - Ecodesign (adaptado de Pazmino 2007).

A relação entre design e ecologia remonta aos anos 70, e é frequentemente atribuída a Victor Papanek que abordou pela primeira vez ao responsabilidade do designer perante o meio-ambiente e a sociedade (AEP 2013, Pazmino 2007, Rodrigo Luiz Carneiro de Souza, Vinicius Laureano Braz da Silva, and Walter Franklin M. Correia 2009). Tomou força na década de noventa, nos Estados Unidos, quando as indústrias do setor eletrónico introduziram a conscientização ambiental na filosofia das suas empresas como estratégia para reduzir impactes ambientais associados aos seus processos de produção. (Fiksel 2009).

Estratégias de Ecodesign oferecem orientações sobre medidas de ação a serem tomadas durante sua implementação prática. Vicente (2012 apud Hemel 1995) considera oito estratégias:

- Selecionar materiais de baixo impacte;
- Reduzir o uso de materiais;
- Otimizar técnicas de produção;
- Otimizar o sistema de distribuição;
- Redução do impacte durante o uso;
- Otimizar o tempo de vida;
- Otimizar o fim de vida;
- Desenvolvimento de novos conceitos.

A durabilidade de um produto e a capacidade de repará-lo, reciclá-lo e reutilizá-lo e de seus componentes e materiais dependem em grande parte do design inicial do produto.

2.3 DESIGN CIRCULAR

O design na EC é complexo e requer uma transformação de pensamento, para mudar *"do foco atual centrado no produto para uma abordagem de projeto baseada no sistema"*. O Design Circular (DC) procura entregar um produto ou serviço, funcional, composto por ótimos materiais que ofereçam o melhor desempenho, minimizando o impacto negativo ao longo de todo o ciclo de vida do produto (Fifield and Medkova 2016).

A durabilidade de um produto e a capacidade de o reparar, reciclar e reutilizar os seus componentes e materiais dependem em grande parte do design do produto (Commission 2019). O designer desempenha um papel crucial na EC, nas decisões tomadas nos estágios iniciais do processo de desenvolvimento de um produto, e na possibilidade de relacionamentos entre produtos e consumidores, fornecendo-lhes possíveis alternativas após o descarte (Bovea and Pérez-Belis 2018).

Segundo Bovea and Pérez-Belis (2018), as características de um produto influenciam diretamente a forma como a cadeia de valor será construída e gerenciada. Portanto, é necessário que os projetistas tenham diretrizes para guiá-los através do processo de desenvolvimento de projetos de produtos em direção aos princípios da EC.

O DC desafia a criação de produtos e materiais de forma a minimizar o uso de matérias-primas primárias, com foco na redução da perda de valor dos produtos e materiais, mantendo-os circulando em ciclos fechados. No fim de vida de um produto, os seus componentes ou materiais deverão ser transformados em recursos para um novo processo (Fifield and Medkova 2016). Através de novos modelos de negócio, o DC visa otimizar o potencial económico dos recursos disponíveis, ao mesmo tempo que restaura os recursos naturais e melhora a saúde humana (TUDelft 2019).

2.3.1 Diretrizes

Pesquisadores da Universidade Jaume I em Espanha, desenvolveram uma metodologia que permite a análise de como um produto existente atende às diretrizes de design necessárias para a perspetiva da EC e quais diretrizes precisariam ser incorporadas para criar um produto de DC. Como pode ser visto na Figura 13 o método disponibiliza aos designers 33 possíveis diretrizes para um produto de DC (Commission 2019).

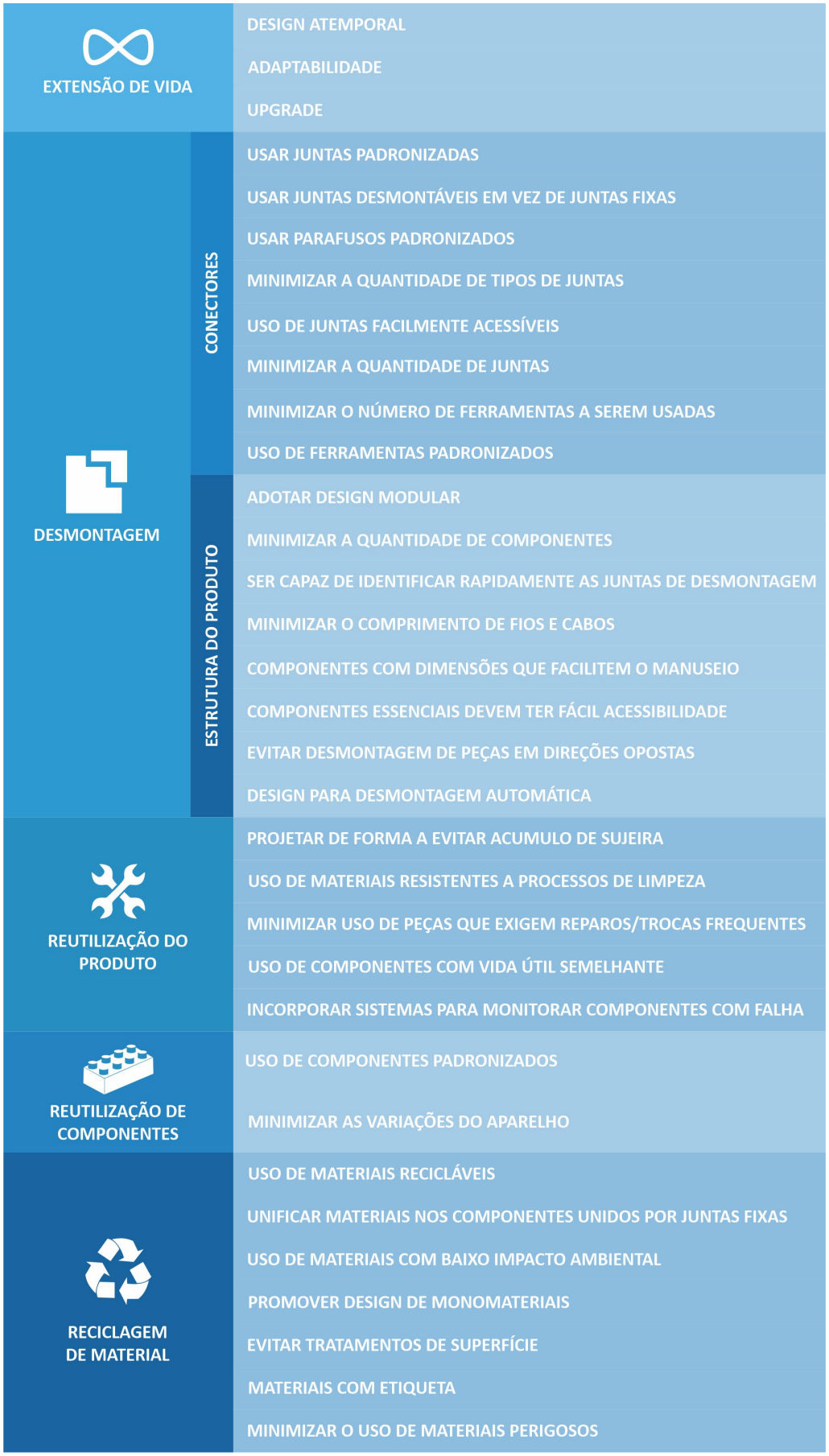


Figura 13 - Diretrizes de Design (elaborado pelo autor).

Para a identificação das diretrizes, os pesquisadores analisaram pesquisas já existentes sobre os princípios do Ecodesign. De seguida, as diretrizes foram categorizadas em cinco grupos (Commission 2019):

Prolongar vida útil: inclui as diretrizes de design relacionadas à promoção da vida útil e durabilidade dos produtos, adaptando o seu design e estudando a possibilidade de atualizar novas versões ou através de um design atemporal, garantindo que o produto possa ser usado por tanto tempo quanto possível. Essas diretrizes poderiam ser atendidas usando recursos como design modular e componentes padronizados.

Desmontagem: inclui as diretrizes de design relacionadas com a estrutura do produto e acesso aos seus componentes, dividindo-se entre:

- Conectores: inclui as diretrizes de design relacionadas às conexões para facilitar a desmontagem.
- Estrutura do produto: inclui as diretrizes de design relacionadas à localização das principais peças e componentes, de forma a facilitar o seu acesso.

Reutilização do produto: inclui as diretrizes de design que facilitam a reutilização completa do produto, promovem a fácil manutenção e limpeza de produtos e suas peças para incentivar a reutilização.

Reutilização de componentes: inclui as recomendações de diretrizes de design para facilitar a reutilização dos componentes ou peças do produto, adotando peças padronizadas e com uma variação mínima no design do produto.

Reciclagem de materiais: inclui as diretrizes de design que facilitam a identificação, separação e reciclagem de materiais.

2.3.2 Circular design guide

EM 2016, a IDEO em parceria com a FEM lançou um guia online de DC, aplicando o *Design Thinking* a uma forma de solucionar problemas de design não apenas do ponto de vista do usuário, mas de todo o sistema envolvido. Criado para aumentar a conscientização sobre a EC, o guia incentiva inovadores, empreendedores e fabricantes a fazerem novas perguntas sobre a criação de valor e a saúde dos negócios a longo prazo, além de aplicar princípios circulares às suas próprias organizações.

Redefinindo uma abordagem de pensamento de design o guia fornece métodos (Figura 14) para a aplicação prática, bem como entrevistas em vídeo com designers, planilhas, estudos de caso e links para ferramentas técnicas úteis que permitem a exploração de novas formas de criar valor sustentável, resiliente e duradouro na EC. Os métodos estão separados em quatro etapas nomeadas de Entender, Definir, Fazer e Lançar (IDEO 2016).

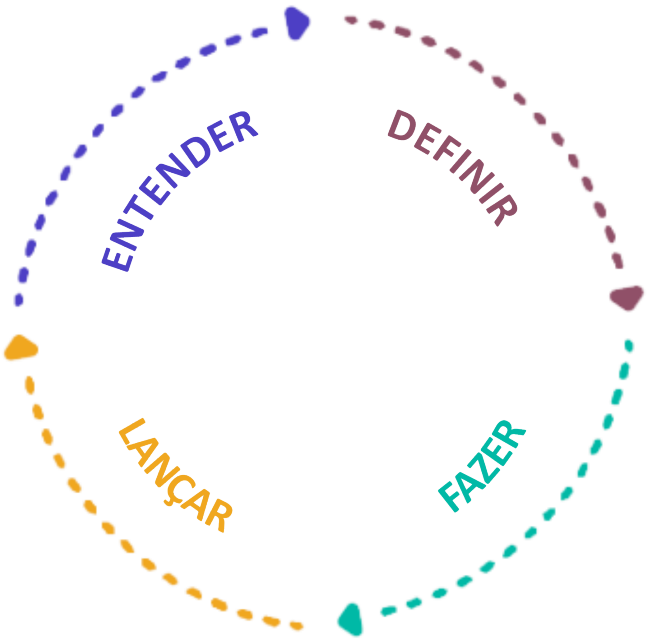


Figura 14 - Etapas propostas pelo *Circular Design Guide* (adaptado de IDEO 2016).

Inicialmente define-se um problema para solucionar e a partir dele é possível escolher as ferramentas mais compatíveis com o projeto. Atualmente o *Circular Design Guide* conta com 24 técnicas que serão descritas a seguir:

ENTENDER

Nesta seção são obtidas informações sobre soluções de DC, bem como uma compreensão mais profunda de como se pode mudar do pensamento linear para o circular. Na seção "Entender" são apresentados seis métodos (Figura 15):

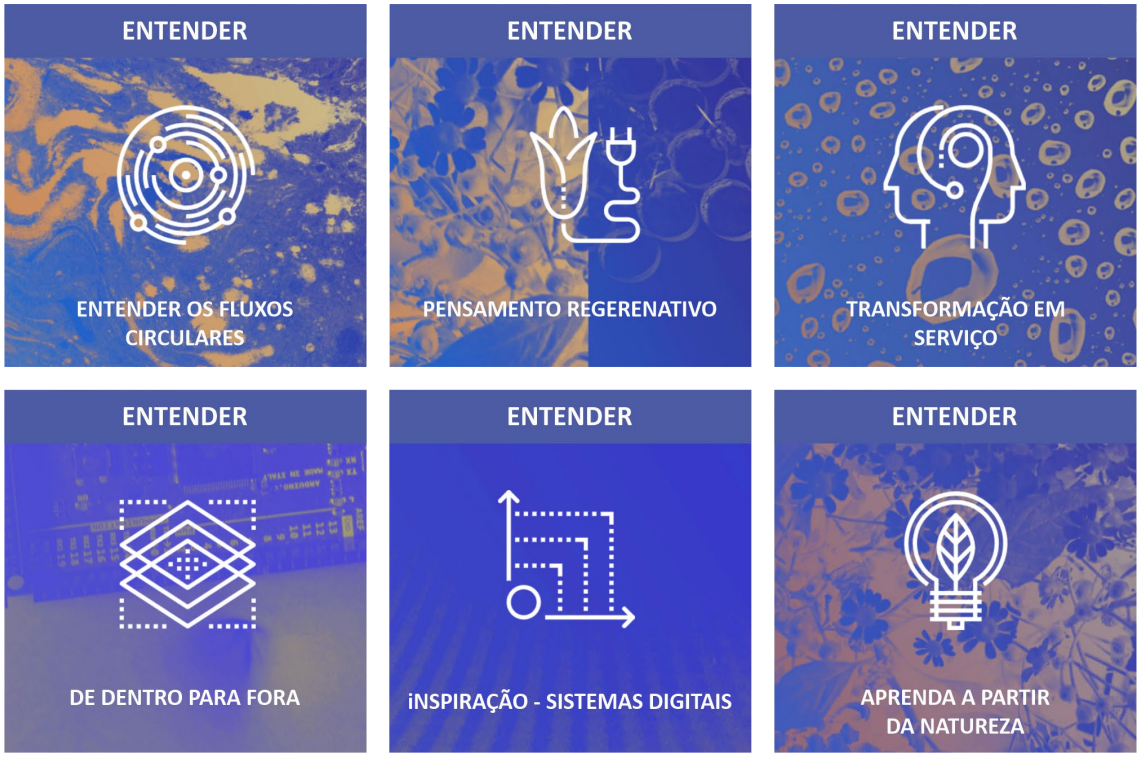


Figura 15 - Seis Métodos "Entender" (adaptado de IDEO 2016).

1. **Entenda os fluxos circulares:** recurso para entender de que forma é possível tornar um produto/serviço mais circular. Disponibiliza uma planilha de fluxos circulares para o projetista conhecer a fundo os ciclos que o produto pode integrar. A planilha é dividida em fluxos técnicos e biológicos e segue os ciclos do diagrama sistêmico da EC.
2. **Pensamento regenerativo:** com a finalidade de promover um sistema regenerativo, esta técnica propõe que todos os atores do ecossistema no qual a empresa está inserida sejam nutridos com bem-estar, educação, prosperidade e conexão com a natureza. Recomenda-se listar o que pode ser feito para atingir este objetivo e construir uma comunidade saudável, quais são os benefícios e de que forma será possível medir esse impacto.
3. **Transformação em serviço:** planilha para analisar se o produto pode ser transformado em um serviço. De início, indica-se reconhecer as necessidades que o produto atende para depois pensar em outras formas de solucionar essa demanda que não seja por meio de um produto individual.

4. De dentro para fora: técnica que orienta a desmontagem de um produto para entender as dificuldades que podem acontecer na separação e recuperação de peças. Depois de desmontar um produto, pode-se observar quais componentes podem ser recuperados, quais podem ser substituídos individualmente em caso de mau funcionamento e o que poderia ser mudado para facilitar esse processo.
5. Inspiração - Sistemas Digitais: as características dos sistemas digitais, como desenvolvimento ágil e *loops* contínuos de *feedback*, podem servir como inspiração para projetos circulares. Ao listar e analisar algumas plataformas digitais, a sugestão é observar essas características e aplicá-las em um projeto futuro.
6. Aprenda a partir da natureza: essa estratégia cita a biomimética como inspiração para o design. O passo-a-passo concentra-se em descrever o problema e pensar em como a natureza o resolve.

DEFINIR

Nesta seção, através de seis métodos (Figura 16), são estabelecidas algumas metas para o projeto.

Figura 16 - Seis Métodos "Definir" (adaptado de IDEO 2016).

1. Defina seu desafio: para trabalhar em um projeto circular, é necessário esclarecer o desafio a ser solucionado, o impacto esperado, como medir o sucesso, e quais são as pequenas ações importantes para atingir o resultado.
2. Encontre oportunidades circulares: planilha que tem como objetivo detectar oportunidades circulares com o auxílio de perguntas pré-definidas e iniciar o esboço de um projeto.
3. Construindo equipes: ferramenta de apoio à formação de equipes interdisciplinares. Propõe que as funções importantes sejam mapeadas e as expectativas de cada membro da equipe fiquem esclarecidas.
4. Compra circular: método utilizado para mapear os *stakeholders*, como investidores, funcionários, fornecedores, e entender seu ponto de vista em relação à ideia. Compreender o que mais importa para eles e qual a motivação para apoiarem a iniciativa pode facilitar a busca por parceiros e aumentar o engajamento das partes envolvidas.
5. Modelo de negócio circular: *template* para modelar negócios a partir do ponto de vista circular. O modelo compreende definição de parcerias, recursos, maneiras de distribuição, despesas, receitas e formas de criar valor para o cliente.
6. Crie compromisso de marca: definir o propósito da marca ajuda a transmitir uma mensagem mais adequada, além de conectar, fidelizar e engajar o público. O guia disponibiliza um modelo para explorar os diferenciais de um negócio e determinar o compromisso de marca.

FAZER

Esta seção reúne ferramentas que auxiliam o projetista a entender as necessidades de todos os usuários da cadeia, identificar oportunidades para debater ideias, desenvolver e selecionar conceitos (Figura 17).

Figura 17 - Seis Métodos "Fazer" (adaptado de IDEO 2016).

1. **Pesquisa centrada no usuário:** é importante reconhecer as necessidades de todas as pessoas envolvidas no projeto circular. Para tanto, define-se todos os atores presentes na cadeia de valor, incluindo fornecedores, retalhistas, fabricantes e os potenciais usuários. Depois, é recomendado entrevistá-los para descobrir suas necessidades e repassar todas as informações recolhidas para a equipe do projeto.
2. ***Brainstorming* circular:** recurso utilizado para a geração de uma grande quantidade de conceitos. Funciona do mesmo modo que o brainstorming comum, porém inspirado em seres vivos e outras noções circulares.
3. **Incorporar mecanismos de *feedback*:** planilha proposta com o objetivo de criar ciclos de *feedback* a partir de expectativas previstas para o produto circular. Listam-se hipóteses, evidências necessárias para medir o sucesso da hipótese, maneiras de coletar esses dados e o que será feito a partir do *feedback*.

4. **Escolhas inteligentes de materiais:** para selecionar materiais de forma inteligente é preciso fazer as perguntas certas. O *Circular Design Guide* recomenda relacionar todas as matérias-primas do produto e aplicá-los na árvore de decisão desenvolvida para essa estratégia.
5. **Seleção de conceito:** depois de desenvolver uma série de conceitos circulares, deve-se selecionar a melhor alternativa para dar seguimento e implementá-la. Aqui, um mapa de polaridades é sugerido com os seguintes pontos extremos: alto impacto, baixo impacto, fácil de realizar e difícil de realizar. Ao aplicar as alternativas no mapa, é possível identificar as opções que estão mais alinhadas com o objetivo da empresa.
6. **Prototipagem rápida:** o intuito desse recurso é construir modelos, modelos digitais, simulações de um serviço ou *storyboards* para testar com os usuários antes de lançá-los ao mercado.

LANÇAR

A seção Lançar tem por intenção promover o conceito no mercado com o objetivo de recolher continuamente *feedback* para evoluir os seus produtos, serviços e negócios. Entender como explorar novas parcerias e criar mudanças. Na seção Lançar são apresentados seis métodos (Figura 18).

Figura 18 - Seis Métodos "Lançar" (adaptado de IDEO 2016).

1. Mapeamento de jornada de produto: a fim de investigar a jornada do produto deve-se questionar "por quanto tempo o produto poderá ser utilizado?", "esse tempo pode ser estendido?" e "o que acontece depois do primeiro ciclo de uso? E depois?". É fundamental avaliar se o produto retornará para a biosfera, se será reutilizado, remanufaturado ou reciclado. O que torna a proposta compatível com a EC é a viabilidade de aplicar os componentes do produto dentro dos ciclos.
2. Lançar para aprender: o projeto piloto é capaz de testar se os objetivos da proposta foram alcançados. A ferramenta aconselha a criação de um mapa dos pontos de contato do piloto com pessoas, lugares e coisas e a verificação do funcionamento da solução em relação a equipe, suporte, materiais, recursos e parceiros.
3. Imagine novas parcerias: após o piloto, novas chances de parceria podem surgir. Isso posto, lista-se parceiros que podem agregar ainda mais valor à organização.
4. Crie sua narrativa: a mensagem transmitida por meio do compromisso de marca e das ações da organização pode despertar emoções e engajar ainda mais o público. O Circular Design Guide propõe que seja feito um *storyboard* para auxiliar na construção de uma narrativa que traduza o propósito da empresa.
5. Alinhe sua organização: os princípios do *Design Thinking* funcionam para preparar a empresa para receber a circularidade. A planilha de projeto organizacional disponibilizada pelo guia é dedicada à avaliação dos processos, incentivos, estratégias, talentos, infraestrutura e estrutura das equipes.
6. *Loops* de aprendizagem contínua: o recurso orienta o acompanhamento dos *feedbacks* gerados na técnica "incorporar mecanismos de *feedback*" para planejar as futuras melhorias, oportunidades e inovações do projeto. Isso permite uma constante evolução a partir de *insights* coletados continuamente.

2.4 DESPERDÍCIO ALIMENTAR: CASCAS DE OVOS

A presença dos ovos na gastronomia portuguesa é massiva. Dizem as histórias populares que a tradição da doçaria portuguesa tem origem nos conventos. O forte componente religioso presente na cultura portuguesa tem como consequência a existência de inúmeros conventos e mosteiros distribuídos pelo país. Era prática comum nos conventos a utilização de claras de ovos para engomar os hábitos e filtrar líquidos, como na produção de vinho. O alto consumo de claras gerava, por consequência, uma grande quantidade de gemas não utilizadas, que eram destinadas ao lixo ou distribuídas aos porcos. Assim, da necessidade de reaproveitamento destas gemas nascem inúmeras receitas de doces, que eram inclusive vendidos pelas religiosas para reforçar o orçamento dos conventos e assegurar as necessidades diárias dos religiosos.

Atualmente, a produção de ovos em todo o mundo é de 65,5 milhões de toneladas por ano, com a Ásia como um dos principais contribuintes para o crescimento global da produção. Somente em Portugal são produzidas 14.671 toneladas de cascas de ovos descartadas como resíduos. Assim sendo, a sua utilização engenhosa é uma grande oportunidade não só para reduzir o impacto ambiental, mas também para a obtenção de maiores lucros (Shadia Ikhmayies 2019).

A indústria de produtos e derivados de ovo produz atualmente uma quantidade significativa de casca de ovo que é considerada como um SubProduto de Origem Animal (SPOA) não destinado ao consumo humano. Devido à indefinição de estratégias adequadas para a gestão deste subproduto, a deposição em aterro tem sido tradicionalmente utilizada como destino final, resultando numa solução com alto custo de gerenciamento (Magalhães *et al.* 2011, Arabhosseini and Faridi 2018, Guedes 2014). Durante a realização desta investigação, não foram encontrados dados referentes às percentagens de cascas de ovos que têm como destino final os aterros sanitários.

De acordo com o relatório Cidades e Economia Circular dos Alimentos lançado no Fórum Económico Mundial de 2019 pela FEM, as cidades podem desempenhar um papel importante na transição de um sistema que além de reduzir os resíduos de alimento, busca eliminar completamente o conceito de "resíduo". Podem garantir que sejam usados no seu mais alto valor, transformando-os em novos produtos que vão desde fertilizantes orgânicos a biomateriais, medicamentos e bioenergia. Em vez de um destino final para os alimentos, as cidades podem se tornar centros de transformação em uma gama de materiais valiosos, impulsionando novas fontes de receita (Foundation 2019b).

2.4.1 COMPOSIÇÃO

Os ovos são compostos por três componentes principais; a casca de ovo incluindo as membranas, o albúmen e a gema. A gema é envolvida por albúmen, que por sua vez é envolto pelas membranas e, finalmente, por uma casca de ovo dura (Mine 2008). De uma maneira mais detalhada a estrutura do ovo é subdividida em gema, clara, calaza, câmara de ar, membranas interna, membrana externa e por fim a casca (Falcão 2015).

Segundo (Hunton 2005) a casca do ovo é crucial, porque protege o embrião de danos mecânicos e regula as trocas gasosas entre o embrião e o ambiente externo. É resultante da deposição sequencial de diferentes camadas dentro dos segmentos do oviduto da galinha durante um período predeterminado (Rainer Huopalahti 2007). De acordo com Oliveira (2009) a casca constitui uma barreira protetora, inclusive contra a penetração de microrganismos. É constituída por aproximadamente 3,5 % de matriz orgânica, compreendendo as membranas da casca e alguns constituintes, e 95% de carbonato de cálcio sob a forma de calcite (Rainer Huopalahti 2007). Na Figura 19, podem ser observadas as camadas que constituem a casca de ovo (Hincke *et al.* 2012). São elas: membranas do invólucro (interna e externa), camada mamilar, camada em paliçada, camada de cristal vertical e cutícula (Falcão 2015).

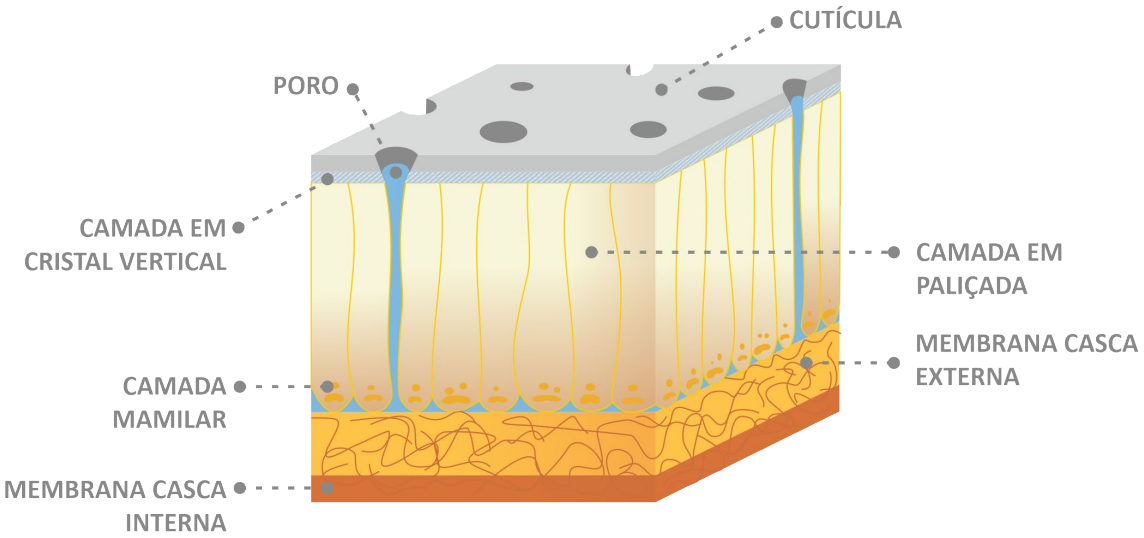


Figura 19 - Estrutura da casca de ovo de galinha (adaptado de Hincke *et al.* 2012).

A camada externa é a cutícula, uma camada orgânica de 10 a 30µm que contém camadas mineralizadas e orgânicas, bem como a maioria dos pigmentos da casca de ovo (Eskin 2013). Acredita-se que a cutícula desempenha um papel no controle da troca de água, repelindo a água ou evitando sua perda e pode funcionar na limitação da colonização microbiana da superfície da casca do ovo (Y Nys 2011). A definição da cor da casca tem dois fatores principais: a porosidade e a presença de porfirina. A cor está associada à história da criação da galinha. Os ovos brancos são produzidos comercialmente por linhas derivadas principalmente da raça White Leghorn,

enquanto os ovos acastanhados são produzidos por galinhas derivadas de um elevado número de raças, incluindo Barred Plymouth Rock, Rhode Island Red, Rhode Island Branco, Australorp, New Hampshire, e provavelmente outras. Estas aves eram mantidas em bandos nas quintas no século passado, desta forma ovos castanhos foram entendidos pelo consumidor como mais naturais ou saudáveis do que os ovos brancos (Figueira 2014). Após alguma pesquisa de campo no mercado português constatou-se que a grande maioria dos ovos disponíveis são de casca acastanhada.

Após a camada da cutícula encontra-se a camada de cristal vertical, uma camada única e fina que, se localiza acima da camada de paliçada e composta por carbonato de cálcio. A região da paliçada, uma densa camada vertical de cristal, é composta por uma matriz esponjosa calcificada de estrutura cristalina. De seguida tem-se a região mamilar, que fica localizada na parte basal das colunas calcificadas e inclui a reserva de cálcio e a região da coroa. Por fim as membranas da casca incluindo a interna e a externa, localizadas entre a clara e a camada mamilar, são formadas por fibras orgânicas que protegem o ovo da penetração de micro-organismos (Eskin 2013).

2.4.2 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

No enquadramento das atuais políticas da União Europeia que fomentam a reciclagem e valorização de resíduos e tendo em conta normas sanitárias para a eliminação e a transformação de resíduos de origem animal, desde 2009 estão definidos pelo Regulamento (CE) n.º 1069/2009 regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano. As cascas de ovo são abrangidas pelo âmbito do regulamento, sendo classificadas como subprodutos animais de categoria 3. O regulamento não prevê a eliminação de cascas de ovo através do circuito dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (Union and Parliament 2009).

Em Portugal, a Direcção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) estabeleceu regras para a eliminação de cascas de ovos geradas em estabelecimento industrial de pastelaria e de panificação. Segundo o Esclarecimento n.º 10/2018 da DGAV (Anexo 1).

A DGAV estabelece a possibilidade de encaminhamento das cascas de ovos para o circuito dos RSU desde que os estabelecimentos as submetam previamente a tratamento térmico de forma a prevenir eventuais riscos para a saúde humana e animal. Os estabelecimentos que pretendem eliminar as cascas de ovos no RSU devem cumprir algumas regras que estão presentes no esclarecimento (DGAV 2018).

Foram contactados alguns estabelecimentos na região de Matosinhos do setor da restauração, com o intuito de perceber de que forma é feito o descarte das cascas de ovos. Segundo as

informações recolhidas os estabelecimentos não se atentam às regras e fazem o descarte no lixo comum.

2.4.3 APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

Os resíduos de casca de ovo podem ser reutilizados como matéria-prima para outras indústrias (Figueira 2014). Possíveis aplicações vão desde processos de baixo investimento como fertilizantes e ração animal até alto investimento para transformação com finalidade de consumo humano, absorção de metais pesados, tratamento de papel, catalisadores para produção de biodiesel, produção de proteína hidrolisada ou concentrada, osso e implantes dentários. As últimas aplicações precisam de grandes investimentos, mas podem fornecer produtos mais valiosos (Arabhosseini and Faridi 2018, Oliveira, Benelli, and Amante 2009, Guedes 2014). Em Portugal, mais concretamente na Universidade de Aveiro, uma equipa de investigadores descobriu um processo, já patenteado, que permite utilizar cascas de ovos no fabrico de materiais cerâmicos (Falcão 2015).

A reutilização dos componentes da casca do ovo pode reduzir o risco de problemas microbiológicos e os custos de descarte no meio ambiente, bem como fornecer matérias-primas para substituir o $CaCO_3$ extraído de fontes não renováveis e a produção de outros subprodutos (Oliveira, Benelli, and Amante 2009). Em certas aplicações existe a necessidade de eliminar a parte orgânica essencialmente ligada à cutícula e à membrana (Figueira 2014).

Um dos problemas no processamento da casca de ovo é separar completamente o carbonato da membrana de forma econômica e ambientalmente correta (Oliveira, Benelli, and Amante 2009). Recentemente surgiram algumas tecnologias que permitem uma separação, de forma industrial e eficiente da casca e das respetivas membranas (Ruff *et al.* 2012). Um método patenteado com esta finalidade é feito através do desgaste das partículas da casca, de forma a quebrar a ligação entre as membranas e a casca, através de um tanque com água onde é gerada turbulência. As membranas ficam retidas no líquido enquanto as cascas ficam depositadas no fundo do tanque (Falcão 2015). A separação completa das cascas e membranas torna possível o desenvolvimento de produtos de valor acrescentado a partir de ambos os materiais (Glatz, Zhihong, and Belinda 2011).

2.5 PESQUISA DE MERCADO

A pesquisa de mercado tem como objetivo perceber em que tipo de produtos os resíduos alimentares estão a ser comumente aplicados. São apresentados alguns projetos com a utilização de resíduos alimentares. Como visto no ponto 2.4.3, as cascas de ovos são maioritariamente utilizadas para fins industriais em seu estado bruto, ainda assim, foram encontrados três projetos onde são utilizadas como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos.

2.5.1 Reaproveitamento de desperdícios alimentares

FRUITLEATHER, 2015. Holanda

Criada por dois jovens designers, Koen Meerkerk e Hugo de Boon, a Fruitleather apresenta um couro ecológico desenvolvido a partir de frutas descartadas, que pode ser usado na produção de bolsas, sapatos e até mesmo mobiliário (Figura 20). A matéria-prima é obtida em locais como importadores de frutas, que lhes repassam o que seria jogado fora. O processo envolvido na criação desse novo material consiste em primeiramente retirar, as sementes, de frutas como mangas e laranjas. Depois, as frutas são amassadas e em seguida essa polpa é fervida para eliminar bactérias. A "sopa" de fruta é então espalhada sobre uma superfície para secar. O resultado são lâminas de um material durável, que pode ser facilmente costurado e cortado e que após o acabamento final assemelha-se ao couro. A visão da empresa não é apenas divulgar a questão do desperdício de alimentos, mas também mostrar como o lixo em geral pode ser usado de forma positiva (Fruitleather 2015).

Figura 20 - Conjunto de imagens Fruitleather (Fruitleather 2015).

ORANGE FIBER, 2014. Itália

A Orange Fiber (A. Santanocito 2014) é uma empresa italiana que criou requintados e sustentáveis tecidos de frutas cítricas. O processo basicamente se resume em extrair a celulose da casca da fruta, transformá-la em fio e posteriormente em tecido de alta qualidade e para a alta costura. No fio originado estão presentes microcápsulas de vitaminas da fruta, que durante até 10 lavagens são capazes de hidratar a pele. A celulose cítrica é semelhante a seda, e pode se misturar a outros materiais. A marca de artigos de luxo Salvatore Ferragamo desenvolveu um projeto exclusivo sobre inovação e sustentabilidade, que colabora com a Orange Fiber, criando uma coleção com os tecidos de fibra de laranja, e estampas do designer italiano Mario Trimarchi (Figura 21). A coleção conta com camisas, calças, vestidos, todos estampados com imagens que remetam à natureza.

Figura 21 - Conjunto de imagens Orangefiber (A. Santanocito 2014).

VEGEA, 2014. Itália

Impulsionados pelo desejo de encontrar soluções ecológicas e circulares para a indústria da moda, Gianpiero Tessitore e Francesco Merlino, enrodilharam por um caminho de pesquisa e investiram no desenvolvimento de uma tecnologia inovadora para a produção de tecidos técnicos à base de plantas. Vegea criou um tecido alternativo derivado do bagaço da uva. Batizado de *Wineleather*, o produto é composto de fibras e óleos contidos no bagaço da uva, nas peles, sementes e caules, resíduos obtidos durante a produção do vinho. O *Wineleather* possui as mesmas características mecânicas, sensoriais e estéticas do couro animal. Apoiada pela Fundação H&M a empresa produziu sua a primeira coleção (Figura 22) de moda que inclui vestidos, sapatos e bolsas (Tessitore 2014).

Figura 22 - Conjunto de imagens Vegea (lifegate 2017).

PINATEX, 2013. Inglaterra

O Piñatex é produzido a partir das fibras de folhas de abacaxi, que são um subproduto da colheita da fruta normalmente descartado. Esse couro ecológico feito de folhas de abacaxi é macio, leve, flexível, moldável e facilmente tingido para aplicações em sapatos, bolsas, acessórios e estofados (Figura 23). A designer têxtil Carmen Hijosa criou o Piñatex durante uma visita as Filipinas, onde percebeu que as fibras à base de abacaxi tinha um enorme potencial para a produção têxtil, e que poderia usar as habilidades e matérias-primas locais do país. As fibras que fazem Piñatex são extraídas das folhas de abacaxi por um processo chamado de descasque. O subproduto deste processo é a biomassa, que pode ser ainda convertida em fertilizante orgânico ou biogás. Isso pode trazer renda adicional para as comunidades agrícolas de abacaxi. As fibras, em seguida, são submetidas a um processo industrial para tornar-se um tecido não urdido. Toda a pesquisa e desenvolvimento desse couro ecológico é feito nos laboratórios da Royal College of Art que fez parcerias com várias empresas como Camper, Puma e Hugo Boss para o lançamento de produtos utilizando o Piñatex (Hijosa 2013).

Figura 23 - Conjunto de imagens Piñatex (Hijosa 2013).

NANOLLOSE, 2014. Austrália

A Nanollose criou uma fibra para tecidos feita a partir de resíduos de coco (Figura 24), que pode substituir o rayon comumente usado na confeção de roupas e móveis. Normalmente, o rayon e seu similar, a viscose, são feitos a partir de algodão ou de celulose de árvores. Consequentemente, exigem que uma quantidade significativa de árvores sejam cortadas, trituradas e tratadas com produtos químicos agressivos. Já na nova tecnologia, micróbios convertem resíduos de biomassa do coco em celulose por meio de fermentação natural. Essa celulose microbiana, por sua vez, é processada e transformada em fibras (Nanollose 2014).

Figura 24 - Conjunto de imagens Nanollose (Nanollose 2014).

BIOLIVE, 2016. Turquia

A Biolive, fundada em 2016, é uma empresa de biotecnologia que produz plásticos de base biológica em grãos (Figura 25) a partir de caroços de azeitona descartadas pelos fabricantes de azeite. Fundada pela cientista Duygu Yilmaz, que descobriu, durante seus estudos, que a composição química dos caroços da azeitona e a do plástico tradicional possuem semelhanças. Segundo a empresa, o plástico de caroço de azeitona leva cerca de um ano para se decompor na natureza. E mistura-se à terra como fertilizante. A substituição de 900 gramas do material plástico comum pelo plástico de caroço de azeitona da Biolive reduz as emissões de dióxido de carbono em cerca de 6 kg (Yilmaz 2016)

.

Figura 25 - Conjunto de imagens Biolive (Yilmaz 2016).

BIOFASE, 2013. México

A Biofase, foi fundada em 2013 pelo engenheiro bioquímico Scott Munguia, que patenteou um processo para transformar os caroços de abacates descartados em bioplásticos que se degradam após 240 dias. Localizada no coração da indústria de abacate do México, que é responsável por cerca de 50% da oferta mundial de abacate, os caroços são um resíduo que está disponível em quantidades. A empresa possui duas fábricas, com capacidade de produção de 130 e 700 toneladas por mês, onde criam pratos, talheres e palhas biodegradáveis (Figura 26). A empresa vende os produtos acabados principalmente para grandes cadeias de alimentos (Munguia 2013).

Figura 26 - Conjunto de imagens Biofase (Munguia 2013).

BIOTREM, 2016. Polónia

A empresa Bioterm desenvolveu uma louça descartável (Figura 27) e biodegradável, elaborada através de um subproduto comumente disponível no processo de moagem de cereais, o farelo de trigo. Utilizando uma tonelada de farelo de trigo podem ser produzidos até 10 mil pratos, tijelas

ou copos. O processo de degradação biológica é realizado através de compostagem em trinta dias. A louça de farelo de trigo descartável e biodegradável pode ser utilizada para servir refeições quentes e frias, sólidas ou líquidas. Pode também ser usado em fornos convencionais ou em fornos de micro-ondas (Wysocki 2016).

Figura 27 - Imagem Biotrem (Wysocki 2016).

SHELLWORKS, 2019. Inglaterra

O projeto, chamado Shellworks , transforma conchas de crustáceos em um material parecido com papel que pode atuar como uma alternativa sustentável aos plásticos descartáveis. O material consiste de uma mistura de vinagre e um biopolímero chamado quitina - uma substância fibrosa que compõe o exoesqueleto de crustáceos e as paredes celulares dos fungos. Apesar de ser o segundo biopolímero mais abundante do mundo, a quitina precisa ser quimicamente extraída de sua fonte antes de ser transformada em um material prático. Depois de perceber como a quitosana - a versão comercial da quitina - é cara, e como os processos de extração disponíveis eram demorados, os projetistas decidiram desenvolver seu próprio método. Foram desenvolvidas cinco máquinas de fabricação, com as quais transformam as cascas de crustáceos em diferentes objetos, certificando-se de não utilizar nenhum aditivo no processo que pudesse afetar a reciclabilidade do produto final. A versatilidade do material também permitiu que os projetistas atingissem diferentes propriedades de material, ajustando as proporções dos ingredientes básicos. Isso significava que podem controlar a rigidez, a flexibilidade e a clareza ótica do material, bem como sua espessura. Os produtos desenvolvidos (Figura 28) até ao momento foram embalagens e vasos de plantas (Barrett 2019).

Figura 28 - Conjunto de imagens Shellworks (Barrett 2019).

NUATAN, 2017. Eslováquia

Nuatan, é um tipo de bioplástico compostável feito de amido de milho, açúcar e óleo de cozinha usado, criado pelo Crafting Plastics Studio. É o resultado de seis anos de pesquisa realizada com cientistas de materiais da Universidade de Tecnologia da Eslováquia. Apresenta na sua composição a mistura de dois tipos diferentes de biopolímeros. Os ingredientes são misturados de acordo com uma receita patenteada, podem ser moldados por injeção, impressos em 3D e soprados como os plásticos tradicionais. O material pode suportar temperaturas acima de 100ºC sem perder a integridade e tem uma vida útil de até 15 anos. No entanto, o custo de produção do material é elevado, os designers estão à procura de parceiros para ajudar a desenvolver novos produtos para aumentar a demanda, e com isso esperam que leve a uma redução no preço. Os designers começaram a demonstrar a Nuatan com produtos de luxo, que são menos afetados pelos custos das matérias-primas. O estúdio desenvolveu uma linha de óculos de sol (Figura 29) com armações coloridas com o uso de pigmentos naturais (Settey 2018).

Figura 29 - Imagem Nuatan (Settey 2018).

RECOFFEE, 2017. Brasil

A designer Ana Paula Naccarato e o administrador Rafael Fortes Guimarães juntaram-se ao biólogo Sergio Luiz Camargo para fundar a Recoffee Design, empresa que recicla a borra de café e a transforma em acessórios e objetos de decoração (Figura 30). A borra de café passa inicialmente por um processo de secagem em estufa. Depois são adicionadas resinas vegetais, que darão textura ao composto, para facilitar o processo de moldagem. O composto é então colocado em moldes para posterior montagem e acabamento. A empresa recolhe a matéria-prima em duas cafeterias de Ribeirão Preto. Em média, são 13 quilos de borra por semana. Atualmente são produzidos 85 produtos, entre eles luminárias, vasos, relógios de parede, bandejas, revestimentos, brincos e colares (Naccarato, Guimarães, and Camargo 2017).

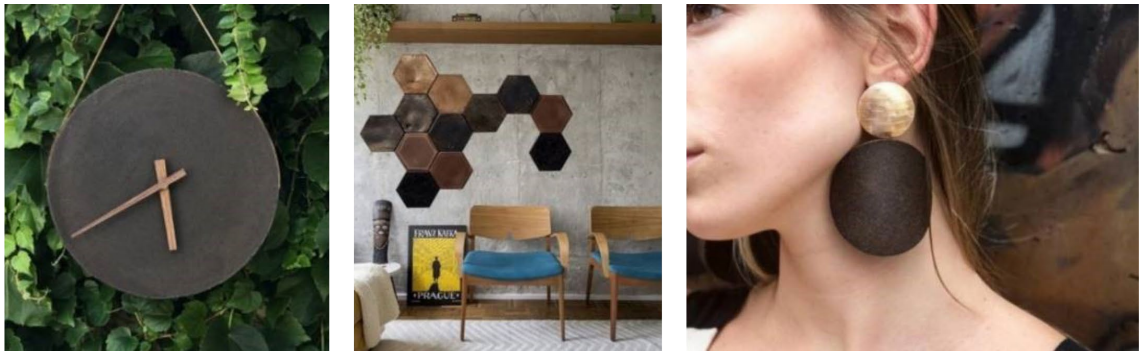


Figura 30 - Conjunto de imagens Recoffee (Naccarato, Guimarães, and Camargo 2017).

CHIP[S] BOARD, 2018. Inglaterra

A criação de dois recém-formados da Universidade de Kingston, em Londres, o Chip's Board é uma alternativa à base de batata biodegradável e não-tóxica ao Medium Density Fiberboard (MDF) e ao aglomerado tradicional. Polpas e cascas de batata são recolhidas de fabricantes de batata *chips*, tratadas e compactadas, sem o uso de aditivos. O produto resultante é um material robusto, livre de produtos químicos, resistente à água, e pode, por outro lado, desintegrar-se por meio de compostagem. O Chip[s] Board pode ser usado para uma série de aplicações como, por exemplo, mobiliário (Figura 31), aplicações temporárias e permanentes de arquitetura e para design (Minkley and Nicoll 2018).

Figura 31 - Conjunto de imagens Chip(s) Board (Minkley and Nicoll 2018).

SEA JEWELRY, 2019. Portugal

A coleção Sea Jewelry foi desenvolvida em contexto acadêmico por alunos do Mestrado em Design Industrial e Produto, da Faculdade de Belas Artes (FBAUP) e da Faculdade de Engenharia (FEUP), da UP. Propõe novas possibilidades para um material excedente, exaltando as qualidades estéticas de escamas de peixe descartadas em peças de joalharia únicas (Figura 32). Fazem parte da coleção a linha Maré que é composta por peças de vidro descartadas, fundidas com escamas de peixe e a linha Escama que apresenta um conjunto de peças compostos de escamas de peixe submetidas ao processo de prensagem térmica - sem a adição de outros componentes (Oliveira *et al.* 2019).

Figura 32 - Conjunto de imagens Sea Jewelry (Oliveira *et al.* 2019).

2.5.2 Reaproveitamento de cascas de ovos

NIHONMTECS, 1997. Japão

NihonMtecs é fabricante de materiais para decoração de interiores, o que torna esta empresa interessante é que os ingredientes principais de todos os seus produtos são reciclados e orgânicos. As cascas de ovos utilizadas no desenvolvimento dos produtos são obtidas de fabricantes de maionese que comumente as descartavam. Os produtos (Figura 33) desenvolvidos pela empresa com casca de ovos são os azulejos chamados de *"Egg Tile",* papel de parede nomeado de *"EggWall",* uma tinta para parede e por fim um tapete para casa de banho feito com azulejos também feitos com casca de ovo. Segundo a empresa por causa do alto teor de carbonato de cálcio que é altamente poroso, os seus produtos são capazes de absorver humidade no ar durante períodos húmidos e adicionar humidade ao ar durante os períodos secos (NihonMtecs 2019).

Figura 33 - Conjunto de imagens NihonMtecs (NihonMtecs 2019).

COLLEGGTION, 2017. Escócia

Martina Zupan era estudante do quarto ano de design de produto da Edinburgh Napier University, quando teve a ideia de usar cascas de ovos para desenvolver pratos descartáveis (Figura 34). Os pratos são feitos de cascas de ovos trituradas e de um aglutinante natural, que adere ao pó e o mantém no lugar. Depois do prato ser moldado, recebe um revestimento de fina camada de bioplástico para evitar a absorção de líquidos dos alimentos. Segundo Martina o prato é totalmente compostável, pois é feito apenas de componentes naturais (Edinburgh Napier 2017).

Figura 34 - Conjunto de imagens Colleggtion (Edinburgh Napier 2017).

SHELL HOMAGE, 2016. Alemanha

Rania Elkalla é uma designer que criou um bioplástico feito com Casca de Ovos e de Nozes. Com este bioplástico, desenvolveu cabides decorativos chamados Pebbles (Figura 35), que contêm locais de armazenamento secreto. As cascas de ovos e nozes, são misturadas com polímeros orgânicos e biodegradáveis. A mistura é submetida a técnicas de produção como extrusão, prensagem e moldagem por injeção. O material, que é 100% biodegradável, pode ser perfurado, lixado ou cortado a laser. As peças coloridas são obtidas usando pigmentos alimentares. Cada lote é diferente, dependendo de quão homogêneo o material é misturado, quanto de corante é adicionado e quanta cascas são adicionadas ao polímero. O projeto Shell Homage venceu o Prêmio Italiano *A 'Design Award 2017* na categoria Acessórios para Móveis, Hardware e Design de Materiais (A' Design Award 2017).

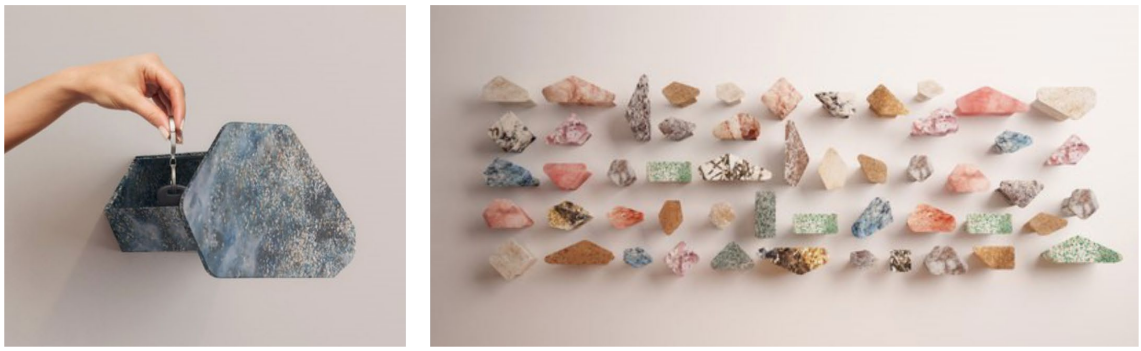


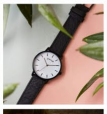
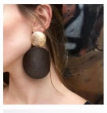
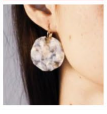
Figura 35 - Conjunto de imagens Shell Homage (A' Design Award 2017).

2.6 Síntese do Capítulo

Com a pesquisa desenvolvida ao longo deste capítulo foi possível chegar a algumas conclusões. O aumento crescente na produção dos RS é um tema que denota atenção de toda a sociedade, desta forma, é imprescindível a procura de soluções para minimizar esta problemática. Preservar

o capital natural e maximizar o valor dos recursos são princípios da EC. Algumas diretrizes de DC podem ser enquadradas na referida temática, nomeadamente a que diz respeito à reciclagem de materiais. Como visto anteriormente cerca de 36,4% dos resíduos produzidos em Portugal estão enquadrados no grupo dos bioresíduos, onde se inserem as cascas de ovos, produzidas em grande quantidade localmente. Até ao momento as cascas de ovos são aplicadas, na sua maioria, como matéria prima para outras indústrias. A pesquisa de mercado de produtos desenvolvidos a partir de resíduos alimentares, demonstrou uma grande variedade de aplicações, observou-se ainda que grande parte dos materiais desenvolvidos se apresentam na forma de tecido. Diante o exposto conclui-se que, a reutilização das cascas de ovos representa uma oportunidade com grande potencial para o desenvolvimento de materiais e produtos. Na Tabela 2 apresenta-se uma síntese da pesquisa de mercado realizada.

Tabela 2 - Síntese pesquisa de mercado (elaborado pelo autor).

Projeto/Empresa		Resíduo Utilizado	Origem Resíduo	Produtos Desenvolvidos	Produtos no Mercado	Biodegradável
Nihonmtecs Japão 1997		Casca de Ovo	Fabricantes de Maionese	Azulejos, Papel de Parede, Tinta para Parede	Sim	———
Collegtion Escócia 2017		Casca de Ovo	———	Pratos Descartáveis	Não	Sim
Shell Homage Alemanha 2016		Casca de Ovo, Casca de Noz	Padarias, Confeitarias, Cozinhas Universitárias	Cabides Decorativos	Não	Sim
Fruitleather Holanda 2015		Frutas	Importadores de Fruta	Carteiras, Sapatos, Mobiliário	Sim	———
Orange Fiber Itália 2014		Casca de Laranja	Indústrias de Processamento de Laranjas	Vestuário	Sim	———
Vegea Itália 2014		Bagaço de Uva	Vinículas	Vestuário, Mobiliário, Embalagens, Peças Automóveis	Sim	———
Pinatex Inglaterra 2013		Folha de Abacaxi	Fazendas de Abacaxi	Calçado, Vestuário, Acessórios,Mobiliário	Sim	Sim
Nanollose Austrália 2014		Coco	Indústria do Coco	Vestuário	Não	———
Biolive Turquia 2016		Caroço Azeitona	Produtores de Azeite	———	Não	Sim
Biofase México 2013		Caroço Abacate	Indústria do Abacate	Palhas, Talheres, Pratos	Sim	Sim
Biotrem Polónia 2016		Farelo de Trigo	Indústria de Cereais	Talheres, Pratos	Sim	Sim
Shellworks Inglaterra 2019		Casca Crustáceo	Restaurantes	Sacos, Vasos	Não	Sim
Nuatan Eslováquia 2017		Óleo de Cozinha	———	Óculos	Sim	Sim
Recoffee Brasil 2017		Borra de Café	Cafeterias	Acessórios, Objetos Decorativos	Sim	Sim
Chip[s] Board Inglaterra 2018		Casca de Batata	Fabricantes de Batata Chips	Mobiliário, Acessórios	Sim	Sim
Sea Jewelry Portugal 2019		Escamas de Peixe	Peixarias	Joalheria	Não	Escama: Sim Maré: Não

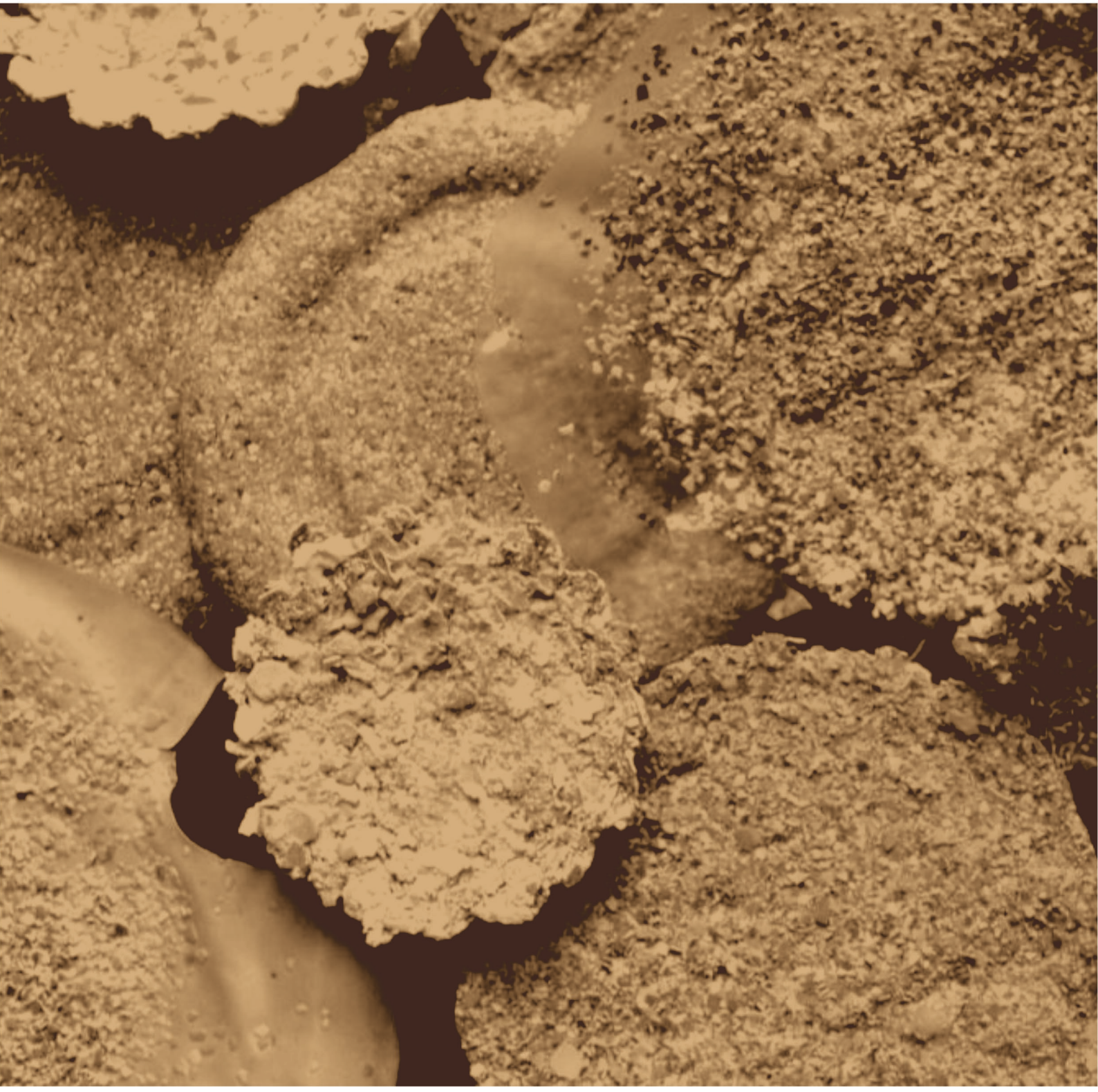


Figura 36 - Testes de Materiais (acervo próprio).

3

CASO DE ESTUDO

O estado da arte permitiu conhecer a problemática dos resíduos e a oportunidade que estes oferecem para o desenvolvimento de novos materiais. Com toda a informação recolhida foi possível passar para o estudo de caso.

Neste trabalho pretende-se reutilizar e transformar as cascas de ovos em um novo material que irá ser posteriormente aplicado a um novo produto. O estudo de caso foi desenvolvido no âmbito do projeto We Won't Waste You (WWWyou).

3.1 WE WON´T WASTE YOU

WWWyou (Figura 37), é um projeto de investigação desenvolvido no Design Studio da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (DSFEUP) que tem como objetivo propor a reutilização de desperdícios no desenvolvimento de novos materiais e produtos. A temática WWWyou é lançada como desafio aos estudantes do programa de Mestrado em Design Industrial e de produto (MDIP) da Universidade do Porto (UP), através da proposta de desenvolvimento de produtos que utilizem materiais derivados de vários resíduos. No âmbito do projeto WWWyou surgiu a Oficina Design, uma oficina de design social implementada pela Associação para o Desenvolvimento Integrado de Matosinhos (ADEIMA) em parceria com a Câmara Municipal de Matosinhos (CMM) e o DSFEUP.

Figura 37 - Logo desenvolvida para o Projeto WWWyou (MDIP and FEUP 2018).

> *"A Oficina design é uma atividade realizada no âmbito do projeto "Abordagens Integradas para a Inclusão Ativa em Matosinhos" - NORTE-07-4234-FSE-000011, e cumpre duplo objetivo, nomeadamente reutilizar desperdícios locais e criar uma oportunidade de emprego/formação dirigida a pessoas em situação de desemprego. O projeto busca estabelecer três vias de inovação: social, ambiental e tecnológica. A obtenção de impacte social positivo é pretendida através do envolvimento de pessoas em situação de vulnerabilidade econômica do concelho no desenvolvimento e fabrico dos*

> *produtos. O impacte ambiental através da utilização de resíduos como matéria prima, prolongando o ciclo de vida dos materiais e reduzindo o desperdício, e a inovação tecnológica através da participação da universidade na investigação e desenvolvimento dos produtos pelo corpo de estudantes e professores"* (Fernandes 2019).

No ano curricular 2017/2018 (o que a autora participou como estudante), os estudantes foram desafiados a criar produtos para a promoção do turismo da cidade de Matosinhos feitos a partir dos resíduos produzidos pela própria cidade. O principal constrangimento era que as propostas deveriam ser fabricadas com sistemas de produção de baixa tecnologia e fabrico simples, os produtos deveriam ser de pequenas dimensões e fáceis de transportar.

Num primeiro momento foi realizada uma investigação para perceber que tipo de resíduos são produzidos em grandes quantidades com um grande impacto na cidade. Os resíduos identificados pelos estudantes foram: cascas de ovos, tampas e garrafas de plástico, latas de conserva, cartão, algas, açúcar, redes de pesca, borra de café, câmaras de pneus e conchas.

Os estudantes foram organizados em grupos e foi-lhes pedido que propusessem ideias de produtos e testar sua produção nos laboratórios da UP. Para a apresentação final, os estudantes tiveram que preparar um dossiê "profissional" para ser apresentado à equipe social do conselho.

As melhores ideias seriam desenvolvidas nos anos seguintes e os produtos comercializados em pontos turísticos da Cidade de Matosinhos. Alguns dos produtos desenvolvidos podem ser vistos na Figura 38.

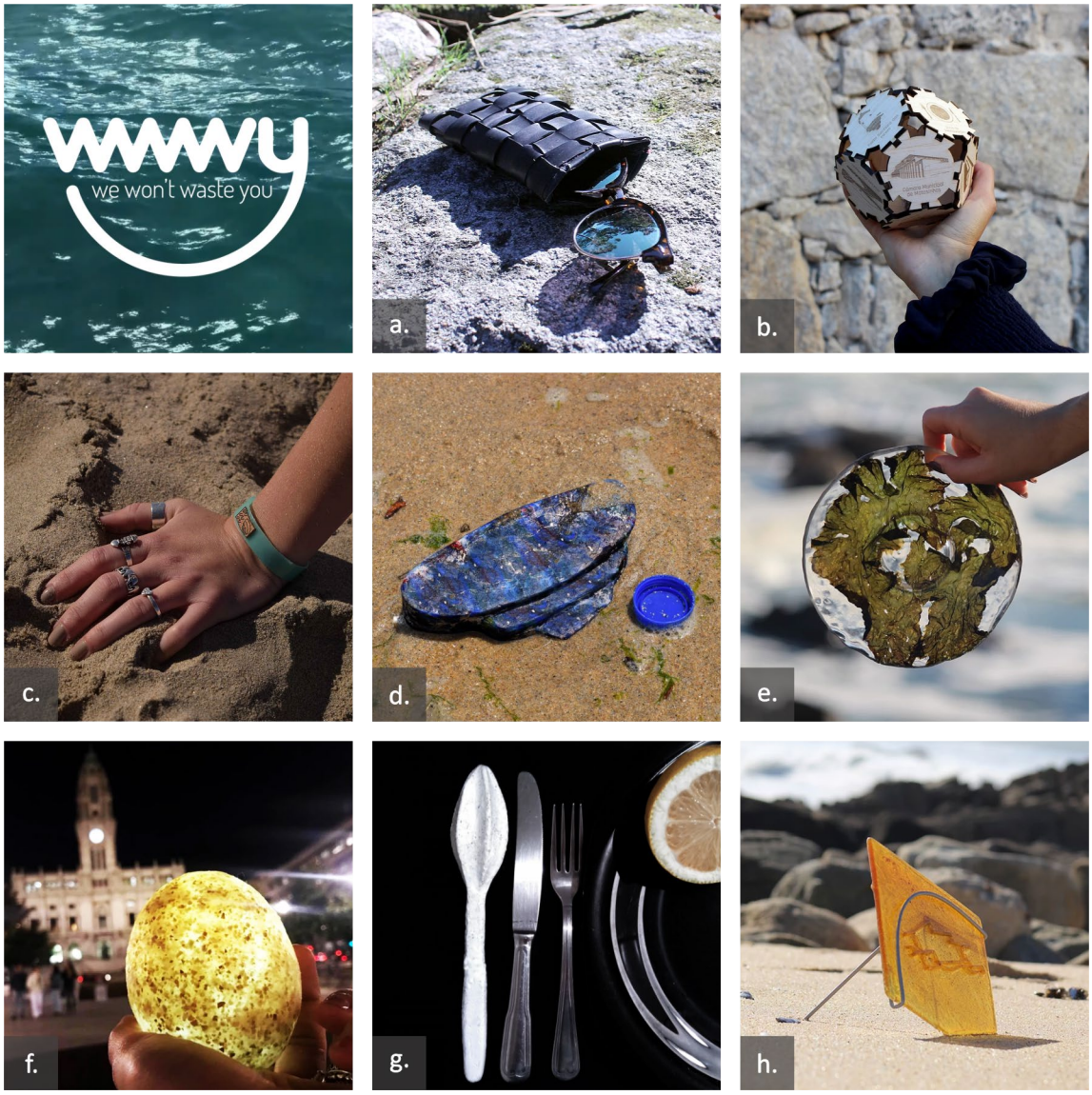


Figura 38 - Alguns produtos desenvolvidos no Projeto WWWyou. a. case para óculos feita com câmara de pneu; b. mapa feito com cartão; c. bracelete feito com redes de pesca; d. formas de praia feitas com tampas; e. prato feito com algas; f. candeeiro feito com casca de ovos; g. espremedor de limão feito com conchas e h. candeeiro feito com açúcar (imagens cedidas pelos autores).

PRODUTOS WWWyou QUE UTILIZAM CASCAS DE OVOS

Com base nas informações recolhidas durante a pesquisa de referências e de campo, foram possíveis constatar inúmeras possibilidades de desenvolvimento, principalmente de resíduos provenientes do setor de restauração, que demonstra grande importância estratégica na administração do concelho. Tendo-se escolhido a casca de ovo, como o resíduo com o qual se pretendia trabalhar, foram realizados diversos testes para que se desenvolvesse um material resultante das cascas de ovos com a adição de diversos ligantes. Os referidos testes serão apresentados no item 3.2.1 do Plano Experimental. O material selecionado, resultante dos testes realizados, apresentava uma boa translucidez, e a partir desta observação direcionou-se o tipo de produtos que seriam desenvolvidos: candeeiros.

No primeiro semestre do ano curricular 2017/2018 foi desenvolvido o candeeiro Obo Lamp e no segundo semestre do referido ano o candeeiro Leix Lamp.

3.1.1 Obo lamp

O conceito do candeeiro "Obo" nasceu na tentativa de representar de forma literal o ciclo completo de reaproveitamento e "renascimento" de materiais descartados, propondo que as cascas de ovo voltem a ser "ovos", em forma de pequenos candeeiros decorativos portáteis que interagem com o usuário de forma lúdica, propondo o desafio já conhecido de colocar o ovo em pé (Figura 39). O seu funcionamento (Figura 40) sucederia da seguinte forma: quando deitado, o candeeiro permaneceria desligado, e ao ser colocado em pé, a luz iria acender, premiando a realização do desafio de colocar um ovo em pé.

Para o desenvolvimento do material, foram testadas diversas misturas (descritas no item 3.2.1), em busca dos melhores resultados estéticos / técnicos para a aplicação das cascas de ovos. A mistura final com as cascas de ovos trituradas e o PLA (Ácido poliláctico), permitiu a obtenção de um material translúcido, de aparência orgânica e extremamente resistente.

Figura 39 - Protótipo Obo Lamp (acervo próprio).

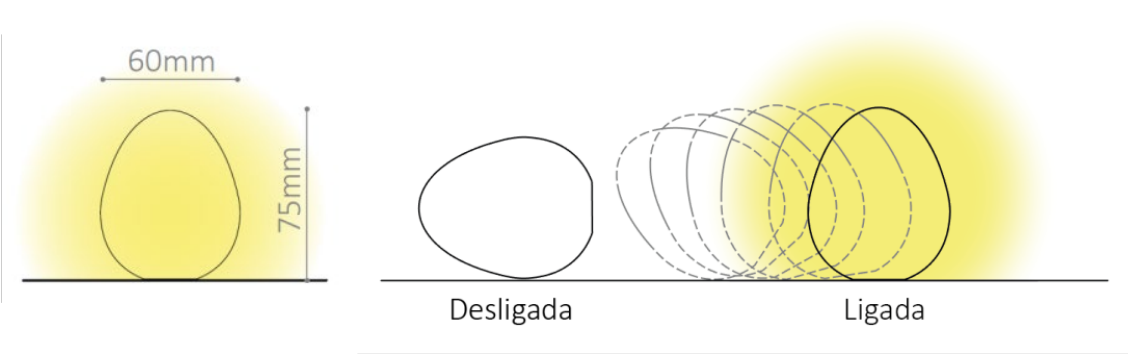


Figura 40 - Esquema do funcionamento do candeeiro Obo (acervo próprio).

O processo pensado para a fabricação do candeeiro foi o de rotomoldagem. A rotomoldagem é um processo industrial de transformação de termoplásticos. Através dele é possível obter-se peças técnicas simples ou com alto nível de complexidade a baixo custo, se comparadas aos processos de injeção, sopro e vácuo na transformação industrial de material termoplástico. O molde para rotomoldagem pode ser de alumínio, cobre, níquel, aço, resina, gesso ou cerâmica, devendo este ter a forma do produto desejado.

Os protótipos foram modelados manualmente utilizando-se uma mistura de silicone e casca de ovo, a fim de obter um resultado estético próximo do resultado esperado.

Embalagem é um fator importante quando se fala de produtos do tipo "lembrança" ou *"Souvenir",* tendo em vista que frequentemente são adquiridos para presentear e precisam ser transportados de forma segura pelo turista durante a duração da viagem. Para atender a esta necessidade primordial, foi desenvolvida uma embalagem utilizando-se também outro material proveniente de descarte na cidade de Matosinhos: caixas de cartão. A embalagem (Figura 41) foi produzida através de processos manuais com a técnica de *"Molded Pulp".* No Anexo 2 são apresentados os desenhos técnicos, detalhamento de componentes e montagem do Obo Lamp.

Figura 41 - Embalagem Obo Lamp (acervo próprio).

3.1.2 Leix lamp

A Leix Lamp consiste em um candeeiro decorativo de mesa (Figura 42), compacto, que proporciona luz difusa e agradável, ideal para ambientes de relaxamento. Inspirada em um dos ícones arquitetónicos mais importantes do concelho de Matosinhos, o Terminal de Cruzeiro do Porto de Leixões, o candeeiro Leix é produzido também com casca de ovo.

Figura 42 - Imagem Leix Lamp inserida em uma ambientação (acervo próprio).

A estrutura em espiral do novo terminal de cruzeiros está revestida de cerca de um milhão de azulejos brancos fabricados pela Vista Alegre (Figura 43). Nenhum dos azulejos é posicionado da mesma forma, o que, causa um efeito de textura a superficie e faz com que a luz que incide na estrutura nunca seja a mesma ao longo do dia.

Figura 43 - Imagens do Terminal de Cruzeiro do Porto de Leixões (Silva 2019, Maia 2015).

O processo de fabrico proposto para a produção do difusor do candeeiro, é a moldagem por injeção. O processo básico da produção através da moldagem por injeção começa com o amolecimento do plástico na máquina injetora para, em seguida, injeta-lo no molde sob alta pressão. A seguir o material é esfriado, solidificado para depois ser liberado com os extratores a abertura dos dois lados do molde. Essa técnica produz um produto de plástico com uma forma fixa predeterminada. O molde para injeção geralmente é feito em aço ou alumínio, na forma do produto (D.V. Rosato 2000).

No Anexo 3 são apresentados os desenhos técnicos e o detalhamento dos componentes.

A embalagem teve como objetivo ser uma embalagem simples e compacta, de fácil transporte e manuseio (Figura 44 e Figura 45). Garante a segurança do produto e comunica seus atributos. Produzida em cartão com impressão na cor preta. Uma janela frontal permite contato visual diretamente com o produto.

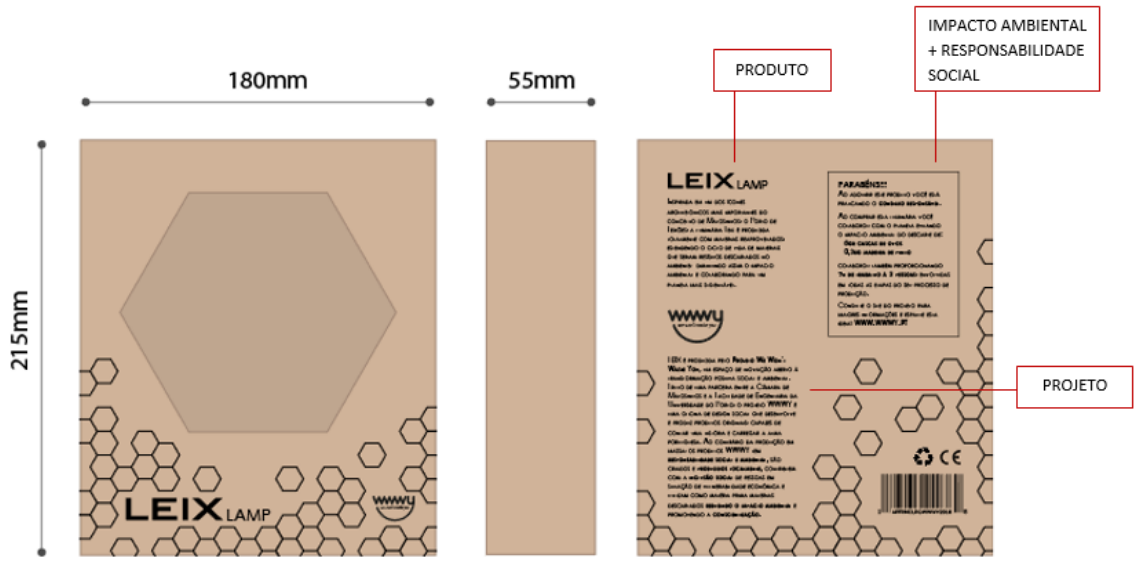


Figura 44 - Desenho embalagem Leix lamp (acervo próprio).

Figura 45 - Protótipo embalagem Leix Lamp (acervo próprio).

O processo de fabrico do protótipo foi inteiramente manual, utilizando os recursos disponíveis na FEUP. Para a produção do difusor, o primeiro passo foi a produção de um molde em silicone a partir de um modelo obtido com recurso a uma máquina de impressão 3D (Figura 46).

Figura 46 - Processo de produção do molde do difusor Leix Lamp: a. impressão 3D; b. tratamento de superfície da peça de impressão 3D; c. Montagem caixa do molde; d. Caixa do molde; e. Caixa do molde com silicone; f. Molde bipartido em silicone (acervo próprio).

Com o molde de silicone pronto procedeu-se á produção do difusor (Figura 47). O material foi preparado através de uma mistura manual, levando ao fogo o PLA e a casca de ovo triturada, mexendo até obter uma mistura homogênea. Em seguida, a mistura é vertida no molde e levada ao forno onde é realizada a prensagem que modela a forma final. Para o acabamento, foram retirados os excessos de material com o auxílio de uma serra de fita. Com o difusor pronto seguiu-se o tratamento de superfície que foi realizado em uma máquina de granalhagem que se encontrava disponível no Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI). O resultado é uma superfície fosca.

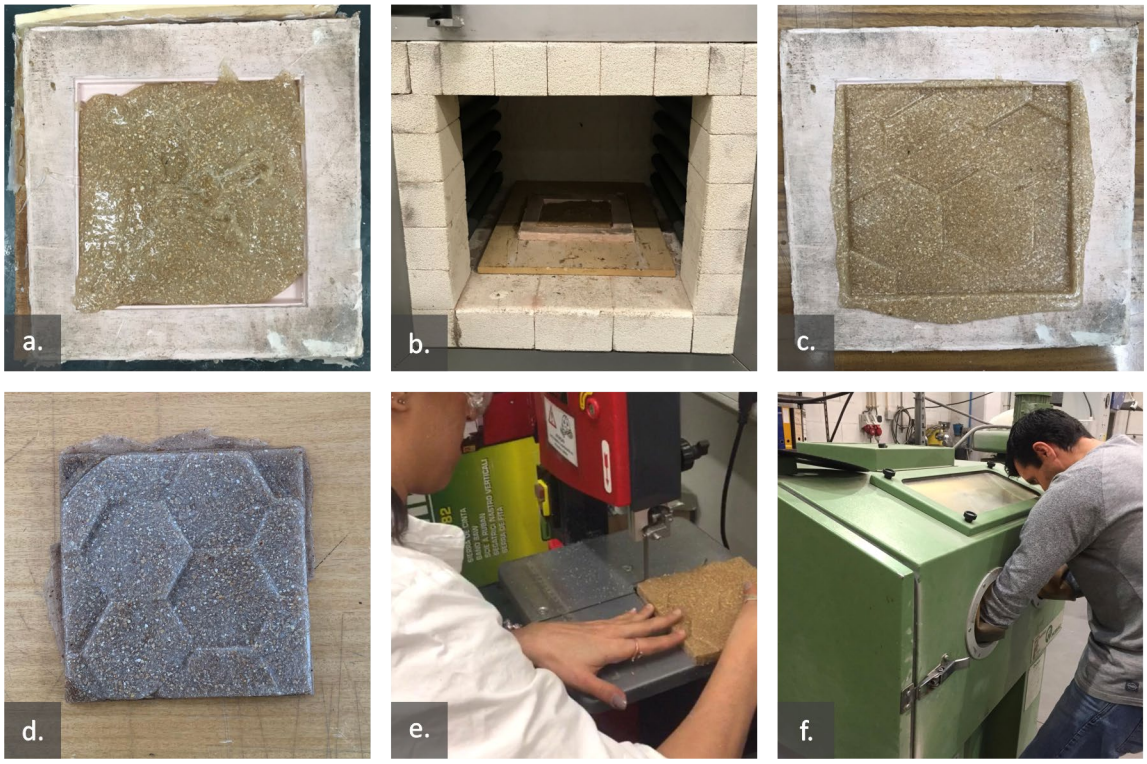


Figura 47 - Produção do difusor: a) colocação do material no molde; b) colocação do molde no forno; c) material já conformado na forma final; d) difusor; e) retirada de excessos de material com auxílio de uma serra de fita; f) cabine de granalhagem com esferas metálicas (acervo próprio).

O corpo do candeeiro foi montado com ripas de pinho e MDF, desperdícios fornecidos pela IKEA Industry Paços de Ferreira. As peças foram cortadas numa serra circular e posteriormente foram lixadas com uma lixadeira elétrica. Para o fechamento da tampa traseira do candeeiro, foram utilizados quarto imanes. O protótipo da Leix Lamp pode ser visto nas imagens da Figura 48.

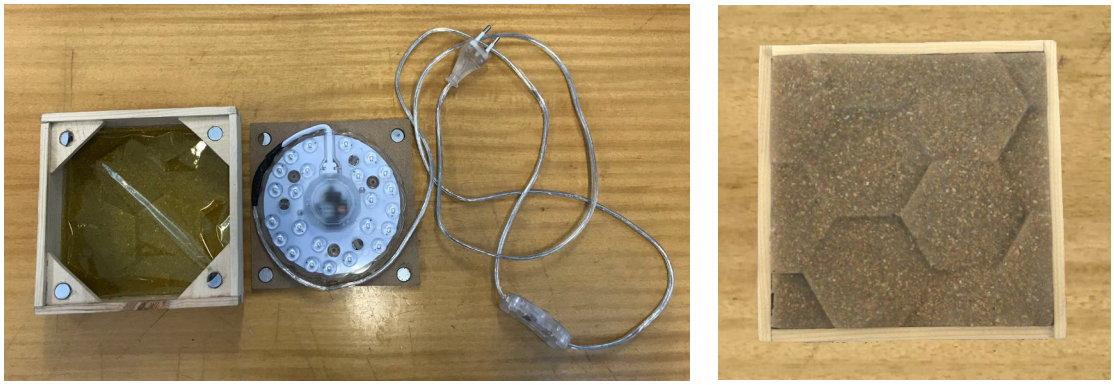


Figura 48 - Protótipo Leix Lamp (acervo próprio).

As duas experiências de desenvolvimento dos diferentes produtos foi um processo fundamental para perceber o comportamento do material, as principais dificuldades na produção e fatores que influenciam direta e indiretamente os resultados finais, sendo de grande importância para os experimentos que vieram a seguir. A fim de aprofundar o estudo acerca dos impactes ambientais do produto e dos processos de fabricos propostos, ainda no âmbito do projeto WWWyou foi realizado um exercício em parceria com os estudantes do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente (MIEA), onde o produto LEIX foi tema de um estudo de análise do ciclo de vida realizado pelos estudantes de engenharia.

3.1.3 Análise de impacte ambiental - experiência interdisciplinar MDIP x MIEA

O conceito de sustentabilidade é, por si só, um tema sólido para reunir estudantes de diferentes origens com o objetivo comum de desenvolver projetos académicos integrados (Neto *et al.* 2019). No segundo semestre do ano curricular 2018/2019 surgiu a oportunidade de desenvolver um projeto académico, entre os cursos MIEA e MDIP, com o intuito de promover a consciência ambiental entre os estudantes, além de uma melhor compreensão sobre os impactes ambientais dos produtos (Facca 2020).

Neste projeto, os estudantes da unidade curricular Ecologia Industrial e Gestão da Qualidade, do 4º ano do MIEA foram desafiados a fazerem a avaliação dos impactes ambientais do LEIX Lamp, produto desenvolvido por uma equipa de estudantes do MDIP. Esta cooperação foi promovida e supervisionada pelos professores envolvidos (Fernandes *et al.* 2020).

No primeiro momento foi realizada uma apresentação (Figura 49), por uma das estudantes da equipa responsável pelo desenvolvimento do LEIX Lamp (autora desta investigação), onde foram transmitidas as informações relativas ao desenvolvimento do projeto do produto em questão: conceito, materiais utilizados, origem dos materiais e processo de fabricação. Após a explanação, os estudantes do MIEA tiveram a oportunidade de manusear o produto e de discutir os detalhes do projeto.

Figura 49 - Apresentação da LEIX Lamp aos estudantes do MIEA (acervo próprio).

Num segundo momento, em laboratório, os estudantes do MIEA foram convidados a participar da produção de um protótipo da LEIX Lamp (Figura 50). Foram demonstrados todos os processos de produção do produto: elaboração do compósito, moldagem do difusor e montagem dos restantes componentes do candeeiro.

Com as informações recolhidas, os estudantes do MIEA, divididos em equipas, desenvolveram um trabalho onde identificaram opções para modificação do produto, quantificadas como opções

para levar à redução do impacto ambiental. O resultado destes trabalhos deu origem a um relatório que será apresentado a seguir.

Figura 50 - Prototipagem da LEIX Lamp com os estudantes do MIEA (acervo próprio).

Tendo como principal objetivo a avaliação do impacte ambiental associado ao ciclo de vida do LEIX Lamp, utilizou-se a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) que permitiu uma abordagem completa ao ciclo de vida do produto em estudo (Figura 51), desde o berço até ao túmulo, ou seja, avaliaram-se os impactes ambientais desde a produção das matérias-primas utilizadas até ao fim de vida do produto (MIEA 2019). As informações utilizadas para a realização deste estudo referentes aos processos e a quantificação de entradas e saídas (materiais e energia) foram disponibilizadas pela equipa de designers do MDIP (Tabela 3 e Tabela 4).

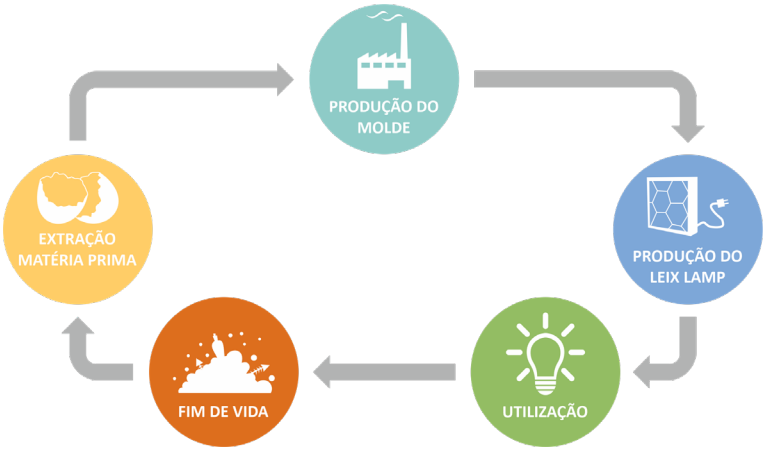


Figura 51 - Ciclo de vida LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019).

Tabela 3 - Caracterização do produto LEIX Lamp (elaborado pelo autor).

	Componente	Material	Dimensões / Peso	Processo
1	Difusor	PLA + Casca de Ovo	Dimensões: 150x150x3 mm Peso: 238 g Composição: 87% PLA 13% Casca de Ovo	1 - Lavar cascas de ovos 2 - Retirar material orgânico 3 - Secagem em forno 4 - Trituração 5 - Amolecimento PLA 6 - Mistura casca de ovo 7 - Moldagem 8 - Desmoldagem 9 - Fosquear
2	Caixa madeira	Madeira pinho (Origem: resíduos IKEA Industry Paços de Ferreira)	Dimensões: 150x150x3 mm Peso: 238 g Composição: 87% PLA 13% Casca de Ovo	10 - Medição e marcação madeira 11 - Corte na serra de fita 12 - Fixação com cola branca
3	Fonte de luz	Placa de LED 12 W (Fabricado na China)	Ø 135X30 mm	
4	Fio elétrico com interruptor / tomada	Ligação de candeeiro com pêra de passagem(Fabricado na China)	Comprimento 2 m	
5	Fixação tampa	8 Ímanes (Fabricado na China)	Ø 12X2 mm	
6	Fixação fonte de luz	3 parafusos autoperfurantes	Ø 4 mm	

Tabela 4 - Caracterização dos processos LEIX Lamp (elaborado pelo autor).

	Processo	Material Utilizado	Equipamento Utilizado	Tempo
1	Lavar cascas de ovos	500 ml H_2O para 8 cascas de ovos	Processo manual	1 min para 8 cascas de ovos
2	Retirar material orgânico		Processo manual	10 min para 8 cascas de ovos
3	Secagem em forno	Forma de alumínio	9 kW	60 min / 200ºC
4	Trituração manual		Almofariz	5 min
5 e 6	Amolecimento PLA + mistura casca de ovo triturada	Panela / Colher de pau	Fogão 1500 W	12 min
7A	Moldagem molde para 20 peças	Peça em PLA impressão 3D	Impressora 3D 200 W	7h40min / 148 g das quais 69 g são suporte
		Caixa em madeira (Origem: resíduos produção IKEA Industry)	Processo manual	20 min / 600 g
		Resina XTC-3D	Processo manual	30 ml / 600 g
		Borracha de silicone HB FLEX 971	Processo manual	800 ml / 48h
		Vaselina líquida	Processo manual	10 ml / 1 min
		Cola quente (fixação madeira)	Pistola cola quente 15 W	6 bastões cola base silicone 11x300 mm / 64 g
7	Moldagem - difusor	Molde de silicone	Forno 9 kW	15 min / 200ºC
8	Desmoldagem			15 min
9	Fosquear		Máquina granalhagem 3HP-315l / 200 L	3 min
10	Medição e marcação madeira		Processo manual	3 min
11	Corte serra de fita		Serra de fita 250 W	7 min
12	Fixação com cola branca	Cola Branca	Processo manual	5 ml / 30 min
13	Acabamento massa cola + pó madeira	Cola branca + pó madeira	Processo manual	10 ml / 15 min
14	Acabamento lixa		Lixadora manual PHS 160 E5 160 W	5 min

Segundo a metodologia ISO 14040, a ferramenta ACV pode ser definida como: *"Compilação dos fluxos de entrada e saídas e avaliação dos impactes ambientais associados a um produto ao longo do seu ciclo de vida".* Esta ferramenta considera as entradas, nomeadamente os materiais e a energia, e as saídas, ou seja, as emissões associadas a um produto ou serviço. Com base nestes dados, é possível avaliar os impactes ambientais causados pelo consumo de recursos naturais e pela emissão de poluentes, permitindo determinar quais as etapas do ciclo de vida apresentam maior impacte. Assim, com a análise dos resultados obtidos na aplicação da ACV podem-se aplicar diversos procedimentos de forma a diminuir os impactes ambientais, por exemplo, através da escolha de um produto, tecnologia ou processo que cause menos impacte ambiental (MIEA 2019). A estrutura da ACV (Figura 52) compreende quatro fases: a definição do objetivo, a análise do inventário, a avaliação de impactes e a interpretação de resultados (Adissi *et al.* 2013).

Figura 52 – Estrutura de ACV (adaptado de MIEA 2019).

DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS E ÂMBITO DE ANÁLISE | LEIX Lamp

O principal objetivo é avaliar o impacte ambiental do candeeiro LEIX Lamp ao longo de cada etapa do ciclo de vida. A metodologia adotada tem uma abordagem do berço ao túmulo, onde serão avaliadas todas as etapas desde a obtenção da matéria prima até aos processos de fim de vida. Foram utilizadas as bases de dados do software SimaPro versão 8.5.2, sendo usado o método de avaliação de impactes ILCD 2011 e as bases de dados do ecoinvent (MIEA 2019).

A unidade funcional (UF) adotada foi uma unidade do candeeiro LEIX Lamp. O ciclo de vida foi dividido em 5 etapas que englobam desde a obtenção dos materiais até ao seu fim de vida, sendo essas as fronteiras do sistema (MIEA 2019).

Na Figura 53 estão representadas as etapas do ciclo de vida, bem como os processos e/ou materiais que foram inseridos em cada etapa.

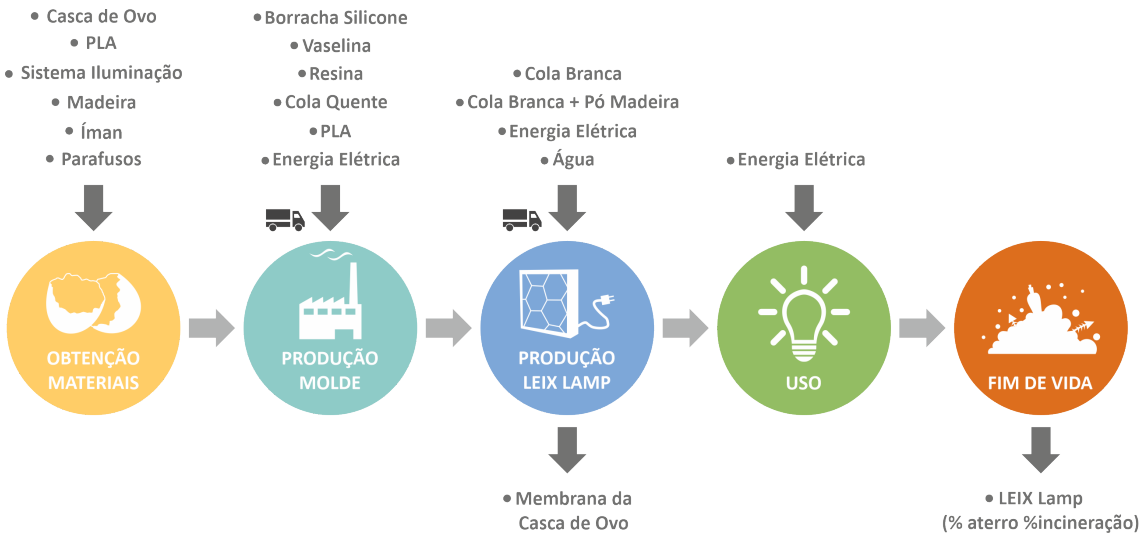


Figura 53 - Fronteiras do Sistema (adaptado de MIEA 2019).

- Na etapa de obtenção de materiais foram consideradas as matérias-primas que constituem o candeeiro (MIEA 2019).
- Na etapa de produção do molde foram considerados os materiais e gastos energéticos envolvidos na produção dos dois moldes necessários, o molde de silicone e o molde de PLA (MIEA 2019).
- Na produção da LEIX foram considerados os materiais adicionais necessários à montagem, bem como o gasto de água e de energia que o processo envolve (MIEA 2019).
- No uso foi considerado o gasto energético que corresponde à utilização máxima possível de um LEIX, que depende da duração do sistema de iluminação (MIEA 2019).
- Na etapa de fim de vida foram considerados os destinos diretos que são dados aos RSU em Portugal (MIEA 2019).

ANÁLISE DO INVENTÁRIO | LEIX Lamp

A Análise do Inventário consiste na recolha de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas de um sistema, resulta no Inventário de Ciclo de Vida (Adissi *et al.* 2013). O Inventário de Ciclo de vida, referente às entradas e saídas, do LEIX Lamp pode ser visto na Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 5 - Entradas na ACV de uma LEIX Lamp (MIEA 2019).

Etapa	Processo	Input	Quantidade	Unidade
1 - Obtenção de Materiais	Difusor	PLA	207,06	g
		Casca de ovos	30,94	
	Madeira pro molde	Madeira pinho	205	
	Molde de PLA	Cola quente	3,2	
		Resina	1,5	ml
		Vaselina líquida	0,5	
	Molde silicone	Borracha de silicone	40	
	Fixação do molde PLA	Cola branca	15	
	Molde PLA	Cola quente	0,00075	kWh
	Sistema de iluminação	Placa de LED 12W	150	g
	Fixação da tampa	Aço ímanes	14,12	
	Fixação da fonte de Luz	Aço parafusos	2,94	
	PLA para o molde	PLA	7,4	
2 - Produção do Molde	Impressão 3D	energia	0,077	kWh
3 - Produção do LEIX	Lavar cascas de ovos	H_2O	500	ml
	Secagem das cascas	Energia	9	kWh
	Amolecimento do PLA		3	
	Moldagem do difusor		2,25	
	Fosqueamento		0,024	
	Corte da madeira		0,029	
	Lixamento da madeira		0,014	
	Transporte da madeira	Diesel de 29 km	0,0989948	kg
4 - Uso	Iluminação	Energia	180	kWh
5 - Fim de Vida	-	-	-	-

Tabela 6 - Saídas na ACV de uma LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019).

Etapa	Processo	Output	Quantidade	Unidade
1 - Obtenção de Materiais	-	-	-	-
2 - Produção do Molde	-	-	-	-
3 - Produção do LEIX	Transporte	CO_2	0,06496	$kgCO_2$
	Lavagem cascas	Água	500	ml
4 - Uso	-	-	-	-
5 - Fim de Vida	Resíduo Sólido Urbano	70% Aterro	446,6	g
		30% Incineração	191,4	g

AVALIAÇÃO DOS IMPACTES AMBIENTAIS | LEIX Lamp

Na Figura 54, encontra-se representada a ACV do produto LEIX Lamp tendo em conta as categorias de impacte ambiental avaliadas. Como é possível observar, a etapa de utilização representa a fração mais significativa. Esta observação vai de encontro ao que seria expectável uma vez que o tempo de utilização considerado (20.000 horas) é bastante longo e que, aproximadamente, 41% da energia disponível na rede de distribuição em Portugal é produzida com recurso a combustíveis fosseis (MIEA 2019).

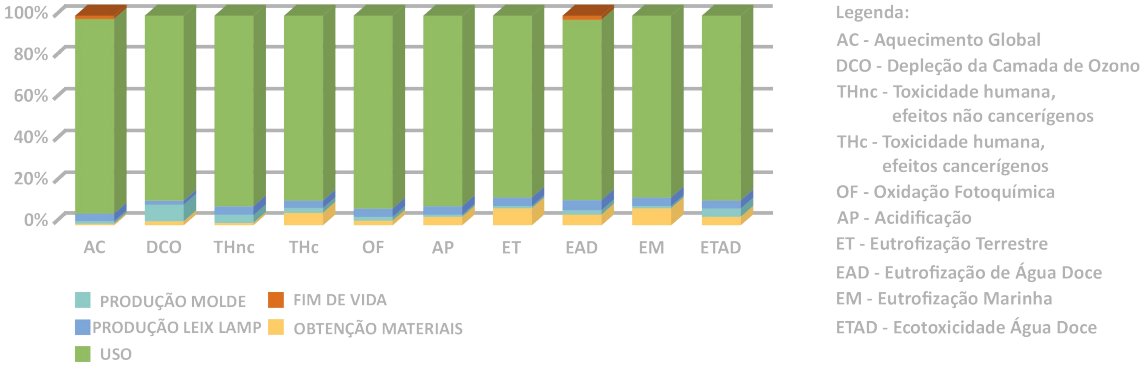


Figura 54 - Avaliação do Ciclo de Vida LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019).

Assim sendo, e considerando o âmbito do presente estudo, foi feita uma representação gráfica das contribuições sem considerar a etapa da utilização (Figura 55), com o intuito de facilitar a análise e interpretação dos dados relativos às restantes etapas. Um outro motivo para a elaboração deste gráfico prende-se na ideia de que qualquer candeeiro irá ter um impacte associado à utilização semelhante ao LEIX caso recorra à mesma lâmpada (MIEA 2019).

z

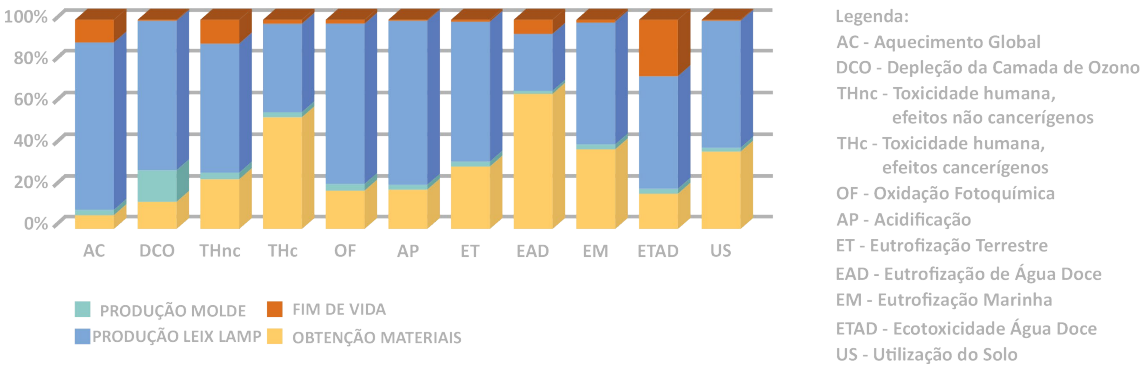


Figura 55 - Avaliação do Ciclo de Vida LEIX Lamp exceto fase de utilização (adaptado de MIEA 2019).

Ao analisar a Figura 55, é possível reconhecer variações das diferentes fases do ciclo de vida para os impactes ambientais. A etapa de produção do LEIX Lamp é a que mais contribui nas categorias de impacte, pelo consumo de energia elétrica principalmente durante a secagem dos ovos no forno (MIEA 2019).

A segunda etapa com um maior impacte, é a de obtenção de materiais que se destaca essencialmente pela utilização dos ímanes e dos parafusos, que apesar de terem pouca massa têm muito impacto em toxicidade humana e na eutrofização da água doce por serem metais (MIEA 2019).

A produção do molde representa impactes muito pouco significativos comparativamente às outras fases, o que é compreensível recordando que todos os componentes desta etapa (materiais e energia elétrica) estão alocados à UF, ou seja, os impactes ambientais da produção de um molde de silicone estão distribuídos por 20 candeeiros (MIEA 2019).

Ao fim de vida também está associado um baixo impacte ambiental relativo, apesar dos seus destinos diretos serem os menos favoráveis (aterro e valorização energética), à exceção das categorias de aquecimento global, da toxicidade humana com não efeitos cancerígenos e eutrofização de água doce que podem ser considerados significativos (MIEA 2019).

RESULTADOS | LEIX Lamp

Para uma fácil leitura dos resultados obtidos foi feita uma Matriz MET (Tabela 7), de forma a identificar os principais problemas ambientais e pontos a apostar para delinear uma estratégia de otimização da performance ambiental do produto (AEP 2013).

Pelos resultados apresentados conclui-se que

- A respeito do consumo energético de fontes não renováveis e emissões de CO_2, O PLA é uma boa alternativa aos plásticos de origem fóssil, como o PET. No entanto considerando uma ACV de ambos os materiais, esta vantagem contrapõe-se com impactes na saúde humana e na qualidade dos ecossistemas elevados na produção do PLA devido, ao cultivo intensivo de milho, que para além de consumo de terreno, requer aplicação nos solos de pesticidas, herbicidas e fertilizantes. No entanto, com a recolha diferenciada destes materiais, a reciclagem pode mitigar os impactes associados à sua produção virgem (MIEA 2019).
- A casca de ovo, que requer uma fase de secagem, aumenta bastante o consumo energético associado ao processo de produção. Faz-se necessário otimizar o processo de

secagem, estendendo ao máximo a massa de casca de ovo em cada fornada (MIEA 2019).

- Considerando que os ímanes e os parafusos são grandes contribuidores de impacte é útil que se procurem alternativas para o uso dos mesmos (MIEA 2019).
- A borracha de silicone utilizada no molde do difusor afeta o próprio processo de moldagem, devido à sua elasticidade, e tem um período útil de utilização relativamente reduzido (20 difusores). Outros materiais devem ser considerados (MIEA 2019).
- A permanência dos difusores no forno representa uma etapa relevante no consumo energético, sendo necessário proceder a uma otimização do número de difusores em cada fornada, para minimizar o seu impacto individual (MIEA 2019).
- A utilização da impressão 3D também apresenta um consumo energético bastante expressivo. Outros meios devem ser considerados (MIEA 2019).

Tabela 7 - Matriz MET LEIX Lamp (adaptado de MIEA 2019).

	FLUXO DE MATERIAL (ENTRADA / SAÍDA)	FLUXO DE ENERGIA (ENTRADA / SAÍDA)	EMISSÕES TÓXICAS (SAÍDA)
PRODUÇÃO E OBTENÇÃO DOS MATERIAIS E COMPONENTES	Madeira de pinho (205 g) PLA (207 g) Casca de ovo (31 g) LED (12 W) Cola Branca (5 ml) Ímans / ferrite (0,96 kg) Parafusos / aço (30 g) Cabo / alumínio (2 m) Granalhas de plástico / vidro (945 ml)	Transporte (30 km) A energia contida nos materiais metálicos é elevada o PLA tem uma temperatura de fusão baixa	Emissões da combustão no transporte (contabilizado juntamente com a produção - 19 kg CO_2 eq)
PRODUÇÃO LEIX	Materiais auxiliares no sistema de moldagem: madeira (600 g); PLA (148 g); Silicone HB Flex (800 ml); Vaselina (10 ml); cola quente (64 g)	Impressão 3D (200 W, 7h40) Pistola cola quente (15 W, 10 min) Fogão (1500 W, 12 min) Forno (9 kW, 5 min) Serra de fita (250 W, 7 min) Lixadora (160 W, 5 min)	Emissões de nanopartículas de PLA (não contabilizadas) Emissões de COSVs (não contabilizadas) Pó e pequenos desperdícios de madeira Emissões devido ao consumo energético (19kg CO_2 eq)
DISTRIBUIÇÃO	Embalagem por conceber	Comércio local de pequena escala	Comércio local de pequena escala
UTILIZAÇÃO	Sem consumo de materiais	Consumo energético (240 kWh)	Emissões devido ao consumo energético (131 kg CO_2 eq)
	Mudança do LED		
FIM DE VIDA	(No presente estudo considerou-se uma taxa de recuperação nula de todos os materiais, no entanto, a madeira pode ser reaproveitada. O plástico PLA é extremamente difícil de ser recuperado.		
	Valorização energética (aproximadamente 0,20 kg do candeeiro sem LED Deposição em aterro (aproximadamente 0,30 kg do candeeiro sem LED		

PONTOS CRÍTICOS

Tendo por base os pontos críticos encontrados, apresentam-se a seguir, quatro cenários (Figura 56) de otimização da performance ambiental do candeeiro, e o efeito de redução de impacte com a aplicação dos mesmos.

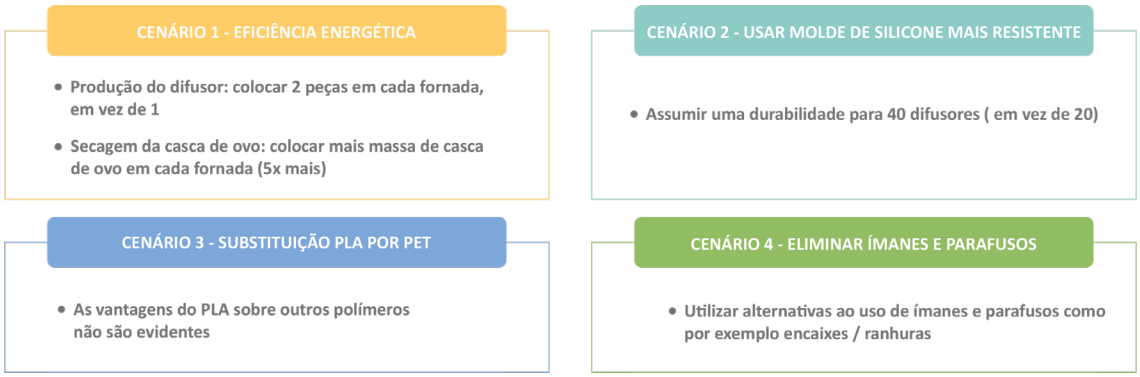


Figura 56 - Cenários de Melhoria (adaptado de MIEA 2019).

O cenário 1 é o de aplicação mais fácil, aumentar a eficiência energética na fase de produção pode reduzir o seu impacte em cada categoria de 1,7% a 39% (MIEA 2019).

O cenário 2 é o mais eficaz na redução dos impactes, consegue-se uma melhoria próxima dos 50% na maioria das categorias de impactes avaliados (MIEA 2019).

Sobre o cenário 3 é controverso afirmar que existe uma melhoria significativa dos impactes após a substituição do PLA pelo PET. O PLA é mais conveniente de um ponto de vista ambiental, mas por outro lado, se se der uma maior relevância à estabilidade do ecossistema, o PET tem um desempenho ambiental melhor. A razão pela qual este fenómeno se observa é que o PLA, tendo como origem matéria vegetal, necessita de um cultivo carente de recursos materiais e energéticos que, em situações insustentáveis, pode causar desflorestação em explorações de grande dimensão, que pode ou não causar um desequilíbrio no normal funcionamento do sistema em questão. Por outro lado, se o PET não for reciclado, o seu impacto ambiental poderá vir a ser maior em algumas categorias de impacte. Em suma não é sensato considerar o cenário 3 como uma melhoria automática do ciclo de vida deste produto, pois a estes resultados está inerente uma elevada incerteza associada à falta de estudos e disparidades de resultados como por exemplo a taxa de reciclagem (MIEA 2019).

Com a substituição dos ímanes e parafusos por um sistema de encaixe/ranhuras, o cenário 4 pode reduzir o seu impacte ambiental de 14% a 80% (MIEA 2019).

Como visto anteriormente a etapa com maior impacte ambiental em todas as categorias é a utilização, está relacionada com a energia gasta para a utilização dos LED, a abordagem deverá ser direcionada para minimizar o impacte desta etapa. Deste modo, os LED utilizados poderão ser substituídos por outros de etiqueta energética mais elevada ou de potência mais reduzida.

3.2 PLANO EXPERIMENTAL

No plano experimental são descritas as experiências desenvolvidas a partir dos resíduos de casca de ovo. Primeiramente foram feitas experiências com vários ligantes, com o intuito de testar a maior variedade possível de materiais capazes de aglomerar as cascas de ovos e de adquirir diversas propriedades e características. De seguida apresenta-se o ligante escolhido para dar seguimento ao desenvolvimento do material.

No desenvolvimento do material foram feitas experiências de transformação com a utilização de vários tipos de processos e uso de diferentes moldes. Posteriormente com o material definido aplicou-se o método *Material Driven Design*.

O objetivo dos experimentos realizados foi:

a) Explorar diferentes composições através da variação de quantidades e características do material base (casca de ovo) e do aglutinante (PLA);

b) Explorar variações no processo de fabrico (tipo de moldes, tipo de processo, acabamentos);

c) Definir propriedades do novo material, a fim de melhor orientação no desenvolvimento de aplicações;

d) Testar a perceção do público a partir do novo material criado.

3.2.1 Desenvolvimento do material

_Definição do ligante

Diversos testes foram realizados para o desenvolvimento de um material resultante da aplicação das cascas de ovos trituradas e que pudesse alcançar um aspeto interessante, tendo em vista aspetos estruturais, estéticos ou de aplicação. Os ligantes utilizados nos testes foram: cola branca, gelatina, argila, silicone, fécula de batata, redes, resina cristal, resina de pinheiro, Polietileno de Alta Densidade (HDPE) e PLA. Na Figura 57, podem-se observar as amostras resultantes das experiências realizadas. As experiências que despertaram um maior interesse levando em consideração os aspetos estruturais e estéticos foram as amostras com HDPE e PLA. Para fazer a seleção entre os dois materiais, levou-se em consideração o facto do PLA ser um polímero biodegradável, reciclável e compostável, e desta forma foi o material selecionado. Observou-se que a amostra selecionada apresentava uma boa translucidez, com esta observação começou-se a direcionar o tipo de produtos que seriam desenvolvidos: candeeiros.

Figura 57 - Testes de Materiais. a. cola branca + gelatina + casca de ovo; b. gelatina + casca de ovo; c. silicone + casca de ovo; d. fécula de batata + casca de ovo; e. fécula de batata + redes + casca de ovo; f. cola branca + casca de ovo; g. argila + casca de ovo; h. resina cristal + casca de ovo; i. resina de pinheiro + casca de ovo; j. HDPE colorido + casca de ovo; k. HDPE transparente + casca de ovo e l. PLA + casca de ovo (elaborado pelo autor).

_Caracterização do ligante: ácido polilático (PLA - Polylactic Acid)

O PLA consiste em um poliéster alifático linear, termoplástico, semicristalino ou amorfo. Trata-se de um polímero sintetizado a partir de fontes renováveis como o açúcar de milho, batata, e cana de açúcar (Santana *et al.* 2018, Davim 2017, Lefteri 2017).

O seu uso também é uma forma de extrair carbono das plantas, que, por sua vez, o retiram do ar por meio da fotossíntese. O carbono está armazenado no amido das plantas, que pode ser quebrado em açúcares, até chegar ao PLA. Depois do milho ou outra planta fonte de amido ser moída, o amido é separado do material bruto. A partir desse amido não refinado produz-se a dextrose, que é depois transformada em ácido polilático por meio de fermentação (Lefteri 2017).

O PLA dispõe de características interessantes, tais como biocompatibilidade, biodegradabilidade, e absorção biológica, além de boas propriedades mecânicas e de processabilidade, estabilidade térmica e baixo impacto ambiental (Santana *et al.* 2018, Teixeira 2017). O material é utilizado comumente em muitas indústrias, sobretudo em setores como a fabricação de implantes médicos biodegradáveis e embalagens para alimentos (Santana *et al.* 2018).

O PLA utilizado para o desenvolvimento, do produto final foi o Ingeo™ 3260HP, da empresa americana NatureWorks®. De acordo com a ficha técnica (anexo 4), o Ingeo™ 3260HP é um produto de baixa viscosidade, projetado para aplicações de moldagem por injeção de alto fluxo. A variedade de produtos fabricados com Ingeo™ 3260HP é amplamente variada e crescente.

Segundo a NatureWorks®, a série 3000 foi projetada para aplicações de moldagem por injeção que podem incluir talheres, carcaças eletrônicas, estojos de cosméticos e itens de jardinagem ao ar livre. Esta série oferece uma gama de viscosidades de fundição com excelente nitidez na peça moldada (NatureWorks 2019a).

As opções de final de vida, indicadas pela NatureWorks®, para os seus produtos são: compostagem, reciclagem, digestão anaeróbica, reciclagem química, incineração e aterro (NatureWorks 2019b). Apesar de apresentar diferentes opções de final de vida, a empresa tem como intenção, a longo prazo, ter uma jornada para o desperdício zero, de forma a reciclar o polímero em aplicações contínuas e evitando assim, as outras opções enquanto o polímero mantiver as suas propriedades (Teixeira 2017).

A NatureWorks® recentemente concluiu uma parceria de três anos com a Ellen MacArthur Foundation em apoio à sua Iniciativa para a Nova Economia dos Plásticos (NatureWorks 2019b).

_Preparação da casca de ovo

Os ovos utilizados neste plano experimental foram cedidos por um restaurante localizado no campus da FEUP e os mesmos ainda apresentavam a membrana interna. Para que fosse possível estabelecer uma relação entre a quantidade de casca de ovo *in natura* (casca de ovo recolhida sem nenhum beneficiamento) e a quantidade de casca tratada (casca após processo de beneficiamento) foi realizada uma amostra quantitativa.

As experiências foram realizadas no laboratório de tratamentos térmicos do DEMec - Departamento de Engenharia Mecânica da FEUP. Foram utilizadas cascas de trinta e um ovos, ainda com as membranas internas, que possuíam um peso de 237,70 gramas. Foram realizados os seguintes passos:

1. As cascas foram lavadas em um recipiente que continha 1000 mililitros de água da rede pública de abastecimento e procedeu-se a eliminação da membrana interna de forma mecânica por destacamento (Figura 58). O processo de remoção da membrana de forma manual mostrou não ser totalmente eficaz, pois é muito laborioso conseguir retirar todos os resquícios da membrana. O experimento foi realizado por duas vezes, utilizando ovos com casca castanha e com ovos com casca branca.

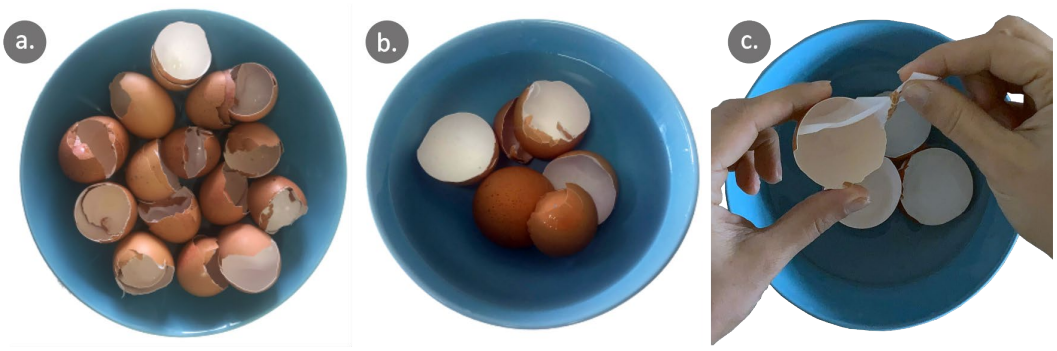


Figura 58 - Preparação cascas de ovo: a. cascas com membrana; b. lavagem com água; c. destacamento da membrana (acervo próprio).

2. Após a retirada da película interna, procedeu-se á secagem, com objetivo de eliminar qualquer vestígio de humidade e matéria orgânica. Primeiramente as cascas de ovos foram colocadas no forno a 200ºC durante 30 minutos, por ainda apresentarem humidade foram colocados novamente no forno por mais 30 minutos a 200ºC. Observou-se que as cascas de ovos sofrem alteração de tonalidade no forno como pode ser verificado na Figura 59.

Figura 59 - Processo de secagem: a. cascas de ovos castanhos crus; b. cascas de ovos castanhos com 30 minutos a 200 ºC; c. cascas de ovos castanhos com 60 minutos a 200ºC; d. cascas de ovos brancos crus; e. cascas de ovos brancos com 30 minutos a 200ºC; f. cascas de ovos brancos com 60 minutos a 200 ºC (acervo próprio).

2. Com as cascas secas passou-se para a moagem, processo usado para obter partículas de dimensões reduzidas. Com o auxílio de um almofariz e de um pilão, as cascas de ovos foram moídas (Figura 60a). Com todas as partículas de casca trituradas procedeu-se a um ensaio de granulometria. O objetivo de separar a amostra de acordo com as diferentes granulometrias possíveis, para futura realização de testes individuais e avaliação da influência no resultado final.

O ensaio foi realizado no Laboratório de Materialografia do INEGI, as partículas das cascas foram colocadas em um agitador de peneiros Retsch (Figura 60b) equipado com peneiros de diferentes mesh. Para efetuar a separação granulométrica, a amostra foi passada pelos seguintes peneiros com abertura de malha de: 45µm, 75µm, 106µm, 250µm, 425µm, 600µm, 850µm.

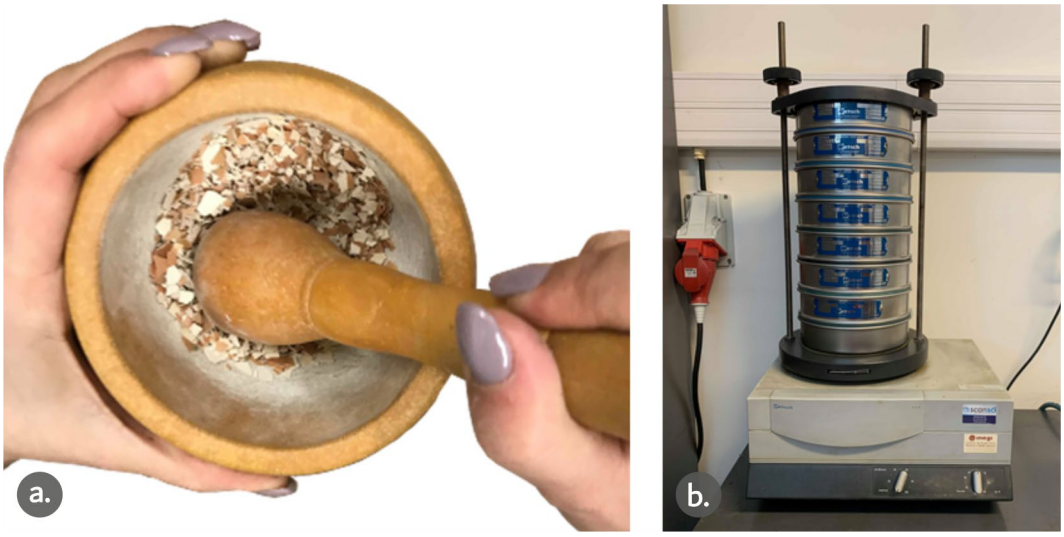


Figura 60 - a. Trituração das cascas de ovo com auxílio de um almofariz, b. Agitador de peneiros utilizado no ensaio de granulometria (acervo próprio).

O ensaio teve uma duração de aproximadamente vinte minutos. Da amostra inicial de 237,70g (casca de ovo com membrana) foram obtidas as quantidades apresentadas na Figura 61.

Figura 61 - Resultado do ensaio de granulometria (acervo próprio).

As partículas obtidas neste ensaio foram utilizadas para a realização dos experimentos com diferentes granulometrias, onde observou-se a influência da granulometria na estética do material obtido.

3.2.2 Composição

Com a seleção do aglutinante, procederam-se às primeiras experiências para transformação do material. Foram utilizados moldes em silicone e metálicos. Nos primeiros experimentos buscou-se encontrar a proporção ideal entre o PLA e a casca de ovo e o seu comportamento em moldes com diferentes materiais e formas. Posteriormente foram realizadas experiências com as partículas de casca de ovo com granulometrias definidas, tendo como objetivo verificar a influência das dimensões das partículas na maleabilidade e nas propriedades estéticas do material. As experiências de transformação que vão ser apresentadas de seguida foram realizadas nas instalações FEUP/DEMec e INEGI.

_Preparação PLAegg:

As matérias primas utilizadas para a produção do compósito PLAegg foram a casca de ovo beneficiada como descrito anteriormente, com a ressalva de que nesta fase do plano experimental, por ser inicial, ainda não havia sido implementado um padrão de granulometria. O aglutinante utilizado foi o Ingeo™ 3260HP.

1. Primeiramente o PLA foi pesado, com o auxílio de uma balança digital KERN PBF6000.

2. Com a frigideira antiaderente levou-se ao fogão KREA HP10, previamente aquecido, e aguardou-se que o PLA adquira um aspeto homogéneo e transparente o que ocorre em torno de 10 minutos com uma temperatura de aproximadamente 200ºC (Figura 62).

Figura 62 - Amolecimento do PLA (acervo próprio).

3. Ainda com a frigideira sobre o fogão, adiciona-se ao PLA a quantidade de casca de ovo pretendida e mistura-se com o auxílio de uma colher de pau e de uma espátula metálica até que se obtenha uma mistura homogénea. O material resultante fica bastante viscoso o que dificulta o seu manuseio (Figura 63).

Figura 63 - Processo de mistura do PLA com a casca de ovo (acervo próprio).

3. Com a mistura bem homogénea prossegue-se para o vazamento do material no molde pretendido.

_Experiências 1 a 6 - Diferentes misturas

Objetivo: Encontrar a proporção ideal entre o PLA e a casca de ovo e o perceber o seu comportamento no molde de silicone.

Materiais | Equipamentos: Para a realização das experiências descritas a seguir foram necessários alguns utensílios que se passa a listar: balança digital KERN PBF6000, frigideira antiaderente, fogão elétrico KREA HP10, molde em silicone com forma quadrada, termómetro digital tipo espeto, espátula metálica e colher de pau. Do molde em silicone sairá uma peça com as seguintes dimensões: 80mm x 80mm x 11mm.

As experiências 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foram executadas com as mesmas etapas com a mesma quantidade de aglutinante (54 gramas), o que as difere é a quantidade de casca de ovo utilizada.

Método: Com o compósito obtido, como demonstrado anteriormente, prossegue-se para o vazamento do material no molde de silicone, coloca-se o contramolde e aplica-se pressão manualmente. Após o resfriamento retira-se a peça do molde (Figura 64).

Figura 64 - Processo de moldagem (acervo próprio).

Conclusão: Na Tabela 8 está descrito o processo experimental das experiências realizadas onde é possível observar que a adição da casca de ovo ao aglutinante confere um tom amarelado ao PLA. Quando se diminui a percentagem de casca de ovo o material fica com uma coloração mais clara e translúcida.

Tabela 8 - Caracterização do processo experimental (elaborado pelo autor).

Experiência	% Casca de Ovo	Objetivos	Conclusão	Amostra	Amostra com exposição à luz
1	18%	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com pouca translucidez		
2	16%	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com média translucidez		
3	15%	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com média translucidez		
4	10%	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com média translucidez		
5	6%	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com boa translucidez		
6	4%	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com boa translucidez		

3.2.3 Processos de fabrico

_Experiência 7 - Espessura

Objetivo: Verificar se seria possível produzir amostras com uma espessura mais fina.

Materiais | Equipamentos: Foi utilizada a proporção de 95% PLA e 5% de casca de ovo.

Método: O material foi colocado entre duas placas de silicone e foi aplicada pressão de forma manual. As rebarbas foram retiradas na serra de fita Cevik 250 W.

Conclusão: Com este processo conseguiu-se uma placa com 3mm de espessura (Figura 65).

Figura 65 - Amostra experiência 7 (acervo próprio).

_Experiência 8 - Textura

Objetivo: Pretendia-se obter uma amostra com uma superfície com a textura aparente da casca de ovo.

Materiais | Equipamentos: Para a produção desta amostra foi utilizada a proporção de 92% PLA e 8% de casca de ovo.

Método: Com o PLA amolecido o mesmo foi vertido no molde e de seguida a casca de ovo foi depositada, posteriormente foi colocado o contramolde.

Conclusão: Obteve-se uma peça com duas faces distintas, na face sem a casca de ovo a superfície ficou lisa e similar a das amostras anteriores, na outra face a casca de ovo ficou á superfície e incrustada no PLA. Ao passar a mão sobre essa face percebe-se que fragmentos da casca de ovo soltam-se, alem de serem ásperos ao toque. A amostra manteve a translucidez e apresenta um efeito interessante na face que apresenta a casca de ovo (Figura 66).

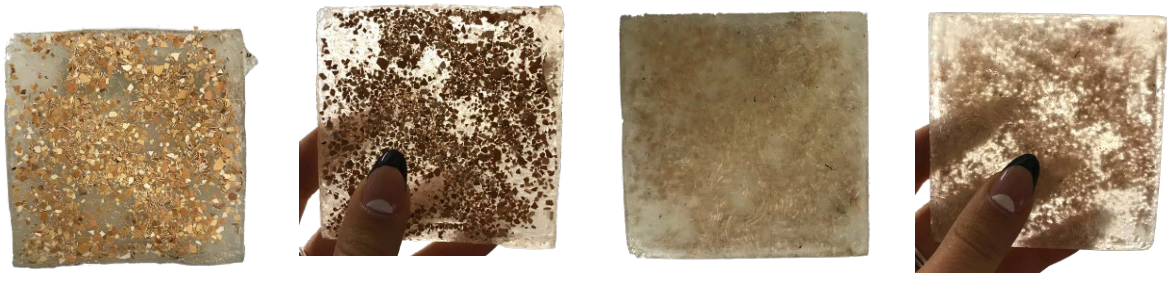


Figura 66 - Amostra experiência 8 (acervo próprio).

_Experiências 9 a 14 - Profundidade

Objetivo: Obter amostras com profundidade.

Materiais | Equipamentos: Para a realização das experiências descritas a seguir foram necessários alguns utensílios que se passam a listar: balança digital de precisão KERN PFB6000, frigideira antiaderente, fogão elétrico KREA HP10, molde em silicone, termómetro digital tipo espeto, espátula metálica e colher de pau. Por se tratar de uma experiência com o objetivo de se obterem amostras com alguma profundidade optou-se pela utilização de um molde com o formato de copo que estava disponível no laboratório. O compósito das experiências 9 a 14 utilizou 70 gramas de aglutinante e diferentes percentagens de casca de ovo.

Método: Com o material pronto fez-se o vazamento no molde (Figura 67a) colocou-se o contramolde e aplicou-se pressão de forma manual (Figura 67b).

Conclusão: Por ser um material viscoso e que esfria rapidamente, observou-se que quando se coloca o contramolde o material já não se encontra tão maleável o que faz com que o molde não feche da maneira correta e apresente uma folga (Figura 67c). As peças obtidas não apresentam uma borda uniforme.

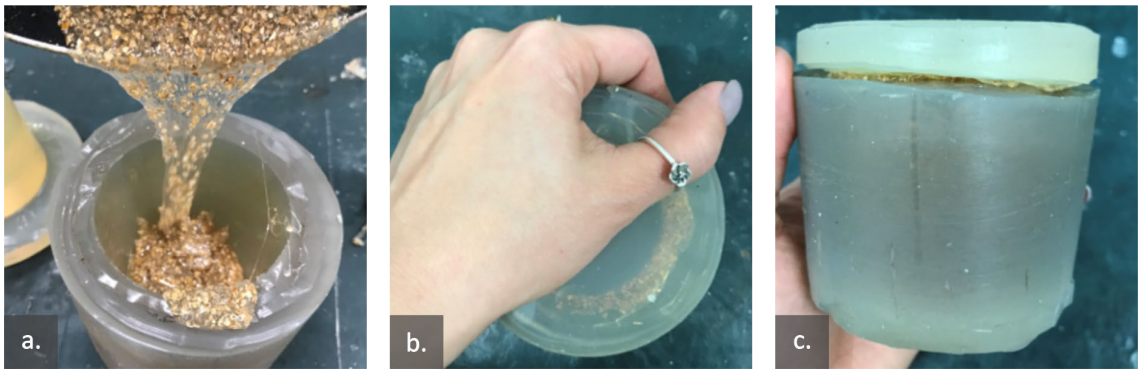


Figura 67 - a. vazamento do material no molde; b. posicionamento do contramolde e c. molde com folga (acervo próprio).

Para tentar ultrapassar o empecilho causado pelo esfriamento acelerado do material, pensou-se em uma alternativa que consistia na utilização de um forno industrial para manter o material já vazado no molde a uma temperatura constante que o mantivesse maleável, por já estar no molde haveria mais tempo para a colocação do contramolde e assim tentar obter uma peça com bordas mais uniformes. O material foi vazado no molde e colocado durante 10 minutos em um forno F.T.T. 1200 pré-aquecido a 200ºC (Figura 68).

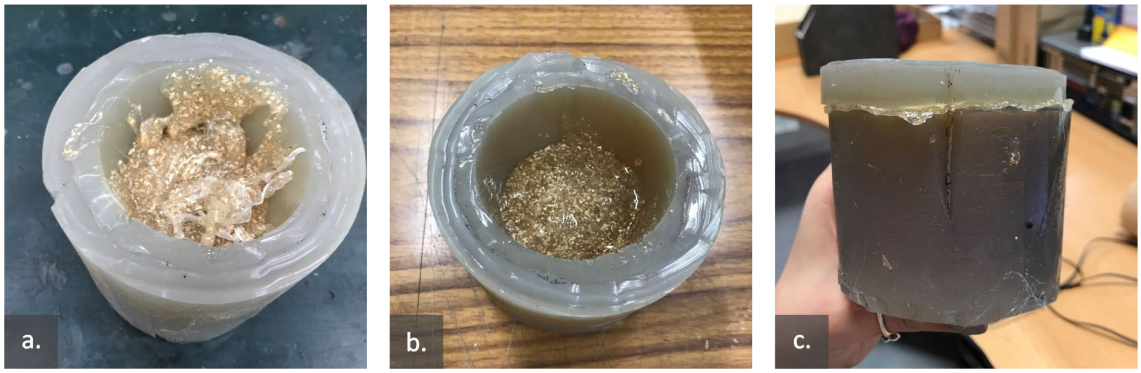


Figura 68 - a. material vazado no molde antes de ser colocado no forno; b. molde quando retirado do forno e c. colocação do contramolde (acervo próprio).

Até este ponto do plano experimental todas as amostras produzidas com o compósito PLAegg apresentavam uma superfície brilhante. Em busca de se conseguir uma superfície sem brilho foram aplicados alguns tratamentos de superfície. Primeiramente com o auxílio de uma lixadora (Figura 69a) desgastou-se a superfície da amostra, como resultado conseguiu-se uma superfície fosca, mas ligeiramente esbranquiçada (Figura 69b). Na segunda amostra foi utilizada uma máquina de granalhagem 3HP-315I. O resultado é uma superfície fosca, porém por ser uma máquina utilizada para dar tratamento de superfície em metais acabou por deixar a amostra ligeiramente escura (Figura 69c). Na Tabela 9 está descrito o processo experimental das experiências 9 a 14.

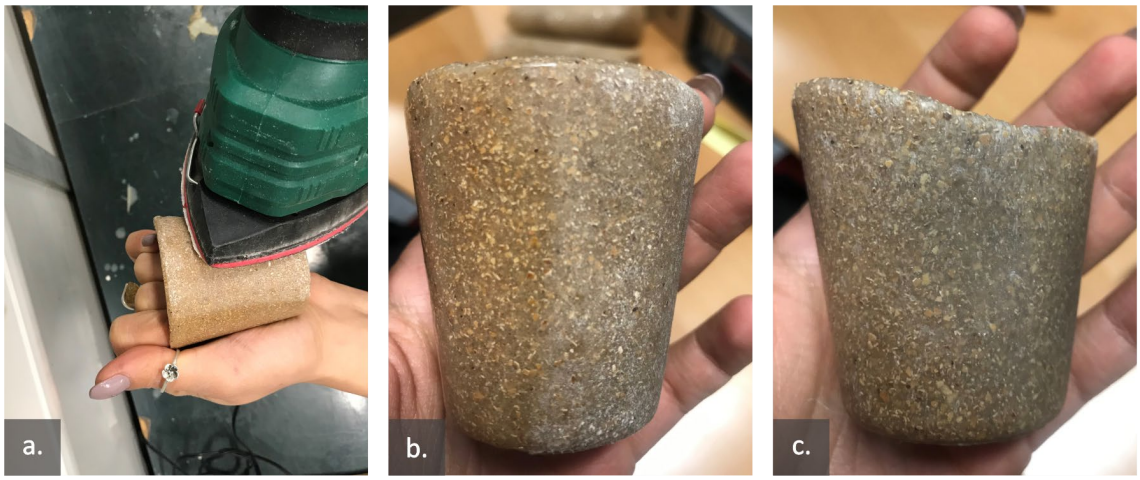


Figura 69 - a. utilização da lixadora; b. amostra do teste com a lixadora e c. amostra do teste com granalhagem (acervo próprio).

Tabela 9 - Caracterização do processo experimental 9, 10, 11, 12, 13 e 14 (elaborado pelo autor).

Exp.	% Casca de Ovo	Uso Forno	Objetivos	Conclusão	Amostra	Amostra com exposição á luz
9	20%	Não	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com pouca translucidez		
10	15%	Sim	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com média translucidez		
11	10%	Sim	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com boa translucidez		
12	10%	Não	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com boa translucidez		
13	4%	Não	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com boa translucidez		
14	4%	Sim	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com boa translucidez		

Ainda que as experiências realizadas anteriormente tenham demonstrado que o compósito PLAegg assume com sucesso as formas curvas do molde com forma de copo, pensou-se em tentar conseguir formas com maiores dimensões e espessuras mais finas.

_Experiências 15 e 16 – formas curvas

Objetivo: Obtenção de formas curvas com maiores dimensões e espessuras mais finas.

Materiais | Equipamentos: Utilizou-se um tapete de silicone de uso culinário que foi adquirido em uma loja de produtos para restauração, tinha 40X30 cm e apresentava uma face brilhante e uma face fosca. Para o uso nestes experimentos o tapete foi dividido em duas partes.

O compósito das experiências 15 e 16 utilizou 110 gramas de aglutinante e 22 gramas de casca de ovo.

Método: Fez-se a deposição do material em um dos tapetes de silicone (Figura 70a) colocou-se o outro tapete sobreposto e com o auxílio de um tubo em cartão espalhou-se o material (Figura 70b). O material depositado no tapete não foi suficiente para cobrir toda a superfície (Figura 70c). Repetiu-se a deposição do material até que toda a superfície pretendida fosse preenchida com o material (Figura 70d).

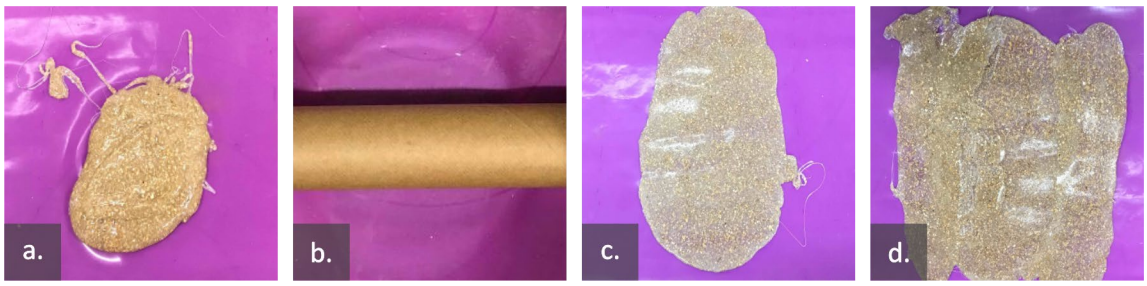


Figura 70 - a. Material depositado no tapete de silicone; b. Tubo em cartão com o qual se espalhou o material; c. Primeira camada depositada e d. Camadas de deposição do material (acervo próprio).

Como referido anteriormente, por o material esfriar de forma rápida, quando se terminou de adicionar o material, as camadas do compósito já se encontravam endurecidas e, portanto, não ouve mistura entre as camadas o que resultou em uma superfície sem homogeneidade. Para homogeneizar as camadas e para deixar o material maleável para moldagem, os tapetes com o material foram colocados em um forno industrial F.T.T. 1200 a 200ºC durante 10 minutos (Figura 71a).

De seguida com a utilização de um tubo em cartão, deu-se a forma cilíndrica ao material (Figura 71b) Depois que o material arrefeceu, retirou-se o tubo em cartão e os tapetes de silicone (Figura 71c).

Conclusão: Na experiência 15 que foi realizada com o lado fosco do tapete de silicone observou-se que a superfície da peça ficou igualmente fosca (Figura 71d), enquanto que na experiência 16 que foi utilizado o lado brilhante do tapete a peça ficou com uma superfície brilhante (Figura 71e). Na Figura 71f, podem ser observadas ambas as peças. Na Tabela 10 está descrito o processo experimental das experiências 15 e 16.

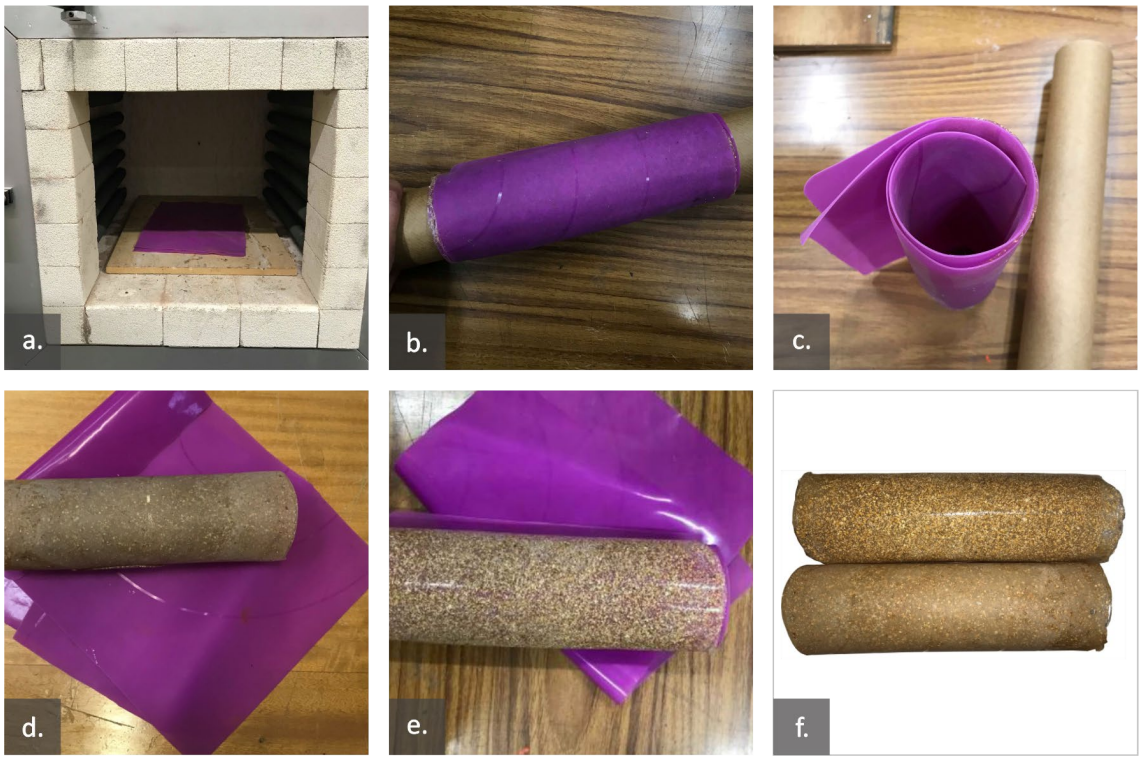


Figura 71 - a. tapete colocado no forno com o material; b. utilização de cano em cartão para dar forma ao material; c. tapetes com material após retirada do cano de cartão; d. amostra 15; e. amostra 16 e f. ambas as amostras (acervo próprio).

Tabela 10 - Caracterização do processo experimental: 15 e 16 (elaborado pelo autor).

Exp.	% Casca de Ovo	Uso Forno	Tapete Silicone	Objetivos	Conclusão	Amostra	Amostra com exposição à luz
15	15%	Sim	Utilizado o lado fosco do tapete de silicone	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com pouca translucidez Superfície fosca		
16	15%	Sim	Utilizado o lado brilhante tapete de silicone	Aglomeração do desperdício Verificação da translucidez	Aglomeração total Preservação da cor Material com pouca translucidez Superfície brilhante		

_Experiência 17 – Injeção

Objetivo: Verificar o comportamento do material e se o mesmo é adequado para moldagem por injeção.

Materiais | Equipamentos: Utilizou-se uma injetora vertical Injecta P5 (Figura 72) que se encontra disponível no Laboratório de Materialografia. A injeção do material foi feita em um molde metálico já existente no laboratório. Estas experiências foram feitas de forma bastante experimental e por esse motivo não são apresentados dados referentes as quantidades dos materiais utilizados. Os parâmetros utilizados para estas experiências foram: pressão de 0.2MPa, sendo esta a pressão normal de trabalho para a injetora utilizada, à temperatura de 190 ºC com a duração do curso de injeção de 5 seg.

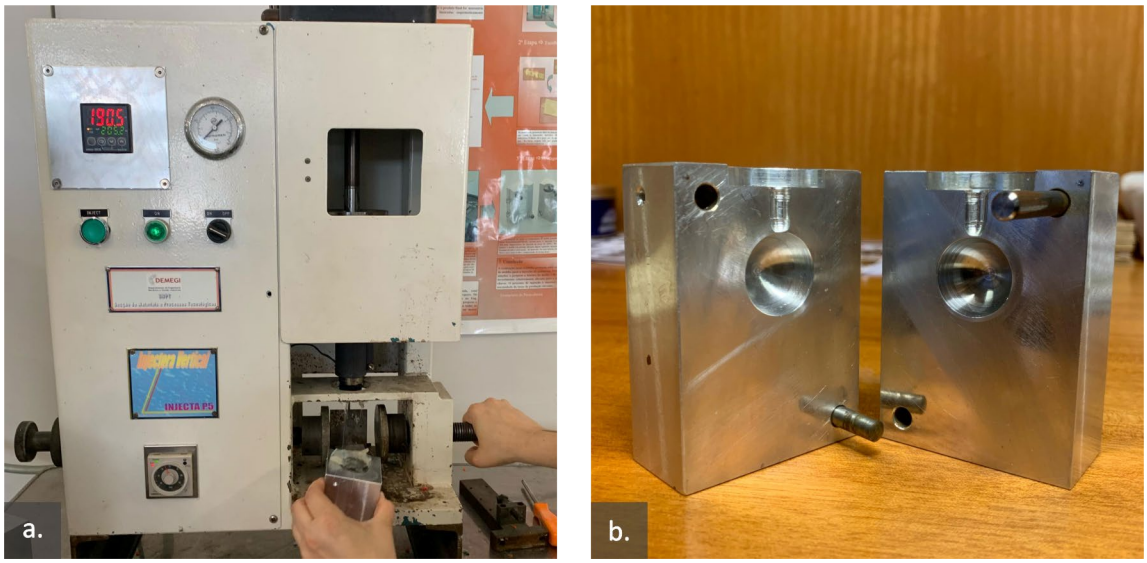


Figura 72 - a. injetora vertical, b. molde metálico (acervo próprio).

Método: Primeiramente foram colocados apenas *pellets* de PLA de forma a limpar qualquer resquício de outro material que ainda estivesse na injetora. De seguida experimentou-se colocar a casca de ovo diretamente no molde e fazer a injeção apenas de PLA (Figura 73).

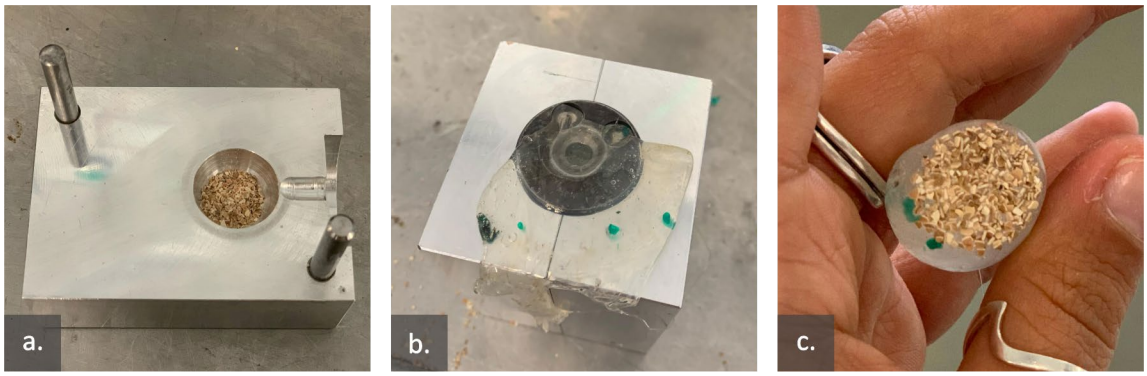


Figura 73 - a. colocação de casca de ovo no molde metálico; b. molde após injeção do material; c. resultado (acervo próprio).

Nas experiências seguintes, a casca de ovo e o PLA foram misturados antes de serem colocados na injetora. observou-se que o resultado foi um material bastante homogéneo (Figura 74). O resultado das experiências feitas pode ser visto na Figura 75.

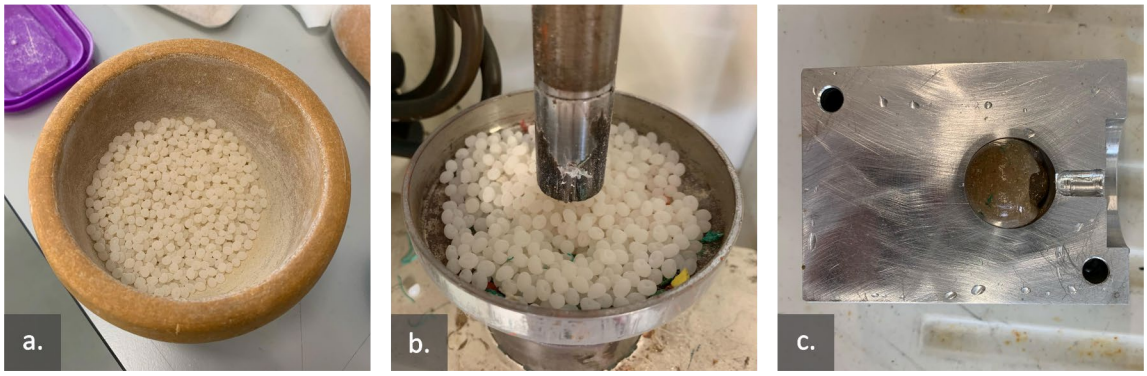


Figura 74 - a. material antes de ser colocado na injetora; b. material colocado na injetora; c. resultado (acervo próprio).

Figura 75 - Resultados das experiências com injetora vertical (acervo próprio).

Conclusão: Esta experiência permitiu perceber que o material é adequado para moldagem por injeção. Alguns problemas foram observados, como por exemplo o fato da máquina injetora utilizada apresentar algumas falhas de regulação, apresentando folgas no curso do bico injetor, o que tornou difícil colocar o molde de injeção na posição correta antes de prosseguir com a injeção o que fazia com parte do material não fosse injetado corretamente e vertesse. Observou-se ainda que, se o material permanecer no cilindro por um longo período, o mesmo começa a queimar e fica com uma coloração mais escura. Entretanto, com os devidos ajustes de equipamento o material pode se mostrar apropriado para este processo.

_Experiência 18 – Prensa térmica

Depois de analisar as experiências realizadas até o momento e com o objetivo de diminuir o número de processos necessários para a moldagem do material pensou-se na possibilidade de explorar um método onde fosse possível preparar o material, ao mesmo tempo que se fizesse a moldagem. Optou-se pela utilização de um molde metálico por este apresentar uma maior vida útil em comparação com os moldes em silicone. Posto isto, realizaram-se as experiências com a utilização de uma prensa térmica que serão descritas a seguir.

EXPERIÊNCIA | 01

Objetivo: Perceber a possibilidade de se colocar o PLA e a casca de ovo diretamente no molde sem a mistura de ambos.

Materiais | Equipamentos: Molde metálico, *spray* de silicone, pó de talco, forno e prensa.

Método: Por ter-se utilizado um molde metálico fez-se necessária a utilização de um desmoldante, neste caso um *spray* de silicone e pó de talco. Primeiramente foi aplicado no molde e contramolde uma camada de *spray* de silicone e posteriormente uma camada de pó de talco. O PLA foi então colocado no molde e levado ao forno F.T.T. 1200 (pré-aquecido a 200ºC durante 60 minutos) durante 30 minutos. Quando retirado do forno o PLA adquiriu uma consistência pastosa e aspeto homogéneo. A casca de ovo foi então depositada sobre o PLA e de seguida colocou-se o contramolde. Recolocou-se o molde no forno desta vez com a utilização da prensa. O molde permaneceu durante 5 minutos sobre a pressão da prensa e posteriormente foi retirado do forno. Após o resfriamento do molde procedeu-se com a retirada da peça (Figura 76).

Conclusão: A peça obtida não apresenta um material homogéneo, a casca de ovo ficou concentrada na superfície onde havia sido depositada. Foram observadas algumas manchas brancas decorrentes da utilização do pó de talco. A peça apresenta algumas falhas de material, provavelmente provocadas pela presença de bolhas de ar.

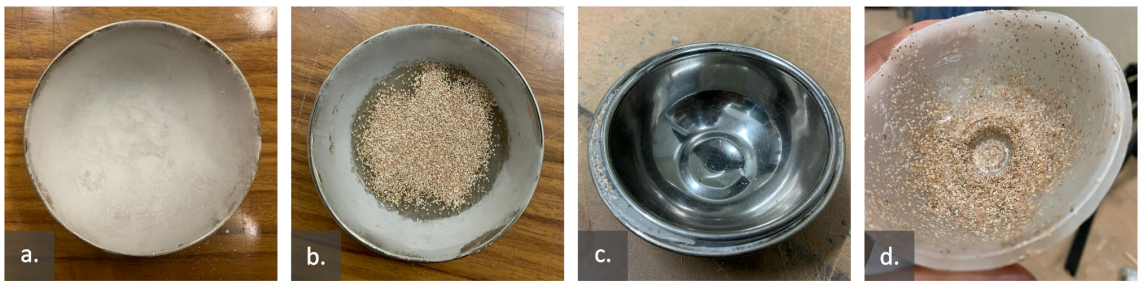


Figura 76 - Experiência 01: a. molde após aplicação de desmoldante; b. PLA com deposição da casca de ovo; c. molde após ser retirado da prensa térmica; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).

EXPERIÊNCIA | 02

Objetivo: Perceber a possibilidade de se misturar o PLA com a casca de ovo antes da sua colocação no forno.

Materiais | Equipamentos: Molde metálico, spray de silicone, prensa e forno.

Método: Foram colocados no molde os *pellets* de PLA e as partículas de casca de ovo que foram misturadas de forma manual. Por o molde ter recebido uma camada de spray desmoldante de silicone, observou-se que algumas partículas de casca de ovo aderiram a superfície do molde.

O molde foi levado ao forno F.T.T. 1200 (pré-aquecido a 200ºC durante 60 minutos) durante 30 minutos, de seguida colocou-se o contramolde. Recolocou-se o molde no forno desta vez com a utilização da prensa. O molde permaneceu durante 5 minutos sobre a pressão da prensa e posteriormente foi retirado do forno. Após o resfriamento do molde procedeu-se com a retirada da peça (Figura 77).

Conclusão: A peça obtida não apresenta um material homogéneo, a maioria das partículas de casca de ovo ficaram na superfície da peça provavelmente por terem aderido ao silicone. Foram observadas algumas falhas de material na peça, provavelmente provocadas pela presença de bolhas de ar. As manchas brancas identificadas anteriormente na Experiência 01 não foram encontradas na Experiência 02 e deste modo acredita-se que tenham sido decorrentes da utilização do pó de talco.

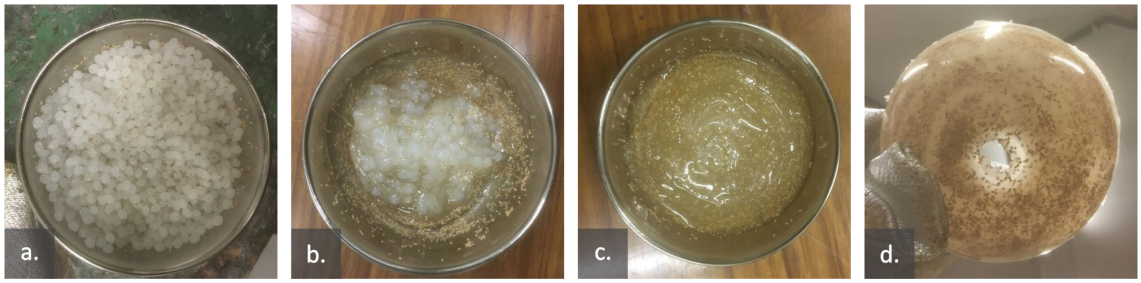


Figura 77 - Experiência 02: a. PLA + casca de ovo antes de serem colocados no forno; b. PLA + casca de ovo no forno; c. material antes de ser colocado na prensa; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).

EXPERIÊNCIA | 03

Objetivo: Produzir *pellets* do compósito para serem posteriormente utilizados diretamente no molde.

Materiais | Equipamentos: Molde metálico, molde de silicone, spray de silicone, prensa e forno.

Método: Por não dispor do equipamento necessário para que se conseguisse triturar as placas pensou-se em uma alternativa que consistiu em produzir uma pequena peça em um molde de silicone, esperou-se que a peça produzida esfriasse completamente. Foi colocada a peça de

compósito no molde metálico e levado ao forno F.T.T. 1200 (pré-aquecido a 200ºC durante 60 minutos) durante 30 minutos, de seguida colocou-se o contramolde. Recolocou-se o molde no forno desta vez com a utilização da prensa. O molde permaneceu durante 5 minutos sobre a pressão da prensa e posteriormente foi retirado do forno. Após o resfriamento do molde procedeu-se com a retirada da peça.

Conclusão: A peça obtida apresentou um material homogéneo, foram observadas algumas falhas de material provavelmente provocadas pela presença de bolhas de ar. Algo que despertou a atenção foi a alteração de cor que o material sofreu. Como pode ser visto na Figura 78a e na Figura 78b o material apresentava a sua cor normal, quando foi depositado no molde metálico e colocado novamente no forno a sua coloração ficou mais escura como pode ser comprovado na Figura 78c e na Figura 78d.

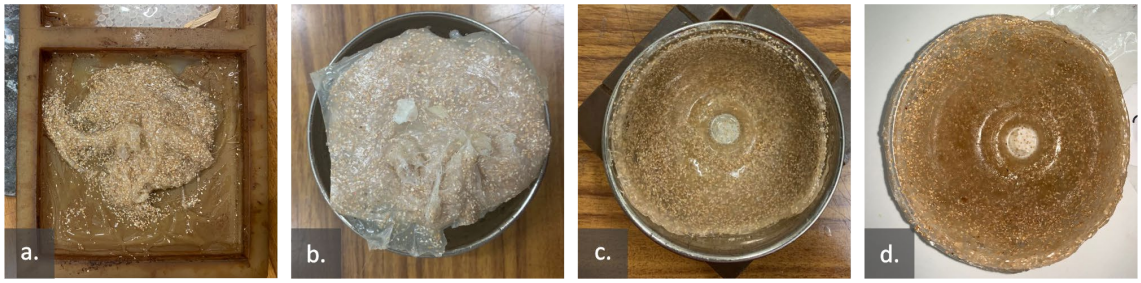


Figura 78 - Experiência 03: a. material no molde de silicone; b. peça compósito no molde metálico; c. Material após ser retirado da prensa; d. Peça após ser retirada do molde (acervo próprio).

EXPERIÊNCIA | 04

Objetivo: Algo que foi observado nas experiências anteriores foi a dificuldade em retirar as peças do molde metálico, por esse motivo experimentou-se usar vaselina líquida como desmoldante.

Materiais | Equipamentos: Molde metálico, molde de silicone, vaselina líquida, prensa e forno.

Método: Algo que foi observado nas experiências anteriores foi a dificuldade em retirar as peças do molde metálico, nas experiências seguintes usou-se vaselina líquida.

Foram colocados no molde metálico os *pellets* de PLA e levados ao forno F.T.T. 1200 (pré-aquecido a 200ºC durante 60 minutos) durante 30 minutos. Com o PLA em estado pastoso foram acrescentadas as partículas de casca de ovo que foram misturas de forma manual.

Colocou-se o contramolde e recolocou-se o molde no forno desta vez com a utilização da prensa. O molde permaneceu durante 5 minutos sobre a pressão da prensa e posteriormente foi retirado do forno. Após o resfriamento do molde procedeu-se com a retirada da peça (Figura 79).

Conclusão: A peça obtida apresentou um material bastante homogéneo, sem falhas. Em relação ao desmoldante sentiu-se a mesma dificuldade em retirar a peça.

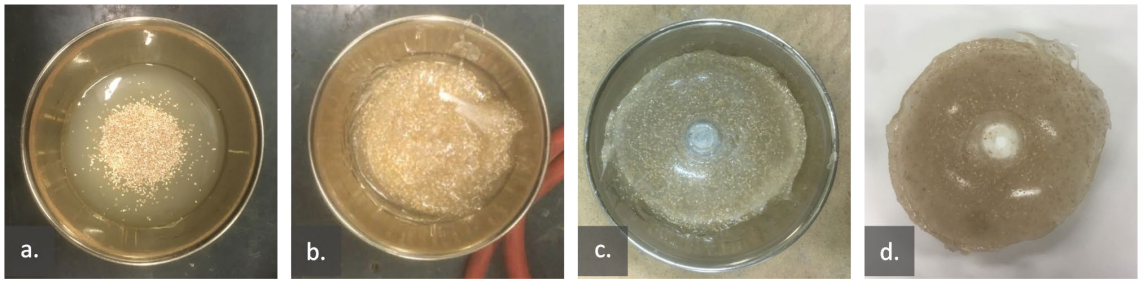


Figura 79 - Experiência 04: a. PLA + casca de ovo antes de serem misturados; b. PLA + casca de ovo após mistura; c. material após ser retirado da prensa; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).

EXPERIÊNCIA | 05

Objetivo: Perceber a possibilidade de se obter uma peça homogénea com a mistura de PLA, casca de ovo juntamente com vaselina líquida antes da sua colocação no forno.

Materiais | Equipamentos: Molde metálico, molde de silicone, vaselina líquida, prensa e forno.

Método: Num recipiente metálico foram colocados os *pellets* de PLA juntamente com uma pequena quantidade de vaselina líquida e as partículas de casca de ovo, de seguida misturou-se tudo de forma manual. A vaselina foi utilizada com o objetivo de ajudar as partículas de casca de ovo a aglutinarem-se nos *pellets* de PLA. De seguida, a mistura foi colocada no molde metálico e foi levado ao forno F.T.T. 1200 (pré-aquecido a 200ºC durante 60 minutos) durante 30 minutos, de seguida colocou-se o contramolde. Recolocou-se o molde no forno desta vez com a utilização da prensa. O molde permaneceu durante 5 minutos sobre a pressão da prensa e posteriormente foi retirado do forno. Após o resfriamento do molde procedeu-se com a retirada da peça (Figura 80).

Conclusão: A peça obtida apresentou um material bastante homogéneo, apresenta bastante falhas de material provavelmente pela presença de bolhas de ar. Sentiu-se a mesma dificuldade na hora de retirar a peça do molde.

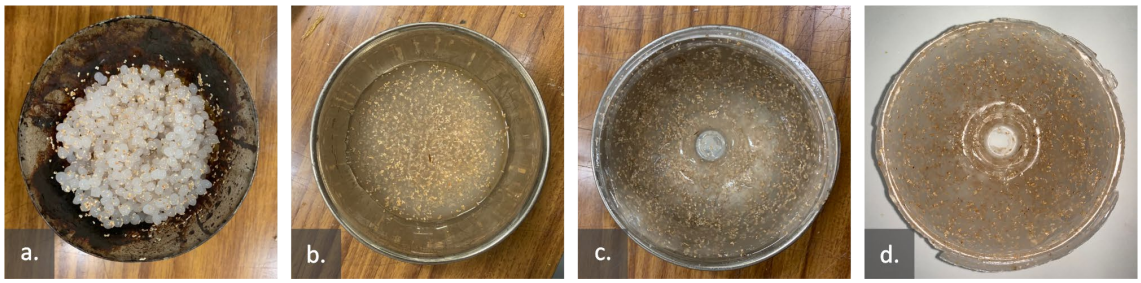


Figura 80 - Experiência 05: a. Mistura de PLA + casca de ovo + vaselina líquida antes de ser colocada no forno; b. Mistura de PLA + casca de ovo + vaselina líquida após ser retirado do forno; c. material após ser retirado da prensa; d. peça após ser retirada do molde (acervo próprio).

A experiência que teve o melhor resultado foi a de número 04 pois apresenta um material homogéneo e sem falhas. Na Tabela 11 apresenta-se a caracterização das experiências realizadas.

Tabela 11 - Caracterização experiências | Forno com prensa térmica (elaborado pelo autor).

EXP.	% CASCA DE OVO	ALTERAÇÃO DE COR	DESMOLDANTE	MATERIAL HOMOGÉNEO	FALHAS NO MATERIAL	AMOSTRA	AMOSTRA COM EXPOSIÇÃO À LUZ
1	9,4%	NÃO	SPRAY DE SILICONE + PÓ DE TALCO	NÃO	SIM		
2	5,9%	NÃO	SPRAY DE SILICONE	NÃO	SIM		
3	9,1%	SIM	SPRAY DE SILICONE	SIM	SIM		
4	9,1%	NÃO	VASELINA LÍQUIDA	SIM	NÃO		
5	8,4%	NÃO	VASELINA LÍQUIDA	SIM	SIM		

As experiências realizadas até este ponto da investigação tiveram como objetivo perceber diferentes formas de moldar o compósito. Por ser uma fase de experimentação inicial as partículas de casca de ovo não tinham granulometria definida. Foram levados em consideração os equipamentos que vão estar disponíveis na Oficina Design. O método que apresentou melhor resultado foi o que utilizou forno com prensa térmica, pois permite que a mistura do PLA e da casca de ovo seja feita no próprio molde sem a utilização de mais um equipamento, o que torna o processo mais rápido e simples. Levando em consideração as dificuldades encontradas quando a peça é retirada do molde metálico, coloca-se a hipótese de utilizar um molde em silicone.

Para dar seguimento a investigação foi aplicado o método Material Driven Design, de modo a validar o material em desenvolvimento. Para a aplicação foram produzidas 14 amostras com proporções e granulometrias diferentes e com a utilização do método considerado mais indicado

(forno com prensa térmica e molde em silicone). Na Tabela 12 encontra-se a descrição das referidas amostras.

Tabela 12 - Amostras com granulometrias definidas (elaborado pelo autor).

Granulometria (µm)	% Casca de Ovo	Casca			
		Castanha		Branca	
		Sem exposição à luz	Com exposição à luz	Sem exposição à luz	Com exposição à luz
850	12,5				
600	12,5				
425	12,5				
250	6,7				
106	6,7				
75	3,4				
45	1,4				

3.3 MATERIAL DRIVEN DESIGN

A metodologia Material Driven Design (MDD), consiste em um método desenvolvido pelo departamento de Design Industrial da Universidade Tecnológica de Delft, Holanda, e pelo departamento de Design do Politécnico de Milão, Itália (Moreira 2018), que tem como objetivo fornecer suporte à designers na definição de um projeto onde o ponto de partida é um determinado material. O MMD aponta três possíveis cenários de ponto de partida: materiais já conhecidos, relativamente desconhecidos, e proposta de novo material (Karana *et al.* 2015). O terceiro cenário é o que mais se adequa ao contexto desta dissertação.

A Figura 81 ilustra o método MDD com quatro etapas principais de ação apresentadas de maneira sequencial como:

1. Entender o material: caracterização técnica e experiencial;
2. Criando uma visão de experiência em materiais;
3. Manifestando padrões de experiência em materiais;
4. Elaborando conceitos em produtos/materiais.

Conforme ilustrado na Figura 81, o MDD começa com um material (ou uma proposta de material, com base nos três cenários possíveis listados anteriormente) e termina com um produto e / ou outro material desenvolvido (Karana *et al.* 2015).

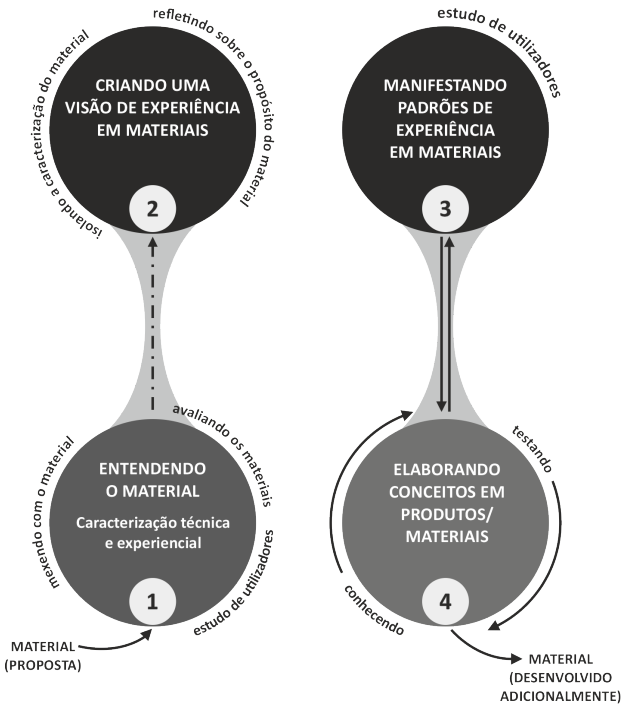


Figura 81 - - Método Material Driven Design (adaptado de Karana *et al.* 2015).

Segundo Karana *et al.* (2015) não é necessário aplicar todos os passos no decorrer do processo. Através do *feedback* de designers que aplicaram o método em diferentes projetos, foi possível perceber que é importante adequar o método às particularidades de cada projeto para assim conseguir um resultado mais satisfatório (Silva 2018, Moreira 2018). Tendo por base a metodologia do MDD, foi feita uma análise do material em estudo nesta dissertação, que será descrita de seguida.

3.3.1 Etapa 1: Entender o material

Nesta etapa pretende-se que o designer consiga compreender o material e caracterizá-lo técnica e experimentalmente. Caracterizar o material é uma forma de assimilar as suas qualidades, defeitos, constrangimentos e possíveis aplicações práticas. Inclui que se realizem experimentos com o material de forma a obterem-se informações sobre as suas propriedades (Karana *et al.* 2015).

Se o material em estudo estiver totalmente desenvolvido, as suas propriedades técnicas e processos de manufatura poderiam ser obtidos através de fichas técnicas, fornecedores de materiais ou ainda através de bancos de dados de materiais on-line (Karana *et al.* 2015). Em casos como o deste estudo, onde o material não se encontra totalmente desenvolvido, a caracterização técnica deve ser obtida através da realização de experimentos.

As experiências de transformação do material estão descritas de forma detalhada no Plano Experimental deste documento. Como conclusão das referidas experiências, conclui-se que o material resulta de um processo de moldação, em alguns casos foi utilizada compressão. Uma das grandes dificuldades encontradas no processo de moldação foi o facto de ser necessário o amolecimento do PLA e a sua mistura com a casca de ovo antes de ser colocado no molde, de forma a garantir como resultado final um material homogéneo. Com a utilização de moldagem por injeção foi possível constatar que é possível misturar os dois materiais no momento da injeção e ainda assim obter como resultado um material uniforme. Realizaram-se testes para verificar o comportamento do material quando sujeito a uma ferramenta cortante (serra manual, serra de fita e mini ferramenta), em ambos os testes o material derrete, como resultado obtém-se uma superfície irregular.

Foram feitos testes de resistência à água e ao fogo. O contato com água deu-se através da imersão do material em um recipiente com água. Durante 60 dias o material foi observado e manuseado diariamente para identificar possíveis alterações na sua estrutura, como resultado verificou-se que o material não sofreu alterações. O teste de resistência ao fogo foi realizado com a chama de um isqueiro em contato constante com a amostra, após cerca de 10 segundos o material entrou em combustão só cessando após ser apagado pela investigadora.

Na Figura 82 são apresentadas imagens referentes às experiências realizadas para a caracterização do material.

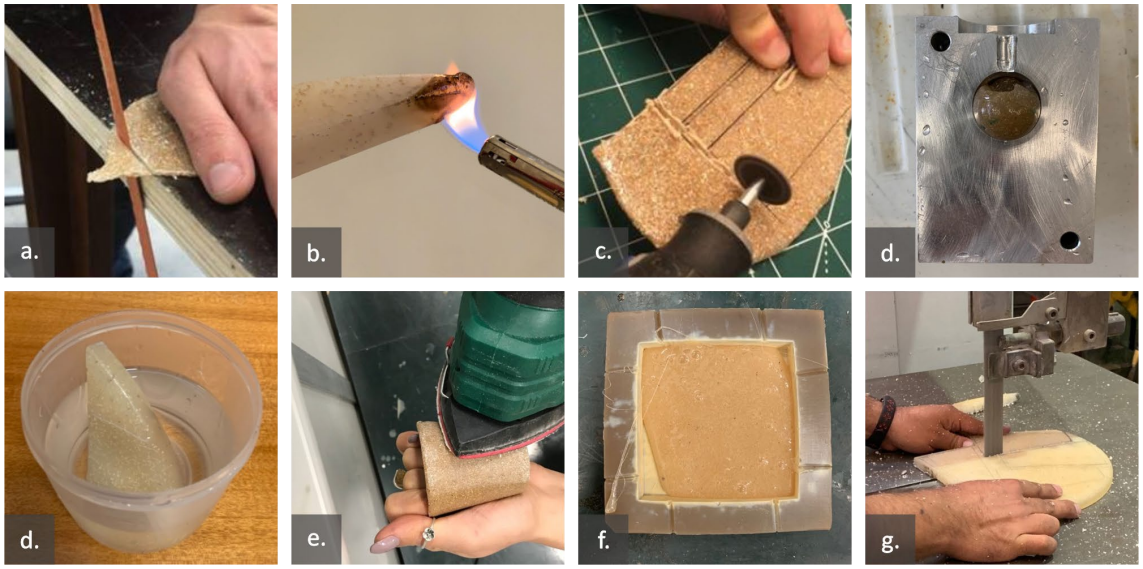


Figura 82 - Experiências de caracterização do material: a. corte com serra manual; b. resistência ao fogo; c. corte com mini ferramenta; d. injetora vertical; e. resistência a água; f. lixadeira elétrica; g. molde de silicone; h. corte com serra de fita (acervo próprio).

A qualidade que mais desperta a atenção no material é a sua translucidez e tridimensionalidade devido às partículas de casca de ovo, levando isso em consideração uma possível utilização para o material seriam objetos que tirem partido dessas qualidades como por exemplo candeeiros.

3.3.2 Etapa 2: Caracterização experiencial do material

Esta etapa ajuda a entender como outras pessoas interagem com o material. Segundo o MDD, devem-se encontrar significados sob o nível interpretativo da experiência do material e definir palavras-chave que caraterizem o que é pretendido para o produto final. Utilizamos como método suporte nesta etapa o *Meaning Driven Materials Selection* (MDMS) e o *Materials-to-Experiences at four levels* (*Ma2E4) Toolkit,* ambos desenvolvidos pelo mesmo autor. No MDMS o autor indica que seja feito um estudo composto por três tarefas que devem ser propostas a um grupo de pessoas:

a) Selecionar uma amostra à qual possam associar as palavras-chaves;

b) Escolher uma imagem de um produto onde gostariam de ver o material aplicado;

c) Explicar a escolha e avaliar o material usando uma escala sensorial (Karana, Hekkert, and Kandachar 2010).

O *Ma2E4 Toolkit* tem como objetivo ajudar a perceber como as pessoas experimentam os materiais (Karana and Rognoli 2019). A ferramenta está estruturada em torno dos quatro níveis de experiência dos materiais, ou seja, sensorial, interpretativo, afetivo e performativo (Karana and Camere 2018). *Ma2E4 Toolkit* é composto por um mapa, uma lista de significados, uma lista de emoções e um conjunto de imagens interpretativas. Para a aplicação neste estudo foram feitas algumas alterações ao mapa (Figura 83), nomeadamente o acréscimo de algumas etapas referentes ao MDMS. O mapa e as cartas podem ser vistos em maior detalhe no anexo 5.

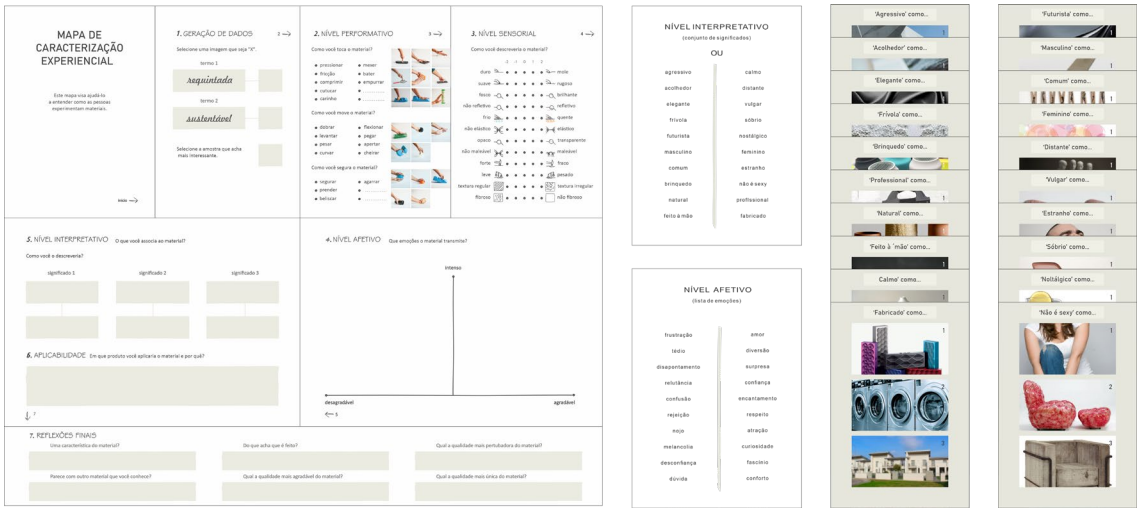


Figura 83 - *Toolkit* adaptado para esta dissertação (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).

Quando se pensa em produtos feitos a partir de resíduos têm-se a tendência a associar simplesmente a produtos "pobres" e pouco apelativos. Desta forma, como o material deste estudo tem entre os seus componentes um resíduo alimentar e com a intenção de contribuir para a mudança de entendimento de como são encarados os produtos feitos com resíduos, as palavras-chaves escolhias foram Requinte e Sustentável, pois pretende-se que o produto aparente ter requinte e ao mesmo tempo transpareça ser um produto sustentável.

Com base nos métodos apresentados anteriormente, um estudo foi conduzido no DSFEUP, com 32 estudantes de design e de engenharia mecânica, com idades compreendidas entre os 21 e os 42 anos dos quais 18 são do sexo masculino e 14 do feminino. Um dos objetivos primordiais deste estudo foi verificar a perceção das pessoas em relação ao material nas suas diferentes variantes, especificamente o uso de granulometrias diferentes para a casca de ovo e perceber se existe alguma preferência relativamente a cor que a casca (castanha e branca) atribui ao material. Também era pretendido analisar se a aplicação dada ao material anteriormente (item 3.1.1 e 3.1.2), nomeadamente a sua utilização no desenvolvimento de candeeiros (Obo Lamp, e Leix

Lamp), será um dos resultados das indicações de possíveis produtos a serem desenvolvidos com o material.

Desta forma, foram utilizadas neste estudo 14 amostras (Figura 84 e Figura 85) com sete granulometrias diferentes (850 µm, 600 µm, 425 µm, 250 µm, 106 µm, 75 µm e 45 µm) e com cascas castanhas e brancas. Embora a metodologia sugira que sejam utilizadas no estudo amostras com formas variadas, optou-se por fazer todas as amostras com o mesmo formato para que esse não seja um fator de decisão na perceção das pessoas em estudo.

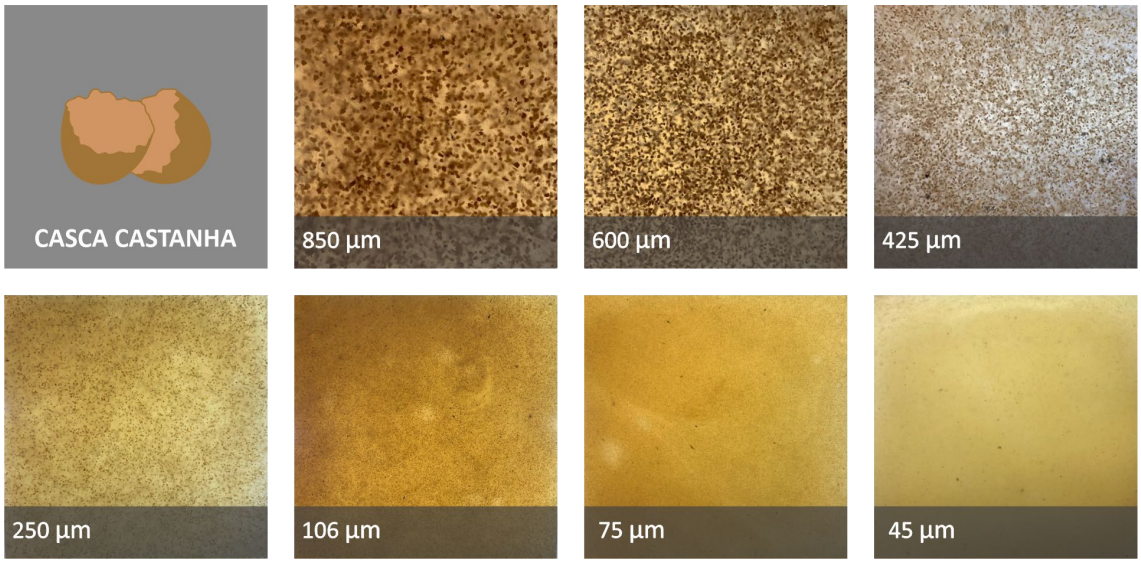


Figura 84 - Amostras utilizadas no estudo com casca castanha (elaborado pelo autor).

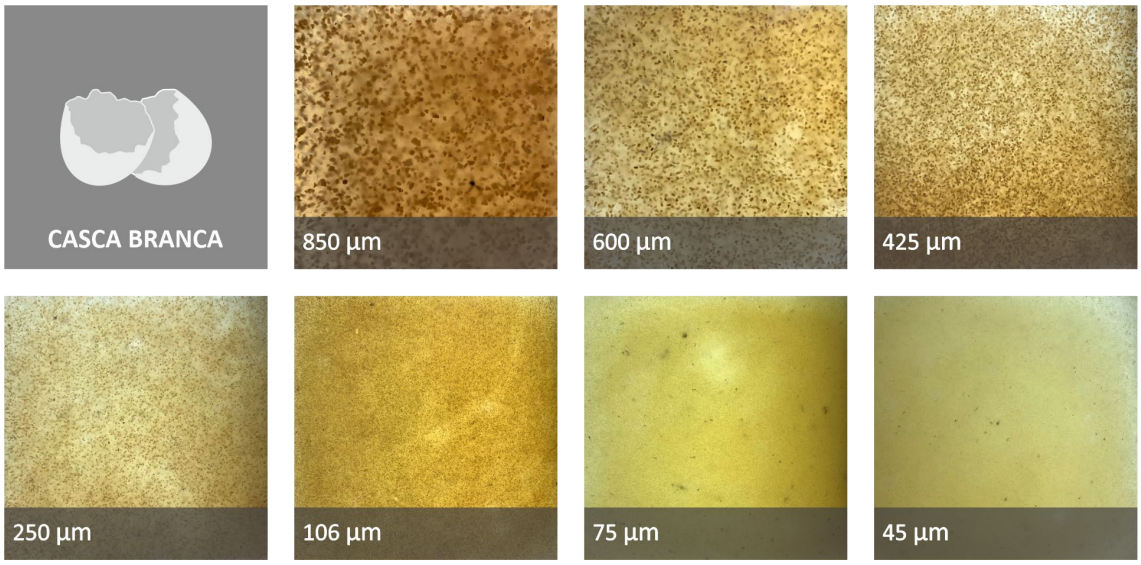


Figura 85 - Amostras utilizadas no estudo com casca branca (elaborado pelo autor).

Fase 01 – Sustentabilidade e requinte

Primeiramente, foi disposto na frente dos participantes um quadro com imagens (Figura 86) de vários tipos de produtos, com diversas formas, funções e materiais. As referidas imagens foram escolhidas pelo autor, por remeterem de alguma forma a umas das palavras-chaves: Requinte e Sustentável. O quadro de imagens pode ser visto em maior detalhe no anexo 6.

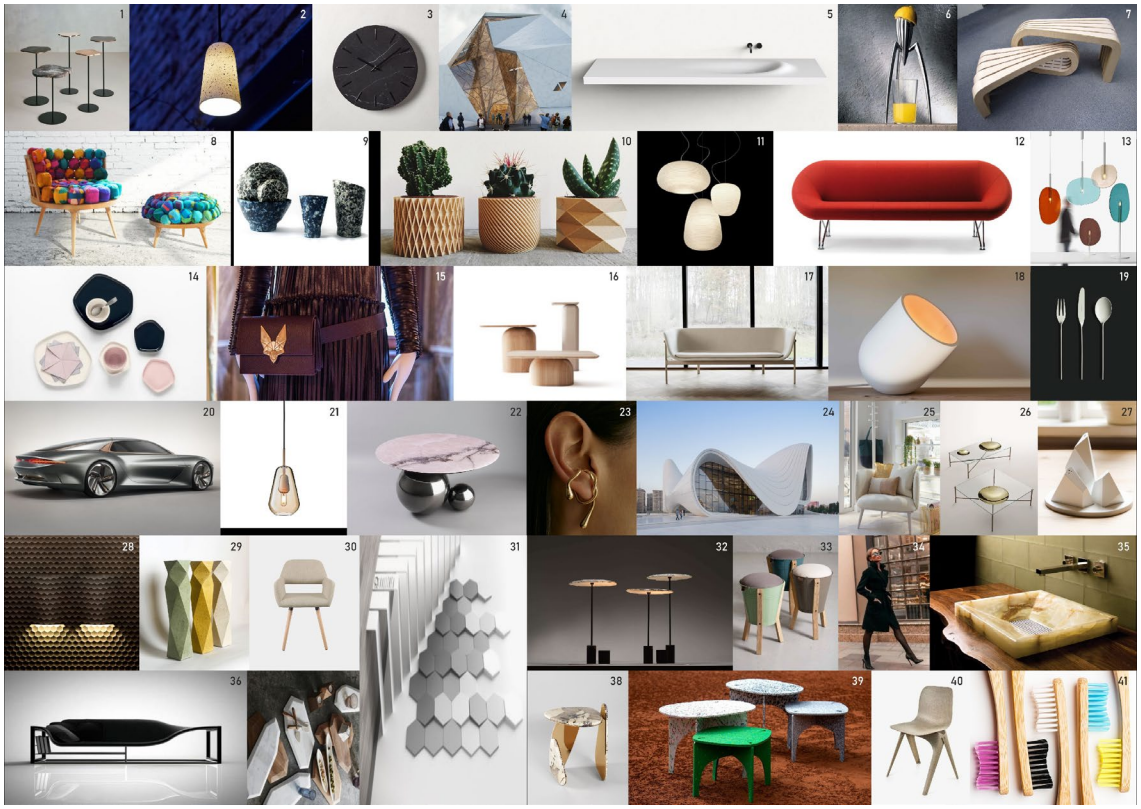


Figura 86 - Quadro com imagens referentes às palavras-chaves (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).

Foi solicitado aos participantes que escolhessem uma imagem do quadro de imagens (Figura 86) que conseguissem relacionar com cada uma das palavras-chave. Desta forma pretende-se compreender como as referidas palavras-chave são interpretadas em produtos. O resultado para a palavra sustentável pode ser visto na Figura 87.

Figura 87 - Quadro com imagens selecionadas pelos participantes referentes á palavra-chave sustentável (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).

Os números indicados nas imagens na Figura 87 representam o número de vezes que cada imagem foi selecionada. Nas duas imagens mais referidas, podem ser vistas duas tipologias de produtos: bancos produzidos com plástico reciclado e escovas de dentes fabricadas com cabo de bambu. Quando questionados o porquê de terem feito essas escolhas, os entrevistados responderam que os materiais foram fator determinante na escolha.

Referente á palavra Requinte, as imagens mais escolhidas pelos participantes estão representadas na Figura 88. Percebeu-se que os participantes tiveram mais dificuldade em escolher a imagem referente a esta palavra, motivado talvez por as interpretações de cada um serem subjetivas. As imagens mais selecionadas mostram que os participantes associam requinte com objetos com valor agregado. Seja ele económico como é o caso do Bentley, ou por ser um objeto de autor como por exemplo o espremedor do designer Philippe Starck. Após a análise do conjunto de imagens a maioria apresentam superfícies suaves, há uma mistura entre linhas curvas com linhas retas, cores neutras, aparência futurista e a combinação de diferentes tipos de materiais.

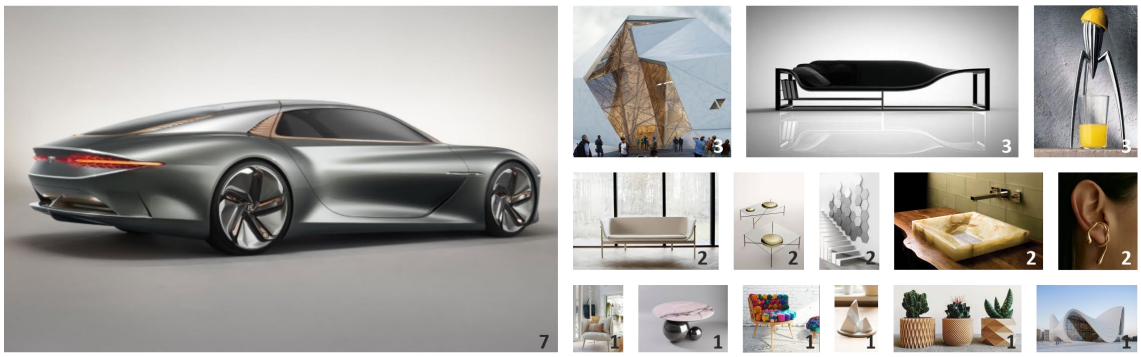


Figura 88 - Quadro com imagens selecionadas pelos participantes referentes á palavra-chave requinte (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).

Fase 02 – Manuseio do material

De seguida, as amostras foram dispostas diante dos convidados e foi-lhes dada a instrução para que manuseassem as amostras livremente e da forma que pretendessem de modo a que escolhessem a amostra que achavam mais interessante. Alguns participantes antes de manusearem as amostras perguntavam qual a composição e qual seria a aplicação do material, foi-lhes dito que apenas no final da experiência essas informações poderiam ser reveladas.

Observou-se que grande parte das pessoas quando começavam a manusear as amostras passavam o dedo na superfície das mesmas. Outras interações percebidas foram por exemplo: levantar, virar, colocar contra a luz, cheirar, sentir o peso e bater com as unhas de forma ouvir o som produzido. Passar o dedo na superfície, como dito anteriormente, foi a interação mais percebida no estudo, observou-se que as amostras analisadas em primeiro lugar eram de um modo geral as com uma granulometria de casca maior. Pode se supor que a granulometria maior da casca passa a perceção de as amostras terem uma superfície rugosa, uma vez que quando os entrevistados constatavam que a superfície era lisa expressavam surpresa. A presença de uma granulometria maior é percebida de forma positiva visto que as quatro amostras mais selecionadas (Figura 89) pelos participantes foram as de 850µm, 600µm e 425µm. Relativamente á escolha das amostras, levando em consideração a coloração, a maioria das amostras escolhidas foram as de casca de ovo castanha, embora a amostra mais escolhida (amostra com 850µm) seja de casca de ovo branco.

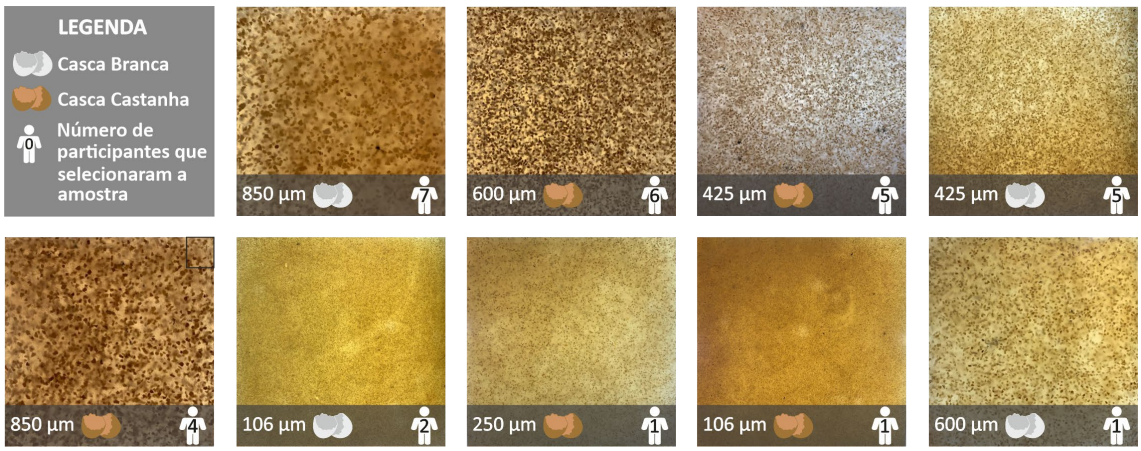


Figura 89 - Amostras selecionadas pelos participantes do estudo (elaborado pelo autor).

Fase 03 – Escala sensorial

Depois de escolherem a amostra que acharam mais interessante, foi-lhes pedido que preenchessem uma escala sensorial, onde teriam que caracterizar o material de acordo com a sua perceção e seguindo alguns parâmetros. Na Figura 90 apresentasse a compilação dos resultados.

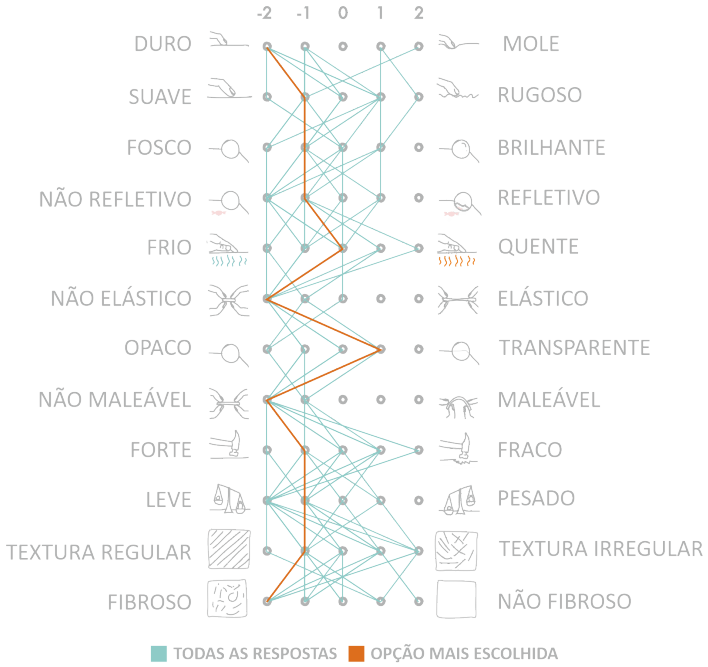


Figura 90 - Nível Sensorial (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).

Os resultados indicam que as pessoas percebem o material como duro, de superfície suave, fosca, não maleável, forte, leve, com boa transparência e com aspeto fibroso.

Fase 04 – Nível afetivo

De forma a avaliar o nível afetivo, foi disponibilizada aos participantes uma lista de palavras/emoções de onde os mesmos teriam que escolher 3 emoções que o material lhes transmitisse. Depois de selecionarem as 3 palavras/emoções foi pedido que as posicionassem em um gráfico levando em consideração o nível de agradabilidade e intensidade das emoções.

A emoção mais transmitida pelo material foi a **curiosidade** seguida por **atracão** e por fim **conforto**. No gráfico da Figura 91 apresentam-se os resultados, que são bastantes animadores visto que o material transmite **emoções positivas e de forma intensa**.

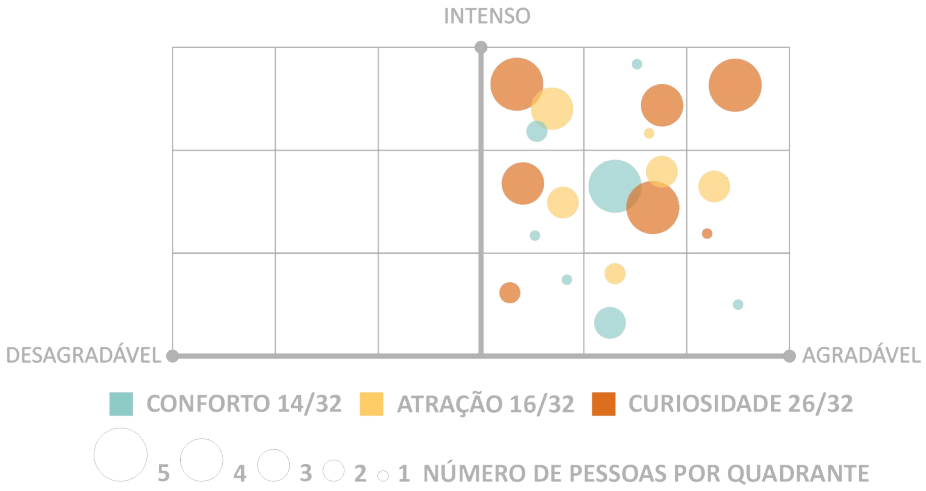


Figura 91 - Nível Afetivo (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).

Fase 05 – Nível interpretativo

De seguida fez-se a analise do nível interpretativo, onde novamente foi apresentada uma lista de palavras, desta vez com significados, de onde os participantes deveriam escolher três que associassem com o material. Após a escolha, eram apresentados cartões com três imagens interpretativas referentes a cada uma das palavras escolhidas, para que os participantes indicassem a imagem que mais representasse o que pensaram quando escolheram a referida palavra. Ao todo foram escolhidos 16 significados (Figura 92), os mais escolhidos foram natural, calmo e acolhedor.

Figura 92 - Significados mais escolhidos pelos participantes do estudo (elaborado pelo autor).

As imagens interpretativas selecionadas podem ser vistas na Figura 93. Na imagem escolhida para o significado 'natural' denota-se uma referência clara da similaridade da cor e textura dos objetos da imagem com as amostras. Na imagem referente a calmo a imagem mais selecionada pode ser interpretada como uma imagem que transmite conforto e tranquilidade, indo de encontro ao resultado do nível afetivo, onde uma das emoções mais escolhidas foi a de conforto. A imagem referente a acolhedor remete a uma superfície suave que foi uma das características atribuídas ao material pelos participantes a nível sensorial.

Os números indicados nas figuras representam a quantidade de pessoas que selecionaram a respectiva figura.

Figura 93 - Imagens interpretativas selecionadas pelos participantes (elaborado pelo autor a partir de Karana and Rognoli 2019).

Fase 06 – Questões finais

Por último, foram colocadas algumas questões aos participantes do estudo:

- O material parece com outro material que conheça?

  44% dos participantes responderam que não, que este é um material com características singulares. As restantes respostas foram: mármore, rolha sintética, granito, cerâmica, material protético, âmbar, cortiça, plástico, resina, rocha + resina, piso utilizado em autocarros, fibras naturais e sabão.

- Do que acha que é feito?

  Sobre a composição do material (Figura 94), 38% dos participantes responderam madeira (incluindo serrim), seguidos por 22% que responderam assertivamente casca de ovo. Os participantes que responderam casca de ovo são na totalidade estudantes do 1º ano do MDIP, o que pode ter deixado as suas respostas tendenciosas uma vez que parte desta pesquisa foi apresentada aos mesmos no início do ano académico. Quanto ao aglutinante, o mais referido pelos participantes foi que possivelmente seria algum tipo de resina.

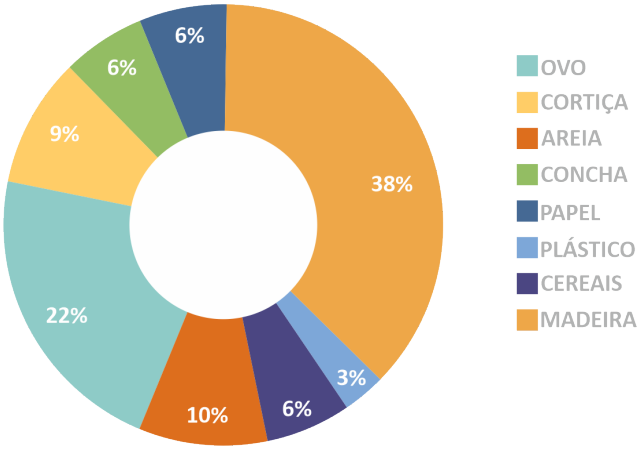


Figura 94 - Gráfico da opinião dos participantes sobre a composição do material (elaborado pelo autor).

- Uma característica do material?

  As características do material mais citadas foram: transparência, suavidade e textura.

- Qual a qualidade mais agradável do material?

  As qualidades mais agradáveis do material podem ser observadas no gráfico de palavras da Figura 95, as que mais se destacam são: **estética, transparência, textura e cor**.

Figura 95 - Gráfico de palavras das características mais agradáveis do material (elaborado pelo autor).

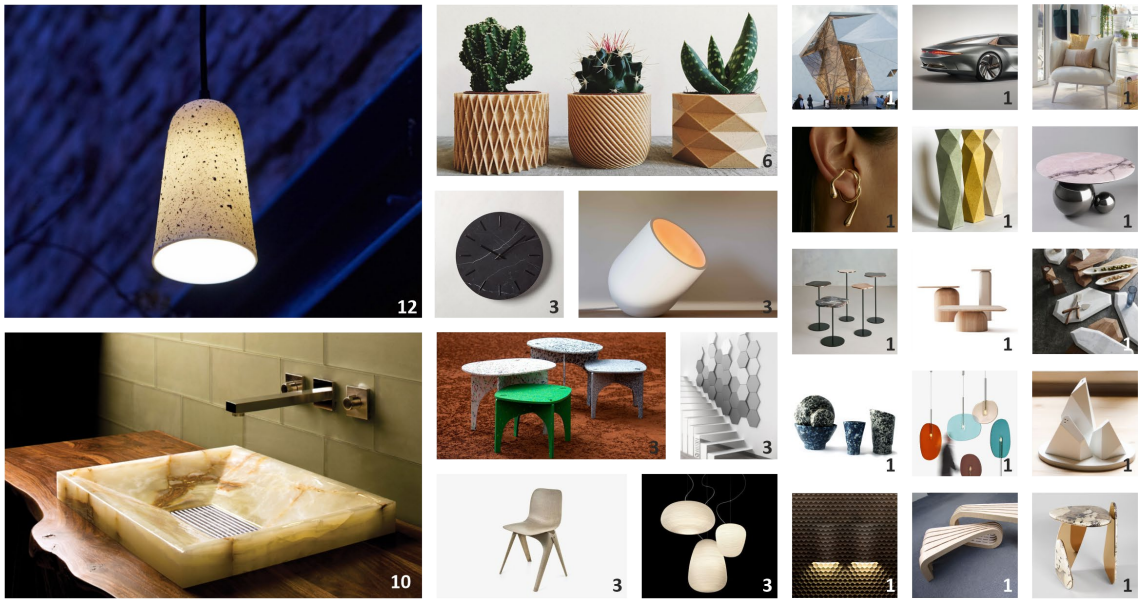
- Qual a qualidade mais desagradável do material?

  As características desagradáveis mais apontadas foram as irregularidades (das amostras), fragilidade, o som que produz ao ser arranhado e o desconhecimento de não saber do que é feito o material.

- Uma qualidade única do material?

  Na questão sobre uma qualidade única do material as respostas mais repetidas foram: a **tridimensionalidade** do material (transmitida pela transparência e presença das partículas de casca de ovo), **a cor, translucidez e a textura.**

Para finalizar, foi pedido aos participantes que analisassem novamente a Figura 86, de onde deveriam escolher de um a no máximo três produtos com potencial para a aplicação do material em estudo e o porquê da escolha. Na Figura 96 é apresentada a compilação dos produtos escolhidos pelos participantes para a aplicação do material.



Os números indicados nas figuras representam a quantidade de pessoas que selecionaram a respectiva figura.

Figura 96 - Quadro com imagens selecionadas pelos participantes, como sendo possíveis aplicações do material (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).

Os produtos mais escolhidos foram os da Figura 97. Na Figura 97a aparece um lavatório, e como justificativa para esta escolha os participantes elegeram a similaridade do material. Em relação a Figura 97b que apresenta um candeeiro, o que motivou a sua escolha foi a similaridade da cor e textura, além da translucidez do produto.

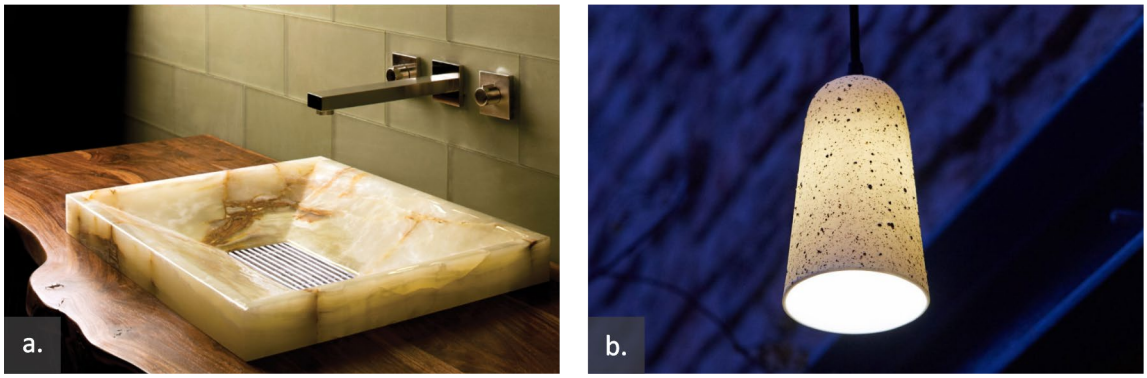


Figura 97 - Imagens mais selecionadas pelos participantes, como sendo possíveis aplicações do material (imagens disponíveis na base de imagens do Pinterest 2019 - https://www.pinterest.pt/).

Vale ressaltar que 18 pessoas escolheram candeeiros como uma opção de aplicação do material. Peças de mobiliário (mesas, cadeiras e bancos) foram selecionadas por 11 pessoas, e objetos decorativos de pequenas dimensões também apareceram entre os produtos mais indicados.

3.3.3 Etapa 3: Criar conceitos de materiais | produtos

Esta última etapa serve para integrar e reunir todas as descobertas e conclusões dos passos anteriores de maneira a formar um conjunto de conceitos para a aplicação do material em estudo.

A **translucidez e tridimensionalidade** do material foram os aspetos que mais despertaram a atenção e por isso são duas vertentes a explorar na criação de conceitos. A referida tridimensionalidade é obtida através da visibilidade das partículas de casca de ovo, que ocorre de forma mais expressiva com a utilização de partículas com uma granulometria maior, o que está de acordo com a escolha dos participantes que elegeram como amostras favoritas as com granulometrias 850µm, 600µm e 425µm que são as partículas de maior dimensão do estudo. Por isso, deverão ser utilizadas partículas com as referidas granulometrias para que se consiga manter a tridimensionalidade do material. No que refere a cor das cascas de ovo, as que despertaram mais interesse foram as de **cor castanha**, além de serem as cascas que se encontram em maior quantidade no mercado português.

A aplicação do material visará **objetos de iluminação**, visto que a translucidez do material foi a características que apresentou maior potencial, além de ser uma das sugestões de aplicabilidade mais citada pelos participantes do estudo. Pode-se reforçar esta escolha na análise que a nível afetivo e a nível interpretativo os termos mais selecionados foram **conforto e calma**.

3.4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO

A partir das conclusões obtidas com a aplicação do método MDD, foi possível definir um direcionamento criativo para o desenvolvimento de um candeeiro. Por este motivo, foi realizada uma nova pesquisa de base a fim de fundamentar a proposta desenvolvida.

3.4.1 Conceitos básicos de iluminação

O QUE É LUZ

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas, com diferentes comprimentos. Luz é a parte do espetro eletromagnético a que o olho humano é sensível (Efficientia 2007, OSRAM 2013), compreendido entre os 380 e os 770nm (Figura 98) de comprimentos de onda, situasse entre as radiações infravermelhas e as radiações ultravioletas (Innes 2012).

A sensibilidade visual para a luz varia de acordo com o comprimento de onda, mas também com a luminosidade. Radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) produzem maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz enquanto que as radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário (OSRAM 2010).

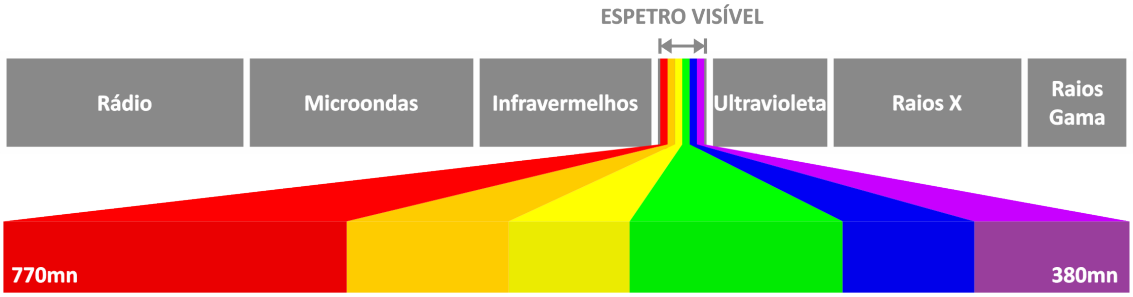


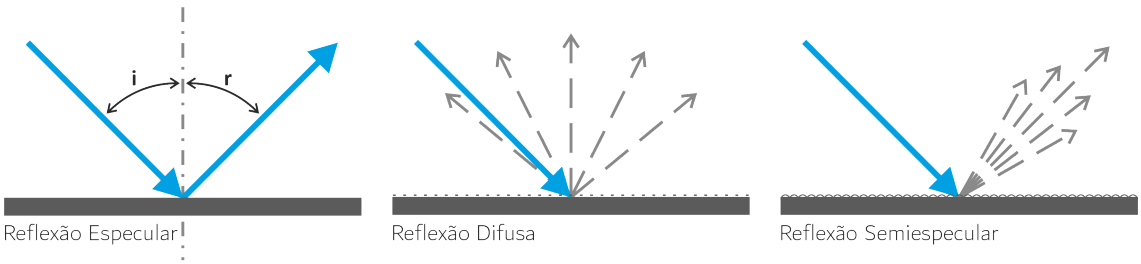
Figura 98 - Espetro eletromagnético (adaptado de Russell 2012).

INTERAÇÃO DA LUZ COM SUPERFÍCIES

A luz torna-se de facto visível quando interage com a matéria (eletrões). Nesse contato, a luz incidente pode ser: refletida pela superfície, absorvida pela superfície, refratada se sofrer alteração da direção através da superfície ou transmitida se passar quase totalmente pela superfície (EDP 2016).

Reflexão é um fenómeno que se traduz pela mudança de direção das ondas, provocada pela presença de uma barreira. A reflexão pode-se apresentar de três formas: especular, difusa ou semi especular (Figura 99).

- **Reflexão Especular** ocorre quando a superfície de incidência é espelhada (INDALUX 2012). O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência o que torna os materiais com essa propriedade ideais quando é necessário um controle preciso do feixe de luz (Gordon 2015). Espelhos, laminas d'água e metais lisos apresentam reflexão especular (Zanotta, Zortea, and Ferreira 2019).
- **Reflexão Difusa** acontece quando a luz incide sobre uma superfície irregular (Zanotta, Zortea, and Ferreira 2019), que neutraliza a natureza direcional do feixe incidente. Os raios refletidos propagam-se em várias direções diferentes, com intensidade máxima perpendicular à superfície (Gordon 2015) exemplos de materiais que possuem reflexão difusa são aqueles com superfícies opacas, como paredes, areia asfalto e betão (Zanotta, Zortea, and Ferreira 2019).
- **Reflexão Semiespecular** é um meio termo entre uma reflexão perfeitamente especular e perfeitamente difusa, nesse caso parte da radiação incidente é refletida para uma direção especular, enquanto que a outra apresenta direções irregulares (Zanotta, Zortea, and Ferreira 2019). A maior intensidade, no entanto, ainda é refletida em um ângulo próximo ao ângulo de incidência (Gordon 2015). São exemplos pisos muito lisos, superfícies polidas e qualquer outro material em que se consiga visualizar uma região com o brilho da luz incidente, porem sem que se forme uma imagem, como ocorre em espelhos (Zanotta, Zortea, and Ferreira 2019).



Legenda: i = ângulo de incidência; r = ângulo de reflexão.

Figura 99 - Tipos de Reflexão (adaptado de Gordon 2015).

Refração ocorre quando a luz passa de um meio de propagação para outro, com alteração da sua velocidade. De forma geral, a refração é acompanhada por um desvio na trajetória da luz (Figura 100). É possível observar que a luz sofre um desvio e se refrata, por exemplo, quando se coloca um lápis parcialmente mergulhado em um copo com água. O fato de o lápis parecer quebrado para quem o observa evidencia que houve desvio da luz ao se refratar (INDALUX 2012).

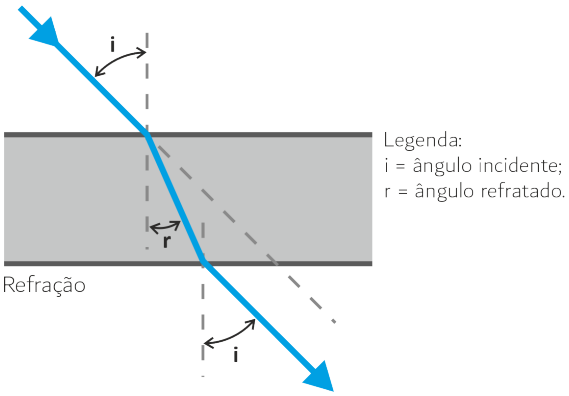


Figura 100 – Refração (adaptado de INDALUX 2012).

Transmissão acontece quando não há alteração do meio, não havendo, portanto, uma alteração na frequência da luz. A transmissão pode ser regular, quando a superfície de incidência é transparente, pode ser difusa, no caso de materiais translúcidos ou mista, no caso de superfícies transparentes texturadas (INDALUX 2012).

Absorção é a capacidade de o material alterar o comprimento de onda para um que esteja fora do espetro visível, transformando a luz geralmente em calor. Em materiais opacos, a radiação que não é refletida é absorvida. (INDALUX 2012).

GRANDEZAS BÁSICAS DA ILUMINAÇÃO

De seguida são apresentadas quatro grandezas básicas da iluminação: fluxo luminoso, intensidade luminosa, iluminância e luminância (Figura 101). As referidas grandezas são fundamentais para o entendimento dos elementos da iluminação.

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda visíveis (OSRAM 2010). É o total de luz emitida a cada segundo por uma fonte luminosa ou recebida por uma superfície iluminada (Innes 2012). O fluxo luminoso pode ser calculado pelas intensidades luminosas medidas num grande número de direções, ou medidas diretamente no fotômetro (PHILIPS 2010). A sua unidade de medida é o lúmen (lm) (RNAE 2014).

Intensidade Luminosa é a intensidade de um fluxo luminoso projetado em uma determinada direção (REVOLUZ 2011), sendo a candela (cd) a sua unidade de medida (INDALUX 2012). Medições de intensidade luminosa são realizadas no laboratório de fabricantes de luminárias, com a finalidade de obter as suas características de distribuição da luz (PHILIPS 2010).

Iluminância indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância dessa fonte (OSRAM 2010). A sua unidade de medida é o lux (lx), e corresponde à quantidade de luz, emitida por uma fonte, a um metro de distância dessa mesma fonte (Russell 2012).

Luminância é a quantificação da luz refletida por uma determinada superfície, por unidade de área (Gordon 2015). Das grandezas mencionadas, anteriormente, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos que é a luminância (OSRAM 2010). É medida em candelas por metro quadrado (cd / m2) (Innes 2012).

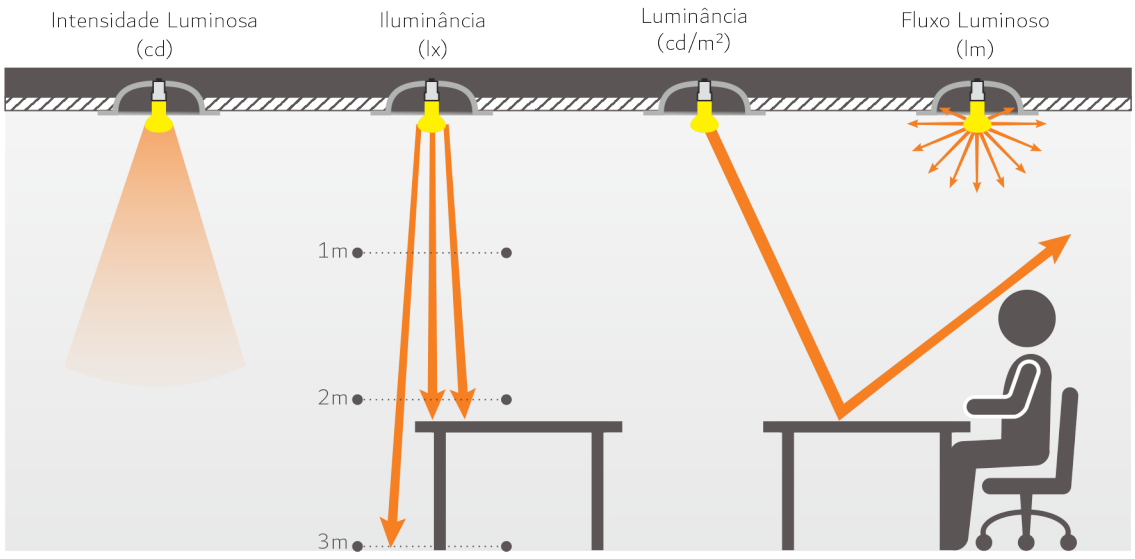


Figura 101 - Grandezas básicas da iluminação (adaptado de REVOLUZ 2011).

TEMPERATURA DE COR

A Temperatura de cor é a aparência visual da luz branca emitida por uma determinada fonte, que varia entre quente (avermelhada) e fria (azulada) (Descottes and Ramos 2011). A unidade de medida é expressa em Kelvin (K) (Gordon 2015) e o valor é determinado conforme a aparência de cor que um corpo negro hipotético emite a uma determinada temperatura (INDALUX 2012). Ou seja, um corpo negro, exposto a uma temperatura específica, altera a sua cor, a cor desse corpo passa desde o vermelho, laranja, amarelo, branco, até ao azul (Descottes and Ramos 2011). Como exemplo, o corpo negro, quando exposto a uma temperatura de 1800ºK apresenta um tom alaranjado muito semelhante ao tom da chama de uma vela. Por conseguinte, a temperatura de cor da chama é de 1800K (INDALUX 2012). Assim, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais fria é a cor (Figura 102), e quanto mais baixa for a temperatura de cor, mais quente é a cor (EDP 2016).

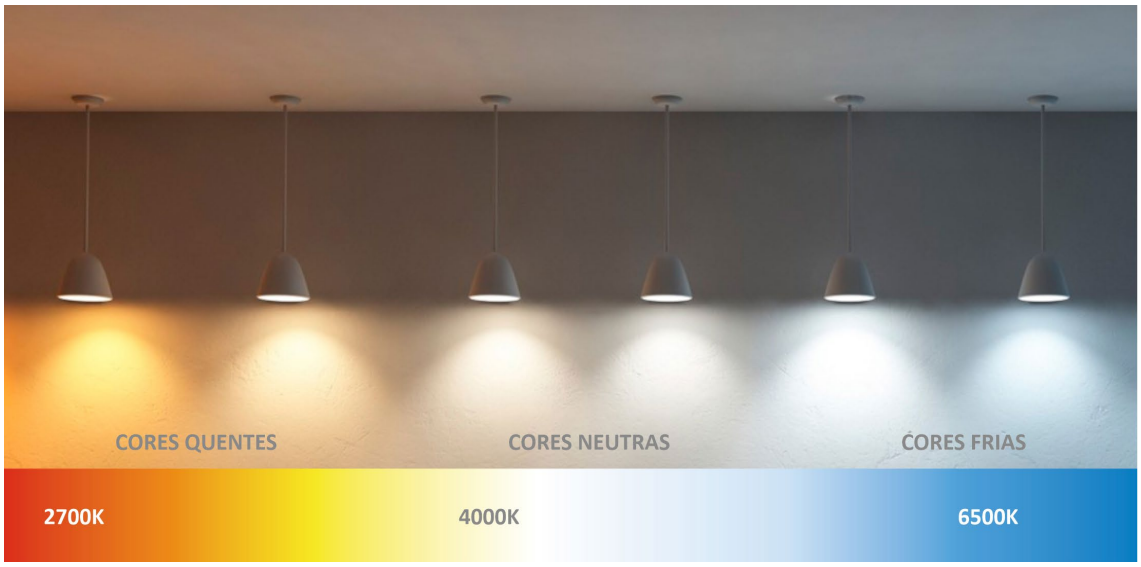


Figura 102 - Temperatura de cor (adaptado de DESIGN 2019).

A temperatura de cor pode determinar se uma pessoa se sente confortável o suficiente para permanecer em um ambiente ou se é afastada, pois dependendo do tipo de ambiente há uma temperatura de cor mais adequada para esta aplicação (OSRAM 2010).

- Luz quente é ideal para atividades de relaxamento pois propiciam um clima mais sociável, íntimo e confortável. Dessa forma, são ideais para quartos, salas, área, receções, lounges;
- Luz neutra é indicada para cozinhas, instalações sanitárias, lavanderias, escritórios, *home offices*, além dos demais ambientes para atividades com níveis de atenção moderada;

- Luz fria é recomendada para locais onde se executam tarefas que demandam maior atenção e alerta. Por exemplo as indústrias, clínicas, hospitais e ambientes corporativos.

CANDEEIROS

Segundo a norma internacional IEC 60598-1 a definição de candeeiro é a seguinte: *"aparelho que distribui, filtra ou transforma a luz emitida por uma ou mais lâmpadas e que compreende com exceção das próprias lâmpadas, todas as partes necessárias para sustentar, fixar e proteger as lâmpadas e, quando necessário, circuitos auxiliares, bem como os meios para ligá-los à rede de alimentação".* Podem ser classificados em cinco categorias: quanto à proteção contra choques. quanto à vedação, quanto ao tipo de uso, quanto ao tipo de aplicação e segundo a distribuição do fluxo luminoso (INDALUX 2012, IEC 2006). Para o contexto desta investigação a categorização que se julga ser mais interessante é a que diz respeito á distribuição do fluxo luminoso que é baseada na percentagem do fluxo luminoso total dirigido para cima ou para baixo de um plano horizontal de referência (Figura 103). É subdividida em (INDALUX 2012):

- Direta: quando o fluxo luminoso é dirigido diretamente sobre a superfície a ser iluminada;
- Semi-Direta: quando uma parte do fluxo luminoso é dirigido diretamente ao plano de trabalho e a outra parte atinge o mesmo plano por reflexão. Neste caso, deve haver predominância do efeito direto;
- Difusa: quando o fluxo apresenta praticamente a mesma intensidade em todas as direções;
- Direta-indireta: apresenta praticamente o mesmo fluxo luminoso para cima e para baixo;
- Semi-Indireta: quando parte do fluxo luminoso maior parte do fluxo luminoso incide na superfície de trabalho através de reflexão, neste caso, o efeito predominante deve ser o indireto;
- Indireta: quando o fluxo luminoso é dirigido diretamente em oposição ao plano de trabalho. Esses candeeiros proporcionam iluminação horizontal e alto índice de conforto.

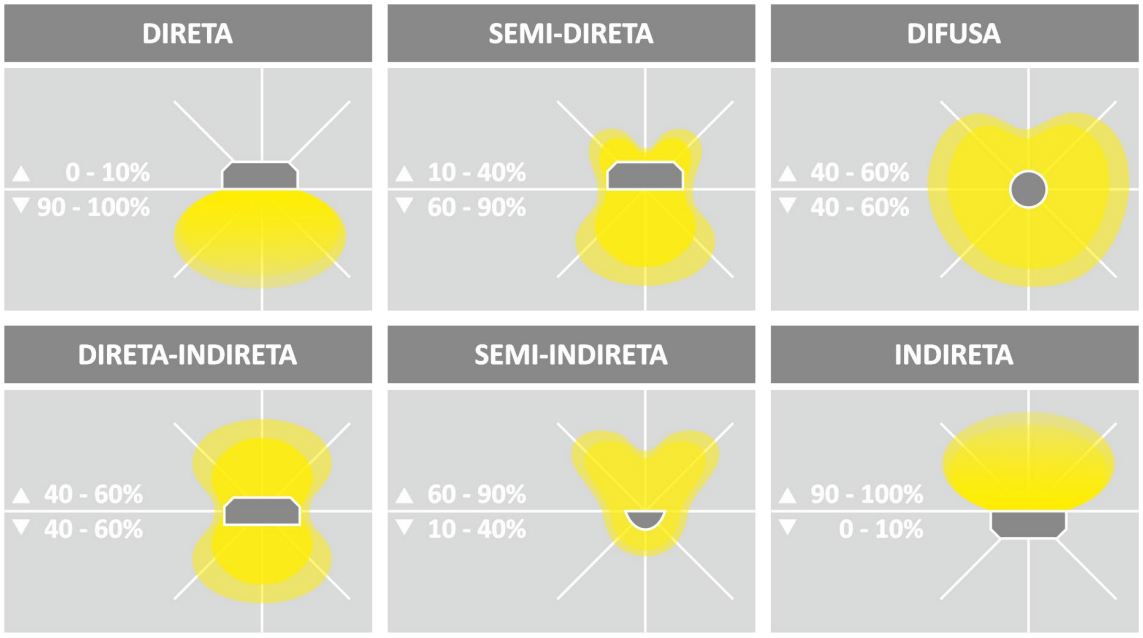


Figura 103 - Classificação de candeeiros de acordo com o fluxo luminoso (adaptado de INDALUX 2012).

3.4.2 Candeeiros desenvolvidos a partir de resíduos alimentares

Com o objetivo de avaliar iniciativas já existentes de aproveitamento de desperdícios alimentares no desenvolvimento de cadeeiros, foi realizada uma pesquisa de mercado que apresenta abaixo sete exemplos (Figura 104).

Figura 104 - Pesquisa de mercado candeeiros com desperdícios alimentares: a. kamaria; b. mycellium lamp; c. the meat project; d. verbaan lamp; e. highligth wine; f. marine ligth; g. veggie ligths. (Fruitleather 2015, decafé 2016, Krown 2019, Monte 2010, Nirmeiri 2010, high-society 2019).

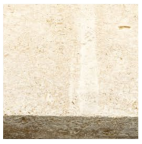
O candeeiro Kamaria (Figura 104a) da empresa Decafé é feito a partir de pó de café juntamente com um ligante natural, a maior parte dos produtos produzidos pela empresa são candeeiros e objetos decorativos (decafé 2016). O Mycellium Lamp (Figura 104b) da empresa Krown é um candeeiro feito com *mycellium* e com desperdícios agrícolas (Krown 2019).

O The meat project (Figura 104c) é um projeto conceitual do Atelier Monte que desenvolveu um candeeiro a partir de bacon fora da validade (proveniente de supermercados), o material passou por um tratamento de laboratório com o qual a carne perde todo o seu conteúdo celular e fica com coloração branca. O candeeiro desenvolvido faz parte da coleção permanente do Centre Pompidou Paris (Monte 2010). O Verbaan Lamp (Figura 104d) foi desenvolvido pela Fruitleather que apresenta um couro ecológico desenvolvido a partir de frutas descartadas. Segundo a empresa o material pode ser aplicado na produção de bolsas, sapatos e até mesmo mobiliário (Fruitleather 2015). O Highligth wine (Figura 104e) é um candeeiro de teto do High Society Studio feito a partir de resíduos da produção de vinho. O foco do estudio é desenvolver objetos através da reciclagem de resíduos industriais (high-society 2019).

O Marine ligth (Figura 104f) é um candeeiro de mesa desenvolvido pelo estúdio de Design NirMeiri com o uso de algas. Combina uma base de metal e uma estrutura de finas cordas de metal para o abajur. As algas são aplicadas nas cordas de metal enquanto ainda estão frescas. À medida que secam, encolhem e obtêm a forma de abajur. Uma mistura para preservação é aplicada de forma a preservar as algas. Do mesmo estúdio, o candeeiro de mesa Veggie ligth (Figura 104g) é feito com folhas de repolho roxo. O processo começa com a separação das folhas, impregnando-as em adesivos à base de água, e em seguida é aplicado um produto com propriedades antifúngicas. O material é então moldado e seco em altas temperaturas até evaporar toda a umidade (Nirmeiri 2010).

Na Tabela 13 apresenta-se uma síntese desta pesquisa. Três dos sete candeeiros analisados utilizam material sem translucidez e foram aplicados como pendentes com luz direta. Os candeeiros que tiraram partido da translucidez do material apresentam luz difusa. Em ambos os candeeiros o material apresenta a sua cor natural e as fibras naturais estão visíveis. As peças possuem dimensões gerais aproximadas e utilizam casquilho E27 que é o de uso mais comum nos candeeiros no mercado.

Tabela 13 - Síntese pesquisa de mercado candeeiros (elaborado pelo autor).

							
PRODUTO	KAMARIA	VERBAAN LAMP	MYCELIUM LAMP	THE MEAT PROJECT	VEGGIE LIGHTS	MARINE LIGHT	HIGHLIGTH WINE
EMPRESA	DECAFÉ	FRUITLEATHER	KROWN	ATELIER MONTE	NIRMEIRI	NIRMEIRI	HIGH SOCIETY
MATERIAL	BORRA DE CAFÉ	CASCAS DE FRUTAS	MYCELIUM	CARNE FORA DA VALIDADE	FOLHAS DE REPOLHO ROXO	ALGAS	BAGAÇO DE UVA
COR NATURAL	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
ODOR	SIM	SIM	NÃO	NÃO	———	———	SIM
FIBRAS VISÍVEIS	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
PRODUTO NO MERCADO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
PREÇO	€480	€230	€127	———	———	———	€651
DIMENÇÕES	36 x 36 x 16 cm	39 x 11 x 18 cm	33 x 33 x 20 cm	DIMENSÕES VARIADAS	20 x 20 x 30 cm	33 x 33 x 40 cm	35 x 35 x 17 cm
CASQUILHO	E27	E27	E27	———	———	———	E27

3.4.3 Direcionamento de projeto

Com o direcionamento que a aplicação do MDD conferiu, no que diz respeito á tipologia do produto a ser desenvolvido, nomeadamente candeeiros, e tendo em vista que anteriormente já haviam sido propostos dois produtos dessa tipologia (capítulo 3.1.2), dos quais como visto previamente no capítulo 3.1.3, o Leix lamp que passou por uma avaliação dos seus impactes ambientais, onde foram propostos alguns cenários de melhoria. Posto isto, achou-se pertinente apresentar como proposta de produto para esta dissertação resultasse em um candeeiro que desse continuidade ao trabalho desenvolvido anteriormente com o Leix lamp onde seriam aplicados alguns dos cenários de melhoria sugeridos e algumas das diretrizes apresentadas no capítulo 2.3.1 que dizem respeito às orientações para a criação de um produto de DC.

Na Figura 105 pode-se observar um croqui com a configuração original do Leix lamp, onde a sua forma e conceito foram pontos de partida para o desenvolvimento do projeto. Alguns esquiços do processo criativo serão dispostos de seguida nas Figura 106 a Figura 108.

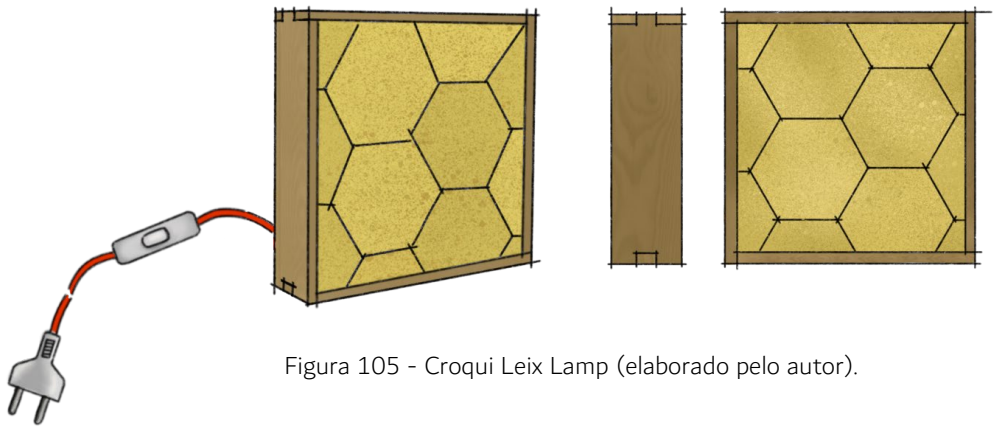


Figura 105 - Croqui Leix Lamp (elaborado pelo autor).

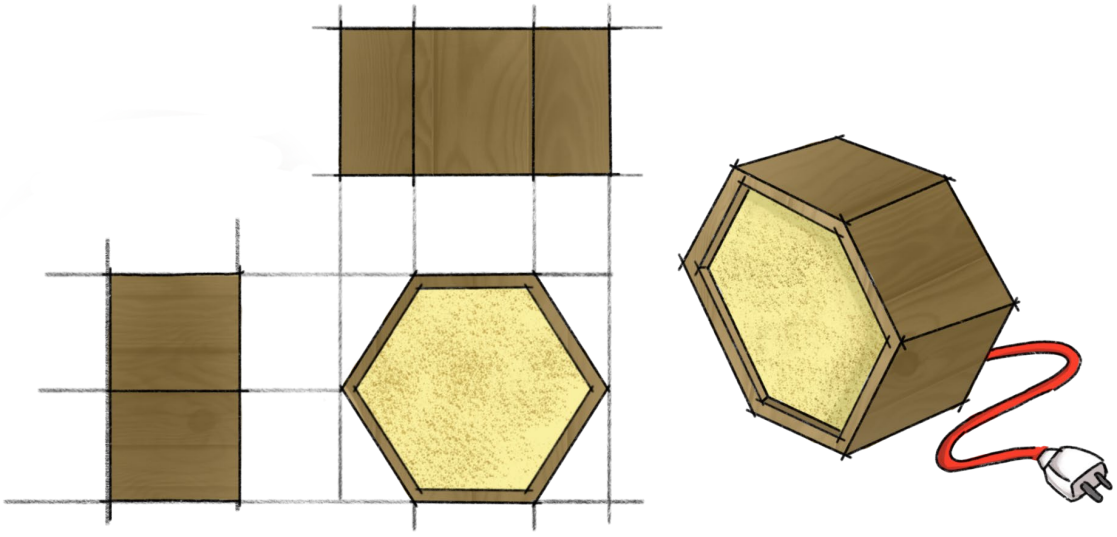


Figura 106 - Esquiço inicial do produto (elaborado pelo autor).

Na fase inicial do processo criativo, uma das ideias desenvolvidas (Figura 106) consistia em manter a conformação do candeeiro original, ou seja, utilizar uma moldura e fundo em madeira sendo apenas o difusor em PLAegg. Esta solução implicaria em fazer a fixação da parte elétrica á tampa a qual também teria que ser fixada á moldura do candeeiro. Esta fixação poderia ser feita por meio de ranhuras e/ou encaixes, mas iria demandar um maior tempo de trabalho e também um conhecimento mais detalhado em carpintaria.

No seguimento propôs-se um candeeiro com uma forma mais simplificada (Figura 107) composto apenas por uma peça lateral (replicada seis vezes) e uma de fundo. Manteve-se a utilização dos dois materiais (PLAegg + madeira). Com esta solução seria necessária a fixação das peças através de uma cola ou por meio de encaixes. Mais uma vez a necessidade de encaixes iria demandar um maior tempo de trabalho e conhecimento em carpintaria. Foram feitos alguns experimentos com algumas colas existentes no mercado, mas os resultados não foram muito satisfatórios pois não se conseguiu colar as peças com a precisão necessária resultando em peças tortas além de as peças não ficarem firmes o suficiente para o manuseio do candeeiro. Vale ressaltar que a utilização de cola não seria a solução mais sustentável e dessa forma optou-se por outras soluções.

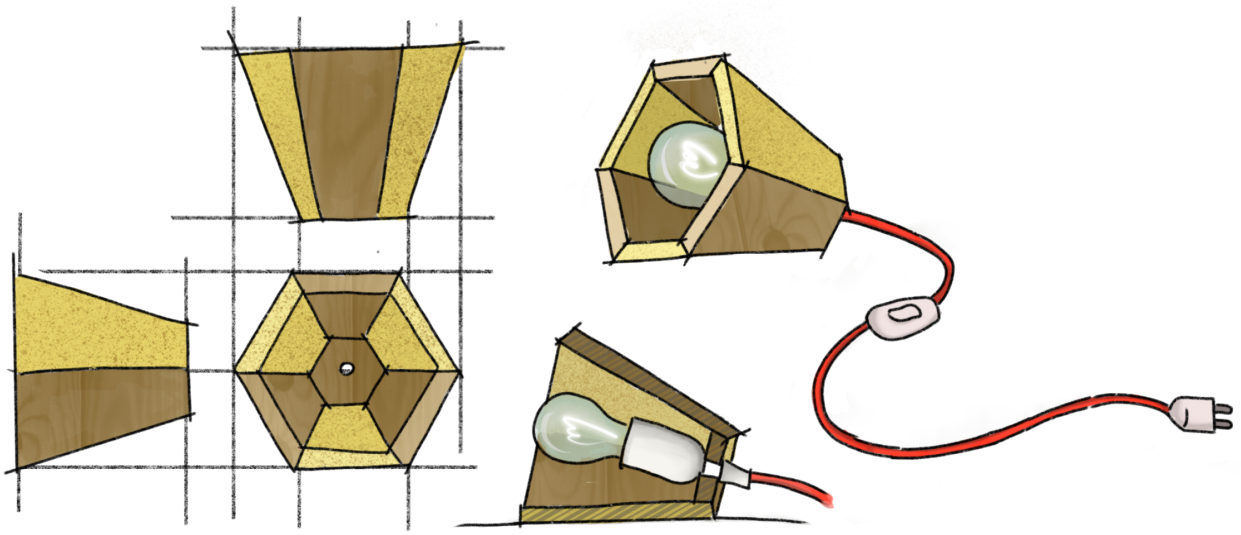


Figura 107 - Esquiço do processo de desenvolvimento do produto (elaborado pelo autor).

Com todas as considerações feitas até este ponto fez-se a proposta final (Figura 108) onde se utilizou uma forma semelhante á apresentada anteriormente, mas como uma peça única totalmente produzida em PLAegg. Desta forma dá-se um maior destaque ao material apropriadamente dito além de o processo de produção ser mais rápido e eficiente visto que se trata da moldagem de apenas uma peça. Para a produção desta peça faz-se necessária a utilização de um molde com contramolde, processo viável conforme já comprovado nos testes realizados (capítulo 3.2.1).

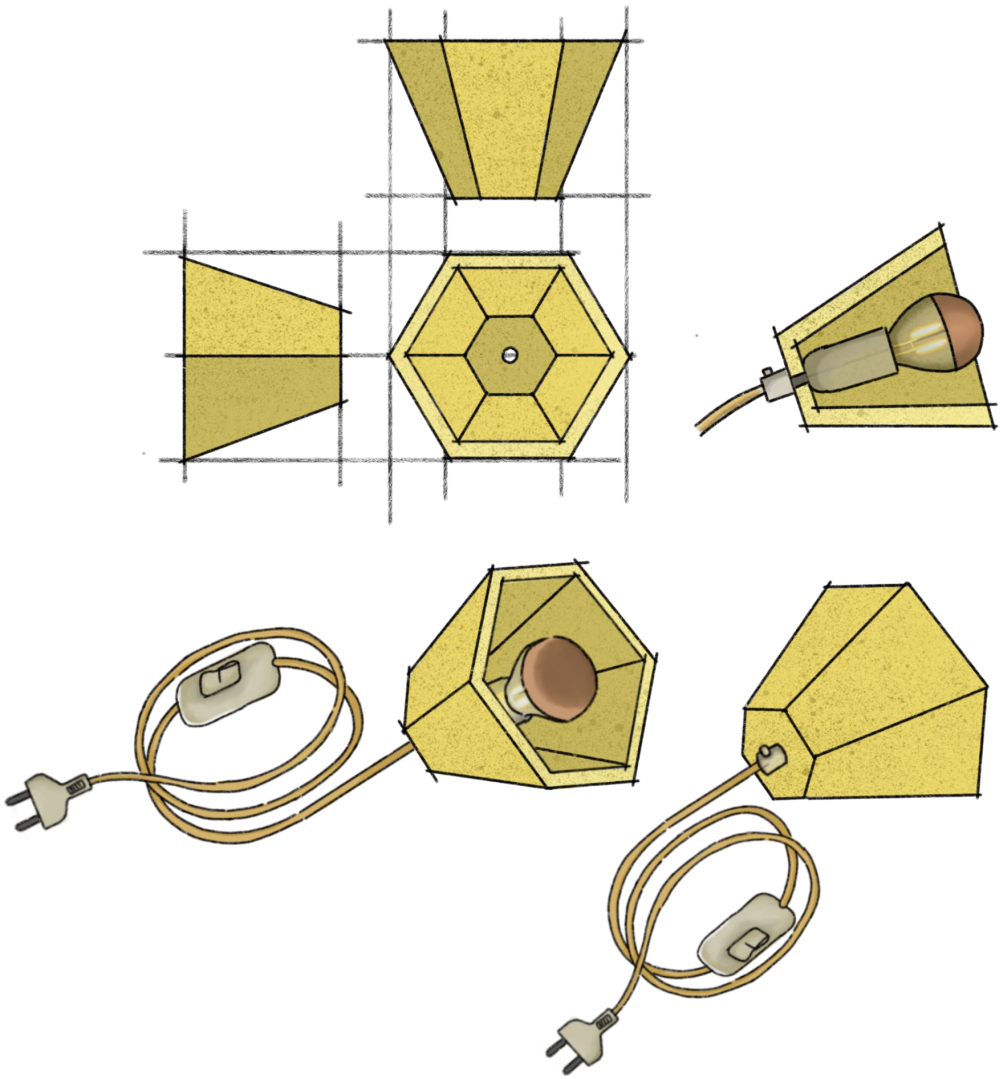


Figura 108 - Esquiço da proposta final do produto (elaborado pelo autor).

No que diz respeito as melhorias que haviam sido sugeridas durante a avaliação dos impactes ambientais, após uma análise foram aplicadas ao produto as que se seguem:

- Aumentar a eficiência energética durante a secagem das cascas de ovos: colocar mais cascas de ovos em cada fornada;
- Aumentar a eficiência energética durante a produção do difusor: por ter sido proposto um molde com contramolde não se faz necessária a etapa de colocação no forno;
- Usar molde de silicone mais resistente: como pode ser visto no capítulo seguinte o silicone utilizado na produção do molde assume uma durabilidade de aproximadamente 50 peças, contrariamente ao utilizado anteriormente que tinha uma durabilidade de apenas 20 peças;
- Eliminar a utilização de ímanes e parafusos.

Com apresentado anteriormente no capítulo 2.3.1 segundo uma investigação desenvolvida por pesquisadores da Universidade Jaume I da Espanha (Commission 2019), para que um produto possa ser considerado de DC o mesmo deve atender a algumas diretrizes. Tendo em conta as referidas diretrizes procurou-se propor uma peça com um design atemporal, modular e que facilitasse a sua manutenção e limpeza. Conjugando mais de um difusor é possível obter novos candeeiros (Figura 109) proporcionando assim uma maior variedade de aplicações do produto. De forma a incentivar a extensão da vida útil do candeeiro todos os componentes elétricos são *standard* e de fácil acesso no mercado, o que facilita a sua substituição caso necessário.

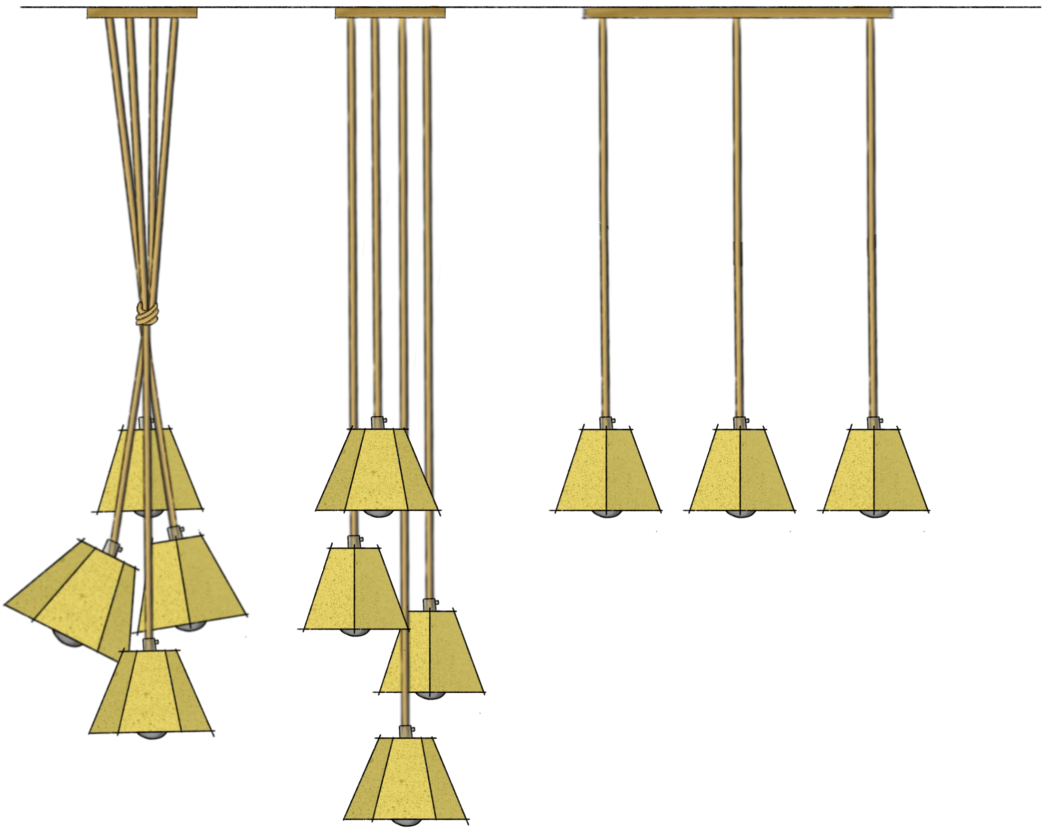


Figura 109 - Propostas de variação de utilização do difusor do candeeiro (elaborado pelo autor).

Outra premissa é que todos os componentes do produto fossem facilmente desmontáveis e de fácil acesso. Foram minimizadas as ferramentas necessárias (chave de fenda e alicate) para a desmontagem e manutenção do produto além de serem ferramentas comumente encontradas. Tentou-se reduzir o número de peças que compõem o candeeiro sendo este composto apenas pelo difusor e pelos componentes elétricos. Por ter-se proposto um difusor produzido com apenas um material e os componentes elétricos de fácil desmontagem os mesmos podem ser de forma fácil separados e encaminhados de forma correta para a reciclagem.

No capítulo seguinte o produto proposto será apresentado de forma mais detalhada abordando as suas especificações e fases de produção.

Figura 110 - LEXI lamp (acervo próprio).

4

PROPOSTA DE PRODUTO

Tendo como ponto de partida a investigação realizada até o momento e dando seguimento ao desafio de criar um produto para a promoção do turismo da cidade de Matosinhos, foi proposta a aplicação do material desenvolvido em um novo produto, nomeadamente um candeeiro LEXI lamp que será em seguida apresentado.

4.1 Conceito

A LEXI lamp consiste em um candeeiro decorativo de mesa e compacto (Figura 111). Proporciona uma luz difusa e agradável o que o torna ideal para ambientes de relaxamento. Tem como inspiração em um dos ícones arquitetónicos mais relevantes do concelho de Matosinhos, o Terminal de Cruzeiro do Porto de Leixões.

Figura 111 - Ambientação LEXI lamp. (acervo próprio).

O revestimento do novo terminal de cruzeiros é composto por de cerca de um milhão de azulejos brancos fabricados pela Vista Alegre. Cada azulejo é posicionado de maneira diferente, o que, causa um efeito de textura na superficie e faz com que a luz que incide no edifício nunca seja a mesma ao longo do dia. O referido azulejo apresenta uma forma hexagonal (Figura 112), forma esta, que serviu como fonte de inspiração na conceção da forma do candeeiro LEXI lamp.

Figura 112 - Azulejo utilizado no Terminal de Cruzeiro do Porto de Leixões (Gonçalves 2020).

4.2 Material utilizado

Cascas de ovos são a matéria-prima central do candeeiro. Com a transformação deste material natural, aplicado a produtos do quotidiano nomeadamente candeeiros, buscou-se incentivar a reutilização de materiais comumente vistos apenas como resíduos.

Como apresentado anteriormente durante o Plano Experimental (capítulo 3.2), o aglutinante utilizado no material desenvolvido foi o Ingeo™ 3260HP. Tendo em consideração os resultados obtidos com a aplicação do MDD (capítulo 3.3) foram utilizadas apenas cascas de ovos com as granulometrias 850µm, 600µm e 425µm. No que diz respeito á coloração das cascas optou-se pela utilização apenas das cascas castanhas, uma vez que são as encontradas em maior abundância na região. Foi respeitada a proporção do material definida anteriormente de 12,5% de casca de ovo.

4.3 Componentes do produto

O candeeiro LEXI lamp é composto por oito peças (Figura 113): difusor, cabo elétrico, casquilho, tubo roscado, braçadeira, interruptor, ficha e por fim a lâmpada. ~

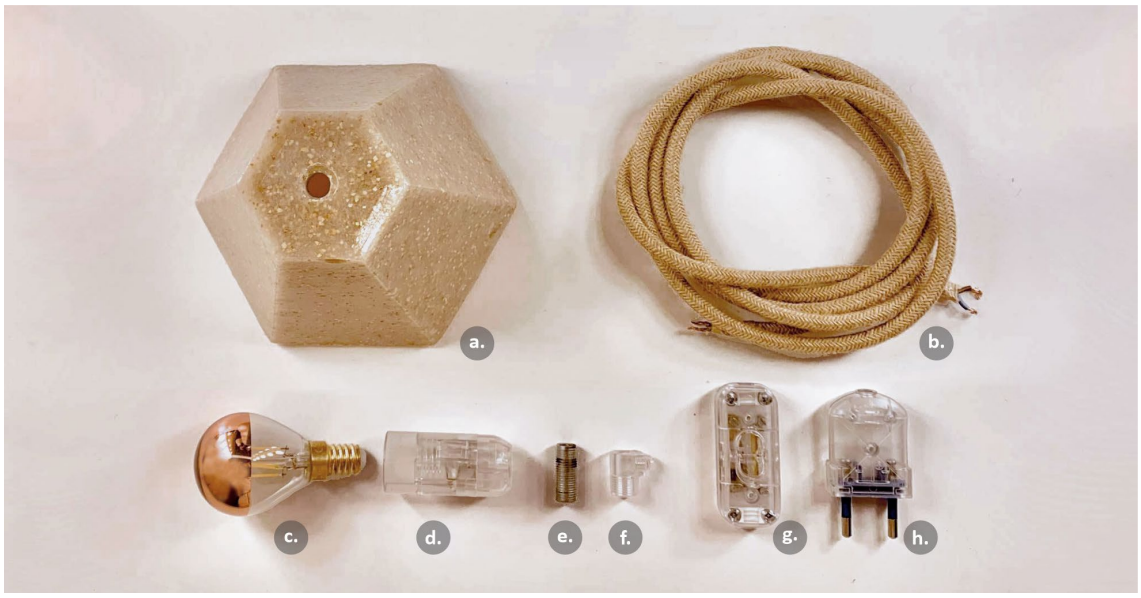


Figura 113 - Componentes LEXI lamp (acervo próprio).

a. Difusor: PLAEgg (PLA + Casca de Ovo)
b. Cabo elétrico redondo revestido em tecido: 1,5m de comprimento
c. Lâmpada LED E14:, 4W 2700K
d. Casquilho liso E14 transparente
e. Tubo roscado oco em aço zincado M8: 24mm de comprimento
f. Braçadeira redonda transparente

g. Interruptor bipolar transparente em linha
h. Ficha bipolar transparente 10ª

O difusor do LEXI lamp tem como dimensões gerais 150x113x110mm, os seus desenhos técnicos podem ver vistos na Figura 114 e na Figura 115.

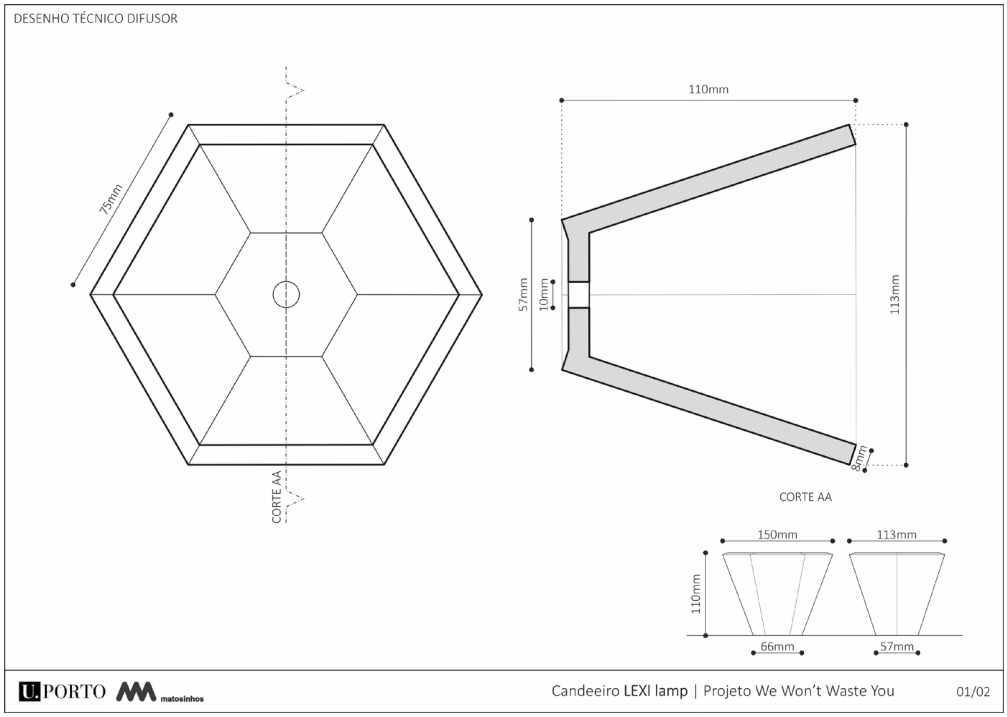


Figura 114 - Desenho técnico difusor LEXI lamp (elaborado pelo autor).

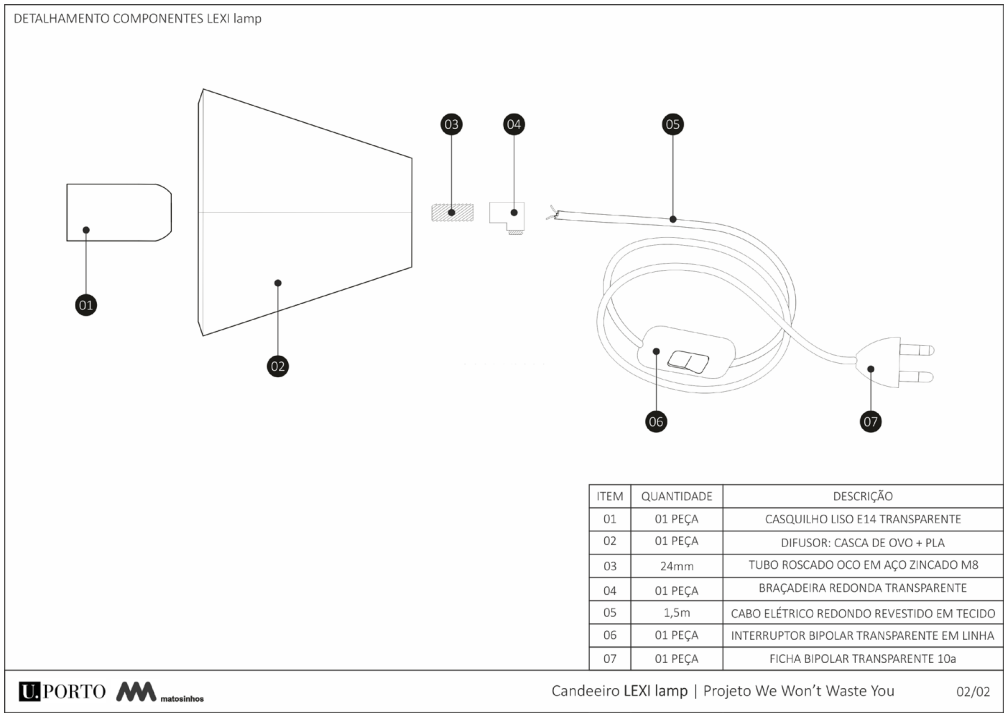


Figura 115 - - Detalhamento montagem LEXI lamp (elaborado pelo autor).

Selecionaram-se componentes elétricos *standard* de fácil acesso no mercado, de forma que, caso seja necessária à substituição de alguma peça o consumidor consiga fazer a sua troca de forma fácil. Em Portugal os casquilhos tradicionais são os do tipo E27 e E14, optou-se por utilizar o E14 por tratar-se de um candeeiro de pequenas dimensões. O cabo elétrico escolhido é revestido com tecido. Acredita-se que essa escolha torna o candeeiro mais acolhedor e de fácil inserção em diversos ambientes. Ressalta-se que no mercado estão disponíveis cabos elétricos revestidos com tecido em inúmeras opções de cores, nos três protótipos realizados utilizaram-se três cores distintas: vermelho, creme e bicolor preto/branco.

No que diz respeito á fonte de luz, optou-se por uma lâmpada LED refletora com 2700K de temperatura de cor, o que a enquadra nas lâmpadas de cor quente, como mencionado anteriormente é ideal para atividades de relaxamento e proporciona um ambiente confortável (capítulo 3.4.1). Utilizou-se luz difusa de forma a valorizar a translucidez e tridimensionalidade do material, a lâmpada de luz indireta ajuda nisso ao criar uma distribuição de luz difusa mais confortável. A principal função de uma lâmpada refletora é impedir o ofuscamento que ocorre quando se olha diretamente para uma fonte de luz, porém por ser uma lâmpada com um certo apelo estético também é utilizada á mostra. No anexo 7 podem ser analisados em maior escala o desenho técnico e detalhamento de montagem do LEXI lamp.

4.4 Processo de fabrico

O processo de fabrico implicou em várias fases, desde a produção do molde até à instalação elétrica. As referidas fases estão descritas a seguir, na Figura 116 podem ser vistas algumas imagens relativas às etapas do processo produtivo da LEXI lamp, sendo a descrição de cada fase indicada na figura, feita de seguida

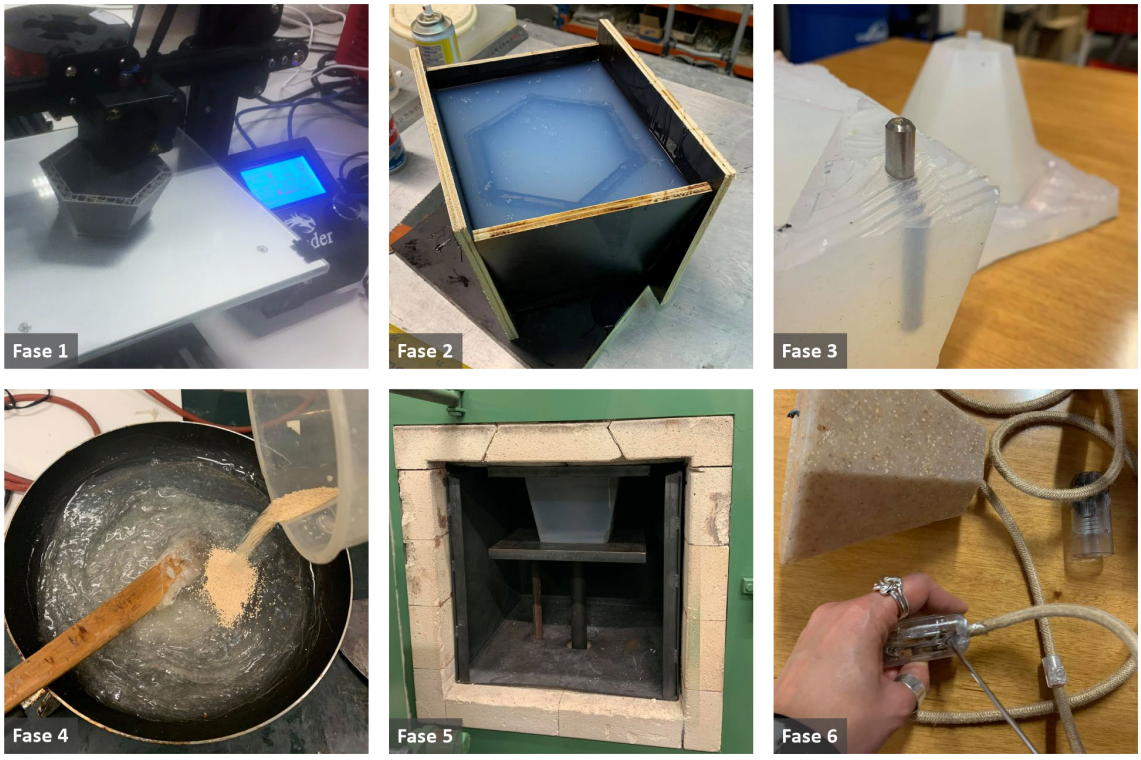


Figura 116 - Processo de fabrico LEXI lamp (acervo próprio).

1ª Fase | PEÇA MODELO

Com o conceito definido e desenhos técnicos finalizados, fez-se um modelo virtual da peça com o auxílio do programa SolidWorks. Em seguida o mesmo foi impresso com o auxílio de uma impressora 3D com filamento de PLA 1.75 mm obtendo-se, deste modo, o modelo utilizado para a produção do molde em silicone.

2ª Fase | PRODUÇÃO DO MOLDE

A produção do molde foi feita no INEGI. Primeiramente foi montada uma caixa em contraplacado de 15 mm onde foi colocado o modelo e então foi feito o vazamento do silicone. Foi utilizada a resina de silicone Köraform A 42 A e o catalisador Köraform A 42 B com a proporção 100:10. Após o endurecimento do silicone, o mesmo foi retirado da caixa de madeira. Por fim, o molde foi dividido em duas partes e foi retirado o modelo do seu interior.

3ª Fase | COLOCAÇÃO DE GUIAS NO MOLDE

Com o intuito de facilitar e garantir o correto fechamento do molde, foram colocadas duas guias na forma de pinos. As referidas guias foram feitas com dois segmentos de varão de aço redondo liso de 8 mm de diâmetro e 70 mm de comprimento. As guias foram inseridas no molde através de furos feitos com o uso de um berbequim.

4ª Fase | PREPARAÇÃO DO MATERIAL

No capítulo 3.2.3 concluiu-se que o método com melhores resultados na preparação do material foi o método onde misturava-se o PLA e as cascas de ovos diretamente no molde. Quando se aplicou o referido método na produção dos protótipos foram encontradas algumas dificuldades, provavelmente provocadas por se tratar de uma quantidade muito maior de material visto que anteriormente haviam sido produzidas apenas pequenas amostras do material. Relativamente às dificuldades, quando o PLA atingia o estado pastoso e era retirado do forno para serem acrescentadas as cascas de ovos e proceder-se então a mistura manual de ambos. Antes que se conseguisse misturar homogeneamente ambos os componentes o PLA já havia endurecido, desse modo, teria que ser colocado novamente no forno para que se repetisse o processo. Posto isto, optou-se por preparar o compósito como descrito anteriormente no capítulo 3.2.2, onde o PLA e as cascas de ovos eram misturadas em um fogão e posteriormente vazadas no molde.

Com o compósito pronto foi feito o vazamento na parte inferior do molde, coloca-se a parte superior do molde com o auxílio das guias metálicas.

5ª Fase | PRENSA

O molde foi então levado à prensa por dez minutos. De seguida, é aberto e a peça é retirada.

6ª Fase | INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES ELÉTRICOS

Depois de terminada a fase de produção do difusor, deu-se início às instalações elétricas. Procedeu-se à ligação do interruptor e da ficha ao cabo elétrico. De seguida foram colocadas no cabo elétrico a braçadeira juntamente com o tubo roscado. Descarnaram-se as extremidades do cabo elétrico, passa-se o mesmo pelo orifício do difusor e ligaram-se os fios aos terminais do casquilho. Fixou-se o casquilho ao difusor com o auxílio da braçadeira e do tubo roscado que tinham sido previamente colocados no cabo elétrico. Por fim atarraxou-se a lâmpada LED E14.

4.5 Embalagem

A embalagem é um fator importante quando se fala em produtos para a promoção do turismo, tendo em vista que frequentemente são adquiridos para presentear e precisam ser transportados de forma segura pelo turista no decorrer da viagem, posto isto, as dimensões e o peso são fatores relevantes a se ter em consideração. Como resultado, obteve-se uma embalagem com uma forma hexagonal com o propósito de remeter a forma do candeeiro (Figura 117). O cartão utilizado na confeção da embalagem é proveniente de descarte da cidade de Matosinhos. Por se tratar de cartão de descarte o mesmo pode não apresentar dimensões iguais, por esse motivo a planificação da embalagem foi proposta em duas partes para que possam ser utilizados cartões de pequenas dimensões (Figura 118). A comunicação visual apresenta-se por meio de três etiquetas que são anexadas á embalagem, uma interna e duas externas, onde estão presentes as informações relativas ao produto e ao projeto WWWyou (anexo 8).

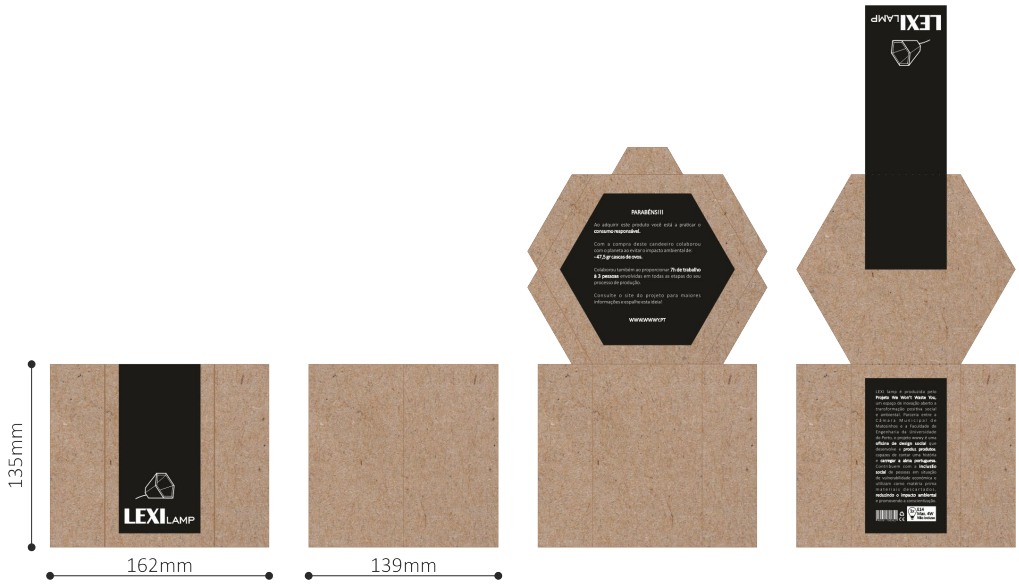


Figura 117 - Desenhos embalagem LEXI lamp (elaborado pelo autor).

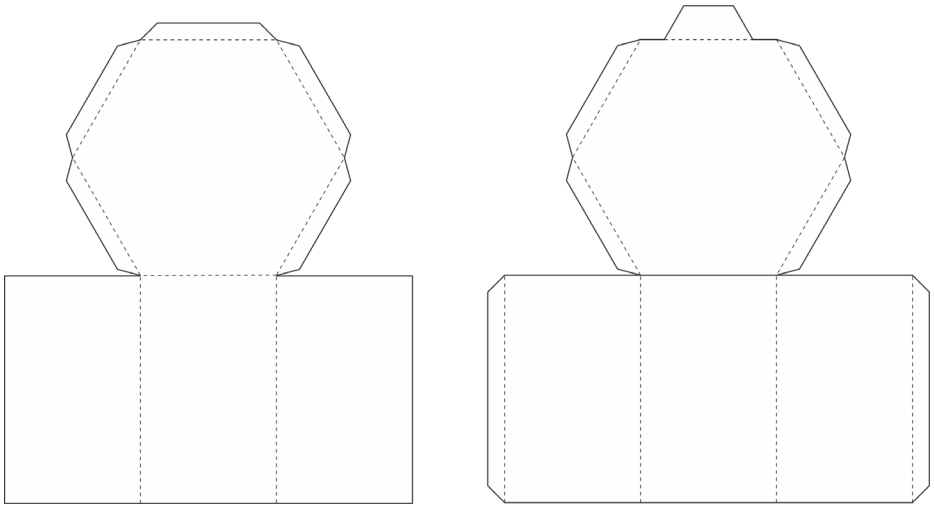


Figura 118 - Planificação embalagem LEXI lamp (elaborado pelo autor).

Na Figura 119 apresenta-se o protótipo final da referida embalagem. Juntamente com a embalagem foi desenvolvido um manual de instruções com informações relativas á montagem e limpeza do produto (Figura 120). O Manual de instruções pode ser visto em maior detalhe no anexo 9.

Figura 119 - Protótipo embalagem LEXI lamp (acervo próprio).

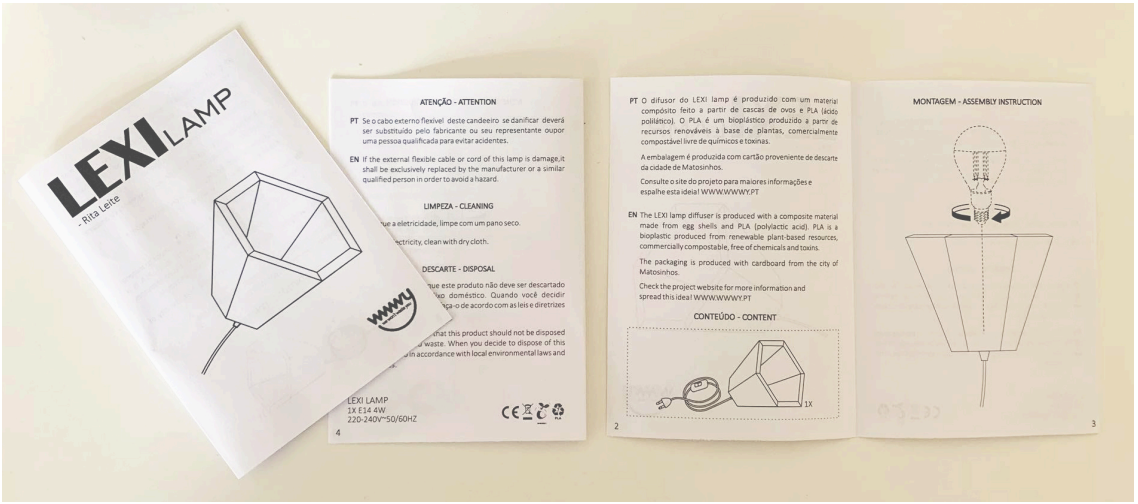


Figura 120 – Manual de instruções LEXI lamp (acervo próprio).

As dimensões gerais da embalagem são 135x162x139 mm e 46 gr de peso. O produto final com embalagem apresenta aproximadamente 500 gr.

4.6 Análise de custos

Molde

No processo de desenvolvimento de produtos é crucial garantir que a produção dos conceitos se enquadra dentro de um orçamento economicamente viável e mercadologicamente competitivo. Primeiramente apresentam-se os custos relativos á produção do molde. Vale ressaltar que segundo o fornecedor do silicone utilizado na confeção do molde o mesmo deve apresentar uma durabilidade aproximada de produção de cinquenta peças. A Tabela 14 apresenta os valores aproximados para a produção de um molde. O custo total do molde será dividido por cinquenta (vida útil estimada do molde) e adicionado aos custos finais do produto, a fim de obter-se a diluição do custo pelas 50 peças que ele irá produzir.

Tabela 14 - Custos relativos á produção molde de silicone (elaborado pelo autor).

MATERIAIS E COMPONENTES MOLDE SILICONE			
PRODUTO	**PREÇO UNITÁRIO (€)**	**QUANTIDADE**	**CUSTO (€)**
FILAMENTO PLA 1.75mm	29,90/Kg	0,275 Kg	8,23
CONTRAPLACADO 15mm	8,29/placa	1 placa de 800X400X15mm	8,29
SILICONE Köraform A 42	16,44/Kg	0,339 Kg	5,58
VARÃO LISO 8mm	6,08/m	0,14m	0,85
		TOTAL	22,95

CUSTOS MÃO DE OBRA MOLDE SILICONE				
ETAPA	**NÚMERO DE TRABALHADORES**	**TEMPO**	**PREÇO (€)/h**	**CUSTO (€)**
MÃO DE OBRA PRODUÇÃO MOLDE	01	30 min	5,77*	2,89
			TOTAL	2,89

MONTANTES FINAIS		
MATERIAIS E COMPONENTES	**MÃO DE OBRA**	**CUSTO TOTAL (€)**
22,95	2,89	25,84

* Cálculo efetuado com base num ordenado de 1000 €, com 40h semanais de trabalho.

Candeeiro + embalagem

Os custos representados nas tabelas seguintes (Tabela 15 a Tabela 17) apresentam os valores aproximados do produto e embalagem desenvolvidos.

A estimativa de custos associados ao LEXI lamp realizou-se apenas para a produção de uma única peça. Os custos associados poderão sofrer alterações quando forem produzidos vários candeeiros. Relativamente aos componentes elétricos, optou-se por adquirir materiais de fácil instalação e disponíveis em qualquer loja de equipamentos elétricos. Estes componentes tornam-se menos dispendiosos quando adquiridos em maior quantidade.

Tabela 15 - Custos relativos a materiais e componentes: candeeiro + embalagem (elaborado pelo autor).

MATERIAIS E COMPONENTES CANDEEIRO + EMBALAGEM			
PRODUTO	**PREÇO UNITÁRIO (€)**	**QUANTIDADE**	**CUSTO (€)**
CASCAS DE OVOS	————	0,046 Kg	————
PLA - Ingeo™ 3260HP	8,50/Kg	0,370 Kg	3,15
CABO ELÉTRICO	2,70/m	1,500 m	4,05
CASQUILHO E14	2,99	1 UNIDADE	2,99
TUBO ROSCADO OCO M8	7,49/m	0,024 m	0,18
BRAÇADEIRA	0,60	1 UNIDADE	0,60
INTERRUPTOR	4,99	1 UNIDADE	4,99
FICHA	2,20	1 UNIDADE	2,20
CARTÃO	————	0,15m²	————
ETIQUETA	7,99 (100 FOLHAS)	3 FOLHAS PARA CADA 4 LEXI	0,06
MANUAL	16,49 (2500 FOLHAS)	1 FOLHA PARA CADA 2 LEXI	0,004
		TOTAL	18,23

Tabela 16 - Custos relativos a energia e mão de obra: candeeiro + embalagem (elaborado pelo autor).

CUSTOS ENERGIA E MÃO DE OBRA: CANDEEIRO + EMBALAGEM				
ETAPA	NÚMERO DE TRABALHADORES	TEMPO	PREÇO (€)/h	CUSTO (€)
ENERGIA FORNO 9000W SECAGEM CASCAS	NÃO SE APLICA	60 min	0,15110	1,36
ENERGIA FOGÃO 1500W MISTURA COMPÓSITO	NÃO SE APLICA	20 min	0,15110	0,23
MÃO DE OBRA LAVAGEM CASCAS	01	4 min	5,77*	0,38
MÃO DE OBRA RETIRAR PELÍCULA CASCAS	01	40 min	5,77*	3,85
MÃO DE OBRA SECAGEM E MOAGEM CASCAS	01	30 min	5,77*	2,89
MÃO DE OBRA SEPARAÇÃO POR GRANULOMETRIA	01	25 min	5,77*	2,40
MÃO DE OBRA PRODUÇÃO DIFUSOR	01	30 min	5,77*	2,89
MÃO DE OBRA MONTAGEM	01	10 min	5,77*	0,96
MÃO DE OBRA EMBALAGEM	01	10 min	5,77*	0,96
			TOTAL	15,92

*** Cálculo efetuado com base num ordenado de 1000 €, com 40h semanais de trabalho.**

Tabela 17 - Custos totais LEXI lamp (elaborado pelo autor).

MONTANTES FINAIS CANDEEIRO + EMBALAGEM		
MATERIAIS E COMPONENTES	ENERGIA E MÃO DE OBRA	CUSTO TOTAL (€)
18,23	15,92	34,15
MONTANTES FINAIS CANDEEIRO + EMBALAGEM + MOLDE SILICONE		
CANDEEIRO + EMBALAGEM	1/50 MOLDE DE SILICONE	CUSTO TOTAL (€)
34,15	0,52	34,67

4.7 Acabamentos

Foram confecionados três protótipos do candeeiro LEXI lamp cada um dos difusores executados com uma das granulometrias pré-definidas (850µm, 600µm e 425µm). Por se acreditar que o PLAegg é um material versátil, que combina com vários estilos utilizaram-se cabos elétricos revestidos com tecido em estilos diferentes. Na Figura 121 e na Figura 122 observa-se que é percetível a diferença de granulometria entre cada uma das peças.

Figura 121 - Protótipos LEXI lamp (acervo próprio).

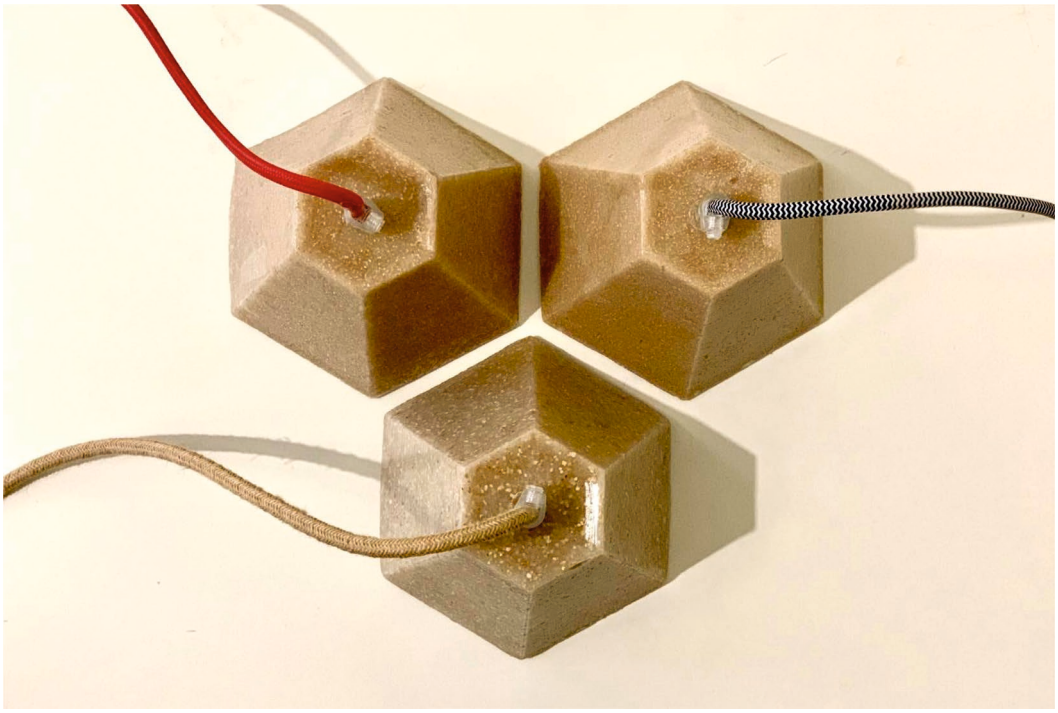


Figura 122 - Protótipos LEXI lamp (acervo próprio).

Estão disponíveis no mercado lâmpadas refletoras em diferentes colorações (dourado, prateado e cobre). Como sugestão de utilização (lâmpada não acompanha o candeeiro) utilizaram-se as três variações mais uma vez para enfatizar a versatilidade do produto (Figura 123).

Figura 123 - Protótipos LEXI lamp (acervo próprio).

4.8 Usabilidade

Na Figura 124, Figura 125 e Figura 126 estão alguns ambientes com o candeeiro LEXI lamp.

Figura 124 - Ambientação LEXI lamp (acervo próprio).

Figura 125 - Ambientação LEXI lamp (acervo próprio).

Figura 126 - Ambientação LEXI lamp (acervo próprio).

4.9 Validação das melhorias

Com os conceitos apresentados anteriormente sobre EC (capítulo 2.2), DC (capítulo 2.3) e com a análise do produto proposto (capítulo 4), aplicaram-se algumas ferramentas do *Circular Design Guide* de forma a avaliar a circularidade do produto e gerar um ciclo contínuo de melhoria para a proposta. Foram escolhidas ferramentas com foco em desenvolvimento de produto e em materiais. São elas: De dentro para Fora e Escolha Inteligente de Materiais.

Na ferramenta "**De dentro para fora**" somos convidados a desmontar um produto com a utilização de uma chave de fenda ou de um alicate e organizar os componentes por tamanho ou tipo de material (Figura 127).

Figura 127 - Organização dos componentes por tipo de material (elaborado pelo autor).

Com os componentes devidamente separados por tipo de material foram respondidas as perguntas que se seguem:

- **Quais materiais e componentes podem ser recuperados deste dispositivo e reutilizados?**

  Todos os componentes em metal e plástico podem ser recuperados e posteriormente reutilizados.

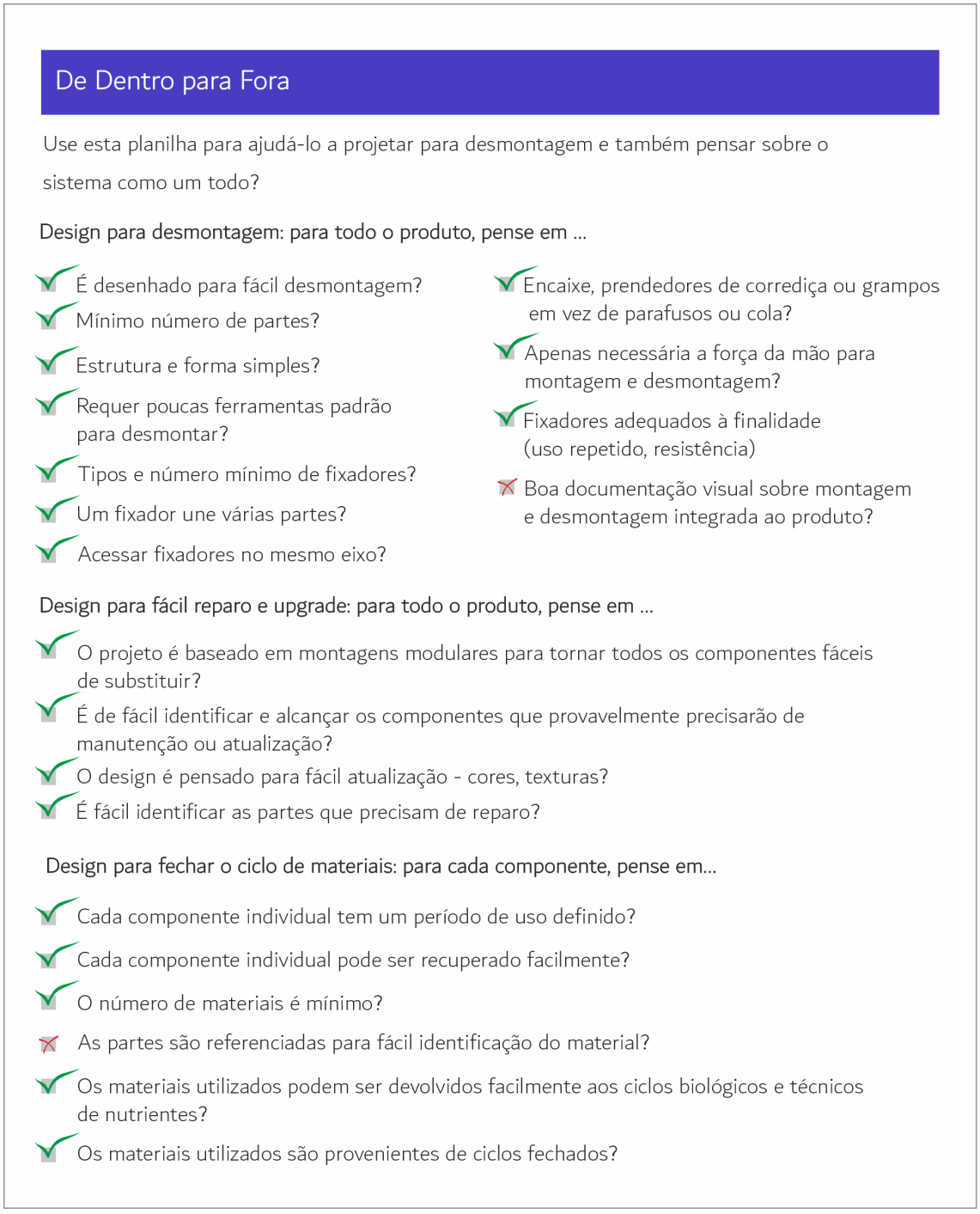
- **O fabricante produz peças individuais se você precisar substituir apenas uma bateria, por exemplo?**

  Todos os componentes elétricos são *standard* de fácil acesso no mercado, de forma que, caso seja necessária à substituição de algum deles o consumidor consiga fazer a sua troca de forma fácil.

- **É economicamente viável desmontá-los da maneira que você fez?**

Sim. É um processo intuitivo e rápido, utiliza-se como ferramenta apenas uma chave de fendas que é comumente presente na maioria das residências.

Por fim foi respondida a planilha de design para a desmontagem (Figura 128).



De Dentro para Fora

Use esta planilha para ajudá-lo a projetar para desmontagem e também pensar sobre o sistema como um todo?

Design para desmontagem: para todo o produto, pense em ...

- ✓ É desenhado para fácil desmontagem?
- ✓ Mínimo número de partes?
- ✓ Estrutura e forma simples?
- ✓ Requer poucas ferramentas padrão para desmontar?
- ✓ Tipos e número mínimo de fixadores?
- ✓ Um fixador une várias partes?
- ✓ Acessar fixadores no mesmo eixo?
- ✓ Encaixe, prendedores de corrediça ou grampos em vez de parafusos ou cola?
- ✓ Apenas necessária a força da mão para montagem e desmontagem?
- ✓ Fixadores adequados à finalidade (uso repetido, resistência)
- ✗ Boa documentação visual sobre montagem e desmontagem integrada ao produto?

Design para fácil reparo e upgrade: para todo o produto, pense em ...

- ✓ O projeto é baseado em montagens modulares para tornar todos os componentes fáceis de substituir?
- ✓ É de fácil identificar e alcançar os componentes que provavelmente precisarão de manutenção ou atualização?
- ✓ O design é pensado para fácil atualização - cores, texturas?
- ✓ É fácil identificar as partes que precisam de reparo?

Design para fechar o ciclo de materiais: para cada componente, pense em...

- ✓ Cada componente individual tem um período de uso definido?
- ✓ Cada componente individual pode ser recuperado facilmente?
- ✓ O número de materiais é mínimo?
- ✗ As partes são referenciadas para fácil identificação do material?
- ✓ Os materiais utilizados podem ser devolvidos facilmente aos ciclos biológicos e técnicos de nutrientes?
- ✓ Os materiais utilizados são provenientes de ciclos fechados?

Figura 128 - Planilha design para a desmontagem (elaborado pelo autor a partir de IDEO 2016).

O candeeiro LEXI lamp preenche a maioria dos itens presentes na planilha da Figura 128. Com a aplicação desta ferramenta foram identificados alguns pontos que precisam de melhorias nomeadamente a falta de identificação dos materiais nos componentes do candeeiro, que pode comprometer o correto descarte pelo consumidor. Também seria importante a incorporação ao manual do produto a presença de informações relativas à desmontagem do mesmo, para uma vez mais auxiliar o consumidor no momento do descarte.

Com a ferramenta "**escolha inteligente de materiais**" faz-se uma análise sobre as escolhas de materiais e o seu impacto no sistema, uma vez que os materiais desempenham um papel essencial em uma EC e por isso precisam ser escolhidos de forma inteligente para que sejam continuamente reciclados.

Primeiramente criou-se uma lista com todas as matérias-primas e componentes necessários para a construção da LEXI lamp (Figura 129). Foram listados todos os componentes e os seus respetivos materiais.

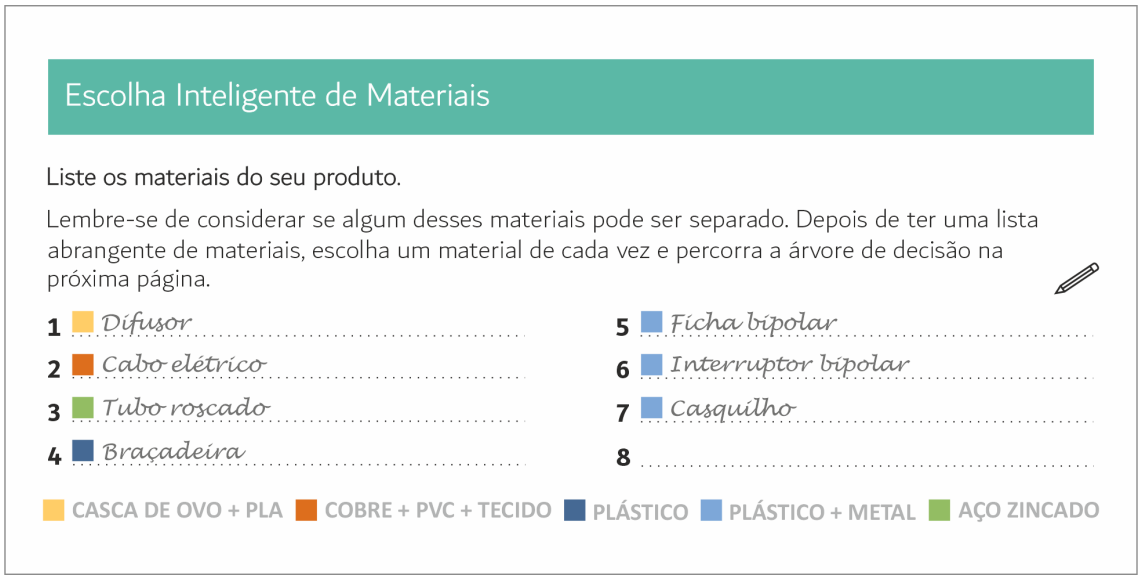


Figura 129 - Lista de Materiais (elaborado pelo autor a partir de IDEO 2016).

De seguida percorre-se a árvore de decisão (Figura 130) e analisa-se se foram as feitas escolhas certas dos materiais do produto em questão. Como pode ser visto na Figura 128 os materiais da LEXI lamp são adequados para a EC. O material do difusor (PLA + casca de ovo) enquadra-se no ciclo biológico, é um material que agrega valor á biosfera a sua valorização pode dar-se através de compostagem industrial.

Os restantes materiais do candeeiro são os chamados resíduos de equipamento elétrico e eletrónico (REEE) e estão enquadrados no ciclo técnico. Em Portugal existem três entidades licenciadas para a gestão de REEE. Encontram-se sujeitas a alguns princípios e objetivos de gestão estabelecidos, nomeadamente a estruturação de uma rede de recolha seletiva, o financiamento dos custos de triagem, armazenagem, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos REEE (APA 2020). Após a valorização por meio de reciclagem os REEE transformam-se em matéria-prima para indústrias onde dão origem a novos produtos e dessa forma fecha-se o ciclo.

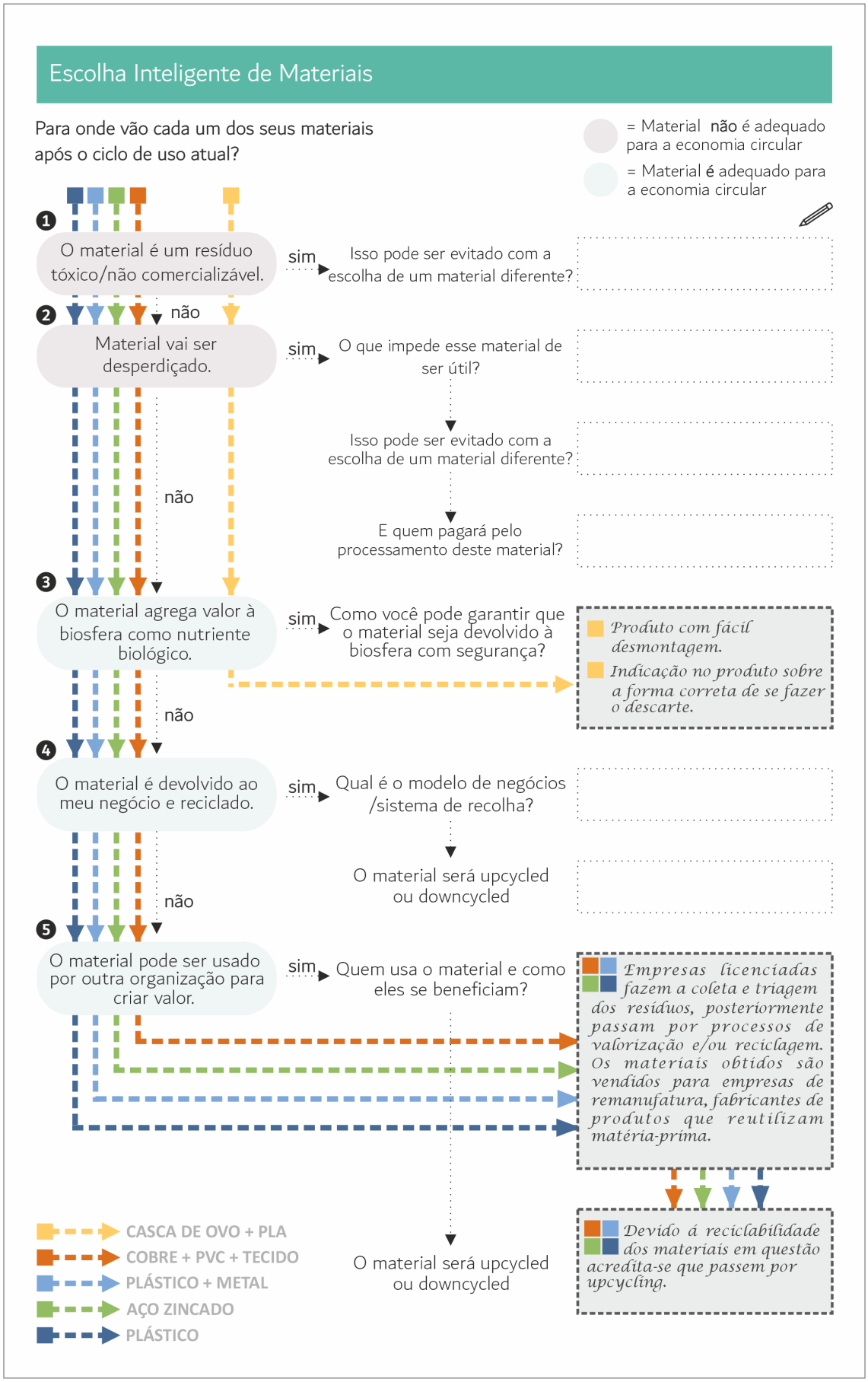


Figura 130 - Planilha árvore de decisão (elaborado pelo autor a partir de IDEO 2016).

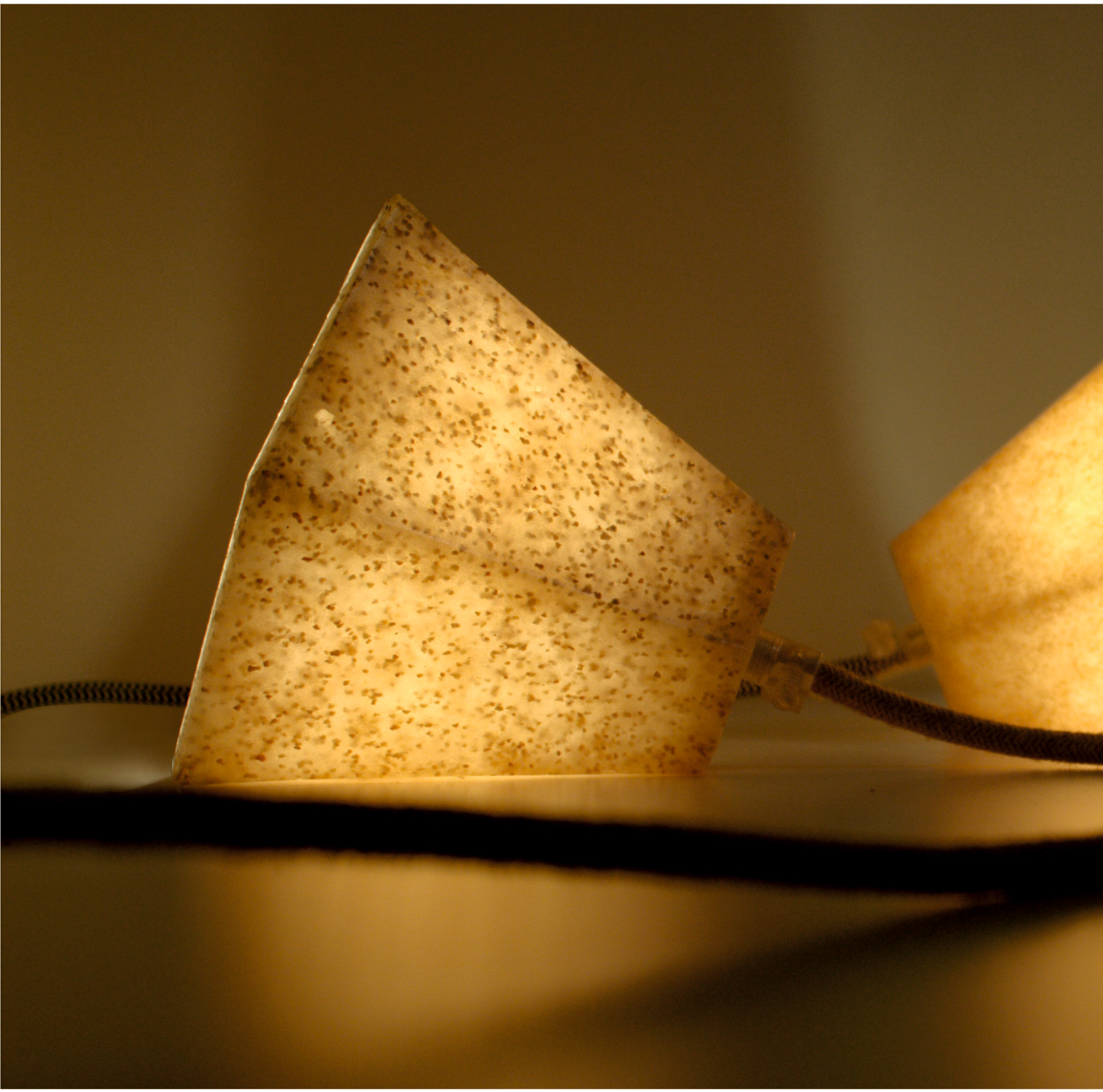


Figura 131 - LEXI lamp (acervo próprio).

5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

Esta investigação - "Design a partir de resíduos: reaproveitamento de desperdícios alimentares aplicados ao design de produtos - cascas de ovos" - resultou de uma reflexão sobre a problemática dos resíduos, especificamente os alimentares. Desta forma, o tema explorado procurou entender como o design pode contribuir na valorização dos resíduos.

Após a definição da metodologia, a presente investigação incidiu num estudo teórico. Esta análise foi a orientação para o desenrolar adequado de toda a componente prática. Foram explorados conhecimentos referentes ao resíduo alimentar em estudo, nomeadamente a casca de ovo. Investigaram-se conceitos relativos a EC e DC que foram fundamentais para o direcionamento desta investigação.

Como caso de estudo, foi referido o projeto WWWyou, uma parceria entre a UP e a CMM com o duplo objetivo de reutilizar desperdícios locais e criar uma oportunidade de emprego/formação a pessoas em situação de desemprego. Posto isto, foi necessário levar em consideração os equipamentos e materiais disponíveis no projeto WWWyou para o desenvolvimento desta investigação assim como para o produto proposto uma vez que será produzido na oficina do referido projeto.

Tendo em conta os objetivos pretendidos e a metodologia adotada, iniciou-se o processo experimental. Foram realizadas diversas experiências com diferentes materiais ligantes, por fim conclui-se que o ligante que apresentava as características mais interessantes seria o PLA. Com a seleção do ligante foram realizadas experimentações de transformação com a utilização de vários tipos de processos e uso de diferentes moldes. De forma a validar o material desenvolvido, aplicou-se o método MDD para entender como os possíveis utilizadores percebem e interagem com o material. Com a investigação desenvolvida e o direcionamento que a aplicação do MDD facultou foi proposto como produto um candeeiro nomeadamente o LEXI lamp. Houve uma preocupação em criar uma peça simples, funcional, de fácil produção, fácil manutenção com a utilização de componentes elétricos *standard*. Alguns princípios de DC foram incorporados ao projeto. Foi desenvolvida também uma embalagem com comunicação visual e manual, por fim foi feita uma estimativa dos custos de produção do referido candeeiro.

Os protótipos realizados validaram o objetivo da dissertação: agregar valor aos desperdícios alimentares transformando-os em matéria-prima para o design de novos produtos. Face ao exposto é possível assegurar que esta investigação promoveu a reutilização de desperdícios alimentares, transformando-os em candeeiros assentes nos conceitos da EC. A estimativa de custo do produto revelou-se elevada, porém vale ressaltar que foi feita tendo por base a fabricação de uma única peça. Os valores referentes aos componentes e á mão de obra irão reduzir caso sejam produzidas uma maior quantidade de peças.

A presente dissertação tenciona ser uma mais-valia no sentido de atribuir importância ao design, na presente necessidade de reutilizar materiais, resultando na criação de produtos provenientes de materiais reaproveitados. Apesar da concretização dos objetivos propostos inicialmente, é importante salientar que esta não é uma investigação acabada, pelo que de seguida irão ser referidas algumas intervenções para o futuro.

5.2 PERSPETIVAS FUTURAS

Considera-se que os conhecimentos adquiridos durante todo o desenvolvimento deste projeto podem e devem ser ampliados. De forma a aperfeiçoar a investigação desenvolvida e de forma a dar-lhe continuidade, serão apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Caracterização do material em termos mecânicos e de biodegradabilidade, assim como a validação dos mesmos;

- Fazer uma nova Avaliação do ciclo de vida do novo candeeiro e analisar se as melhorias implementadas nesta dissertação foram satisfatórias e se podem existir ainda possíveis melhorias;

- Testar os produtos num contexto real, com o objetivo de entender como funcionam quando integrados num ambiente real ou do quotidiano. Perceber se o utilizador reconhece e valoriza a importância da utilização de materiais reciclados;

- Avaliação da possibilidade de inserção das propostas apresentadas no mercado;

- Explorar novas ideias de aplicações para o material desenvolvido;

- Implementação e produção do candeeiro na oficina do projeto WWWyou, verificar se são necessárias alterações na forma produtiva idealizada nesta dissertação;

- Explorar formas de se conseguir um acabamento na superfície das peças propostas, de forma a se conseguir uma superfície brilhante e com tonalidade uniforme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A' Design Award, & Competition. 2017. "Shell Homage Hangers by Rania Elkalla." 2017, accessed 21/06/2019. https://competition.adesignaward.com/design.php?ID=51884.

A. Santanocito, E. Arena, F. Virlinzi, A. Perdichizzi, C. Blandini. 2014. "Orangefiber." accessed 25/02/2019. http://orangefiber.it/en/.

A.Fernandes, A.Cardoso, A.Sousa, C.Buttunoi, G.Silva, J.Cardoso, M.Oliveira J.Sá, M.Rocha, R.Azevedo, R.Baldaia, R.Leite, and S.Pernbert. 2018. "We Won't Waste You, Design for Social Inclusion - Project Based Learning methodology to connect the students to the society and the environment through innovation."10.

Adissi, Paulo, Jose Almeida Neto, Thiago Almeida, Rita Braga, Renata Camara, Rosangela Cardoso, Josires Curi, Wilson Curi, and Sergio Franc. 2013. *Gestão Ambiental De Unidades Produtivas*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

AEP, Associação Empresarial de Portugal. 2013. Manual Prático de Ecodesign.

Affairs, United Nations Department of Economic and Social. 2017. "World Population Prospects – 2017 Revision: Global population." United Nations Department of Public Information, accessed 20/02/2019. https://population.un.org/wpp/Download/Probabilistic/Population/.

Ambiente, Ministério do. 1997. Decreto-Lei n.º 239/97. Diário da República n.º 208/1997, Série I-A de 1997-09-09.

Angelis, Roberta De. 2018. *Business Models in the Circular Economy: Concepts, Examples and Theory*. Vol. 1: Palgrave Pivot.

APA. 2014. PERSU 2020 - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos edited by Agência Portuguesa do Ambiente.

APA. 2019a. "Gestão de Resíduos urbanos." accessed 21/02/2019. https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933.

APA. 2019b. Relatório Anual de Resíduos Urbanos 2018. edited by Departamento de Resíduos. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.

APA. 2020. "Resíduos de Equipamento Elétrico e Eletrónico." Agência Portuguesa do Ambiente, accessed 26/04/2020.

Arabhosseini, Akbar, and Hamideh Faridi. 2018. "Application of eggshell wastes as valuable and utilizable products: A review." *Research In Agricultural*

Engineering 64:104-114. doi: https://www.agriculturejournals.cz/web/rae.htm?type=article&id=6_2017-RAE.

Arruda, Amilton J. V., Paulo Cesar Machado Ferroli, and Lisiane Ilha Librelotto. 2018. *Design, Artefatos e Sistema Sustentável*. 1ª ed, *[designCONTEXTO] - Ensaios sobre Design, Cultura e Tecnologia*.

Bakker, Conny. 1995. "Environmental Information for Industrial Designers."Doctoral, Faculty Industrial Design Engineering, TU Delft.

Barrett, Axel. 2019. "Recyclable Bioplastics Made from Lobster Shells." accessed 05/03/2019. https://bioplasticsnews.com/2019/02/24/recyclable-bioplastics-made-from-lobster-shells/.

Barros, Marcela. 2017. "Farinha de casca de ovo: Para que serve e como fazer." accessed 07/01/2020. https://blog.tudogostoso.com.br/noticias/farinha-de-casca-de-ovo-para-que-serve-e-como-fazer/.

BCSD. 2019. "Task Force Economia Circular." accessed 21/02/2019. https://www.bcsdportugal.org/projetos/tf-economia-circular.

Berríos, Manuel. 2006. "Consumismo E Geração De Resíduos Sólidos." *GEOUSP Espaço E Tempo (Online)* nº 6 (agosto):7-28. doi: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.1999.123360.

Bovea, María D., and Victoria Pérez-Belis. 2018. "Identifying design guidelines to meet the circular economy principles: A case study on electric and electronic equipment." *Journal of Environmental Management* 228:483-494. doi: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.014.

Braungart, Michael, and William McDonough. 2014. *Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente*. São Paulo.

Brears, Robert C. 2018. *Natural Resource Management and the Circular Economy*. Edited by Palgrave Studies in Natural Resource Management: Palgrave Macmillan.

Campbell-Johnston, Kieran, Walter J. V. Vermeulen, Denise Reike, and Sabrina Bullot. 2020. "The circular economy and cascading: towards a framework." *Resources, Conservation & Recycling: X*:100038. doi: https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100038.

Cara Pike, Bob Doppelt, Meredith Herr. 2010. Climate Communications and Behavior Change: A Guide for Practitioners. edited by The Climate Leadership Initiativ.

CNI. 2018. Economia Circular - Oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Confederação Nacional da Indústria,.

Commission, European. 2017. Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Brussels.

Commission, European. 2019. Ecodesign for a circular economy: methodology for circular product design. In *Science for Enviroment Policy* edited by SCU. Environment News Alert Service: The University of the West of England, Bristol.

D.V. Rosato, Marlene G. Rosato. 2000. *Injection Molding Handbook* 3rd ed: Springer.

Davim, J. Paulo. 2017. *Green Composites*. Vol. 7, *Advanced Composites*. Aveiro: degruyter.

decafé. 2016. "Kamaria Lámpara de suspensión." accessed 19/11/2019. https://www.decafe.es/coleccion-lamparas-y-accesorios/kamaria/.

Descottes, Hervé, and Cecilia E. Ramos. 2011. *Architectural Lighting: Designing With Light and Space*. New York: Princeton Architectural Press.

DESIGN, PLUG. 2019. "Como escolher a temperatura de cor ideal para sua luminária?", accessed 29/01/2020. https://plugdesign.com.br/temperatura-cor/.

DGAV. 2018. Encaminhamento de cascas de ovo geradas em estabelecimento industrial de pastelaria e de panificação Direção Geral de Alimentação e Veterinária.

Edinburgh Napier, University. 2017. "Edinburgh Napier student produces range of tableware made from her own patent pending egg shell material." accessed 21/06/2019. https://www.napier.ac.uk/about-us/news/a-cracking-idea.

EDP. 2016. *Manual de Iluminação Pública*: Instituto de Sistemas e Robótica da Universidade de Coimbra.

Efficientia. 2007. Curso de Sistemas de Iluminação Artificial.

Eskin, Neason A. 2013. *Biochemistry of foods*. 3rd ed. Vol. 565: Academic Press.

Facca, Claudia Alquezar. 2020. "A contribuição do pensamento do design na formação do engenheiro: o espaço do fab lab como experiência transversal." Doutorado em Design, Universidade Anhembi Morumbi

Falcão, Andreia Micaela Rodrigues. 2015. "Estudos de utilização, tratamento e valorização de resíduos sólidos: casca de ovo. ." Mestrado, Departamento de Química Universidade de Aveiro

FAO. 2011. Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Rome.

Fernandes, Adriana, Claudia Facca, Jorge Alves, Barbara Rangel, Rita Leite, Belmira Neto, and Ana Mae Barbosa. 2020. *Sustainability as a theme of interdisciplinarity between design and engineering courses*.

Fernandes, Adriana Patricia. 2019. "Formando designers para a inovação sustentável - Aprendizagem baseada em projetos para conectar estudantes à

sociedade e ao meio ambiente através do design " Mestrado Dissertação, Faculdade de Belas Artes e Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Fifield, Brett, and Katerina Medkova. 2016. "Circular Design - Design for Circular Economy." In.

Figueira, Catarina Henriques. 2014. "Aproveitamento de Casca de Ovo para Aplicações Industriais." Master, Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra.

Fiksel, Joseph. 2009. *Design for Environment, Second Edition: A Guide to Sustainable Product Development: Eco-Efficient Product Development*. 2 ed: McGraw Hill.

Foundation, Ellen MacArthur. 2013. Towards the Circular Economy

Foundation, Ellen MacArthur. 2015a. Growth Within: a circular economy vision for a competitive europe. edited by McKinsey Center for Business and Environment.

Foundation, Ellen Macarthur. 2015b. Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição.

Foundation, Ellen MacArthur. 2019a. accessed 25/05/2019. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/.

Foundation, Ellen MacArthur. 2019b. "Cidades e Economia Circular dos Alimentos." Encontro Anual do Fórum Econômico Mundial.

Foundation, Ellen MacArthur. 2020. "Case Studies." accessed 27/06/2020. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies.

Fruitleather. 2015. "Fruitleather." accessed 20/02/2019. https://fruitleather.nl/home/project/.

Glatz, P., Miao Zhihong, and Rodda Belinda. 2011. "Handling and Treatment of Poultry Hatchery Waste: A Review." *Sustainability* 3. doi: 10.3390/su3010216.

Gonçalves, Francisco. 2020. "Peça de arte Azulejo terminal de cruzeiros Porto de Leixões." accessed 02/03/2020. https://www.olx.pt/anuncio/pea-de-arte-azulejo-terminal-de-cruzeiros-porto-de-leixes-IDA3itN.html.

Gordon, Gary. 2015. *Interior Lighting for Designers*. 5 ed. New York: Wiley.

Guedes, Flaviane Helena. 2014. "Reaproveitamento de resíduo de casca de ovo e chamote na produção de material cerâmico para isolação térmica." Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais Dissertação, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Hemel, C. V. . 1995. "Tools for setting realizable priorities at strategic level in Design for Environment." Prague, International Conference on Engineering Design.

high-society. 2019. "highlight." https://high-society.it/highlight.

Hijosa, Carmen. 2013. "Piñatex." accessed 05/03/2019. https://www.ananas-anam.com/.

Hincke, Maxwell, Yves Nys, Joel Gautron, Karlheinz Mann, Alejandro Rodriguez-Navarro, and Marc McKee. 2012. *The eggshell: structure, composition and mineralization*. Vol. 17.

Hunton, P. 2005. "Research on eggshell structure and quality: an historical overview." *Brazilian Journal of Poultry Science* 7:67-71.

IDEO, EMF &. 2016. "The Circular Design Guide." accessed 13/06/2019. https://www.circulardesignguide.com/.

IEC. 2006. 60598-1. In *Luminaires – Part 1: General requirements and tests* Geneva, Switzerland.

INDALUX. 2012. *Lighting Handbook*.

Innes, Malcolm. 2012. *Lighting for interior design*. Portfolio Skills ed, *Portfolio skills. Interior design*. London: Laurence King Publishing.

Karana, Elvin, Bahar Barati, Valentina Rognoli, and Anouk Zeeuw van der Laan. 2015. "Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences." *International Journal of Design* in press.

Karana, Elvin, and Serena Camere. 2018. *Experiential Characterization of Materials: toward a toolkit*.

Karana, Elvin, Paul Hekkert, and Prabhu Kandachar. 2010. "A tool for meaning driven materials selection." *Materials & Design* 31 (6):2932-2941. doi: https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.12.021.

Karana, Elvin, and Valentina Rognoli. 2019. "Materials Experience Lab." accessed 21/10/2019. http://materialsexperiencelab.com/.

Kaur, Guneet, Kristiadi Uisan, Khai Lun Ong, and Carol Sze Ki Lin. 2018. "Recent Trends in Green and Sustainable Chemistry & Waste Valorisation: Rethinking Plastics in a circular economy." *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 9:30-39. doi: https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.11.003.

Kaza, Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A global Snapshot of Solid Waste Managment to 2050*, *Urban Development Series*. Washington, DC World Bank Group.

Krown. 2019. "Mycelium Lamp." accessed 19/11/2019. https://www.krown.bio/product/mycelium-lamp/.

Lacy, Peter, and Jakob Rutqvist. 2015. *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*: Palgrave Macmillan.

Lefteri, Chris. 2017. *Materiais em Design: 112 Materiais para Design de Produtos*. 1 ed. São Paulo: Blucher.

Lemos, Paulo. 2018. Economia Circular como fator de resiliência e competitividade na região de Lisboa e Vale do Tejo. edited by Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

lifegate. 2017. "Vegea lancia la sua prima collezione con biomateriali ricavati dal vino firmata da Tiziano Guardini." accessed 25/02/2019. https://www.lifegate.it/persone/stile-di-vita/vegea-collezione-pelle-di-vino.

Magalhães, Mª Carmo, Andreia Ribeiro, Margarida Quina, Cristina Cameira, and Micaela Soares. 2011. "Tratamento e valorização agrícola da casca de ovo." *Revista de Ciências Agrárias* 34:191-204.

Maia, Ana Marques. 2015. "Terminal de Leixões é uma linha curva com um milhão de azulejos." accessed 09/09/2019. https://www.publico.pt/2015/07/23/p3/noticia/terminal-de-leixoes-e-uma-linha-curva-com-um-milhao-de-azulejos-1823851.

Manzini, Enzio. 2008. *Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais*. Rio de Janeiro.

Manzini, Ezio, and Carlo Vezzoli. 2002. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais*. 3ª ed. São Paulo.

MAOTDR. 2009. Portaria n.º 851/2009. edited by do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional Ministério do Ambiente. Diário da República, 1.ª série — N.º 152 — 7 de Agosto de 2009.

Marques, André Canal. 2012. "Ensino de design e sustentabilidade." 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Luís do Maranhão.

Martínez, Karim Y. P., Eli A. V. Toso, and Reinaldo Morabito. 2016. "Production planning in the molded pulp packaging industry." *Computers & Industrial Engineering* 98:554-566. doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.05.024.

MDIP, and FEUP. 2018. "WWWY - We Won't Waste You ", accessed 22/06/2019. https://mestradodpi2017.wixsite.com/wwwyou.

Michelini, Gustavo, Renato N. Moraes, Renata N. Cunha, Janaina M. H. Costa, and Aldo R. Ometto. 2017. "From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition." *Procedia CIRP* 64:2-6. doi: https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.012.

MIEA, 4º Ano. 2019. Avaliação do Impacte Ambiental: Identificação de opções para redução do impacte ao longo do ciclo de vida. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Mine, Yoshinori. 2008. *Egg Bioscience and Biotechnology* Edited by Wiley-Interscience. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Minkley, Rowan, and Rob Nicoll. 2018. " Chip[s] Board." accessed 06/03/2019. https://www.chipsboard.com/.

Montaigne, Institut. 2016. The Circular Economy: Reconciling Economic Growth with the Environment.

Monte, Atelier. 2010. "The Meat Project." accessed 19/11/2019. https://www.isaacmonte.nl/.

Moreira, Filipe. 2018. "Desenvolvimento de um novo material baseado em desperdícios de rocha natural." Mestrado em Design Industrial e de Produto, FEUP - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Motta, Ana Carolina Santos Borges Torres. 2018. "Design de Produto na Economia Circular: Aplicação no Mobiliário de Escritório." Mestrado Mestrado, Núcleo de especialização em Produto, Escola Superior de Artes e Design.

Munguia, Scott. 2013. "Biofase." accessed 05/03/2019. https://www.biofase.com.mx/.

Naccarato, Ana Paula, Rafael Fortes Guimarães, and Sergio Luiz Camargo. 2017. "Recoffee ", accessed 05/03/2019. https://www.recoffeedesign.com.br/.

Nanollose. 2014. "Nanollose ", accessed 05/03/2019. https://nanollose.com/.

NatureWorks. 2019a. "3 Series for Injection Molding." accessed 01/10/2019. https://www.natureworksllc.com/Products/3-series-for-injection-molding.

NatureWorks. 2019b. "Where it Goes." accessed 01/10/2019. https://www.natureworksllc.com/What-is-Ingeo/Where-it-Goes.

Neto, Belmira, Jorge Lino Alves, Barbara Rangel, Adriana Fernandes, Rita Leite, Claudia Facca, and Estudantes do 4º ano MIEA/FEUP. 2019. "Synergies and cooperation between the Master courses of environmental engineering and product & industrial design at FEUP." CCS2019 - 1ª Conferência Campus Sustentável, Porto.

NihonMtecs. 2019. "NihonMtecs." accessed 21/06/2019. https://nmtecs.jp/index.html.

Nirmeiri. 2010. "LIGHTS." accessed 19/11/2019. https://www.nirmeiri.com/lighting.

Oliveira, Ângela, Leonor Teixeira , Marta Silva , Bárbara Rangel , Adriana Fernandes , and Jorge Lino Alves 2019. "From Fish Scales to Sea Jewellery." 19th European Roundtable for Sustainable Consumption and Production - Circular Europe for Sustainability: Design, Production and Consumption, Barcelona.

Oliveira, D. A., P. Benelli, and E. R. Amante. 2009. "Valorização de Resíduos Sólidos: Casca de Ovos como Matéria-Prima no Desenvolvimento de Novos Produtos " *2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production*:11.

OSRAM. 2010. *Curso de Iluminação: Conceitos e Projetos*. São Paulo.

OSRAM. 2013. *Manual Luminotécnico Prático*. São Paulo.

Otles, Semih, Stella Despoudi, Camelia Bucatariu, and Canan Kartal. 2015. *Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques*. Edited by Charis M. Galanakis, *Food Waste Recovery*. San Diego: Academic Press.

Papanek, Victor. 1995. *Arquitectura e Design - Ecologia e Ética*. Lisboa.

Pazmino, Ana Verónica. 2007. "Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável.

A reflection about Social Design, Eco Design and Sustainable Design " International Symposium on Sustainable Design | I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, Curitiba, 4-6 de setembro de 2007.

PHILIPS. 2010. *Princípios Básicos de Iluminação*. Edited by Philips Lighting Academy.

Rainer Huopalahti, Rosina López-Fandino, Marc Anton, Rüdiger Schade 2007. *Bioactive Egg Compounds*. 1 ed: Springer.

REVOLUZ. 2011. *Conceitos Básicos de Iluminação*. Wazo ed, *Projeto sou um profissional de iluminação*.

RNAE. 2014. *Iluminação Interior*. Edited by Plano de dinamização e disseminação de boas práticas, *Eficiência energética no setor empresarial*

Rodrigo Luiz Carneiro de Souza, Vinicius Laureano Braz da Silva, and Walter Franklin M. Correia. 2009. "O paradigma do ecodesign: qual é a verdadeira sustentabilidade nos processos de produção?" 2nd International Symposium on Sustainable Design, São Paulo.

Ruff, Kevin J., John R. Endres, Amy E. Clewell, James R. Szabo, and Alexander G. Schauss. 2012. "Safety evaluation of a natural eggshell membrane-derived product." *Food and Chemical Toxicology* 50 (3):604-611. doi: https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.12.036.

Russell, Sage. 2012. *The architecture of light: architectural lighting design concepts and techniques*. 2a ed ed. La Jolla, CA: Conceptnine.

Santana, Leonardo, Jorge Lino Alves, Aurélio da Costa Sabino Netto, and Claudia Merlini. 2018. "Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica " *Revista Matéria*.

Settey, Andrea. 2018. "The new bioplastics developed in STU decompose in both soil and water." accessed 06/03/2019. https://www.stuba.sk/english/news/news/the-new-bioplastics-developed-in-stu-decompose-in-both-soil-and-water.html?page_id=12160.

Shadia Ikhmayies, Jian Li, Carlos Mauricio Fontes Vieira, Jean Igor Margem (Deceased), Fabio de Oliveira Braga. 2019. *Green Materials Engineering: An EPD Symposium in Honor of Sergio Monteiro*. 1st ed. ed, *The Minerals, Metals & Materials Series*: Springer International Publishing.

Silva, Alexandro Axel López. 2018. "Implementation of recycled thermoplastics in furniture design: development of a seat stool " master degree in Product and Industrial Design, FBAUP and FEUP, University of Porto.

Silva, Luís Pedro. 2019. "Terminal de Cruzeiros de Leixões – fotos." accessed 25/06/2019. http://luispedrosilva.com/pt/p142/p142-finais/.

Souto, Gabriel D'Arrigo de Brito, and Jurandyr Povinelli. 2013. *Conceitos, Tecnologia E Gestão*. Edited by Maria do Carmo Calijuri and Davi Gasparini Fernandes Cunha, *Engenharia Ambiental*: Elsevier Editora Ltda.

Teixeira, António Jorge Abreu Moreira Fernandes. 2017. "Industrial Waste as Raw Material: Application of almond nuts by-products in a bio-composite." Master in Product and Industrial Design, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

Território, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do. 2011. Decreto-Lei n.º 73/2011. Diário da República n.º 116/2011, Série I de 2011-06-17.

Tessitore, Gianpiero. 2014. "Vegea." accessed 25/02/2019. https://www.vegeacompany.com/.

Thackara, John. 2005. *In the bubble : designing in a complex world*. Cambridge.

TRIAZA. 2017. "Instalações TRIAZA." accessed 07/01/2020. https://www.triaza.pt/triaza/instalacoes/.

TUDelft. 2019. "Circular Product Design." Faculty of Industrial Design Engineering, accessed 11/06/2019. https://www.tudelft.nl/en/ide/about-ide/departments/design-engineering/research-areas/circular-product-design/.

Union, Council of the European, and European Parliament. 2009. Regulamento (ce) n. O 1069/2009 do parlamento europeu e do conselho. Jornal Oficial da União Europeia.

Ventura, Ana Mafalda F.M. 2009. "Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas." *Ciência & Tecnologia dos Materiais* 21:10-19.

Vicente, José Manuel Andrade Nunes. 2012. "Contributos para uma metodologia de design sustentável aplicada à indústria do mobiliário: o caso português." doutoramento, Faculdade de Arquitectura Universidade Técnica de Lisboa.

Wautelet, Thibaut. 2018a. *The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution*.

Wautelet, Thibaut. 2018b. "Exploring the role of independent retailers in the circular economy: a case study approach."

Wysocki, Jerzy. 2016. "Biotrem." accessed 05/03/2019. https://biotrem.pl/en/.

Y Nys, M Bain, F Van Immerseel. 2011. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products: Volume 1: Egg chemistry, production and consumption* Woodhead Publishing.

Yilmaz, Duygu. 2016. "Biolive." accessed 04/03/2019. http://www.biolivearge.com.

Zanotta, Daniel Capella, Maciel Zortea, and Matheus Pinheiro Ferreira. 2019. *Processamento de imagens de satélite*. 1 ed.

ANEXO 1 – Esclarecimento Técnico nº10 / DGAV / 2018

dgav
Direção Geral de Alimentação e Veterinária

SEGURANÇA dos ALIMENTOS

ENCAMINHAMENTO DE CASCAS DE OVO GERADAS EM ESTABELECIMENTO INDUSTRIAL DE PASTELARIA E DE PANIFICAÇÃO

Esclarecimento Técnico nº 10 / DGAV / 2018

RESUMO - O presente esclarecimento destina-se à implementação a nível nacional de disposições para o encaminhamento de cascas de ovo geradas em estabelecimentos industriais de pastelaria e de panificação.

1. CLASSIFICAÇÃO E ENCAMINHAMENTO DE CASCAS DE OVO

As cascas de ovo são abrangidas pelo âmbito de aplicação do Regulamento (CE) n.º 1069/2009 de 21 de outubro, *que estabelece regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano*, sendo classificadas como subprodutos animais de categoria 3.

O regulamento não prevê a eliminação de cascas de ovo através do circuito dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

As mesmas podem ser eliminadas por incineração, co-incineração, ou utilizadas após processamento em unidade de processamento de subprodutos animais, ou numa unidade de compostagem ou de biogás. Podendo também as cascas de ovo, ser utilizadas em condições determinadas pela autoridade competente.

Estabelece esta entidade competente, a possibilidade de encaminhamento das cascas de ovo para o circuito dos resíduos sólidos urbanos, desde que os estabelecimentos industriais de pastelaria e de panificação as submetam previamente a tratamento térmico de forma a prevenir eventuais riscos para a saúde humana e animal.

2. REGRAS PARA ENCAMINHAR/ELIMINAR CASCAS DE OVO

Os estabelecimentos industriais de pastelaria e de panificação que pretendem eliminar as cascas de ovo através do circuito dos resíduos sólidos urbanos devem cumprir com as seguintes regras:

1. Dispor de recipientes específicos para a **recolha/tratamento térmico das cascas** de ovo, termorresistentes, facilmente laváveis e desinfetáveis, identificados com a menção "*Subprodutos Animais de Cat. 3 – Não destinados ao consumo Humano*" e que possuam tampa;
2. As cascas de ovo, depositadas em recipiente fechado (metálico com tampa, mantido em boas condições, ser facilmente limpo e sempre que necessário desinfectado) devem ser retiradas rapidamente das salas em que se encontram os géneros alimentícios;
3. Os recipientes fechados, devem ser colocados em local próprio de recolha (mantido limpo e protegido de animais e pragas) até a realização do tratamento térmico, separado dos géneros alimentícios;
4. No fim do ciclo de laboração/confeção dos géneros alimentícios, efetuar um tratamento térmico às cascas de ovo, capaz de inactivar agentes microbiológicos patogénicos que possam estar eventualmente presentes. Esses tratamentos podem ser executados de diversas formas, nomeadamente por imersão em água a ferver durante pelo menos 3 minutos, ou colocando-as no forno/equipamento, assegurando que atinjam pelo menos 70º C cerca de 2 minutos, Só então poderão ser encaminhadas para os resíduos sólidos urbanos;
5. Os recipiente/utensílios utilizados devem então ser lavados e desinfetados, recorrendo a material de uso exclusivo para este fim (escovas, esponjas) e detergentes e/ou desinfetantes de aplicação em superfícies e equipamentos na indústria agro-alimentar, constantes do sitio na Internet da DGAV:
   → *"Biocidas de uso Veterinário"*
   → *"Lista de produtos biocidas de uso veterinário autorizados / notificados"*
   → *"Lista de produtos biocidas de uso veterinário autorizados"*

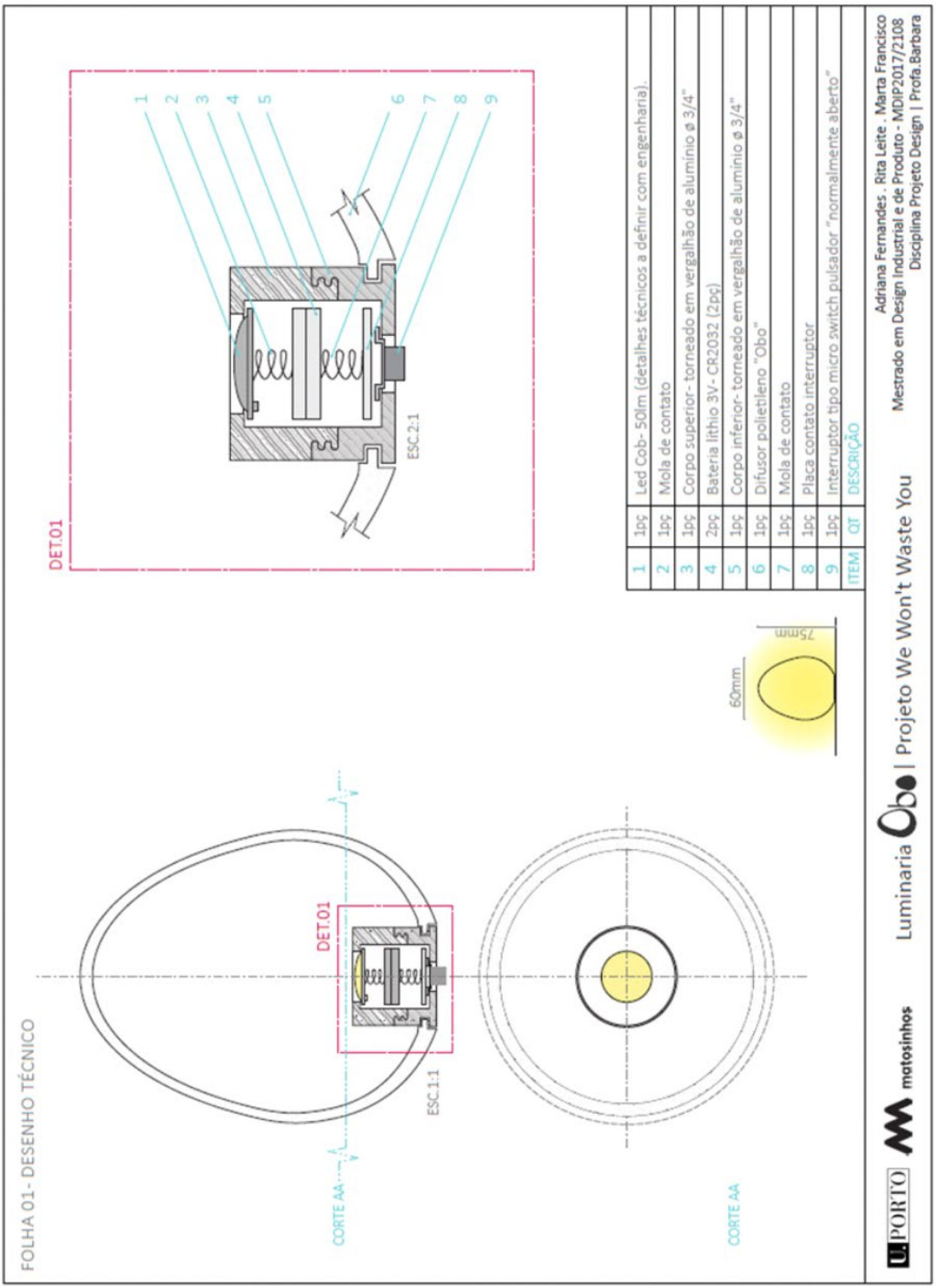
   E armazenados, os utensílios/recipientes, em local próprio, separado dos restantes utilizados na confeção de géneros alimentícios;
6. Efetuar registo com, a data e o peso das cascas de ovo submetidas ao tratamento térmico, que deve manter e evidenciar às autoridades competentes, sempre que solicitado. Para efeitos práticos de registo das quantidades de cascas deve ser estimado tendo por base a relação empírica que um dúzia de ovos origina 100 g de cascas.
7. Este procedimento é elaborado no âmbito do seu sistema de Segurança Alimentar baseado nos princípios HACCP (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo).

Lisboa, 21 de dezembro de 2018

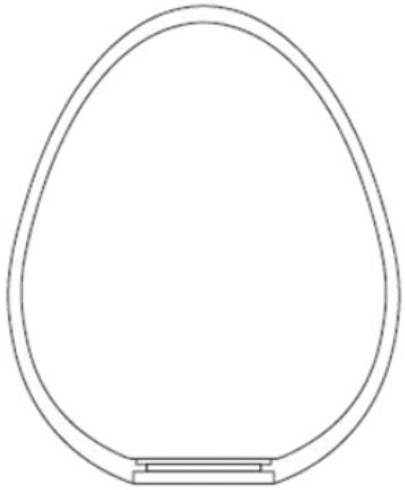
O Diretor Geral

Fernando Bernardo

ANEXO 2 - Desenho técnico e detalhamento OBO Lamp

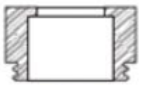


FOLHA 02- DETALHAMENTO COMPONENTES



Componente personalizado:
Difusor rotomoldado
Material utilizado: HDPE translúcido + casca de Ovo triturada.

Componente personalizado:
Corpo superior- torneado em vergalhão de alumínio Diam.3/4"



Componente de mercado:
Bateria Lithio 3V- CR2032
2pç

Componente de mercado:
Interruptor tipo micro switch pulsador "normalmente aberto"
Componente personalizado:
O Interruptor deverá estar implantado em uma placa munida de molas de contato na parte posterior.

Componente personalizado:
Corpo inferior- torneado em vergalhão de alumínio Diam.3/4"

Componente personalizado:
Placa Led COB (desenho do circuito eletrônico a definir)
Temperatura de cor: 2700K
Fluxo luminoso mínimo: 80lm
Ângulo de abertura: 160°

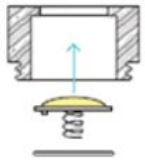
Componente de mercado:
O Led COB deverá estar implantado em uma placa munida de molas de contato na parte posterior.

U.PORTO matosinhos

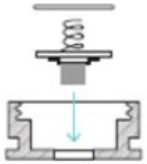
Luminaria Obo | Projeto We Won't Waste You

Adriana Fernandes . Rita Leite . Marta Francisco
Mestrado em Design Industrial e de Produto - MDIP2017/2108
Disciplina Projeto Design | Profa.Barbara

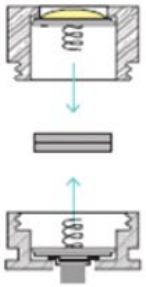
FOLHA 03- DETALHAMENTO MONTAGEM



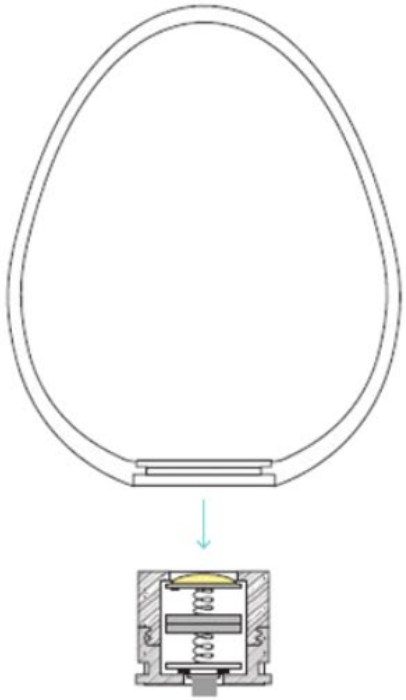
PASSO 01
Fixar Placa LED COB na parte superior do corpo interno utilizando o anel de pressão



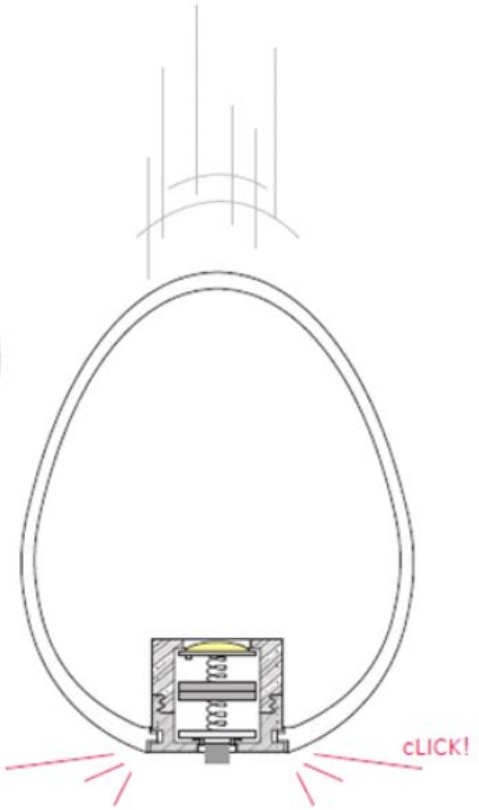
PASSO 02
Fixar Placa interruptor na parte inferior do corpo interno utilizando o anel de pressão



PASSO 03
Posicionar as duas baterias dentro da parte superior do corpo e unir as partes superior e inferior do corpo, rosqueando.



PASSO 04
Fixar o difusor "Obo", encaixando até ouvir um "Click".

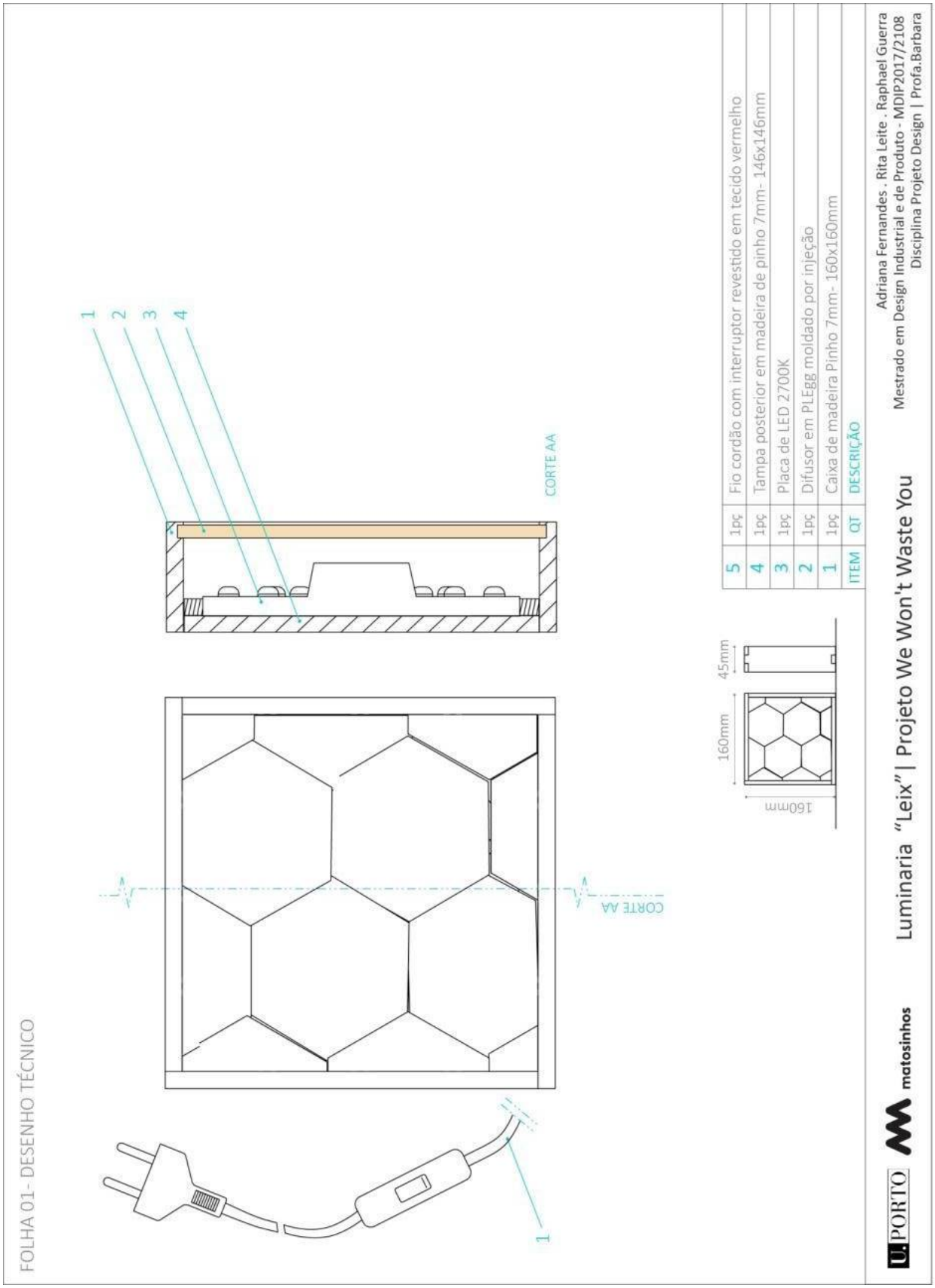


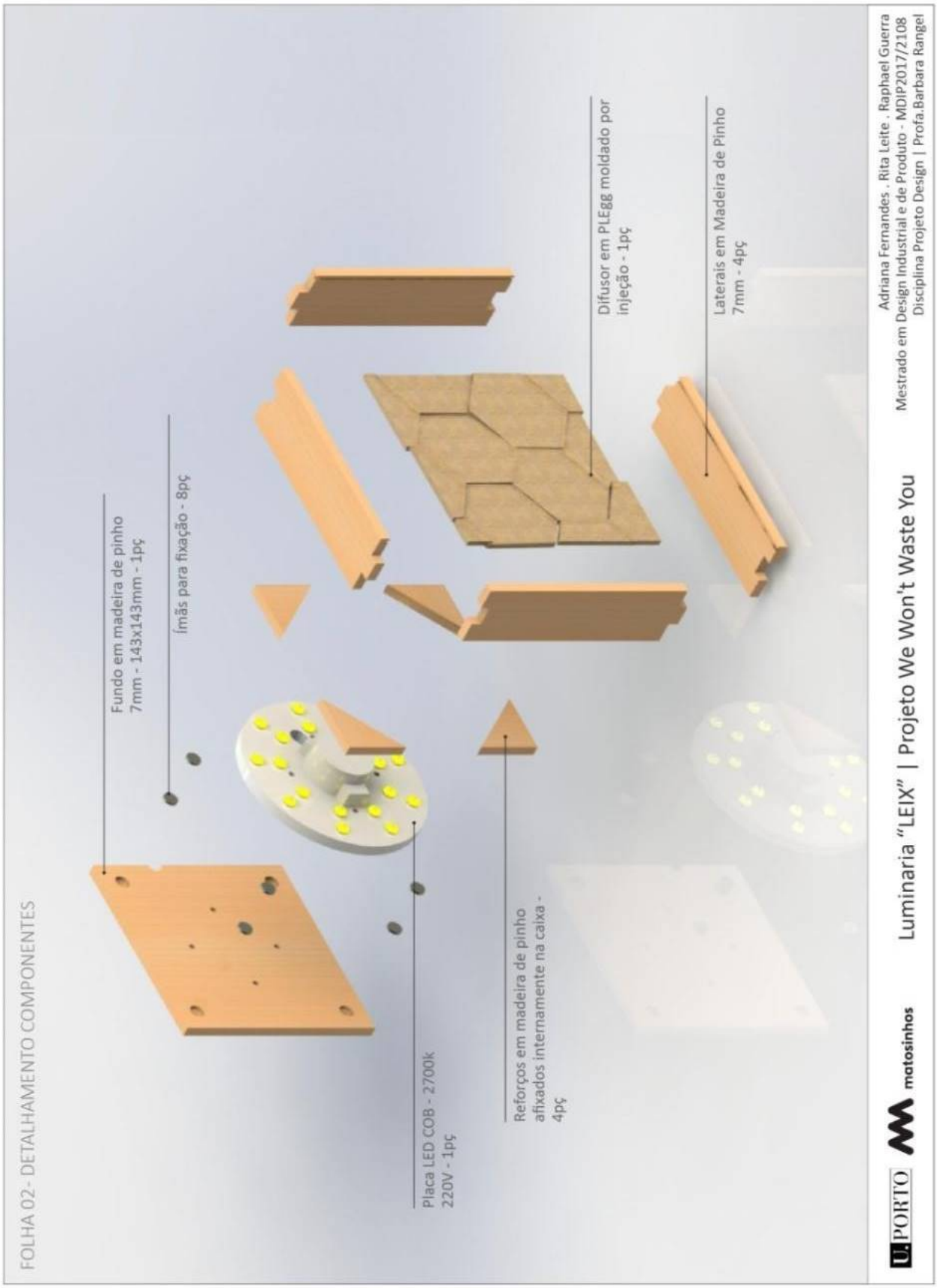
U.PORTO matosinhos

Luminaria Obo | Projeto We Won't Waste You

Adriana Fernandes . Rita Leite . Marta Francisco
Mestrado em Design Industrial e de Produto - MDIP2017/2108
Disciplina Projeto Design | Profa.Barbara

ANEXO 3 - Desenho técnico e detalhamento LEIX Lamp




FOLHA 02- DETALHAMENTO COMPONENTES
Fundo em madeira de pinho
7mm - 143x143mm - 1pç
ímãs para fixação - 8pç
Placa LED COB - 2700k
220V - 1pç
Reforços em madeira de pinho
afixados internamente na caixa -
4pç
Difusor em PLEgg moldado por
injeção - 1pç
Laterais em Madeira de Pinho
7mm - 4pç
U.PORTO
matosinhos
Luminaria "LEIX" | Projeto We Won't Waste You
Adriana Fernandes , Rita Leite , Raphael Guerra
Mestrado em Design Industrial e de Produto - MDIP2017/2108
Disciplina Projeto Design | Profa.Barbara Rangel

ANEXO 4 - Ficha técnica PLA Ingeo™ 3260HP

NatureWorks

Ingeo™ Biopolymer 3260HP Technical Data Sheet

Injection Molding

Ingeo 3260HP is a low viscosity product from NatureWorks, designed for high flow injection molding applications. It is designed to crystallize during processing, leading to higher heat deflection temperatures in opaque applications. See Table 1 for properties.

Applications

The variety of products made with 3260HP is widely varied and growing. Applications include disposables such as cutlery, cups, plates, cosmetic packaging, and durables such as electronics housings.

Processing Information

3260HP is intended for use in crystalline engineered formulations; however, it is sold as neat resin. The formulator or compounder will need to add nucleating agents, impact modifiers, reinforcing agents, etc. as needed to meet the requirements of their application (consult with your NatureWorks representative for recommendations and masterbatch suppliers). 3260HP biopolymer can be processed on most conventional injection molding equipment. The material is stable in the molten state, provided that the drying procedures are followed. Mold flow is highly dependent on melt and mold temperatures. It is recommended to balance screw speed, back pressure, and process temperature to control melt temperature. Injection speed should be medium to fast. Mold temperature is generally elevated in the range of 80-130°C, depending on the formulation characteristics.

Table 1 - Typical Material & Application Properties (1)

Physical Properties	Ingeo Resin	ASTM Method
Specific Gravity	1.24	D792
MFR, g/10 min (210°C, 2.16kg)	65	D1238
Relative viscosity(2)	2.5	D5225
Mechanical Properties, molded amorphous with 26°C mold temperature		
Tensile Yield Strength, psi (MPa)	9,200 (63)	D638
Tensile Elongation, %	3.0	D638
Notched Izod Impact, ft-lb/in (J/m)	0.3 (16.0)	D256
Flexural Strength, psi (MPa)	15,600 (108)	D790
Flexural Modulus, psi (MPa)	520,000 (3585)	D790
Heat Distortion Temperature (°C) 66 psi, (0.455 MPa)	56	E2092
Molded Linear Shrinkage, %	0.2-0.4	
Clarity	Transparent	
Mechanical Properties, molded crystalline with 120°C mold temperature(3)		
Tensile Elongation, %	1.3	D638
Notched Izod Impact, ft-lb/in (J/m)	0.3 (16.0)	D256
Flexural Strength, psi (MPa)	15,700 (108)	D790
Flexural Modulus, psi (MPa)	623,000 (4295)	D790
Heat Distortion Temperature (°C) 66 psi, (0.455 MPa)	151	E2092
Molded Linear Shrinkage, %	1.7-1.8	
Clarity	Opaque	
Peak crystalline melting point (°C)	165-180	

(1) Typical properties; not to be construed as specifications
(2) RV measured at 1.0 g/dL in chloroform at 30°C
(3) Formula included 1wt% nucleating agent (LAK-301 from Takemoto Oil & Fat)

Machine Configuration

Ingeo biopolymer 3260HP will process on conventional injection molding machinery. A general purpose screw designed to minimize residence time and shear works well. One should size the machine for minimum residence time in the barrel. Please refer to the Ingeo Injection Molding Guide for more information.

Processing Temperature Profile		
Melt Temperature	390ºF	200ºC
Feed Throat	70ºF	20ºC
Feed Temperature	347ºF	175ºC
Compression Section	365ºF	185ºC
Metering Section	374ºF	190ºC
Nozzle	374ºF	190ºC
Mold	248ºF	120ºC
Screw Speed	200 rpm	
Back Pressure	250 psi	
Mold Shrinkage	.017 in/in. +/-.001	

Note: These are starting points and may need to be optimized.

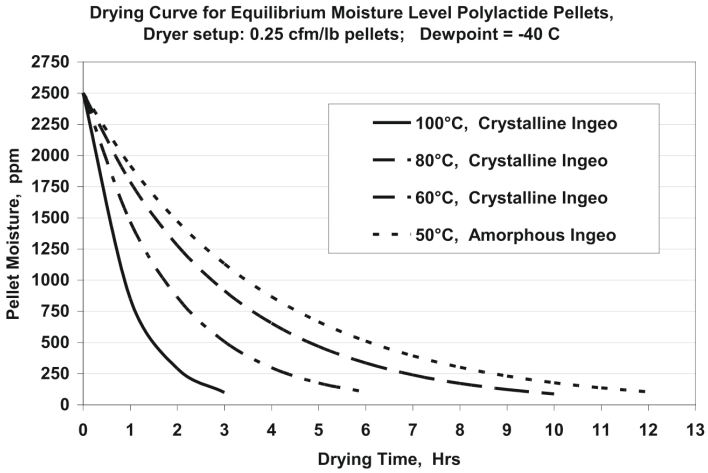
Ingeo and the Ingeo logo are trademarks or registered trademarks in the USA and other countries.

Ingeo Biopolymer 3260HP Technical Data Sheet

Process Details

Startup and Shutdown

1. 3260HP is not compatible with a variety of resins
2. and special purging sequences should be followed:
3. Clean extruder and bring temperatures to steady state with low-viscosity, general-purpose polystyrene or polypropylene.
4. Vacuum out hopper system to avoid contamination.
5. Introduce Ingeo polymer into the extruder at the operating conditions used in Step 1.
6. Once Ingeo polymer has purged, reduce barrel temperatures to desired set points.
7. At shutdown, purge machine with high-viscosity polystyrene or polypropylene.



Drying

In-line drying is recommended for Ingeo resins. A moisture content of less than 0.025% (250 ppm) is recommended to prevent viscosity degradation. Polymer is supplied in foil-lined boxes or bags dried to < 400 ppm. The resin should not be exposed to atmospheric conditions after drying. Keep the package sealed until ready to use and promptly dry and reseal any unused material. The drying curves for both amorphous and crystalline resins are shown to the right. **Note:** Amorphous polymer must be dried below 120°F (50°C).

Food Packaging Status

U.S. Status

On January 3, 2002, FCN 000178 submitted by NatureWorks LLC to FDA became effective. This effective notification is part of list currently maintained on FDA's website at

http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/FoodContactSubstancesFCS/ucm116567.htm

This grade of Ingeo biopolymers may therefore be used in food packaging materials and, as such, is a permitted component of such materials pursuant to section 201(s) of the Federal, Drug, and Cosmetic Act, and Parts 182, 184, and 186 of the Food Additive Regulations. All additives and adjuncts contained in the referenced Ingeo biopolymers formulation meet the applicable sections of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act. The finished polymer is approved for all food types and B-H use conditions. We urge all of our customers to perform GMP (Good Manufacturing Practices) when constructing a package so that it is suitable for the end use.

European Status

This grade of Ingeo biopolymer complies with Plastics Regulation 10/2011 as amended. No SML's for the above referenced grade exist in Plastics Regulation 10/2011 as amended. NatureWorks LLC would like to draw your attention to the fact that the EU- Plastics Regulation 10/2011, which applies to all EU-Member States, includes a limit of 10 mg/dm^2 of the overall migration from finished plastic articles into food. In accordance with Plastics Regulation 10/2011 the migration should be measured on finished articles placed into contact with the foodstuff or appropriate food simulants for a period and at a temperature which are chosen by reference to the contact conditions in actual use, according to the rules laid down in Plastics Regulation 10/2011.

Please note that it is the responsibility of both the manufacturers of finished food contact articles as well as the industrial food packers to make sure that these articles in their actual use are in compliance with the imposed specific and overall migration requirements.

This grade as supplied meets European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste heavy metal content as described in Article 11.

Should you need further clarification, contact NatureWorks LLC.

Ingeo and the Ingeo logo are trademarks or registered trademarks in the USA and other countries.

Ingeo Biopolymer 3260HP Technical Data Sheet

Bulk Storage Recommendations

The resin silos recommended and used by NatureWorks LLC are designed to maintain dry air in the silo and to be isolated from the outside air. This design would be in contrast to an open, vented-to-atmosphere system that we understand to be a typical polystyrene resin silo. Key features that are added to a typical (example: polystyrene) resin silo to achieve this objective include a cyclone and rotary valve loading system and some pressure vessel relief valves. The dry air put into the system is sized to the resin flow rate out of the silo. Not too much dry air would be needed and there may be excess instrument air (-30°F dew point) available in the plant to meet the needs for dry air. Our estimate is 10 scfm for a 20,000 lb/hr rate resin usage. Typically, resin manufacturers specify aluminum or stainless steel silos for their own use and avoid epoxy-lined steel.

Safety and Handling Considerations

Safety Data Sheets (SDS) for Ingeo biopolymers are available from NatureWorks. SDS's are provided to help customers satisfy their own handling, safety, and disposal needs, and those that may be required by locally applicable health and safety regulations. SDS's are updated regularly; therefore, please request and review the most current SDS's before handling or using any product.

The following comments apply only to Ingeo biopolymers; additives and processing aids used in fabrication and other materials used in finishing steps have their own safe-use profile and must be investigated separately.

Hazards and Handling Precautions

Ingeo biopolymers have a very low degree of toxicity and, under normal conditions of use, should pose no unusual problems from incidental ingestion or eye and skin contact. However, caution is advised when handling, storing, using, or disposing of these resins, and good housekeeping and controlling of dusts are necessary for safe handling of product. Pellets or beads may present a slipping hazard.

No other precautions other than clean, body-covering clothing should be needed for handling Ingeo biopolymers. Use gloves with insulation for thermal protection when exposure to the melt is localized. Workers should be protected from the possibility of contact with molten resin during fabrication.

Handling and fabrication of resins can result in the generation of vapors and dusts that may cause irritation to eyes and the upper respiratory tract. In dusty atmospheres, use an approved dust respirator.

Good general ventilation of the polymer processing area is recommended. At temperatures exceeding the polymer melt temperature (typically 175ºC), polymer can release fumes, which may contain fragments of the polymer, creating a potential to irritate eyes and mucous membranes. Good general ventilation should be sufficient for most conditions. Local exhaust ventilation is recommended for melt operations. Use safety glasses (or goggles) to prevent exposure to particles, which could cause mechanical injury to the eye. If vapor exposure causes eye discomfort, improve localized fume exhausting methods or use a full-face respirator.

The primary thermal decomposition product of PLA is acetaldehyde, a material also produced during the thermal degradation of PET. Thermal decomposition products also include carbon monoxide and hexanal, all of which exist as gases at normal room conditions. These species are highly flammable, easily ignited by spark or flame, and can also auto ignite. For polyesters such as PLA, thermal decomposition producing flammable vapors containing acetaldehyde and carbon monoxide can occur in almost any process equipment maintaining PLA at high temperature over longer residence times than typically experienced in extruders, fiber spinning lines, injection molding machines, accumulators, pipe lines and adapters. As a rough guideline based upon some practical experience, significant decomposition of PLA will occur if polymer residues are held at temperatures above the melting point for prolonged periods, e.g., in excess of 24 hours at 175°C, although this will vary significantly with temperature.

Combustibility

Ingeo biopolymers will burn. Clear to white smoke is produced when product burns. Toxic fumes are released under conditions of incomplete combustion. Do not permit dust to accumulate. Dust layers can be ignited by spontaneous combustion or other ignition sources. When suspended in air, dust can pose an explosion hazard. Firefighters should wear positive-pressure, self-contained breathing apparatuses and full protective equipment. Water or water fog is the preferred extinguishing medium. Foam, alcohol-resistant foam, carbon dioxide or dry chemicals may also be used. Soak thoroughly with water to cool and prevent re-ignition.

Disposal

DO NOT DUMP INTO ANY SEWERS, ON THE GROUND, OR INTO ANY BODY OF WATER. For unused or uncontaminated material, the preferred option is to recycle into the process otherwise, send to an incinerator or other thermal destruction device. For used or contaminated material, the disposal options remain the same, although additional evaluation is required. Disposal must be in compliance with Federal, State/Provincial, and local laws and regulations.

Ingeo and the Ingeo logo are trademarks or registered trademarks of NatureWorks in the USA and other countries.

Ingeo Biopolymer 3260HP Technical Data Sheet

Environmental Concerns

Generally speaking, lost pellets, while undesirable, are benign in terms of their physical environmental impact, but if ingested by wildlife, they may mechanically cause adverse effects. Spills should be minimized, and they should be cleaned up when they happen. Plastics should not be discarded into the environment.

Product Stewardship

NatureWorks has a fundamental duty to all those that use our products, and for the environment in which we live. This duty is the basis for our Product Stewardship philosophy, by which we assess the health and environmental information on our products and their intended use, and then take appropriate steps to protect the environment and the health of our employees and the public.

Customer Notice

NatureWorks encourages its customers and potential users of its products to review their applications from the standpoint of human health and environmental quality. To help ensure our products are not used in ways for which they were not intended or tested, our personnel will assist customers in dealing with ecological and product safety considerations. Your sales representative can arrange the proper contacts. NatureWorks literature should be consulted prior to the use of the company's products.

NOTICE:
No freedom from infringement of any patent owned by NatureWorks LLC or others is to be inferred. No information in this publication can be considered a suggestion to infringe patents.

The technical information, recommendations and other statements contained in this document are based upon tests or experience that NatureWorks believes are reliable, but the accuracy or completeness of such information is not guaranteed. Many factors beyond NatureWorks control can affect the use and performance of a NatureWorks product in a particular application, including the conditions under which the product is used and the time and environmental conditions in which the product is expected to perform. Since these factors are uniquely within the user's knowledge or control, it is essential that the user evaluate the NatureWorks product to determine whether it is fit for a particular purpose and suitable for the user's method of application. In addition, because use conditions are outside of NatureWorks control and applicable laws may differ from one location to another and may change with time, Customer is solely responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace, use and disposal practices are in compliance with applicable laws and regulations. NatureWorks LLC assumes no obligation or liability for the information in this document.

NATUREWORKS MAKES NO WARRANTY, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING THE INFORMATION CONTAINED HEREIN OR ITS PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY WARRANTY AS TO ACCURACY OR COMPLETENESS OF INFORMATION, OR ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

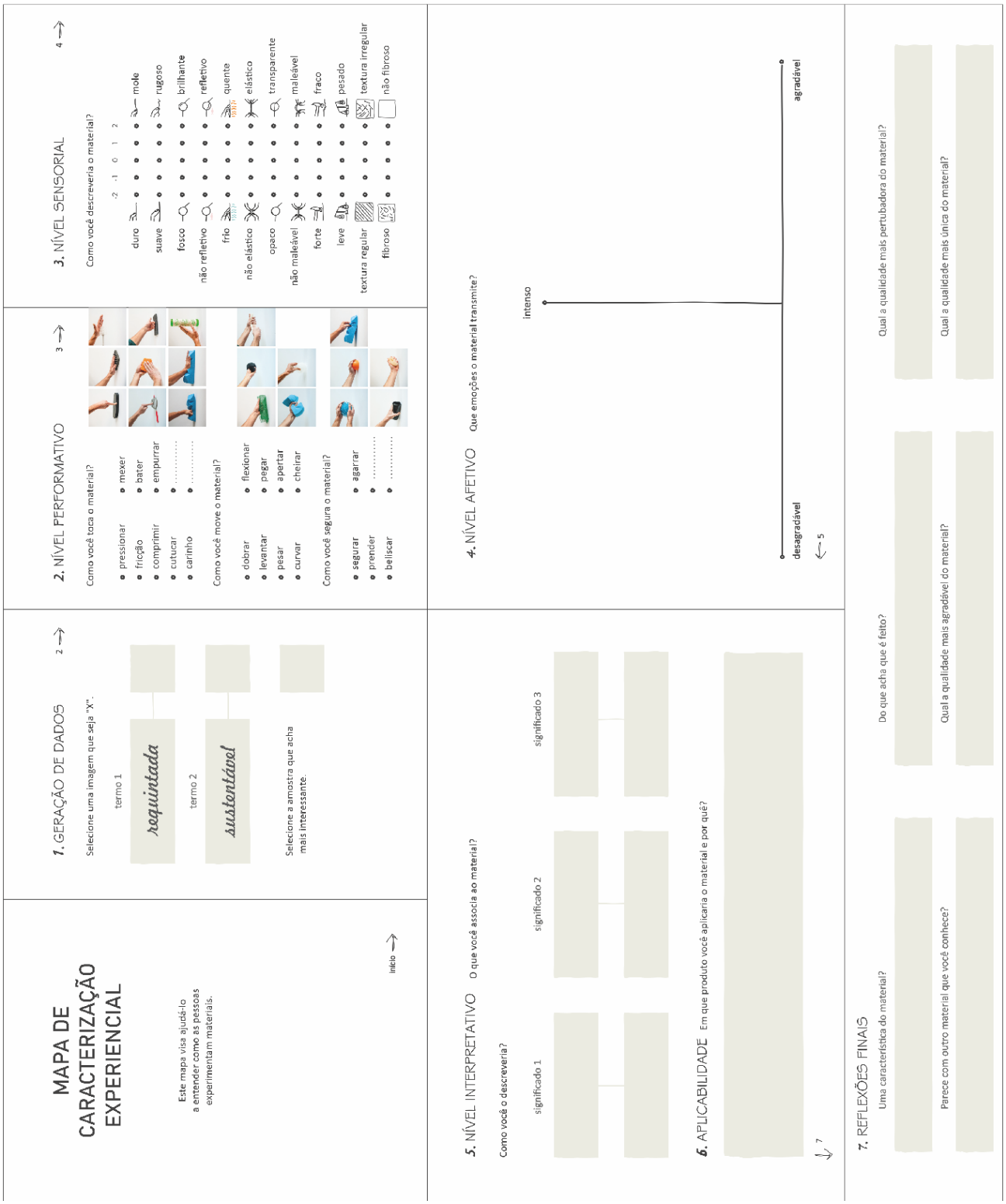
NOTICE REGARDING PROHIBITED USE RESTRICTIONS: Unless specifically agreed to in writing by NatureWorks, NatureWorks LLC will not knowingly sell or sample any product into any of the following commercial or developmental applications (i) components of or packaging for tobacco products, (ii) components of products intended for human or animal consumption, (iii) any application that is intended for any internal contact with human body fluids or body tissues, (iv) as a critical component in any medical device that supports or sustains human life, (v) in any product that is designed specifically for ingestion or internal use by pregnant women, (vi) in any application designed specifically to promote or interfere with human reproduction, (vii) in microbeads, including those used in personal care/cosmetic applications, or (vii) to manufacture bottles or bottle pre-forms in North America.

For additional information please contact NatureWorks via our website on the tab called FAQ's or by clicking here.

NatureWorks
15305 Minnetonka Blvd., Minnetonka, MN 55345

Ingeo and the Ingeo logo are trademarks or registered trademarks of NatureWorks in the USA and other countries.

ANEXO 5 - Mapa de caracterização experiencial e cartas método MDD



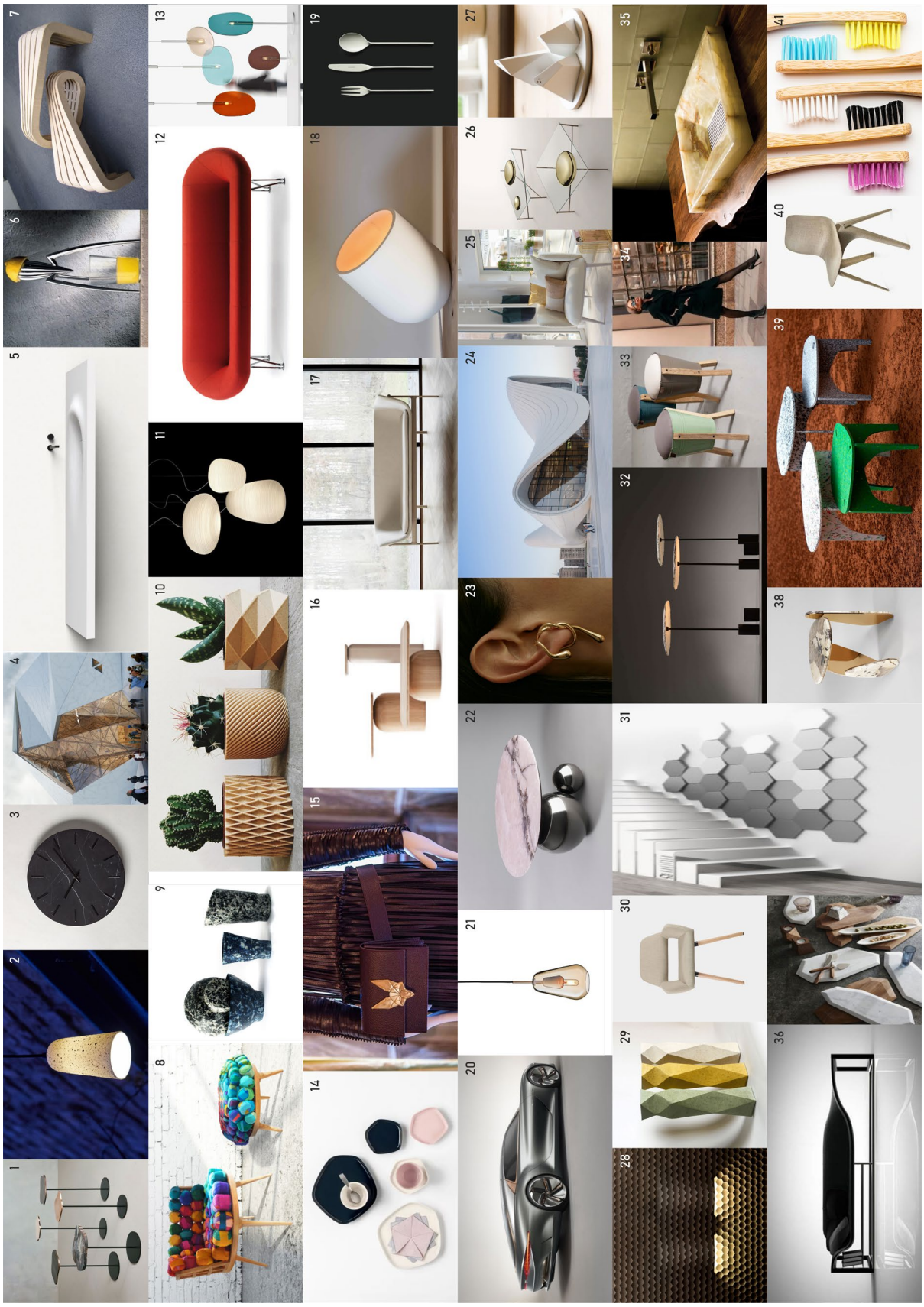
NÍVEL INTERPRETATIVO
(conjunto de significados)
OU
agressivo
acolhedor
elegante
frívola
futurista
masculino
comum
brinquedo
natural
feito à mão
calmo
distante
vulgar
sóbrio
nostálgico
feminino
estranho
não é sexy
profissional
fabricado

NÍVEL AFETIVO
(lista de emoções)
frustração
tédio
disapontamento
relutância
confusão
rejeição
nojo
melancolia
desconfiança
dúvida
amor
diversão
surpresa
confiança
encantamento
respeito
atração
curiosidade
fascínio
conforto

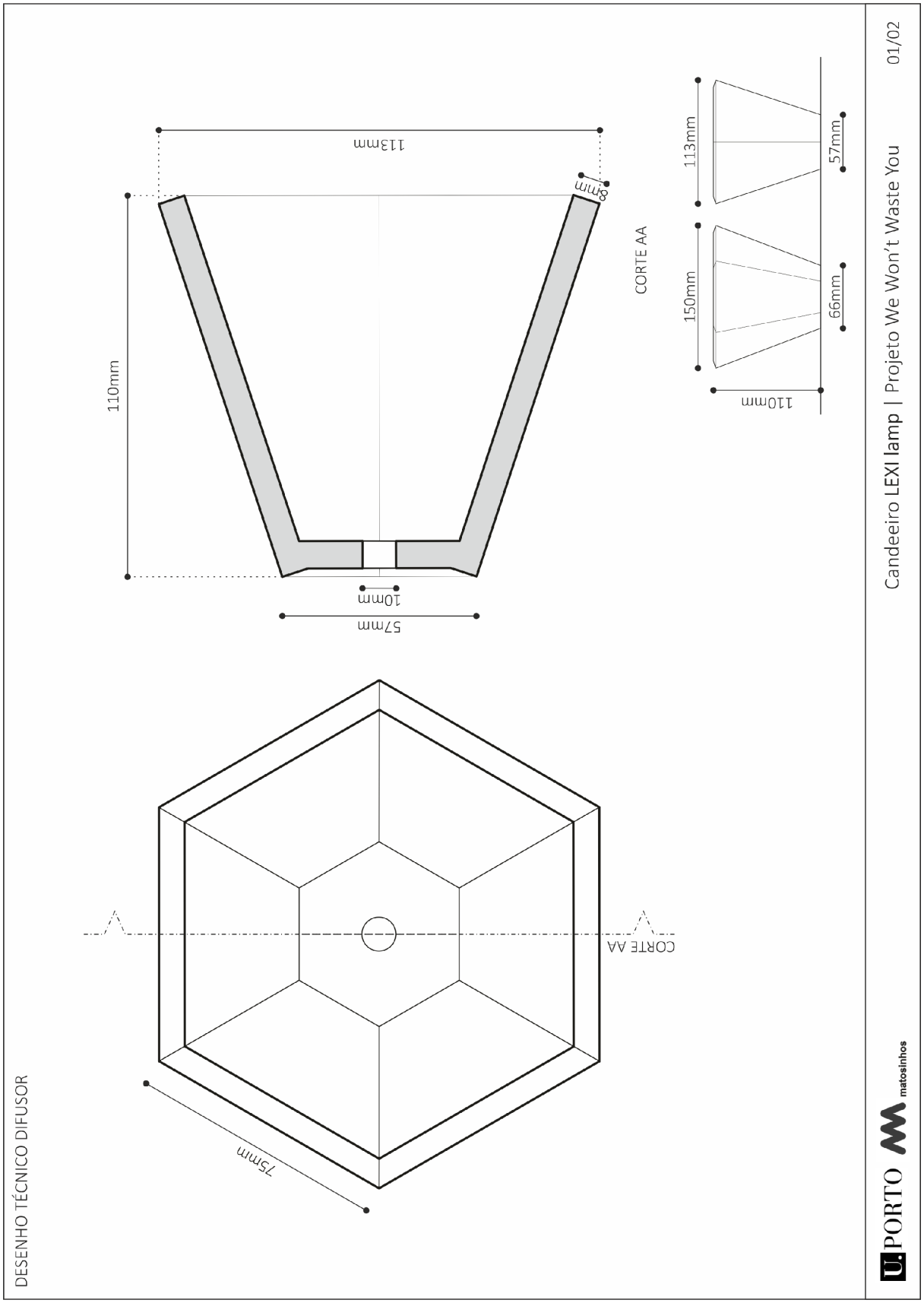
'Agressivo' como...
'Acolhedor' como...
'Elegante' como...
'Frívola' como...
'Brinquedo' como...
'Professional' como...
'Natural' como...
'Feito à ´mão' como...
Calmo' como...
'Fabricado' como...

'Futurista' como...
'Masculino' como...
'Comum' como...
'Feminino' como...
'Distante' como...
'Vulgar' como...
'Estranho' como...
'Sóbrio' como...
'Noltálgico' como...
'Não é sexy' como...

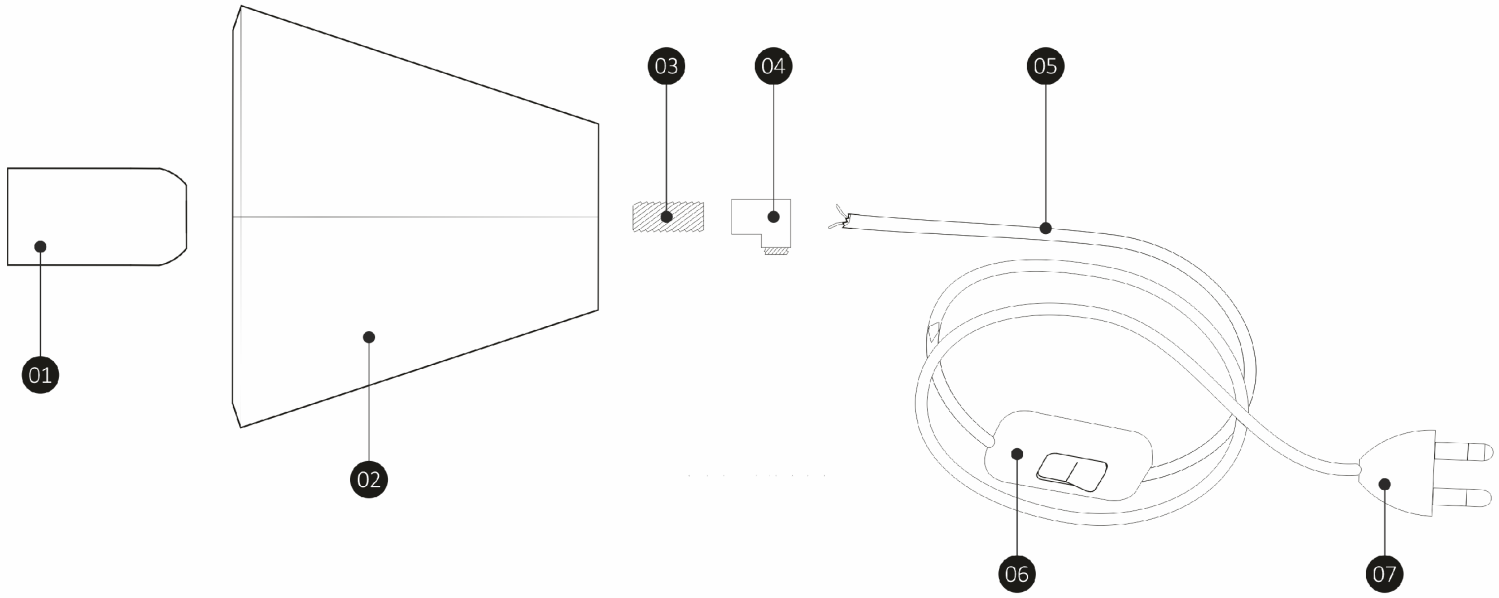
ANEXO 6 - Quadro com imagens referentes às palavras-chaves



ANEXO 7 - Desenho técnico e detalhamento LEXI lamp



DETALHAMENTO COMPONENTES LEXI lamp



ITEM	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
01	01 PEÇA	CASQUILHO LISO E14 TRANSPARENTE
02	01 PEÇA	DIFUSOR: CASCA DE OVO + PLA
03	24mm	TUBO ROSCADO OCO EM AÇO ZINCADO M8
04	01 PEÇA	BRAÇADEIRA REDONDA TRANSPARENTE
05	1,5m	CABO ELÉTRICO REDONDO REVESTIDO EM TECIDO
06	01 PEÇA	INTERRUPTOR BIPOLAR TRANSPARENTE EM LINHA
07	01 PEÇA	FICHA BIPOLAR TRANSPARENTE 10a

U.PORTO matosinhos

Candeeiro **LEXI lamp** | Projeto We Won't Waste You 02/02

ANEXO 8 - Etiquetas embalagem LEXI lamp

LEXI lamp é produzida pelo **Projeto We Won't Waste You,** um espaço de inovação aberto a transformação positiva social e ambiental. Parceria entre a Câmara Municipal de Matosinhos e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o projeto wwwy é uma **oficina de design social** que desenvolve e **produz produtos,** capazes de contar uma história e **carregar a alma portuguesa.** Contribuem com a **inclusão social** de pessoas em situação de vulnerabilidade económica e utilizam como matéria prima materiais descartados, **reduzindo o impacto ambiental** e promovendo a conscientização.

Composição difusor:
Casca de Ovo + PLA.

1x E14
Max. 4W
Não incluso

401817009827

PARABÉNS!!!

Ao adquirir este produto você está a praticar o **consumo responsável.**

Com a compra deste candeeiro colaborou com o planeta ao evitar o impacto ambiental de:
- 47,5 gr cascas de ovos.

Colaborou também ao proporcionar **7h de trabalho à 3 pessoas** envolvidas em todas as etapas do seu processo de produção.

Consulte o site do projeto para maiores informações e espalhe esta ideia!

WWW.WWWY.PT

ANEXO 9 - Manual embalagem LEXI lamp

ATENÇÃO - ATTENTION

PT Se o cabo externo flexível deste candeeiro se danificar deverá ser substituído pelo fabricante ou seu representante oupor uma pessoa qualificada para evitar acidentes.

EN If the external flexible cable or cord of this lamp is damage,it shall be exclusively replaced by the manufacturer or a similar qualified person in order to avoid a hazard.

LIMPEZA - CLEANING

PT Desligue a eletricidade, limpe com um pano seco.

EN Turn off electricity, clean with dry cloth.

DESCARTE - DISPOSAL

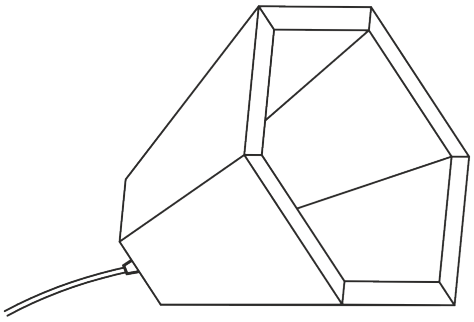
PT Este símbolo indica que este produto não deve ser descartado juntamente com o lixo doméstico. Quando você decidir descartar este produto, faça-o de acordo com as leis e diretrizes ambientais locais.

EN This symbol indicates that this product should not be disposed of with household waste. When you decide to dispose of this product, do so in accordance with local environmental laws and guidelines.

LEXI LAMP
1X E14 4W
220-240V~50/60HZ

4

LEXI LAMP
- Rita Leite



wwwy
we won't waste you

PT O difusor do LEXI lamp é produzido com um material compósito feito a partir de cascas de ovos e PLA (ácido polilático). O PLA é um bioplástico produzido a partir de recursos renováveis à base de plantas, comercialmente compostável livre de químicos e toxinas.

A embalagem é produzida com cartão proveniente de descarte da cidade de Matosinhos.

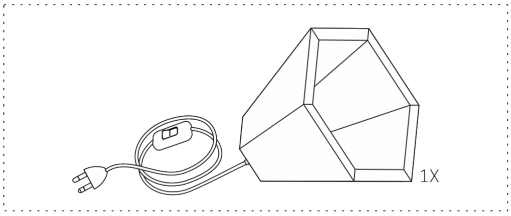
Consulte o site do projeto para maiores informações e espalhe esta ideia! WWW.WWWY.PT

EN The LEXI lamp diffuser is produced with a composite material made from egg shells and PLA (polylactic acid). PLA is a bioplastic produced from renewable plant-based resources, commercially compostable, free of chemicals and toxins.

The packaging is produced with cardboard from the city of Matosinhos.

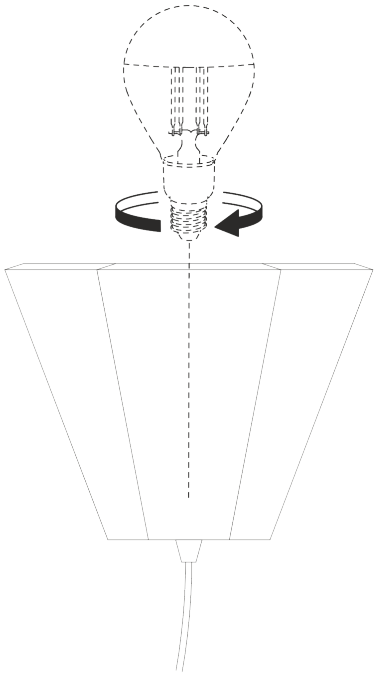
Check the project website for more information and spread this idea! WWW.WWWY.PT

CONTEÚDO - CONTENT



2

MONTAGEM - ASSEMBLY INSTRUCTION



3