

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE BELAS-ARTES



PROTOTIPAGEM

Uma abordagem ao processo de desenvolvimento
de um produto

Catarina Bela Cardoso Palhais

MESTRADO EM DESIGN DE EQUIPAMENTO
Especialização em Design de Produto

2015

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE BELAS-ARTES



PROTOTIPAGEM

Uma abordagem ao processo de desenvolvimento
de um produto

Catarina Bela Cardoso Palhais

MESTRADO EM DESIGN DE EQUIPAMENTO
Especialização em Design de Produto

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Paulo Parra e
co-orientada pelo Professor André Gouveia

2015

[A presente Dissertação não se encontra escrita
ao abrigo do novo Acordo Ortográfico]

RESUMO

O Design tem vindo gradualmente a procurar novas soluções para garantir maior eficácia de resposta aos mercados emergentes. O recurso à prototipagem, que pode ser tanto real como virtual, passando pela prototipagem manual à prototipagem rápida, faz parte integrante dos processos de desenvolvimento de um produto. Uma nova fase emergiu com o desenvolvimento de projectos virtuais permitindo conceber produtos com maior complexidade formal num curto espaço de tempo. Com base nestas soluções, cabe aos Designers aplicar as ferramentas que dispõem de modo a reduzirem o tempo de produção e os custos do projecto, obtendo resultados mais favoráveis e facilitando a comunicação, com os clientes e com o utilizador.

Esta dissertação pretende reflectir sobre os métodos de construção de protótipos, bem como a sua aplicação nos mais diversos segmentos que têm evoluído significativamente. A prototipagem é considerada como uma importante ferramenta para o processo de desenvolvimento de produto. O objectivo de projetar produtos é satisfazer as necessidades dos clientes e melhorar a competitividade das empresas no mercado. A prototipagem auxilia o processo de desenvolvimento de produto, uma vez que, possibilita a simulação do produto em escala real, permitindo a identificação de erros de projecto.

Neste sentido são postos em evidência conceitos como a necessidade de prever o comportamento real do projeto, o recurso à prototipagem, processos manuais, digitais a prototipagem rápida. Foi efectuado um estudo de caso das Oficinas e do Projectlab da Faculdade de Belas-Artes UL, onde se pretendeu averiguar o impacto no desenvolvimento de um produto, através do trabalho em paralelo dos processos manuais e de prototipagem rápida para a elaboração de protótipos finais.

Palavras-chave: Design, Produto, Processos, Prototipagem.

ABSTRACT

The design has gradually been seeking new solutions to ensure greater effectiveness of the emerging market response. The use of prototyping, real and virtual, through manual prototyping to rapid prototyping, are an integral part of a product development process. A new phase emerged with the development of virtual designed products, allowing more formal complexity in a short time. Based on these solutions, it is up to designers to apply the tools they have in order to reduce production time and project costs, achieving better results and facilitating communication with customers and with the user.

This paper aims to reflect on the prototype construction methods and their application in various segments that have evolved significantly. Prototyping is considered as an important tool for the Product Development Process. The purpose of designing products is to satisfy customer needs and improve competitiveness of companies in the market. The prototyping assists the process of product development, since it enables the simulation of the full scale product, allowing the identification of design errors.

In this sense are revealed concepts such as the need to provide the actual behavior of your project, the use of prototyping, manual processes, digital and rapid prototyping. It was carried out a case study of the workshops and Projectlabb the Faculty of Fine Arts UL, which was intended to ascertain the impact on the development of a product, by working in parallel manual processes and rapid prototyping for the development of final prototypes.

Keywords: Design, Product, Process, Prototyping

AGADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família pela motivação dada na concretização desta dissertação, pela paciência e apoio incondicional. Um muito obrigado aos meus pais, Celsa e João, e a minha irmã Joana.

Expresso o meu reconhecimento aos meus orientadores, Professor Doutor Paulo Parra, que me acompanhou desde o início da dissertação, por toda a cooperação, compreensão e disponibilidade que demonstrou ao longo desta investigação. E ao Professor André Gouveia pelo auxílio prestado para a realização deste projecto.

Ao Prof. José Viana, pelo seu contributo inicial, que me fez encarar este projecto de uma perspectiva diferente, dando-me força e incentivo para ir mais longe.

A todos os meus amigos um grande obrigado pela paciência, compreensão, ajuda, motivação e pelas palavras inspiradoras – em particular à Ana Rita Vieira Matias, ao João Redondo e ao João Rocha pelo contributo para a realização desta dissertação.

Por último mas não menos importantes, agradeço ao Serafim, que me acompanhou nesta jornada, que me deu força para continuar e sem o qual esta dissertação não poderia ter sido concluída.

A todos o meu sincero Obrigada!

ÍNDICE

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
AGADECIMENTOS	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Definição do Tema	2
1.2 Objectivos da Investigação	4
1.3 Estrutura da Investigação	5
1.4 Metodologia	7
2. CONTEXTO HISTÓRICO	9
2.1 Renascimento e a relação entre escultura e protótipo	11
2.2 Era Industrial e o progresso dos processos de produção	16
2.3 Século XXI e os novos modos de prototipar	24
3. PROTOTIPAR PORQUÊ?	29
3.1 Da Prototipagem à Fabricação Rápida	31
3.2 Protótipo no Design	35
3.3 Um processo de Design de Produto	39
4. PROTOTIPAR PARA QUÊ?	44
4.1 Idear	46
4.1.1 Gerar Ideias	46
4.1.2 Explorar Ideias	47
4.2 Testar	49
4.2.1 Teste de Utilizador	49
4.2.2 Teste de Segurança	50
4.2.3 Teste de Performance Técnica	51

4.3 Analisar	52
4.3.1 Contexto de Utilização	52
4.3.2 Verificação de Design	53
4.3.3 Comunicação com Utilizador	55
4.4 Validar	56
4.5 Conclusões Intermédias	57
5. PROTOTIPAR COMO?	59
5.1 Tipos de Materiais	61
5.1.1 Papel e Cartão	61
5.1.2 Polímeros	65
5.1.2.1 Termoplásticos	65
5.1.2.2 Poliestireno	67
5.1.2.3 Poliuretano	69
5.1.3 Cerâmica	71
5.1.4 Madeira	73
5.1.5 Metais	76
5.1.6 A relação entre Design e Materiais	78
5.2 Processo Manual	81
5.3 Processo Digital	89
5.3.1 CAD	89
5.3.2 Técnicas de modelação 3D	93
5.3.3 Vantagens	95
5.4 Prototipagem Rápida	96
5.4.1 CNC	97
5.4.2 Impressão 3D	98
5.4.3 Estereolitografia	100
5.4.4 SLS – Sinterização Selectiva por Lazer	101
5.4.5 FDM – Modelação por extrusão de plástico	102
5.5 Aplicação Prática dos processos manuais, digitais e de prototipagem rápida	104
5.5.1 Oficinas da Faculdade de Belas-Artes da UL	104
5.5.2 ProjectLabb	108
5.5.3 Estudo de caso – Projecto Corkids	115

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
7. ANEXOS – CITAÇÕES NA LÍNGUA ORIGINAL	128
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
8.1 Livros e Artigos	130
8.2 Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado	133
8.3 Referências Eletrônicas	134
8.4 Fontes Iconográficas	137

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Utensílios em Sílex. Datados 2,5 milhões de anos.	9
Figura 2 - Prótese do dedo do pé em madeira e couro, Egipto.	10
Figura 3 - Santa Maria del Fiore – Ludovico Cigoli. (1296-1462).	12
Figura 4 - Ospedale degli Innocenti – Filippo Brunelleschi. (1419).	12
Figura 5 - A primeira edição do St. Augustine de “De Civitate Dei” (1467).	13
Figura 6 - David – Miguel Ângelo. (1501-1504).	14
Figura 7 - Estampas da Encyclopédie de Diderot e D’alembert publicada entre 1751 e 1772. Produção de utensílios e tecelagem de meias.	16
Figura 8 - O Crystal Palace. Entrada Sul da Great Exhibition de Londres, 1851.	18
Figura 9 - Peter Behrens: Cartaz promocional da AEG de 1907.	19
Figura 10 - Peter Behrens: Radiador, 1907/08.	19
Figura 11 - Peter Behrens: Chaleira eléctrica, 1909.	19
Figura 12 - Tohnet: Cadeira nº 14 (1859) e os elementos que a constituem.	21
Figura 13 - IDEO cards. Design Thinking. 2004.	26
Figura 14 - ORTO, horta vertical urbana, criado por uma equipa multidisciplinar no âmbito do projecto UL3.	36
Figura 15 - Nike Trash Talk Shoes.	48
Figura 16 - Motorola nfl headset.	52
Figura 17 - Cafeteira de Aldo Rossi para a Alessi, técnica de Estereolitografia.	53
Figura 18 - Shapelock.	60
Figura 19 - Exemplos de protótipos realizados em papel pela Fiskars.	62
Figura 20 - Exemplo de interface para a criação de um ipad específico para idosos.	63
Figura 21 - Protótipo de candeeiro.	64
Figura 22 - Candeeiro em papel com recurso à técnica de dobragem de Paul Jackson.	64
Figura 23 - Amostras de Acrílico.	66
Figura 24 - Tipos de Poliestireno.	67
Figura 25 - Exemplo de protótipo em poliestireno extrudido.	68
Figura 26 - Processo de formação de poliuretano expandido.	69
Figura 27 - Peças de poliuretano para diferentes aplicações.	70
Figura 28 - Textura da Argila.	71
Figura 29 - Porcelana pronta a ser trabalhada.	72
Figura 30 - Conformação de um prato e resultado do produto final.	73
Figura 31 - Peças em Madeira de Geovanni Sacchi. Réplica da Cafeteira de Aldo Rossi para a Alessi.	74
Figura 32 - Processo de prototipagem das tesouras Fiskars, desde o modelo em papel, até ao modelo de aparência final.	75
Figura 33 - Maquinação em CNC.	76
Figura 34 - Tubo de aço a ser cortado com rebarbadora.	77
Figura 35 - Realização do protótipo de um automóvel pelo processo manual.	81
Figura 36 - Hispano Suiza Coupé, 1930.	82

Figura 37 - Fiat 518 Ardita, 1930.	82
Figura 38 - Tocha Olímpica, Jogos Olímpicos de Inverno, Turim, 2006. Projecto da Pininfarina.	82
Figura 39 - Kit básico para realizar um <i>brainstorm</i> .	83
Figura 40 - Dremel com disco de corte.	84
Figura 41 - Broca imprensa.	85
Figura 42 - Serra de fita.	86
Figura 43 - Serra vertical.	86
Figura 44 - Serra horizontal.	86
Figura 45 - Lixadeiras elétricas.	86
Figura 46 - Torno mecânico.	87
Figura 47 - Torno vertical.	87
Figura 48 - Exemplos de desenho livre.	90
Figura 49 - Exemplo de desenho técnico.	90
Figura 50 - Representação ortográfica com uma generalização do Método diédrico ou de dupla projecção de Monge.	91
Figura 51 - Exemplo de modelos sólidos.	93
Figura 52 - Exemplo de modelos de superfície.	94
Figura 53 - Maquinação CNC.	97
Figura 54 - ZPrinter 350, peça em pó de gesso.	99
Figura 55 - Máquina SLA.	100
Figura 56 - Máquina de Sinterização Selectiva por Lazer da DTM.	101
Figura 57 - Pursa I3 Máquina de modelação por extrusão de plástico;	103
Figura 58 - Exemplo de peça construída através da tecnologia de FDM (projecto do Professor Henrique Costa).	103
Figura 59 - Espaço das Oficinas das Belas-Artes.	105
Figura 60 - Estudo de variações de um cubo incompleto de Sol Lewitt.	106
Figura 61 - Maquete à escala 1:10 em balsa.	106
Figura 62 - Esculturas finais em barras de ferro, 50x50x50 cm.	106
Figura 63 - Processo de construção da peça. 80x80x80 cm.	107
Figura 64 - Torço em ferro, 60x40x50 cm.	107
Figura 65 - Representação do clássico patinho de borracha em poliestireno através da aplicação da técnica de curvas de nível.	108
Figura 66 – ProjectLabb.	109
Figura 67 - CNC.	110
Figura 68 - Prusas i3 Hephestos e Makerbot Replicator 2X.	110
Figura 69 - Zprinter® 350 Series.	111
Figura 70 - Modelos anatómicos. Impressão em FDM (PLA) e em Powder Bed Inkjet 3D Printing com acabamento em cianoacrilato.	111
Figura 71 - Exemplo de brinquedos. Maquinação em CNC.	112
Figura 72 - Exemplos de alguns dos projectos realizados pelos alunos para as GABA 2015.	112

Figura 73 - Kits de Hidroponia. Impressão em Powder bed Inkjet 3D Printing, produção de moldes em silicone para replicação do objecto em resina de poliuretano.	113
Figura 74 - Troféu com a Maquinação CNC de cortiça e valchromat e respectiva colagem e acabamento das diferentes partes	114
Figura 75 - Medidor de frequência cardíaca. Impressão 3D em FDM e Powder Bed Inkjet 3D Printing, produção de molde em impressão 3D e extracção dos exemplares em silicone translúcido.	114
Figura 76 - A equipa.	116
Figura 77 - Área de interesse – Utensílios domésticos – Brinquedos.	117
Figura 78 - Equipa em pesquisa.	118
Figura 79 - Primeiros protótipos, em papel e cartão.	118
Figura 80 - A equipa na elaboração dos protótipos finais.	119
Figura 81 - Brinquedos Corkids, dispostos por rotinas. Da esq. Para a drt, dormir, comer, banho, brincar e aprender.	120
Tabela 1 - Prototipagem Digital vs. Prototipagem Física.	55

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Protótipo (substantivo, masculino) (Etm. do grego: protótupos.os.on)

Modelo; aquilo que se faz pela primeira vez e, normalmente, é usado como padrão, sendo copiado ou imitado. Produto unitário usado para testes feitos antes da fabricação em grande escala. Versão de um sistema que antecede à principal, normalmente reduzida, para ser aperfeiçoada.

1.1 Definição do Tema

A presente dissertação de Mestrado tem por objectivo abordar o papel da prototipagem como principal ferramenta no desenvolvimento de um produto, salientando os benefícios da sua aplicação, na redução de erros, tempo e custo aquando da concepção de um objecto, sendo deste modo um elemento fulcral no ensino de Design. Serão para o efeito abordados três processos distintos de prototipagem, nomeadamente:

- Prototipagem física: Consiste na realização manual de objectos com recurso a ferramentas básicas (porcas, pregos e parafusos);
- Prototipagem digital: Criação de modelos digitais tridimensionais através de softwares como CAD, SolidWorks, entre outros;
- Prototipagem rápida: Origina um modelo físico tridimensional com recurso a máquinas como CNC, FDM e SLS que realizam a leitura de coordenadas num ficheiro digital.

A utilização de processos de construção de protótipos remonta ao ano 2.500 a.C. No passado, um modelo era, obrigatoriamente, uma réplica de um determinado objecto, construído a partir de molde direto, com materiais como gesso, alginato, silicones, entre outros. A redução de prazos de construção e o aumento da complexidade dos produtos levou ao desenvolvimento da tecnologia de prototipagem rápida. Com a necessidade de novos produtos para os mercados emergentes, a prototipagem tornou-se imperativa. O desenvolvimento de protótipos manuais, hoje em dia, é essencialmente um trabalho artesanal,

com a utilização de poucas ferramentas. No entanto, no processo de desenvolvimento de produto a realização de protótipos manuais para teste e validação são de extrema importância.

Uma nova fase surgiu através do CAD – Projeto Auxiliado por Computador, permitindo conceber produtos com maior complexidade, respeitando as formas, o nível de acabamento superficial, o impacto visual, além da execução de testes funcionais. O recurso a prototipagem nas suas mais variadas formas é deste modo uma ferramenta indispensável no processo de desenvolvimento de produto. Deste modo, pretende-se responder às perguntas: qual o papel na aprendizagem de Design que os processos de prototipagem têm; de que modo contribuem para uma melhor formação e domínio de competências; qual a função do protótipo no Design e quais os processos disponíveis actualmente.

Esta dissertação surge da junção daquilo que foram as minhas aprendizagens como aluna da Licenciatura de Escultura (através do contacto directo com a indústria processos e ferramentas manuais e materiais,) e como aluna de Mestrado de Design de Equipamento na vertente de Produto.

1.2 Objectivos da Investigação

Esta dissertação pretende abordar os métodos de construção de protótipos bem como a sua aplicação nos mais diversos segmentos que têm evoluído significativamente. Serão, portanto, abordados diversos tipos de processos de prototipagem, tanto reais como virtuais, passando pela prototipagem manual à prototipagem rápida. Em suma esta dissertação terá como primordial objectivo perceber a necessidade de novos produtos para os mercados emergentes, e qual o papel da prototipagem no desenvolvimento de produtos que respondam às necessidades reais das pessoas.

A prototipagem é uma importante ferramenta para o processo de desenvolvimento de produto. O objectivo de projectar produtos é satisfazer as necessidades dos clientes e melhorar a competitividade das empresas no mercado. A prototipagem auxilia no processo de desenvolvimento de produto, uma vez que, possibilita a simulação do produto em escala real, permitindo a identificação de erros de projecto e a realização de testes quer em laboratório como por grupos teste. Em determinada fase do processo de pesquisa e desenvolvimento de um novo produto, existe a necessidade de prever o comportamento real do projecto, sendo o recurso à prototipagem, tanto manual como rápida uma mais-valia. Pretende-se contudo:

- Entender a importância da prototipagem na Disciplina de Design;
- Compreender o papel da no processo de Design;
- Evidenciar as vantagens da utilização deste método;
- Dar a conhecer os modos de prototipar, desde os processos manuais, passando pelos virtuais até aos processos de prototipagem rápida;
- Demonstrar as mais-valias da utilização dos processos ao longo de todo o desenvolvimento de um produto;
- Destacar as características de cada um dos modos de prototipar;
- Compreender as novas formas de prototipagem e quais os benefícios que trazem ao utilizador e aos Designers;
- Fazer uma investigação sobre os métodos de prototipagem existente na Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa;

1.3 Estrutura da Investigação

Esta dissertação é composta por oito capítulos no total, seguindo-se uma breve descrição de cada capítulo.

O primeiro capítulo é a introdução da dissertação. Este é composto pela apresentação e justificação do tema, pelos objectivos a que se propõe a investigação, pela organização da estrutura e pela metodologia empregue na sua realização.

O segundo capítulo tem como objectivo dar uma contextualização da prototipagem ao longo da história; desde o Homo Habilis até ao século XXI. Este capítulo não pretende ser uma explanação pormenorizada ou conclusiva, mas sim um enquadramento geral para esta investigação.

O terceiro capítulo aborda o papel da prototipagem no Design, respondendo à pergunta “prototipar porquê?”. Numa breve contextualização é referido o valor que prototipar trás aos processos de Design, explicando o motivo pelo qual deve ser sempre aplicado na metodologia de projecto. Dividido em três partes, neste capítulo é feito uma breve apresentação dos modos de prototipar, desde o protótipo manual à prototipagem rápida e a sua inclusão e utilização nos processos de Design de Produto.

O quarto capítulo é composto pelas etapas de prototipagem. Procura responder à pergunta: “Prototipar para quê?”. Neste capítulo são abordados os momentos em que a prototipagem se revela uma mais-valia no processo de desenvolvimento de um produto, desde a geração e exploração da primeira ideia, até ao teste e análise do produto para, por fim, se chegar à validação da ideia. O protótipo está presente em toda a fase de projectar e evolui com o projecto.

O quinto capítulo foca-se na prototipagem rápida respondendo a pergunta “Prototipar como?”. Dividido em quatro partes, inicialmente apresenta os materiais e a sua importância para a evolução da tecnologia recorrente da prototipagem. Segue-se uma apresentação dos processos de prototipagem, deste os processos manuais, onde são apresentadas as principais ferramentas de trabalho enquadrando sempre o seu uso ao processo de desenvolvimento de um produto; os processos digitais, falando do CAD, fazendo um enquadramento histórico sucinto, e das respectivas técnicas de modelação 3D demonstrando as vantagens da inclusão deste processo na metodologia de projecto; o último processo apresentado trata-se da prototipagem rápida mostrando as suas implicações no Design actual, assim como na indústria, descrita de forma sucinta. A maquinação automática é abordada no contexto da automatização dos sistemas, de forma a ligar o CAD à produção final. São abordadas algumas

das tecnologias de prototipagem rápida, tendo por base as tecnologias disponíveis na faculdade de Belas-Artes, mostrando o modo de funcionamento, os seus materiais e enumerando os métodos mais promissores para a produção de objectos

O sexto capítulo é composto pelas considerações finais. Em conclusão, é feito um resumo da investigação, sendo retiradas algumas ilações quanto ao futuro dos processos de desenvolvimento de um produto, referenciando o estudo de caso (presente em anexo) das Oficinas da faculdade de Belas-Artes e do ProjectLab através do projecto Corkids a fim de demonstrar a mais-valia do trabalho em paralelo dos processos explanados neste documento.

O sétimo capítulo diz respeito aos anexos, onde pode ser consultado um caso de estudo e as citações na língua original.

Por último, no oitavo capítulo encontram-se as referências bibliográficas referentes a livros e artigos, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutoramento, sites consultados e fontes iconográficas.

1.4 Metodologia

Como proposta metodológica para esta Dissertação de Mestrado, é pretendido consultar maioritariamente livros sobre a temática da prototipagem e processos de produção. Para complementar a pesquisa serão também consultados endereços eletrónicos *online*, como artigos ou possíveis documentos que existam sobre o presente assunto, como outras Dissertações de Mestrado e Teses de Doutoramento. Serão ainda realizados dois estudos de caso, com o objectivo de mostrar as formas de prototipar e as ferramentas que estão ao nosso dispor. Através dessa análise pretende-se mostrar a importância da inclusão da prototipagem nos processos de Design e principalmente no ensino de Design.

Partindo de uma abordagem imparcial a investigação poderá tomar diversos pontos de vista, alargando o campo e evitando conteúdos sem fundamentação documentada.

O problema formulado para esta pesquisa é o desenvolvimento de produtos com a rapidez e a qualidade exigidas pelo mercado atual, sendo a prototipagem uma contribuição no processo de desenvolvimento e validação de um produto, facilitando a avaliação do projecto e atendendo às necessidades de consumo.

Capítulo 2

CONTEXTO HISTÓRICO

2. CONTEXTO HISTÓRICO

A utilização de processos de construção de protótipos remonta a dois milhões de anos atrás. É hoje dado adquirido pela comunidade científica que a espécie humana e a sua cultura material tiveram origem com o Homo Habilis, o primeiro Homo caracterizado por possuir uma inteligência técnica específica, fabricando utensílios especializados. É nestes instrumentos que se encontra aquele que pode ser tido com o primeiro exemplo de Design (Figura 1).

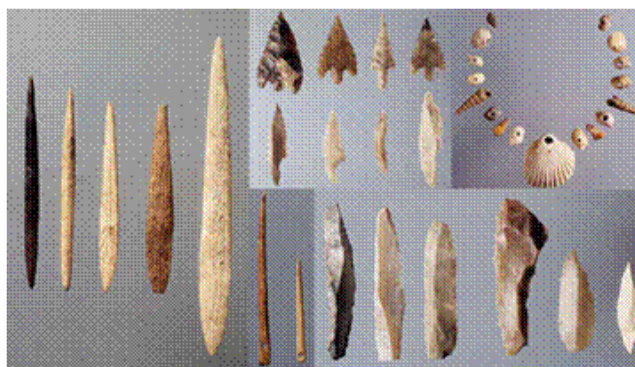


Figura 1 - Utensílios em Sílex. Datados 2,5 milhões de anos.

Estes produtos, pensados antes de executados, foram projectados segundo uma metodologia de necessidade, onde com o material que se encontrava à disposição, era feito um pré-objecto com o intuito de testar e colocar em prática uma ideia. Uma vez comprovada a utilidade e funcionalidade eram utilizados como produtos. Veja-se o exemplo da pedra lascada¹, ou o exemplo português do cocho², neles encontram-se algumas das características básicas associadas ao Design, como a metodologia operativa, preocupações ergonómicas, domínio dos materiais e até mesmo a relação forma função³.

No que diz respeito a produtos ergonómicos, relacionados com o bem-estar do ser humano, cientistas da Universidade de Manchester descobriram no Egipto um Háxul⁴ (Figura 2) artificial numa múmia, feito de couro e madeira, que seria a prótese funcional mais antiga do mundo. Composta por duas peças de madeira moldadas, perfuradas com pequenos buracos

¹ Pedra lascada instrumento cortante utilizado na caça feito a partir de um pedaço de rocha polida. Corresponde ao período do Paleolítico cerca de 10.000 anos a. C.

² Cocho – grande colher de cortiça que serve para levar líquidos à boca. Porventura um dos mais antigos produtos de design português.

³ Parra, Paulo – *As origens do Design Português «Design Suave» in Design Et Al - Dez perspectivas contemporâneas*, 2014, p. 145.

⁴ Em zoologia, chama-se hálux ao dedo grande do pé ou pododáctilo I. Tal como o polegar, o hálux é formado por duas falanges, enquanto os demais pododáctilos têm três.

para a passagem de tiras, unidas por um cordão de couro, demonstrava uma preocupação com a anatomia.



Figura 2 - Prótese do dedo do pé em madeira e couro, Egípto.

“Os investigadores afirmam que o artefacto é datado de 1000 a 600 a. C. Até à descoberta, a prótese conhecida como a mais antiga era uma perna, feita em bronze e madeira descoberta num cemitério perto de Cápua, Itália, de 300 a. C.”⁵

No passado, um modelo era, obrigatoriamente uma réplica de um determinado objecto, construído a partir de molde directo, com materiais como gesso, barro, alginato, silicone, entre outros. Com o passar dos anos, a evolução das mentalidades e processos de construção, bem como o aumento da complexidade dos produtos levou ao desenvolvimento das tecnologias, na procura de responder às necessidades da actualidade.

A necessidade de novos produtos para os mercados emergentes tornou a prototipagem imperativa. Hoje em dia, o desenvolvimento de protótipos manuais é essencialmente um trabalho artesanal, com a utilização de poucas ferramentas, apesar de, no processo de desenvolvimento de produto, a realização de protótipos manuais para teste e validação ser de extrema importância.

⁵ Trought, Brian – Egyptian Mummy Found with Ancient Prosthetic. The Epoch Times [Em linha].

2.1 Renascimento e a relação entre escultura e protótipo

Após a Idade Média, o Renascimento – como o próprio nome sugere, foi o renascer dos ensinamentos clássicos, o que tornou muito importante esta etapa histórica com o foco inicial no Ocidente entre os séculos XV e XVI, principalmente em Itália. Este período protagonizou revoluções nas artes, literatura, política, religião bem como nos aspectos socioculturais. Deste pólo cultural o Renascimento propagou-se pela Europa, especialmente por Inglaterra, Alemanha, Países Baixos e com menos ênfase em Portugal e Espanha.

Inspirado nos antigos valores greco-romanos, retomados pelos artistas que vivenciaram a decadência de um paradigma e o nascimento de um universo totalmente diferente, este movimento representou, portanto, uma profunda ruptura com um modo de vida mergulhado nas sombras do fanatismo religioso, para então despertar uma esfera materialista e antropocentrista. O ser Humano passou a ser o centro das preocupações e interesses⁶. Na vertente humanista da Renascença, o Homem é a peça principal, agora ocupando o lugar antes impensável do próprio Criador. Além do Antropocentrismo⁷, o Renascimento também introduziu princípios hedónicos – na procura do prazer no momento presente – através do individualismo, a exaltação do indivíduo e da suprema liberdade dentro do grupo social, bem como o optimismo e o racionalismo. Numa sociedade, que se desenvolvia rapidamente a nível económico, no âmbito urbano e de natureza mercantil, dando-se início ao mecenato⁸.

Florença (séc. XV) foi a cidade mercantilista onde um grupo de artistas se dispôs deliberadamente a criar uma nova arte e a romper com as ideias do passado. Entre eles estava o arquitecto Brunelleschi⁹, encarregado da conclusão da catedral de Florença.

*“Brunelleschi foi o primeiro grande artista-engenheiro renascentista (...) combinando múltiplos conhecimentos em assuntos militares, mecânicos, hidráulicos, arquitectura, arte e outros campos (...) estabeleceu o corte com o construtor medieval (detentor de uma atitude prática, anónima e sem grandes ambições eruditas) gerando, com o seu invulgar sucesso, a definição de uma nova identidade profissional nas gerações seguintes.”*¹⁰

⁶ Humanismo s.m. 1 atitude que consiste em pôr o centro dos seus interesses no homem; 2 história movimento que se produziu no Renascimento entre a gente culta, por reacção contra a escolástica e por um regresso às letras, às artes e ao pensamento dos antigos.

⁷ Antropocentrismo s.m. atitude ou doutrina filosófica que faz do homem o centro do Mundo, alegando que este foi feito para ele, e que o bem da humanidade é a causa final do resto das coisas.

⁸ Mecenato s.m. protecção dispensada às letras e às artes, bem como aos seus cultores, por pessoas ricas ou sábias.

⁹ Filippo Brunelleschi (1377-1446) foi um arquiteto e escultor renascentista. A sua obra mais conhecida é a cúpula da Catedral Santa Maria del Fiore, em Florença.

¹⁰ Cit. Parra, Paulo in **Design Simbólico Cultura Projectual, Sistemas Biológicos e Sistemas Tecnológicos**, p. 120.

Brunelleschi forneceu a artistas os meios técnicos para solucionar o problema da falta de perspectiva na pintura (dando a sensação de que os objectos diminuem de tamanho à medida que se afastam de nós).

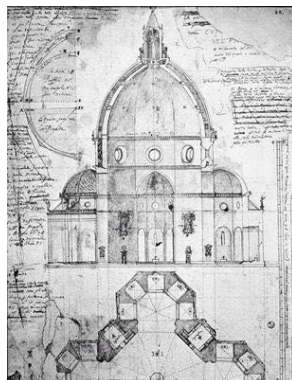


Figura 3 - Santa Maria del Fiore – Ludovico Cigoli. (1296-1462).



Figura 4 - Ospedale degli Innocenti – Filippo Brunelleschi. (1419).

É no século XVI que se dão os maiores avanços. Época de Leonardo da Vinci¹¹, Miguel Ângelo¹², Rafael¹³, Ticiano¹⁴ e tantos outros¹⁵.

O Renascimento foi responsável pela grande mudança na produção das artes e dos produtos. Temos na arquitectura e na escultura renascentista os exemplos que comprovam a evolução do pensamento e a aplicação de uma metodologia; onde o protótipo era o desenho.

Na pré-história o desenho surgiu como forma de comunicação facilitando o desenvolvimento de uma linguagem falada e escrita. É no Renascimento que o desenho ganha

¹¹ Leonardo da Vinci (1452-1529) Era um auto-didacta nascido em Itália, foi uma das figuras mais importantes do Alto Renascimento que se destacou como cientista matemático engenheiro, inventor, anatomista, pintor, escultor entre outros.

¹² Miguel Ângelo (1475-1564) foi pintor, arquitecto e escultor italiano, considerado um dos maiores criadores da história da arte do ocidente. A sua obra de escultura mais famosa é o David, e em pintura destaca-se os tectos da capela Cistina.

¹³ Rafael Sanzio (1483-1520) foi mestre da pintura e arquitectura de Florença durante o Renascimento Italiano. Juntamente com Miguel Ângelo e Leonardo da Vinci, formam a tríade de grandes mestres do alto Renascimento. A sua pintura mais aclamada é a Escola de Atenas datada de 1509.

¹⁴ Ticiano Vecelli (1490-1576) foi um dos principais representantes da escola veneziana no renascimento, antecipando diversas características do Barroco e até do Modernismo.

¹⁵ Gombrich, Ernst – **A História da Arte**, p. 202.

perspectiva e passa a retratar mais fielmente a realidade. Surge também um conhecimento mais aprofundado da anatomia humana que é expressa em desenho. Mestres da pintura na época eram também exímios desenhistas que usavam os conhecimentos da anatomia para dar maior verosimilhança às imagens através do uso de sombras, proporções, luz e cores, criando um protótipo quase fotográfico do que pretendiam representar. Desenho, projecto e objecto. Termos, conceitos, inerentes às artes plásticas, ao Design e à arquitectura. Intimamente ligados, são também subsequentes. Primeiro a ideia, o desenho sob a forma de esquisso, quase inteligível, imediato, por vezes hesitante; depois, as primeiras certezas o projecto no papel, a procura até à consolidação; por fim, a realização/ concretização do objecto. O desenho foi a ferramenta essencial na metodologia de projecto desta época¹⁶. É nas anotações de Leonardo da Vinci que se reúne uma contribuição fundamental para a compreensão do desenho como meio de conhecimento, uma ferramenta de construção do pensamento visual. Um grande número de técnicas usadas actualmente para o desenho de arquitectura remonta o início deste século.

Dentro da história do Design renascentista o que nos chega é referente ao Design gráfico, que se destacou pela inovação que trouxe à área do Design de livros. O Design de tipos, o corpo de texto das páginas, os ornamentos, ilustrações e até mesmo o projecto global do livro em si sofreram mudanças e foram representados pelos copistas¹⁷ e eruditos italianos, tendo como influência os desenhos do alfabeto romano de Sweynheym e Pannartz¹⁸ e as margens grossas e decorativas dos primeiros livros franceses.



Figura 5 - A primeira edição do St. Augustine de “De Civitate Dei” (1467).

¹⁶ Vieira, Joaquim – **O desenho e o projecto são o mesmo?**, p. 21.

¹⁷ Copista s.m. e f. Pessoa que copia; escrevente, amanuense. Pessoa que imita fraudulentamente uma obra de arte. Pessoa que, antes da invenção da imprensa, copiava os manuscritos.

¹⁸ Arnold Pannartz e Konrad Sweynheym foram dois tipógrafos do século XV, responsáveis pela produção daquela que foi considerada a mais antiga forma de escrita de tipo romano, c. 1465.

O tipógrafo italiano Johannes de Spira, dono a primeira gráfica de Veneza, foi o responsável pela edição do livro de Santo Agostinho, que foi o primeiro livro tipográfico com numeração de páginas.

No que diz respeito ao mobiliário, no Renascimento o motivo dominante são as decorações florais. Flores silvestres e vinhas eram aplicadas, não só no mobiliário, mas também na arquitectura e nos manuscritos. A era Renascentista foi de grande contribuição para a melhoria no design gráfico e no design de mobiliário, uma vez que o Homem era a prioridade e as suas necessidades eram tidas como elemento fulcral.

De igual modo também na escultura Renascentista se denotam processos que actualmente são aplicados ao nível de Design, isto é processos de construção partindo de um bloco ou através da adição de material. Já no período Clássico estes processos eram utilizados, mas é no Renascimento que ganham relevo e notoriedade. Veja-se o exemplo da escultura David de Miguel Ângelo (Figura 6).

“(...) partindo de uma estética de bloco através de uma talha directa, onde a figura do homem aprisionado no interior do bloco de pedra (refém da matéria) representa, para a tradição renascentista, a própria metáfora da escultura.”¹⁹

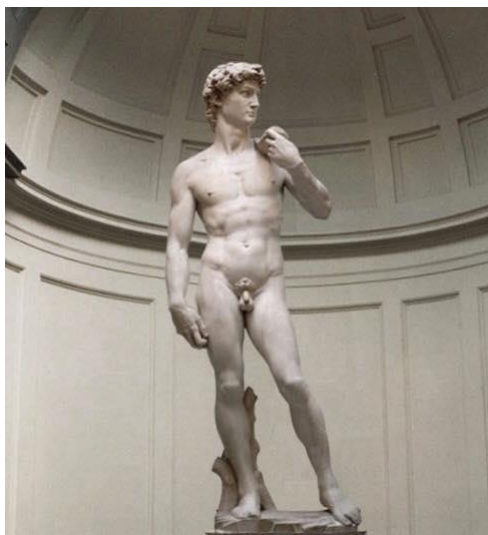


Figura 6 - David – Miguel Ângelo. (1501-1504).

Neste processo, o artista, partia de um único bloco de mármore e ia subtraindo material e a forma surgia. Actualmente técnicas de prototipagem rápida aplica-se este processo, realizando-o de forma mecânica. Outro dos processos escultóricos que pode ser visto como

¹⁹ Cit. Teixeira, José in **Escultura pública em Portugal: monumentos, heróis e mitos (séc. XX)**, p. 59.

base de processos de prototipagem actual é nomeadamente a adição de matéria, técnica recorrente da utilização de barro e argila para a realização de estudos e modelos da figura escondida no interior da pedra. Através de uma grelha, o artista observava um modelo vivo, e ia adicionando material consoante as coordenadas da mesma. Hoje em dia é através de impressoras 3D que se realiza tal processo, onde a máquina lê um ficheiro, e traduz a informação em coordenadas permitindo ir depositando pequenas quantidades de material até surgir a forma final.

O Renascimento pode ser visto como o início daquilo que hoje consideramos os processos de Design, centrado no ser Humano tendo como objectivo principal responder às suas necessidades e acompanhando deste modo a evolução sociocultural.

Pode afirmar-se que no período Clássico e no Renascimento o protótipo estava integrado na concepção da peça final, sendo parte desta. Com a era Industrial e a entrada no Modernismo o protótipo físico é abandonado e o virtual ganha terreno. Na actualidade protótipo físico e virtual trabalham em conjunto sendo uma constante o recurso a prototipagem rápida e a realização de objectos finais através desta tecnologia, tornando assim o protótipo no produto.

2.2 Era Industrial e o progresso dos processos de produção

Nos primórdios da Era Industrial, os onze volumes de estampas da Enciclopédia de Diderot e D'Alembert²⁰ (Figura 7), publicados entre 1751 e 1772, representam homens, máquinas e ferramentas num mesmo cenário executando tarefas e operações características dos diferentes ofícios. Nos primórdios da Revolução Industrial, a mão-de-obra e a força hidráulica constituíam as principais fontes de energia. A máquina a vapor, patenteada em 1769 por Watt²¹ só é introduzida na indústria mais tarde. As suas primeiras aplicações – na cerâmica, fiação e tecelagem – datam das duas últimas décadas dos séculos XVIII. É em Inglaterra que estas novas transformações tecnológicas são implementadas e foi este o país que liderou a Revolução no período compreendido entre 1760 e 1830²².

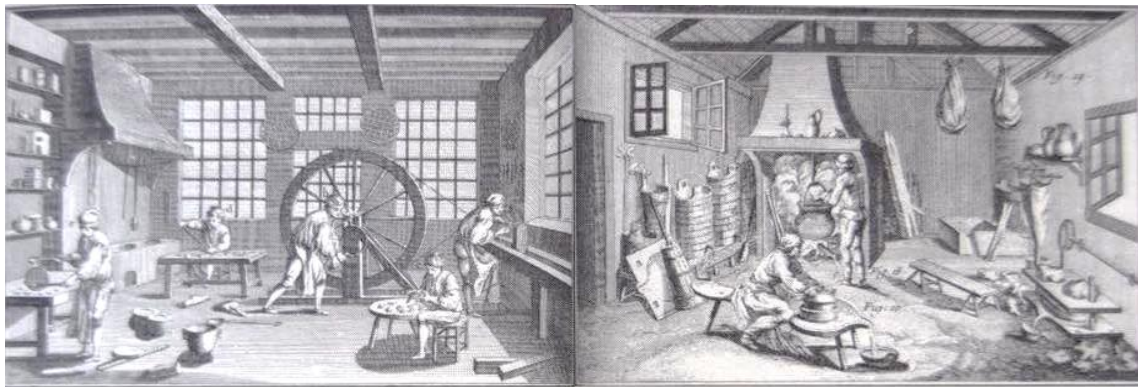


Figura 7 - Estampas da Encyclopédie de Diderot e D'Alembert publicada entre 1751 e 1772. Produção de utensílios e tecelagem de meias.

Enquanto na Idade Média o artesanato era a forma de produzir mais utilizada, na era Industrial tudo mudou. A burguesia, ávida por maiores lucros, menores custos e rapidez de produção, encontrou alternativas para melhorar a produção e o transporte de mercadorias. Também o crescimento populacional trouxe maior demanda de produção.

A substituição da força humana pela energia hidráulica dá origem a uma nova transformação social, caracterizada pela concentração do trabalho nos locais onde geograficamente, era possível a utilização desta fonte energética. Mas são a introdução da energia a vapor e a consequente industrialização dos processos produtivos que desencadeiam fortes modificações económicas e grandes surtos demográficos. A tecnologia a vapor é

²⁰ Diderot e D'Alembert são os responsáveis pelas primeiras enciclopédias "*Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*" publicada em França no século XVII.

²¹ James Watt (1736-1819) foi um matemático e engenheiro escocês. Destacou-se pelas melhorias que introduziu no motor a vapor. Foi uma figura fundamental para a Revolução Industrial.

²² Cunca, Raul – **Territórios Híbridos**, p. 31.

implementada longe dos meios rurais, obrigando o homem a deslocar-se para onde há possibilidade de trabalho. Usando como força motriz uma substância combustível facilmente transportável, estabelece-se privilegiadamente nas zonas periféricas de antigas povoações, gerando migrações internas que alteraram a distribuição da população de alguns países²³.

Uma mudança tão drástica nos meios de produção exigiu que novos sistemas de processos fossem estruturados, os modelos das guildas²⁴ de artesãos já não atendiam a alta demanda de produção exigida pelo novo mercado consumidor cada vez mais abrangente. Fez-se necessária então uma especialização da mão-de-obra através de uma divisão do trabalho por etapas atribuindo a cada operário uma única função de baixa complexidade e de fácil aprendizado. Porém, a mudança mais significativa deu-se na separação dos profissionais que produziam dos que projectavam os novos produtos a serem fabricados. Diferentemente do que ocorria nos modelos antigos de produção onde o artesão dominava todas as etapas desde a concepção até a produção do objecto²⁵.

É no final do século que, como dito acima, uma nova classe de profissionais responsáveis somente pela concepção das formas, padrões e funções de novos objectos a serem produzidos pelas indústrias. No início esses profissionais variavam entre artistas, arquitectos e até mesmo engenheiros. Com o tempo alguns deles especializaram-se na produção industrial.

Esses novos profissionais passaram a ser chamados Designers, termo oriundo da palavra latina *designare*, pois estes eram os profissionais responsáveis por designar o que seria feito pela fábrica.

As fábricas do início da Revolução Industrial não apresentavam o melhor dos ambientes de trabalho. As condições das fábricas eram precárias, os empregados chegavam a trabalhar até 18 horas por dia.

No que diz respeito aos objectos do quotidiano, foi na terceira década do século XIX – época vitoriana²⁶ – que se deram maiores avanços tecnológicos. Em que o desenvolvimento técnico coexiste com novos mercados e classes novas. Em Inglaterra surge um debate ideológico em relação à problemática do Design. Entre os protagonistas deste debate estava William Morris²⁷, que defendia a actividade do desenho em associação directa com o fabrico,

²³ Cunca, Raul – **Territórios Híbridos**, p. 29.

²⁴ Guilda s.f. durante a Idade Média, em certos países europeus, associação que agregava pessoas que possuíam interesses comuns (comerciantes, artistas, artesãos etc.) com o propósito de oferecer assistência e segurança aos seus membros; hansa.

²⁵ Ribeiro, Daniel – **A Revolução Industrial e o Design**, p. 2.

²⁶ Período que corresponde ao reinado da rainha Vitória, entre 1837 – 1901.

²⁷ Sobre a vida e obra do autor veja-se Charlotte e Peter Fiel, William Morris (1834-1896) Köln, Taschen, 1999.

segundo processos artesanais. “A razão de Morris condenar tão veemente a estrutura social do seu tempo era sobretudo o facto de ela ser fatal para a arte.”²⁸ No âmago do debate ideológico sobre as questões industriais na época vitoriana, encontra-se também Henry Cole²⁹. Cole defendia o desenvolvimento das artes aplicadas, a sua visão divergia da de Morris na medida em que para Cole a arte deveria associar-se à indústria, com o intuito de melhorar a qualidade dos produtos. Todo este ímpeto industrial foi gerado por uma nação que pretendia mostrar ao mundo o seu progresso tecnológico, como sendo um marco histórico, através de uma exposição a Great Exhibition de Londres³⁰. Esta exposição consistia numa mostra do trabalho como vector fundamental do progresso, cujo objectivo era a promoção da liberalização comercial, facto que está na origem do seu carácter internacional.



Figura 8 - O Crystal Palece. Entrada Sul da Great Exhibition de Londres, 1851.

Muito do que se tem da ideia de design contemporâneo actualmente desenvolveu-se neste período da história. O estado Alemão, que teve a sua industrialização tardia em relação a outros países, para reivindicar o seu lugar, passou a investir na criação de sistemas bancários e em políticas educacionais que incluam o ensino artístico dentro das escolas. As influências do estado alemão pretendiam re-orientar a ideologia geral dessas actividades, o que culminou na criação do Deutscher Werkbund que numa associação profissional congregava artistas,

²⁸ Cit. Nikolaus, Pevsner, p. 24.

²⁹ Henry Cole (1808-1882) foi um dos responsáveis pelas inovações no comércio e educação no século XIX em Inglaterra. Participou na edição do *The Journal of Design and Manufacturing* em 1849-52.

³⁰ The Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations ou The Great Exhibition, por vezes referida como o Crystal Palace Exhibition, em referência à estrutura provisória em que foi realizada, era uma exposição internacional que teve lugar no Hyde Park, Londres, em 1851. Foi o primeiro de uma série de exposições de feiras do mundo da cultura e da indústria que se tornasse uma característica popular do século XIX.

artesãos, arquitectos e designers. Fundada em 1907, tendo como ideólogo Herman Muthesius³¹.

*“Ela representa o centro de reunião para todos aqueles que estão dispostos e são capazes de desenvolver um trabalho produtivo um elemento – e não menos importante – consideram o trabalho cultural em geral, que desejam criar, para si mesmos e para os outros, um centro para a defesa dos seus próprios interesses debaixo da insígnia da qualidade. A Werkbund tem por fim a nobilitação do trabalho produtivo através da cooperação entre a arte, a indústria e o artesanato mediante a instrução, a propaganda e uma tomada de posição unitária sobre os vários problemas.”*³²

Neste contexto é de destacar o trabalho de Peter Behrens e o seu contributo na AEG³³. Os seus primeiros trabalhos foram dedicados à propaganda da empresa (Figura 9); entre 1907 e 1908 projectou os edifícios da mesma, e desenhou de igual modo diversos produtos, como radiador (Figura 10), a Chaleira Eléctrica (Figura 11), entre outras



Figura 9 - Peter Behrens: Cartaz promocional da AEG de 1907.

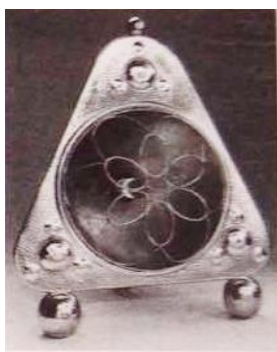


Figura 10 - Peter Behrens: Radiador, 1907/08.



Figura 11 - Peter Behrens: Chaleira eléctrica, 1909.

A partir do momento em que um grupo de profissionais passou a dedicar-se a pensar nas formas, técnicas, meios de produção, estilo, entre outros, surgiram conseqüentemente escolas

³¹ Herman Muthesius (1861-1927) foi um arquitecto alemão, autor e diplomata, conhecido por promover muitas das ideias do movimento *Arts and Crafts* tal como a Bauhaus.

³² O excerto do programa encontra-se transcrito em Renato de Fusco, op. Cit., p. 79.

³³ AEG foi uma das mais importantes empresas eletrotécnicas da Alemanha, fundada em 1887.

de Design, como a escola Bauhaus³⁴, cuja didáctica no ensino de Design foi a base de criação dos primeiros cursos de Design da actualidade.

Bauhaus é uma palavra que surge da contracção das palavras alemãs *bauen* (construir) e *haus* (casa). Fundada com a intenção de ligar o conhecimento arquitectónico com o trabalho artesanal, cria novos modelos de baixo custo e de fácil fabrico em grandes escalas para fornecer o maior número de pessoas. A produção industrial e o desenho de produtos ganham destaque, ao unir artes, artesanato e tecnologia através da valorização das máquinas.

Na segunda metade do século XX, os Estados Unidos assumiram a liderança mundial na produção industrial de equipamentos mecânicos, devido a factores como inventividade e evolução tecnológica. Muito mais do que qualquer monopólio de inventividade, o que marca a evolução industrial consiste no apoio contínuo e sistemático dos governos à indústria nacional através das políticas explícitas de subvenção da produção e protecção do mercado interno.

Os Estados Unidos da América faziam parte das nações representadas na Great Exhibition – referenciada anteriormente – chegando deste modo à Europa uma mostra dos produtos Americanos.

Entre os expositores estava Michael Thonet³⁵, produtor de mobiliário em madeira. Dos seus primeiros trabalhos à que destacar a cadeira *Boppard*. Nesta cadeira foi utilizada uma nova técnica de produção, a conformação da madeira. Este processo iniciou-se em 1830, onde Thonet realizou experimentos no sentido de curvar a madeira sem perder a elasticidade do material.

*“Tal processo passava por três etapas: primeiro a matéria-prima era tratada, dando à madeira a secção pretendida para a maquinação; de seguida a madeira era vaporizada por uma caldeira a cerca de 90° a 100°, o que lhe conferia a elasticidade necessária para a inserção dos moldes e respectiva conformação. Por fim, uma vez seca no molde, a madeira adquiria a curvatura pretendida.”*³⁶

Além desta técnica inovadora que revolucionou os produtos e a sua relação com o consumidor e as suas necessidades, Thonet encontrou outras soluções estruturais, presentes

³⁴ Bauhaus foi uma escola de design, artes plásticas e arquitectura de vanguarda na Alemanha. A Bauhaus foi uma das maiores e mais importantes expressões do que é chamado Modernismo no design e na arquitectura, sendo a primeira escola de design do mundo. Fundada por Walter Gropius em 1919.

³⁵ Michael Thonet (1796-1871) foi um Designer industrial de Moveis. Nascido na Alemanha, em 1830 inventou uma nova forma de criar móveis, através da curvatura da madeira.

³⁶ Cunca, Raul – **Territórios Híbridos**, p. 55.

principalmente nas cadeiras que projectou; sendo o modelo nº 14 (Figura 12) aquele que melhor prioriza as exigências de produção em série. A capacidade destes objectos serem produzidos em partes, facilitava o transporte, e as suas propriedades convertíveis iam de encontro ao desenvolvimento sociocultural e às necessidades das pessoas.



Figura 12 - Tohnet: Cadeira nº 14 (1859) e os elementos que a constituem.

Enquanto a Europa passava por esse cenário de formalização dos novos meios e métodos de projecto e produção, nos Estados Unidos desenvolveu-se um projecto de reforma no ensino denominado Progressivismo³⁷, cujo objectivo era análogo aos ideais funcionalistas propostos na Alemanha. Os movimentos em arte, design e arquitectura estabeleceram-se, nos Estados Unidos, mais através da prática do que da formação, não houve, portanto uma preocupação estrita para a definição de padrões estéticos, apesar do que, sob referência da célebre frase – “*A forma segue a função.*”³⁸

Esta foi uma época conturbada da história, preenchida por revoluções, e guerras³⁹, com alterações a nível geográfico, com o aumento da população por todo o mundo. Os mercados tiveram que encontrar novas soluções para poderem responder às demandas do seu tempo. É de realçar os avanços tecnológicos do final do século XX, que foram os responsáveis pelo início da Fabricação Rápida e pela criação dos primeiros sistemas de inteligência artificial que hoje em dia são um produto quase banalizado. Aproveitando as dificuldades sociais do seu tempo, o Homem respondeu prontamente encontrando meios alternativos de responder as necessidades de consumo que começavam a crescer.

³⁷ O progressismo é uma doutrina política ou corrente filosófica, muitas vezes relacionada ao evolucionismo e ao positivismo. O progressismo expresso a crença ou o desejo de evolução, desenvolvimento, aperfeiçoamento, superação. Opõe-se ao conservadorismo.

³⁸ Cit. Sullivan, Louis. Tradução Livre: “*Form follows function*”.

³⁹ Com guerras, refiro-me à 1ª Guerra mundial (1914 a 1918) e respectivamente à 2ª Guerra mundial (1939 a 1945), bem como aos avanços tecnológicos que ocorreram no decorrer das mesmas. Sendo na 2ª Guerra que se criou o primeiro computador – ENIAC – em 1943 por John Eckert e John Mauchly com o objectivo de decifrar as mensagens Alemãs.

A miniaturização dos componentes eletrônicos ao longo das últimas décadas foi de fundamental importância na história da tecnologia no século XX. O mundo da era da informação compõe-se de visões fragmentadas e fragmentos de visões, cuja totalidade só é recomposta na mente de cada um, e sempre de forma passageira. O grande símbolo da época é, mais uma vez, a internet; mas a expressão mais banal dessa fragmentação está no uso quotidiano que se faz das novas tecnologias. Muitos consideram a evolução de processos um fenómeno exclusivo da era eletrónica mas, como se viu anteriormente, trata-se de algo cujas bases datam o século XIX⁴⁰.

O Design da era moderna tem as suas bases conceituais profundamente ancoradas na evolução das tecnologias digitais e nas possibilidades que estas trouxeram de superar limites tradicionais de execução. Com o aparecimento de plataformas operacionais como os sistemas Macintosh (introduzido pela Apple em 1984) e Windows (introduzido pela Microsoft para em concorrência ao Macintosh), tornou-se não somente possível como simples e barato a manipulação de imagens e a concretização de objectos por meio digital.

A proliferação das tecnologias digitais proporcionou, um aumento da liberdade no exercício do Design, trazendo também novos limites para a imaginação humana. No entanto, por mais opções que se tenha num programa de CAD (Computer Aided Design), este funciona por comandos; o que implica uma dependência das possibilidades apresentadas pelo programa. Portanto, é de notar a importância da realização de modelos físicos, para potencializar de forma exponencial a eficiência da execução. Algumas pesquisas sugerem que o recurso a processos digitais aumentam a demanda de decisões a serem tomadas e, podem resultar portanto num aumento da homogeneidade em alguns aspectos fundamentais do processo⁴¹.

Outro aspecto fundamental deste século foram as preocupações com o impacto ecológico, na década de 1960. Apareceram nesta época vários livros e escritos que denunciavam a iminência da crise provocada pela poluição decorrente da aceleração industrial descontrolada e, como consequência, foram criadas algumas das mais importantes entidades voltadas para a preservação do meio ambiente, como a *Friends of the Earth* em 1969 e a Greenpeace em 1971. No ano de 1972, a consciência política do problema levou a realização da primeira conferência mundial sobre o meio ambiente, realizada em Estocolmo sob apadrinhamento da ONU.

⁴⁰ Cardoso Rafael – *Uma introdução à História do Design*, p. 210.

⁴¹ Idem, p 213.

A frase “*Pense à escala global, actue à escala local*”⁴², tornou-se deste modo o lema desta época que tem as bases para a evolução do Design e das suas tecnologias, bem como permitiu novas perspectivas profissionais para os designers do século XXI.

⁴² Cit. Geddes, Patrick. Tradução Livre: “*Think global act local*”.

2.3 Século XXI e os novos modos de prototipar

Foi ainda no Século XX que se deram os primeiros passos ao nível da prototipagem rápida. Até então eram utilizados processos de fabricação rápida a nível industrial, com a produção de um grande número de produtos por um preço de produção mais barato. Só no século XX as ferramentas de prototipagem são introduzidas nas casas dos utilizadores e se tornam acessíveis a qualquer pessoa.

No final de 1960, Herbert Voelcker⁴³, queria encontrar uma maneira utilizar os programas de design nas máquinas/ferramentas automáticas. Durante 1970, o trabalho de Voelcker transformou a forma como os produtos foram desenhados, mas na sua maioria, ainda eram feitos como se de uma peça de Miguel Ângelo se tratasse. O escultor removia pedaços de mármore de um bloco até que restasse a estátua de David, Voelcker retirava material até obter o objecto desejado. É em 1987, que na University do Texas Carl Deckard⁴⁴ teve uma outra ideia. Por que não construir-se camada por camada? Deckard imaginou a "impressão" tridimensional de modelos utilizando o laser para fundir o pó metálico em protótipos sólidos, uma camada de cada vez. Deckard levou a cabo a sua ideia criando a primeira máquina de sintetização seletiva por laser.

O resultado dos esforços de Voelcker e Deckard foram de grande importância para a nova indústria. Este novo processo de "fabricação de forma livre" ou "prototipagem rápida" revolucionou a forma como os produtos são concebidos e fabricados.

O protótipo tem adquirido um certo destaque e visibilidade nos últimos tempos. A prototipagem sempre existiu e, na maioria da história da humanidade acompanhou o desenvolvimento científico. Só no final da década de 1960, foi incluída na chamada “*revolta do público*”, como Jürgen Gerhards⁴⁵ nomeou, o que tornou possível reconhecer a prototipagem como parte integrante da sociedade, uma vez que passou a fazer parte dos processos de design.

A prototipagem não é simplesmente o desenvolvimento de primeiras formas ou primeiros testes, nem somente versões-beta de produtos a nível de Design industrial. É um

⁴³ Herbert B. Voelcker, foi Professor de engenharia mecânica na Universidade de Cornell desde 1986. Anteriormente era membro da faculdade de engenharia elétrica na Universidade Rochester, onde fundou o Projeto de Automação de Produção em 1972. Na década de 1950, estudou a propagação de rádio, percepção auditiva, e compressão de largura de banda; na década de 1960, a teoria de modulação e de processamento de sinal digital; na década de 1970, ciência da computação e modelagem sólida; na década de 1980, máquinas-ferramentas e sistemas de programação.

⁴⁴ Carl R. Deckard, é professor empresário e inventor Americano. Responsável por inventar e desenvolver a Sinterização Seletiva a Laser (SLS), um método de impressão 3D. A maioria do trabalho de Deckard é na indústria de transformação aditivo. Em 2012, co-fundou *Structured Polymers LLC*, uma empresa que desenvolve novos polímeros para máquinas SLS.

⁴⁵ Jürgen Gerhards (1955-) professor de sociologia no Instituto de Sociologia da Universidade Livre de Berlim.

processo muito mais abrangente: um modo que é ou não provisório, que tem a sua base no trabalho manual, no envolvimento do utilizador por meio de realizar mudanças e melhorias dos produtos e práticas em curso, num processo de inovação aberta, em oposição à realização em laboratório, onde se mostra um produto acabado pronto a ser utilizado por um consumidor desconhecido⁴⁶.

Até 1970, a prototipagem era diferenciada por dois caminhos. Por um lado havia os especialistas e as metodologias científicas e do outro lado, estavam as pessoas, os leigos, que não possuíam uma metodologia científica mas realizavam de igual modo produtos.

A prototipagem é um conjunto de técnicas usadas para fabricar rapidamente um modelo à escala de uma parte física ou um conjunto. Protótipo são todas as representações que de uma forma abstracta ou virtual simulam alguns aspectos do produto ou ideia.

Hoje em dia, são utilizados para uma ampla gama de aplicações com o objectivo de fabricar peças com qualidade de produção mas com um número limitado de exemplares. Essa economia de produção tem incentivado a procura e a realização de serviços *online*. Através de plataformas de *crowdfunding*⁴⁷ por exemplo, as inovações estão constantemente em processos de renovação, para melhorar a velocidade e a capacidade de lidar com a produção em massa.

O mundo não pára de evoluir e o desejo de ter sempre mais e mais é uma constante. As marcas são desafiadas a manter o interesse dos seus clientes. O gosto pela novidade e pela originalidade são características bem definidas no consumidor do século XXI.

A Bauhaus, referida anteriormente, aclamada como a fonte das bases da educação do design no século XX, exemplifica o Movimento Moderno, originando a Tipografia Moderna e desenvolvendo um estilo de design que incorporavam novos materiais, como betão, vidro e aço e evitava a ornamentação. Através destas instituições foi possível enfrentar o consumidor do século XXI, que está sempre à espera da novidade, auto complacente, egocêntrico, sensível e desejoso de poder projectar todos os seus pertences, reafirmando a sua posição no mundo.

Com as evoluções do século XXI a prototipagem permitir a realização de produtos personalizados, onde o consumidor tem o poder de escolha e “cria” o produto a seu gosto.

A imagem é o alvo principal, com vista a atingir o sucesso. É a protagonista da nova geração de consumidores e o meio para estimular o consumo. Factores que são tidos em conta aquando da projecção de um novo produto poderão ser, novidade e originalidade; a

⁴⁶ Guggenheim, Michael – **The Long History of Prototypes**, p. 2 [Em linha].

⁴⁷ Crowdfunding consiste na obtenção de capital para iniciativas de interesse colectivo através da agregação de múltiplas fontes de financiamento, em geral pessoas físicas interessadas na iniciativa. O termo é muitas vezes usado para descrever especificamente ações na Internet com o objetivo de arrecadar dinheiro para pequenos negócios e *start-ups*, iniciativas de software livre, filantropia e ajuda a regiões atingidas por desastres, entre outros.

exploração do lado emocional dos consumidores – o produto tem que chegar aos sentidos, respondendo às suas necessidades – *Design For and With People* – a especificidade como sinónimo de evolução, raciocínio e eficácia são também um elemento a ter em consideração. O preço adicional é preferido quando o benefício compensa, não só as empresas querem produzir com menor número de custos, mas também o utilizador quer ter produtos que lhe sejam acessíveis. A globalidade da mensagem potencia as opções de venda, uma vez que a resposta é universal e vai de encontro às necessidades de uma comunidade e não de um indivíduo, não invalidando a personalização de cada produto tornando-o único.

A difusão das metodologias de design e o papel da prototipagem no processo de desenvolvimento de um produto teve o seu apogeu pós século XX. Designers e empresas têm contribuído para a expansão dos processos de design e respectiva inovação. Os IDEO Cards são um dos exemplos mais notórios (Figura 13).

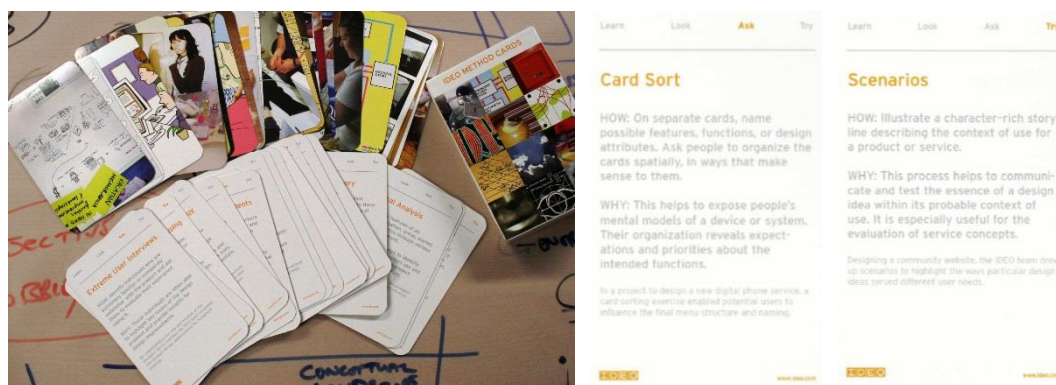


Figura 13 - IDEO cards. Design Thinking. 2004.

A empresa foi fundada por Palo Alto em 1991, trata-se de uma empresa global de Design, que aborda o projecto centrado no ser humano, partindo das suas necessidades, comportamentos e desejos. Como exemplos são mostrados na Figura 13 dois exemplos, a selecção de cartões e a criação de cenários, de modo a ilustrar a importância desta ferramenta.

- A selecção de cartões é uma técnica para explorar como as pessoas vêem o produto, de modo que se possa desenvolver estruturas que maximizam a probabilidade de os utilizadores serem capazes de encontrar itens. Permite compreender como é provável que "pessoas reais" identifiquem os itens que são suscetíveis de difícil entendimento, identificando-se assim a terminologia que pode ser mal interpretada. É portanto apropriado quando já se identificou itens que precisam de categorias. É particularmente útil para a definição de estruturas

de *web sites* e interfaces. Os participantes são convidados a agrupar itens de maneira que faça sentido para eles, podendo também ser convidados a nomear os grupos resultantes. Uma vez que todos os participantes tenham concluído o exercício, os dados devem ser analisados, para fim de conclusões sobre os itens e respetivos agrupamentos.

- Um cenário é uma descrição da interacção de uma pessoa com um sistema. A criação de cenários ajuda na medida em que o foco são os requisitos do utilizador, que são distintos dos requisitos técnicos ou de negócios a desenvolver. Cenários podem estar relacionados com "casos de utilização", que descrevem interações a nível técnico. No entanto, os cenários podem ser compreendidos por pessoas que não têm qualquer formação técnica. São portanto, adequados para uso durante as atividades de design participativo. A sua utilização é particularmente útil quando for necessário remover o foco da tecnologia, a fim de abrir possibilidades de design, ou quando é preciso garantir que as restrições técnicas ou orçamentais não substituem as restrições de usabilidade, sem a devida consideração. Deve ser utilizado durante o projecto para assegurar que todos os participantes compreendem e concordam com os parâmetros, devendo ser especificado exatamente quais as interações que o sistema deve suportar.

Muitas são as ferramentas disponíveis na actualidade, desde máquinas de impressão 3D, programas de simulação virtual, máquinas de corte laser que maquinam com graus de precisão incríveis. Tudo possível graças aos avanços da tecnologia e ao reconhecimento do papel do Design na sociedade.

“A construção de modelos e protótipos é uma etapa importante no processo de desenvolvimento de novos produtos. Ao fazer protótipos, pode-se experimentar conceitos, recolher feedback⁴⁸, prever possíveis falhas, mas protótipo também pode ser visto como uma ferramenta de comunicação poderosa que estrutura a discussão entre as partes interessadas.”⁴⁹

⁴⁸ Entenda-se como recolher comentários/opiniões.

⁴⁹ Cit. Girão, Tiago – Seminários de orientação de Mestrado, 2015.

Capítulo 3

PROTOTIPAR PORQUÊ?

3. PROTOTIPAR PORQUÊ?

“*Construir para aprender.*”⁵⁰

Por cada produto bem-sucedido está uma história de inúmeras tentativas e muito trabalho árduo. O facto é que a transformação da ideia num produto real envolve mais do que simplesmente a criação de imagens, sejam elas desenhos manuais ou a computador. O Design do Produto é uma actividade complexa, que abrange o trabalho com outras disciplinas, na procura de ideias criativas, úteis e sustentáveis, com o propósito de ter um objecto que funciona e que ao mesmo tempo tem uma boa aparência. O método utilizado para auxiliar a comunicação e apoiar ao desenvolvimento de um projecto designa-se de prototipagem física⁵¹.

Actualmente é cada vez mais frequente a inclusão de modelos ou protótipos no processo confecção. O principal objectivo é apresentar esse produto de forma imediatamente compreensível. O recurso à prototipagem ajuda a analisar a funcionalidade, com maior ou menor profundidade e, por vezes, averiguar o efeito estético do projecto a desenvolver⁵².

Com a crescente competitividade de mercado, é fundamental o desenvolvimento de novos produtos num curto espaço de tempo. Como tal, para reduzir o tempo entre a análise de um produto e respectiva viabilidade para a venda, várias metodologias e tecnologias tiveram que ser alteradas, sendo uma delas a prototipagem. “*É disto que eu gosto ao ser um Designer: não consegues verdadeiramente compreender até veres.*”⁵³ Ao fazer protótipos, pode-se experimentar conceitos, promover *feedback* e prever possíveis falhas. “*O protótipo pode também ser visto como uma ferramenta de comunicação poderosa que estrutura a discussão entre as partes interessadas.*”⁵⁴

O recurso à prototipagem fornece aos designers informações importantes sobre requisitos do mundo real, servindo de método para explorar ideias preliminares de forma mais rápida e mais económica, visualizar, avaliar, organizar qualidades, aprender, testar e melhorar as especificações do projecto antes da concretização final. Por exemplo, esboços de conceito e Storyboards são usados para desenvolver a aparência e personalidade de personagens tipo,

⁵⁰ Cit. Corcorran, Sean – **The Art of Innovation**, p. 106.

⁵¹ Hallgrímsson, Bjaiki – **Prototyping and Modelmaking for Product Design**, p. 6.

⁵² Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**. 2001. p. 1.

⁵³ Cit. Mizrahi, Isaac. Tradução Livre – “*This is what I like about being a designer: You can't really get it until you see it.*”

⁵⁴ Cit. Girão, Tiago – Seminários de orientação de Mestrado, 2015.

ajudando a comunicar os conceitos, revelando requisitos de projecto e possíveis problemas e permitindo a avaliação por um público-alvo.

A prototipagem não é apenas um meio de resolução de problemas. Há algo admiravelmente tangível sobre um protótipo, para além de ajudar na comunicação, o protótipo persuade e surpreende. É fácil rejeitar um relatório ou projeto com base num protótipo, assim como é fácil mudar ou aceitar uma nova ideia.

“Se uma imagem vale mais que mil palavras, um protótipo vale mais que mil imagens, pois permite escolhas concretas e cria situações onde o público pode interagir levando as pessoas provavelmente a dizer: oh, eu nunca tinha pensado nisso!”⁵⁵

O protótipo não deve ser descartado após a fase inicial de validação de conceito, devendo ser encarado como um processo evolutivo, onde o protótipo inicial é desenvolvido, avaliado e refinado continuamente até se atingir o produto final. A realização de protótipos – sejam eles meramente ilustrativos ou já protótipos de teste – deve ser sempre incorporada no processo de Design⁵⁶.

Neste capítulo será abordado o papel da prototipagem no Design, começando por uma breve apresentação dos diversos modos de prototipar existentes e qual o momento em que devem ser aplicados no processos de desenvolvimento de um produto, explicando a importância da realização de elementos físicos como meio de validação e comunicação.

⁵⁵ Cit. Kelley, Tom; Littman, Jonathan – in **The Art of Innovation**, p. 111.

⁵⁶ William Lidwell; Kritina Holden; Jill Butler; Kimberly Elam – **Universal Principles of Design**, 2003, p. 158.

3.1 Da Prototipagem à Fabricação Rápida

Para falar de prototipagem, primeiramente há que entender o que é um protótipo. *“Protótipo são todas as representações que de uma forma abstracta ou virtual simulam alguns aspectos do produto.”*⁵⁷

O termo prototipagem é usado para designar um processo de construção. O resultado é um modelo sobre o qual podem ser efectuadas análises e que eventualmente irá ser a base do produto final.

Primeiramente há que diferenciar protótipo de modelo e maquete;

- Protótipo - é um primeiro tipo ou exemplar único funcional, com intuito experimental antes da produção de outros exemplares;
- Modelo - é a imagem desenho ou objecto que representa algo que se pretende reproduzir;
- Maquete - é o modelo feito a escala do objecto real.

Os protótipos são o primeiro passo para a experimentação e, como tal, devem ser encorajados e estar presentes no processo de qualquer designer, tal como já referido. Existem diversas formas de prototipar, desde o processo manual, o virtual e a prototipagem rápida. Cada um tem o seu papel no desenvolvimento de um produto. A construção e validação 3D é um dos aspectos mais lentos e demorados do processo de Design. É necessário ter em consideração o material e os métodos construtivos específicos. Com a evolução dos conhecimentos ergonómicos do utilizador é possível produzir peças personalizadas sendo a indústria automóvel um bom exemplo.

Com a necessidade de reproduzir modelos mais próximos do produto final e com a crescente complexidade das peças para a Engenharia e Design, a tecnologia foi evoluindo no sentido de aumentar as capacidades dos sistemas.

A inclusão e utilização de métodos de prototipagem rápida no processo de desenvolvimento de um produto, quer seja académico ou industrial, é imprescindível para a avaliação, compreensão e correcção atempada de possíveis erros. O método da prototipagem facilita a comunicação e auxilia no processo de desenvolvimento de um produto.

⁵⁷ Cit. Girão, Tiago – Seminários de orientação de Mestrado, 2015.

A popularidade da prototipagem rápida relativamente aos métodos tradicionais de construção manual de modelos baseia-se na capacidade de produzir acuradamente peças complexas num curto espaço de tempo. Esse é o aspecto que a diferencia, a rapidez de resultados já com um nível de acabamento que permite a realização de testes específicos, por um baixo custo. Face aos protótipos manuais que são mais representativos e de experimentação com longos períodos de vários meses gastos na concepção e desenvolvimento de um novo produto anteriores à decisão da sua aceitação pela empresa. No entanto, a prototipagem abrange muitos mais elementos do processo de desenvolvimento de produto, enquanto a fabricação rápida é um modo de resposta à evolução da indústria. Uma deve estar aliada à outra durante o desenvolvimento de um produto. O processo deve ser evolutivo, iniciando-se com a realização de protótipos manuais rudes que evoluem e culminam num protótipo realizado através de uma técnica de prototipagem rápida, auxiliando assim a validação e teste do objecto a realizar.

A prototipagem rápida é um dos diversos modos de prototipar e tem como função auxiliar no desenvolvimento do produto, materializando as possíveis opções de Design. Esta apresenta nítidas vantagens sobre o desenho virtual, permitindo uma comunicação e visualização mais eficientes. (Tema abordado no Capítulo 5)

Este método aumenta a velocidade e segurança de todo o projecto, tornando-se rapidamente parte integrante na Indústria e respondendo às necessidades actuais do *time-to-market*⁵⁸ com produtos diversificados e ciclos de vida cada vez mais curtos.

Como vantagem, o protótipo rápido é (relativamente) barato e a sua utilização alterou o processo de desenvolvimento de produto. A comunicação entre os membros da equipa e entre esta e cliente sofreu deste modo uma evolução positiva.

Com o auxílio do software tornou-se possível gerar imagens realistas e modelos virtuais credíveis. Contudo, os modelos físicos apresentam mais facilidade de análise por parte do público, promovendo a interacção e o contacto com o modelo, o que facilita a compreensão e o diálogo entre o designer e o público. “*A competição de mercado fez da qualidade não só um objectivo, mas também um pré-requisito para as empresas a competir no mercado global.*”⁵⁹

Através da Fabricação Rápida as empresas beneficiaram de maiores vantagens competitivas, tais como: a redução de tempo no desenvolvimento de produto, o aumento da complexidade do produto sem agravamento dos prazos, visualização e intercomunicação entre

⁵⁸ É o tempo entre a análise de um produto e sua disponibilização para comercialização.

⁵⁹ Cit. Ali K. Kamrani, Emad Abouel Nasr in **Rapid Prototyping: Theory and Practice**, 2006. p. 137. Tradução Livre: “*Market competition has made quality not only an objective but also a prerequisite for companies to compete in the global Marketplace.*”

equipas e a possibilidade de realizar vários tipos de teste. No Design, as vantagens apresentam-se nas formas mais orgânicas, livres e complexas, com menos margem de erro e custos reduzidos.

O recurso a este tipo de tecnologias vem de encontro ao que as indústrias e as pessoas procuram. Cada vez mais o tempo de vida de um produto é encurtado, e a personalização dos mesmos, uma prioridade de mercado. Através destes recursos é possível realizar séries menores, por preços mais acessíveis, sendo vantajoso para as empresas e para a satisfação dos clientes.

Com um nível de competitividade crescente entre empresas, é necessário estabelecer medidas para responder a este mercado; a aposta na inovação e na satisfação do cliente com o menor custo para a empresa são assim prioridades. O rápido desenvolvimento das tecnologias e a expansão dos mercados a nível global trouxe novas questões às empresas, assim como a necessidade de novos produtos e novos ritmos. O papel da Fabricação Rápida como um importante instrumento no desenvolvimento de produto, vem desde 1988. Com um papel simplificador na fase conceptual, tornando o processo mais rápido e económico. *“Actualmente, o protótipo está apto para testes de resistência e mecanismos de encaixe. Com a sua capacidade mecânica cada vez mais adequada para análises, tornando-se assim uma ferramenta indispensável.”*⁶⁰

As novas tecnologias de protótipos e ferramentas numa fase precoce do desenvolvimento do produto permitem testar novas ideias com maior rigor, evitando interpretações incorrectas, incentivando-se a crítica construtiva, envolvendo-se os técnicos de todos os sectores relacionados com o ciclo do produto, prestando-se antecipadamente informações aos fornecedores e fabricantes de ferramentas e até reduzindo-se a necessidade de informação na forma de desenho 2D.

“Os materiais foram um dos factores mais explorados, incorporando novos compostos que permitem propriedades mecânicas superiores. As vantagens da utilização para o Design são vastas, desde independência dos moldes, redução substancial de custos e viabilidade das pequenas séries. Esta última foi uma das grandes impulsionadoras da ideia da personalização de produtos, não da sua

⁶⁰ Cit. Felício, Fernando in **Fabricação Rápida do Design Uma abordagem na Concepção de Produto**, p. 33.

possibilidade mas da sua exequibilidade financeira, livre dos constrangimentos das ferramentas tradicionais e dos investimentos e riscos inerentes às peças únicas.”⁶¹

Entretanto, há a necessidade posterior de reduzir o tempo de colocação do produto no mercado, encurtando não só a fase de desenvolvimento, mas também a fase de industrialização. Por estas razões, as tecnologias de prototipagem rápida estão agora a evoluir para o fabrico rápido de ferramentas⁶².

Todos estes benefícios previnem erros e custos, diminuem o tempo de colocação do produto no mercado e aumentam as possibilidades de melhoria e sucesso do Design, o que permite afirmar que as tecnologias de fabrico rápido de ferramentas surgem como óptimas ferramentas ao serviço do Design, complementando o processo de prototipagem.

⁶¹ Cit. Girão, Tiago – Seminários de orientação de Mestrado, 2015.

⁶² Vasconcelos, Pedro; Lino Jorg,e F.; Neto J., Rui – **O Fabrico Rápido De Ferramentas Ao Serviço Da Engenharia Concorrente**, p. 3.

3.2 Protótipo no Design

O Design é fundamentalmente a procura da “*Forma que segue a Função*”⁶³, premissa existente desde a Bauhaus. A mesma frase poderia ser reescrita como a *Forma é a resolução da Função*, onde a função tem dois elementos principais: o primeiro reside na presença singular do desempenho, incluindo todos os aspectos inerentes ao utilizador, desde as aptidões às limitações do mesmo; o segundo refere-se aos aspectos físicos de produção desde a selecção do material à construção, portanto os custos e a realização do produto.

Deste modo *a forma segue a função* implica a inércia da forma, contendo a função como sendo o agente primário decisivo do Design. Tendo *a forma como meio de resolução da função* a metodologia de produzir torna-se determinante no processo do Design⁶⁴.

*“Existe no entanto a ideia que os protótipos protelam o processo, consumindo-se tempo valioso em simulações, modelos e desenhos; mas na realidade prototipar acelera a aquisição de resultados, devido à experiência adquirida através da tentativa-erro, o que facilita a escolha de qual caminho seguir.”*⁶⁵

Ao criar formas sobre o papel utilizando um lápis ou um marcador, o Designer não só pode obter auxílio e compreensão de quais são as reais bifurcações da produção, como também se encontra na possibilidade de dar um passo em frente no entendimento da realidade dimensional e do comportamento material do produto. É necessária a compreensão do mundo real, a interacção com as pessoas e métodos de produção, a fim de criar produtos bem-sucedidos, o que requer um trabalho de equipas multidisciplinares.

Isto não se limita unicamente ao Designer de produto mas também a profissionais de outras áreas, como Administradores, Engenheiros, Executivos, Arquitectos entre outros. A Gestão tem cada vez mais trabalhado lado a lado com o Design, numa troca de conhecimentos e metodologias de projectar. Um exemplo desta parceria está no projecto embrião UL3 Global Product em 2013, que juntou num ambiente multidisciplinar a Faculdade de Belas-Artes (FBA) o Instituto Superior Técnico (IST) e o Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG). O desafio era cada grupo participante culminar num produto físico inovador. Deste modo três mestrados da Universidade de Lisboa encontraram-se num meio de cooperação:

⁶³ Sullivan, Louis. Tradução Livre: “*Form Follows Function*.”

⁶⁴ Lesko, Jim. **Design Industrial, Materiais e Processos de Fabricação**, 2004, p. 5.

⁶⁵ Brown, Tim – **Change by Design**, 2009. p. 55.

Design de Equipamento, Gestão e Estratégia Industrial e Engenharia de Materiais e Mecânica. O projecto contou com o apoio e mentoria de professores de cada uma das valências – Manuel Laranja (ISEG), Paulo Parra (FBA) e Arlindo Silva (IST). O Projecto ORTO destacou-se neste projeto ao ganhar o 2º lugar no Start@ULisboa⁶⁶ com uma solução para uma horta vertical urbana como pode ser visto da Figura 14. Na fase inicial foi dado um *brief*⁶⁷ que visava responder a uma necessidade do quotidiano. De seguida os grupos saíam a rua com o papel de espões, com o objectivo de observar o dia-a-dia das pessoas e os seus hábitos. Encontrada a falha os grupos voltam à pesquisa na procura de mais informação e soluções já encontradas para o problema por eles visionado. Foi deste modo que nasceu o ORTO, um produto que oferece a possibilidade de plantar pequenos alimento, ervas aromáticas e plantas ornamentais de um modo didático e sem que haja poluição visual do espaço. Todo este projecto foi sustentado nos resultados obtidos depois de um processo de prototipagem, onde foram testadas as capacidades mecânicas do produto, tanto como a sua estética através da utilização de materiais que se aproximassem dos finais.



Figura 14 - ORTO, horta vertical urbana, criado por uma equipa multidisciplinar no âmbito do projecto UL3.

Para obter uma maior dinâmica de projecto, o protótipo deve ser primeiramente de baixo custo, rápido de executar e até mesmo rude, de modo a permitir a pesquisa de várias ideias em simultâneo. Desta forma a prototipagem deve inicialmente ser realizada numa fase

⁶⁶ A Start@UL é um programa de aceleração de negócios que oferece uma aprendizagem *hands on*, criando um ambiente imersivo e próximo do real, onde os participantes possam sentir as pressões e incertezas comuns num processo de montagem de uma *startup*.

⁶⁷ Entenda-se por sumário, resumo de factos, dar a conhecer em poucas palavras.

conceptual, partindo de materiais facilmente manipuláveis como simples modelos em papel, cartão, plasticina ou esponja. O número de protótipos deve ser cada vez menor e a qualidade cada vez mais aprimorada, consoante o avanço do projecto devendo progressivamente tornar-se melhor definida a ideia. Na fase final, o protótipo deve ser mais cuidado, realizado em materiais mais resistentes, para não correr em perigo aquando testado. É ponto assente que prototipar segue um propósito, aprender sobre um elemento e torná-lo visível, sabendo quando parar⁶⁸.

O Designer deve ter uma boa compreensão de todos os processos de prototipagem que tem disponíveis, a fim de poder escolher o melhor percurso que se adapta às suas necessidades. Se o Designer não estiver ciente dos processos que têm ao seu dispor, estará limitado no que diz respeito ao potencial criativo. Deste modo, estudantes de Design deveriam ter uma compreensão de materiais e métodos de prototipagem já no princípio do seu currículo. Este é um importante aspecto, uma vez que ao avançar no curso mais e mais projectos são solicitados e, conseqüentemente, os estudantes necessitam de visualizar e desenvolver formas que, mais tarde ou mais cedo serão concretizadas. Sem o conhecimento inteligível de uma base de materiais e das possibilidades de processos de prototipagem, os estudantes podem apenas idear, limitados pela insciência do assunto e esquecidos da variedade de possibilidades existentes⁶⁹.

Num protótipo podem ser identificadas quatro funções⁷⁰:

- A aprendizagem;
- A comunicação;
- A integração;
- A criação de marcos temporais.

A aprendizagem acompanha o desenvolvimento do projecto, servindo o protótipo para ilustrar características e auxiliar no levantamento de questões. É através do contacto real com objectos materializados que o Designer produz ideias. É nesta relação entre o físico e o abstracto, que a imaginação é explorada ao máximo, gerando novas possibilidades⁷¹.

A criação de modelos facilita a comunicação entre Designers, cliente e utilizador. A dimensão física e a existência de proporções palpáveis ilustram claramente o que figuras bidimensionais não conseguem.

⁶⁸ Brown, Tim – **Change by Design**, 2009. p. 57.

⁶⁹ Lesko, Jim, **Design Industrial, Materiais e Processos de Fabricação**, 2004, p. 1.

⁷⁰ http://www.innovate-design.com/prototyping-process/?utm_expid=67950922-1.KUCYEggTTJ-5tudi9Or7BQ.0 [Em linha].

⁷¹ Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger – **Teaching materials to accompany Product Design and Development Chapter 14, 4 steps prototype**, p. 6 [Em linha].

O protótipo tem ainda um papel a desempenhar na integração do projecto, uma vez que demonstra o funcionamento e relação entre componentes.

Pode ser tido ainda como um marco temporal, revelando a fase de projecto num determinado período, levando a que os prazos de entrega sejam cumpridos, já que é uma meta estabelecida.

Não há muito tempo atrás, os designers eram ecléticos. Os seus conhecimentos abrangiam as artes, a ciência, a engenharia e a arquitectura; de modo a apreender o funcionamento básico da natureza e, em seguida, aplicar o que aprenderam para resolver os problemas do dia-à-dia. Com o tempo, a quantidade e complexidade de conhecimento acumulado levou à especialização da profissão. Se no passado tínhamos amplitude de conhecimento, actualmente temos profundidade do conhecimento. Os Designers tornam-se mais especializados – consequências dos avanços e descobertas – passando a trabalhar em conjunto com outras áreas do conhecimento, deste modo a prototipagem trás valor ao processo de Design. É compreensível que o processo pareça indefinido, podendo dizer-se "mas como é que isto me ajuda se a inovação não é um ritual diário? E como fazer para criar protótipos de um novo serviço ou negócio?"

Prototipar é agir antes de ter respostas, trata-se de oportunidades, hipóteses, esboços indefinidos que no final se esperam tornar reais. Para Robert Hayes⁷², da Escola de Negócios de Harvard, *“Há quinze anos atrás, as empresas competiam pelo preço. Hoje é pela qualidade. Amanhã, será através do Design”*. Design que deve estar apto a comunicar, a expor e valorizar o seu posicionamento, a trazer valor, com objectivos estratégicos centrados no utilizador. O Design deve estar ao serviço do desenvolvimento de novos produtos que vão de encontro às necessidades reais das pessoas.

O papel do Design nos negócios deve, como referido anteriormente gerar valor. É nesse ambiente que a gestão de Design surge, como uma forma de capacitar os profissionais perante um mercado que exige conhecimentos multidisciplinares e, principalmente, estratégicos.

*“A utilização do protótipo como um activo estratégico pelas empresas permite uma diferenciação dos demais concorrentes no mercado, pois é visto que o protótipo está presente em todas as etapas do desenvolvimento de novos produtos, acelerando o processo de comunicação e a resposta às necessidades encontradas.”*⁷³

⁷² Robert H. Hayes é um académico americano, actualmente Professor Emérito de Administração de Empresas na Harvard Business School.

⁷³ Dziobczenski Paulo, Bernardes Mauricio – **A Utilização do Design como Estratégia de Diferenciação**, p. 1.

3.3 Um processo de Design de Produto

O processo de Design inicia-se com um problema. Um problema não definido que terá que ultrapassar alguns constrangimentos até se achar a solução definitiva. De entre os constrangimentos temos em primeiro lugar o próprio designer, sendo o primeiro a impedir e a bloquear o processo colocando entraves. Além do designer, até encontrar a solução, o “problema” terá que ser confrontado com clientes, utilizadores, fornecedores, produtores, distribuidores, processos legais, questões de tempo e por fim questões sociais e culturais. O designer tem em consideração tanto o problema como a solução, mas o seu foco está na solução e no caminho a traçar até a alcançar. “*Conseguir um bom projecto constitui o desafio, aquele que resolve os problemas e cria valor para o cliente e um potencial utilizador.*”⁷⁴

Ao falar de Processo de Design é necessário ter em conta que existem diversas formas de o abordar. Este pode ser dividido em três sectores. Um parte de um Design totalmente inovador, tratando-se de um Design original e criativo; Outro é o Design de aperfeiçoamento ou de adaptação, na medida em que se altera um produto melhorando as suas capacidades ou dando-lhe novas funções. Por último mas não menos importante, temos o Design de imagem, algo apenas estético que não tem qualquer implicação a nível da performance do objecto mas sim ao aspecto do produto. À parte do Design inovador criado de raiz, todos os outros podem ser vistos como um redesign, isto é, uma actualização ou uma melhoria da solução para um produto, respondendo às exigências dos mercados emergentes e de consumismo. São poucos ou mesmo nenhuns os produtos que não sofreram um redesign, com o objectivo de aperfeiçoar a resolução de um problema⁷⁵.

A prototipagem é per si um modo de resolver problemas aquando da concepção de um produto. Este processo começa desde o início do projecto e continua até à produção. A prototipagem evolui em conjunto com o processo de Design; protótipos simples servem como esboços tridimensionais iniciais que depois são substituídos por iterações de versões sucessivamente mais refinadas. Quanto mais complicado é o produto, mais condicionamentos estarão envolvidos e mais protótipos serão necessários. Protótipos físicos permitem o trabalho em equipa e a colaboração, pois obrigam a equipa a lidar com problemas reais, que são mais

⁷⁴ Lawson e Dorst, p. 30. Tradução Livre “*Achieving a good design is the challenge, one that solves the problems and creates value for the client and a prospective user*”.

⁷⁵ K. N. Otto e K. L. Wood – **Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development**, Prentice Hall. 2001. p. 154.

facilmente ignorados em apontamentos e debates verbais. Os protótipos também auxiliam nos requisitos técnicos de construção para melhor usabilidade⁷⁶.

Fazer Design é uma das coisas mais complexas e sofisticada. O Design, ao contrário de outras áreas como a engenharia, não é uma ciência exacta e, como tal, os seus projectos são muitas vezes abstractos, pouco claros, tendo o designer de fazer a sua escolha e tomar decisões. Não existe uma fórmula correcta ou uma única resposta a um problema, existem apenas caminhos heurísticos.

Segundo a norma ISO 8402,⁷⁷ produto é o resultado de um processo, que é normalmente constituído por diversos componentes, os quais têm funções diferentes. Pode considerar-se um produto como um conjunto de funções. Existe um número de características que determinam se o desenvolvimento de um produto é bem-sucedido, são elas: factores de qualidade – que têm em conta uma definição clara das especificações do produto e a escolha das melhores soluções para as resolver. Se este responde às necessidades do cliente, se é confiável e se está bem projectado; factores de custo – que avaliam as condições determinantes da viabilidade de um projecto. Qualquer custo existente que pode ser reduzido, lucros e valor entendido, o tempo de desenvolvimento, aproveitando oportunidades de investimento e retorno; factores de serviço – ter sempre presente a satisfação do cliente; e por fim factores de ambiente – as implicações do produto no ambiente e na sociedade, nomeadamente a sua vida após utilização⁷⁸.

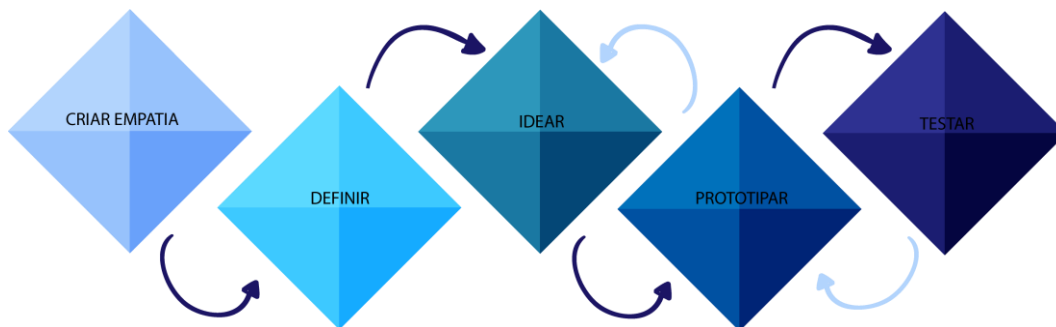
Como foi referido anteriormente, não existe uma fórmula ou método de trabalho específico, mas existe uma base comum no processo de Design. Neste processo está contido o processo de inovação, através do *Design Thinking* uma ferramenta que pode ser descrita como a disciplina que usa os métodos e sensibilidade do designer para cruzar as necessidades das pessoas com aquilo que é tecnologicamente exequível e economicamente viável, criando valor para o cliente e oportunidades para o mercado. É um sistema que ajuda a descobrir necessidades latentes e oportunidades, criando novas soluções. Para ser verdadeiro, o processo de inovação deve ser empático, centrado no ser humano, holístico e iterativo, colaborativo e acima de tudo, tem que trazer e criar valor.

O desenvolvimento de novos produtos conta com certas fases, que compõem o seu processo. Este processo começa com a criação de empatia, definição do problema, processo de ideação, prototipagem e por fim teste. (Esquema 1)

⁷⁶ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 6.

⁷⁷ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Portotipagem Rápida**, 2001, p. 8.

⁷⁸ Idem, p. 9.



Esquema 1 – Processo de Design.

Na fase inicial – descoberta – criar empatia e realizar uma pesquisa por significado é essencial – Pesquisar não se trata apenas de procurar exemplos aleatórios e rápidos. A pesquisa deve ser cuidada, comparativa e estruturada.

Prosseguindo no processo, deve-se abordar os problemas mal definidos, associar-lhes a realidade que os rodeia, adicionando complexidade e, mais uma vez, ter uma atitude empática “*sentir as dores dos outros, o poder de nos projectarmos no objecto observado.*”⁷⁹

Numa segunda fase deve-se estreitar o pensamento e definir o problema. Enumerar as necessidades e o significado que encontramos ao longo da pesquisa, criando uma síntese e começando a avaliar diversas propostas.

Na fase final a solução deve ser definida, as propostas devem ser confrontadas com todos os constrangimentos e redefinida se necessário. Para auxiliar a compreensão avaliar e testar as alternativas deve realizar-se um ou vários protótipos para assim validar a ideia. A ideia que a qualquer momento se pode retroceder no processo não deve ser nunca esquecida, voltar atrás é aprender. Este modo de pensar e agir é fundamental ao permitir a geração de novas realidades, fazendo com que se saia da zona de conforto e nos coloquemos na pele dos outros, criando imagens de necessidade e satisfação. Por cada uma destas etapas existem outras sub etapas de desenvolvimento que servem como marcos para avaliar o estado do projecto e decidir se se avança ou se se recua. Testando precoce e simultaneamente nas várias fases de desenvolvimento do produto, através da produção de modelos de conceito, protótipos funcionais, protótipos técnicos e pré-séries, é possível obter melhores resultados, poupando tempo e dinheiro⁸⁰.

O Design pretende ser centrado no ser humano, entenda-se, o utilizador, as pessoas, sem nunca ignorar as necessidades consoante o contexto de utilização. Não obstante, centralizar o Design no ser humano por si só não basta, há que ter em conta o contexto das pessoas e do

⁷⁹ Cit. Gouveia, André – Seminários de orientação de Mestrado, 2015.

⁸⁰ Vasconcelos, Pedro; Lino Jorg,e F; Neto J., Rui – **O Fabrico Rápido De Ferramentas Ao Serviço Da Engenharia Concorrente**, p. 11.

produto. Questões culturais, sociais, éticas e religiosas têm que ser pesadas na mesma balança que o valor do utilizador, Designer, cliente e ser humano, juntamente com as suas necessidades. Tendo em conta todos estes pontos é meio caminho para o desenvolvimento de um processo de Design satisfatório.

As tecnologias têm evoluído rapidamente e se, por um lado, proporcionam novas ferramentas de apoio ao projecto, por outro lado, a oferta de soluções para materializar rapidamente o objecto é cada vez mais diversificada. A escolha da melhor opção para se obter rapidamente esse objectivo (protótipo), antes de entrar na fase de produção, depende muito do conhecimento existente das opções possíveis e do fim a que se destina esse protótipo a materializar.

Os processos de desenvolvimento de produtos almejam uma melhor qualidade, velocidade de criação e redução dos custos, através das novas tecnologia emergentes. Novos métodos levam a novas abordagens, o que por sua vez leva a uma mudança no pensamento e na forma de solucionar o problema identificado. O processo de Design é o ponto de partida para a criação de valor através de novos produtos. O conceito de Design é muito subjectivo e não reúne consenso. Deste modo, os processos de Design de produto justificam-se pela importância que tem, associados à concepção do produto, à sua aceitação pelo mercado e consequente sucesso e comunicação com as necessidades reais das pessoas⁸¹.

⁸¹ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Portotipagem Rápida**, 2001, p. 2.

Capítulo 4

PROTOTIPAR PARA QUÊ?

4. PROTOTIPAR PARA QUÊ?

*“Reconhecer a necessidade é a condição primária para projectar.”*⁸²

Prototipar é pensar com as mãos, é exibir uma ideia em formato físico construindo-a para pensar melhor, fazendo a ideia evoluir para um nível superior. O detalhe e esforço colocados na construção de um protótipo dependem da fase do projecto – numa primeira fase, um protótipo pode exigir apenas cinco minutos de esforço investido num desenho em papel. Em fases mais adiantadas o protótipo pode exigir semanas ou meses. Um protótipo rápido pode permitir desperdiçar ideias fracas – e com muitas ideias em cima da mesa, é importante saber prototipar depressa. É crucial saber falhar e por isso a prototipagem acompanha todo o processo de desenvolvimento de um produto. Com um protótipo podemos explorar ideias e fazê-las evoluir⁸³.

Para quê então prototipar? Para desenvolver uma ideia, para comunicar com outras pessoas. Prototipar é a oportunidade de errar. Onde erra o protótipo não erra o produto. *“Um desenho ajuda, um protótipo resolve.”*⁸⁴ Prototipar é tornar real e tangível uma ideia, conceito ou desenho. É um modo de explorar, de testar e avaliar a realidade a que nos propomos a realizar. Um protótipo dá a garantia de interacção e contextualização com as pessoas e permite a validação do produto final, antes de este ser comercializado.

*“A prototipagem acompanha o processo de Design do início ao fim. O acto de prototipar pode surgir no decorrer que uma pesquisa, durante um brainstorming, como meio de ilustrar um desenho ou como elemento desbloqueador durante uma reunião. Ao início os protótipos são em maior número e são eles que auxiliam a definir as especificações do produto. Já no final do processo são as especificações do produto que definem o protótipo.”*⁸⁵

Protótipos físicos são usados de inúmeras formas com o objectivo de resolver problemas e desenvolver uma melhor compreensão das exigências do projecto. Em conjunto com esboços e outros métodos a prototipagem resulta da exploração, permitindo a realização

⁸² Cit. Eames, Charles Tradução Livre: *“Recognizing the need is the primary condition for design.”*

⁸³ <http://www.novabase.pt/pt/dp/o-design-thinking> [Em linha].

⁸⁴ Cit. Inngage Design in <https://inngagedesign.wordpress.com/2015/03/31/prototype-to-learn/> [Em linha].

⁸⁵ Idem.

de testes com utilizadores, testes de comunicação, de verificação, de concepção e testes padrão. Um único protótipo, muitas vezes tem mais de uma função: por exemplo, para exploração muitas vezes envolve alguns testes de utilizador simples. As seguintes categorizações são destinadas a ser prescritivas, chamando à atenção para os muitos usos de prototipagem⁸⁶.

⁸⁶ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 20.

4.1 Idear

Idear é criar na mente, imaginar; projetar, conceber. Envolve diversas ações simultâneas e heterogêneas. Não depende de uma única pessoa, mas da relação entre duas ou mais, além de diversos factores externos. É um trabalho conjunto entre Designer e cliente. Entre dois mundos que, por vezes, são extremamente diversos. Ao Idear está-se a criar e também é projectar, inventar, fundar e originar⁸⁷. O processo de idear passa pela indagação. Nesta fase tudo é permitido e a frase “isso já existe” é proibida. Neste momento de projecto o pensamento é aberto a todo o tipo de sugestões. Uma vez definido o problema à que agora procurar entende-lo colocar todas as questões possíveis, de modo a não haver pontos *brainstorm* esquecidos que podem comprometer o projecto numa fase mais avançada. O recurso a, lista de elementos entre outros, são um dos meios de organizar as ideias e começar a criar caminho para a fase seguinte, onde todas as ideias são geradas e o problema começa a ganhar forma.

4.1.1 Gerar Ideias

Apesar de ser uma das últimas etapas do processo criativo, pela lógica do Design Thinking, a prototipagem envolve dinâmicas colaborativas e práticas de alta eficácia para comunicação de experiência do utilizador / cliente, no processo de consumo de um serviço. Os chamados *Knowing Prototypes*, são protótipos que ajudam a perceber o contexto, definindo o problema e a gerando ideias⁸⁸, a tirar conclusões e a eliminar preconceitos. São construções rápidas de baixo custo. A criação de protótipos de baixa fidelidade permite que as ideias sejam testadas antes que se realize um protótipo de experimentação⁸⁹. Geralmente é um processo manual e pode ser gerido com uma dinâmica colaborativa, onde ocorre o conceito de Design Participativo. De igual modo, numa reunião um exercício de *brainstorming* é uma mais-valia para a geração de ideias, uma vez que, neste método todas as ideias são válidas, sendo um processo colaborativo que parte de um ponto central ao qual se tentará encontrar uma resposta.

⁸⁷ <http://www.ideardesign.com.br/criacao/> [Em linha].

⁸⁸ <https://innegagedesign.wordpress.com/2015/03/31/prototype-to-learn/> [Em linha].

⁸⁹ Idem.

4.1.2 Explorar Ideias

Assim como o *brainstorming* e os desenhos são fundamentais para a ideação, a dimensão física permite a experimentação dos materiais através de processos manuais, que não são possíveis por si só através da visualização bidimensional. A prototipagem exploratória envolve a apreensão de um modelo rápido e sequencial para complementar os desenhos, ideias e pressupostos⁹⁰.

Explorar as possibilidades ajuda a avaliar se uma ideia é merecedora de ser continuada, podendo até levar a *insights*⁹¹ inesperados, e, portanto, a produtos mais inovadores. Um baixo nível de fidelidade é muitas vezes suficiente para servir como uma prova de conceito.

O termo "exploratório" é mais abrangente, uma vez que descreve qualquer protótipo feito rapidamente de modo rude e básico cuja função é a de análise de ideias alternativas emergentes. A Exploração Funcional é geralmente altamente experimental e, por vezes, origina até protótipos grosseiros de modo a poderem ser desmontados e recombinaos em novas criações funcionais. Este pode ser chamado de *Showing Prototypes*, onde mecanismos ou outros elementos do produto podem até mesmo ser construídos em lego para ter uma ideia de como funciona, o que por sua vez fornece uma base para a próxima iteração⁹².

Ao explorar uma ideia à que ter em conta que:

- Esses protótipos são principalmente construídos para o Designer, para ajudar a entender o que se pretende fazer;
- Manter o modelo simples e livre de detalhes que prejudiquem e distraiam a atenção;
- Fazer o uso adequado dos materiais, recorrendo a materiais baratos e fáceis de manusear;
- Construir modelos em paralelo para explorar diferentes questões, por exemplo, trabalhar simultaneamente *Works-like/Looks-like*⁹³;
- Ter sempre em conta que este tipo de protótipo é descartável. É um exercício de experimentação que procura responder à pergunta para quê prototipar: para tentar aprender com o modelo.

⁹⁰ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 20.

⁹¹ Entenda-se por ilações.

⁹² Idem, p. 2.

⁹³ Idem, p. 21.

A exploração da forma (desenho ou modelos) geralmente começa em materiais de baixa fidelidade, como placa de espuma, cartão ou poliestireno. A abordagem é muitas vezes trabalhar directamente a partir de um esboço rápido em vez de criar desenhos exatos.

Explorar novas possibilidades tem tudo a ver com a curiosidade e a descoberta. A exploração de novas tecnologias e novos materiais é tão importante quanto explorar a forma e a função.

O famoso arquiteto finlandês Alvar Aalto⁹⁴ desenvolveu o seu inovador mobiliário de bétula laminado através da extensa abordagem de prototipagem. Isto é ainda mais importante hoje em dia, dadas as novas tecnologias e a ênfase em Design sustentável. Por exemplo, os ténis Nike Trash Talk⁹⁵, que podem ser visionados da Figura 15, surgiram da experimentação de Designers da Nike que, exploram como produzir um sapato de atletismo com qualidade utilizando sobras de materiais, de modo a reduzir o seu impacto ambiental.



Figura 15 - Nike Trash Talk Shoes.

Os Designers de produto tentem a construir muitos protótipos iniciais para gerar e explorar ideias em conjunto com esboços e suporte virtual.

A abordagem exploratória leva a *insights* inesperados obtidos com a experimentação e testes, originando produtos mais inovadores. Não interessa o quê e como prototipa. Interessa porque se prototipa. “O foco de um protótipo deve estar na forma como pode transmitir *feedback* sobre o que se procura entender.”⁹⁶

⁹⁴ Alvar Aalto foi um dos primeiros e mais influentes arquitectos do movimento moderno escandinavo (1898-1976).

⁹⁵ <http://news.nike.com/news/steve-nash-and-nike-turn-garbage-into-trash-talk> [Em linha].

⁹⁶ <https://inngagedesign.wordpress.com/2015/03/31/prototype-to-learn/> [Em linha].

4.2 Testar

O protótipo também tem a função de realizar testes, avaliando a performance, segurança e interação do futuro produto com o utilizador tipo. Para tal deve ser tido em conta que:

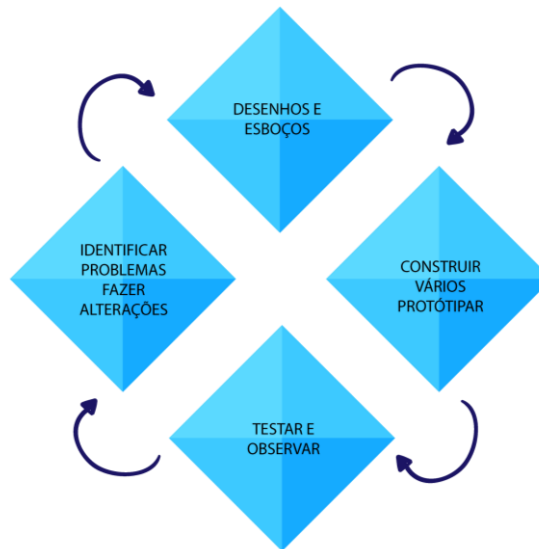
- O protótipo deve ser claro sobre o teste e as tarefas específicas para construir o modelo para essa finalidade.
- Considerar a universalidade, incluindo as pessoas com deficiência, quando necessárias;
- Explorar o uso de um contexto geral versus um contexto mais específicos;
- Observar e documentar todas as interações;
- Obter a aprovação ética antes de realizar qualquer teste com utilizadores;
- Usar *kits* de ferramentas de prototipagem eletrónicas para protótipos da experiência.
- Nunca utilizar protótipos que de qualquer forma exponham o utilizador tipo a qualquer perigo. Em caso de dúvida não proceder e obter ajuda especializada⁹⁷.

4.2.1 Teste de Utilizador

Uma abordagem de Design moderno envolve uma investigação sobre como as pessoas a interagem com um produto, interface ou serviço. O recurso a protótipos de experimentação é a base para o processo de teste, em vez de se fazer suposições sobre o seu comportamento e preferências. Ao fazer isso logo no início do processo de Design, as observações e resultados obtidos constituem para os requisitos de Design centrado no utilizador. Isto tornou-se um dos usos mais interessantes e significativos dos protótipos físicos, porque é possível testar a experiência do utilizador através do computador. Os protótipos são, portanto, usados para testar uma gama de consideração ergonómica, incluindo ajuste de tamanho face a escala etária, bem como problemas cognitivos⁹⁸.

⁹⁷ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 23.

⁹⁸ Idem, p. 21.



Esquema 2 – Ciclo de construção de um protótipo.

O ciclo de ensaio consiste na construção de um protótipo, testando-o com os utilizadores finais reais e, em seguida, observando-se o resultado desta interacção (Esquema 2). Este tipo de pesquisa etnográfica é fornecida pelo recurso a protótipos e pode incluir a filmagem dos participantes para descobrir problemas óbvios ou para verificar se o projecto está a avançar na direcção certa. O teste pode levar a algumas oportunidades de Design interessantes e inesperadas. Quanto mais alternativas são investigadas, mais vai difícil será o produto final falhar.

O ponto de partida são frequentemente protótipos artesanais simples em materiais de baixa fidelidade, que partem da experiência e são refinados. Às vezes todo o ambiente de utilização pode ser prototipado, por exemplo, o interior de um carro ou um avião. Centrando-se sobre as pessoas e as suas interacções, os protótipos podem ser mantidos simples. Isso permite mais opções a serem exploradas e a mudanças mais fáceis e de baixo custo. Protótipos em papel são uma boa técnica para testar uma interface baseada em ecrãs com uma série de modelos de papel que imitam o software ou um serviço⁹⁹.

4.2.2 Teste de Segurança

Normas de segurança de produtos envolvem testes físicos em ambientes controlados de laboratório. Esses padrões são projectados para proteger os consumidores e são produzidos

⁹⁹ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 22.

por organizações especializadas em avaliar os riscos do produto e possíveis perigos¹⁰⁰. Esses locais irão realizar os testes para as empresas, para actuar como validação de terceiros. O teste de simular possíveis perigos, incluindo o impacto, eletrocussão, estrangulamento ou qualquer outro perigo que possa ser identificado para a categoria de um determinado produto. O teste é feito em ambientes altamente controlados para garantir a segurança para os técnicos e para ter resultados precisos.

Os capacetes de bicicletas, por exemplo, são testados soltando-os de uma certa altura a partir de uma torre de queda. Isto simula uma pessoa a cair de uma bicicleta numa trajectória a uma determinada velocidade, averiguando-se qual o dano do embate¹⁰¹.

4.2.3 Tese de Performance Técnica

Componentes técnicos, tais como motores, ventiladores e baterias são provenientes de fabricantes especializados. O teste pode incluir um valor de referência de componentes dos produtos concorrentes de mercado para comparar o desempenho e o custo. Este tipo de prototipagem muitas vezes requer a construção de peças e acessórios de teste, que, dependendo do teste e situação podem exigir o envolvimento de profissionais de engenharia. O aparelho de teste, neste caso, é feito para obter os dados quantitativos repetíveis e mensuráveis.

¹⁰⁰ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 26.

¹⁰¹ Idem, p. 53.

4.3 Analisar

Para construir protótipos à que ter em conta que estes comunicam. E para tal é necessário ter em consideração alguns aspectos, para não induzir o utilizador em erro e distrair a atenção para pormenores sem importância. Por esse motivo, para realizar a análise de um modelo é preciso saber quem é o público-alvo; onde e quando vão interagir com o protótipo; o que é que se quer comunicar; será o protótipo bom para utilização ou ainda é só de demonstração; é um exercício que pode ser feito com poucos recursos, ou será necessário recorrer a um centro de prototipagem. Há ainda a urgência em comunicar a identidade corporativa, opções de cores, texturas e outros detalhes. Um modelo à escala real, cuja aparência dá a oportunidade de examinar o produto no ambiente de utilização pretendido¹⁰².

4.3.1 Contexto de Utilização

Protótipos físicos têm a vantagem de ser capazes de ser estudados no seu contexto físico real de utilização. Um produto que tem sucesso numa determinada cultura pode não ter noutra. O contexto sócio cultural altera a aceitação do produto. Não pode ser apenas tido em conta o que a empresa quer e o que um nicho na população almeja. Veja-se o exemplo da Motorola que em colaboração com a Liga Nacional de Futebol Americano convocou Designers para redesenhar os fones de ouvido dos treinadores da NFL (Figura 16). O projeto final incluiu três configurações diferente que foram prototipadas como modelos de aparência de alta-fidelidade. Os modelos de aparência foram fundamentais para se certificarem que a marca Motorola era claramente visível na televisão nacional. Isto incluiu o recurso a transmissão de vídeo factual para examinar diferentes opções de logotipo em situações de neve, chuva e de iluminação exterior¹⁰³.



Figura 16 - Motorola nfl headset.

¹⁰² Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 25.

¹⁰³ Idem, p. 24.

4.3.2 Verificação de Design

Depois da exploração da ideia e realizados os testes com o utilizador final, o produto progride em direção a um maior nível de detalhe e requinte. Surge o protótipo de alta-fidelidade, estes protótipos são utilizados para comunicar a aparência final do produto.

Estes modelos finais de aparência também têm várias funções a nível da prototipagem, como apresentações a Clientes para um fecho de contrato antes do investimento final ser feito. Podem de igual modo ser exibidos em feiras para mostra de futuro, ou usados para a fotografia de produto profissional para promoção de uma nova versão do um produto.

Este tipo de protótipo centra-se nos requintes visuais (Figura 17). Não só as formas são primorosamente cuidadas e feitas com rigor e precisão, como os detalhes de fabrico, tais como linhas de união e acabamentos de pintura deve também ser preciso assim como a textura da superfície real das peças. Posteriormente estes protótipos serão trabalhados graficamente, adicionando um realismo final, bem como para simular o ambiente de utilização. Este nível de detalhe pode ser criado através de *renders*, mas nada substitui segurar o objecto real, físico nas mãos para uma interacção mais próxima da real¹⁰⁴.



Figura 17 - Cafeteira de Aldo Rossi para a Alessi, técnica de Estereolitografia.

¹⁰⁴ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 24.

O nível de perícia e tempo envolvidos na elaboração de tais modelos é muito alta. Na prática profissional são quase exclusivamente construídos a partir de arquivos CAD 3D, ou com alta resolução 3D através de equipamentos de prototipagem rápida ou por Controle Numérico Computadorizado (CNC) das peças. (Estes processos são descritos em detalhes no Capítulo 5) O recurso a CNC e usinagem de peças em espuma de poliuretano de alta densidade tem sido muitas vezes a abordagem preferida para fazer modelos de aparência. Estas técnicas permitem um acabamento de superfície de alta resolução que exige muito pouco além da pintura para ficarem quase como o produto final. Cada vez mais, as peças feitas por prototipagem rápida têm a mesma qualidade de superfície e são utilizadas indiferentemente¹⁰⁵.

Muitos aspectos de um produto têm de ser testados e otimizados antes da produção. A simulação por meios digitais tornou-se uma parte essencial do processo de verificação de problemas de sobreposição em relação à aparência, de fabrico e de desempenho. Alguns recursos de simulação incluem a montagem de partes para garantir que as peças se encaixam corretamente, bem como a renderização foto-realística para verificar se o produto terá o aspecto pretendido. Softwares mais completos incluem ainda Análise de Elementos Finitos para verificar se há tensões e deformações perante a execução de força ou até mesmo teste de queda. Modelos CAD são por sua vez o ficheiro de saída para a impressão de modelos 3D (ver Capítulo 5), onde podem ser criados protótipos totalmente funcionais como é mostrado no estudo de caso no capítulo cinco.

A tabela 1 mostra como a prototipagem digital e física se complementam. Há vantagens distintas entre ambas. A simulação virtual pode acontecer muito rapidamente e é útil para estudar os efeitos de carga e outros parâmetros funcionais. Ao mesmo tempo é impossível a verificação de questões ergonómicas, como o conforto, sem protótipos físicos reais. No caso referido anteriormente dos headset da Motorola foi necessária a construção de um protótipo de alta-fidelidade, para verificar o conforto e usabilidade de cada uma das três alternativas, através de protótipos físicos que poderiam ser usados e testados¹⁰⁶.

¹⁰⁵ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 25.

¹⁰⁶ Idem, p. 25.

Tabela 1 - Prototipagem Digital vs. Prototipagem Física.

Processo Digital	Processo Físico
Aspectos de verificação	Protótipos físicos
Estética e marca	Modelo aparência
Mapeamento de tarefas	Protótipo de trabalho
Ajuste de fabricação	Peças 3D impressos
Mecanismos	Testes e análises
Força	Componentes usinados
Dissipação de calor	Testado em laboratório

4.3.3 Comunicação com Utilizador

O Design do produto é inerentemente uma actividade interdisciplinar. Designers de produtos frequentemente necessitam de comunicar as suas ideias com o consumidor final, engenheiros e profissionais de marketing, que não vão, necessariamente, olhar para o projeto a partir do mesmo ponto de vista. Aqui entram as encenações, as personas e os Storyboard, onde o Designer pode comunicar um ambiente criando uma história, simular um utilizador tipo, criar uma série de imagens fotográficas com os participantes aquando da utilização dos protótipos físicos, para mostrar às outras partes interessadas como o produto será usado e como ele se encaixa num ambiente específico. Esta forma de comunicação interdisciplinar é de suma importância, a fim de certificar-se de que todos os envolvidos entendam e compreendam o produto e a sua função¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 23.

4.4 Validar

Existem diversos tipos de protótipos, desde desenhos à mão até completas representações funcionais. Mas mais importante que conhecer os tipos de protótipos, é conhecer primeiramente as diferentes dimensões que o seu protótipo possui e como ela se enquadra em cada um. Existem quatro estágios de validação de um protótipo sendo estes¹⁰⁸:

Apresentação: define a forma na qual o protótipo é representado, numa primeira fase de modo simples e num estágio mais avançado com recurso a maquinaria e software;

Precisão: define o quão próximo da versão final o protótipo está, através de esboço ou simulações precisas, tanto virtualmente como fisicamente;

Interatividade: define o nível de interatividade que o utilizador pode ter com o protótipo, seja apenas observar, interações básicas ou totalmente interativo.

Evolução: define o ciclo de vida do protótipo, isto é se ele será descartável, evolucionário ou incremental.

Os protótipos na fase de evolução são já de um rigor de acabamento extremo, e já passaram por todas as etapas referidas anteriormente. Este é o protótipo que valida uma ideia, que apoia as decisões e auxilia a perceber se determinado produto irá funcionar. É o tipo de protótipo que comunica uma solução.

Através de todo o processo desde a ideação, passando pelos testes até a análise do Design, o produto vai-se refinando até chegar ao desafio final, onde todo o conhecimento adquirido é aplicado e é feito o protótipo final que irá validar por fim a ideia e torna-la real.

¹⁰⁸ <http://blog.appstartup.me/prototipar-para-conquistar/> [Em linha].

4.5 Conclusões Intermédias

Através das etapas de projecto pode-se garantir uma maior probabilidade de sucesso. O motivo que leva a realização de um protótipo reside na vontade de responder as necessidades do público-alvo. Deste modo quanto mais cedo se iniciar a concretização formal, mais facilmente se descartam ideias que no papel pareciam ser a solução mas quando colocadas a provam revelam fraquezas. A prototipagem revela-se uma mais-valia no processo de desenvolvimento de um produto, uma vez que apoia na geração e exploração de ideias, permite a realização de testes mecânicos, análises do produto, elementos estéticos e pormenores fim se chegar à validação da ideia, através da comunicação com o utilizador. O protótipo está deste modo presente em toda a fase de projectar e evolui com o projecto.

Tal como já referido, uma imagem vale mil palavras, mas um protótipo responde, comunica e resolve situações.

Capítulo 5

PROTOTIPAR COMO?

5. PROTOTIPAR COMO?

*“Se podes sonhar, podes realizar.”*¹⁰⁹

A elaboração de um protótipo é um passo vital no processo de criação, a questão que agora se coloca é como concretiza-lo. A fase exploratória do processo é, possivelmente, o período de maior aprendizagem. É nesta fase que as perguntas e pensamentos mudam de "Será que posso?" para "Como é que vou?"

Fazer um protótipo à mão é a maneira rápida e de baixo custo para a resolução formal do produto. Nesta fase não existem regras, dá-se permissão para experimentar, olhar ao redor e seleccionar materiais convenientes para testar e averiguar se a ideia funciona. Para tal, à que primeiramente definir que tipo de protótipo é necessário. Existem três tipos de protótipos:

- Protótipos Visuais – Este tipo de concepção destina-se a mostrar a forma geral e as dimensões do produto, não contendo peças funcionais e, tipicamente, são feitos de materiais diferentes dos que iriam ser utilizadas para a produção do produto final. Os protótipos visuais podem e devem ser apresentados no seu estado bruto, deve ser “feito” de modo a não levar a distrações com pormenores que não são úteis para a fase de desenvolvimento em questão.
- Protótipos de Conceito – Um protótipo de prova de conceito é projectado para fornecer uma demonstração da funcionalidade do produto e mostrar os aspectos técnicos do projecto. Visualmente, este tipo de protótipos não é exactamente como o produto final e, em muitos casos, recorre-se a componentes de baixa fidelidade devido aos custos inerentes. É raro ver materiais de qualidade utilizados na produção de um protótipo de prova de conceito.
- Protótipos de Apresentação – Consistem numa representação do Design final do produto, sendo igualmente uma demonstração da funcionalidade, já com pormenores e detalhes. Esta opção de protótipo será tipicamente composta de uma mistura de materiais de grau de produção e componentes de baixa fidelidade para equilibrar a eficiência de custos com a qualidade do projecto. Este protótipo é uma boa opção para mostrar a viabilidade do produto antes de iniciar a produção¹¹⁰.

¹⁰⁹ Cit. Disney, Walt. Tradução Livre: *“If you can dream it, you can do it.”*

¹¹⁰ <http://www.innovate-design.com/prototyping-process/> [Em linha].

Materiais descartáveis são necessários no início, tais como o papel/cartão e o poliestireno ou o poliuretano. Os materiais plásticos são dos mais utilizados na realização dos produtos, uma vez que, se podem tornar no material final. Recentemente foi lançado nos Estados Unidos da América um novo material, intitulado Shapelock (Figura 18) que quando aquecido (no micro-ondas ou com o secador de cabelo) torna-se flexível - como o barro, podendo ser moldado facilmente. Quando seco, torna-se um plástico duro. Este novo material tem um custo acessível – cerca de 14€ por recipiente – e pode ser reutilizado e reciclado¹¹¹.

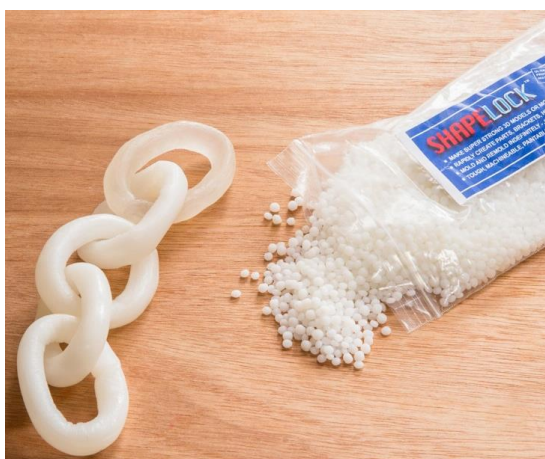


Figura 18 - Shapelock.

A investigação não deve nunca ser deixada de parte, pelo que se deve sempre considerar as novas tecnologias emergentes. Por exemplo, ao criar um protótipo o recurso à prototipagem rápida pode ser uma mais-valia, uma vez, que esta tecnologia permite a realização de protótipos em polímeros e madeiras feitos rapidamente a partir de desenhos assistidos por computador (CAD), além de ser uma tecnologia de relativo baixo custo.

A fase de prototipagem é um grande momento para explorar todas as possibilidades que estão no mercado. Não se limita a quaisquer noções preconcebidas – quer no uso de material, quer nos profissionais que se podem consultar – o objectivo é aproveitar as tecnologias e associa-las aos projectos, tirando o melhor proveito.

Neste capítulo serão apresentados os principais materiais utilizados na prototipagem e qual a melhor aplicação de cada um.

De igual modo, serão abordados os três processos de construção de um protótipo – processo manual, digital e prototipagem rápida, com o intuito de demonstrar o papel de cada processo do desenvolvimento de um produto e a importância do conhecimento e domínio de todas as técnicas para a obtenção de melhores resultados.

¹¹¹ www.shapelock.com [Em linha].

5.1 Tipos de Materiais

Desde os primórdios da civilização que o Homem tem utilizado os materiais, conjuntamente com a energia, para melhorar os seus padrões de vida. Os materiais são parte integrante da nossa vida; madeira, betão, aço, plástico, vidro, borracha, alumínio, cobre e papel são alguns materiais frequentemente utilizados. No entanto, existem muitos mais tipos de materiais. Em resultado das actividades de investigação e desenvolvimento tecnológico, novos materiais estão frequentemente a ser inventados quer por questões económicas e ambientais.

A produção de materiais e o seu processamento de modo a obterem-se produtos acabados constituem uma fatia importante da economia moderna. Por razões de conveniência, a maioria dos materiais são divididos em três classes: materiais metálicos, materiais poliméricos (ou plásticos) e materiais cerâmicos. Para além das três classes principais, consideremos outros tipos de materiais, como os materiais compósitos e os materiais electrónicos, devido à sua grande importância¹¹².

Como principal resultado da reflexão sobre os estudos abordados cita-se a directa relação entre o Design de produto e os materiais, pois em primeira instância estes materializam os produtos projectados. Além disso, podem promover a comunicação e a melhoria da qualidade de vida dos seres humanos.

O Designer de produto é responsável pela materialização de objectos que medeiam o quotidiano. O processo de Design envolve desde o planeamento até à produção e está inserido em estruturas que o influenciam, sejam elas sociais, económicas, tecnológicas ou culturais. Desta maneira, os objectos podem ser considerados produtos culturais na medida em que *“são projectados e produzidos para sustentar as práticas sociais vigentes, podendo também contribuir para a transformação e re-elaboração simbólica destas mesmas práticas.”*¹¹³

5.1.1 Papel e Cartão

O papel é um material reutilizável e fácil de trabalhar. Por ser um material de baixa tecnologia pode dar a percepção de não ser adequado para projectos tridimensionais mas, na

¹¹² Callister, William – *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*, p. 4.

¹¹³ Santos, Flávio Anthero Nunes Vianna – *Uma Proposta de Método Aberto de Projeto para Uso no Ensino de Design Industrial*, Tese de Doutoramento, p. 15.

verdade, é extremamente flexível e simula diversos materiais, sendo mais limitado pela habilidade e imaginação do que pelas suas propriedades.

A folha de papel pode ter espessuras, níveis de brilho e textura diferentes, sendo a vantagem deste material a facilidade de acesso e de manuseamento. Papel mais espesso do que 0,5 mm é classificado como cartão e pode ser encontrado na maioria das embalagens. A reutilização destes materiais faz todo o sentido ao criar o protótipo para exploração¹¹⁴.

Através do papel é possível apreender forma e função tendo por base a observação e o comportamento de um modelo simples, uma vez que, o papel se comporta da mesma maneira que uma folha de metal – sendo mais fácil de utilizar e aplicar ao realizar um protótipo. Este é um material vantajoso para trabalhar questões de proporção e dimensões, bem como para simular de mecanismos simples (Figura 19).



Figura 19 - Exemplos de protótipos realizados em papel pela Fiskars.

O papel é também muitas vezes o ponto de partida para examinar têxteis, pois comporta-se da mesma forma e permite a criação de padrões. No início do processo de Design não são necessários modelos detalhados em materiais finais. Por conseguinte, faz todo o sentido o uso de materiais simples, para economizar tempo e para descobrir e trabalhar quaisquer problemas¹¹⁵.

Os processos digitais 2D são outro modo de prototipar, como será mostrado mais a frente (pág. 90). Mesmo quando o protótipo pode ser construído com recurso a materiais simples como o papel, muitas vezes começar com um modelo impresso é uma mais-valia. Um exemplo deste caso está na criação de *layouts*. Em Design de interfaces, o papel é usado para realizar testes de usabilidade antes de desenvolver o código de computador interativo, como é demonstrado do exemplo dado na Figura 20, para que os Designers possam tentar prever o comportamento do utilizador.

¹¹⁴ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 86.

¹¹⁵ Idem, p. 88.



Figura 20 - Exemplo de interface para a criação de um ipad específico para idosos.

No que diz respeito à criação de formas tridimensionais as qualidades do papel têm de ser enaltecidas. O papel pode ser cortado, dobrado ou torcido tal como pode ser visto na Figura 21, onde é realizado um protótipo de um candeeiro. Neste caso, pode ser curvado numa direcção, o qual é adequado para as formas geométricas, tais como cilindros e blocos. Por outro lado, a curvatura em duas direcções exigiria o material a esticar. Portanto, não é fácil criar formas mais complexas, tais como esferas ou formas orgânicas em papel. No entanto, com um pouco mais de tempo investido é possível criar assemblages de diversas partes para criar uma forma mais próxima do real.

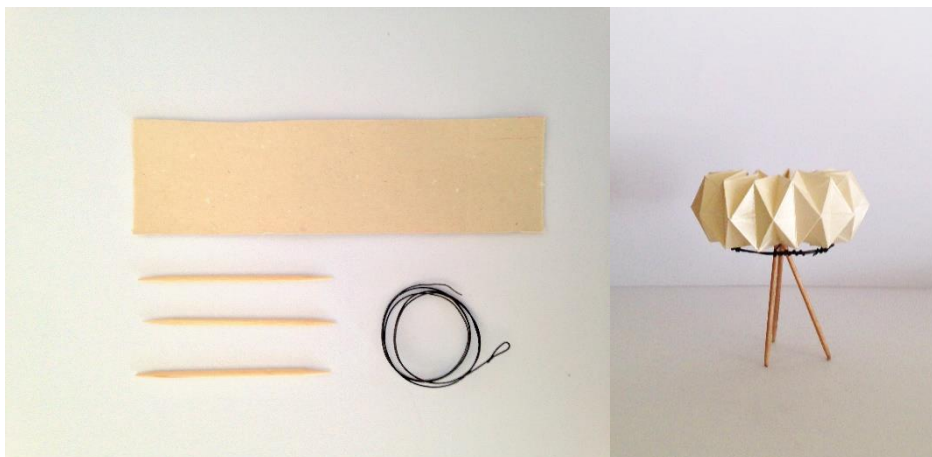


Figura 21 - Protótipo de candeeiro.

Este processo de dobrar papel baseia-se nas técnicas de origami e pode ser usado para explorar a forma tridimensional e a fragilidade do modelo (Figura 22). Paul Jackson¹¹⁶ demonstra essas técnicas no seu livro *Folding Techniques for Designers*.



Figura 22 - Candeeiro em papel com recurso à técnica de dobragem de Paul Jackson.

O papel é deste modo um material versátil que pode ser aplicado ao desenvolvimento de protótipos. As suas propriedades permitem que este seja tanto um material de exploração como um material final. As possibilidades e o fácil acesso a este recurso tornam-no um material indispensável à prática de Design de Produto.

¹¹⁶ <http://foldingtechniques.com/> [Em linha].

5.1.2 Polímeros

Os polímeros, comumente intitulados de plásticos, são materiais formados por longas cadeias moleculares de elementos leves, tais como o carbono, o hidrogénio, o oxigénio e o azoto¹¹⁷. A maioria dos polímeros tem uma condutividade eléctrica baixa. Em 1920, Hermann Staudinger¹¹⁸ iniciou os seus estudos teóricos de estrutura e propriedade dos polímeros naturais e sintéticos.

Por volta dos anos 30 nasceu o poliestireno, mas a sua produção comercial só foi iniciada em 1936, na Alemanha. Depois da descoberta do poliestireno, polietileno, PVC¹¹⁹, poliamidas (Nylon) e poliéster, o conhecimento dos mecanismos de polimerização contribuiu, nos últimos anos, para o nascimento de outros materiais plásticos com características físico-mecânicas e de alta resistência ao calor, os chamados tecnopolímeros ou polímeros para engenharia.

A partir de 1945, as matérias-primas plásticas entraram através dos produtos na rotina das pessoas, independentemente do estatuto social.

A substituição progressiva dos materiais tradicionais pelas novas substâncias sintéticas mudou o conceito de forma, ergonomia e utilidade dos objectos que o homem estava acostumado a manusear no seu dia-a-dia.

Com a introdução do plástico no mercado mundial, novas demandas surgiram, como os produtos descartáveis, artigos para lazer, eletroelectrónicos, entre outros. No sector de eletrodomésticos, por exemplo, a utilização do plástico está em constante crescimento e evolução¹²⁰.

5.1.2.1 Termoplásticos

Os termoplásticos incluem materiais domésticos comuns, tais como ABS¹²¹, poliestireno acrílico, polipropileno e policarbonato. Este tipo de plástico quando aquecido à sua temperatura de fusão torna-se num líquido viscoso, permitindo a moldagem por injeção

¹¹⁷ Callister, William – *Ciência e Engenharia de materiais: uma introdução*, p. 4.

¹¹⁸ Hermann Staudinger, 1881-1965, foi um químico alemão, agraciado com o Nobel de Química em 1953, pelas descobertas feitas no campo da química macromolecular.

¹¹⁹ PVC – policloreto de vinilo, vinil.

¹²⁰ http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281998000200003 [Em linha].

¹²¹ ABS – acrilonitrila, butadieno e estireno.

na produção em massa. Os termoplásticos encontram-se disponíveis em diversos tamanhos, em tubo e em chapa¹²².

O acrílico (Figura 23) e o poliestireno são particularmente fáceis de trabalhar devido à sua versatilidade, sendo os mais procurados para a realização de protótipos. Outros tipos de plásticos são utilizados segundo as suas propriedades; por exemplo, o policarbonato é duro e resistente ao impacto, enquanto o polipropileno é quimicamente resistente (o que dificulta o processo de colagem e de pintura). Este é um material apropriado para a modelação aditiva, uma vez que tubos e placas podem ser cortados e combinados entre si e com outros materiais.

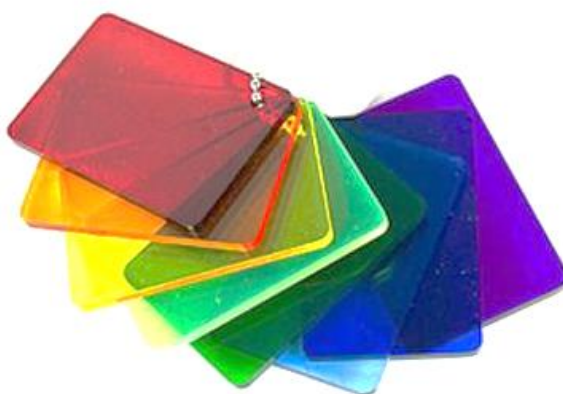


Figura 23 - Amostras de Acrílico.

Ser criativo na escolha dos materiais pode significar uma redução no tempo e dinheiro empregues na execução de um projecto. Canos de ABS encontram-se disponíveis para venda ao público e são um material de modelação adequado e barato.

O plástico é um material muito versátil e, portanto, é utilizado para ambos os modelos de baixa- e alta-fidelidade. Na fase exploratória, a substituição dos suportes 2D progrediu em direção a um simples protótipo feito de estireno. Isso tornou muito mais fácil a compreensão e avaliação de viabilidade do produto. A folha de plásticos é trabalhada através de meios manuais e digitais. Cortes mais finos de estireno podem ser trabalhados com um bisturi, enquanto materiais mais grossos tipicamente requerem algumas ferramentas de poder. Tecnologias como o corte a laser ou a maquinação em CNC permitem o corte de contornos complexos tendo por base um simples ficheiro de desenho (tema abordado na pág. 98)¹²³. Usinagem CNC é usado para peças geométricas mais complexas que requerem precisão. O recurso a esta tecnologia é necessário ao criar peças para as quais é imperativo apreender as

¹²² Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 112.

¹²³ Idem, p. 113.

qualidades materiais exactas. O recurso a prototipagem pode não ser aplicável em todas as situações, por vezes um protótipo mais “tosco” representa melhor a ideia sem criar distrações.

5.1.2.2 Poliestireno

Espuma de poliestireno, ou esferovite, é um material barato e fácil de trabalhar, sendo também este utilizado para protótipos de exploração (Figura 24). Embora a sua utilização principal seja no isolamento de habitações e/ou em embalagens, também é muito popular como um material de modelação, já que pode ser esculpido rapidamente com recurso a ferramentas simples. Adoptando um processo fluido, o Designer pode trabalhar lado a lado o esboço tridimensional ao modelar o poliestireno ao mesmo tempo que realiza a modelação digital, de modo a manter a exploração em aberto¹²⁴.

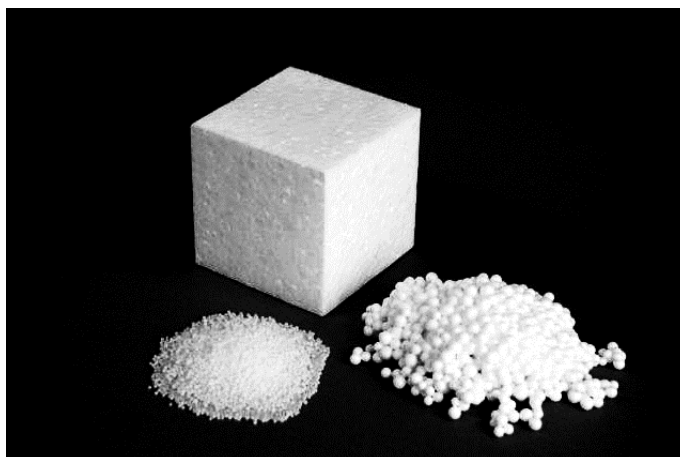


Figura 24 - Tipos de Poliestireno.

Existem dois tipos diferentes de poliestireno. Poliestireno extrudido (XPS) – ou isopor – um material de isolamento, cuja densidade pode variar e que é fabricado em diferentes cores, incluindo rosa, azul ou branco. Já a espuma de poliestireno expandido é o segundo tipo e é essencialmente o mesmo material com a diferença nos grânulos que são pré-expandidos e de seguida fundidos com vapor de água. Este processo de fabricação é apropriado para fazer formas moldadas e é frequentemente utilizado em embalagens para protecção de objectos

¹²⁴ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 104.

mais frágeis. É tipicamente branco e tende a partir e criar arestas, sendo uma superfície delicada é, portanto, inferior ao XPS como material de modelagem.

Protótipos de poliestireno são geralmente apropriados na fase exploratória pois evitam discussões desnecessárias sobre os detalhes do produto na fase inicial de um projeto, como pode ser visto na Figura 25¹²⁵. A exploração de formas e proporções globais são a aplicação típica deste material. Apesar de não ser muito resistente pode ser utilizado em testes com utilizadores para determinar elementos ergonómicos. O principal benefício deste material é o baixo custo e o facto de poder ser trabalhado com ferramentas manuais simples, sendo possível a criação de formas complexas. A velocidade com que pode ser trabalhado permite ser realizado e avaliado lado a lado com protótipos digitais.



Figura 25 - Exemplo de protótipo em poliestireno extrudido.

Para os modelos maiores, é muitas vezes mais rentável e fácil de manusear do que outros materiais de modelagem mais pesados. No entanto, tem limitações. A baixa densidade e estrutura suave faz com que seja facilmente amassado e não permite detalhes. Para os testes ergonómicos o material não apresenta o peso do produto final adequadamente e quando submetido a testes de força está propenso a partir.

O poliestireno é um termoplástico. Isto significa que sob calor vai tornar-se flexível e depois derreter. Pode, portanto, ser facilmente moldado e cortado com uma ferramenta eléctrica de baixa tensão conhecida como um fio-quente. Estas ferramentas manuais adicionam flexibilidade permitindo um melhor controlo das formas e consequentemente de detalhe.

Além das máquinas e ferramentas de fio-quente, o poliestireno pode ser trabalhado com grosas e lixa para moldar superfície. Para uma aparência mais refinada, pode ser realizada a

¹²⁵ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 104.

colagem de papel impresso com o layout desejado para ilustrar o conceito da ideia, tornando o poliestireno num material acessível para a realização de protótipos de validação de conceito¹²⁶.

5.1.2.3 Poliuretano

O poliuretano é um material de alta qualidade que pode ser esculpido para um bom nível de detalhe e acabamento. Especificamente utilizado para substituir a madeira, é um material estável, não tem uma estrutura de grão e não apodrece. As placas de poliuretano são distinguidas essencialmente pela sua densidade. Os materiais de baixa densidade (Figura 26) são bons para o trabalho exploratório, pois são fáceis de moldar e têm uma textura porosa que transmite a mensagem correcta que o modelo não é final; enquanto as placas de alta densidade são excelentes para protótipos de aparência altamente refinados onde sendo mais recorrentes para a criação de moldes do produto final e para a usinagem em CNC, tendem a ter uma densidade maior do que 480 kg/m^3 ¹²⁷.



Figura 26 - Processo de formação de poliuretano expandido.

No que diz respeito a custo-benefício o poliuretano destaca-se na fabricação de peças especiais e ferramentas. Nestas áreas, onde é necessária a confecção de moldes, o poliuretano é uma opção a ter em conta, pois os moldes para este material podem ser elaborados com plástico, metal, silicone ou próprio poliuretano, reforçado com fibra de vidro, ou qualquer material que não absorva humidade e tenha uma boa passagem de calor.

Os produtos em poliuretano têm muitos usos. Mais de três quartos do consumo global de poliuretano são na forma de espumas, com os tipos flexível e rígido grosseiramente iguais

¹²⁶ Hallgrímsson Bjarki – *Prototyping and Modelmaking*, p. 107.

¹²⁷ Idem, p. 122.

quanto ao tamanho de mercado. Em ambos os casos, a espuma está geralmente escondida por trás de outros materiais: as espumas rígidas estão dentro das paredes metálicas ou plásticas da maioria dos frigoríficos, ou atrás de paredes de alvenaria, caso sejam usadas como isolamento térmico na construção civil; as espumas flexíveis, dentro dos estofados dos móveis domésticos, por exemplo¹²⁸.

Mesmo que o custo da peça propriamente dita seja mais elevado, quando a produção é de pequenas quantidades, a redução do custo do molde justifica a escolha do poliuretano.

No geral, o poliuretano compete em várias aplicações com metais, plásticos e borrachas (Figura 27). Uma das vantagens do poliuretano sobre o metal é o menor peso. Peças fabricadas em poliuretano são, mais leves e mais fáceis de manusear. Outro grupo de materiais que os poliuretanos podem substituir são os plásticos. Uma vantagem dos elastômeros de poliuretano com relação aos plásticos é que estes não são quebradiços. Muitos plásticos, particularmente os de alta dureza, tendem a criar fissuras ou partir quando submetidos a impacto. O Poliuretano enquanto elastômero mantém a resistência ao impacto mesmo com dureza mais elevada.



Figura 27 - Peças de poliuretano para diferentes aplicações.

O Poliuretano tem memória elastomérica, isto é, quando submetido a tensão mesmo com altas durezas retorna à sua forma original. A maioria dos plásticos, uma vez forçados até certo ponto, não retornam à sua forma e dimensão original, adquirindo a forma pressionada permanentemente¹²⁹.

¹²⁸ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 123.

¹²⁹ Randall, David; Lee, Steve – **The polyurethanes book**, p. 154.

Desde modo, o poliuretano pode ser utilizado para uma variedade de criações. As suas propriedades permitem um modelo com finalização detalhada, assim como pode ser utilizado para um exercício rápido e demonstrativo.

Os materiais são fundamentais e são parte integrante do produto, a escolha correcta do material é fulcral para o cumprimento dos prazos evitando surpresas e contratempos.

5.1.3 Cerâmica

Quando se pensa em cerâmica, imagens de vasos da china muitas vezes vêm à mente. Objectos feitos de barro, um material escorregadio e molhado que é transformado numa substância dura e frágil que é susceptível de lascar, rachar ou partir. Apesar dessa fragilidade, a cerâmica é de facto um material extremamente durável, inigualável na resistência à corrosão e deterioração. O facto do nosso conhecimento de muitas das antigas civilizações ser baseada em artefactos de cerâmica encontrados em escavações é a prova disto. Este material é muito forte sob compressão, tem uma resistência ao calor extraordinária e é facilmente moldado. No entanto, sem excepção, todas as cerâmicas são frágeis e apesar de serem fortes, definitivamente não são de ferro. A argila (Figura 28), uma fonte natural abundante e facilmente extraída, constitui a base das cerâmicas tradicionais. Estas misturas começam por ser uma massa moldável, que é depois seca e queimada para criar as cerâmicas finais¹³⁰.



Figura 28 - Textura da Argila.

¹³⁰ Howes Philip, Laughlin Zoe – **Material Matters New Materials in Design**, p. 108.

A cerâmica tem um longo legado na história dos materiais, mas não se trata apenas de um material do passado. Aliando a sua extrema durabilidade com os avanços tecnológicos e novas formas de trabalhar os projectos cerâmicos, assegurou-se que este material se torna-se mais um elemento indispensável da cultura de produto.

A porcelana (Figura 29) foi originalmente descoberta na China por volta de 600 a.C. – a mais antiga porcelana, comumente chamado de "porcelana primitiva" apareceu durante a Dinastia Shang. A porcelana é classicamente delicada e graciosa, translúcida e resistente. Esta resistência advém principalmente da formação do vidro e da agitação mineral dentro do corpo do material aquando aquecido a temperaturas de cerca de 1200 graus Celsius¹³¹.



Figura 29 - Porcelana pronta a ser trabalhada.

Historicamente, está associada à fabricação de figuras ornamentadas e utensílios de mesa de alta qualidade. Nos dias de hoje, Designers e fabricantes continuam a trabalhar com o material devido à sua dureza, textura lisa, qualidades visuais e associações culturais. A porcelana também é amplamente usada para melhorar os dentes em odontologia estética na forma de folheados.

No que diz respeito a prototipagem, a porcelana é já um material nobre, utilizado para o produto final cerâmico. Para prototipar objectos de cerâmica é comumente utilizado gesso, que tem razoavelmente o mesmo peso e a aparência branca. A textura lisa é lhe conferida posteriormente. Quando se pretende desenhar um prato, por exemplo os primeiros protótipos são desenhos rápidos e livres, que contêm anotações e variações de ideias. De seguida a realização 3D em papel pode ser uma boa aposta, uma vez que, dá para averiguar a forma sem ter detalhes que distraiam. Para a realização de testes de resistência e aparência o recurso a

¹³¹ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 113.

pastas cerâmicas e ao gesso vê-se necessária, já que o papel não tem peso e é necessário entender se as arestas podem ser finas e se os pormenores desejados podem ser aplicados.

Na indústria cerâmica (Figura 30) os objectos são desenhados virtualmente e inseridos nas máquinas que iram ler o ficheiro e realizar o produto já no material final. Após passarem por uma selecção de qualidade são colocados em fornos e adicionado vidrado caso desejado. Apenas objectos de grande detalhe realizados através de molde são primeiramente realizados em barro para de seguida serem reproduzidos no material final.



Figura 30 - Conformação de um prato e resultado do produto final.

A nível académico, o recurso a pastas de moldar é o mais recorrente, pois estão disponíveis no mercado, são fáceis de utilizar e têm praticamente as mesmas qualidades do material final.

Deste modo, as cerâmicas fazem parte da fase de elaboração detalhada do protótipo sendo de maior uso para a realização de produtos também eles cerâmicos.

Devido ao aspecto visual do material é natural que seja escolhido para a fase de validação do produto.

5.1.4 Madeira

A madeira é um material natural comum e renovável, um recurso incrivelmente complexo e variado disponível em diversos pesos e graus de rigidez. As árvores estão confinadas ao clima e ambientes particulares, mas certas variedades de madeira são exportadas exaustivamente por todo o globo devido às suas propriedades naturais. A madeira é originária, quer de árvores verdes, como abetos, pinheiros; como de cerejeira, noqueira ou

mogno entre outras¹³². Giovanni Sacchi¹³³ é um dos exemplos de como trabalhar com qualidade a madeira, realizando réplicas autênticas de grandes novos do Design Italiano como Enzo Mari, Marco Zanuso ou Aldo Rossi (Figura 31).



Figura 31 - Peças em Madeira de Giovanni Sacchi. Réplica da Cafeteira de Aldo Rossi para a Alessi.

Existem madeiras de diversos tipos com aplicações em mercados variados. Entre essas aplicações destaca-se o recurso à madeira para material de construção, onde a escolha residirá numa madeira resinosa, de rápido crescimento, possivelmente com nós e veios. Já a madeira para mobiliário é selecionada para não ter imperfeições sendo tratada em estufa, o que a torna mais resistente ao aparecimento de fendas e ao envelhecimento do próprio material. Para a realização de protótipos é comum recorrer-se a folhas de madeira, tais como, aglomerados, MDF¹³⁴, contraplacados e balsas.

Boa resistência, facilidade de manuseamento e baixo custo são características que tornam a madeira atraente para realizar modelos quer de baixa ou alta-fidelidade. Uma das principais utilizações da madeira é em projectos de mobiliário¹³⁵.

Como referido anteriormente, a madeira tanto pode ser aplicada a um protótipo de baixa, como de alta-fidelidade. Veja-se o exemplo da Fiskars (famosa pela sua ampla gama de

¹³² Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 130.

¹³³ Giovanni Sacchi (1913-2005) era um desenhista italiano e Designer. O seu trabalho centrou-se na realização de modelos de objectos que fizeram a história do Design italiano, incluindo a máquina de escrever Lettera 22 e a máquina de costura Mirella Marcello Nizzoli, telefone Siemens de Grillo, rádio e televisores TS502 Brionvega Doney e Algol Marco Zanuso e Richard Sapper, entre muitos outros.

¹³⁴ MDF – Medium-density fiberboard.

¹³⁵ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 131.

ferramentas manuais bem elaboradas e inovadoras). No caso de protótipos exploratórios – de baixa-fidelidade – esta empresa utiliza a madeira, entre outros materiais, para explorar novas ideias para os produtos. Um protótipo realizado em contraplacado e cavilhas confere ao protótipo mais rigidez e nitidez de formas, auxiliando a demonstrar a ideia como se pode observar na Figura 32.

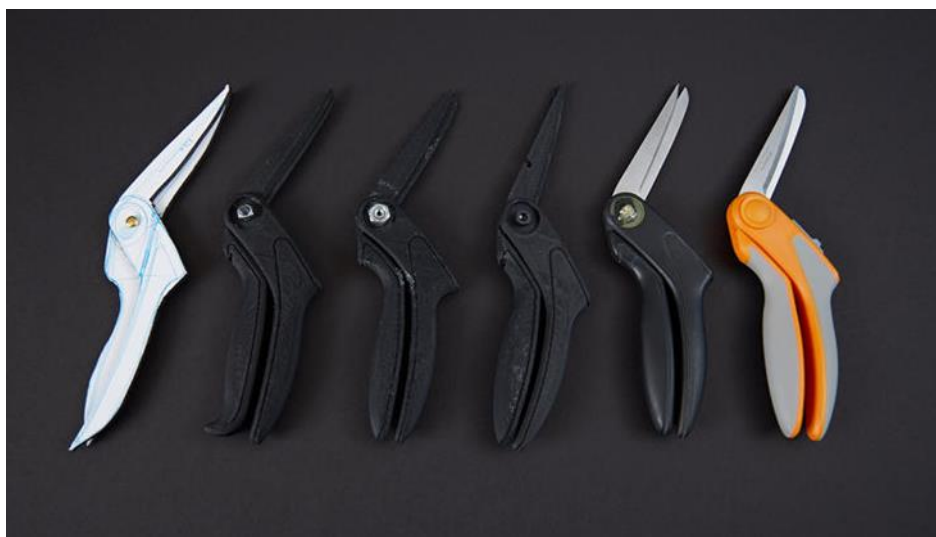


Figura 32 - Processo de prototipagem das tesouras Fiskars, desde o modelo em papel, até ao modelo de aparência final.

Neste caso, o protótipo foi focado apenas na função, sendo apenas exploratório na prova de conceito¹³⁶. A madeira é também utilizada em protótipos de aparência para comunicação, especialmente em projectos de grandes dimensões, onde os custos de material são particularmente preocupantes, ou quando o Designer prefere optar por materiais mais naturais e ecológicos. A variedade de madeiras torna este material tão versátil, uma vez que, existe a opção de escolha da rigidez ou suavidade do material, bem como da sua resistência e flexibilidade. Existem muitos factos a considerar ao escolher madeira, incluindo resistência, tenacidade, peso, custo e aparência. É por isso que é de suma importância considerar a aplicação cuidadosamente. O planeamento é essencial¹³⁷.

Trabalhar a madeira é um trabalho árduo e custa mais do que manipular placas de poliuretano ou poliestireno, pois a superfície precisa de muitas camadas de selante para cobrir completamente o grão de madeira. Contudo, os novos produtos emergentes no mercado já facilitam esta tarefa e o resultado final compensa o trabalho realizado.

¹³⁶ Idem, p. 132.

¹³⁷ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 133.

O recurso a tecnologias de CNC (Figura 33) está a aumentar, encontrando-se cada vez mais acessível quer nas escolas como nas indústrias. Através desta tecnologia o tempo de produção, bem como os custos inerentes ao projecto, são mais baixos e o nível de acabamento é superior.



Figura 33 - Maquinação em CNC.

5.1.5 Metais

A maioria das pessoas reconhece o metal pelas suas características: duro, frio e brilhante. Existem dois tipos de metais, os ferrosos e os não ferrosos. Os ferrosos, são materiais metálicos que contêm uma percentagem elevada de ferro, tais como os aços e os ferros fundidos (Figura 34); os não ferrosos são materiais metálicos que não contêm ferro ou que o ferro surge apenas em pequena quantidade¹³⁸. O alumínio, o cobre, o zinco, o titânio e o níquel, bem como as respectivas ligas, são exemplos de materiais não ferrosos.

*“Nós podemos voar por causa da ciência da aerodinâmica, mas podemos voar velozmente utilizando motores a jato devido à ciência dos metais.”*¹³⁹ As propriedades fundamentais dos metais resultam das estruturas e comportamentos do material em diferentes escalas. As ligas metálicas representam a grande maioria dos metais utilizados na concepção de produtos. Estes são fabricados através da mistura de metais fundidos em conjunto para produzir novos materiais que exibem propriedades completamente diferentes dos metais originais.

¹³⁸ Callister, William – *Ciência e Engenharia de materiais: uma introdução*, p. 4.

¹³⁹ Howes Philip, Laughlin Zoe – *Material Matters, new materials in design*, p. 18.



Figura 34 - Tubo de aço a ser cortado com rebarbadora.

As características dos metais individuais são largamente definidas pelas dimensões e forma e pelo modo como os átomos se ligam e se comportam entre si. Funcionalmente, os metais são usados frequentemente pela força e ou condutividade. No entanto, têm uma qualidade senso estética definida que proporciona função muito além de qualquer uso mecânico ou científico. A qualidade senso estética dos metais pode ser manipulada através de processos e tratamentos para produzir tanto efeitos visuais e táteis, que proporcionam uma série de referências culturais e conotações. Nos protótipos este material é aplicado já numa fase final, para testes de performance, resistência e avaliação do produto. Trata-se já de um material quase final.

Apenas fio de aço e arame são utilizados nos protótipos de exploração, em casos em que é necessário criar uma estrutura sólida viável ou quando a forma não é possível de fazer em papel. A dinâmica e a facilidade de trabalhar o arame dá liberdade à criação de modelos rápidos que a qualquer momento podem ser refeitos e alterados, sem se perder muito tempo e sem envolver grandes custos e outros materiais adicionais e estruturais. O metal vale por si só e as suas propriedades permitem uma versatilidade de formas bem como de aplicações. O tipo certo de metal aplicado no tempo certo no processo de desenvolvimento de um produto pode alterar o curso do projeto e garantir a obtenção mais rápida e eficaz de resultados, sendo sempre possível recuar e refazer o processo sem que sejam postos em causa os prazos de entrega do projecto.

5.1.6 A relação entre Design e Materiais

Os materiais desempenharam um papel importante no desenvolvimento da sociedade, ao permitirem ao Homem materializar artefactos que o auxiliaram na sua sobrevivência. No primeiro milénio de existência o Homem utilizou essencialmente madeira, pedra, ossos, chifres e couro para construir ferramentas e objectos. Com o avançar dos tempos, surgiram diversos materiais, entre eles os metais, e ao longo de 9.000 anos de história, foram os materiais mais utilizados pela humanidade. É na Revolução Industrial, que ocorrem profundas transformações no âmbito cultural, social e económico, que por sua vez levaram a uma maior diversidade de materiais disponíveis para a produção de produtos. Nesta época, houve o impulso do Design devido à necessidade de criação de produtos e linhas de produção com base no desenvolvimento em série¹⁴⁰.

Os materiais possuem um papel essencial no processo de concepção do produto, pois concretizam as ideias, os conceitos e desenhos criados pelos Designers. A relação entre materiais e Design fica evidente nas concepções de alguns autores, como nas constatações de Ashby e Johnson¹⁴¹: “*materiais são a matéria de que é feito o Design de produto*”¹⁴² e “*interagimos com materiais por intermédio de produtos*”¹⁴³; também trata desta relação, quando diz que “*materiais são componentes físicos que constituem um produto*”¹⁴⁴. Em consonância, Ferrante e Walter argumentam que a ponte de ligação entre a ideia e a produção é o material, que deve ser selecionado e processado até à reprodução física da ideia na forma de produto, levando em consideração as mais diversas condições de uso que o material precisa prever e atender. Para Beylerian e Dent “*os materiais podem transformar o Design, e o Design, portanto, tem a força para transformar as nossas vidas.*”¹⁴⁵.

Nesta óptica, os autores supracitados têm visões similares no que diz respeito à relação dos materiais com o Design, porém diferenciam-se na complexidade. Assim, a relação compreendida por eles centra-se na concretização de uma ideia e, além disso, parece estar associada à melhoria da qualidade de vida dos seres humanos.

Neste sentido, no contexto do Design, os materiais podem desempenhar diferentes papéis; podem definir o número de funções de produtos, a durabilidade, os custos, bem como

¹⁴⁰ Manzini, Ezio – **A matéria da invenção**, p. 8.

¹⁴¹ Cunca, Raul – **Territórios Híbridos**, p. 31.

¹⁴² Ashby, Mike; Johnson, Kara – **Materials and Design – The art and science of material selection in product design**, p. 55.

¹⁴³ Idem, p. 81.

¹⁴⁴ Idem.

¹⁴⁵ Beylerian, George, Andrew Dent. **Ultra Materials: How Material Innovation is Changing the World**. Londres: Thames & Hudson, 2007, p. 17.

auxiliar as soluções de Design a cumprirem requisitos propostos no projecto. A adequada selecção dos materiais pode ser decisiva para que um produto seja eficiente e cumpra as funções para as quais foi projectado.

Portadores de significados perceptíveis aos utilizadores, assim, podem influenciar as suas escolhas e preferências, a materialidade cria a personalidade de um produto, pois um material possui atributos percebidos ou associações que os adquire quando aplicado num produto. O Designer pode incorporar diferentes significados ao produto, dependendo de qual o propósito que o produto desempenha.

É difícil para o utilizador final identificar os materiais presentes no produto que adquiriu; é tarefa do Designer expressar a materialidade de cada objecto. Essa materialidade é o modo como construímos conexões tangíveis entre a marca que é representada, o objecto que é criado e a experiência que é habilitada. Materiais têm uma personalidade intrínseca, embora difícil de se ver até que entre em foco por meio do Design de produto, que pretende contar uma história. “*A história deve ser relevante e significativa para os consumidores, tornando-se real por meio dos materiais e processos de fabricação que nos inspiram e são então especificados.*”¹⁴⁶

Os materiais possuem significados que são percebidos tanto por Designers como por utilizadores. Porém, o tipo de material e a forma como o Designer o irá aplicar num produto, implicará na sua personalidade e, por consequência, na percepção dos utilizadores. Tanto os significados dos materiais, quanto a personalidade dos produtos, dependem do contexto cultural em que são utilizados. Deste modo, a selecção dos materiais em Design de produto precisa ser fundamentada também pela cultura, para que os Designers consigam atender as necessidades do consumidor final.

Neste intento, a fim de seleccionar os materiais mais apropriados para determinada aplicação, é importante que o Designer conheça as opções disponíveis. Portanto, entender de materiais é de grande relevância para o processo de Design, então, é necessário que o profissional de Design tenha uma base sólida de conhecimento sobre eles para que consiga desenvolver produtos eficientes e inovadores¹⁴⁷.

Os materiais competem uns com os outros na conquista dos mercados actuais e futuros; tornou-se frequente, para determinadas aplicações, a substituição de um material por outro. A disponibilidade de matérias-primas, os custos de produção, bem como o desenvolvimento de

¹⁴⁶ Cit. Ashby, Mike; Johnson, Kara in **Materials and Design – The art and science of material selection in product design**, p. 174.

¹⁴⁷ Ferrante, Maurizio & Walter Yuri – **Materialização da Ideia: A noção de materiais para Design de Produto**, p. 102.

novos materiais e de novas técnicas de fabrico, são os principais factores que provocam mudanças no consumo dos materiais¹⁴⁸.

¹⁴⁸ Callister, William – **Ciência e Engenharia de materiais: uma introdução**, p. 5.

5.2 Processo Manual

As tecnologias tradicionais de prototipagem utilizam praticamente todo o tipo de materiais como madeiras, alumínio, zinco entre outros; possibilitando a realização de protótipos no material final, tornando estas tecnologias, em muitos casos, a única alternativa possível para a produção de alguns tipos de protótipos funcionais e pequenas séries. Actualmente é sobretudo praticado pela indústria automóvel, através da concepção de protótipos à escala real, produzidos em argila (Figura 35)¹⁴⁹.



Figura 35 - Realização do protótipo de um automóvel pelo processo manual.

A Pininfarina empresa de renome na indústria automóvel é um exemplo. Fundada por Battista Pinin Farina¹⁵⁰ em 1930, a empresa foi projectada para construir carroçarias especiais para clientes individuais ou pequenas series de produção. Equipada de novas ferramentas e procedimentos industriais, foi a empresa pioneira a utilizar o sistema de *scanner* por pontos. Conhecida pelo Design revolucionário, trabalhou para marcas como a Alfa Romeo, Ferrari, Fiat, Lancia, Maserati e Peugeot. As primeiras realizações em 1930 incluíram a Hispano Suiza Coupé (Figura 36) e o Fiat 518 Ardita (Figura 37)¹⁵¹.

¹⁴⁹ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**. 2001, p. 21.

¹⁵⁰ Battista Farina (1893- 1966).

¹⁵¹ <http://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2015-04-16/a-visual-history-of-pininfarina-the-design-house-that-helped-shape-ferrari> [Em linha].



Figura 36 - Hispano Suiza Coupé, 1930.

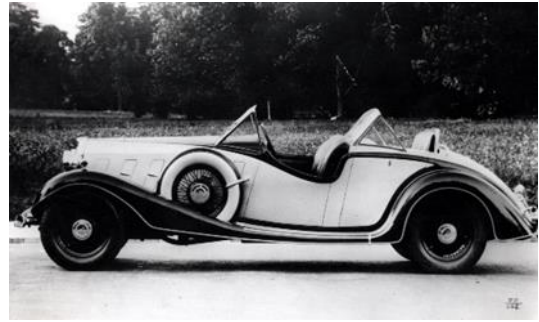


Figura 37 - Fiat 518 Ardita, 1930.

A Pininfarina contribuiu não só para a inovação automóvel, como também para outras áreas de produto. Nos Jogos Olímpicos de Inverno de Turim, em 2006, foi responsável pelo Design da tocha olímpica (Figura 38). “A tocha tem uma relação estreita com o carro porque para nós Designers é estética aplicada a função e usabilidade”, disse Andrea Pininfarina. Sempre na vanguarda da inovação, a Pininfarina anunciou em 2008 o desenvolvimento do primeiro carro eléctrico italiano em parceria com a Bolloré¹⁵², antecipando assim grandes OEMs¹⁵³ sobre o tema da eco mobilidade¹⁵⁴.

O recurso a processos manuais é ainda uma realidade no mundo automóvel. Estes processos são necessários para apreender conhecimentos sobre os materiais e, a nível académico é defendido neste documento a educação desde métodos numa primeira fase de modo a ser um processo evolutivo, onde os alunos poderão conhecer as técnicas existentes colocá-las em prática e, de seguida, apoiarem-se em mecanismos digitais e por fim utilizarem a prototipagem rápida.



Figura 38 - Tocha Olímpica, Jogos Olímpicos de Inverno, Turim, 2006. Projecto da Pininfarina.

¹⁵² Bolloré é uma empresa francesa de investimentos com sede em Puteaux que actua nos setores de energia, infraestrutura e logística. É um a das 200 maiores empresas da Europa.

¹⁵³ OEM – Original Equipment Manufacturer; em português fabricante do equipamento original, é o termo utilizado quando uma empresa faz uma parte ou subsistema que é utilizado no produto final de outra empresa.

¹⁵⁴ <http://www.pininfarina.com/en/company/history> [Em linha].

Ao aprender os processos manuais, é possível ter um melhor conhecimento dos materiais e das suas capacidades. Maquinar madeira com recurso a uma CNC e cortá-la com uma serra ou um tico-tico são duas experiências distintas. Para poder compreender qual o material a utilizar num determinado projecto é necessário conhecer as suas mais-valias; ao entrar em contacto directo com os materiais é possível obter estes conhecimentos, que são muito mais facilmente apreendidos por conhecimento empírico.

Deste modo, a nível educacional os processos manuais deveriam continuar a ser lecionados, sendo um processo evolutivo, introduzindo-se os métodos digitais de seguida para auxílio e por fim a realização total do projecto através de um único ficheiro 2D que será realizado por uma máquina.

Pode concluir-se que as tecnologias tradicionais de prototipagem, embora possam vir a perder alguma importância devido ao crescente desenvolvimento da prototipagem rápida, não deixarão nunca de ter uso, tanto na indústria como na área da educação.

Os processos tradicionais e os processos de prototipagem rápida poderão nem sempre ser concorrentes, funcionando antes em paralelo e complementando-se, ocupando cada um o seu espaço no apoio ao desenvolvimento de um produto¹⁵⁵.

Não é preciso uma abundância de ferramentas para criar protótipos iniciais. Um conjunto de ferramentas básico permite produzir modelos de baixa-fidelidade com recurso a diversos materiais, deste papel, cartão, poliestireno e outros tipos de espumas. Como referido anteriormente, estes modelos de baixa-fidelidade precedem os modelos de alta-fidelidade e constituem uma grande parte do processo de Design. O *kit* de ferramentas básico inclui ferramentas simples, como tesouras, post-it e marcadores (Figura 39)¹⁵⁶.



Figura 39 - Kit básico para realizar um *brainstorm*.

¹⁵⁵ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Proclick, Prototipagem Rápida**, 2001, p. 31.

¹⁵⁶ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 58.

Bons acabamentos começam com a precisão da medição. A utilização de ferramentas de medição adequada é crucial para a obtenção de resultados razoáveis. De igual modo, ferramentas de corte como bisturis são necessários para a realização de protótipos de baixo custo, rápidos e com materiais simples.

Um conjunto de grosas e limas são outras das ferramentas imprescindíveis no processo manual. As grosas são eficazes na remoção de grandes quantidades de material como madeira ou poliestireno. Já as limas são úteis para a remoção de rebarbas e arestas afiadas em metal e plástico. Estas ferramentas são sempre utilizadas em conjunto por um grampo que prende as peças a uma superfície para evitar acidentes¹⁵⁷.

As ferramentas de oficina podem ser classificadas em três categorias: ferramentas elétricas portáteis, bastante comuns, vendidas para profissionais, bem como para uso doméstico; ferramentas elétricas estáticas e ferramentas industriais/grandes máquinas. A utilização de qualquer ferramenta ou máquina deve ser realizada por alguém com formação e educação adequada no que diz respeito às normas de segurança¹⁵⁸.

Dentro das ferramentas elétricas portáteis podemos encontrar a Dremel (Figura 40). Esta máquina prima pelo tamanho reduzido e pela versatilidade de funções, permitindo cortar, moer, lixar e polir superfícies.

As ferramentas elétricas portáteis de grandes dimensões incluem a parafusadora, uma serra circular de corte e uma serra para cortar contornos mais complexos. Agora existem versões sem fio de muitos destes tipos de ferramentas, adicionando ainda mais mobilidade e flexibilidade.



Figura 40 - Dremel com disco de corte.

No que diz respeito às ferramentas elétricas estacionárias, podemos destacar quatro, a broca impressa, as serras de fita – rotativa, vertical e horizontal – e os discos e fitas de lixa.

¹⁵⁷ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 59.

¹⁵⁸ Idem, p. 60.

A broca impressa (Figura 41) é mais do que uma parafusadora, uma vez que, fornece mais orientação e controle durante a operação de perfuração. A máquina é fixa ao chão ou a uma bancada e possui uma mesa ajustável que pode ser diminuída ou aumentada, dependendo do tamanho da peça de trabalho.



Figura 41 - Broca impressa.

Diferentes materiais requerem diferentes velocidades de corte. O aço, por exemplo, deve ser cortado a uma velocidade mais lenta do que o alumínio e também exige a utilização de óleo de corte para a peça não sobreaquecer¹⁵⁹.

A serra de fita (Figura 42) é uma das ferramentas eléctricas mais versáteis no que toca ao corte de peças. Pode ser utilizada para cortar uma variedade de materiais, incluindo plástico, poliestireno, poliuretano, placas de madeira e de metal, sendo uma ferramenta recorrente em pequenas oficinas. A lâmina de serra é colocada sob tensão entre duas rodas que a fazem girar. A serra de fita pode ser utilizada para fazer cortes angulares ou rectas, bem como cortes curvos. Uma lâmina fina permitirá trabalhar detalhes, enquanto uma lâmina grossa permitirá uma linha recta muito parecida com uma serra vertical¹⁶⁰ (Figura 43).

¹⁵⁹ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 60.

¹⁶⁰ Idem, p. 61.



Figura 42 - Serra de fita.



Figura 43 - Serra vertical.



Figura 44 - Serra horizontal.

A serra horizontal é semelhante à de fita, sendo mais utilizada para cortes estruturais. Uma serra de mão pode também ser utilizada para cortes internos ou peças mais refinadas. Já as serras horizontais, devido ao movimento ascendente, tendem a puxar a peça na vertical. Por conseguinte, é importante manter sempre boa aderência sobre a peça a ser trabalhada.

Por fim, outras ferramentas eléctricas estacionárias são as fitas e discos de lixa (Figura 45). Estas ferramentas são úteis para a criação de curvas e arestas, bem como para esculpir superfícies. A lixa de disco possui as mesmas características, sendo mais adequada para trabalhos de detalhe e desbaste. As máquinas de lixa portáteis estão disponíveis em discos adaptáveis a rebarbadoras e são habitualmente utilizadas após a serra de fita para criar um bom acabamento. O contorno é cortado usando um modelo, deixando cerca de 1-2 mm extras para lixar. A lixadeira é útil para lixar cavidades e formas côncavas¹⁶¹.



Figura 45 - Lixadeiras eléctricas.

¹⁶¹ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 62.

As grandes máquinas são geralmente encontradas na indústria, assim como em escolas, como é o caso das oficinas da Faculdade Belas-Artes da Universidade de Lisboa, mas exigem um nível de supervisão e formação excepcionalmente elevada. Máquinas e ferramentas manuais ainda são muito úteis já que produzem peças muito precisas. As velocidades de corte e as alimentações têm que ser controladas sendo uma fusão de homem-máquina. O material não é removido numa única passagem, ao invés, é tirado em etapas o que envolve acabamento posterior. Destas grandes máquinas destacam-se o torno mecânico (Figura 46), e o torno vertical (Figura 47).

Tornos para trabalhar madeira e tornos de usinagem são dois tipos diferentes de máquinas que operam sob o mesmo princípio. A peça de trabalho é rodada, de encontro a uma ferramenta de corte que remove o material para criar simetria radial, por exemplo, formas cilíndricas e cónicas. O tamanho de uma peça é limitado ao diâmetro máximo que pode ser colocado por cima do leito enquanto gira. A peça pode ser montada diretamente num painel. Por isso é muito importante a presença de um técnico para aconselhar e orientar os passos de trabalho. No torno de madeira, as ferramentas de corte são realizadas e guiadas à mão.

Há uma grande variedade de ferramentas que são adequadas para diferentes tipos de corte. As ferramentas básicas incluem goivas para remoção de material, formões para realizar detalhes e ferramentas para cortar sulcos profundos ou para separar as partes. Para cortes de desbaste e para cortes de acabamento são utilizadas ferramentas específicas¹⁶².



Figura 46 - Torno mecânico.



Figura 47 - Torno vertical.

O torno vertical assemelha-se a uma broca imprensa, a diferença reside nos três eixos que permitem ao operador mover-se com precisão em relação à peça de trabalho fixa durante o corte.

¹⁶² Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 63.

Tornos pequenos têm apenas dois eixos móveis XY, ao passo que tornos maiores permitem regular a altura da bancada – baixo, cima – bem como pode acomodar peças de maiores dimensões. A precisão do movimento é baseada em indicadores manuais ou electrónicos. A cabeça da broca pode ser girada para realizar cortes angulares.

A maioria das máquinas sejam elas portáteis ou estáticas, são complexas e envolvem um alto nível de compreensão dos materiais, das ferramentas e das normas de segurança, bem como formação para a configuração da máquina. É fundamental entender que este equipamento é útil e uma ferramenta de ensino valioso, estas são ferramentas perigosas e poderosas que podem facilmente causar danos, mas devem ser incluídas na aprendizagem e formação de jovens Designers sempre com supervisão¹⁶³.

¹⁶³ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 64.

5.3 Processo Digital

Com o desenvolvimento e disseminação das ferramentas virtuais – entenda-se por virtual tecnologias CAD/CAE, grande parte das anteriores etapas de modelação tradicional foram abandonadas e/ou eliminadas do processo de desenvolvimento de um produto. O conceito de protótipo alargou-se e deu espaço a um novo tipo de protótipo, o protótipo virtual. Este existe apenas sob a forma de dados numéricos, podendo ser manipulado e visualizado digitalmente, bem como submetido a testes e análises de elementos contidos no software. As suas características e flexibilidade em relação aos modelos físicos proporcionam a realização de produtos com maior complexidade, assim como um maior nível de exigência do protótipo final. Apesar de ser uma ferramenta sem igual e permitir um maior domínio das formas, existem vários factores que apenas só podem ser averiguados, analisados e testados através de um protótipo físico.

O recurso a estas técnicas virtuais surge da necessidade e crescente competitividade por parte das indústrias, que cada vez mais anseiam um rápido desenvolvimento de produto com menos etapas e com protótipos mais expressivos. Ao introduzir estas tecnologias aos processos de desenvolvimento de um produto, vê-se um aumento da complexidade aliada a um menor tempo despendido. Desde o seu aparecimento, que as tecnologias virtuais competem com os modelos 3D, mas o recurso a ambos, no devido tempo no processo de Design de Produto revela-se uma mais-valia no desenvolvimento do projecto, pela redução do tempo, do custo e da resposta ao mercado, bem como a validação do produto ao longo das fases de projecto.

Neste capítulo serão abordados o aparecimento do CAD e o seu papel no Design de Produto, as vantagens e desvantagens da sua utilização. Também serão analisadas as técnicas de modelação 3D virtual existentes como o AutoCAD & Mechanical Desktop e o SolidWorks.

5.3.1 CAD

É possível identificar dois tipos de desenho aplicados ao Design: o desenho livre e o desenho técnico (Figura 48 e Figura 49). O desenho livre ou *sketch*, é uma representação sem escala com um certo nível de abstracção de conteúdo, onde estão contidos elementos gráficos

e anotações e ou informações adicionais que completam o desenho. Este tipo de desenho é elaborado principalmente para a rápida comunicação de ideias.

O desenho técnico, realizado em suporte de papel é hoje em dia na sua maioria realizado através de software CAD. Regido por um conjunto de regras, é o resultado de uma modelação mais cuidada e detalhada, designada a ser a base do projecto que antepõe a fase conceptual.

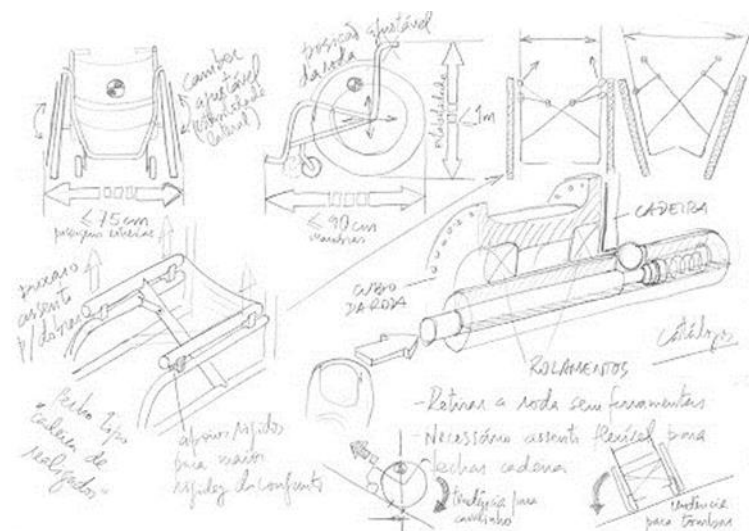


Figura 48 - Exemplos de desenho livre.

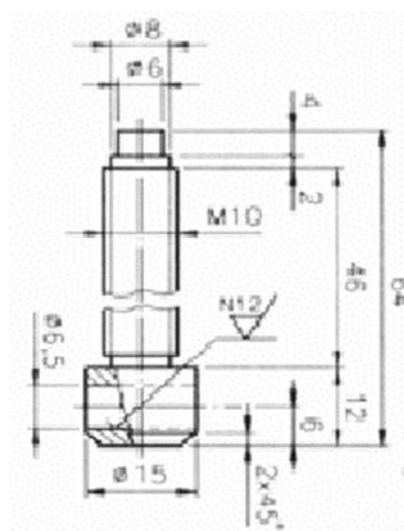


Figura 49 - Exemplo de desenho técnico.

O desenho Técnico tem desempenhado um papel assinalável no desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade, desde a Antiguidade oriental até à actualidade. Na Antiguidade, os primeiros desenhos eram representações ortográficas mais ou menos rudimentares.

Só no século XV é que se começaram a registar progressos significativos no desenvolvimento dos métodos de representação gráfica¹⁶⁴ Filippo Brunelleschi, em 1413, estabeleceu pela primeira vez as leis geométricas da perspectiva linear, baseando-se em noções já conhecidas desde a Grécia antiga. Battista Alberti, em 1435, publicou De Pinture, o primeiro tratado sobre perspectiva. Em 1525 é publicado o tratado de geometria de Albercht Durer; dividido em 4 volumes continha gravuras que ilustravam a procura científico-empírica das regras que permitiram uma representação rigorosa de objectos 3D, em desenhos 2D em perspectiva¹⁶⁵.

Actualmente as regras de base recomendadas, a nível internacional, para o desenvolvimento e aplicação da projecção central (ou cónica) em desenhos técnicos, estão

¹⁶⁴ Cunha, Luís Veiga – **Desenho Técnico**, p. 35.

¹⁶⁵ <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/1228/1/2010000696.pdf> [Em linha].

especificadas na norma ISO 5456-4 – Technical drawings – Projection methods – Central projection.

O desenho técnico moderno tem por base os conceitos desenvolvidos por Gaspar Monge, no seu tratado de Géométrie Descriptive, (Figura 50) que passaram a permitir resolver graficamente e de modo inequívoco, todos os problemas espaciais utilizados, em simultâneo, dois planos de projecção¹⁶⁶.

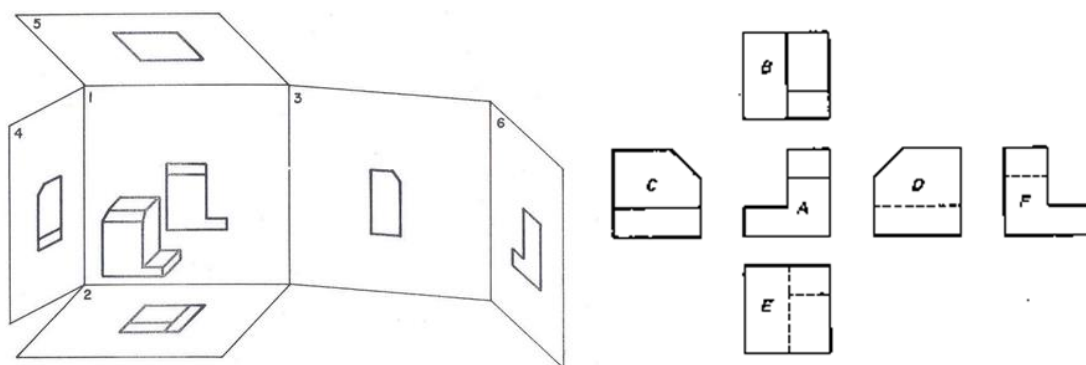


Figura 50 - Representação ortográfica com uma generalização do Método diédrico ou de dupla projecção de Monge.

É já da década de 60 que aparecem os primeiros sistemas comerciais de concepção assistida por computador – CAD, que surgem com o desenvolvimento de tecnologias informáticas, como o CGI (Computer Graphics Interface).

O primeiro sistema CAD, antecessor ao CGI, foi o Sketchpad, desenvolvido por Ivan Sutherland como parte da sua tese de doutoramento para o MIT. Este permitiu a interacção entre o utilizador e o computador, através de uma caneta que é utilizada para desenhar directamente no monitor.

Os sistemas iniciais recorriam a formas básicas e modelos simples, baseados em linha e ponto que juntos formavam o objecto 3D. Nos anos 60 estes sistemas evoluíram começando a trabalhar formas multiangulares e superfícies. Estes modelos virtuais visavam apenas demonstrar a apresentação do produto, comunicando apenas forma do objecto. Até aos anos 80, os desenhos de engenharia executados por meio de equipamentos e instrumentos para traçado manual continuaram a ser predominantes na prática industrial, sobretudo ao nível das pequenas e médias empresas. Com a proliferação de diversos software CAD foi desenvolvido um modo de transmitir dados de programa para programa, com o intuito de transferir fielmente os modelos em diversos formatos suportados por todas as aplicações¹⁶⁷.

¹⁶⁶ http://www.inegi.up.pt/instituicao/ons/pdf/23_jasa-5.pdf [Em linha].

¹⁶⁷ Felício, Fernando – **Fabricação Rápida do Design Uma abordagem na concepção de Produto**, p. 63.

O CAD é actualmente uma ferramenta crucial para o Design; os processos passam pelo computador, substituindo o tradicional desenho técnico feito a régua e esquadro. O AutoCAD é o software de CAD mais vendido no mundo. Foi um dos primeiros produtos CAD a ser comercializado em grande escala¹⁶⁸. A sua versatilidade permite que seja utilizado por engenheiros mecânicos e Designers para o desenvolvimento de produtos e moldes, assim como por arquitectos e engenheiros civis para o planeamento de infra-estruturas, casas, etc. pode-se dizer que o AutoCAD é a melhor escolha para um CAD 2D, já que suporta todas as entidades principais, todas as operações possíveis sobre essas entidades, para além de dispor inúmeras bibliotecas e Add-On's¹⁶⁹ de empresas terceiras.

Um grande avanço nos Softwares foi o lançamento do Pro/Engineer da Parametric Technology em 1987-1988, atualmente conhecido como PTC Creo, que trouxe um grande aproveitamento de construção de sólidos paramétricos, baseados em recursos (*features*) e modelagem associativa de sólidos¹⁷⁰. Depois do ProEngineer o Solidworks criou uma nova revolução no mundo CAD 3D. Em termos de funcionalidade assemelha-se ao ProEngineer mas o seu preço chega a ser quatro a cinco vezes mais barato. O Solidworks apresenta um interface moderno e inteligente, permitindo uma aprendizagem do software por parte do utilizador de uma forma autónoma e intuitiva. Uma curiosidade deste software é que o núcleo matemático do Solidworks é licenciado por outra empresa. Estes conceitos são bastante inovadores e permitem criar programas CAD específicos mais facilmente, reflectindo igualmente a dinâmica que existe neste mercado¹⁷¹. Outro Software que tem ganho destaque no mundo do Design é o Rynoceros; tratasse de um software de modelação 3D, desenvolvido pela Robert McNeel & Associates para o sistema operacional Windows. O programa nasceu como um plug-in para o AutoCAD, da Autodesk. Posteriormente, tornou-se independente. As líderes actuais no desenvolvimento de software são a Dassault Systèmes e a Autodesk, que anualmente disponibilizam novas versões com várias alterações aliciantes e inovadoras dando cada vez mais autonomia para o desenvolvimento de projetos 3D.

¹⁶⁸ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Portotipagem Rápida**, p. 34.

¹⁶⁹ Add-on, são aplicações que correm dentro do AutoCAD, aumentando a sua funcionalidade.

¹⁷⁰ Hopkinson, Hague, Dickens – **Rapid Manufacturing: na industrial Revolution for the Digital Age**, p. 77.

¹⁷¹ https://web.fe.up.pt/~ee00073/documents/Manuais/RESPIFE_CGER_v1.pdf [Em linha].

5.3.2 Técnicas de modelação 3D

Em alguns casos, a utilização do modelo 3D é imprescindível, como, por exemplo, na aplicação de análises por elementos finitos para verificação de tensões, escoamento, temperatura, etc. e ainda quando há a necessidade de se calcular o volume, propriedades de massa o eixo de inércia e verificação de interferências.

Com a modelagem 3D do AutoCAD, é possível criar desenhos utilizando objectos sólidos, de superfície e de malha.

Existem dois tipos de software: os de modelação de sólidos e os de superfícies. A modelação por sólidos é notoriamente mais simples e semelhante à convencional abordagem manual. Um modelo sólido é um corpo 3D fechado que tem propriedades de massa, volume, centro de gravidade e momentos de inércia como pode ser constatado na Figura 51¹⁷².

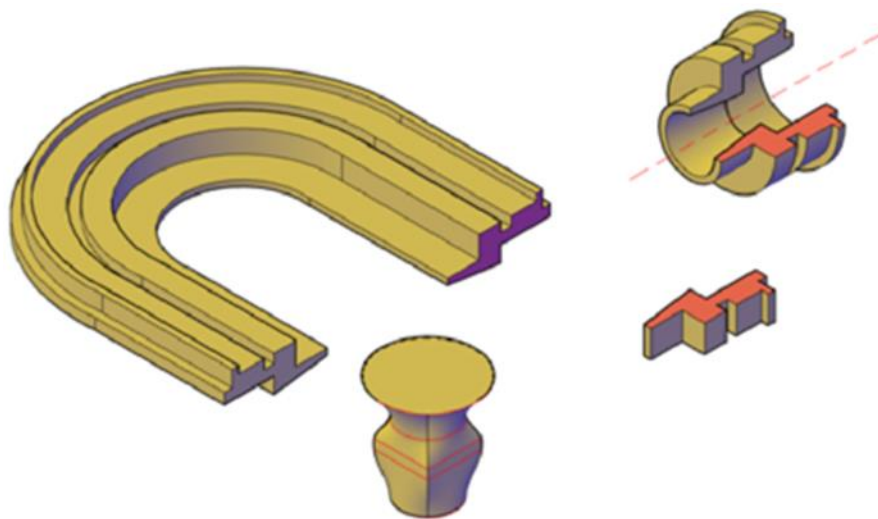


Figura 51 - Exemplo de modelos sólidos.

Partindo de sólidos primitivos, como cubos, cones, cilindros e pirâmides, estes são modificados recombinaos para criar novas formas, sendo ainda possível realizar operações como extrusões, perfurações, fusão de formas simples como esferas e paralelepípedos entre outros¹⁷³.

A modelação por superfícies um maior domínio da ferramenta. Um modelo de superfície é uma concha fina que não tem massa ou volume. É necessário manter continuidade

¹⁷² <http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm> [Em linha].

¹⁷³ <http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm> [Em linha].

e tangências, mas em contrapartida aumenta significativamente a fluidez das formas (Figura 52). Ao criar modelos de superfície pode-se utilizar as mesmas ferramentas utilizadas para modelos sólidos: varrimento, elevação, extrusão e revolver. Esta linguagem actual permite a criação de formas orgânicas mais complexas indo ao encontro do que os Designers almejam.

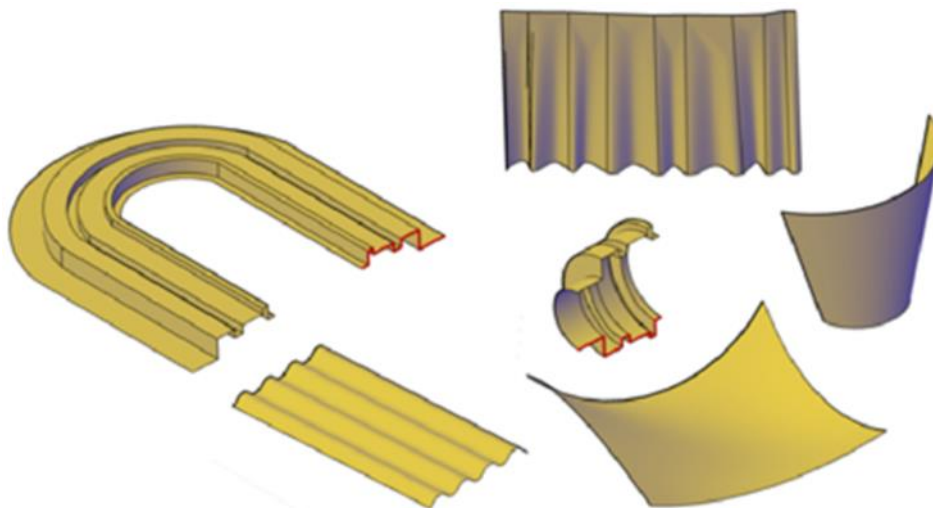


Figura 52 - Exemplo de modelos de superfície.

Desde a invenção do computador e a sua comercialização que o CAD foi uma das grandes novidades para o mundo do Design e da engenharia.

Formas simples como cubos, cilindros e esferas podiam ser facilmente representados, mas eram necessárias formas mais complexas. As superfícies NURBS (Non-uniform rational B-spline) foram então desenvolvidas. Consistem numa fórmula matemática para a modelação 3D sendo a base para a programação relacionada com o CAD. As NURBS surgiram da necessidade de formas mais fluídas, obtidas através de curvas com pontos de controlo individuais que permitissem a continuidade da superfície¹⁷⁴. Com a utilização destas na mesma forma, tornou-se muito complicado controlar a sua tangência, sendo para isto desenvolvidas as *B-spline curves*.

As superfícies NURBS apresentam uma complexidade que as torna difíceis de calcular, desta forma outras operações foram desenvolvidas como as *B-spline curves*, de modo a obter um maior controlo dos pontos. O formato mais utilizado pelo CAD é STL (Standard Triangulation Language). Composto por uma malha triangular, consoante a densidade define mais detalhadamente ou de maneira mais rude, o modelo.

¹⁷⁴ <http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm> [Em linha].

A integração destas tecnologias no processo de desenvolvimento de um produto forneceu amplos benefícios para os projectos, devido à versatilidade de ferramentas disponível e à resposta rápida aos anseios da indústria.

5.3.3 Vantagens

Nos tempos atuais, a modelação 3D CAD oferece muitas vantagens, como menos custos, maior confiabilidade e segurança. Hoje em dia, a indústria com base na tecnologia 3D, é essencial para o Design de produto, no auxílio da concepção de componentes mecânicos e respectivo desenvolvimento. Atualmente, as equipas multidisciplinares podem pesquisar antes de escolher as ferramentas CAD certas para projectar qualquer tipo de peça ou componente¹⁷⁵.

A vantagem competitiva e conhecimento especializado são um exemplo. Os principais benefícios incluem a automação e análise interactiva, integrando o desenho assistido por computador em sistema CAD garantindo um processo altamente proficiente em organização. Os componentes mecânicos passam por um processo de análise, simulação sem serem necessários esforços adicionais.

A modelação 3D tem características muito importantes, tais como precisão e produção de modelos de qualidade para a criação de modelos físicos exímios.

As desvantagens são poucas, embora consideráveis, e centram-se nos custos, sejam eles associados à aquisição do software e hardware, como no custo da formação de pessoal.

¹⁷⁵ <http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm> [Em linha].

5.4 Prototipagem Rápida

A prototipagem rápida tem como função auxiliar no desenvolvimento de produto, materializando as possíveis opções de Design. Esta apresenta nítidas vantagens sobre o desenho virtual, permitindo uma comunicação e visualização mais eficientes. Este método aumenta a velocidade e segurança de todo o projecto, tornando-se rapidamente parte integrante na Indústria e respondendo às necessidades actuais do *time-to-market*¹⁷⁶ com produtos diversificados e ciclos de vida cada vez mais curtos.

Como vantagem o protótipo rápido é (relativamente) barato, e a sua utilização tem vindo a mudar o desenvolvimento de produto. A comunicação entre os membros da equipa e entre esta e cliente sofreu uma evolução positiva. Com o auxílio do software torna-se possível gerar imagens realistas e modelos virtuais credíveis. Os modelos físicos apresentam mais facilidade de análise por parte do público, promovendo a interacção e o contacto com o modelo, o que facilita a compreensão e o diálogo entre designer e as pessoas. A construção e validação 3D é um dos aspectos mais lentos e demorados do processo de design. É necessário ter em consideração o material, e os métodos construtivos específicos.

Os processos de prototipagem rápida têm um elemento comum, a construção por camadas, partindo de num ficheiro CAD. As diferenças entre processos encontram-se principalmente nos materiais, na forma como são criadas as camadas e na maneira como são agregadas entre si. Podendo identificar três métodos principais no fabrico automático: o aditivo, que se prende com a formação de camadas muito finas de material para construção de um objecto (ex: SLS e SLA); o formativo, que através do uso de forças molda o material (ex: dobragem, deformação electromagnética ou injeção de plástico); e o substractivo, onde é retirado o excesso de um bloco de material até se obter a forma desejada (ex: CNC, corte por laser ou corte por jacto de água)¹⁷⁷.

Estes processos podem ser divididos em três categorias, de acordo com os seus métodos de alimentação: sistemas de base líquida (ex: Esteriolitografia, Processo de luz directa), de base sólida (ex: MDF e fabricação por camadas) e por último de base em pó (ex: SLS, impressão 3D, deposição de metal fundido ou fusão por feixe de electrões)¹⁷⁸. Com a evolução dos conhecimentos ergonómicos do utilizador é possível produzir peças personalizadas; a indústria automóvel é um exemplo. Com a necessidade de reproduzir

¹⁷⁶ É o tempo entre a análise de um produto e sua disponibilização para comercialização.

¹⁷⁷ Cit. Girão, Tiago – Seminários de orientação de Mestrado, 2015.

¹⁷⁸ Felício, Fernando – **Fabricação Rápida do Design Uma abordagem na concepção de Produto**, p. 45.

modelos mais próximos do produto final e com a crescente complexidade das peças para a Engenharia e Design, a tecnologia foi evoluindo no sentido de aumentar as capacidades dos sistemas.

Os materiais foram um dos factores que tem sido mais explorado, incorporando novos compostos que permitem propriedades mecânicas superiores nas peças produzidas. As vantagens da utilização para o Design são vastas, desde independência dos moldes, redução substancial de custos e viabilidade das pequenas séries. Esta última foi uma das grandes impulsionadoras da ideia da personalização de produtos, não da sua possibilidade mas da sua exequibilidade financeira, livre dos constrangimentos das ferramentas tradicionais e dos investimentos e riscos inerentes às peças únicas¹⁷⁹.

Neste último capítulo serão abordados alguns dos processos de prototipagem rápida, nomeadamente a maquinação CNC, impressão 3D, esteriolitografia, SLS e FDM. A escolha destes processos tem por base as tecnologias disponíveis na Faculdade de Belas-Artes de Lisboa, no ProjectLabb (espaço que será desenvolvido no estudo de caso, em anexo).

5.4.1 CNC

Embora a maquinação tradicional CNC não seja uma tecnologia muito recente, quando comparada com as tecnologias de prototipagem rápida, mostra alta competitividade e grande utilidade para a realização de protótipos (Figura 53).



Figura 53 - Maquinação CNC.

¹⁷⁹ <http://paginas.fe.up.pt/~falves/Prototipagem.pdf> [Em linha].

A tecnologia CNC é de metodologia substractiva, desbastando um bloco de material para a obtenção da forma final, por oposição à adição de material na maioria das tecnologias de prototipagem rápida. As tecnologias substractivas apresentam maior facilidade na construção em maior escala. Em termos de velocidade, e tendo em conta todo o processo desde a preparação do ficheiro e da máquina até à operação da mesma, a CNC pode prolongar-se por um período de semanas até atingir o resultado desejado. A maior limitação deste processo reside na execução de formas geométricas de elevada complexidade, as quais exigem mais passagens para a obtenção de acabamentos de qualidade, o que torna o custo do projecto elevado¹⁸⁰.

Este processo é composto por informação digital (CAD) que é interpretada por um software e é traduzida em caminhos de ferramentas, que delimitam e automatizam o controlo de cada operação. A maquinagem permite, mediante o objectivo dos protótipos em função das ferramentas utilizadas, é capaz de produzir modelos com rigor variável.

A selecção da tecnologia deve estar relacionada com o tipo de protótipo que é pretendido, tendo em conta os materiais, custos inerentes e tempo disponível para a execução do projecto.

Um dos maiores avanços desta tecnologia está presente no aparecimento de novas máquinas com dimensões reduzidas que permitem a maquinação em ambientes que não o industrial¹⁸¹.

5.4.2 Impressão 3D

A impressão 3D é um dos sistemas mais conhecidos e utilizados actualmente, desenvolvido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) em 1993¹⁸². Este processo, de base de pó consiste numa “cama” de material onde são adicionadas sucessivas camadas de material que são posteriormente coladas através de um ligante, proveniente de uma cabeça de impressão sobre a superfície. O pó age como estrutura de suporte e é removido no final da impressão com a ajuda de um mini aspirador que o redirecciona para um novo contentor, de forma a ser posteriormente reutilizado. A máquina tem ainda uma zona de limpeza onde, com

¹⁸⁰ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**, 2001, p. 33.

¹⁸¹ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 69.

¹⁸² Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**, 2001, p. 78.

a ajuda de uma pistola de ar comprimido, auxilia na remoção de pó de ranhuras e zonas mais difíceis, como pode ser visto na Figura 54.

As peças construídas através deste método apresentam qualidades físicas bastante frágeis, sendo indicado um pós-processamento por infiltração de resinas que aumentam significativamente a rigidez e a resistência da peça final. A superfície em si necessita sempre de um acabamento manual, pois apresenta-se rugosa e com marcas da uniam das camadas.

A vantagem na utilização deste material está na possibilidade de realizar peças de qualquer geometria, sem necessitar de suportes físicos para construir o modelo. Esta tecnologia permite ainda a obtenção de peças vazadas através do processo de DSPC.

Como desvantagem está o facto de se utilizarem materiais granulados, o que leva as peças a ter sempre uma superfície rugosa exigindo sempre um acabamento posterior. Também por ser pó em determinadas peças com formas muito complexas é possível haver deposição de material sendo de difícil remoção¹⁸³.



Figura 54 - ZPrinter 350, peça em pó de gesso.

¹⁸³ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Portotipagem Rápida**, 2001, p. 31.

5.4.3 Estereolitografia

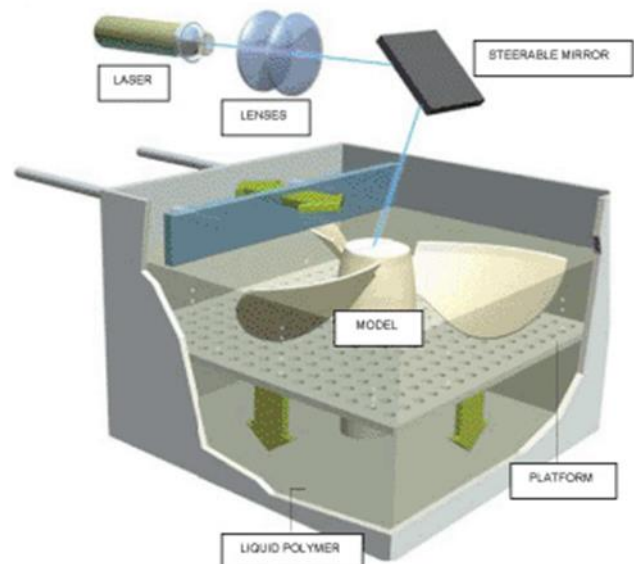
A estereolitografia (SLA) é um dos principais processos de prototipagem rápida, e um dos mais utilizados. Patentado por Chuck Hull em 1986, levou à fundação da empresa 3D Systems e à sua primeira máquina em 1987¹⁸⁴. Na Figura 55 apresentação uma vista geral do equipamento de SLA e ao lado um esquema representativo do processo de estereolitografia.

Sendo este um processo de base líquida de método construtivo, o princípio é bastante simples, um contentor estanque com uma solução resinosa fotossensível é solidificado camada por camada através de um laser conduzido por um programa CAD. É este software que processa a peça e a traduz em coordenadas, planeando o percurso que o laser terá de efectuar para solidificar a resina¹⁸⁵.

A peça é então construída sobre uma base elevatória que vai baixando e vai sendo sucessivamente submersa por uma camada de resina, colando uma camada de cada vez e formando o modelo. No final da operação, o objecto estará totalmente solidificado, rodeado de resina não curada. Na maioria das máquinas, são automaticamente criados suportes para não criar pontos de fragilidade aquando a construção. Estes suportes são, no fim do processo, retirados e a restante peça vai para o pós-processamento ou cura, num forno UV (ultravioleta)¹⁸⁶.



Figura 55 - Máquina SLA.



Esquema 3 - Processo de Estereolitografia.

¹⁸⁴ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**, 2001, p. 52.

¹⁸⁵ <http://pt.3dilla.com/impressora-3d/estereolitografia/> [Em linha].

¹⁸⁶ Hallgrímsson Bjarki – **Prototyping and Modelmaking**, p. 72.

A vantagem deste tipo de processos prende-se com a boa resolução e definição do produto devido à fluidez da matéria-prima e tem como resultado produtos mais fiéis ao modelo 3D.

O factor estético e visual é praticamente equivalente, mas o envelhecimento do material é significativamente mais rápido, agravando-se quando se encontra exposto á luz solar.

5.4.4 SLS – Sinterização Selectiva por Lazer

Sinterização Selectiva a Lazer, mais conhecido por SLS, é um dos processos clássicos da prototipagem rápida, tal como a Estereolitografia. Patenteado em 1979 por Ross Householder, esteve na base da fundação da DTM Corporatio, sendo a primeira máquina comercializada em 1992. Na Figura 56 apresenta-se o aspecto geral do equipamento de SLS da DTM.



Figura 56 - Máquina de Sinterização Selectiva por Lazer da DTM.

Sendo um processo de base em garante uma variedade de materiais, sendo uma das vantagens desta tipologia de sistemas, permitindo a produção de peças metálicas, poliméricas e cerâmicas, possibilitando uma maior abrangência nas aplicações que poderá desenvolver. Devido ao método de reposição de camadas de pó, é possível fabricar peças que são compostas por vários materiais ligados entre si¹⁸⁷.

¹⁸⁷ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Portotipagem Rápida**, 2001, p. 72.

Com muitas semelhanças com a estereolitografia (referida anteriormente como sistemas com base líquida), utiliza um laser para fundir o pó que se encontra numa “cama”. À medida que o pó é fundido, um rolo passa e espalha uniformemente uma nova camada de material. Este método tal como a impressão 3D não necessita de suportes dado que toda a peça se encontra submersa no pó que a sustenta. Durante todo o processo o pó é aquecido, através de infravermelhos, a uma temperatura ligeiramente abaixo do seu ponto de fusão. Este aquecimento mantém uma homogeneidade no material não utilizado e resultada numa economia de tempo de construção acelerando o processo de fusão, necessitando o laser de menos potência para sinterizar a peça.

As principais vantagens deste processo passam pelas características funcionais dos materiais termoplásticos, só superado pelo processo de modelação por deposição de fusão. A resistência térmica e mecânica das peças realizadas por este processo é bastante elevada sendo o tempo de execução relativamente rápido. Tal como referido anteriormente, não necessita de suportes nem de pós cura (no caso dos termoplásticos). As desvantagens estão na superfície obtida que é rugosa, e porosa, exigindo sempre um acabamento posterior e bom isolamento das peças caso sejam utilizadas para realizar moldes. Também as matérias-primas utilizadas são de elevado custo¹⁸⁸.

5.4.5 FDM – Modelação por extrusão de plástico

O processo de modelação por extrusão de plástico ou FDM foi desenvolvido por Scott Crump, fundador da empresa Stratasys, uma das maiores companhias de sistemas de prototipagem rápida, e é um dos processos actualmente mais utilizados pela indústria. O método consiste numa cabeça de extrusão de material termoplástico que constrói a peça bidimensionais sobre uma base. Para garantir maior segurança na realização das peças, são construídos suportes que podem ser feito do mesmo plástico ou de um material dissolvente em água de modo a facilitar a remoção¹⁸⁹.

Criados automaticamente pelo software, não necessitam de modelação ou acção por parte do operador. Basta transferir os dados do ficheiro para a máquina e a peça é impressa (Figura 57 e 58).

¹⁸⁸ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**, 2001, p. 77 e 78.

¹⁸⁹ Idem, p. 91.

Esta tecnologia apresenta cada vez maior versatilidade nos materiais que utiliza, equiparados aos padrões industriais ao utilizar Policarbonatos e ABS. Esta tecnologia permite a realização, com elevada precisão de qualquer tipo de coordenadas de movimento. Como a alimentação se processa de forma contínua, não há desperdício de material, gastando-se apenas o estritamente necessário para a construção do modelo¹⁹⁰.

As propriedades mecânicas apresentadas pelas peças produzidas por estes sistemas são de grande qualidade, sendo utilizadas para os mais variados testes funcionais. As vantagens não são apenas no ramo da matéria-prima mas também da facilidade de instalação do equipamento, devido às reduzidas dimensões. Ao contrário de outros sistemas que podem ocupar vários metros de comprimento e necessitam de sistemas de refrigeração, estas máquinas ocupam centímetros. A adaptabilidade e valências, tanto na instalação como no funcionamento, torna-o num processo cada vez mais recorrente na prototipagem rápida.

Em relação a todos os processos de prototipagem rápida que recorrem a termoplásticos, este é o processo mais vantajoso, pois garante propriedades mecânicas mais elevadas. Deste modo é um processo útil para a base de análise e teste de um protótipo. Em termo de precisão utiliza o eixo xx, yy e zz, garantindo uma acuidade de formas. A possibilidade de impressão de peças para a reprodução da máquina tem-se revelado uma constante uma vez que existem tutoriais e facilidade de aquisição dos componentes em falta. É ainda possível utilizar dois materiais em simultâneo, desde que estes sejam compatíveis entre si. A principal desvantagem deste processo esta no tempo de execução elevado devido à lenta deposição das camadas¹⁹¹.



Figura 57 - Pursa I3 Máquina de modelação por extrusão de plástico;

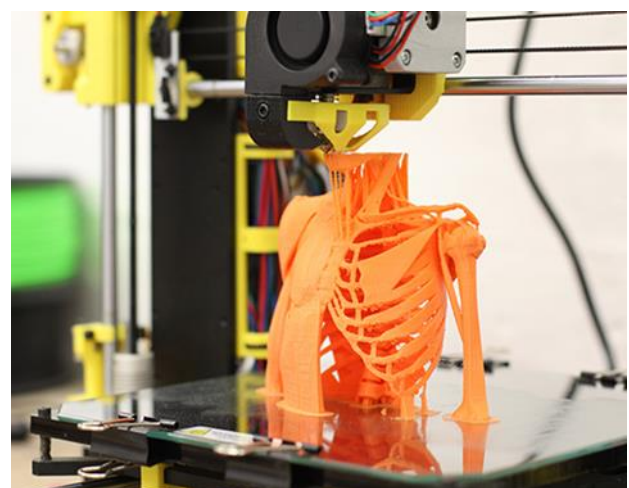


Figura 58 - Exemplo de peça construída através da tecnologia de FDM (projecto do Professor Henrique Costa).

¹⁹⁰ Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – **Protoclick, Prototipagem Rápida**, 2001, p. 91.

¹⁹¹ Idem, p. 93.

5.5 Aplicação Prática dos processos manuais, digitais e de prototipagem rápida

Neste capítulo pretende-se ilustrar o que é possível executar através das tecnologias referidas nos capítulos transactos. Todas as funções de desenvolvimento de produto foram executadas em ambiente curricular, com o objectivo de adquirir experiência, ampliando desta forma as capacidades profissionais.

Ao longo desta experiência, todo o trabalho de projecto desenvolvido contou com a supervisão dos professores e dos técnicos Carlos e Fátima Neves, responsáveis pelo funcionamento das Oficinas da Faculdade de Belas-Artes de Lisboa; e João Rocha e João Costa, responsáveis pelo ProjectLabb e Infolabb. Deste modo estes espaços serão abordados de modo a dar a conhecer as suas funcionalidades, culminando na análise da utilização de ambos os processos – Tradicional/manual e prototipagem rápida – na produção dos protótipos do projecto Corkids.

O objectivo é demonstrar a mais-valia do domínio e utilização de ambos os processos durante o desenvolvimento de um produto.

Primeiramente serão introduzidos os espaços, respectivamente as oficinas e o ProjectLabb, seguindo-se a apresentação do projecto em estudo e respectiva análise.

5.5.1 Oficinas da Faculdade de Belas-Artes da UL

As oficinas da Faculdade de Belas-Artes apoiam os alunos na execução dos seus projectos. O facto de o espaço ser composto por alunos de diferentes cursos – nomeadamente, escultura e Design de Equipamento – potencia o relacionamento destas valências, dando a possibilidade de transmissão de conhecimentos, ideias e visões distintas. Essa mistura é enriquecedora, uma vez que está em constante mudança. O apoio incondicional por parte dos técnicos de Oficinas – Carlos Neves, Fátima Neves – é parte do segredo para o sucesso dos projectos, bem como os valores educacionais transmitidos pelos professores, que dentro dos possíveis, não impõem limites permitindo fluir a criatividade.

Entre as funções deste espaço podemos contar com: uma área para trabalhar os metais, as madeiras e um espaço mais reservado para trabalhos mais detalhados, longe da azáfama das oficinas (Figura 59). Aleado a este espaço estão ainda as oficinas de plásticos, cerâmica, pedra e gessos. Deste modo os alunos têm ao seu dispor todas as ferramentas para poderem

desenvolver manualmente os seus projectos.

Por vezes, outros serviços são efectuados que não se encontram acima mencionados, como medalhística e gravura.



Figura 59 - Espaço das Oficinas das Belas-Artes.

As características inerentes estão presentes na diversidade de ferramentas disponíveis neste espaço (ver capítulo 5). Através delas os alunos podem realizar todo o tipo de projectos utilizando inúmeras tecnologias, sempre com o apoio dos técnicos para garantir segurança e o bom funcionamento das máquinas.

A experiência com estas ferramentas advém dos três anos em que frequentei a licenciatura em Escultura (2010-2013). Deste modo e devido à ennumera variedade e quantidade de projectos desenvolvidos ao longo dos anos, serão dados como exemplo os conhecidos projectos desenvolvidos nas oficinas provenientes de trabalhos académicos no âmbito da unidade curricular de Escultura, Laboratório de Metais e Estudos Tecnológicos de Plásticos.

Como exemplos do que é possível realizar recorrendo às oficinas, serão primeiramente apresentados trabalhos em metal. A sequência que se segue surge do trabalho conjunto com a

Escultora Margarida Ribeiro, que partindo do trabalho de Sol Lewitt¹⁹² (Figura 60) desenvolveu uma série de cubos incompletos.

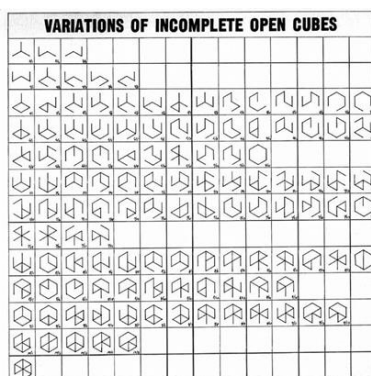


Figura 60 - Estudo de variações de um cubo incompleto de Sol Lewitt.

Partindo de maquetes em balsa (Figura 61), as peças foram realizadas em barras de ferro ocas, utilizando a rebarbadora para o corte e polimento das superfícies e o processo de solda mig mag¹⁹³ para a concretização da forma como se pode ver na Figura 62.

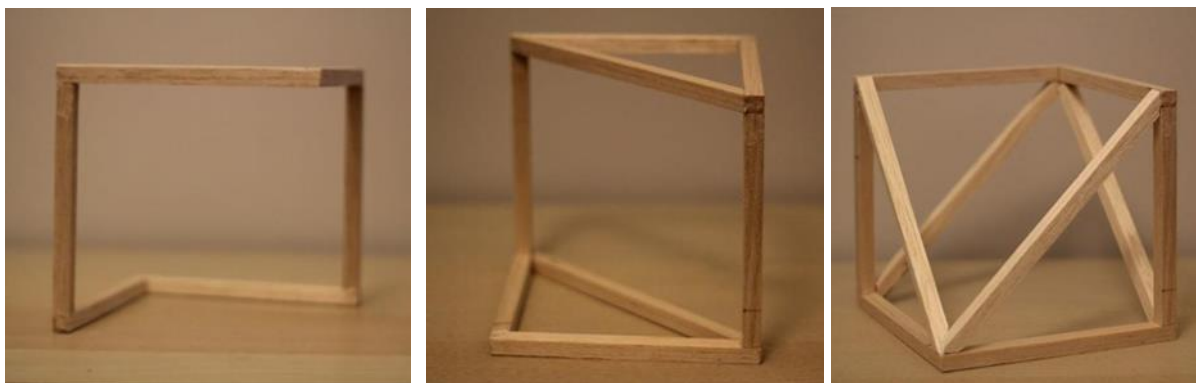


Figura 61 - Maquete à escala 1:10 em balsa.

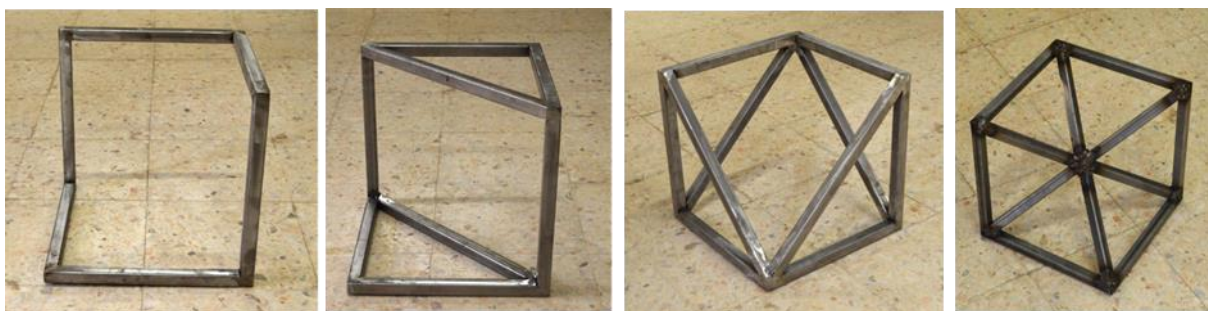


Figura 62 - Esculturas finais em barras de ferro, 50x50x50 cm.

¹⁹² Sol Lewitt (1928 – 2007) foi um dos principais protagonistas da arte minimalista, nos anos 60, criando estruturas compostas de elementos cúbicos ou derivadas do cubo.

¹⁹³ Solda MIG/MAG, trata-se de um processo por arco elétrico entre a peça e o consumível em forma de arame, eléctrodo não revestido, fornecido por um alimentador contínuo, realizando uma união de materiais metálicos pelo aquecimento e fusão. O arco elétrico funde de forma contínua o arame à medida que é alimentado. O denominado MIG (Metal Inert Gas) o processo de soldagem utilizando gás de proteção quando esta proteção utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás normalmente monoatômico como Argônio ou Hélio.

Outro projecto realizado em metais que se destaca é a escultura *Todos num só* (Figura 63). Mais uma vez este projecto resulta de uma proposta académica da unidade curricular de Escultura. Com recurso a barras de metal é realizado um entrelace de três cubos. As técnicas utilizadas na realização deste projecto não o corte com serra vertical, acabamentos com rebarbadora e solda mig mag. Posteriormente a peça foi pintada para incorporar a exposição comemorativa do 50º aniversário das Aldeias de Crianças SOS de Portugal¹⁹⁴.



Figura 63 - Processo de construção da peça. 80x80x80 cm.

Outro projecto representativo da diversidade de formas e processos existentes no espaço de oficinas é o Torço feminino (Figura 64), realizado a partir de uma chapa de ferro fundido (200x100cm), tendo sido cortada peça a peça (com auxílio de uma rebarbadora) sendo a forma obtida através da junção das pequenas peças moldadas manualmente através da referência de um modelo à escala real.



Figura 64 - Torço em ferro, 60x40x50 cm.

¹⁹⁴ As Aldeias SOS são uma instituição de acolhimento de crianças cujos pais perderam a guarda perante o tribunal. Está é a única instituição em Portugal que não separa irmãos biológicos. Fundada em 1960 sob o nome “Lar da Nazaré” para acolhimento de crianças (raparigas) é só em 1967 que inaugura da Aldeia de Bicesse em Cascais. Actualmente tem três polos activos em Portugal Continental.

Por fim e de modo a mostrar uma outra valência que não o metal, é apresentado na figura 65 um exercício de estudo realizado em plásticos. Trata-se de uma reprodução a escala do patinho de borracha. Através da obtenção das curvas de nível¹⁹⁵ do objecto foi realizada a colagem de placas de poliestireno expandido, de modo a obter de forma rude o dito patinho.



Figura 65 - Representação do clássico patinho de borracha em poliestireno através da aplicação da técnica de curvas de nível.

Como objectivo final deste trabalho o patinho era uma proposta a novas boias de sinalização de fim de costa, de modo a substituir as típicas boias redondas.

Após uma breve conversa com os técnicos Carlos Neves e Fátima Neves, estes revelaram que quando vieram trabalhar para esta instituição (vindos da Faculdade de Arquitectura) notaram uma maior liberdade, principalmente devido à escultura, tornando a mudança mais aliciante. O facto de as Belas-Artes investirem em técnicos especializados e disponíveis a auxiliar os alunos na concretização dos seus projectos, aliado ao facto de as oficinas serem frequentadas por alunos de todos os cursos, é uma mais-valia para produtividade, sincronizando no mesmo ritmo os trabalhos.

5.5.2 ProjectLabb

O ProjectLabb (Figura 66), activo desde 2014, a criação deste espaço foi resultado dos esforços realizados pelo director e pelos coordenadores da área de Design de Equipamento, sendo actualmente a equipa responsável pelo ProjectLabb composta pelo Professor Doutor Paulo Parra (Diretor da Área de Design de Equipamento), pelo Professor Doutor Cristóvão Pereira (Coordenador da Licenciatura em Design de Equipamento), pelo Professor Assistente

¹⁹⁵ O processo de curvas de nível tem por base o mapeamento de terrenos. Partindo de uma base líquida o objecto é mergulhado e consoante uma grelha é adicionado líquido, adquirindo o corte do objecto. Este processo repete-se até a total submersão do objecto.

Tiago Girão (Docente da disciplina de Modelação 3D) e os monitores João Costa e João Rocha.



Figura 66 – ProjectLabb.

Embora não fazendo parte da rede de Fablabs, este espaço dispõe dos serviços essenciais à fabricação digital e à prototipagem rápida.

A sua diferenciação passa, em primeiro lugar, por estar inserido no meio académico. Ao situar-se na Faculdade de Belas-Artes, o Projectlabbb dispõe da partilha de conhecimento inerente do ensino e do saber dos respectivos professores permitindo ainda o desenvolvimento de uma vertente de investigação. Existe não só o espaço de execução (Laboratório de prototipagem rápida e respectivo apoio das oficinas comuns da Faculdade) mas também o de desenvolvimento de projecto e respectiva modelação 3D (Infografia), estando ainda disponível uma sala de Coworking.

Por outro lado, pode-se afirmar que a disponibilidade do espaço – aberto à comunidade académica, a pessoas externas e empresas – é uma mais-valia para o próprio Projectlabbb e para os seus utilizadores.

O ProjectLabb dispõe de dois tipos de tecnologia distintos, uma de subtracção de material e outra de adição.

A primeira tecnologia trata-se de uma maquinação em CNC. A faculdade está equipada com uma CNC Router MultiCam 3000 Series (Figura 67) que dispõe de uma área de trabalho de 1250mm (c) x 1250mm (l) x 135mm (a) e permite cortar madeiras, aglomerados, compósitos, materiais plásticos ou mesmo poliestireno expandido.



Figura 67 - CNC.

A segunda tecnologia trata-se da impressão 3D. Actualmente estão disponíveis 4 impressoras 3D que contemplam duas tecnologias diferentes. Uma é conhecida por impressão FDM que permite a produção de protótipos em materiais como o PLA ou o ABS. Existem duas Prusas i3 Hephestos e uma Makerbot Replicator 2X (Figura 68) ao dispor dos alunos.

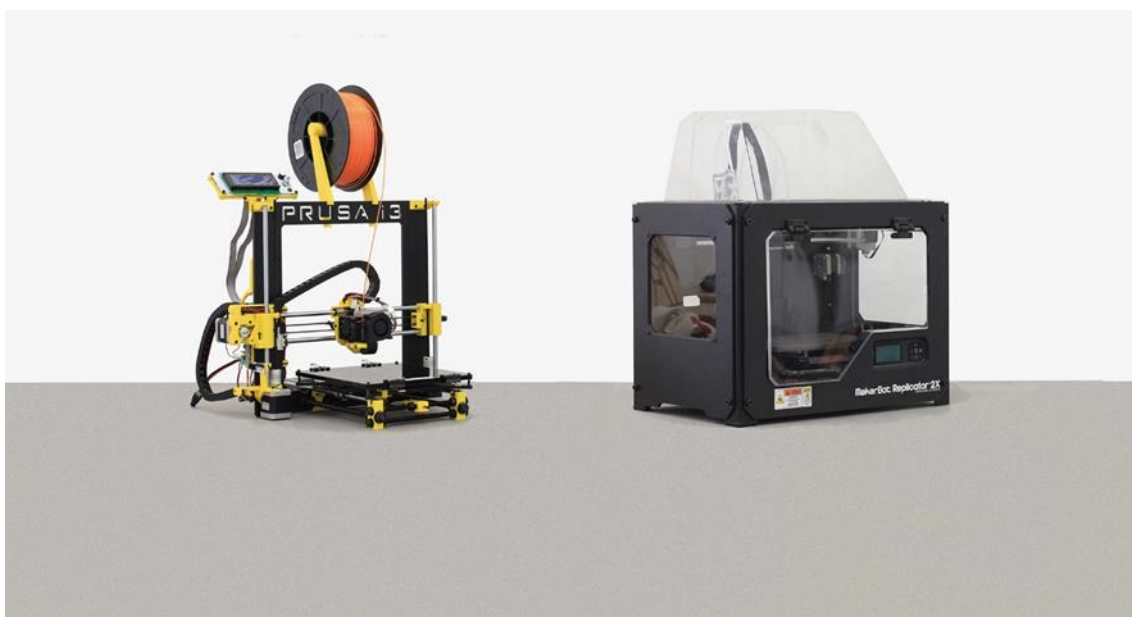


Figura 68 - Prusas i3 Hephestos e Makerbot Replicator 2X.

A outra tem a denominação de Powder Bed Inkjet 3D Printing e existe no Projectlab

uma Zprinter® 350 Series (Figura 69). Esta impressora utiliza uma cama de pó cerâmico que é endurecido através de um ligante depositado por um tinteiro. Após a impressão, os objectos são finalizados com um banho em cianoacrilato ou com sal e água.



Figura 69 - Zprinter® 350 Series.

Muitos são os trabalhos desenvolvidos neste espaço e muito variados. Alguns desses trabalhos são por exemplo os Modelos anatómico 3D desenvolvido no âmbito da tese de Doutorado pelo Professor Henrique Costa (2014) visível na Figura 70;



Figura 70 - Modelos anatómicos. Impressão em FDM (PLA) e em Powder Bed Inkjet 3D Printing com acabamento em cianoacrilato.

Brinquedos para crianças em madeira (Figura 71), um exercício da cadeira de projecto de 1º Ano da licenciatura em Design de Equipamento entre outros.

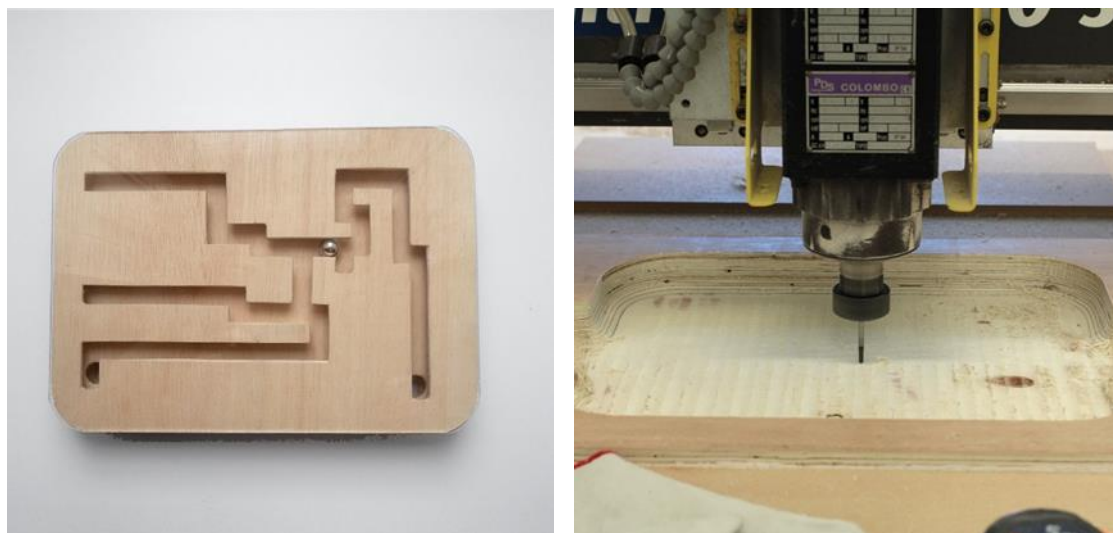


Figura 71 - Exemplo de brinquedos. Maquinação em CNC.

E ainda a participação da turma de 3º Ano da Licenciatura em Design de Equipamento nos GAB-A, Galerias Abertas das Belas-Artes (2015). Acompanhamento dos projectos e respectiva produção utilizando todas as tecnologias disponíveis no Projectlabb como se pode ver na Figura 72.



Figura 72 - Exemplos de alguns dos projectos realizados pelos alunos para as GABA 2015.

A nível de trabalhos com externos e empresas, desde a inauguração deste espaço, a 30 de Maio de 2014 coincidindo com o Doutoramento Honoris Causa do designer António Garcia, que a procura tem sido substancial.

Devemos referir que temos como primeiro objectivo o apoio às disciplinas de projecto e aos alunos da Faculdade de Belas-Artes sendo que a aceitação de projectos externos fica por vezes dependente da afluência por parte dos estudantes aos serviços do Projectlab. No entanto, procuramos sempre um equilíbrio entre o campo académico e o profissional.

Além de alunos de outras Faculdades, como o Instituto Superior Técnico, as propostas para a realização de serviços para empresas têm surgido através de professores como o Tiago Girão, o André Gouveia ou Marco Sousa Santos. O portfólio deste espaço conta já com protótipos/projectos realizados para:

- Celso Martinho (2014-2015) com a produção de uma pré-série de 25 *kits* de Hidroponia “Krop” em resina de poliuretano (Figura 73);



Figura 73 - Kits de Hidroponia. Impressão em Powder bed Inkjet 3D Printing, produção de moldes em silicone para replicação do objecto em resina de poliuretano.

- 20 Troféus desenhados por João Pedro Costa para a edição de 2014 do Portugal Festival Awards (Figura 74);



Figura 74 - Troféu com a Maquinação CNC de cortiça e valchromat e respectiva colagem e acabamento das diferentes partes

- Bitalino (2014), onde foi realizado um trabalho conjunto com o IT (Instituto de Telecomunicações), com o IST (Instituto Superior Técnico) e empresa Bitalino. Desenvolvimento e prototipagem de dois modelos de contentores para um dispositivo de medição cardíaca e duas capas de silicone para um dos modelos. (Figura 75);

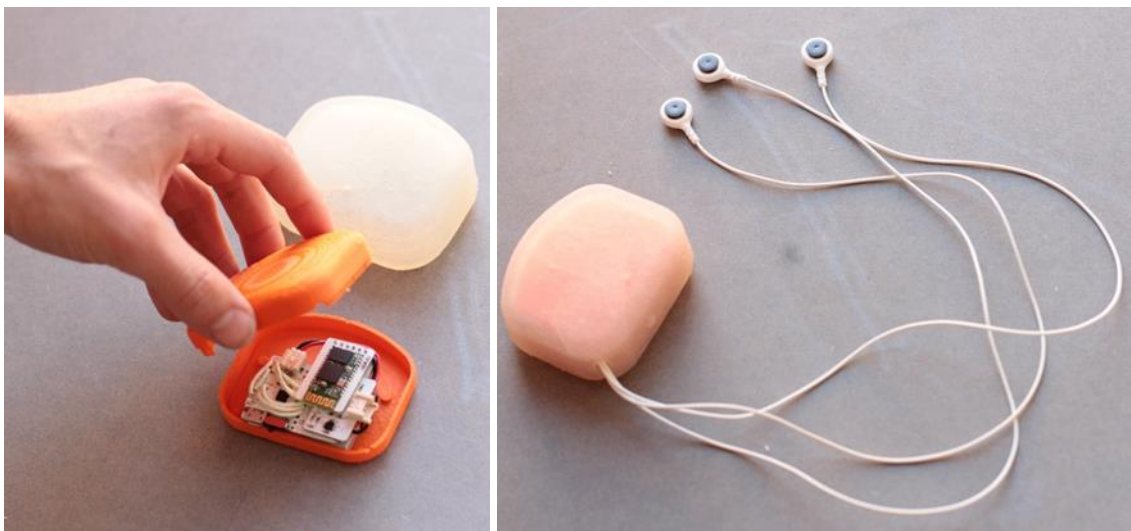


Figura 75 - Medidor de frequência cardíaca. Impressão 3D em FDM e Powder Bed Inkjet 3D Printing, produção de molde em impressão 3D e extracção dos exemplares em silicone translúcido.

- e ainda a Ovo Solutions, a Inngage Design entre outras.

Após uma conversa com os técnicos João Rocha e João Costa, os mesmos revelaram que trabalhar no ProjectLabb exige muita dedicação. Salientaram a importância que advém da boa utilização dos equipamentos, dado aos cuidados a ter aquando do manuseamento, de modo a evitar danos materiais e físicos. É necessário disciplina e conhecimento para abraçar os novos desafios e novos projectos que surgem todos os dias, os quais se diferenciam não só pelo *briefing* e conteúdos em questão como também pela personalidade individual de cada pessoa. Uma vez que dão *workshops*, enquanto monitores, dizem-se beneficiados por estar constantemente em contacto e a partilhar conhecimento com a comunidade académica quer sejam alunos, professores ou investigadores.

Em suma é com grande satisfação que auxiliam, tanto alunos como professores nos seus protótipos.

5.5.3 Estudo de caso – Projecto Corkids

Apresentação do produto em estudo

Este projecto surge de um *briefing* proposto durante o Mestrado em Design de Produto da Faculdade Belas-Artes da Universidade de Lisboa. O desafio era inovar na área da cortiça. A aposta em produtos naturais com o propósito de auxiliar os pais nas rotinas diárias com os filhos, partindo da premissa “da natureza para as crianças”: tornou-se rapidamente a base de todo o projecto.

A Corkids surge da vontade de inovar na área dos brinquedos, por parte de um grupo de jovens designers. Nascida em Fevereiro de 2014, apresenta uma gama de brinquedos que beneficiam da cortiça enquanto material primário, aproveitando da melhor forma as suas características.

Partindo do impulso em criar algo que valoriza-se o material extraído do sobreiro, através da conclusão da pesquisa feita, denotou-se que as propriedades da cortiça associadas às necessidades infantis seria uma boa parceria. Assim, definiu-se que o uso desse material seria benéfico para esta área, tornando-se na proposta de valor. Tendo em conta que é uma área onde a cortiça ainda não foi explorada, é um campo onde as propriedades do material seriam uma mais-valia para os utilizadores.

O desenvolvimento do projecto Corkids iniciou-se com a fase de oportunidade de produto, com uma análise ao cliente, ao mercado, ao produto, ao material, às tecnologias, ao

consumidor e às tendências não só de *lifestyle*¹⁹⁶ do consumidor, como na área dos brinquedos, tudo com o objectivo a cruzar a informação com o intuito de gerar áreas de oportunidade. Em seguida entrou-se na fase de definição de produto, com a geração de conceitos (e representações gráficas dos mesmos, como *moodboards*), *brainstorm*, desenhos livres, protótipos rápidos, visualização 3D e mapas de acabamentos. Por último, a fase iterativa de desenvolvimento de produto, que conta com a fase de prototipagem, experimentação e testes, aperfeiçoamento de produto e implementação do produto no mercado.

Análise

Como referido anteriormente O projecto Corkids surgiu no meio académico. Para a realização deste trabalho um grupo de jovens designers (Figura 76) uniram conhecimentos e seguindo um método de desenvolvimento de produto começaram a tentar responder ao desafio: Inovar com a cortiça.



Figura 76 - A equipa.

O projecto iniciou-se com a pesquisa do material, tecnologias, mercado e tendências do mesmo. No que diz respeito ao material as principais características evidenciadas foram: leveza, elasticidade, impermeabilidade, hipoalergénico, suave, isolamento térmico/acústico, combustão lenta e resistência ao atrito. Em seguida foram analisados os processos de

¹⁹⁶ Entenda-se estilo de vida.

descortiçamento, preparação, conformação e acabamento da cortiça.

No que diz respeito ao mercado, a cortiça abrange um grande leque de sectores, desde o mobiliário e revestimentos, utensílios domésticos e de cozinha, está ainda presente no mundo da moda, novas tecnologias e desporto.

A nível das tendências da cortiça, no geral a maioria das peças não aproveita as características da cortiça como vantagem para essas mesmas peças;

- Na área da moda, a cortiça é mais utilizada no calçado devido a ser mais confortável, não existindo tanto impacto com o chão;
- Na área dos objectos domésticos, a cortiça tem como principal função manter os níveis térmicos dos alimentos;
- Na utilização da cortiça aparece mais na criação de objectos de porte pequeno/médio, sendo que o ser humano gosta mais de vê-la em pequenos apontamentos.

Através dos resultados obtidos da pesquisa feita, concluiu-se que a oportunidade de mercado residia nos Utensílios Domésticos, e que a área que ainda se mantinha inexplorada era o sector dos brinquedos. Considerando as propriedades da cortiça associadas às necessidades infantis, esta seriam uma boa parceria. Assim, definiu-se que o uso desse material seria benéfico para esta área, tornando-se na proposta de valor. Tendo em conta que é uma área onde a cortiça ainda não foi explorada, é um campo onde as propriedades do material seriam uma mais-valia para os utilizadores.



Figura 77 - Área de interesse – Utensílios domésticos – Brinquedos.

É deste modo que nasce a Corkids através da análise de mercado e das necessidades dos utilizadores. Foi ainda necessário compreender as crianças e as suas necessidades consoante a idade (Figura 77).

Uma vez definido o objectivo do grupo iniciou-se a fase de exploração das formas e dos objectos a criar. Através de protótipos simples em papel cartão como pode ser visto na Figura 79.

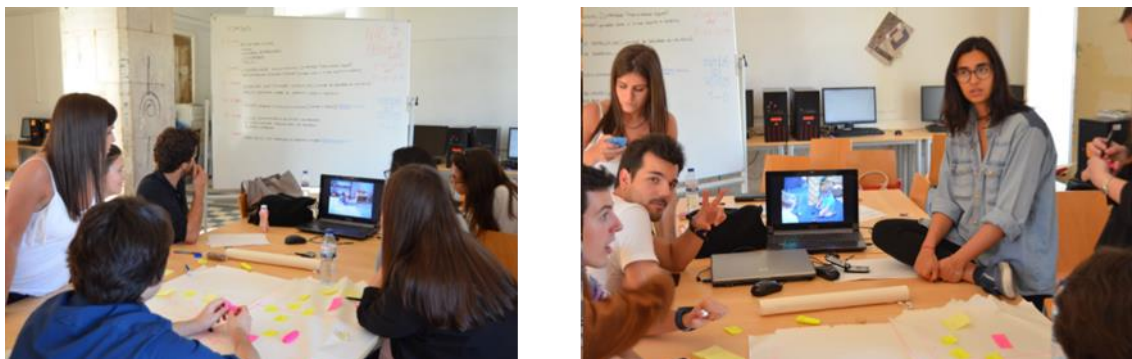


Figura 78 - Equipa em pesquisa.



Figura 79 - Primeiros protótipos, em papel e cartão.

Concluídos os protótipos exploratórios, o grupo definiu agrupar os brinquedos por rotinas do dia-a-dia de uma criança. Deste modo os projectos mostrados em seguida estão agrupados em 5 rotinas; dormir, comer, aprender, banho e brincar. Dado início à prototipagem dos modelos já no material final, a equipa recorreu às Oficinas e ao Projectlab.

A realização do trabalho utilizando em simultâneo as duas tecnologias foi de grande auxílio para a realização do projecto.

Não só as oficinas permitem o contacto directo com os materiais e máquinas, como deram um melhor entendimento do processo industrial e de quais as ferramentas a utilizar aquando da realização de uma pequena série de produtos.

Para a realização dos protótipos a equipa quis ter a real noção de como é trabalhar a cortiça, e por esse motivo utilizou as tecnologias mais variadas (Figura 80). Nas oficinas foram feitas as peças de maiores volumetrias. A nível da prototipagem rápida foi utilizada a CNC, para o corte de placas e formas simples onde a precisão de corte e formas eram estritamente necessárias.



Figura 80 - A equipa na elaboração dos protótipos finais.

Deste modo surgiram os seguintes produtos visíveis na Figura 81.



Figura 81 - Brinquedos Corkids, dispostos por rotinas. Da esq. Para a drt, dormir, comer, banho, brincar e aprender.

O recurso a prototipagem rápida e a processos tradicionais foram a fórmula para o sucesso deste projecto. Em suma o trabalho conjunto e o domínio dos softwares, auxiliam no conhecimento das indústrias e dos processos de desenvolvimento de um produto. Deste modo poupa-se tempo de produção, reduzem-se erros e realizam-se alterações atempadamente sem

comprometer prazos e custos.

Através dos processos de prototipagem rápida foi possível obter bons acabamentos e cortes precisos, demorando apenas o tempo da máquina pra produzir o objecto. No caso das oficinas as ferramentas permitiram dar acabamentos finais e construir objectos mais complexos através das múltiplas técnicas utilizadas.

Com isto pretende-se mostrar que o domínio destas técnicas deve ser tido em conta e a educação de Design deve passar por integrar estes processos – manuais, digitais e processos de prototipagem rápida – de modo a garantir que os alunos têm acesso a estes conhecimentos enriquecendo os conteúdos teóricos com estas componentes praticas, de modo a formar profissionais qualificados e com conhecimento das possibilidades existentes na industria.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

“É este o processo de Design ou processo criativo. Começa com um problema, esquece-se o problema, o problema revela-se ou a solução revela-se e, de seguida, reavalia-se. É isto que fazemos o tempo todo.”¹⁹⁷

Esta dissertação permitiu concluir que atualmente a prototipagem é sem dúvida um elemento preponderante no desenvolvimento de um produto, uma vez que, reduz o tempo de produção, os custos inerentes e garante resultados visíveis e palpáveis em fases decisivas num curto espaço de tempo. Estas características são fundamentais não só devido à dinâmica da oferta/procura, como também devido aos novos mercados emergentes onde é fundamental ser o primeiro a lançar um produto e à crescente exigência do consumidor final.

“O design é dirigido para os seres humanos. Projectar é resolver os problemas humanos, identificando-os e executando a melhor solução.”¹⁹⁸

Na actualidade, o utilizador tem cada vez mais um papel activo no desenvolvimento de produtos. Em última instância é o cliente que decide qual o objecto a adquirir, procurando satisfazer um determinado número de desejos e necessidades que, por vezes, apenas podem ser atingidos através da criação de itens únicos.

Como foi ilustrado, o conceito de prototipagem existe desde os primórdios e tem vindo a ser desenvolvido com base no contexto histórico – a era industrial foi um grande impulsionador – e nos avanços tecnológicos – como por exemplo a descoberta/desenvolvimento de novos materiais. É de destacar contudo que a prototipagem não é um conceito fechado, não existe uma forma certa ou errada de prototipar, a prototipagem é um processo de aprendizagem, onde o protótipo inicial é desenvolvido, avaliado e refinado continuamente até se atingir o produto final.

Também no que diz respeito à técnica de prototipagem a usar, não existe uma linha condutora, o designer tem à sua disponibilidade técnicas manuais, digitais e de prototipagem rápidas, podendo usar a(s) que melhor se adequa(m) às suas necessidades. Deste modo, os

¹⁹⁷ Rand, Paul, Tradução livre: “So that is the design process or the creative process. Start with a problem, forget the problem, the problem reveals itself or the solution reveals itself and then you reevaluate it. This is what you are doing all the time.”

¹⁹⁸ Chermayeff, Ivan, Tradução livre: “Design is directed toward human beings. To design is to solve human problems by identifying them and executing the best solution.”

processos manuais tipicamente devem ser aplicados na fase inicial do processo de desenvolvimento de um produto, uma vez que é necessária a obtenção rápida de respostas que auxiliem a explorar e desbloquear ideias, sem se prenderem em pormenores desnecessários. Os processos digitais surgem numa fase mais avançada, onde a ideia e conceito do produto já estão delineadas e é necessário o auxílio formal já com escala, para testar capacidades e aprovar conceitos. Na fase final de projecto é possível voltar aos processos manuais dependendo do tipo de produto a desenvolver e dos recursos disponíveis. É nesta fase que os processos de prototipagem rápida entram, após definido o projecto e desenhado digitalmente, o recurso à prototipagem rápida serve para poderem ser realizados testes mais rigorosos, onde a imagem do produto é já avaliada, bem como as capacidades funcionais e ergonómicas, uma vez que o material utilizado (em princípio) é próximo do material final, diminuindo o tempo de produção e os custos do projecto. As novas formas de prototipagem rápida e a sua disseminação pela indústria, veio acelerar os processos e garantir melhores resultados com o menor esforço físico.

O estudo de novos materiais permitiu um avanço muito significativo do acto de prototipar e a inclusão de processos de prototipagem rápida veio mudar a forma de fabricar, bem como a demanda dos mercados, transformando-se num processo de fabrico de produtos finais. Esta possibilidade de passar directamente do virtual para o real deu origem a uma nova linguagem e a novos produtos de pequenas séries.

De igual modo, os softwares CAD, estão a tornar-se poderosas ferramentas de trabalho para as empresas que procuram uma maior produtividade e uma maior competitividade num mercado cada vez mais concorrido. Estes softwares permitem desenvolver aplicações próprias, de forma a acelerar e a automatizar os seus processos de trabalho em várias linguagens de programação. Sendo assim, podemos concluir que o CAD melhora o desempenho do Design e aumenta a produtividade, além de possibilitar a tomada de outras decisões importantes durante o desenvolvimento do projecto.

Abordando desde os processos tradicionais até aos processos de prototipagem rápida, esta temática, levou ao estudo e à reflexão dos actuais pressupostos da profissão de design, estabelecendo uma relação intrínseca com o ensino, focando-se no papel que os processos de desenvolvimento de um produto, nomeadamente o recurso à prototipagem em design, podem desempenhar e de que forma auxiliam na formação de melhores profissionais e mais preparados para a indústria.

Como disse Dieter Rams “*Bom Design faz algo inteligível e memorável. Um excelente Design faz algo memorável e significativo.*”¹⁹⁹

Isto trás implicações para o Design, no sentido evidenciar o papel do designer na criação de produtos. Cada vez mais áreas como a gestão e a engenharia procuram aplicar os métodos de Design de modo a facilitar processos de ideação, através de *brainstorms* e outros recursos. Torna-se mais fácil a construção de pequenos pólos de fabrico, de maneira a estar mais próxima da fonte de produção, é neste cenário que entra o Projectlabb um centro de prototipagem rápida, dentro da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, no centro de Lisboa, aberto a externos.

Este espaço veio dinamizar ainda mais as práticas de Design incorporando novas tecnologias (manuais e de fabrico rápido) até então pouco acessíveis aos alunos da instituição, proporcionando desta forma um conhecimento das possibilidades de produção e a exploração de produtos a nível académico, formando melhores Designers, mais preparados para o mercado de trabalho, onde se anseia por resultados rápidos, de qualidade, por um baixo custo.

Ao dominar estes métodos, ao compreende-los e sabendo aplica-los, é possível afirmar que o processo de desenvolvimento de um produto será mais eficiente. Considerando as rápidas mudanças resultantes do panorama económico e social, a concepção de produto deixou de ser um processo linear em prol de uma aglutinação de redes de trabalho que envolvem os métodos de *Design Thinking* e a incorporação de equipas multidisciplinares capazes de, em conjunto, gerar novas soluções, com a capacidade de criar e transformar novas ferramentas, aproveitando os recursos disponíveis para a inovação.

O decorrer desta investigação levou ainda à realização de um estudo de caso, que teve lugar na Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa, com o intuito de compreender os vários aspectos que envolvem a prototipagem. Desta forma foi possível compreender:

- As ferramentas disponíveis para o acto de prototipar;
- Os processos manuais, digitais e a prototipagem rápida;
- A mais-valia do domínio e do trabalho em conjunto destas valências;
- Quais as vantagens de cada processo;
- Em que momento do processo de design devem ser aplicadas;
- Quais as ferramentas mais utilizadas.

¹⁹⁸ Rams, Dieter, Tradução livre: “*Good Design is something intelligible and memorable. A great design makes something memorable and meaningful*”

Conclui-se esta dissertação reafirmando o valor da prototipagem no design, tanto a nível académico como a nível profissional, num mercado em constante mudança, onde a obsolescência é cada vez maior, cabendo ao Design resolver problemas e responder prontamente às necessidades humanas, sem nunca esquecer o propósito inicial, forma e função aliada a estética.

É imprescindível que o ensino se adapte de modo a formar profissionais capazes de responder às demandas da sociedade. O Design precisa de uma metodologia onde os processos manuais, digitais e os processos de prototipagem rápida estejam inseridos e sejam leccionados em conjunto. Desta forma, este documento pode servir de base à criação de um módulo prático, que pode ser introduzido no curso de Design de Produto, permitindo aos alunos um contacto directo com os processos de prototipagem no desenvolvimento de um produto.

ANEXOS

CITAÇÕES NA LÍNGUA ORIGINAL

7. ANEXOS – Citações na língua original

“Achieving a good design is the challenge, one that solves the problems and creates value for the client and a prospective user” – Lawson e Dorst, p. 30.

“Build to learn.” – Corcoran, Sean – Kelley, Tom; Littman, Jonathan – **The Art of Innovation**. p. 106.

“Form Follows Fuction.” – Sullivan, Louis.

“If you can dream it, you can do it.” – Disney, Walt.

“Market competition has made quality not only an objective but also a prerequisite for companies to compete in the global Marketplace.” – Ali K. Kamrani, Emad Abouel Nasr – **Rapid Prototyping: Theory and Practice**. p. 137.

“Recognizing the need is the primary condition for design.” –Eames, Charles.

“The Morris reason so vehemently condemn the social structure of his time was mainly the fact that it is fatal for art.” – Nikolaus, Pevsner.

“Think global act global.” – Patrick Geddes.

“This is what I like about being a designer: You can't really get it until you see it.” – Mizrahi, Isaac.

“We can fly because of the science of aerodynamics, but we can fly swiftly using jet engines because of the science of metals.” – Callister, William.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1 Livros e Artigos

Ali K. Kamrani, Emad Abouel Nasr – **Rapid Prototyping: Theory and Practice**, Springer Science & Business Media 2006. ISBN: 9780387232911.

Alves, Fernando Jorge Lino, co-autor – Protoclick, Prototipage Rápida, Leça do Balio, 2001. ISBN: 972-95376-1-5.

Ashby, Mike; Johnson, Kara – **Materials and Design – The art and science of material selection in product design**, Butterworth-Heinemann, 3ª edição, 2014. ISBN: 9780080982052.

Beylerian, George, Andrew Dent – **Ultra Materials: How Material Innovation is Changing the World**, Londres: Thames & Hudson, 2007. ISBN: 9780500513828.

Brown, Tim – **Change by Design**, Harper Collins, 2009. ISBN: 9780061937743.

Callister, William – **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**, LTC 8ª Ed. 2008. ISBN: 9788521615958.

Cardoso, Rafael – **Introdução à História do Design**. Edgard Blucher, 2004. ISBN: 9788521204565.

Cunca, Raul – **Territórios Híbridos**, Lisboa Faculdade de Belas-Artes, 2006. ISBN: 9729961646.

Cunha, luís Veiga – **Desenho Técnico**, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 2009. ISBN: 9789723110661.

Dziobczenski Paulo, Bernardes Mauricio – **A Utilização do Design como Estratégia de Diferenciação**. [Em linha] <<http://ngdweb.paginas.ufsc.br/files/2012/04/Design-Estrat%C3%A9gia-Diferencia%C3%A7%C3%A3o.pdf>>

Gombrich, Ernst – **A História da Arte**, LTC, 16ª ed., 2000. ISBN: 8521611854.

Guggenheim, Michael, 2010 – **The Long History of Prototypes**. Limn 01: Prototyping. [Em linha] <<http://anthropos-lab.net/studio/the-long-history-of-prototypes>>

Hallgrímsson, Bjaki – **Prototyping and Modelmaking for Product Design (portfolio skills)**, Laurence King, 2012. ISBN: 9781856698764.

Howes Philip, Laughlin Zoe – **Material Matters New Materials in Design**, Black Dog Publishing, 2012. ISBN: 9781907317736.

Janson, W. H. – **A Nova História da Arte de Janson**, Fundação Calouste Gulbenkian, 2010. ISBN: 9789723113150.

K. N. Otto e K. L. Wood – **Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development**, Prentice Hall. 2001.

Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger – **Teaching materials to accompany Product Design and Development Chapter 14, 4 steps prototype**. [Em linha] <<http://web.eng.fiu.edu/chen/Spring%202013/EIN%206392%20Regular/14%20Prototyping.pdf>>

Kelley, Tom; Littman, Jonathan – **The Art of Innovation**, Crown Business, 1ª ed., 2001. ISBN: 9780385499842.

Lefteri, Chris – **Making it: Manufacturing Techniques for Product Design**, Laurence King Publishing, 2ª ed., 2012. ISBN: 978-1856697491.

Lesko, Jim, **Design Industrial, Materiais e Processos de Fabricação**, Edgard Blucher Editora, 2004. ISBN: 9788521203377.

Manzini, Enzo 1993, **A matéria da invenção**, Lisboa: Centro Português de Design, 1993 – cap 1/3 [Em linha] <http://documenta_pdf.jmir.dyndns.org/Manzini_Parte.I.Cap.1de3.pdf>

Munari, Bruno – **Das coisas Nascem Coisas**, Edições 70, 2008. ISBN: 9789724413631.

Papanek, Victor – **Design for the real World**, Chicago Review Press, 2005. ISBN: 9780897331531.

Parra, Paulo – **As Origens do Design Português: «Design Suave» in Design et Al: Dez perspectivas contemporâneas**. Lisboa, D. Quixote. 2014. ISBN: 9789722053969.

Randall, D – **The Polyurethanes Book**, Wiley, 2002. ISBN: 0470850418.

Revista Comunicando, Ribeiro, Daniel – **A Revolução Industrial e o Design**, 1ª ed 2004. [Em linha] <http://www.revistacomunicando.sopcom.pt/ficheiros/20121219-revistacomunicando_2012.pdf>.

Vasconcelos, Pedro; Lino Jorg,e F.; Neto J., Rui – **O Fabrico Rápido De Ferramentas Ao Serviço Da Engenharia Concorrente**. [Em linha] <<http://paginas.fe.up.pt/~falves/arttecnometal.pdf>>

Vieira, Joaquim – **O desenho e o projecto são o mesmo?**, FAUP - Faculdade de Arquitectura da Universidade Porto, 1995. ISBN: 9789729483134.

Walter, Ferrante – **Materialização Da Ideia, A - Noções De Materiais Para Design De Produto**, LCT, 2010. ISBN 9788521617716.

William F. Smith, McGraw-Hill – **Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais de Portugal** Lda: Lisboa, 1998. ISBN: 9789728298685.

8.2 Dissertações de Mestrado e Teses de Doutoramento

Calado, Aleiro Elçin – **Communication through design: Why do we love some products more than others?** Lisboa [s.n.], 2013. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes.

Dias, Silva Pedro – **Design e Auto-produção Novos paradigmas para o design de artefactos na sociedade pós-industrial A contribuição das tecnologias digitais.** Lisboa: [s.n.], Tese de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa Faculdade de Belas-Artes.

Felício, Fernando – **Fabricação Rápida do Design Uma abordagem na Concepção de Produto.** Lisboa [s.n.], 2012. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes.

Gouveia, André – **Briefing Innovation: Metodologia para Inovação de Produto.** Lisboa: [s.n.], 2010. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes.

Rocha, Pedro João – **Pedagogia, um agente de Design.** Lisboa: [s.n.], 2014. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Lisboa, Faculdade de Belas-Artes.

Santos, Flávio Anthero Nunes Vianna dos. – **MD3E (Método de Desdobramento em 3 Etapas): Uma Proposta de Método Aberto de Projeto para Uso no Ensino de Design Industrial.** Florianópolis: [s.n.], 2005. Tese de Doutoramento PPGEP-UFSC.

Teixeira, José – **Escultura pública em Portugal: monumentos, heróis e mitos (séc. XX).** Lisboa: [s.n.], Tese de Doutoramento apresentada à Universidade de Lisboa Faculdade de Belas-Artes.

8.3 Referências Eletrónicas

A modelação em CAD 3D e a Especificação técnica no Desenvolvimento de Produto [Em linha] [Consult. a 4 de mai. de 2015] Disponível em <http://www.inegi.up.pt/instituicao/ons/pdf/23_jasa-5.pdf>

A prototipagem rápida na indústria Nacional [Em linha] [Consult. a 13 de fev. de 2015] Disponível em <<http://paginas.fe.up.pt/~falves/Prototipagem.pdf>>

Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros [Em linha] [Consult. a 5 de jul. de 2015] Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281998000200003>

Auto CAD [Em linha] [Consult. a 8 de out. de 2015] Disponível em <<http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb>>

Conceitos Gerais de CAD/CAM/CAE/CIM [Em linha] [Consult. a 12 de out. de 2015] Disponível em <https://web.fe.up.pt/~ee00073/documents/Manuais/RESPIFE_CGER_v1.pdf>

Estereolitografia: o processo [Em linha] [Consult. a 17 de set. de 2015] Disponível em <<http://pt.3dilla.com/impressora-3d/estereolitografia>>

Fernando, Albano; Martins, Pereira – **Da maquete para o desenho: meios de representação tridimensional n o design de artefactos**, Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Aveiro [Em linha] [Consult. A 27 abr. de 2015] Disponível em <<http://ria.ua.pt/bitstream/10773/1228/1/2010000696.pdf>>

Giovanni Sacchi modellista per l'architettura e l'industrial design [Em linha] [Consult. a 14 de out. de 2015] Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=KIFC7hedccY>>

Guia Auto CAD [Em linha] [Consult. a 7 de out. de 2015] Disponível em <<http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.html>>

Idear em Design processo de criação [Em linha] [Consult. a 19 de mar. de 2015] Disponível em <<http://www.ideardesign.com.br/criacao/>>

Inside Ford's Clay Modelling Studio [Em linha] [Consult. a 12 de out. de 2015] Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=APNgS33HT3Y>>

Learning the art of clay modelling [Em linha] [Consult. a 12 de out. de 2015] Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=KrkBWDvULs8>>

Mau, Bruce – An Incomplete Manifesto For Growth [Em linha] [Consult. a 28 de abr. de 2015] Disponível em <<http://www.manifestoproject.it/bruce-mau/>>

Nova Base – O design thinking [Em linha] [Consult. a 10 de abr. de 2015] Disponível em <<http://www.novabase.pt/pt/dp/o-design-thinking>>

Paul Jackson – Folding Techniques [Em linha] [Consult. a 17 de jul. de 2015] Disponível em <<http://foldingtechniques.com/>>

Philippe Starck's British Reality TV [Em linha] [Consult. a 13 de fev. de 2015] Disponível em <Show <http://flavorwire.com/58619/watch-philippe-starcks-british-reality-tv-show>>

Pininfarina [Em linha] [Consult. a 10 de set. de 2015] Disponível em <<http://www.pininfarina.com/en/company/history>>

Pininfarina, design e história [Em linha] [Consult. a 10 de set. de 2015] Disponível em <<http://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2015-04-16/a-visual-history-of-pininfarina-the-design-house-that-helped-shape-ferrari>>

Prototipar para conquistar [Em linha] [Consult. a 20 de mar. de 2015] Disponível em <<http://blog.appstartup.me/prototipar-para-conquistar/>>

Prototype manufacturing & Design [Em linha] [Consult. a 22 de abr. de 2015] Disponível em <<http://www.innovate-design.com/prototyping-process/>>

Prototype Manufacturing & Design [Em linha] [Consult. a 29 de mar. de 2015] Disponível em <http://www.innovate-design.com/prototyping-process/?utm_expid=67950922-1.KUCYEGgTTJ-5tudi9Or7BQ.0>

Prototype to learn [Em linha] [Consult. a 20 de mar. de 2015] Disponível em
<<https://inngagedesign.wordpress.com/2015/03/31/prototype-to-learn/>>

Shapelock – material de modelação Design [Em linha] [Consult. a 22 de jul. de 2015]
Disponível em <www.shapelock.com>

The introduction of printing in Italy: Rome, Naples and Venice [Em linha] [Consult. a 13
de fev. de 2015] Disponível em
<<http://www.library.manchester.ac.uk/firstimpressions/assets/downloads/04-The-introduction-of-printing-in-Italy--Rome,-Naples-and-Venice.pdf>>

Tim Brown on Change By Design IDEO [Em linha] [Consult. a 23 de abr. de 2015]
Disponível em <<https://vimeo.com/5861210>>

Trought, Brian – Egyptian Mummy Found with Ancient Prosthetic. The Epoch Times
[Em linha] [Consult. a 13 de fev. de 2015] Disponível em
<<http://www.dailymail.co.uk/news/article-471203/Worlds-prosthetic-limb-3-000-year-old-Egyptian-mummy.html>>

Visão geral da modelagem 3 [Em linha] [Consult. a 12 de out. de 2015] Disponível em
<<http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm>>

8.4 Fontes Iconográficas

Figura 1 - <http://historiadaestetica.com.sapo.pt/extdocs/pre-historia.htm>

Figura 2 - http://3.bp.blogspot.com/-z1J2vPRATcY/UHM8FH4kvXI/AAAAAAAAAtzY/g1AyRW3x5zY/s640/article-2212134-1552B65C000005DC-876_634x419.jpg

Figura 3 - Cunca, Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 4 - Cunca, Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 5 - <http://www.historyofinformation.com/expanded.php?id=360>

Figura 6 - <http://www.museumsinflorence.com/foto/Accademia/images/dmbig.jpg>

Figura 7 - Cunca Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 8 - Cunca Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 9 - Cunca Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 10 - Cunca Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 11 - Cunca Raul – Territórios Híbridos. Lisboa: Faculdade de Belas-Artes, 2006.

Figura 12 - https://geometricasnet.files.wordpress.com/2009/10/thonet_dw_lifestyle_211928g4.jpg

Figura 13 - <http://recreas.com/wp-content/uploads/ideo-method-cards.jpg>

Figura 14 - Tirada pelo autor

Figura 15 - http://www.jubbling.com/featured_jubbling/nike-moves-away-from-carbon-offsets-to-sustainable-business-model - <http://news.nike.com/news/steve-nash-and-nike-turn-garbage-into-trash-talk>

Figura 16 - Hallgrimsson Bjarki – Prototyping and Modelmaking Kindle edition, 2012.

Figura 17 - http://www.3dsystems.com/french/datafiles/3dm/AlessiCoffee_3DM_CaseStudy.pdf

Figura 18 - http://cdn.shopify.com/s/files/1/0243/7593/products/MKSHL1-500_Shapelock_1800x1800_1024x1024.jpg?v=1442267111

Figura 19 - <http://www.fastcompany.com/3040816/most-creative-people/48-years-later-this-is-how-fiskars-keeps-improving-on-its-classic-orang>

Figura 20 - Tirada pelo autor

Figura 21 - Tirada pelo autor

Figura 22 - Tirada pelo autor

Figura 23 - <http://www.acrilcorte.com/detalhe.php?idC=4&idA=36>

Figura 24 - <http://www.foodpack.com.br/curiosidade3.php>

Figura 25 - Tirada pelo autor

Figura 26 - <https://www.youtube.com/watch?v=xjap74m4228>

Figura 27 - <http://rodicut.com/en/>

Figura 28 - http://www.frutodearte.com.br/index.php?cPath=40_221

Figura 29 - Tirada pelo autor

Figura 30 - Tirada pelo autor

Figura 31 - http://www.designboom.com/weblog/read.php?CATEGORY_PK=&TOPIC_PK=7940

Figura 32 - <http://www.fastcompany.com/3040816/most-creative-people/48-years-later-this-is-how-fiskars-keeps-improving-on-its-classic-orang>

Figura 33 - Tirada pelo autor

Figura 34 - Tirada pelo autor

Figura 35 - <http://carmelogomez.blogspot.com/2014/11/car-and-driver-2015-ford-mustang.html>

Figura 36 - <http://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2015-04-16/a-visual-history-of-pininfarina-the-design-house-that-helped-shape-ferrari>

Figura 37 - <http://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2015-04-16/a-visual-history-of-pininfarina-the-design-house-that-helped-shape-ferrari>

Figura 38 - <http://quatorrodas.abril.com.br/noticias/conhecida-pelos-carros-pininfarina-apresenta-nova-bicicleta-901621.shtml>

Figura 39 - Fonte própria da autoria de André Gouveia

Figura 40 - <http://www.dremeleurope.com/pt/pt/discodecortede24mm-36pe%C3%A7as-186-ocs-p/>

Figura 41 - Tirada pelo autor

Figura 42 - Tirada pelo autor

Figura 43 - Tirada pelo autor

Figura 44 - Tirada pelo autor

Figura 45 - Tirada pelo autor

Figura 46 - Tirada pelo autor

Figura 47 - Tirada pelo autor

Figura 48 - http://www.dem.ist.utl.pt/~m_desI/Intro.html

Figura 49 - <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABFXoAG/cap-1-des-mec>

Figura 50 - http://www.inegi.up.pt/instituicao/ons/pdf/23_jasa-5.pdf

Figura 51 - <http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm>

Figura 52 - <http://exchange.autodesk.com/autocad/ptb/online-help/ACD/2012/PTB/pages/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-68fb.htm>

Figura 53 - Tirada pelo autor

Figura 54 - <http://www.3d-prototyp.com/3d-maschinenpark/>

Figura 55 - <http://www.laserrepro.com/resources/newsletter/issues/2007/summer.php>

Figura 56 - http://www.ferramentalrapido.ufba.br/maquina_sls.jpg

Figura 57 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 58 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 59 - Tirada pelo autor

Figura 60 -

https://restoringpublicpossessions.files.wordpress.com/2011/08/sollewitt_variationsonincompleteopen_cubes_1974.jpeg

Figura 61 – Tirada pelo autor

Figura 62 - Tirada pelo autor

Figura 63 - Tirada pelo autor

Figura 64 - Tirada pelo autor

Figura 65 - Tirada pelo autor

Figura 66 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 67 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 68 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 69 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 70 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 71 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 72 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 73 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 74 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 75 - Fonte própria da autoria de João Rocha

Figura 76 - Tirada pelo autor

Figura 77 - montagem <http://www.dreamstime.com/stock-photo-children-playing-toys-small-kids-isolated-white-background-baby-development-over-image43300305>

Figura 78 - Tirada pelo autor

Figura 79 - Tirada pelo autor

Figura 80 - Tirada pelo autor

Figura 81 - Tirada pelo autor

Esquema 1 - Adaptado de: <https://media-mediatemple.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2013/12/5-steps-design-thinking-large-opt.png>

Esquema 2 - Fonte própria da autoria de André Gouveia

Esquema 3 - http://www.lasersintering.com/images/services/sla_machine.gif

Tabela 1 - Adaptada de: Hallgrímsson Bjarki – Prototyping and Modelmaking p. 25.