



**Albano Fernando
Pereira Martins**

**Da maqueta para o desenho: meios de representação
tridimensional no design de artefactos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Design Materiais e Gestão do Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor Vasco Afonso da Silva Branco, Professor Associado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e co-orientação científica da Doutora Maria Isabel da Fonseca e Castro Moreira Azevedo, Professora Auxiliar da Escola Universitária das Artes de Coimbra.

Dedico este trabalho aos meus pais, José e Carolina, pelo apoio incondicional nos momentos mais importantes da minha vida.

o júri

presidente

Designer Francisco Maria da Providência Santarém
Professor Associado Convidado da Universidade de Aveiro

Pintor Mário Augusto Bismarck Paupério de Almeida
Professor Associado da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

Doutor Vasco Afonso da Silva Branco
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Doutora Maria Isabel da Fonseca e Castro Moreira Azevedo
Professora Auxiliar da Escola Universitária das Artes de Coimbra

agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor Vasco Branco e Professora Isabel Azevedo, pela amizade, simpatia e disponibilidade na orientação deste trabalho.

Aos meus amigos, Artur Moreira, Carlos Dias, José Calisto e Pedro Figueiredo, por me facultarem o acesso aos seus estimados livros.

À Márcia e Catarina, pelo carinho, incentivo e compreensão das minhas ausências.

palavras-chave

Design, representação, tridimensional, desenho, maquete, modelo, protótipo, físico, virtual, analógico, digital.

resumo

Este estudo pretende, através de uma análise retrospectiva, caracterizar a abordagem da representação tridimensional no contexto do design, pela sua utilidade como instrumento de comunicação, desenvolvimento e materialização de ideias.

Se no passado a experiência da representação tridimensional passou necessariamente pela manufactura, no século XX, com a possibilidade de integração de um ambiente simulado no Design, promoveram-se alterações profundas nas experiências de representação, percepção e sensibilidade do designer.

Os sistemas de representação digitais foram adoptados gradualmente pela maioria dos profissionais do desenho, alterando os seus hábitos, substituindo as ferramentas que auxiliavam a sua actividade, e estabeleceram-se novas metodologias no processo de criação que levaram a uma revisão das práticas de representação.

O principal objectivo deste trabalho foi compreender as principais causas e respectivos efeitos dessa enorme transformação que ocorreu depois da introdução das tecnologias digitais, identificando os sujeitos que procuraram o seu processo de formalização, vinculado ou não, às novas tecnologias e analisar as razões que assistiram essa escolha.

Hoje em dia, com a introdução da tecnologia digital no âmbito da representação, o designer tem a possibilidade de representar pela mão ou assistido por computador, recorrendo a sistemas híbridos que utilizam ambos os recursos. Portanto, neste estudo, foram também analisadas as alterações verificadas no projecto de design, numa comparação entre os meios de representação analógicos e digitais, físicos e virtuais.

keywords

Design, representation, tridimensional, drawing, model, prototype physical, virtual, analog, digital.

abstract

This study aims, through a retrospective analysis, to characterize the approach of tridimensional representation in the context of design, for its usefulness as a tool for communication, development and materialization of ideas.

If, in the past, tridimensional representation hinged necessarily on manual work, in the twentieth century, though, the possibility of integrating a simulated environment in Design promoted deep changes in the experience of representation, perception and sensitivity of the designer.

The digital representation systems were gradually adopted by most designers, who changed their habits by replacing the tools which helped them in their trade. Thus, new methodologies were established in the design process, leading to a review of the representation techniques. The main goal of this study was to understand the underlying causes and effects of the enormous change that occurred after the introduction of digital technologies, identifying the individuals who sought their formalization process, bound or not, to new technologies and examine the reasons that led to this choice.

Nowadays, with the introduction of digital technology in the scope of representation, the designer is able to represent either manually or assisted by a computer, using hybrid systems that use both resources. Therefore, in this study, we also analyzed the changes in the project design, by making a comparison between analog and digital, physical and virtual means of representation.

Índice

Índice	1
Índice de figuras.....	4
1 Introdução	11
1.1 Definição do problema	11
1.2 Metodologia.....	12
1.3 Estrutura do trabalho	12
2 Enquadramento histórico	15
2.1 Representação, significado e conceito.....	15
2.2 As primeiras representações	16
2.3 Egipto e Mesopotâmia.....	18
2.4 A Perspectiva como Representação.....	20
2.4.1 Grécia e Euclides	21
2.4.2 Marcos Vitruvius	22
2.4.3 Da Idade Média ao Renascimento	25
2.4.4 Giotto e Duccio	26
2.4.5 <i>Perspectiva</i> , a descoberta de Brunelleschi.....	27
2.4.6 As teorias, de Alberti a Leonardo	31
2.4.7 Leonardo da Vinci.....	34
2.5 Máquinas da representação	36
2.5.1 A <i>janela</i> de Alberti	36
2.5.2 O <i>translado</i> tridimensional.....	38
2.5.3 Da câmara escura à fotografia	40
2.5.4 A câmara clara.....	43
2.5.5 A fotografia: Wedgwood, Niepce, Daguerre e Talbot.....	45
2.5.6 Máquinas de animação e movimento.....	48
2.6 Síntese do capítulo	53

3	A construção de representações	55
3.1	Para uma definição de desenho.....	55
3.2	Desenho e projecto	57
3.3	Das escolas para um desenho moderno.....	61
3.3.1	Pestalozzi e Froebel.....	61
3.3.2	A Bauhaus	65
3.3.2.1	Johannes Itten	68
3.3.2.2	<i>Desenho e luz</i>	71
3.3.2.3	<i>“Desenho ao vivo”</i>	73
3.3.2.4	<i>“Desenho analítico”</i>	78
3.3.2.5	<i>“A Linguagem da Visão”</i>	84
3.4	Desenhos de concepção, <i>com lápis e papel</i>	87
3.4.1	Esboço e diagrama do design	90
3.5	Desenho digital - os sistemas CAD do século XX.....	94
3.5.1	Funções do CAD.....	95
3.6	Desenho, analógico ou CAD?.....	98
3.7	Síntese do capítulo	102
4	A construção da tridimensionalidade.....	105
4.1	Modelo e maquete	105
4.2	O modelo como esboço tridimensional	112
4.3	À escala do real, protótipos	115
4.4	Prototipagem Rápida, do virtual para o real.....	115
4.5	CAD CAM.....	118
4.6	<i>Scan 3D</i> , do real para o virtual	118
4.7	Modelos híbridos.....	120
4.8	Processos e materiais para construir em três dimensões.....	122
4.8.1	Carving, Modeling, Assembly	122

4.8.2	Barro	124
4.8.3	Madeira	126
4.8.4	Papel	127
4.8.5	Espumas	128
4.9	Modelo, físico ou virtual?	129
4.10	Síntese do capítulo	131
5	Artefacto – automóvel	133
6	Conclusão	139
	Bibliografia.....	143

Índice de figuras

Figura 1 – Bisonte da caverna de Niaux (Ariège), Hauser, 1951, p.17.....	17
Figura 2 – <i>Deusa da fertilidade</i> , de Cernavoda (Roménia), 5000 a.C., barro cozido, alt. 0,16m, Museu Nacional de Bucareste, Janson, 1986, p.33.	18
Figura 3 – Representação arquitectónica na Mesopotâmia, C 2450 a.C., Cattani, 2006, p.110.	19
Figura 4 – Paleta do Rei Narmer, de Hierakonpolis, c. 3000 a.C. Ardósia, alt. 0,64 m. Museu Egípcio, Cairo, Janson, 1998, p.56.	20
Figura 5 – Cena de Eurípides, “ <i>Iphigenia in Tauris</i> ”, pintura de parede de uma actuação teatral na casa de Pinarius Cerealis, Pompeia (1st c.c.e.), Gomez e Pelletier, 1997, p.99.	24
Figura 6 – Esquerda: <i>A Santa Ceia</i> , Duccio di Buoninsegna, 1308-11, http://www.wga.hu ; Direita: <i>A Anunciação</i> , Ambrogio Lorenzetti, 1344, http://www.britannica.com/EBchecked/topic-art/1343176/31388/Annunciation-gold-leaf-and-tempera-on-wood-panel-by-Ambrogio	27
Figura 7 – Esquerda: diagrama da experiência realizada por Brunelleschi, secção transversal do cone óptico cujo vértice está situado no orifício através do qual se vê o espelho, Rotman, 1987, p.15; Direita reconstrução da tela de Brunelleschi.	29
Figura 8 – Masaccio, <i>A Santíssima Trindade com a Nossa Senhora e S. João</i> , 1425 , Janson, 1986, p.413.	30
Figura 9 – Esquerda: Donatello, <i>O Festim de Herodes</i> , 1425, bronze dourado, 0,60 m, (quadrado), Pia baptismal, S. João, Siena; Direita: Lorenzo Ghiberti, <i>A História de Jacob e Esaú</i> , painel das “Portas do Paraíso”, 1435, bronze dourado, 0,80 m, (quadrado), Baptistério de Florença, Janson, 1986, p.397.....	31
Figura 10 - Piero della Francesca, <i>Flagellation of Christ</i> , c. 1460, http://www.dartmouth.edu/~matc/math5.geometry/unit13/unit13.html	33
Figura 11 – Xilogravura de Durero, Molina, Cabezas e Bordes 2001, p.305.....	36

Figura 12 – Esquerda: Matthaus Roriczer, método de quadrícula com seis quadrados inscritos uns nos outros, final do século XV; Direita: Villard Honnecourt, método de quadrícula para desenhar uma cabeça, século XIII, Molina, 2002, pp.98-99.....	37
Figura 13 – Máquina de pontear, Wittkower, 2001, p.25.	39
Figura 14 – Esquerda: Francesco Carradori, método para copiar figuras, Wittkower, 2001, p.235; Direita: António Canova, modelo de gesso com pontos, utilizado na cópia das <i>Três Graças</i> , Molina, 2002, p.113.	40
Figura 15 – Desenhador utilizando um modelo da câmara escura da época da invenção da fotografia, Molina, 2002, p.264.....	43
Figura 16 – Pintor David Hockney a desenhar com a ajuda da câmara clara, Molina, 2002, p.344.	44
Figura 17 – “ <i>View from the Window at Le Gras</i> ”, primeira fotografia permanente criada por Nicephore Niepce em 1826, Saint-Loup-de-Varennes, realizada em 20 x 25 cm e 8 horas de exposição, http://americandigest.org	45
Figura 18 - 1: <i>Lanterna mágica</i> ; 2: <i>taumatroscópio</i> ; 3: <i>fenaquistoscópio</i> ; 4: <i>teatro praxinoscópio</i> ; 5: estereoscópio de dois espelhos; 6: <i>estereoscópio refractivo</i> ; 7: <i>praxinoscópio</i> ; 8: <i>zootroscópio</i>	52
Figura 19 – Nathalie du Pasquier, 1985, o desenho ilustra o método baseado em projecções métricas utilizado pelo grupo de Memphis, www.nathaliedupasquier.com	59
Figura 20 - Lyonel Feininger, <i>Cathedral</i> , xilogravura para o Manifesto Bauhaus, 1919, http://www.bauhaus.de/	65
Figura 21 – Dois desenhos realizados por Klaus Rudolf Barthelmess (esquerda) depois do estudo no material por M. Mirkin (direita), Droste, 1992, p.26.	69
Figura 22 – Esquerda: Mathias <i>Grünewald</i> , <i>Altar de Isenheim</i> , (fragmento), 1512-1516. http://www.ibiblio.org ; Direita: Desenho realizado nas aulas de “ <i>Análise de Mestres Antigos</i> ” de Johannes Itten, baseado no <i>Altar de Isenheim</i> , Droste, 1992, p.30.....	70

- Figura 23 – Esquerda: László Moholy-Nagy, photogram, gelatin silver print; 23.9 x 17.9 cm, Ford Motor Company Collection, 1926, <http://www.metmuseum.org>; Direita: *typophoto poster for tires*, 1923, <http://wikis.lib.ncsu.edu>.72
- Figura 24 – Esquerda: Rudolf Lutz, desenho de nu do curso de Itten, cerca de 1921; Centro: Klaus Barthelmess, desenho de nu do curso de Schlemmer, cerca de 1922; Direita: Gertrud Arndt, desenho de nu do curso de Paul Klee, 1924, Droste, 1992, pp.50-51.75
- Figura 25 - Oskar Schlemmer, 1926, esquema para o *Triadic Ballet*, tinta da China, aguarela, zinco branco e bronze em papel, Harvard University Art Museums, O desenho esquemático de Schlemmer, mostra a organização dos actos em colunas, cada uma dividida horizontalmente em cenas numeradas, James Chakraborty, 2006, p.106.77
- Figura 26 – 1: Fotografia de construção de natureza-morta, 1929; 2-5: Hannes Beckmann. *The Different Stages of Analysis*, 1929, Poling, 1986, p.112.....79
- Figura 27 - Esquerda: Robert Edward Kukowka. *Analytical Drawing of the First Stage with Schema*, 1926, Poling, 1986, p.113; Direita: Hans Thiemann. *Still-Life Drawing*, 1930, Poling, 1986, pp.113-114.81
- Figura 28 – Esquerda: Charlotte Voepel-Neujahr. *Analytical Drawing of the Second Stage with Schema*, 1927/28; Direita: Charlotte Voepel-Neujahr. *Analytical Drawing of with Tensions Translated into Zones of Color*, 1927/28, Poling, 1986, p.116.82
- Figura 29 - Fritz Fiszmer. *Analytical Drawing of the Third Stage with Schema*, 1928, Poling, 1986, p.119.83
- Figura 30 - Gyorgy Kepes, 1939, *Photogram*, Fotograma em papel de prata (40,4 X 50, 5cm), Art Institute of Chicago, Craven, 2003, p.627.85
- Figura 31 – Esquerda: Marc Newson, esboço da carroçaria do *Ford concept car 021C*, esferográfica sobre papel; Direita: Ford Motor Company, modelo do *concept car 021C*, vista lateral, 1999, Duits, 2003, p.230.89
- Figura 32 – Karim Rashid, *Liquid chair*, 2005. O esboço mostra algumas tentativas do designer na procura da forma da “*Liquid chair*”, Pipes, 2007, p.112.91

Figura 33 – Esquerda: Paul Klee, representação do “sistema circulatório”, Klee, 1990 p. 120, Direita: Wassily kandinsky, “esquema gráfico do salto”, kandinsky, 1970, p.50.	93
Figura 34 – Philip Bro Ludvigsen for Georg Jensen, Pro/E CAD drawing of a twist salt container, Pipes, 2007, p.34.	96
Figura 35 – Esquerda: David Goodwin, modelo 3D realizado com o software <i>Rhinoceros</i> ; Centro: modelo de resina epoxídica realizado por stereolitografia; Direita: anel acabado em ouro. Pipes, 2007, p.107.	97
Figura 36 - Designers da Mercedes experimentam um 3-D virtual do interior de um automóvel através de “Design Cave” (Computer Aided Virtual Environment), Mercedes-Benz Design Center.	98
Figura 37 – Esquerda: modelo de celeiro descoberto no túmulo de Meketre; Direita: <i>escribas</i> utilizados no modelo, Metropolitan Museum of Art, 2000. http://www.metmuseum.org/toah/ho/03/afe/ho_20.3.11.htm	107
Figura 38 – Esquerda: <i>Paradeigma</i> de capitel do Thódos de Policleto o jovem, Epidauro, Grécia IV a.C. Modelo em mármore em escala 1:1 como um protótipo para a série de capiteis do edifício; Direita: Modelo de cenário, século II a.C. Nápoles, Rosestraten, 2003, pp.178- 198.	109
Figura 39 – Esquerda: Maqueta em madeira para o lanternim da Igreja de Santa Maria del Fiori; Cento: Maqueta em madeira para a cúpula da Igreja de Santa Maria del Fiori, Direita: Maqueta em madeira para a fachada da Igreja de Santa Maria del Fiori, Smith, 2004, pp.18-19.	109
Figura 40 – Esquerda: Miguel Ângelo, modelo de cera em escala reduzida para o “Escravo Jovem”, 1520, Wittkower, 2001, p.131; Direita: Miguel Ângelo, “Escravo Jovem”, mármore inacabado, 271cm, 1530-1533, Sala, 2001, p.172.	111
Figura 41 – Mario Bellini, 1-3: desenvolvimento da forma base da máquina de escrever portátil; 4-7: desenvolvimento de uma ideia, 8-10: desenvolvimento da solução definitiva; 11:	

modelo tridimensional em madeira da ETP 55 (1985-1987); 12: máquina de escrever portátil, Olivetti, ETP 55 (1987), plástico e metal. Duits, 2003, pp. 198-201.....	114
Figura 42 – Esquerda: FDM (Fuse Deposition Modeling), componentes 3D para montagem da cúpula; Direita: Modelo construído por <i>assemblage</i> das peças realizadas por FDM, Sass, 2006, p.350.	117
Figura 43 – Esquerda: Digitalização de um modelo tridimensional para recolha de dados da superfície, NVision Inc, 2004, http://www.qualitymag.com/Articles ; Direita: Viuscan Laser Scanner, http://www.metronom.com.au/3dlaser_scanner/viuscan.html	119
Figura 44 – 1: modelo 3D; 2: modelo prototipado por RP. 3: modelo prototipado por RP alterado (barro); 4: modelo 3D digitalizado, 5: modelo 3D; 6: modelo prototipado por RP Dorta, 2006, p.135.....	121
Figura 45 – Esquerda: Máquina de corte de acrílico a laser 2D, http://www.directindustry.com/ ; Direita: Mathias Bengtsson, “Slice chair”, 1999, cadeira construída a partir da junção de várias camadas de material, desenhadas em CAD e cortadas numa máquina de corte 2D, Pipes, 2007, p.24.....	123
Figura 46 – A Roland MDX-40, é uma fresadora 3D capaz de produzir protótipos (na integra ou em partes), em ABS, acrílico, espuma, cera, até um máximo de 305[x] x 305 [y] x 105 [z] mm. Pipes, 2007, p. 102.....	124
Figura 47 – Esquerda: A 3D Systems <i>Thermojet</i> , utiliza a tecnologia <i>multiJet modeling</i> (MJM) para produzir peças sólidas através da deposição de várias camadas de <i>termoplásticos</i> ; Direita: <i>Protótipo rápido</i> de uma jante de automóvel produzida por <i>stereolithography</i> . Pipes, 2007, pp.102-103.	124
Figura 48 – Esquerda: Criação do modelo tridimensional em barro à escala real do novo carro da Ford Mustang, www.carofthecentury.com ; Direita: Criação do modelo tridimensional em barro à escala real do BMW M3 e90, 2005. http://www.bmwheaven.com	125
Figura 49 – Esquerda: Giovanni Sacchi, modelo de madeira da Olivetti - Lettera 22, (8.3 x 29.8 x 32.4 cm). http://www.designindex.it/sacchi.htm ; Direita: Marcello Nizzoli & Giuseppe	

Beccio, 1950, Olivetti - Lettera 22, metal esmaltado, manufactura - C. Olivetti & C. S.p.A., Ivrea. http://www.moma.org	126
Figura 50 - James Dyson, 1992-1995, Esquerda: estudo tridimensional da forma do DC 02 em poliestireno extrudido, 30 cm; Direita: DC 02 em plástico. Duits, 2003, pp. 204, 205. .	128
Figura 51 - Esquerda: Primeiros esboços a lápis do Mercedes Benz F700 Concept Car; Direita: Representações do F700 trabalhado com diferentes ferramentas de desenho, Mercedes-Benz Advanced Design Studio in Irvine, Califórnia, 2007. http://www.carbodydesign.com/archive/2007/09/26-mercedes-benz-f700-concept-design/	134
Figura 52 - Esquerda: 5series gt concept sketch open doors Concept Car; Direita: 5series gt concept sketch interior.	134
Figura 53 - Mikael Lugnegard, 1: modelo CAD 3D modelado em <i>Maya</i> ; 2-5: diferentes renders do modelo realizados no <i>Hypershoot</i> (software de renderização); 6: imagem trabalhada no photoshop. Entrevista com Mikael Lugnegard, Waikit, 2009. http://www.productdesignhub.com/articles/33-interviews/80-interview-with-mikael-lugnegard	135
Figura 54 - Esta Ilustração do <i>Jaguar XK</i> , realizada a partir do <i>rendering</i> 3D do <i>Light Wave 3D</i> , mostra a suspensão do automóvel. Jaguar Cars, Coventry, England. Pipes, 2007, p.184.	136
Figura 55 - Esquerda: General Motors, modeladores da GM na construção em espelho de um modelo de barro à escala 1/4, http://www.carsdesignonline.com/design/modelling/clay-modelling.php ; centro; Ferrari, modelo à escala 1:4, em espelho, do Ferrari 599 GTB Fiorano, http://autodesign.socialblog.us/2008/09/10/yesterday-series-ferrari-599-gtb-fiorano-the-design-story/#more-69 ; direita: Mercedes Benz, modelo integral, à escala 1:5, 1:5 do Mercedes Class S, http://www.emercedesbenz.com/Apr06/18DesignOfThe2007MercedesSClass.html	137

Figura 56 – Esquerda: BMW, representação bidimensional do BMW Z4 e89 realizada com fita de desenho (*tape drawing*); centro: modelo em barro à escala real; direita: aplicação de *Dynoc film* para acabamento de superfície do modelo, 137

Figura 57 – Esquerda: Mercedes Benz, modelo integral em barro, à escala 1:1, do Mercedes Benz F700 Concept Car, <http://www.carbodydesign.com/archive/2007/09/26-mercedes-benz-f700-concept-design/>; direita: Ferrari, modelo à escala 1:4, em espelho, do Ferrari 599 GTB Fiorano, <http://autodesign.socialblog.us/2008/09/10/yesterday-series-ferrari-599-gtb-fiorano-the-design-story/#more-69>. 138

1 Introdução

1.1 Definição do problema

A velha expressão “devo estar a sonhar” exprime aquilo que é, de há muito, a única alternativa possível ante uma imagem dada: é uma criação autónoma subjectiva da própria mente, ou estarei a olhar para qualquer coisa real, possuidora de materialidade e, portanto, uma existência objectiva. Hoje, há três possibilidades: estou a sonhar, estou acordado num ambiente físico real, ou estou acordado num ambiente simulado.» (Ezio Manzini, 1986, p.27).

A abordagem da representação tridimensional no contexto do Design assume um papel crucial como instrumento privilegiado de comunicação, desenvolvimento e materialização de ideias, essencial à concepção de objectos e à cultura projectual.

A citação de Manzini sublinha a grande transformação que ocorreu depois da introdução das tecnologias digitais. Se no passado a experiência da representação tridimensional passou necessariamente pela manufactura, no século XX, com a possibilidade de integração de um *ambiente simulado* no Design, promoveram-se alterações profundas nas experiências de representação, percepção e sensibilidade do designer. Gradualmente, os sistemas de representação digitais foram adoptados pela maioria dos profissionais do desenho, alterando os seus hábitos, substituindo as ferramentas que auxiliavam a sua actividade, estabeleceram-se novas metodologias no processo de criação e como consequência; uma revisão das práticas da representação.

Deste modo, o principal foco deste trabalho é compreender as principais causas e respectivos efeitos dessa transformação, identificando os sujeitos que procuram o seu processo de formalização, vinculado ou não, às novas tecnologias e analisar as razões que assistiram essa escolha.

O estudo debruça-se sobre as fases de progressão do projecto de Design, onde acontece o processo criativo, focalizando a utilização dos meios de representação mais tradicionais (analógicos) numa comparação com os recursos informáticos (digitais). Por outro lado, e para um melhor enquadramento do assunto, será necessário referenciar as primeiras teorias sobre perspectiva elaboradas como sistematização de representação do espaço tridimensional no Renascimento italiano, identificar o momento em que a representação de formas tridimensionais aparece associada à prática projectual e analisar o modo como se desenvolveu.

Neste âmbito, será feita uma selecção de *representações, da maqueta ao desenho*, da Pré-história aos nossos dias, de vários artistas, arquitectos e designers, que deixaram o seu testemunho materializado nos desenhos, maquetas e modelos que utilizaram nos seus trabalhos.

1.2 Metodologia

A metodologia consiste numa pesquisa bibliográfica através de publicações que tratam assuntos específicos orientados à abrangência do tema *representação*. Pretende-se estabelecer um elo de ligação mais amplo com referências que ajudem a fundamentar e a identificar o problema e a formular as respectivas questões de pesquisa.

1.3 Estrutura do trabalho

O Capítulo 1 apresenta a formulação e delimitação do problema, os objectivos da pesquisa, bem como organização do trabalho.

O Capítulo 2 expõe a primeira parte da revisão de literatura, que trata da relação do homem/natureza e a sua representação, e apresenta uma contextualização histórica orientada às questões de investigação. Faz-se uma análise aos instrumentos de representação referenciados por Molina em "*Máquinas y Herramientas de Dibujo*", desde a descoberta da perspectiva até

aos nossos dias, considerando as invenções e os factores de inovação que se verificaram com o seu aperfeiçoamento, e as alterações nos hábitos de representação que estes produziram.

Esta análise propõe responder às seguintes questões:

Em que circunstâncias aconteceram os primeiros registos da tridimensionalidade?

Como entendiam e representavam os artistas e arquitectos a tridimensionalidade antes da descoberta da perspectiva?

Que importância teve a descoberta da perspectiva na representação do espaço tridimensional?

No capítulo 3 considera-se a utilização do desenho, como o meio técnico de representação tridimensional, investigando sujeitos, escolas e métodos de ensino que fomentaram a sua introdução nos ambientes de trabalho. Expõe-se ainda a tecnologia digital como contributo para desenvolvimento das práticas de representação tridimensional no Design, considerando os factores de inovação que permitiram a sua integração como ferramenta de desenho.

Esta análise propõe-se responder às seguintes questões:

Que factores conduziram à utilização do desenho como meio técnico de representação tridimensional no design?

Que factores conduziram à utilização do CAD no design de artefactos? Qual o impacto (vantagens e desvantagens), da sua utilização como ferramenta de representação?

O capítulo 4 apresenta um estudo comparativo sobre utilidade das maquetas, modelos e protótipos, analógicos e digitais, físicos e virtuais, considerando as solicitações conceptuais, formais e funcionais do Design.

Que função desempenham os modelos tridimensionais físicos - analógicos na representação e desenvolvimento de novos artefactos?

Que função desempenham, os modelos tridimensionais virtuais - digitais no desenvolvimento de novos artefactos?

O capítulo 5, analisa as aplicações e funcionalidades dos meios de representação tridimensional (analógico e digital, físico e virtual), vinculados às etapas da progressão no design de um artefacto. Como exemplo sugere-se o automóvel por se tratar de um segmento do design industrial que implementa uma estreita ligação entre os dois meios de representação, ou seja, a tecnologia digital e os meios tradicionais de representação.

2 Enquadramento histórico

Este capítulo expõe a primeira parte da revisão de literatura, que trata da relação do homem/natureza e a sua representação, e apresenta uma contextualização histórica orientada às questões de investigação. Faz-se uma análise aos instrumentos de representação referenciados por Molina e por outros autores, desde a descoberta da perspectiva até aos nossos dias, considerando as invenções e os factores de inovação que se verificaram com o seu aperfeiçoamento, e as alterações nos hábitos de representação que estes produziram.

Como já se referiu, esta análise propõe responder às seguintes questões:

Em que circunstâncias aconteceram os primeiros registos da tridimensionalidade?

Como entendiam e representavam os artistas e arquitectos a tridimensionalidade antes da descoberta da perspectiva?

Que importância teve a descoberta da perspectiva na representação do espaço tridimensional?

2.1 Representação, significado e conceito

«No passado ...Giotto pintava e projectava edifícios, Leonardo da Vinci pintava e inventava máquinas. Pintor, arquitecto, inventor, poeta, eram diferentes actividades ligadas por um único método objectivo de projectar. Uma máquina de Leonardo da Vinci não está feita "em estilo" Mona Lisa. Mas há algo que as une, um método objectivo, uma sinceridade projectiva, uma honestidade profissional, a autenticidade de um ofício.»
(Munari, 1971, p.13).

Etimologicamente, o termo representação, tem origem no Latim *repraesentare* e está associado ao acto de representar, de expor, de exhibir, de reproduzir uma imagem. Pode ainda significar imagem, desenho, pintura ou escultura de uma forma tridimensional.

Segundo Rodrigues (2000, p.76), “*representa-se tanto a partir da realidade observada como de uma subjectividade sentida, como se representam ainda concepções abstractas*”.

A temática da representação é tratada desde há muito por vários historiadores que encontram um variado leque de conceitos inerentes à própria história, e às ciências sociais. Até ao nascimento das Ciências com Descartes, o conceito de representação tinha, na sua etimologia, uma relação directa entre a similaridade e o reconhecimento das coisas. Gradualmente, este conhecimento empírico dos objectos, será substituído pela própria imagem, a representação dependerá sempre de um representante e da coisa representada.

Em Barki (2003, p.36), considera-se que “representação” se define por analogia à capacidade de materializar imagens, signos, símbolos, figuras etc. a partir do que vemos ou imaginamos. Num sentido mais amplo, representação, pode traduzir-se como *mímesis*; um conceito fundamentado na estética aristotélica e clássica da representação mental e de expressão figurativa.

2.2 As primeiras representações

Hauser (1951, p.19), observa que desde o paleolítico o homem se preocupou com a percepção da realidade e a sua representação. Nas actividades artística e social, a observação cuidada da natureza, permitiu-lhe uma transposição da tridimensionalidade para um novo suporte, a reprodução do mundo visível passava a exercer influência sobre o que o rodeava. Os desenhos e pinturas rupestres de caçadas de animais do período Paleolítico são exemplo material, da dificuldade que o homem desta época tinha em diferenciar a imagem da realidade. Quando associadas a rituais de caça, estas representações serviam de estímulo ao caçador no *domínio* sobre os animais.

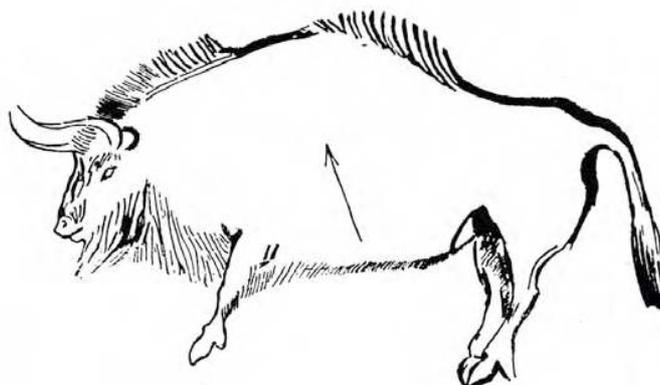


Figura 1 – Bisonte da caverna de Niaux (Ariège), Hauser, 1951, p. 17.

Segundo o Autor, a perspectiva compósita utilizada pelo artista paleolítico na representação dos chifres e dos membros posteriores do bisonte (figura 1), demonstrava já uma necessidade em transportar a tridimensionalidade do bisonte real para as duas dimensões da gravura. Por outro lado, “o carácter mágico da representação é claramente sugerido pela seta”.

«A representação pictórica nada mais era, a seus olhos, do que a antecipação do efeito desejado; o evento real seguir-se-ia inevitavelmente à acção mágica da representação (...). Não era o pensamento que matava, nem a fé o que originava o milagre: era antes o acto concreto e actual, a representação pictórica, em si e por si mesma, que produzia o efeito mágico.» (Hauser, 1951, p.21).

Durante milhares de anos a representação esteve vinculada ao *estilo* naturalista, e só no período Neolítico é que a interpretação fiel da natureza dá lugar à explicitação de uma ideia ou de um conceito. Alguns esboços geométricos e modelos tridimensionais da figura humana, revelam que o homem deste período tinha já uma grande capacidade de síntese e abstracção, procurando na representação uma simplicidade e depuração da forma nunca antes verificadas.

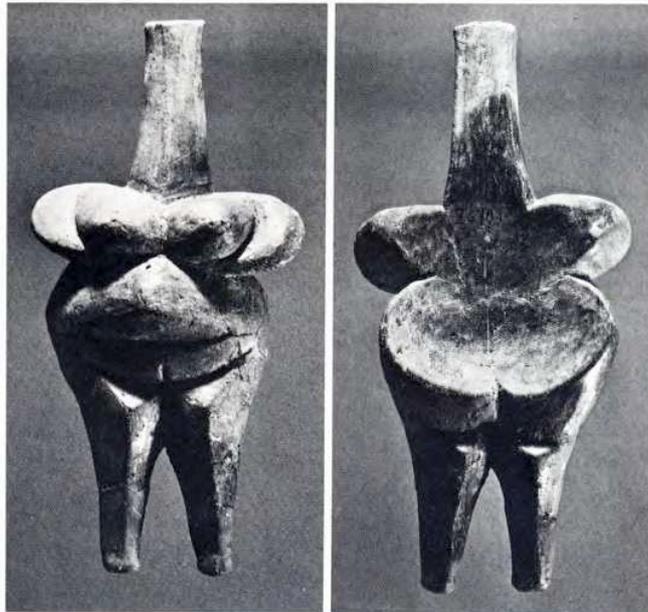


Figura 2 – *Deusa da fertilidade*, de Cernavoda (Roménia), 5000 a.C., barro cozido, alt. 0,16m, Museu Nacional de Bucareste, Janson, 1986, p.33.

Janson ao analisar a *Deusa da fertilidade* de Cernavoda (figura 2), observa as capacidades demonstradas pelo artista neolítico na simplificação do corpo da mulher: «O dorso suavemente côncavo salienta a convexidade da frente do corpo, (...) de uma forma que não envergonharia um escultor do século XX.» (Janson, 1998, p.33).

2.3 Egipto e Mesopotâmia

No Antigo Egipto e na Mesopotâmia, o grande desenvolvimento da agricultura determinava uma melhoria significativa da vida e de todas as formas de expressão, o artífice emerge na sociedade como um profissional capaz de aplicar novas técnicas na manipulação de novos instrumentos e na transformação de novos materiais.

É sobretudo nesta época que encontramos os primeiros registos associados à construção de grandes obras. Observa-se que os Mesopotâmicos foram os primeiros a registar plantas e

alçados vinculados à prática da arquitectura. Estes registos aparecem incisos em placas de barro e calcário e atestam a existência de uma cultura do desenho baseada no rigor e na precisão.

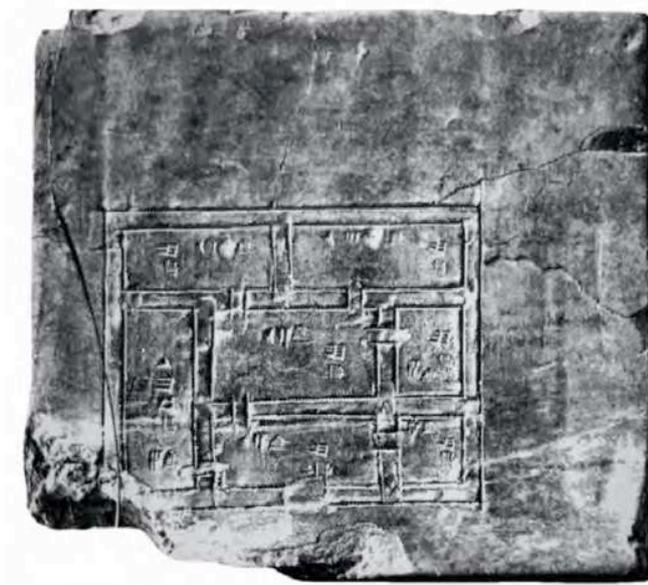


Figura 3 – Representação arquitectónica na Mesopotâmia, C 2450 a.C., Cattani, 2006, p.110.

Associa-se a organização espacial da agricultura e os hábitos visuais daí decorrentes, aos esquemas lineares e planos utilizados por estas civilizações no modo como registavam graficamente a tridimensionalidade.

Segundo Hauser (1951), a representação no Antigo Egipto esteve vinculada às necessidades política e religiosa, das classes sacerdotal e da casa real, os artistas egípcios estavam incumbidos de realizar tarefas que assegurassem a sua salvação espiritual para perpetuar a sua memória. Estes sistemas tinham apenas uma função simbólica, desprovida de qualquer intenção de reproduzir o realismo do espaço ou a tridimensionalidade dos corpos, a sua representação não passava de uma interpretação gráfica associada às suas convicções.

Na *Paleta de Narmer* (figura 4), está evidente a hierarquia social e religiosa utilizada na representação; o faraó destaca-se das diferentes personagens, reforçando o sentido simbólico pela atribuição da importância na composição. O artista utiliza uma *visão compósita* para representar no plano, definindo em simultâneo várias características da figura representada; a

cabeça de perfil, o tronco de frente, a cintura a três-quartos, os membros de perfil e os pés sobre a mesma linha de apoio. Quando o trabalho era realizado em formas de *vulto redondo*¹, os escultores egípcios aplicavam a *lei da frontalidade*, evitando saliências, o risco de fracturas e imperfeições que pudessem perturbar a “vida eterna”.



Figura 4 – Paleta do Rei Narmer, de Hierakonpolis, c. 3000 a.C. Ardósia, alt. 0,64 m. Museu Egípcio, Cairo, Janson, 1998, p.56.

2.4 A Perspectiva como Representação

O termo «perspectiva» tem origem no *Quattrocento* italiano, e deriva do verbo *perspicere* (ver claramente) e que em grego equivale a *optiké* (óptica). Pode definir-se como técnica de representação de formas tridimensionais em suportes bidimensionais, ou como *arte de representar os objectos como estes se apresentam à vista*².

Janson (1986, p.397), descreve a *perspectiva* como um processo geométrico para projectar o espaço numa superfície plana, simulando uma convergência de linhas paralelas para um ponto de fuga central, situado na linha do horizonte do observador.

¹ O termo *vulto redondo*, *round boss*, designa-se por uma representação de volumes.

² Dicionário da língua Portuguesa, Porto Editora, 8ª edição.

No seu estudo sobre perspectiva *Erwin Panofsky observa:*

«(...) imagino a imagem (de acordo com a definição de “janela”) como uma secção transversal plana feita através da chamada pirâmide visual; é o olho vértice desta pirâmide e ele está ligado aos pontos isolados que fazem parte do espaço a representar. Como a posição relativa destes «raios visuais» determina a posição aparente dos pontos que lhes correspondem na imagem visual, terei apenas de desenhar o plano e o alçado de todo o sistema, por forma a determinar que a figura surgirá na superfície de intersecção. O plano dar-me-á a extensão, o alçado a altura. Combinados estes valores num terceiro desenho, ser-me-á fornecida a projecção perspectiva por que ansiava.» (Panofsky, 1993, pp.31-32).

2.4.1 Grécia e Euclides

Vários autores consideram que o conceito de perspectiva ajustou-se ao seu tempo e as suas interpretações produziram alterações significativas na área da representação.

No mundo antigo, e durante a Idade Média a *perspectiva* não teve uma relação directa com percepção e representação da realidade tridimensional, o seu desenvolvimento evoluiria a par do conhecimento dos mecanismos de visão como resultado dos estudos realizados sobre o funcionamento do olho na percepção visual.

No século III antes de Cristo, Euclides (360 a.C.-295 a.C.) no seu tratado *Óptica*, faz a primeira abordagem científica sobre a óptica geométrica, ocupando uma posição de grande relevo no estudo da *perspectiva naturalis*³. As suas teorias perseguiram fórmulas matemáticas das leis da visão, sem procurarem a representação do espaço, baseavam-se na ideia de que o tamanho aparente dos objectos depende do seu ângulo de observação. Este conceito de «cone

³ Partindo do postulado de Euclides, Damiano (séc.IV a.C) formularia mais tarde esta teoria, constatando que a superfície ocular é curva, e as imagens percebidas pelo olho humano são condicionadas pela forma da esfera.

visual» resultava numa visão do espaço esférica e binocular estabelecida numa relação directa entre dois olhos do ser humano e a visão estereoscópica. Durante a Antiguidade, Euclides não admitiu a excepção de que as dimensões visuais se determinariam pela distância existente entre os objectos e o olho, as dimensões mediam-se com exactidão através dos seus ângulos, sem nunca considerar as medidas lineares.

Vários autores são unânimes em considerar estes estudos de Euclides como referência para todos os escritos sobre óptica e perspectiva realizados à posteriori. Como salienta Panofsky (1993, p.37), estas teorias “*procuravam uma formulação matemática das leis da visão natural, ligando assim, a grandeza aparente ao ângulo de visão*”.

Os antigos gregos foram os primeiros a abordar um sistema de representação gráfico com uma vertente tridimensional, procuravam representar o que se vê de forma clara e natural, e os seus métodos euclidianos continuaram a ser ensinados até finais do século XIX. Infelizmente com as conquistas dos romanos perderam-se muitos escritos sobre assunto, impedindo o desenvolvimento deste sistema de representação.

As teorias de Euclides e Ptolomeu⁴, só puderam ser interpretadas depois do século XVII quando se traduziram os tratados; e após a revolução francesa, Gaspard Monge (1746-1818), transformava a *geometria euclidiana* num instrumento de operação visual de rigor matemático, consolidando os conhecimentos da *geometria descritiva* num recurso gráfico da engenharia da época.

2.4.2 Marcos Vitruvius

O engenheiro e arquitecto romano que viveu no século I a.C. Marcos Vitruvius (*Marcus*

⁴ Cláudio Ptolomeu (85-165 a.C.), aparece referenciado pelos estudos sobre *Óptica* muito direccionados aos pintores da época. Nestes escritos, atribui grande importância à noção de raio central que serve de eixo ao cone visual. Ptolomeu foi ainda o responsável por uma das mais importantes e influentes obras da Antiguidade Clássica, o *Almagesto* - tratado de astronomia que descreve todo o conhecimento astronómico babilónico e grego em que se basearam as astronomias dos Árabes, Indianos e Europeus até ao aparecimento da teoria heliocêntrica de Copérnico.

Vitruvius Pollio), atribui à perspectiva um significado mais amplo considerando a aplicação das leis da óptica, não só na representação no plano, mas também à configuração arquitectónica e escultórica.

Segundo Gómez e Pelletier (1997), em *De architectura libri decem*, Vitruvius analisa o modo como os romanos representavam os frescos e os mosaicos, revela explicitamente que essas construções se baseiam nas leis da Óptica de Euclides, o espaço romano era representado a partir de um ponto de vista fixo.

«If a fixed center is taken for the outward glance of the eye and the projection of the radii [the apex of the cone of vision], we must follow these lines in accordance with a natural law [the laws of optics] such that from an indistinct object, distinct images may give the appearance of buildings in the scenery of the stage, and so that what is figured upon vertical and plane surfaces placed frontally can either seem to recede toward the back or to project forward.» (Gómez e Pelletier, 1997, p.101, cita *De architectura*⁵).

Noutra passagem do tratado “*De architectura libri decem*” comenta-se um fragmento extraído do livro VII, onde Vitruvius considera que o nascimento da perspectiva acontece por volta de 450 a.C. quando o pintor Agatharcos di Samo decide pintar elementos em perspectiva (edifícios) como cenário de uma peça de teatro. Vitruvius descreve o cenário do palco como um espaço em expansão que cria uma ilusão de profundidade para além da parede do *periaktoi*⁶, transformando o palco permanente, conforme as exigências do tipo de representação teatral. Ao projectar esta ilusão de profundidade tridimensional o espectador é momentaneamente envolvido no espaço teatral.

⁵ A citação é baseada na tradução de Grangers (2:70-71) e alterada segundo a interpretação de Panovsky, pp.38-97-102.

⁶ Os *periaktoi* designam-se por prismas pintados com diferentes ambientes em cada uma de suas faces, eram colocados em diferentes posições durante o espectáculo para sugerir mudança de cenário. <http://www.emdiv.com.br/pt/arte/enciclopediaarte/766-a-cenografia.html>

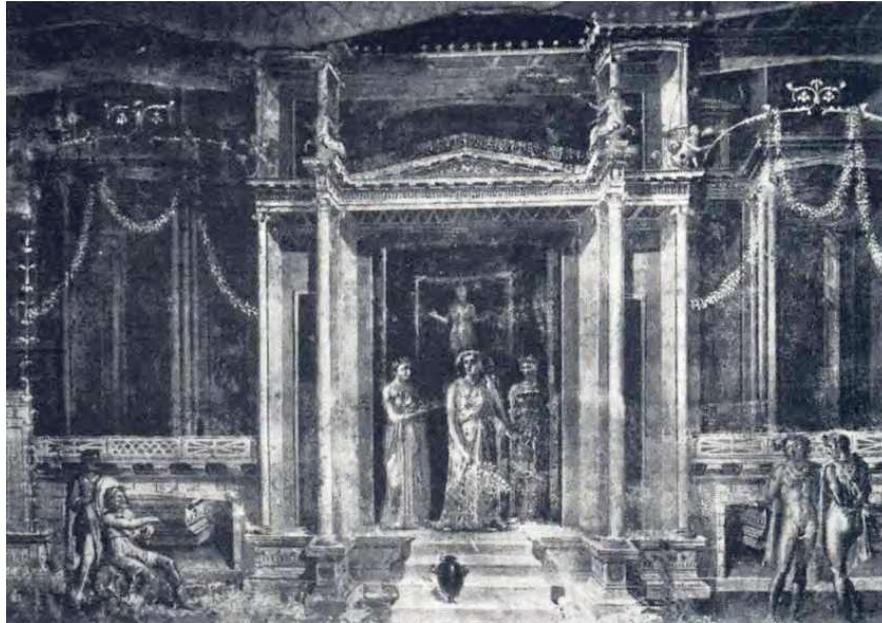


Figura 5 – Cena de Eurípides, “*Iphigenia in Tauris*”, pintura de parede de uma actuação teatral na casa de Pinarius Cerealis, Pompeia (1st c.c.e.), Gomez e Pelletier, 1997, p.99.

Sabemos que Panofsky foi o historiador que realizou as primeiras interpretações sobre conceito e significado de *scenographia*. Na análise dos textos de Vitruvius, constata que *Scenographia* na Antiguidade se refere à aplicação das leis da óptica na arte em geral (pintura, escultura e arquitectura). Para Vitruvius *Scenographia* “*significa um método de representação em perspectiva dos edifícios numa superfície, tanto como objectivos arquitectónicos como teóricos*”. Associa ainda a cenografia⁷ à actividade do cenógrafo que representa uma simulação das proporções reais, transmitindo uma impressão visual equilibrada ao observador; «*ao desenhar um círculo, não o traça como um círculo, mas como uma elipse; ao quadrado representá-lo-á em forma de rectângulo e um conjunto de colunas de diferentes tamanhos, desenhá-lo-á em relações diversas de grandeza*». (Panofsky, 1993, pp.86-87).

⁷ O dicionário de Língua Portuguesa atribui a “cenografia” o seguinte significado: «*arte de desenhar ou representar paisagens, locais ou prédios segundo as regras da perspectiva; arte de projectar cenários para peças; a própria ambientação cénica projectada pelo cenógrafo: o ponto alto do espectáculo era a cenografia.*»

2.4.3 Da Idade Média ao Renascimento

Com a queda do Império Romano do Ocidente (476 d.C.), as referências teóricas da geometria desapareciam. Até ao século XIV, o recurso à *perspectiva naturalis* esgotara quase por completo, os artistas medievais não possuíam uma linguagem pictórica e revelavam grandes dificuldades em representar graficamente a tridimensionalidade.

Durante a Idade Média assiste-se à desintegração do conceito de perspectiva, a superfície de representação não permite observar “através de”, o espaço torna-se homogêneo, deixa de ser mensurável e perde gradualmente a sua dimensão.

Como refere Edgerton (2002, p.25), antes do século XII, os padres associavam a geometria euclidiana aos *processos mentais de Deus*, a reunião de áreas como a geometria, a matemática, a astronomia e a música “falavam a linguagem com que Deus escreveu as leis naturais do Universo”. Todos os objectos produzidos na época (máquinas e equipamentos) seriam deste modo *manifestações práticas da mensagem divina (...)*.

Na arte bizantina manifesta-se um esforço para reduzir o espaço à superfície, acentuando o único meio de consolidação: a linha. Os motivos paisagistas e os elementos arquitectónicos já não são utilizados como elementos que lhe conferem organização. No entanto, foi através da arte bizantina que se conservaram configurações espaciais da *perspectiva naturalis* transmitindo-os ao Renascimento Ocidental. A representação da tridimensionalidade da arte cristã, substituiria os sistemas clássicos orientados à percepção visual por formas esquemáticas e simbólicas. Como explica Panofsky (1993), a arte bizantina, embora nunca se tenha desligado em absoluto da tradição antiga, rompeu com os princípios básicos de representação utilizados no final da Antiguidade.

«Na sua fase final, a Arte bizantina traduz-se num tratamento de motivos paisagísticos e de formas arquitectónicas como elementos cénicos que se destacam num fundo neutro. Apesar disso, esses motivos e essas formas continuaram a transmitir uma sugestão de espaço, mesmo não compreendendo já o espaço. A despeito da

desorganização do todo, a Arte bizantina conseguiu, ... conservar os elementos constitutivos do espaço perspectivo da Antiguidade e, desse modo, mantê-los preparados para o despertar do Renascimento Ocidental.» (Panofsky, 1993, p.49).

Os bizantinos e os paleocristãos, adoptariam um sistema de representação baseado num tratamento de formas e figuras inseridos numa hierarquia definida pelos preceitos litúrgicos. Os artistas organizavam os elementos da composição relacionando as dimensões das personagens com o seu grau de significação. Na sua realização, recorriam frequentemente a representações incongruentes dos objectos e demonstravam desconhecimento no modo como entendiam o espaço tridimensional; evitavam a representação de formas em *escorço* que sugerisse profundidade ou deformação, apelando deste modo a posturas estáticas isentas de movimento.

Do mesmo modo, o Românico europeu, rompeu muito mais com a tradição antiga que a arte bizantina europeia sul-oriental, a função da linha funcionava como limite e ornamento de uma superfície bidimensional portadora de imagem material sem qualquer pretensão de criar uma ilusão espacial.

No período Gótico, a representação recuperou as teorias aristotélicas do espaço, como um retorno à antiguidade, o espaço tornou-se limitado; possuidor de uma construção espacial mais clara, os corpos e o espaço foram consideradas formas de expressão igualmente valiosas.

2.4.4 Giotto e Duccio

Durante o *Trecento* os artistas italianos que mantinham relações com Constantinopla viviam sobre influência cultural bizantina, as suas obras apresentavam uma bidimensionalidade muito profunda; a pintura era estática, “imóvel” e isenta de profundidade.

Segundo Panofsky (1993), as experiências pictóricas de Giotto di Bondone (1267-1337) e Duccio di Buoninsegna (1255-1319), introduziram o conceito de espaço moderno *perspectico*, sintetizando os princípios de representação entre a arte gótica e a arte bizantina.

Gradualmente, substituíram os princípios medievais de representação por uma procura do realismo tridimensional caracterizada pelo efeito de profundidade na representação de espaços internos fechados.

Os artistas que lhes sucederam aperfeiçoaram e sistematizaram os procedimentos de representação que Duccio utilizou na parte central do tecto do quadro “A Santa Ceia” (figura 6, esquerda). Ambrogio Lorenzetti (1285-1348) representou no plano base do quadro “A Anunciação” (figura 6, direita), um esquema de linhas em perspectiva, constituindo o primeiro exemplo, consciente, de representação a partir de um ponto de fuga.



Figura 6 – Esquerda: *A Santa Ceia*, Duccio di Buoninsegna, 1308-11, <http://www.wga.hu>; Direita: *A Anunciação*, Ambrogio Lorenzetti, 1344, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic-art/1343176/31388/Annunciation-gold-leaf-and-tempera-on-wood-panel-by-Ambrogio>.

2.4.5 *Perspectiva*, a descoberta de Brunelleschi

A origem das teorias modernas sobre *geometria descritiva e perspectiva* estão referenciadas nos estudos realizados no Renascimento.

Várias fontes bibliográficas referem personagens do século XV que se destacaram pelas

inovações que promoveram, nas artes e na ciência, na Europa do Renascimento. Ao contrário dos seus antecessores, recuperaram alguns conceitos de representação esquecidos durante a Idade Média; a utilização da geometria de Euclides e a redescoberta da perspectiva, coincidia com o aparecimento da imprensa, factores estes que determinariam um novo advento na história da representação.

As mesmas fontes atribuem a descoberta e aplicação da perspectiva linear a Filippo Brunelleschi (1377-1446). Embora não existam provas documentadas sobre a invenção da perspectiva, os escritos de Antonio Tuccio Manetti (biógrafo de Brunelleschi) relatam que Brunelleschi construiu por volta de 1425 um dispositivo que lhe permitiu fazer uma representação em perspectiva do Baptistério de San Giovanni e Palazzo della Signoria, ambos florentinos. Sobre esta experiência Fragoso (2003), descreve:

«Em frente ao Baptistério de Florença, Brunelleschi posicionou uma tela quadrada, na qual se via uma representação perspectivada do próprio Baptistério. Um pequeno orifício fora previamente aberto num específico ponto da mesma tela. Entre a tela e o Baptistério, voltado para a primeira, Brunelleschi colocou um espelho. Olhando por detrás da tela, através do orifício, a pintura, reflectida no espelho, surgia como uma cópia exacta do Baptistério ao fundo (figura 7). A força da ilusão criada por Brunelleschi resulta de muitos condicionantes: em primeiro lugar, a simetria vertical do edifício escolhido para a demonstração, essencial para neutralizar a reversão esquerda/direita pelo espelho. Em Segundo lugar, é fundamental para o sucesso da experiência que as distâncias entre a tela, o espelho e o edifício sejam rigorosamente calculadas, evitando desproporções. O ponto-chave da demonstração de Brunelleschi era, no entanto, o facto de que apenas com uma pintura construída em exacta perspectiva central era possível criar uma ilusão tão poderosa.» (Fragoso, 2003, pp.107-108).

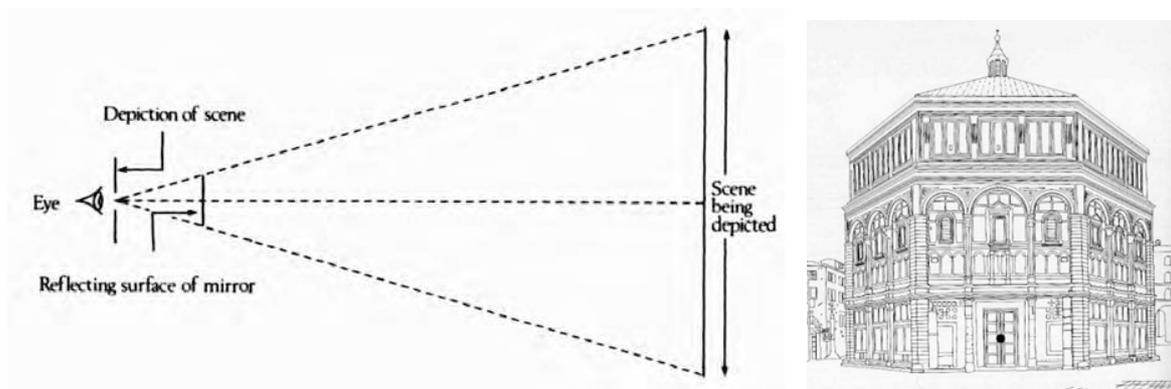


Figura 7 – Esquerda: diagrama da experiência realizada por Brunelleschi, secção transversal do cone óptico cujo vértice está situado no orifício através do qual se vê o espelho, Rotman, 1987, p.15; Direita reconstrução da tela de Brunelleschi.

<http://www.dapt.ing.unibo.it/nuovosito/Docenti/Bettazzi/corsobet/brunelleschi/indice.htm>

Alguns autores acreditam que esta obra de Brunelleschi, terá sido a primeira na história da arte a ser realizada segundo as regras da perspectiva linear - *perspectiva artificialis*. O seu método, *trigonométrico-geométrico*, baseava-se na dedução da perspectiva através da diminuição de um objecto com o seu afastamento.

Este método de representação formulado por Brunelleschi, destinado à representação artística, contrariava as teorias matemáticas de Euclides da *perspectiva naturalis*. As teorias antigas sobre o espaço, nunca se definiram como o sistema moderno de “coordenadas”, mensurável, nas relações entre altura, largura e profundidade. Sem esta renúncia às teorias sobre o axioma dos ângulos, não seria possível criar uma imagem em perspectiva, já que uma superfície esférica não pode ser desenvolvida sobre um plano.

Janson (1986, p.397), observa que durante o Proto-Renascimento, os artistas recorreram à perspectiva como um método mais *conciso, preciso e racional* para representar o espaço tridimensional. As primeiras demonstrações feitas com base no método de Brunelleschi seriam aplicadas por Masaccio no fresco “A Santíssima Trindade com a Nossa Senhora e S. João” em Santa Maria Novella em Florença: o cenário é construído segundo os princípios da perspectiva científica de Brunelleschi, todas as linhas perpendiculares ao plano do quadro têm uma

convergência ao ponto de fuga central situado abaixo do *pé da cruz*. Para compensar a distorção provocada pelo distanciamento do observador às figuras mais altas, Masaccio utiliza uma correção na sua dimensão, fazendo com que as mais altas e distantes se representem numa escala maior.



Figura 8 – Masaccio, *A Santíssima Trindade com a Nossa Senhora e S. João*, 1425, Janson, 1986, p.413.

Ainda Janson (1986, p.397), ao comparar os relevos realizados em épocas diferentes por Donatello e Lorenzo Ghiberti (figura 9), estabelece um paralelismo entre a descoberta da perspectiva e o modo como os artistas apreendem e representam o espaço tridimensional: no seu painel, Guiberti, atribui às figuras uma disposição natural, hierárquica por proximidade ou distanciamento do observador, as figuras mais próximas são maiores e mais detalhadas e

possuem uma relação com o espaço mais clara e organizada. Dez anos de distância sobre as constatações de Brunelleschi seriam suficientes para criar este desfasamento entre representações empíricas e sensoriais das observações técnicas e matemáticas.



Figura 9 – Esquerda: Donatello, *O Festim de Herodes*, 1425, bronze dourado, 0,60 m, (quadrado), Pia baptismal, S. João, Siena; Direita: Lorenzo Ghiberti, *A História de Jacob e Esau*, painel das “Portas do Paraíso”, 1435, bronze dourado, 0,80 m, (quadrado), Baptistério de Florença, Janson, 1986, p. 397.

Como refere Cerkez (1999, p.74), da descoberta de Brunelleschi surgiram as primeiras teorias sobre perspectiva elaboradas no início do século XV, que viriam a substituir as teorias de “*perspectiva naturalis*” da Idade Média, renovando simultaneamente alguns conceitos relativos à ciência da óptica e da visão elaborados inicialmente por Euclides e pelos árabes; al-Kindi (800-873) e al-Hazen (965-1038).

2.4.6 As teorias, de Alberti a Leonardo

A passagem desta prática experimental à teorização dos princípios da perspectiva geométrica seria da responsabilidade de Leon Battista Alberti⁸ (1404-1472) no seu tratado “*De*

⁸ Leon Battista Alberti foi poeta, dramaturgo, pintor, escultor, arquitecto, filósofo, etc., está referenciado pelas suas teorias sobre arquitectura e conhecido pela obras. Em “*Descriptio urbis*

pictura” (1435-37) onde escreve a versão em italiano do método inventado 20 anos antes pelo seu amigo e mestre Filippo Brunelleschi.

Alberti foi dos primeiros teóricos do Renascimento a considerar o potencial da perspectiva como um método de representação gráfica, mostrando que a perspectiva linear é um método eficaz para projectar informação espacial a partir de um ponto de vista central sobre um espaço bidimensional, e de forma inversa, permitindo que imagens bidimensionais possam ser projectadas num espaço tridimensional. Nestes escritos, refere-se ainda á utilização de uma grelha auxiliar quando consideradas as alterações provocadas pela distância entre o artista e o objecto observado.

As suas teorias, permitiram aos artistas renascentistas, uma abordagem do espaço geométrico mais credível; a representação no plano através da perspectiva proporcionava uma ilusão de profundidade espacial nunca antes experimentada (Edgerton, 2006, p.245).

Do mesmo modo, a actividade de Piero della Francesca⁹ (1416-1492), centrou-se nos princípios da perspectiva geométrica, no seu tratado *De prospectiva pingendi* escrito entre 1472 e 1475, faz uma abordagem científica e rigorosa sobre perspectiva e fornece inúmeras instruções para a representação de figuras planas em perspectiva¹⁰. No seu quadro *“Flagelação de Cristo”*, Piero della Francesca utiliza uma composição baseada em rectângulos proporcionais perfeitamente enquadrados com os motivos arquitectónicos seguindo a Regra da Divina Proporção ou Secção de Ouro.

Romae”, publicado em 1444, fez um levantamento do primeiro mapa real de Roma e os seus principais monumentos. “De re aedificatoria” é a primeira versão do tratado de arquitectura, foi escrita por volta de 1435 e impresso pela primeira vez em 1485 em Florença, seguiram-se a primeira publicação em italiano em 1546, a primeira edição ilustrada em 1550 e em 1553 traduzido para francês.

⁹ Piero della Francesca teve sempre uma atitude criativa em relação ao passado medieval, apresentou técnicas e temáticas inovadoras como, por exemplo, a utilização da tela e da pintura a óleo, o retrato, a representação da natureza, o nu, e, sobremaneira, a perspectiva e a criação do volume.

¹⁰ Considera a construção do espaço segundo linhas horizontais que se dispõem paralelamente à base do quadro, na sua perpendicular e nas linhas convergentes para o ponto de fuga.

«A urgência da Perspectiva repercutir-se-á na organização do mundo de Piero della Francesca, em cujas pinturas quarteirões, praças e alinhamentos urbanos são dispostos em função do acto de ver, base do urbanismo barroco. A arte torna-se projecto. Preocupa-se com a concinnitas albertiana (*De re aedificatoria*). Torna-se ‘strumento’ de conhecimento, mas também meio de posse, operando a mudança antropológica que permite a realização pessoal pelo acto de fazer.» (Levi-strauss citado por Paiva, 2001, p.7).

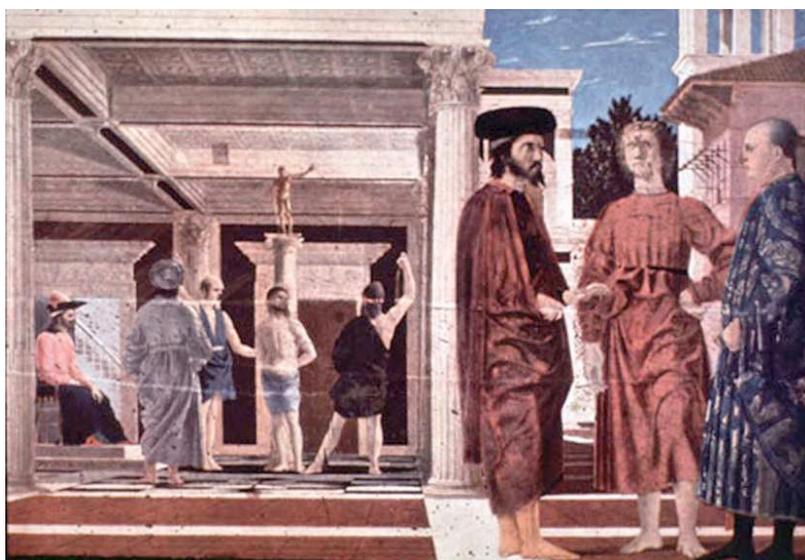


Figura 10 - Piero della Francesca, Flagellation of Christ, c. 1460, <http://www.dartmouth.edu/~matc/math5.geometry/unit13/unit13.html>

Em 1545, os escritos do “*Libro Secondo di prospettiva*” de Sebastiano Sérlio viriam a complementar as teorias de Alberti sobre a matéria, referindo algumas regras geométricas necessárias para a arquitectura e perspectiva. Entre outros autores, como Daniele Bárbaro (1569) ou Egnatio Danti (1583) que teorizaram sobre as técnicas da perspectiva, é pela mão de Hans Vredeman de Vries (1526-1607) que muitos destes escritos, manuais e tratados, são compilados e posteriormente publicados. Toda a informação necessária à sua compreensão seria facultada em forma de chapas de gravura, e a sua difusão tornar-se-ia muito popular nos Países Baixos e por toda a Europa do século XVII.

2.4.7 Leonardo da Vinci

A partir do século XVI, a utilização do desenho descritivo permitia uma nova abordagem na visualização e materialização dos objectos. Associado a esta mudança está Leonardo da Vinci¹¹ (1452-1519) que desenvolveu um método de representação capaz de ilustrar com o máximo de informação um objecto tridimensional. Como observa Cerkez (1999, p.78), Leonardo combinava as representações da *planta* com a *perspectiva aérea*, de forma a proporcionar uma interpretação mais correcta da totalidade do objecto, acreditando que a representação de objectos complexos deveria ser realizada a partir de vários pontos de vista, e considerar vários níveis de profundidade.

Na opinião da autora, os principais acontecimentos situados entre 1450 e 1550 (coincidentes com o período de vida de Leonardo) foram dos mais interessantes na história da Humanidade; «...los eventos que se sucedieron en esos años llevaron al hombre a pensar en terminus tridimensionales, su conciencia del mundo que lo rodea le presentó el eje de la tercera dimensión, que se agregó a las dos, a las que su conciencia estaba condicionada por siglos.» (Cerkez, 1999, p.78).

Alguns estudos experimentais de Leonardo, realizados em atelier, contribuíram de forma significativa para o entendimento da perspectiva linear nos moldes em que hoje conhecemos. Este conceito de *perspectiva* seria definido pela primeira vez em 1715, pelo matemático Brook Taylor no seu tratado *Linear Perspective*. Segundo Molina, Taylor descreve os princípios objectivos e científicos utilizados na perspectiva linear como um *instrumento de racionalização e de rigor matemático* (Molina, 2002, pp.126-127).

Em Edgerton (2002, p.18), considera-se o espaço “*como uma espécie de receptáculo transparente, tridimensional, homogéneo, isotrópico e infinito: para representá-lo deve recorrer-se*

¹¹ Cerkez (1999, p.78), define Leonardo como «*uno de los primeros hombres en el occidente de Europa que escaló montañas con fines científicos, investigaciones geológicas, y describió la vida desde las alturas, lo que puede comprobarse en los fondos de sus pinturas como “Mona Lisa” y “Vergine delle rocce”.* Ya al principio de su carrera se dedicó a estudiar la geometría de Arquímedes y de Vitruvio. Entre otros problemas, estudió la espiral como forma en el espacio.»

à geometria, ao estudo das proporções, ao cálculo das dimensões aparentes”. Atribui à perspectiva uma importância que vai para além de estudos matemáticos que revolucionaram a arte do Renascimento. Esta nova *concepção do espaço racional*, levantou questões da geometria aplicadas à óptica, à arquitectura, à artilharia até à teologia e teve grandes repercussões nas novas práticas industriais, comerciais e políticas.

«A Perspectiva Cónica Linear vinculou-se à capacidade demiúrgica de reproduzir o visível, ao partir do artifício da redução do observador a um olho simbólico, apoiando-se na geometria, tornou-se instrumento de conhecimento, com um código próprio que permite comunicar com grande verismo uma ideia, monumento ou intenção.» (Paiva, 2001, p.2).

Os princípios teóricos elaborados sobre perspectiva mantiveram-se durante todo o Renascimento italiano e dominaram todo o ocidente até finais do século XIX. Com a sua *descoberta* e utilização no Renascimento, muitos artistas e arquitectos tomaram-na como alternativa possível ao desenvolvimento e resolução dos seus trabalhos, já que as possibilidades de representação do espaço complexo através de métodos de desenho técnico teriam um papel fundamental na sua revalorização.

Neste contexto, considera-se que a perspectiva aparece como a primeira sistematização da representação do espaço, a sua utilização substituiu gradualmente a imagem plana por uma sugestão de tridimensionalidade. Esta descoberta de Brunelleschi prometia um avanço nos princípios matemáticos e geométricos para representar a tridimensionalidade.

2.5 Máquinas da representação

A partir do século XVI, foram inventados muitos aparelhos para produzir representações mais técnicas, baseados no uso da perspectiva renascentista, e outros que derivaram da necessidade de reproduzir fielmente a realidade tridimensional. No livro “*Máquinas y Herramientas de Dibujo*”, Molina (2002), descreve a utilização destes instrumentos e observa o papel preponderante que tiveram na evolução dos meios e das técnicas de representação.

Não é objectivo fazer aqui uma análise exaustiva aos instrumentos de desenho referenciados por Molina e por outros autores, mas considera-se fundamental estabelecer uma ligação entre as invenções de alguns instrumentos de representação que foram melhorados e aperfeiçoados até aos nossos dias e as alterações nos hábitos de representação que estes produziram.

2.5.1 A janela de Alberti

Alberti, já mencionado pelos seus escritos sobre perspectiva, desenvolveu um sistema de representação baseado numa quadrícula transparente “janela”. Este auxiliar do desenho aparece descrito no Livro II do seu tratado “*De pictura*”, de 1435, como um instrumento que se colocava entre o observador e o objecto para auxiliar a representação, conferindo muito mais rigor na aproximação à tridimensionalidade.



Figura 11 – Xilografia de Durero, Molina, Cabezas e Bordes 2001, p.305.

Em 1538 é publicada uma xilogravura de Alberto Durero, no seu tratado de geometria, onde ilustra o instrumento inventado por Alberti e a sua aplicação no desenho de escorço do *modelo nu feminino*.

Molina (2002, p.98), observa que desde o *tempo imemorial*, que se utiliza a *quadrícula* para copiar imagens planas. Durante a Idade Média, por exemplo, o método da quadrícula foi utilizado na representação de figuras e consistia na inscrição sucessiva de quadrados (figura 11) unindo os pontos médios dos lados do anterior. Observa ainda que a *janela* de Alberti ao utilizar um conceito de pirâmide visual seccionada por uma janela é uma aplicação moderna das técnicas medievais de representação por quadrícula.

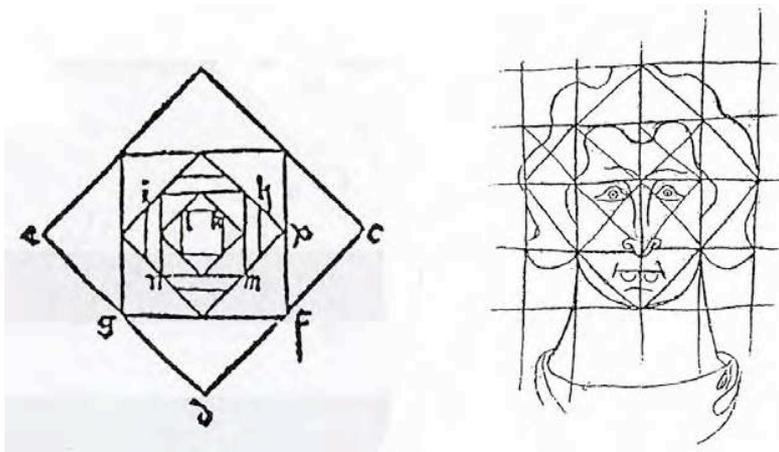


Figura 12 – Esquerda: Mattheus Roriczer, método de quadrícula com seis quadrados inscritos uns nos outros, final do século XV; Direita: Villard Honnecourt, método de quadrícula para desenhar uma cabeça, século XIII, Molina, 2002, pp.98-99.

Apesar do estudo conceptual sobre este meio de representação levado a cabo por Alberti, os artistas que utilizaram a quadrícula não necessitaram de grandes conhecimentos teóricos sobre a matéria, dispunham dum método eficaz de representação que lhes permitia relacionar formas e estabelecer as respectivas proporções no plano.

Como refere Molina (2002, p.93), este instrumento de desenho foi reconhecido por Leonardo Da Vinci num dos seus textos e recomendado por ele na realização desses trabalhos.

Observa ainda, que a adopção deste método pelos artistas se manteve *quase intacto* durante os últimos cinco séculos, continuando a ser recomendada pelos manuais de desenho da actualidade.

Para exemplificar o método *albertiano*, o autor propõe um exercício do livro de Betty Edwards, “*Aprender a desenhar com o lado direito do cérebro*”:

« 1. Corte una hoja de plástico transparente, del que se usa para envolver alimentos. Alísela contra el cristal de una ventana que mire hacia la calle. Con un rotulador de punta de fieltro dibuje sobre el plástico una cuadrícula, trazando líneas separadas por unos 5 cm.

2. De pie, a una distancia de un brazo de la ventana, cierre un ojo y contemple la escena desde un solo punto de vista: no mueva la cabeza. Ahora, con rotulador, trace los contornos de la calle, edificios, coches, árboles, toda la escena, sobre la hoja de plástico.

3. Su dibujo terminado es un dibujo en perspectiva. Con todo cuidado quite la hoja de la ventana y colóquela sobre una superficie clara donde pueda ver claramente las líneas. Coja una hoja de papel y dibuje muy suavemente una segunda cuadrícula igual a la primera. Ahora copie en el papel el dibujo de la hoja de plástico.» (Molina, 2002, pp.93-94).

2.5.2 O *translado tridimensional*

Os métodos de representação baseados na janela de Alberti que abordam um sistema que transporta a informação tridimensional para um suporte bidimensional, tiveram um desenvolvimento paralelo no que se refere às técnicas de *translado tridimensional*. Wittkower (2001, p.24), refere-se aos antigos gregos como os pioneiros na utilização de sistemas de *translado por pontos*, supõe-se que tiveram aplicação na preparação de grandes programas escultóricos do Templo de Olímpia e do Partenon. As técnicas de *translado mecânico* seriam

aperfeiçoadas durante o século XV e amplamente utilizadas pelos escultores até ao século XX.

O seu método consiste no transporte de informação tridimensional para um suporte igualmente tridimensional, físico podendo estabelecer-se relações de proporções e distâncias de um modelo mais pequeno (barro, gesso, etc.) para reprodução num material definitivo.

Figura 13 – Máquina de pontear, Wittkower, 2001, p.25.

Wittkower (2001) ao citar Winckelmann (1755)¹², compara os métodos utilizados pelos escultores gregos e os métodos dos escultores modernos:

«uma rede de linhas horizontais e verticais é desenhada sobre o modelos; os quadrados formados por essas linhas são repetidos no bloco de mármore, e assim podem-se determinar pontos paralelos.» Os escultores da Academia Francesa de Roma desenvolviam um método diferente de traslado aceite por muitos artistas. *«Sobre o modelo de mármore fixam-se duas molduras rectangulares idênticas, nas quais está marcada a mesma escala, e das quais pendem fios de prumo.»* (Wittkower, 2001, p.234).

¹² Winckelmann, J. J., Gedanken uber die Nachahmung der griechischen Werke in der Malerei Bildehauerkunst, 1755, (Winckelmanns Kleine Schriften..., ed. De h. Uhde Bernays, Leipzig, 1913).

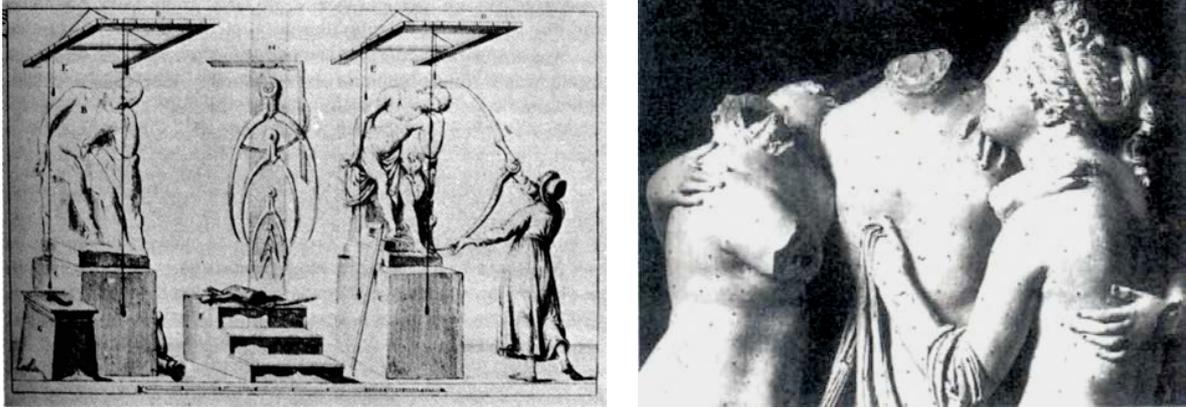


Figura 14 – Esquerda: Francesco Carradori, método para copiar figuras, Wittkower, 2001, p.235; Direita: António Canova, modelo de gesso com pontos, utilizado na cópia das *Três Graças*, Molina, 2002, p.113.

Como veremos no *ponto 4*, a introdução de ferramentas digitais durante o século XX permitiu o desenvolvimento de um novo conceito de traslado tridimensional, se por um lado existem meios que permitem reproduzir tridimensionalmente um objecto 3D (gerado em computador) através de sistemas de *prototipagem rápida*, é certo que outros sistemas reproduzem digitalmente as relações de altura, largura e profundidade de qualquer ponto no espaço físico, e em seguida transmitem por meios digitais a informação tridimensional a um computador. Os objectos 3D são determinados, em ambiente virtual, por um conjunto de números num sistema de coordenadas X,Y,Z, fazendo lembrar alguns princípios elaborados nas teorias de Alberti das ferramentas de traslado.

2.5.3 Da câmara escura à fotografia

«Os artistas do Renascimento preocupavam-se com a representação realista do espaço, com a perspectiva e a perfeita imitação da natureza, preocupações que tinham na câmara obscura a sua maior aliada. Diversos artistas do período utilizaram a câmara obscura como o próprio Leonardo da Vinci e Jan Vermeer. Ela tornou-se o

paradigma de status dominante do observador nos séculos XVII e XVIII.» (Mikosz, 2006, p.84).

A grande preocupação com o registo da tridimensionalidade fez com que os instrumentos utilizados na representação evoluíssem no sentido do desenvolvimento tecnológico. A grande mudança que caracterizou os séculos XV e XVI, está sem dúvida na utilização da *câmara obscura*¹³. Embora existam alguns textos de filósofos chineses, datados do século V a. C., que testemunham os fenómenos e os efeitos produzidos pela *câmara obscura*, o conceito teria sido constatado durante a Antiguidade pelo filósofo Aristóteles numa descrição pormenorizada do fenómeno físico da *câmara obscura*, onde observa que o diâmetro do orifício influencia a nitidez da imagem projectada. Do mesmo modo, o cientista árabe Alhazen¹⁴, descreve o processo no século X. O fenómeno só teria um aproveitamento directo nas artes depois dos estudos¹⁵ sobre o olho realizados por Leonardo Da Vinci. Esta analogia criada entre o olho e a câmara escura serviria de argumento a modelos teóricos elaborados na época e válidos até actualidade.

Molina (2002), analisa as experiências com a câmara escura realizadas por Leonardo, menciona a sua necessidade de análise prática e consequente verificação dessas experiências, e considera que para Leonardo Da Vinci o olho e a visão eram *interlocutores imediatos e a porta para o conhecimento do universo*. Molina conclui que as experiências de Leonardo tinham

¹³ Do latim, significa um compartimento totalmente escuro com apenas um pequeno orifício numa das suas paredes, através do qual se projecta uma imagem invertida da vista exterior sobre a parede oposta. (De Paula, 1999).

¹⁴ Abu Ali ibn al-Hasan, ou ibn al Haytam, mais conhecido no ocidente por Alhazen (965-1038), demonstrou interesses por matemática, física, medicina e filosofia; escreveu o tratado sobre óptica, *Kitab al-Manazir* e foi o primeiro a aplicar o principio para explicar a formação da imagem visual no olho (Molina, 2002, p.269).

¹⁵ As experiências sobre a formação de imagens visuais realizadas por Leonardo, permitiram-lhe aprofundar e relacionar as leis da perspectiva e do comportamento da luz com a prática da pintura (Molina, 2002, p.265).

como finalidade responder a várias questões sobre o mecanismo da visão, abdicando da ideia de que a utilização da câmara escura tinha como propósito a representação artística:

«Leonardo fue el primero, desde que se tiene constancia, en añadir una lente al orificio por donde entra la luz, aunque, tampoco en este caso su propuesta se dirigía en la ayuda inmediata para los artistas que, en aquellos mismos años sí se interesaban por los aparatos perspectográficos. Para esos mismos fines, dibujar lo observado, Leonardo prefería el velo albertiano o su propio método del cristal, tal como aparece en sus escritos al recomendar y explicar la utilización de estos dos aparatos, mientras que la cámara oscura no está aconsejada en momento alguno para su aplicación en la práctica del dibujo.» (Molina, 2002, p.273).

Embora não se conheçam testemunhos sobre a utilização da câmara escura pelos grandes artistas da época, está comprovado que este sistema de representação foi utilizado no final do século XVIII e durante o século XIX antes do aparecimento da fotografia. Durante quase dois séculos sucederam-se múltiplas melhorias técnicas que derivavam dos princípios da câmara escura, construíram-se novos modelos e o assunto seria amplamente difundido em inúmeras publicações. Em 1558, Giovanni Battista Della Porta (1535-1615), publica no seu livro *Magiae Naturalis*, uma descrição do fenómeno e refere-se à câmara escura como um instrumento auxiliar para o desenho e recomenda o seu uso aos pintores e desenhadores da época. Durante esse período muitos autores manifestaram interesse pela câmara escura nas suas publicações, entre eles destacam-se, o jesuíta alemão Athanasius Kircher (1601-1661), autor da *Lanterna Mágica*, o cientista Gaspar Schott (1608–1666), Antonio Palomino (1655-1726).

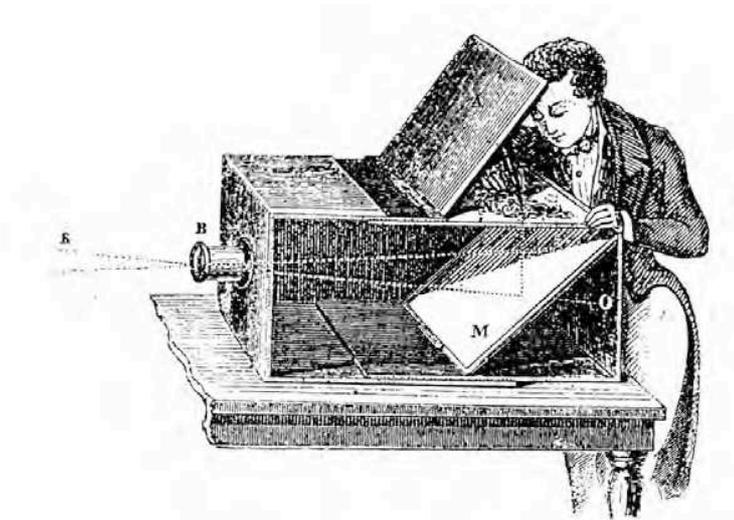


Figura 15 – Desenhador utilizando um modelo da câmara escura da época da invenção da fotografia, Molina, 2002, p.264.

Durante o século XVII a câmara escura tinha um aproveitamento prático pelos astrónomos e matemáticos da época; em 1620 Kepler (1571-1630) servira-se do *instrumento* nas suas observações e realização de desenhos topográficos, Christopher Scheiner (1575-1650), terá utilizado uma luneta astronómica com ocular e objectiva convexas na observação da actividade das manchas solares.

2.5.4 A câmara clara

Molina (2002, p.330), refere-se à importância da *câmara clara*, como uma das principais invenções da história da representação. Em 1806, o físico William Hyde Wollaston (1766-1828) patenteava esta invenção e resolveria um dos maiores problemas verificados na utilização da *câmara escura*. Esta máquina de pequenas dimensões permite ao utilizador desenhar nas mais variadas condições de luz. Como mostra a *figura 16*, o funcionamento da câmara clara baseia-se na projecção de uma imagem a partir de um prisma de vidro com reflexão total, o desenhador ao observar com um só olho em direcção perpendicular ao plano de trabalho,

percebe simultaneamente a imagem virtual do objecto sobre o papel e a ponta do lápis que utiliza para contornar as formas produzidas, deste modo, observa o objecto e a imagem projectada.

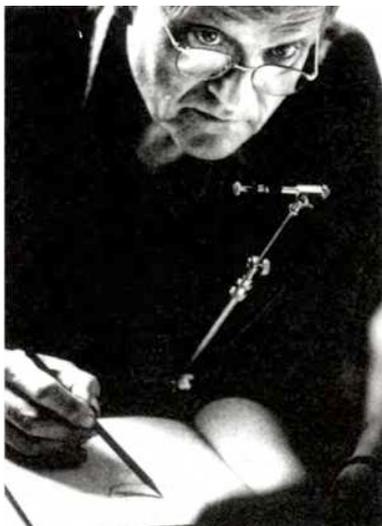


Figura 16 – Pintor David Hockney a desenhar com a ajuda da câmara clara, Molina, 2002, p.344.

No âmbito desta invenção, considera-se que este auxiliar do desenho foi utilizado na época por artistas, cientistas, engenheiros e por todos aqueles que procuravam rigor na representação. Combinado com microscópios e telescópios possibilitou um controlo artificial sobre o ângulo de visão e como consequência uma nova abordagem da perspectiva dos objectos e do espaço no desenho. Molina, comenta que os que utilizaram a câmara clara reconhecem não ser um instrumento de fácil manejo; W. H. Fox Talbot considerou mesmo que a obtenção da imagem perfeita requeria um esforço extraordinário e alguma experiencia no seu manejo. Concluindo:

«En este sentido se ha dicho que, de haber tenido más habilidad en su manejo, no hubiera tenido la necesidad de fijar una imagen con productos químicos, contribuyendo así a la invención de la fotografía.» (Molina, 2002, p.345).

2.5.5 A fotografia: Wedgwood, Niepce, Daguerre e Talbot

Thomas Wedgwood (1771-1805) seria o primeiro a tentar registar uma imagem pela acção da luz, sensibilizou alguns suportes com nitrato de prata, deixando-os em contacto com transparências pintadas expostas à luz, deparando-se sempre com a grande dificuldade de fixar as imagens obtidas.

Em De Paula (1999, p.54), constata-se que a percepção do homem sobre as propriedades da luz em alterar várias substâncias remonta aos primórdios da civilização; a descoloração dos tecidos, o enegrecimento da prata e a alteração da cor da pele quando exposta ao Sol, foram constatações básicas da óptica e da química, que possibilitariam a invenção da fotografia.

Durante o século XVIII, realizaram-se as primeiras experiências fotoquímicas em vários países da Europa, numa tentativa de fixar a imagem. Esta sucessão de experiências teria a sua consolidação na primeira metade do Século XIX (1826), quando o litógrafo francês Joseph Nicéphore Niepce (1765-1833) realizava a *primeira fotografia*, ao fixar a imagem de uma janela num suporte de registo técnico, apenas pela acção da luz (figura 17).



Figura 17 – “*View from the Window at Le Gras*”, primeira fotografia permanente criada por Nicéphore Niepce em 1826, Saint-Loup-de-Vareannes, realizada em 20 x 25 cm e 8 horas de exposição, <http://americandigest.org>.

Estas experiências de Niepce, também demonstravam algumas fragilidades, já que o

sistema obrigava a exposições de algumas horas na câmara escura. A partir de 1829, Niepce e Louis-Jacques Mandé Daguerre (1789-1851) desenvolveram as suas pesquisas; e a 19 de Agosto de 1839, na reunião do Instituto de França, entre as Academias de Ciências e Belas Artes, é oficializada a data do *nascimento* da fotografia com o reconhecimento do *daguerreótipo*. De Paula (1999), descreve o primeiro método prático de fotografia de Daguerre:

«Uma lâmina de cobre polida era sensibilizada com vapor de iodo, que se transformava em iodeto de prata ao aderir à superfície da placa. Depois de exposta aos raios luminosos na câmara obscura, a imagem latente (imagem já sensibilizada pela acção da luz sobre a chapa, porém ainda não visível) era revelada através de vapor de mercúrio aquecido sobre um fogareiro a álcool. O mercúrio aderiu às partes do iodeto de prata que haviam sido afectadas pela luz, tornando a imagem visível. A imagem era finalmente fixada com hipossulfito de sódio (para que não continuasse sensível à luz), e lavada com água destilada. O resultado era um positivo único, pois não havia negativos que permitissem a confecção de cópias. A sua imagem de alta definição era, contudo, invertida como num espelho, além disso, a superfície extremamente delicada da chapa de metal precisava ser protegida por uma placa de vidro contra a abrasão e fechada hermeticamente em um estojo para prevenir o contacto com o ar.» (De Paula, 1999, p.56).

A partir de 1834 *William Henry Fox Talbot* utilizava a câmara escura para desenvolver o processo de gravação permanente de imagens. Estes trabalhos levariam *Fox Talbot* a inventar o negativo na década de 1840 (Mikosz, 2004, p.2).

Depois de algumas décadas, os retratos sucediam-se às paisagens e à natureza morta, alguns pintores retratistas chegaram mesmo a trocar os pincéis pela câmara fotográfica para darem resposta à procura desenfreada da “novidade”. Nesta época, para as classes burguesas a fotografia a custos reduzidos era uma alternativa aos retratistas pintores, do mesmo modo, a

fotografia servia a instrumentalização de algumas ciências, como a astronomia e a microscopia.

«*Da perspectiva geométrica para a objectiva fotográfica há uma metamorfose de veículo, mas não de mídia porque, nos dois casos, está presente a visão hegemónica do sujeito. Até mesmo a explosão da luz, da cor e da sombra como recursos pictóricos de apreensão da natureza plástica de largo uso e exploração no alto renascimento, com Da Vinci à frente, só chegou a provocar efeitos mais consistentes com o impressionismo e seus idealizadores, pressionados pela eficiência mimética da objectiva fotográfica na apreensão visual da realidade e que os libertava da mimese figurativa.*» (Ferrara, 2004, p.25).

Reconhecemos que o surgimento da fotografia fomentou alterações significativas nos hábitos de representação dos artistas da época, este novo paradigma fez com que alguns, como André Bazin, acreditassem que esta evolução da câmara escura resultasse na *libertação da pintura* na procura obsessiva do realismo. Por outro lado, outros como, Charles Baudelaire, em 1865, acreditaram que a fotografia poderia sobrepor-se às artes plásticas, confirmando o temor dos pintores da época que receavam o fim da pintura. Esta reacção de resistência à fotografia fez com que as preocupações com o realismo se perdessem, dando origem a uma produção pictórica¹⁶ mais preocupada com a luz e a liberdade das pinceladas (...).

No início, o desenvolvimento da mecânica da fotografia, misturava-se com a manualidade artesanal do fotógrafo, na sensibilização dos suportes e posterior revelação; o acto de fotografar reflectia um processo muito demorado e trabalhoso. Nos anos que se seguiram, os incrementos técnicos permitiram que mais pessoas sem conhecimentos específicos, pudessem utilizar a máquina fotográfica e, conseqüentemente, usufríssem da simplificação dos aparelhos e da rápida reprodutibilidade das fotografias.

Esta invenção transformava-se numa actividade em franco desenvolvimento; a Europa e

¹⁶Da obra “Impressão nascer do sol” (1872) de Claude Monet surge um novo movimento na pintura designado por Impressionismo.

os Estados Unidos da América registavam uma forte adesão por parte do cidadão comum, em 1853 os americanos produziam mais de três milhões de fotografias. A expansão da fotografia creditava o aperfeiçoamento dos equipamentos e materiais fotossensíveis, as câmaras tornaram-se portáteis e os positivos puderam reproduzir-se em série para comodidade dos seus utilizadores. Com a introdução da Kodak em 1888 por *George Eastman*, a fotografia tornou-se mais acessível em preço e mais simples de operar.

Com alguns anos de distância sobre o daguerreótipo, percebemos que o desenvolvimento da fotografia esteve directamente vinculado ao desenvolvimento tecnológico, as tecnologias industriais impuseram-se gradualmente às produções de origem artesanal permitindo que a fotografia caminhasse para a sua grande actualização em pleno século XX com a introdução da imagem digital. Este novo paradigma proporcionado pelas novas tecnologias, quebrava assim com o princípio fundamental enunciado por Henry Fox Talbot ao catalogar a sua descoberta «*como um meio para fixar a natureza ou de permitir à natureza que fixe a sua própria sombra, a fotografia, sem a intervenção da mão humana, tinha a capacidade quase mágica de ser uma imitação da realidade.*» (Molina, 2002, p.351).

O princípio analógico do negativo/positivo utilizado por Talbot seria agora substituído por um processo que utiliza um sensor electrónico (CCD)¹⁷ para formar a imagem. Uma inovação que permite ao utilizador realizar diferentes níveis de *intervenção*; desde a captura até à sua manipulação em computador.

2.5.6 Máquinas de animação e movimento

Com a entrada na modernidade do século XIX a perspectiva clássica da *câmara escura* dava lugar a novas experiências visuais no sentido de criar a imagem técnica em movimento, o domínio dos instrumentos de representação, permitia formar novas imagens ao serem

¹⁷ *Charge Coupled Device* ou *dispositivo acoplado de carga*, transforma os impulsos luminosos em dados electrónicos transformados pelo *processador* da câmara fotográfica em imagem.

inventados aparelhos que faziam antever o cinema e constituíam uma revolução na actividade artística da época.

Recuámos aos anos 40 do século XV, época em que Athanasius Kircher (já mencionado), iniciou em Roma, no colégio Jesuíta, várias experiências de projecção com *lanterna mágica* (figura 18-1). O aparelho era composto por uma caixa cilíndrica iluminada por velas e projectava a luz de imagens desenhadas em lâminas de vidro (slides), preparados com sais e químicos trazidos da Sicília. As imagens eram obtidas em projecção na parede através de uma reacção activada por salpicos de água sobre as cores pintadas no vidro, produzindo assim uma simulação de movimento.

«*We in our college are accustomed to show in a dark chamber a large number off sufficiently bright mid luminous pictures, to the greatest wonder of the spectators. The show is most worthy to see (...)*». (Athanasius Kircher citado por Warner, 2006, p.137).

Kircher terá utilizado a lanterna mágica para fazer projecções de cenas “fantasmagóricas” em grande escala (a mais de 150 metros de distância), simulando o “inferno” na igreja, mostrando aos seus fieis assustados imagens tenebrosas em movimento de *almas no purgatório* e insectos vivos a percorrer as paredes.

Segundo Warner (2006), nunca se conheceu o verdadeiro inventor da *lanterna mágica*, durante muito tempo Kircher esteve conotado como mentor do projecto mas nunca terá reclamado a sua invenção.

Durante o século XVIII, o cientista holandês Pieter van Musschenbroek, demonstrava através de um disco giratório com imagens em sequência, que se poderia criar uma ilusão de movimento. Em 1825, John Ayrton apresenta em Paris o taumatoscópio (figura 18-2); que consistia num círculo com uma imagem em cada face e era amarrado por dois pedaços de barbante, um em cada extremo, girando rapidamente as imagens sobrepunham-se acabando

por se fundir numa só imagem.

Entretanto, outros aparelhos foram inventados e adaptados de experiências anteriores; o fenaquistoscópio (figura 18-3), inventado por Joseph Antoine Plateau em 1832, funcionava pela sobreposição de dois círculos, um com a sequência de desenhos e outro acima com orifícios rectangulares dispostos regularmente na superfície. A ilusão de movimento obtinha-se pela observação dos desenhos através dos orifícios e da rotação conjunto (Mikosz, 2004, p.2).

Em 1838, Wheatstone, inventava o estereoscópio de dois espelhos (figura 18-5), e anos mais tarde, em 1849, Brewster, construía o estereoscópio refractivo (figura 18-6) com lentes convexas e descentradas. O estereoscópio, aparecia assim referenciado pela capacidade de criar uma ilusão tridimensional a partir de imagens bidimensionais. Este aparelho inventado por Wheatstone em 1838, tinha um formato parecido com um binóculo, por meio do qual cada olho via uma imagem fotografada num ângulo aproximado ao da visão binocular humana. A sensação de tridimensionalidade era criada por imagens processadas pelo cérebro por um mecanismo idêntico ao utilizado pela visão natural. Embora tenha caído em desuso durante o século XX, Machado (2002) atribui-lhe uma importância semelhante à *câmara escura*:

«Se a “camera obscura” havia sido o paradigma do modo de visualização dos séculos XV ao XVIII, o estereoscópio – o aparelho produtor de visão binocular e tridimensional – será agora o instrumento que irá dar forma ao estatuto transformado do observador. Não que o dispositivo óptico em si tenha tido esse poder de produzir tamanha ruptura, mas ele é o “ponto de intersecção” onde os discursos filosóficos, científicos e estéticos em circulação no começo do século XIX se encontram com as forças socioeconómicas, institucionais e tecnológicas do mesmo período.» (Machado, 2002, p.228, referindo Crary, 1990¹⁸).

Machado (2002, p.230), ao analisar Crary, compara a importância iconográfica da grande

¹⁸Crary, Jonathan, 1990, *Techniques of the Observer*, M.I.T.

procura e produção de imagens estereoscópicas no século XIX à emergência das novas tecnologias proporcionadas pela inclusão do computador nos hábitos de representação da actualidade. Salienta ainda, que os progressos que se verificaram nos meios de representação digital, nomeadamente; na modelação, na animação e na simulação de novos ambientes, estão vinculados à “*impetuosa reconfiguração das relações entre um sujeito observador e os modos de representação que se iniciaram no século XIX*”. (Machado, 2002, p.232).

Na época em que apareceram, estes aparelhos foram exibidos em feiras com o propósito de atrair as pessoas para a sua espectacularidade ou para a demonstração de avanços científicos. Segundo Miranda (p.4-6), as imagens em movimento geradas por estes aparelhos permitiam ao público *consumir uma realidade “ilusória”*, da mesma maneira que possibilitavam experiências visuais da própria ciência. Evidencia ainda, duas qualidades fundamentais destes aparelhos; a “visibilidade” como a *capacidade de transparecer a sua estrutura de funcionamento* e “fantasmagoria” associada à *capacidade de fornecer ao observador imagens ilusórias*, a partir do movimento ou da noção de profundidade.

Estes aparelhos contribuiriam definitivamente para o desenvolvimento do aparelho de Thomas Edison e do aperfeiçoado cinematógrafo dos irmãos Lumière. Em 1895, exibiam-se as primeiras projecções de imagens animadas constatando assim as teorias de Peter Mark Roget em “*The Persistence of Vision with Regard to Moving Objects*”. Roget constatara que as imagens eram retidas pela retina do olho humano por uma fracção de segundo antes de serem substituídas pelas imagens seguintes. Se a sucessão fosse suficientemente rápida, o observador tinha uma impressão de movimento, mesmo que olhasse para imagens paradas (Hirsch e Valentino, 2001, p.232).

O desenvolvimento destes aparelhos durante o século XIX teria o seu zenit com a invenção do praxinoscópio (figura 18-7) pelo pintor francês Émile Reynaud em 1877, alguns autores consideraram esta descoberta como o primeiro passo para o início da história da animação e do cinema. Os princípios utilizados neste mecanismo tinham funcionalidades

idênticas ao zootrocópio (figura 18-8) inventado por William Horner, em 1834; no interior de um cilindro giratório aplicavam-se bandas de papel com desenhos ou pinturas. As aberturas no cilindro utilizadas no zootrocópio foram substituídas por espelhos que criavam uma ilusão do movimento com menos distorção.

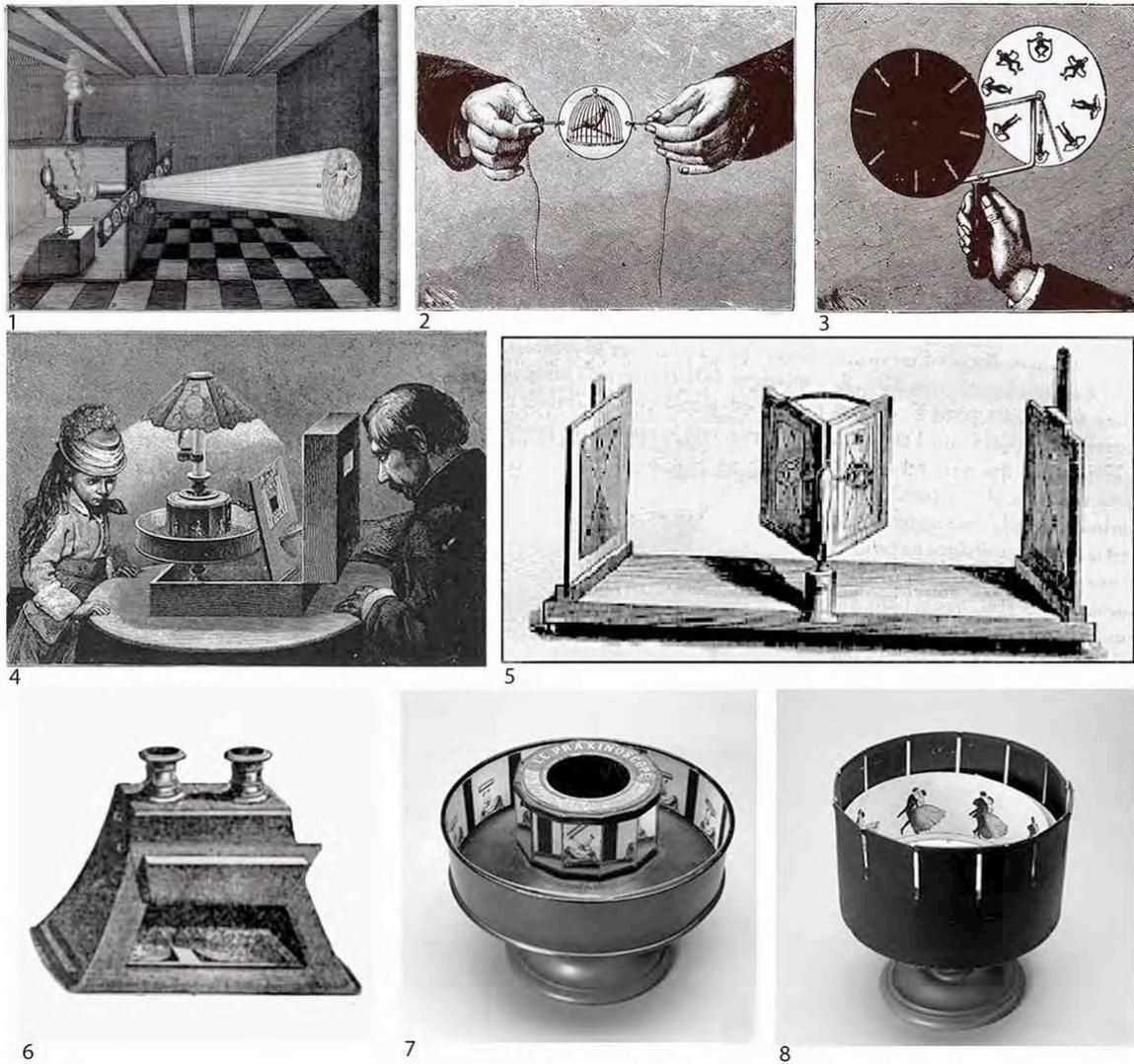


Figura 18 - 1: *Lanterna mágica*; 2: *taumatrocópio*; 3: *fenaquistoscópio*; 4: *teatro praxinoscópio*; 5: *estereoscópio de dois espelhos*; 6: *estereoscópio refractivo*; 7: *praxinoscópio*; 8: *zootrocópio*.

Neste contexto, Émile Reynaud (1844-1918) apresentava o *Teatro Óptico*, no Museu Grévin de Paris, a 22 de Outubro de 1892, constituindo o princípio tecnológico aproveitado pelo cinema de animação e pelos sistemas de captação e reprodução do movimento utilizados pela fotografia que levaram ao cinema de imagem real. Na elaboração do *Teatro Óptico*, Reynaud incrementou um conjunto de inovações que lhe permitiram atingir a qualidade na projecção de imagens em movimento; as *tiras* que serviam de suporte eram perfuradas e dispostas em bobines, a utilização de materiais transparentes possibilitavam uma nova abordagem no trabalho com luz projectada.

Estas apresentações, denominadas por “Pantomimes Lumineuses”, estão referenciadas por alguns autores, como o primeiro espectáculo cinematográfico da nossa história, contrariando a outra versão dos irmãos Lumière como os protagonistas deste acontecimento com a famosa projecção no sótão do Gran Café de Boulevard de Paris, a 28 de Dezembro de 1895. Nesta projecção, os irmãos Lumière utilizaram o cinematógrafo, um dispositivo híbrido capaz de captar imagens estáticas (fotogramas) e reproduzi-las em movimento, associando funções das máquinas de filmar, de revelação de película e projecção.

Depois da primeira apresentação pública, os irmãos Lumière fizeram uma exibição comercial do cinematógrafo, permitindo que réplicas do evento levassem este sucesso a outros países do mundo. A invenção do cinematógrafo terá sido um marco na história do cinema, considerado um símbolo do novo paradigma do espectáculo e da indústria da época, permitindo que novas palavras como, cine, cinema, cinéfilo (...), fizessem parte do nosso léxico.

2.6 Síntese do capítulo

Da análise efectuada, constatou-se que desde o Paleolítico o homem se preocupou com a percepção da realidade tridimensional e a sua representação. Com o tempo, os desenhos e pinturas rupestres de estilo naturalista realizados no período Paleolítico, deram lugar a representações mais elaboradas na forma e conceito. Do mesmo modo, verificou-se uma

correspondência entre as representações utilizadas na construção de grandes obras de Arquitectura do Egipto e Mesopotâmia.

Através da análise de alguns autores, identificou-se a importância da *perspectiva* como a primeira sistematização (matemático-geométrica) na representação do espaço e substituição da imagem plana por uma sugestão de tridimensionalidade. Observou-se a importância da invenção e aperfeiçoamento dos instrumentos auxiliares da representação baseados no uso da perspectiva renascentista realizados a partir do século XV, caracterizou-se o desenvolvimento de algumas *máquinas do desenho*, como instrumentos intermediários da representação, e verificou-se a sua influência nas alterações de hábitos de representação dos artistas da época e as repercussões que estes produziram nas *máquinas de desenho* actuais. Neste âmbito, identificaram-se os sistemas de representação que são baseados na interpretação da informação tridimensional para um suporte bidimensional como a “janela” de Alberti, a “câmara escura”, “a câmara clara” e como consequência a invenção da fotografia e da imagem em movimento; e considerou-se a evolução dos sistemas de *translado tridimensional* no sentido de transportar a informação para um suporte tridimensional, utilizados inicialmente pelos gregos, aperfeiçoados no Renascimento e amplamente difundidos até ao século XX.

3 A construção de representações

Neste capítulo considera-se a utilização do desenho, como o meio técnico de representação tridimensional, investigando sujeitos, escolas e métodos de ensino que fomentaram a sua introdução nos ambientes de trabalho dos profissionais do desenho. Expõe-se ainda a tecnologia digital como contributo para desenvolvimento das práticas de representação tridimensional no Design, considerando os factores de inovação que permitiram a sua integração como ferramenta de desenho.

Esta análise propõe-se responder às seguintes questões:

Que factores conduziram à utilização do desenho como meio técnico de representação tridimensional no design?

Que factores conduziram à utilização do CAD no design de artefactos? Qual o impacto (vantagens e desvantagens), da sua utilização como ferramenta de representação?

3.1 Para uma definição de desenho

No dicionário, *desenho* define-se por «*representação das coisas e dos seres, ou até mesmo das ideias, por meio de linhas e de manchas. Nas línguas latinas a palavra desenho tem uma relação com “designu”, como registo gráfico inscrito sobre suporte bidimensional, ou designio como intento, plano, projecto ou propósito (...)*».

Molina Cabezas e Cópou (2005), ao citarem Giorgio Vasari, contrapõem as definições mais antigas, em que o desenho, «*o pai das três artes, arquitectura, escultura e pintura, precede do intelecto e extrai da polaridade das coisas um juízo universal, semelhante a uma forma ou ideia de tudo o que existe na natureza*», às mais recentes, em que «*o desenho torna visível o invisível, como intermediário de conceitos e emoções.*» (Molina, Cabezas e Cópou, 2005, p.16).

Para Pestalozzi, «*Es la habilidad de prender el contorno de todos os objetos e los rasgos contenidos dentro de él, a través de la correcta percepción de los objetos mismos, e ser capaz de imitarlos exactamente por medio de líneas semejantes*». (Citado por Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.512).

Em Betâmio (1967), «*Chamamos desenho à parte viva, dinâmica, que é comum a todas as artes visuais. Têm desenho ainda, tudo o que o homem faz e a visão capta. O desenho é uma marca da força vital do homem, e por isso, quando surgiu o homem, surgiu o desenho.*» (Betâmio, 1967, p.11).

Em Massironi, (1982, p.17), descreve-se como técnica primária baseada nos processos de visão, capaz de se adaptar a várias exigências; “*desde a ilustração das ciências da natureza, às descrições expressivas da ilustração artística*”. (Massironi, 1982, p.17).

Francastel (2000), citando Mauss¹⁹: «*Um desenho compõe-se sempre de vários elementos, mesmo quando não comporta senão uma linha. Em todos os desenhos há uma expressão ou uma impressão: expressão em quem desenha, impressão em quem recebe o choque, no espectador... Um desenho é composto por um certo número de traços que concorrem para o estabelecimento de um motivo. A unidade do motivo é, na realidade, a unidade do desenho. A dificuldade consiste em o desenho significar o que as pessoas querem que ele signifique, quer seja geométrico quer imite a ordem natural.*» (Francastel, 2000, p.170).

Em Barki (2003), «*...o desenho tem uma natureza dupla. É ao mesmo tempo um objecto autónomo e um modo de discurso social.(...) É uma visão ou projecção de ideia delineada numa superfície bidimensional que, uma vez materializada, pode ser visto de forma independente da*

¹⁹ MAUSS, Marcel (1971), *Manuel d'ethnographie*, Payot/livre De Poche.

sua produção ou dos valores que expressa.» (Barki, 2003, p.25).

Para Pipes (1989), o desenho é um meio expressivo para registar e comunicar ideias aos outros, através dele exterioriza-se pensamentos para se tornarem concretos, é um exercício mental que articula a imaginação com a realidade tridimensional.

«[...] o desenho de um designer ou de um artista têm em comum mais do que em princípio poderia supor-se. Ambos são preliminares de algum trabalho futuro, preparativos para a acção.» (Pipes, 1989, p.16).

«Embora se tenha tornado, por vezes, uma técnica e um processo extremamente complexos, o desenho nunca perdeu um lado imediatista e espontâneo que permite ao seu autor manifestar directamente sentimentos ou impressões que dispensam a complexidade e o virtuosismo vocabulares ou, ainda, estabelecem uma possibilidade de comunicação paralela à verbal ou à escrita.» (Rodrigues, 2000, p.87).

3.2 Desenho e projecto

Constatámos já, que o *desenho* é, desde há muito, utilizado como recurso de representação gráfica nas artes e na arquitectura. Desde as primeiras representações que os métodos de desenho, as técnicas de representação, os suportes e as ferramentas sofreram uma grande evolução no sentido de se adaptarem às necessidades dos profissionais.

Embora existam registos gráficos associados à construção de obras na Mesopotâmia e Antigo Egipto, admite-se que o desenho técnico deriva dos métodos de representação utilizados na arquitectura realizados a partir da Renascença. O *desenho arquitectónico* da Renascença, desenvolvia-se a partir do compromisso entre o rigor e a sistematização exigido por obras de construção mais complexa. Este aperfeiçoamento das técnicas de representação era o resultado

do desenvolvimento social, técnico e económico pós-feudal, e da prática de novas técnicas de construção introduzidas pela arquitectura gótica. (Cattani, 2006, p.112).

A partir de meados do século XVII, com o desenvolvimento da geometria analítica, o desenho técnico deixa de ser uma prática exclusiva da arquitectura promovendo o desenvolvimento de novos métodos de resolução dos problemas mais complexos no projecto. (Barki, 2003, p.105).

Retomando o *ponto 2.4.1*, reconhece-se que Gaspard Monge (1746-1818), ao consolidar a nova *geometria descritiva* num recurso gráfico sistematizado, permitiu que os projectistas do século XVIII encontrassem no desenho técnico um meio tecnológico imprescindível ao desenvolvimento industrial. A introdução da Geometria Descritiva transformara-se num meio comum para representar e comunicar com eficiência, rigor e precisão a tridimensionalidade.

Segundo Pipes (2007, p.31), em 1868, A. W. Cunningham comparava a geometria de Monge a «*elegantes métodos de desenho mediante os quais se poderia abordar no desenho todo o tipo de problemas tridimensionais*». Esses métodos, proliferaram por toda a Europa, chegando mesmo aos Estados Unidos e ao Egipto.

Nos anos seguintes surgiram novas abordagens da representação *no plano*, em 1820, o engenheiro inglês William Farish desenvolveu a perspectiva isométrica²⁰ muito utilizada na realização de desenhos complexos de máquinas industriais, e em 1873 o historiador francês Auguste Choisy (1841-1909), introduzia a perspectiva axonométrica²¹ (Barki 2003, p.113).

As projecções métricas, (como são designadas actualmente), são métodos de representação em perspectiva que nos criam uma impressão de tridimensionalidade. Durante século XX, este método seria adoptado por vários desenhadores, de salientar; nos anos 20 o

²⁰ Este sistema de projecção utiliza todas as dimensões do objecto em verdadeira grandeza, e deriva das projecções ortogonais.

²¹ Segundo o autor, a perspectiva utiliza uma compensação baseada em factores de redução, muito útil na compreensão da tridimensionalidade.

grupo de artistas holandeses, De Stijl²², e nos anos 80 no trabalho do grupo de Memphis²³ (Pipes, 2007, p.5).

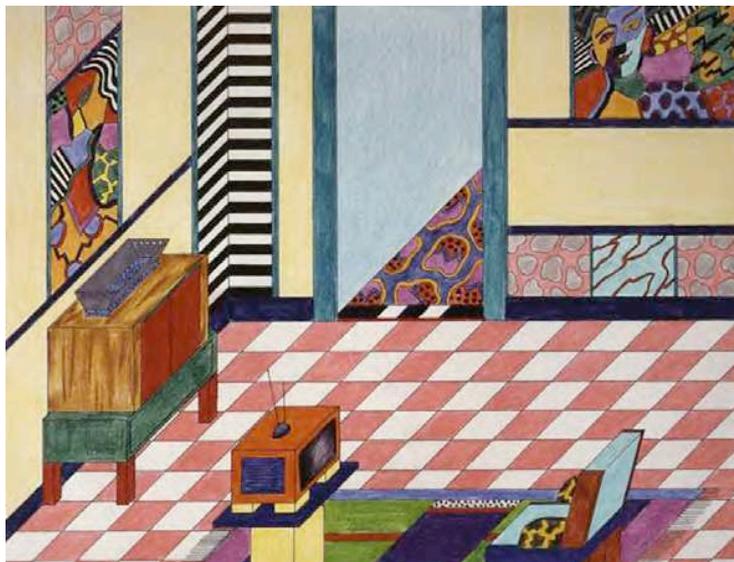


Figura 19 – Nathalie du Pasquier, 1985, o desenho ilustra o método baseado em projecções métricas utilizado pelo grupo de Memphis, www.nathaliedupasquier.com

A partir do século XVIII, assistiu-se a um grande momento de viragem na história da representação, o forte crescimento da pesquisa científica associado ao desenvolvimento tecnológico da Revolução Industrial, traduziu-se no fim da exclusividade das artes artesanais e da manufactura, promovendo o desenvolvimento da indústria mecânica e alterando definitivamente o comportamento da sociedade.

Recordamos a invenção da máquina a vapor como símbolo mecânico de uma revolução

²² O grupo foi fundado Theo van Doesburg em 1917, tomando o nome da revista com o mesmo título. Os objectivos do grupo consistiam no desenvolvimento de uma arte totalmente abstracta que fosse *a expressão directa do universal*.

http://www.esec-josefa-obidos.rcts.pt/cr/ha/seculo_20/de_stijl.htm.

²³ O Grupo de Memphis formou-se nos anos 80, era composto por designers e arquitectos italianos que contestaram a ideia da época, de que os produtos tinham de seguir formas, cores, texturas e padrões convencionais.

que incrementou alterações significativas nas técnicas e nos instrumentos de trabalho. Com a Revolução Industrial, o trabalho de concepção e produção passaram a realizar-se por pessoas diferentes. As necessidades da indústria exigiram processos de manufactura mais eficientes, a engenharia tornou-se mais especializada e os meios de representação tiveram de acompanhar esse desenvolvimento.

Ferdinand Jakob Redtenbacher²⁴ (1809-1863), estabeleceu uma ligação entre a facilidade de representação dos desenhos de máquinas e a difícil tarefa de manipular directamente o ferro e o aço na construção de protótipos. O desenho aparece neste contexto, como o principal recurso na alteração de projectos, fomentando a comunicação entre os vários intervenientes do processo contribuindo para melhor distribuição de tarefas e consequente redução de alterações dispendiosas de produção.

No século XX, com a entrada na Modernidade, a prática do desenho técnico estava já ajustada às necessidades dos profissionais; vários países introduziram normas de representação para definir formatos, tipos de linha, rotulagem, dimensões, etc.. O desenho técnico transformava-se num meio de representação muito específico, imprescindível ao desenvolvimento do projecto.

Neste momento, os projectistas tentam libertar-se da representação normalizada e padronizada, para isso desenvolveram um novo conceito de desenho dedicado a apresentar livremente as suas ideias. Vários autores designam-no por *desenho de apresentação*, referindo-se às técnicas de representação recuperadas das artes para elucidar algum desconhecimento na leitura dos desenhos ortográficos (Pipes, 1989, p.13).

Para Pipes (1989, p.13), o desenho como *representação simbólica* torna-se veículo para a separação dos processos de design do processo de produção. Esta divisão do trabalho teria grande significado no aumento da capacidade de produção, (manufacturavam-se em simultâneo várias partes do mesmo produto) constituindo um factor importante para o desenvolvimento da profissão de designer de produtos industriais.

²⁴ Está referenciado como autor da engenharia mecânica.

3.3 Das escolas para um desenho moderno

«Hei-de sempre queixar-me dos que me educaram, porque me não fizeram aprender, juntamente com a língua materna, e de preferência às línguas mortas, as duas línguas vivas: a música e o desenho.» (Betâmio, 1967, p.32, citando Silvestre Ribeiro, 1873²⁵, tomo 3, pp.63-64).

3.3.1 Pestalozzi e Froebel

Na opinião de Betâmio (1967), Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827) foi o primeiro pedagogo a estabelecer um método prático no ensino do desenho. Terá sido um continuador de J. Rousseau²⁶ (1712-1778), mas um opositor às suas teorias sobre a disciplina. Os estudos de Pestalozzi teriam continuidade nos métodos racionalistas de Friedrich Wilhelm August Froebel (1782-1852), que se baseavam no estudo do desenho geométrico, um método que seria novamente retomado nos finais do século XIX por Charles-Edouard Guillaume (1883-1936), em França.

Por outro lado, Peter Schith (1769-1853) e H. Spenser (1820-1903), defenderam uma teoria mais naturalista (anunciada inicialmente por J. Rousseau), diametralmente oposta ao método de Guillaume e do seu antecessor Froebel.

Esta corrente ganharia prestígio após a morte de Guillaume, impondo-se segundo as novas teorias do conhecimento, seria a partir dela que sairiam as correntes modernas da didáctica do Desenho.

Em Molina (2001), faz-se uma análise à importância do desenho nos modelos de formação integral de Pestalozzi e Froebel, utilizados na educação infantil, considerando-os

²⁵ Ribeiro, José Silvestre 1871-1893. *História dos estabelecimentos científicos, literários e artísticos do Portugal*, Lisboa: Tipografia da Academia Real das Ciências, 18v.

²⁶ Segundo Betâmio, J. Rousseau, foi apenas um teórico, ao contrário de Pestalozzi *que terá lutado por pôr em prática as suas ideias*.

como a principal referência de outros educadores no desenvolvimento de novas teorias aplicadas a níveis superiores de educação (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.511).

No *método geométrico* de Pestalozzi, o desenho baseava-se em exercícios de manualidade e observação como preparação do exercício de representação de objectos. O desenho iniciava-se por uma procura geométrica e sequencial de *elementos*; linhas rectas com várias direcções, linhas curvas, combinação curvas e rectas, e finalmente os objectos onde se reconhecem estes elementos.

Esta relação entre mão e visão estendia-se ao conhecimento e estudo da figura humana; como meio complexo capaz de desenvolver no futuro artista um discurso próprio ou como processo elementar no domínio da tridimensionalidade recorrente de outras profissões.

No livro “*El Manual Del Dibujo*”, descrevem-se as principais ideias de Pestalozzi sobre a importância do desenho na formação do indivíduo elaboradas nas suas obras; *Buch der Mutter* (1803) e *ABC der Anschauung* (1803). Para Pestalozzi o desenho:

«...é um meio de aprendizagem para formar o instrumento com que a criança deve observar e instruir-se; é um meio indispensável para apurar os sentidos básicos (o tacto e a visão); é indispensável na elaboração do conhecimento do mundo; é um exercício perceptivo que alerta os sentidos, e sobretudo o juízo e o bom gosto, que não se limita às belas artes; é uma linguagem universal; é válido em todos os estados e circunstâncias da vida; é uma ciência fundamental e preparatória para a indústria, as artes e os ofícios[...].»
(Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.512).

Durante o século XVIII realizaram-se várias experiências com base nos conceitos de ensino do desenho de Pestalozzi, os seus métodos foram interpretados por vários autores²⁷ e passaram a considerar-se em várias escolas, transformando-o numa ferramenta de uso geral.

Em 1787, o pintor francês Jean Bachelier, fundava a «Primeira Escola Gratuita de Desenho e Matemática aplicada às Industrias», em Munich, Keper e Mitterer criavam a «escola dos dias feriados». Nos finais do século XVIII, o ensino do Desenho inspirado nas teorias de Pestalozzi, estava já difundido por vários países da Europa. Gradualmente, tomava as dimensões duma disciplina capaz de contribuir para o aperfeiçoamento da indústria, o seu lado prático estabelecia uma ligação importante entre a indústria e a técnica.

Froebel, por sua vez, é considerado por vários autores o fundador do modelo de pré-educação artística que influenciaria a plástica do Século XX; o arquitecto Frank Loyd Wright terá reconhecido as influências de Froebel na sua educação e em 1873, Horace Mann introduz este modelo de ensino na Massachusetts Normal Art School.

O trabalho que realizou na Suíça com Pestalozzi terá influenciado Froebel para o estudo e aplicação duma pedagogia baseada na educação a partir dos primeiros anos de vida. Como principal fundamento da sua educação, está *a percepção* sensorial como base para o conhecimento do mundo e da linguagem.

Embora se reconheçam fortes influências de Pestalozzi, Froebel terá desenvolvido os seus próprios métodos de Educação recorrendo a materiais educativos. Nos “Seis Dons”, Froebel propunha exercícios manuais com sólidos geométricos de formas elementares (cubos, esferas, cilindros, hexaedros, etc.), resultando num *jogo* de decomposição em formas geométricas, linhas e pontos.

Como se observa em Molina (2001), os *jogos plásticos* de Froebel, embora não tivessem uma vocação artística, tinham-se como “*um curso de iniciação às lições preliminares da forma,*

²⁷ Joseph Schmid (1809), A. Boniface (1819), J. Ramsauer (1821), C. Reiner (1837), Peter Schmid (1840), Herman Krusi (1850), William Whitaker (1851), Fedor Flinzer (1864), A. Stuhlmann (1869).

o desenho constitui *um meio de aprendizagem que forma o instrumento sobre o qual a criança deve observar e instruir-se.*” (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.513).

Estes modelos conferiam ao desenho a coordenação da percepção visual com o exercício manual para a obtenção do registo gráfico, imprescindível no desenvolvimento das faculdades intelectuais, capacidades de expressão e na educação em geral.

As teorias de Froebel e Pestalozzi foram uma referência nos modelos de educação até ao início do século XX, foram publicados vários manuais²⁸ práticos com reinterpretações destes modelos.

Betâmio apesar de considerar a importância destas personalidades no desenvolvimento do ensino do Desenho, relembra que a sua história se caracterizou por uma série de iniciativas levadas a cabo por muitos teóricos e por doutrinários percursores que se basearam no trabalho dos que puseram em prática as suas ideias.

«[...] a história duma actividade deste género não é composta de sucessivas fases diferentes, mas sim de momentos de predomínio dum método em que é sempre possível, todavia, reconhecer aspectos de condescendência com métodos ultrapassados e prenúncios das melhores soluções futuras. A história do ensino do Desenho, como tudo o que é vivo, não é uma sucessão de momentos distintos, mas antes um processo de soluções em cadeia em que cada elo liga a um que prende o passado, e a outro que anuncia o futuro.» (Betâmio, 1967, p.20).

Segundo Betâmio (1967, p.22), em meados do século XIX, o desenho foi considerado um meio privilegiado na ligação entre a ciência e a técnica, contribuindo com o seu lado prático e utilitário para o aperfeiçoamento da indústria. Neste contexto cita a exposição internacional de

²⁸ Como exemplo, Bordes refere-se a F. Ch. Delon em *Méthode intuitive. Exercices et travaux pour les enfants selon la méthode de Pestalozzi et de Froebel*, (1876). (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, pp.517-518).

Londres, de 1851, como *a origem do desenvolvimento do ensino do Desenho*. No certame, a Inglaterra terá assumido uma inferioridade em relação aos outros países originada pelos seus métodos deficientes no *ensino elementar de Desenho*.

Esta exposição despoletou uma série de acontecimentos que conduziram à rápida ascensão do ensino da disciplina. Em 1852 é inaugurada em Westminster, a primeira escola elementar de Desenho, em 1858 John Ruskin, na sua obra *Elements of Drawing*, observa a importância do desenho e da pintura no crescimento das crianças, e em 1863 a Áustria cria uma instituição com idênticas preocupações do Museu Kensington de Inglaterra.

3.3.2 A Bauhaus

A Bauhaus foi uma escola alemã de arte e arquitectura fundada em 1919 pelo arquitecto alemão Walter Gropius e dissolvida em 1933 pelo governo Nacional socialista.

Em 1919, Gropius publicou um manifesto com as suas ideias revolucionárias, ilustrado por uma xilogravura de Lyonel Feininger de uma catedral gótica. A “catedral” é mencionada por Bonsiepe como *símbolo*, de um movimento de design iniciado por Ruskin e William Morris (Arts and Crafts), que procurou recuperar princípios medievais num regresso aos ofícios que se opunham à revolução tecnológica. O manifesto referia-se à construção como o último objectivo de toda actividade artística, os arquitectos, pintores e escultores deviam reaprender a conhecer os aspectos da construção para que pudessem desenvolver as suas obras com *espírito arquitectónico*.



Figura 20 - Lyonel Feininger, Cathedral, xilogravura para o Manifesto Bauhaus, 1919, <http://www.bauhaus.de/>

«Architects, painters, sculptors, we must all return to crafts! For there is no such thing as "professional art". There is no essential difference between the artist and the craftsman. The artist is an exalted craftsman. By the grace of Heaven and in rare moments of inspiration which transcend the will, art may unconsciously blossom from the labour of his hand, but a base in handicrafts is essential to every artist. It is there that the original source of creativity lies.» (Fragmento do manifesto de Walter Gropius, <http://bauhaus.de>).

Nos primeiros anos, fomentou-se a união entre arte e técnica com uma orientação mais individual, valorizando-se a expressão pessoal do artista na concepção do produto. Mas a partir de 1923, a escola foi influenciada por De Stijl, desenvolvendo conceitos formais inspirados nas formas elementares e nas cores primárias. Deste modo, os interesses da Bauhaus e do director Gropius reflectiram a preocupação em estabelecer uma relação directa com a indústria na produção de modelos e produtos.

Os alunos da Bauhaus aprendiam em simultâneo arte e design numa abordagem dos materiais²⁹ e processos industriais, obtinham uma orientação estética dos artistas modernos e aprendiam os ofícios com mestres artesãos qualificados. Aprendiam pintura, escultura, arquitectura, tipografia, cerâmica, trabalho do metal, fotografia e cinema. O plano consistia na elaboração de um primeiro ano experimental para familiarizar estudantes com o mercado comum e único das qualidades dos materiais: madeira, metal, papel, vidro, pedra, plástico, têxteis, borracha, etc.. Os materiais eram utilizados numa abordagem livre, no manuseamento e no estudo das qualidades intrínsecas: flexibilidade, fragilidade, reacção ao calor e ao frio, as ferramentas possíveis de utilização, que poderiam levar à criação de formas, combinações de materiais, e muitas outras possíveis análises.

George Adams, um estudante do período de Weimar, dá o seu testemunho no documentário *"Bauhaus: The Face of the 20th Century"*, sobre os métodos de ensino utilizados:

²⁹ Com incidência particular na cor, luz e textura

«Tanto no desenho como no design tridimensional, dava-se muito ênfase à textura. Tínhamos de imitar a textura da madeira, do vidro, da lã, de tudo o que fosse interessante em contraste com outras texturas. E construíamos estruturas tridimensionais em vários materiais.» (George Adams, 1994³⁰).

Segundo Droste (1992, p.22), na formação da *Bauhaus*, Gropius procurou substituir os professores tradicionais por “mestres da forma” e “mestres artesãos”, numa tentativa de quebrar a barreira entre artistas e artesãos. *«Das forças contraditórias nasceu um equilíbrio criativo cuja estabilidade foi, nos anos seguintes, repetidamente confirmada, testada, questionada e alterada».*

Na opinião de Gropius, *“não havia artesãos com imaginação suficiente para resolver problemas artísticos, nem artistas com conhecimentos técnicos suficientes para se responsabilizarem por trabalhos oficinais.”* (Droste, 1992, p.36, citando Gropius).

Neste contexto, os alunos deveriam aprender os elementos da teoria do design associando o desenho, o projecto e os mais recentes meios de produção da indústria moderna.

No âmbito da representação podem nomear-se alguns artistas da época que leccionaram na *Bauhaus* e marcaram o início da sua actividade pelos métodos inovadores que utilizaram.

³⁰ Whitford, Frank, (1994), *Bauhaus: The Face of the 20th Century*, 49 minutes, English color television, British Broadcasting Corporation.

3.3.2.1 Johannes Itten

Em Outubro de 1919, Gropius convida o pintor e pedagogo de arte Johannes Itten (1888-1967) a integrar a Bauhaus. Droste (1992, p.25), considera Johannes Itten uma figura marcante da fase inicial da Bauhaus e refere a importância do seu curso de Itten como o ponto fulcral de educação da Bauhaus, na «*intuição e método*» e «*experiência subjectiva e reconhecimento objectiva*», como conceitos importantes para o desenvolvimento do seu princípio pedagógico.

Segundo Álvarez (2008, p.13), Itten ao instituir o Vorkurs³¹, desenvolveu uma metodologia de ensino que deriva dos modelos de educação de Froebel e Pestalozzi.

Influenciado por Froebel implementou a manipulação dos materiais e a sua utilização como parte integrante da educação. A partir da visão de Pestalozzi, associou o conhecimento à formação coesa da cabeça, coração e mãos. Álvarez (2008), refere-se ainda, às influências da filosofia de Montessori, no respeito pelo estudante e pelo seu trabalho, permitindo que este desenvolvesse auto-disciplina e criatividade sem que o professor influenciasse directamente o seu trabalho.

Itten deu principal importância ao estudo da cor e harmonia, da forma, e à dinâmica dos materiais, num incentivo aos estudantes para desenvolverem os sentidos e apurarem a análise semiótica. As aulas de Itten baseavam-se no estudo de objectos naturais, análise de mestres antigos e desenho com modelo vivo. O estudo de objectos naturais, visavam uma sensibilização para estudo das características dos materiais e respectiva aplicação e incluía exercícios de desenho dando ênfase ao contraste das características físicas e formais dos materiais.

³¹ Denominava-se por Curso Preliminar, no qual os alunos aprendiam de maneira totalmente nova, os princípios e as técnicas mais elementares.

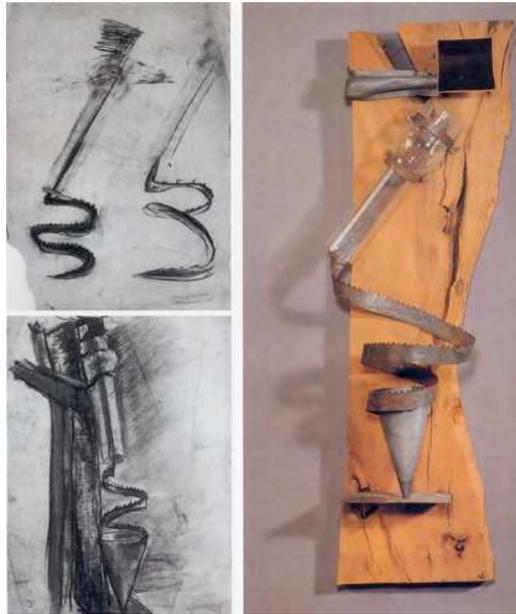


Figura 21 – Dois desenhos realizados por Klaus Rudolf Barthelmeß (esquerda) depois do estudo no material por M. Mirkin (direita), Droste, 1992, p.26.

Como consequência, analisavam o contraste entre formas e cores. Segundo Itten, o contraste gerava uma influência recíproca e feedback entre os elementos; áspero/suave, pontiagudo/rombo, duro/mole, claro/escuro, grande/pequeno, topo/fundo, leve/pesado, redondo/quadrado. Do mesmo modo, os contrastes, contribuíam para um melhor entendimento da relação dos materiais com as actividades oficinais, podendo ser trabalhados através da análise bi ou tridimensional com desenhos e esculturas, ou aplicando a teoria da forma³², a partir das formas geométricas elementares³³; o círculo “fluyente” e “central”, o quadrado “calmo” e o triângulo “diagonal”.

³² “*Formlehre*”, teoria da forma onde Itten identificou diferentes significados nas formas geométricas elementares. Estas teorias seriam igualmente adoptadas por Paul Klee e mais tarde por Wassily Kandinsky.

³³ Kandinsky ter-se-á interessado nas relações entre forma e cor, desenvolveu uma linguagem visual a partir de triângulos e quadrados, texturas expressivas e linhas de movimentos dinâmicos. As formas primárias (círculo, quadrado, triângulo), representavam e continham qualidades idênticas às qualidades das cores primárias (azul, vermelho e amarelo). Graças a um questionário realizado na Bauhaus, determinou uma correspondência entre as três formas e cores primárias: triângulo-amarelo, quadrado-vermelho e círculo-azul.

Oskar Schlemmer (1888-1943), descreve uma aula de “Análise dos Mestres Antigos”:

«Itten dá análise em Weimar. Mostra fotografias a partir das quais os estudantes tinham de desenhar um ou outro ponto essencial – normalmente movimento, linha principal, curva. Então, ele ilustra estes pontos numa figura gótica. A seguir, mostra Maria Madalena a chorar no altar de Grünewald. Os estudantes tentam extrair algum elemento básico da composição assaz complicada. Itten olha para os seus esforços e explode: ‘Se algum de vós tivesse alguma sensibilidade artística, então, perante esta figura de choro, o choro de todo o mundo, mais do que tentar desenhá-lo, deviam simplesmente ficar aí sentados e chorarem também’. E posto isto, sai da sala batendo com a porta!» (Oskar Schlemmer citado em Droste, 1992, p.29)³⁴.

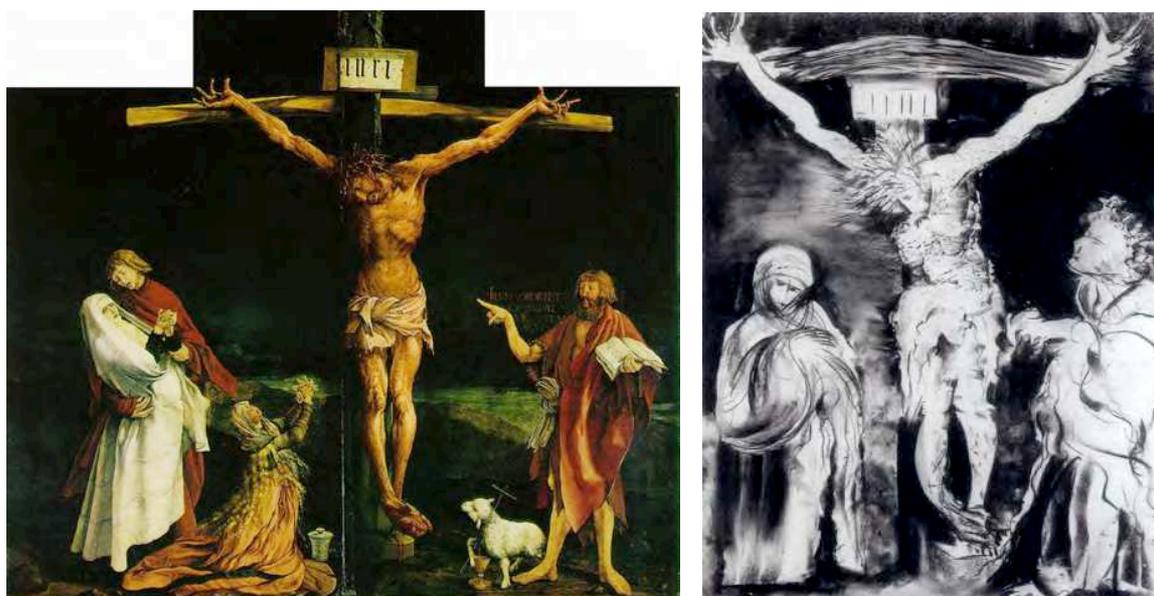


Figura 22 – Esquerda: Mathias Grünewald, *Altar de Isenheim*, (fragmento), 1512-1516. <http://www.ibiblio.org>; Direita: Desenho realizado nas aulas de “Análise de Mestres Antigos” de Johannes Itten, baseado no *Altar de Isenheim*, Droste, 1992, p.30.

³⁴ Oskar Schlemmer, carta a Otto Meyer-Amden de 16-05-1921. Em: *Oskar Schlemmer. Briefe un Tagebucher*. Tut Schlemmer (ed.). Munique 1958, p.12.

A figura 22 (direita), ilustra um método de análise das leis da composição através da observação dos grandes mestres³⁵ do passado, que tinha como grande objectivo a experimentação e a assimilação do *acontecimento trágico* ilustrado. Com estes exercícios o aluno desenvolvia a sua capacidade de análise do ritmo e composição linear de um quadro, através das suas cores e contrastes de claro-escuro.

Ao contrário de algumas escolas convencionais, que ensinavam o desenho através da cópia de objectos e figuras, as aulas de Itten baseavam-se na aplicação directa das teorias da forma e da cor, da composição e do “design”, originadas pelas teorias de vanguarda da reforma na educação. Itten ao organizar e estruturar o curso preparatório da primeira fase da Bauhaus terá influenciado muitos dos actuais cursos de “design” (Droste, 1992, p.31).

3.3.2.2 *Desenho e luz*

Por discordar com os ideais de Gropius, Itten demite-se em Abril de 1923, o foco da escola deixava assim de ser o indivíduo e passava a centrar-se na criação de produtos com orientação industrial.

Para a sucessão de Itten, Gropius contrata o artista húngaro László Moholy-Nagy (1895-1946) para novo director da “Vorkurs” e do atelier de metal, um adepto das novas tendências da escola. Com esta alteração na estrutura do curso, o ensino do desenho deixou de ter a importância basilar atribuída por Itten, «*Enquanto do “Vorkurs” de Itten sobreviveram centenas de desenhos, o número de exemplares legados dos cursos de Moholy podem ser contados pelos dedos das mãos.*» (Droste, 1992, p.60).

Com esta mudança, Moholy-Nagy deu maior relevância à construção de protótipos tridimensionais a partir de vidro, plexiglas, madeira e metal, promovendo uma transformação dos ateliers de concepção artesanal em «*laboratórios para desenvolver novas formas tipográficas e normas para a produção em série.*» (Pipes, 1989, p.22).

³⁵ Hieronimus Bosh; Mathias Grunewald; Fra Angelico; El Greco; Rembrandt; entre outros.

Moholy-Nagy enquanto leccionou na Bauhaus (1923-28), realizou várias experiências com a fotografia, desenvolvendo uma abordagem teórica designada por “New Vision”, um método que consistia na utilização da fotografia como médium para expansão do conhecimento e da percepção. O seu método, baseava-se na utilização de uma fonte de luz em movimento como um *agente criativo para gravar imagens da natureza* (Moholy-Nagy, 1969), e derivava da tentativa de pintar a penetração da luz através do plano. Estas *composições de luz*³⁶ trabalhavam-se a partir duma impressão directa num suporte fotossensível, sem recorrer à máquina fotográfica. Como mostra a figura 23 (esquerda), Moholy-Nagy utilizava o processo descoberto pelos primeiros fotógrafos do século XIX (descrito no ponto 2.5.5), colocando a sua mão, um pincel e vários objectos numa folha de papel fotográfico, expondo-o à luz.

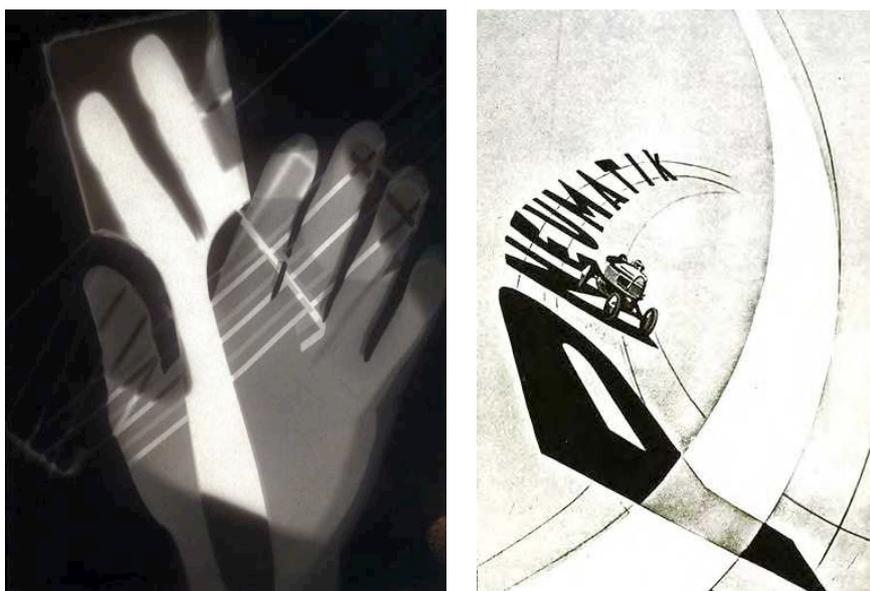


Figura 23 – Esquerda: László Moholy-Nagy, photogram, gelatin silver print; 23.9 x 17.9 cm, Ford Motor Company Collection, 1926, <http://www.metmuseum.org>; Direita: typophoto poster for tires, 1923, <http://wikis.lib.ncsu.edu>.

³⁶Mencionado por Neiman e Yi-Luen Do (1999), como “*light-compositions*” ou “*lightphenomena*”.

Entre 1925 e 1927, Moholy-Nagy descreve em “*Painting Photography Film*” um novo meio que combina tipografia e fotografia - “typophoto”. Para Moholy-Nagy a fotografia funcionava como um meio muito preciso na representação de formas e tinha grande utilidade como material tipográfico, poderia funcionar como ilustração ao lado das palavras, ou sob a forma de “phototext” no lugar delas. Este modelo que integra a palavra e a imagem, “New Typography”, estaria melhor ajustado às exigências da modernidade e das tecnologias de comunicação da indústria do que as tradicionais formas de impressão.

«*Typography is a tool of communication. It must be communication in its most intense form. The emphasis must be on absolute clarity since this distinguishes the character of our own writing from that of ancient pictographic forms.*» (Moholy-Nagy, em Bierut et al., 1999, p. 21).

3.3.2.3 “*Desenho ao vivo*”

Johannes Itten foi o primeiro professor da Bauhaus a leccionar a disciplina de “desenho ao vivo”, os alunos focalizavam a representação rítmica em detrimento do realismo, o seu estudo realizava-se com modelo nu feminino, ou como alternativa, aproveitando as *poses* dos colegas vestidos. Com a sua saída, Oskar Schlemmer e Paul Klee, sucederam-lhe nas aulas de “desenho ao vivo”, que alternavam em dois semestres.

Em Molina (2001), constata-se que a utilização do *corpo humano como modelo*, constitui desde o Renascimento, um meio *inevitável* no ensino do desenho e das artes plásticas. Com o tempo, as denominadas “academias” foram adoptadas pela generalidade das Escolas de Arte, e apesar da sua rejeição por algumas vanguardas artísticas contemporâneas, que se declaravam antiacadémicas, o corpo humano, continuou a utilizar-se como forma de expressão e reflexão teórica. (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.245).

Até ao século XX, os exercícios de observação tridimensional visavam, quase exclusivamente, a criação de aptidões para representar no plano bidimensional ou, servindo de

base na preparação da obra artística. No século XX, o desenho de observação permitiu que os estudantes e artistas pudessem traduzir essa aprendizagem para um vocabulário de formas abstractas, utilizando essas representações como um suporte gráfico para um trabalho mais pessoal e expressivo (Schmidt, 2006, p.55).

Paul Klee (1879-1940), paralelamente à sua actividade artística de pintor, ensinou em vários cursos da escola entre 1921 e 1931, aplicando as teorias sobre linha, forma, composição, cor e teoria de arte em geral. O seu trabalho de professor foi reflexo das preocupações com a pintura, e da atenção dedicada à arquitectura moderna e a todos os aspectos relacionados com a concepção do espaço.

Wilfred Franks³⁷ nas palestras dadas na The Lecture Theatre Liverpool Art School e na Sheffield Hallam University The Pennine Theatre, salienta o modo como Paul Klee transferia a sua experiência de artista para as suas aulas de “desenho ao vivo” observando a importância do desenho e da representação do corpo humano na sua formação.

«We had to learn drawing at the Bauhaus because we had to draw our designs. Life drawing is very important. The most important subject for a human being to draw is another human being - the human body is the most subtle, the most marvellous construction. (...)

I remember Paul Klee standing near and listening. I talked to him afterwards and he was very interested. I said that drawing was a very physical thing. I draw from my own body. When I see a leg, I feel the shape of my own leg. It's got something to do with the brain. It's not a conscious thought, but the brain affects the body. My leg is as human as the leg I draw. I am trying to capture the “legginess” of the leg. You have to make sure you

³⁷ Wilfred Franks foi estudante da Bauhaus entre 1929 e 1931.

look carefully at the model and notice the differences from yourself, otherwise you finish up with a self-portrait every time.» (Wilfred Franks, 1999)³⁸.

Por sua vez Schlemmer, apresenta “o homem”, como objecto de estudo no programa da disciplina, proporcionando ao aluno a análise no seu todo. Nas suas aulas, os exercícios de desenho faziam-se através de uma interpretação linear pouco realista do corpo, considerando aspectos plásticos da forma numa representação idealizada do homem. Recorriam com frequência aos próprios estudantes para servirem de modelo, e utilizavam, pontualmente, o palco da Bauhaus e respectiva iluminação como cenário dos exercícios. A esta primeira abordagem, sucediam-se estudos antropomórficos baseados nas experiências realizadas por Dührer e Leonardo da Vinci. Para finalizar, consideravam-se os aspectos mecânicos e cinéticos do corpo, numa relação directa com o próprio corpo, os objectos e o espaço que o cerca. Schlemmer alargava as aulas de “*desenho ao vivo*” para o ensino de uma teoria geral sobre as proporções do corpo humano, considerando aspectos formais, biológicos, e até mesmo psicológicos e filosóficos.

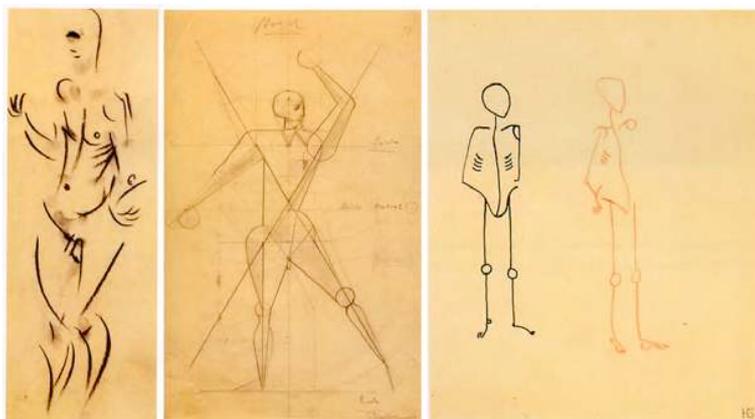


Figura 24 – Esquerda: Rudolf Lutz, desenho de nu do curso de Itten, cerca de 1921; Centro: Klaus Barthelmess, desenho de nu do curso de Schlemmer, cerca de 1922; Direita: Gertrud Arndt, desenho de nu do curso de Paul Klee, 1924, Droste, 1992, pp.50-51.

³⁸ Artigo publicado em <http://www.wsws.org>, por Richard Tyler, 1999, “*Former Bauhaus student to speak in Sheffield and Liverpool*”.

Droste comenta as diferentes atitudes adoptadas nas aulas de “desenho ao vivo”: em Itten pretende-se captar o ritmo, em Schlemmer a forma humana é idealizada e em Klee salienta-se os pontos dos movimentos de união (Droste, 1992, p.51).

Neste contexto, poder-se-á estabelecer uma relação entre o trabalho realizado por Oskar Schlemmer nas aulas de “*desenho ao vivo*” e o “*teatro da Bauhaus*”. Em 1923, ainda em Weimar, Schlemmer ocupou-se da divisão de teatro liderado até então por Lothar Schreyer (1886-1966). Como motivação, Schlemmer considerou três elementos fundamentais no teatro: *o homem no espaço, a luz em movimento e a arquitectura*. O “*Das Triadische Ballet*”³⁹ desenvolvido por Schlemmer entre 1912 e 1927, propôs a transformação do corpo humano num “objecto mecanizado”, concebido por fórmulas matemáticas e geométricas para uma relação integrada do actor no espaço cénico abstracto. A primeira apresentação na Bauhaus ocorreu em Weimar durante as comemorações da *Bauhaus week*, em Agosto de 1923 (James-Chakraborty, 2006, p.106).

Em 1929, Schlemmer e os seus alunos consolidaram toda a experiência de mais de uma década, desenvolvendo no atelier de teatro em Dessau as “danças Bauhaus”; *dança da Forma, dança dos Gestos, dança do Espaço, dança do Pau, dança dos Bastidores, e dança do Arco*. *Com este trabalho* realizou tournées por cidades suíças e alemãs, fazendo do teatro da Bauhaus um grande sucesso na época (Segundo Droste, 2006).

³⁹ *Triadische ou triádico*, refere-se à prevalência do número três no espectáculo: três bailarinos, três movimentos musicais, e três elementos artísticos (dança, música e figurinos).



Figura 25 - Oskar Schlemmer, 1926, esquema para o *Triadic Ballet*, tinta da China, aguarela, zinco branco e bronze em papel, Harvard University Art Museums, O desenho esquemático de Schlemmer, mostra a organização dos actos em colunas, cada uma dividida horizontalmente em cenas numeradas, James Chakraborty, 2006, p.106.

Apesar dos diferentes métodos de ensino e da rejeição de alguns princípios académicos, a abordagem do “*desenho ao vivo*” fez sempre parte integrante dos currículos da Bauhaus. Feininger, Itten, Kandinsky, Klee, Schlemmer, Kuhr, ou Joost Schmidt, adoptaram-no, considerando-o um elemento indispensável na formação dos seus alunos. Poder-se-á considerar que o “*desenho ao vivo*” na Bauhaus, foi para a maioria dos professores, um meio eficaz para analisar a mecânica do corpo humano, com uma importância que vai mais além que a sua imagem e representação.

3.3.2.4 “Desenho analítico”

O pintor russo Wassily Kandinsky (1866-1944), começou a leccionar na Bauhaus em meados de 1922 e assumiu a oficina de pintura mural (*the wall painting*) e as aulas de teoria da cor. Com a mudança da Bauhaus para Dessau, Kandinsky ensinou “*desenho analítico*”⁴⁰ com o objectivo de reproduzir em várias fases, as tensões sobre a composição e as linhas principais de uma natureza-morta. O método de desenho analítico utilizado nas aulas por Kandinsky desenvolvia-se segundo uma abordagem individual diversificada no tratamento dos motivos, bem como uma demonstração analítica, “passo-a-passo”, do processo. Os seus métodos, propunham uma relação directa entre o exercício da observação, o pensamento lógico e a execução cuidada do trabalho. Em estágios mais avançados, combinavam vários processos na análise e síntese, no cálculo e intuição.

«The teaching of drawing at the Bauhaus is an education in looking, precise observation, and the precise representation not of the external appearance of an object, but of constructive elements, the laws that govern the forces (= tensions) that can be discovered in given objects, and of their logical construction.» (“*Analytical Drawing*” publicado por Kandinsky no jornal da Bauhaus em 1928. Citado por Poling, 1986, p.110).

Segundo Poling (1986), o “*desenho analítico*” ensinado por Kandinsky baseava-se numa investigação empírica dos princípios visuais, aplicando na prática as suas teorias sobre forma e composição. A análise realizava-se numa ordem estrutural de relações entre os objectos, seguindo uma série de etapas de simplificação, análise e transformação das características gráficas apresentadas pelo motivo.

⁴⁰ *Desenho analítico: refere-se ao conceito de “análisis”. Distinção e decomposição das partes de um todo. Em sentido figurado, exame que se faz de alguma obra.* (Traduzido de Molina, Cabezas e Cópou, 2005, p.265).

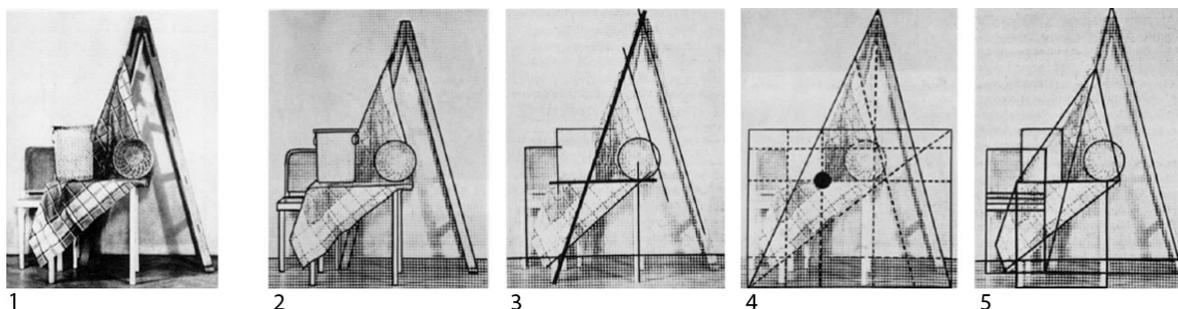


Figura 26 – 1: Fotografia de construção de natureza-morta, 1929; 2-5: Hannes Beckmann. *The Different Stages of Analysis*, 1929, Poling, 1986, p. 112.

Neste processo os alunos procuravam motivos diferentes dos tradicionais, como regra, não utilizavam objectos de pequena escala (frutas e utensílios), muito vistos em composições anteriores. Utilizavam principalmente os materiais que recolhiam das oficinas da escola e redondezas. Escolhiam formas simples que derivavam de mobiliário ou de simples drapejados elaborados a partir de panos ou cortinas. Noutra âmbito, consideravam os materiais de construção e ferramentas relacionadas: madeira, moldes, escadas, ou ainda, tubos cilíndricos, depósitos, aros, rodas ou discos, esferas, caixas rectangulares ou bases, etc.

Os *aprendizes* da Bauhaus eram assim estimulados a tratar o desenho como meio independente das *categorias*⁴¹ de formação artesanal. O seu ensino baseava-se no estudo de *naturezas-mortas, composição, desenho de memória e idealizado, design de mobiliário e artigos práticos*. Testavam-se as formas⁴² básicas em suportes bi e tridimensionais numa relação directa com os materiais e texturas, fazendo com que os estudantes se aproximassem da qualidade dos materiais a partir das experiências tácteis e visuais. (Pipes, 1989, p. 22).

⁴¹ Pipes (1989), ao referir-se à escultura, metalurgia, carpintaria, pintura e decoração, imprensa e tecelagem.

⁴² Estudavam as três formas básicas: o quadrado, o triângulo e o círculo a partir de experiências modeladas em barro e representações bidimensionais a partir destas. (Pipes, 1989).

Ao contrário de outros métodos de representação, os métodos de Kandinsky, não procuravam a cópia da realidade ou da aparência externa dos objectos, consistiam antes, numa aprendizagem através do estudo de relações entre os *elementos básicos*, expressadas por *forças internas=tensões que se podiam descobrir a partir destes*. (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.448).

Em Molina analisa-se a “*Gramática das formas*” de Kandinsky (1926), como proposta para uma *sistematização científica* no ensino do desenho. Kandinsky pretendia estabelecer um *vocabulário ordenado* a partir dos elementos plásticos, para desenvolver uma *gramática* que contivesse regras de construção. Considera ainda a utilização destes elementos pela pintura abstracta; designando por “*parte analítica*”, a definição dos primeiros elementos e outros mais complexos que deles derivam; e por “*parte sintética*”, o modo como estes elementos se podem organizar numa obra (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p.448).

Poling (1986), cita o artigo que Kandinsky publicou em 1928. Nesse artigo, descreve o desenho analítico como um processo que se desenvolve em três *escalões*. De cada um desses escalões derivam três fases subsequentes.

« *The first stage required the students:*

1. *To subordinate the whole complex to one simple overall form, which... must be precisely drawn in.*

2. *To realize the formal characterization of individual parts of the still life, regarded both in isolation and in relation to the other parts.*

3. *To represent the whole construction by means of the most concise possible schema.»*

(Kandinsky⁴³ citado por Poling, 1986, p.113).

⁴³ Lindsay, K. and Vergo, P., eds., 1982, *Kandinsky: Complete Writings on Art*, London: Faber and Faber, 1982.

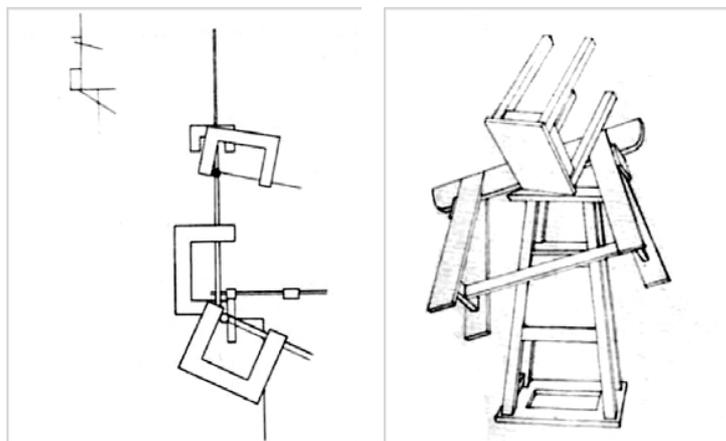


Figura 27 - Esquerda: Robert Edward Kukowka. *Analytical Drawing of the First Stage with Schema*, 1926, Poling, 1986, p.113; Direita: Hans Thiemann. *Still-Life Drawing*, 1930, Poling, 1986, pp.113-114.

Segundo Poling, o *desenho de contorno*⁴⁴ de Robert Eduard Kukowka (figura 27, esquerda) ilustra esta primeira fase, através de um grupo de *grampos* rectangulares e algumas varas. No *esquema*, os elementos orientam-se essencialmente na vertical, organizado por linhas verticais, horizontais e outras direcções. Kandinsky descreve o pequeno *desenho diagramático*⁴⁵ (representação dos eixos da composição), como demonstração da relação entre as horizontais, as verticais e as diagonais.

Como termo de comparação o desenho de Hans Thiemann (figura 27, direita), representa um conjunto de objectos específicos numa relação directa com o espaço tridimensional. Esta abordagem tem por finalidade o estudo das formas mas é pouco orientada à sua análise estrutural.

⁴⁴ Segundo Ching e Juroszek (1998), o *desenho de contorno* tem como proposta inicial a sensibilização para as qualidades da superfície e da forma. «O processo de desenhar contornos suprime a abstracção simbólica que utilizamos normalmente para representar as coisas.(...) é chegar a obter correspondência mais precisa entre o olho, ao seguir as arestas de uma forma, e a mão, ao desenhar as rectas que representam estas arestas». Ching e Juroszek (1998, p.18).

⁴⁵ Ver ponto 3.4.1

No segundo escalão, designado por “*development of the structural network*”, Kandinsky descreve as seguintes tarefas:

- «1. *Making clear the tensions discovered in the structure, which are to be represented by means of linear forms;*
 2. *Emphasizing the principle tensions by means of broader lines or, subsequently, colors;*
 3. *Indicating the structural network by means of starting or focal points (dotted lines).»*
- (Kandinsky citado por Poling, 1986, p.114).

Como se pode observar no desenho de Charlotte Voepel-Neujahr (figura 28, esquerda), a representação dos objectos atinge outro grau de simplificação. São utilizadas linhas mais fortes para contornar os utensílios e linhas a tracejado para indicar as ligações implícitas entre os pontos principais da composição.

No segundo desenho de Charlotte (figura 27, direita), as áreas são traduzidas em cores com o propósito de clarificar as partes separadas, criando assim uma sugestão de cor em toda a composição.

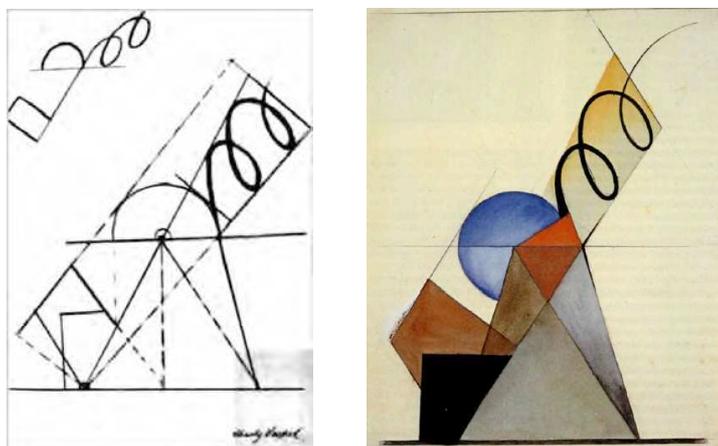


Figura 28 – Esquerda: Charlotte Voepel-Neujahr. *Analytical Drawing of the Second Stage with Schema*, 1927/28; Direita: Charlotte Voepel-Neujahr. *Analytical Drawing of with Tensions Translated into Zones of Color*, 1927/28, Poling, 1986, p.116.

No terceiro escalão, são considerados aspectos desenvolvidos na segunda fase, mas com maior tendência para soluções mais abstractas. “Translation”, foi o termo utilizado por Kandinsky para designar o esquema:

«1. *Objects are regarded exclusively in terms of tensions between forces, and the construction limits itself to complexes of lines.*

2. *Variety of structural possibilities: clear and concealed construction.*

3. *Exercises in the utmost simplification of the overall complex and of the individual tensions-concise, exact expression.»* (Kandinsky citado por Poling, 1986, p.120).

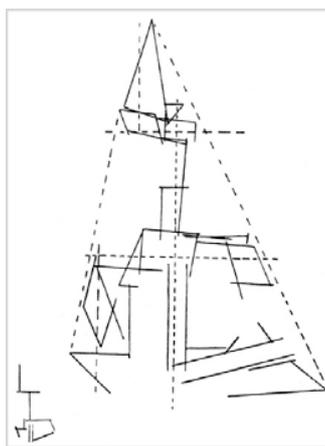


Figura 29 - Fritz Fiszmer. Analytical Drawing of the Third Stage with Schema, 1928, Poling, 1986, p.119.

Segundo Poling (1986, p.120), o desenho de Fritz Fiszmer (figura 29), revela uma composição, particularmente complicada de planos triangulares e paralelogramos. Os principais eixos ou "estrutura principal", estão indicados por tracejado, deste modo, os elementos da natureza-morta ficam irreconhecíveis, para Kandinsky: *objectos completamente transformados em tensões entre as forças.*

Em Molina (2001) considera-se basilar a importância deste programa na formação da nova concepção do espaço e da nossa aproximação à realidade, verificadas durante a revolução das artes do século XX. E observa, que o processo analítico ajudou a libertar os elementos da sua unidade plástica duma dependência da representação das formas naturais, linhas, planos, cores, para formar uma nova “linguagem” visual. Assumindo quase absoluta rejeição da obediência servil à representação de objectos (Molina, Cabezas e Bordes, 2001, p. 457).

Como refere Poling (1986), a variedade e a qualidade dos exercícios realizados nas várias fases de todo o processo, são uma demonstração de eficácia como *dispositivos pedagógicos*. Os estudos de Kandinsky, para além de promoverem novas formas de ver e pensar, funcionaram como motivação à criatividade e ajudaram a fornecer uma base teórica para a composição pictórica. A aquisição de competências a partir do método de ensino praticado por Kandinsky, constituiu a base conceptual para uma abordagem no ensino das artes e possibilitou um aproveitamento directo na pintura e nas outras artes, e *presumivelmente* na prática do design.

Esta experiência didáctica, ajudou o artista na estruturação dos elementos visuais da composição, descritos em 1926, no tratado “*Ponto e Linha sobre o Plano*” (Segundo Poling, 1986, p.107).

3.3.2.5 “A Linguagem da Visão”

Depois da dissolução da Bauhaus de Dessau em 1933, fundava-se em 1937 “The New Bauhaus” em Chicago por um grupo de industriais norte-americanos. O seu director e fundador, László Moholy-Nagy, adoptou e desenvolveu o currículo completo iniciado por Walter Gropius em Weimar e Dessau. Para coordenar a Oficina de Luz e Cor, Moholy convidou o húngaro Gyorgy Kepes (1906-2001).

Nas aulas de Luz e Cor, Kepes propôs familiarizar os seus alunos com as bases de conhecimento na aplicação das leis da organização plástica da *linguagem visual*. Para além da simples manipulação da cor, tratamento de superfícies ou impressão fotográfica, a imagem deveria ser percebida como um acto criativo. Neste sentido, os elementos básicos da

linguagem visual (ponto, linha, forma, textura e cor) estão subordinados à observação para uma representação organizada numa *gramática de contrastes* (equilíbrio/instabilidade, simetria/assimetria, duro/suave, leve/pesado). Para Kepes uma imagem tinha um domínio espacial, porque as diferentes posições dos elementos do plano criavam uma forma dinâmica de circulação. Neste sentido, o jogo de transparência, sobreposição, linhas, cores e luz contribuíam para um sentimento de espaço.

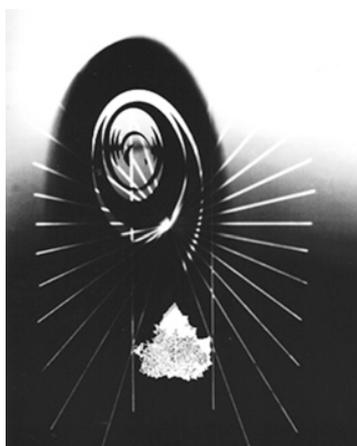


Figura 30 - Gyorgy Kepes, 1939, *Photogram*, Fotograma em papel de prata (40,4 X 50, 5cm), Art Institute of Chicago, Craven, 2003, p.627.

Esta abordagem da *linguagem visual* de Kepes baseou-se em teorias desenvolvidas *a partir* dos estudos da psicologia da Gestalt⁴⁶ por Johannes Itten e seguidas à posteriori por Kandinsky e Moholy-Nagy. Segundo Bacelar p.5

Na “*Language of vision*”, publicada em (1944)⁴⁷ no Instituto de Design de Chicago⁴⁸, Gyorgy Kepes desenvolve três conceitos fundamentais sobre os princípios de criação artística:

⁴⁶ A psicologia da Gestalt baseia-se em teorias interdisciplinares, abrangentes, que fornecem uma estrutura para uma grande variedade de fenômenos, processos, e aplicações psicológicas. Segundo Lupton (1988), a psicologia da Gestalt considera que a percepção não é uma acumulação de peças individuais, é antes um todo onde o valor de cada parte depende da sua relação com todas as outras partes, e qualquer alteração local afetará o conjunto. O percepto não é uma cópia geométrica dos estímulos expressos mediante a retina, mas um conjunto de relações ordenadas, ou Gestalten (Wertheimer, 1922; em Ellis).

«Today, creative artists have three tasks to accomplish if the language of vision is to be made a potent factor in reshaping our lives. They must learn and apply the laws of plastic organization needed for the re-establishing of the created image on healthy basis. They must make terms with contemporary spatial experiences to learn to utilize the visual representation of contemporary space-time events. Finally, they must release the reserves of creative imagination and organize them into dynamic idioms, that is, develop a contemporary dynamic iconography.» (Kepes, 1944, p.14).

Autores como Lupton (1988), Bacelar (1998), ou Molina (2001), são unânimes ao considerar a “*Linguagem da Visão*”, de Gyorgy Kepes como modelo para o ensino dos princípios básicos do design. Depois da publicação da obra de Kepes em 1944, outros autores produziram publicações especializadas, essenciais ao desenvolvimento de uma teoria do design: Paul Rand, “*Thoughts on Design*” (1946); Laszlo Moholy-Nagy, “*Vision in Motion*” (1947); Rudolf Arnheim, “*Arte e Percepção Visual*” (1954) e Donis Dondis, “*Sintaxe da Comunicação Visual*” (1973).

Bacelar (1998), observa:

«As teorias estéticas baseadas na percepção favorecem o factor sensorial, negligenciando o intelecto, sobrepondo a visão à leitura, a universalidade às diferenças culturais, o instantâneo à mediação. A pedagogia do design, partindo das teorias da percepção como instrumento de criação de imagens, pressupõe a faculdade de uma linguagem perceptiva universal, comum a todos os seres humanos, em todos os tempos e

⁴⁷ Kepes, G. (1944), *Language of vision*, Chicago, P. Theobald.

⁴⁸ Depois do encerramento da *New Bauhaus* em 1938, devido a problemas financeiros, Moholy-Nagy reabre-a com o apoio da *Container Corporation of América*, com o nome de *Chicago School of Design*. Em 1944, muda para *Institute of Design*, e em 1949 integra sistema universitário do Illinois Institute of Technology.

em todos os lugares, linguagem essa capaz de ultrapassar qualquer barreira histórica ou cultural.» (Bacelar, 1998, p.2).

Segundo Bonsiepe (1972, p.193), embora o foco principal da Bauhaus fosse a arquitectura, reconhece-se a sua importância na formação de designers de diferentes áreas. As origens, as ideias e os desenvolvimentos no ensino do design, são ainda hoje considerados por várias escolas de design como princípios fundamentais na concepção da educação.

3.4 Desenhos de concepção, com lápis e papel

«Designers are trained to think with a pencil, and they sketch, diagram, doodle, and draw to understand and assimilate new information they find in visual references.» (Gross e E. Do, 1995, p.3).

De acordo com Pipes (2007, p.39), na Modernidade do século XX, o desenho embora fosse tido como um meio necessário e auxiliar ao design, foi perdendo a sua importância. O design regia-se por um princípio fundamental de sistematização, em que *«a forma é sempre uma consequência da função»*. Os designers embora desenhassem não mostravam os seus desenhos. Com o tempo o *desenho do designer* adquiriu um estatuto idêntico aos desenhos dos artistas que vai para além do meio eficaz para representar a tridimensionalidade, comunicar ideias ou vender produtos. A maioria dos designers embora vejam o desenho como “um meio para atingir um fim”, utilizando-o como *ferramenta* de trabalho, têm no acto de desenhar um grande prazer. O designer que desenha, está em vantagem, pois é capaz de exteriorizar ideias e conceitos, de comunicá-los à equipa do projecto, aos responsáveis pela produção e ao cliente. O desenho de concepção deve transmitir informações sobre a complexidade tridimensional das formas, tornando mais acessível a compreensão e utilização do novo produto.

Pipes, considera três funções principais nesses desenhos:

- “ *It is a means of externalizing and analysing thoughts and simplifying multi-faceted problems to make them more understandable.*
- *It is a medium of persuasion that sells ideas to clients, and reassures them that their brief is being satisfied.*
- *It is a method for communicating complete and unambiguous information to those responsible for the product's manufacture, assembly and marketing.*” (Pipes, 2007, p.15).

Purcel e Gero, (1998, p.399) ao questionarem a importância dos desenhos no processo de concepção, constataram que o desenvolvimento de um artefacto físico específico depende da capacidade do designer em aceder a este tipo de conhecimento. Neste sentido, considera-se que o domínio do desenho pode influir directamente na capacidade de resolução do design; pode ter um impacto positivo sobre a qualidade da solução concebida e melhorar a experiência do indivíduo no processo de concepção.

Para Tversky (2002, p.1), os desenhos de concepção, são uma visão de formas e volumes que estabelecem relações com o espaço tridimensional. Quando realizados sobre papel, podem verificar a consistência de uma ideia, sobretudo uma ideia espacial. No design são constituídos por elementos que podem ser combinados para criar uma vasta gama de significados. Estes elementos podem ser representações esquemáticas de formas geométricas bidimensionais cujos significados são de fácil interpretação.

No desenho de concepção, podem ainda identificar-se dois tipos de *transformações*: as *transformações laterais*, que se baseiam no movimento entre várias ideias e ocorrem numa fase inicial do processo de concepção; e as *transformações verticais*, correspondentes à mudança entre uma ideia e uma forma mais detalhada e ocorrem numa fase de refinamento em desenhos mais detalhados (Purcel e Gero, 1998, p.394).

Yi-Luen et al. (2000, p.484), resumem assim as principais valências do desenho na fase de concepção: gerar conceitos; exteriorizar e visualizar problemas; organizar actividade cognitiva;

facilitar a resolução de problemas e a actividade criativa; facilitar a percepção e a tradução de ideias; representar artefactos no mundo real permitindo a sua manipulação racional; rever e aperfeiçoar ideias.

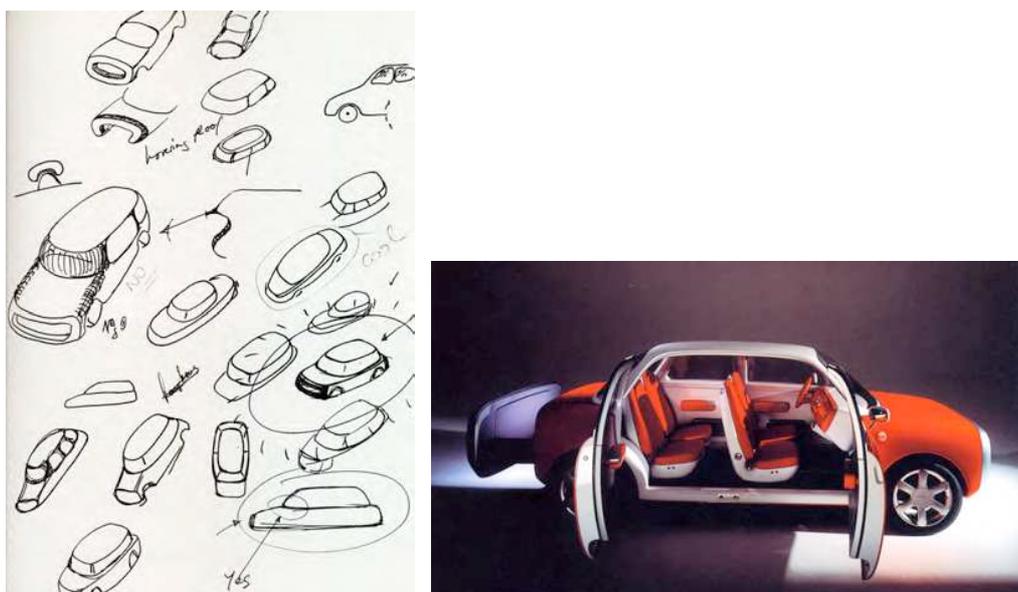


Figura 31 – Esquerda: Marc Newson, esboço da carroçaria do *Ford concept car 021C*, esferográfica sobre papel; Direita: Ford Motor Company, modelo do *concept car 021C*, vista lateral, 1999, Duits, 2003, p.230.

Para o Tokyo Motor Show, realizado em 1999, a Ford Motor Company convidou o designer australiano Marc Newson para desenhar um “concept car” com o objectivo principal de comunicar ideias e aplicações das novas tecnologias. O “021C⁴⁹” foi desenvolvido atendendo aos materiais e às tecnologias modernas para criar um artefacto funcional, eficiente e agradável no transporte de passageiros. Como se observa na figura 31 (esquerda), os primeiros estudos de conceito de Newson foram desenvolvidos a partir de esboços e diagramas realizados à mão com esferográfica sobre papel. Estes desenhos de concepção são realizados para se estudar o design, encontrar e testar ideias, desencadear e desenvolver o processo criativo. Nessa fase são usados diferentes tipos de representações, desde desenhos mais rápidos e livres até desenhos com maior

⁴⁹ Nome atribuído ao projecto, baseado no nome/código do *pantone* da cor laranja utilizada do modelo.

grau de precisão e com a utilização de instrumentos. Os meios de representação tradicionais utilizados por Newson estenderam-se também aos modelos⁵⁰ de barro criados para estudar o espaço real, interior e exterior, do veículo e perceber as relações de luz com superfície da carroçaria. (Duits, 2007, p.230).

3.4.1 Esboço e diagrama do design

Nos estudos realizados por Goel (1995, p.134), em “*Sketches of Thoughts*”, conclui-se que os designers tendem a utilizar esquemas de representação menos estruturados e ambíguos no início do processo, mas com o desenvolvimento do trabalho essas representações vão ficando mais estruturadas.

A palavra "esboço" é utilizada com frequência por vários autores, para se referirem às representações na fase de concepção, sejam elas gráficas /bidimensionais realizadas à mão levantada, modelos de estudo/tridimensionais ou representações virtuais (2D e 3D) auxiliadas por um computador. O esboço será considerado quando representa as principais características de um objecto ou se realiza como um estudo preliminar de um conceito de design.

No âmbito da "construção de representações", considerar-se-á como prioridade o estudo do *esboço bidimensional*, no ponto "construção da tridimensionalidade" abordar-se-ão as outras formas de *esboço tridimensional*.

«esboço: s. m. delineamento inicial de um desenho, de obra de pintura ou de um projecto de arquitectura, onde se indicam somente o conjunto e as divisões principais da obra definitiva; princípio; início; noções gerais; plano; resumo; delineação; bosquejo,

⁵⁰ Os 3 modelos de barro (1 modelo à escala ½ e 2 modelos à escala 1/1), foram realizados à imagem do método utilizado por Harley Earl na criação de modelos tridimensionais para a General Motors nos anos 50 (ver ponto 4.8.2).

debuxo; indicação sumária do conjunto de uma obra e de suas partes.» (Dicionário da Língua Portuguesa).

Goldschmidt (2003), relaciona o aparecimento do *esboço* com o desenvolvimento da impressão comercial verificado no século XV, e consequente utilização do papel pela indústria. O papel de boa qualidade passou a disponibilizar-se a preços acessíveis e como consequência, os artistas e os desenhadores, passaram a utilizá-lo com o propósito de experimentar alternativas através do desenho.

«The desire to experiment, to revise and look for alternatives which the activity of free-hand rapid sketching supported, was of course in perfect harmony with the innovative spirit of the renaissance.» (Goldschmidt, 2003, p.9).



Figura 32 – Karim Rashid, *Liquid chair*, 2005. O esboço mostra algumas tentativas do designer na procura da forma da “*Liquid chair*”, Pipes, 2007, p.112.

Por sua vez Lugth (2005, pp.102-103), faz uma análise a “*Engineering and the mind’s eye*”, de Ferguson (1992)⁵¹, e identifica três tipos de *esboço* utilizados no design: “*the thinking sketch*”, refere-se à utilização do desenho como apoio ao processo de reflexão individual, o esboço acontece como forma de registo não verbal de ideias e pensamentos. “*The talking sketch*”, refere-se à partilha do desenho numa superfície, para que possa ser discutido pelo grupo de trabalho. Por último, “*the prescriptive sketch*” refere-se ao esboço utilizado para comunicar as decisões de design a pessoas que estão fora do processo de concepção.

Existem ainda esboços que podem constituir um meio para *armazenar* ideias, para serem retomadas à posteriori. Designam-se por “*storing sketches*”, e diferenciam-se dos “*prescriptive sketch*” por se destinarem apenas à retenção da informação. A realização do esboço resulta da necessidade de se prever os resultados da síntese ou manipulação de objectos, sem realmente existir a necessidade de execução dessas operações. (Lugth, 2005, p.104)

Sobre a utilização do esboço Goldshmidt (2003, p.11) observa o potencial desta ferramenta no reforço da concepção e do raciocínio na fase conceptual, quando o designer está activamente à procura de ideias e informações que podem ajudar a gerar, ou fortalecer, uma concepção lógica e uma concepção história. O recurso a esboços ou imagens interactivas no desenvolvimento de conceitos de design, tem vantagens em relação à consulta de imagens que tendem a desaparecer rapidamente.

Neste ponto, interessa diferenciar *diagrama* do *esboço* apenas em alguns aspectos formais já que o diagrama se integra na lista de representações produzidas na fase de concepção e confunde-se em muitas situações com outras formas de registo gráfico. O *diagrama* difere do esboço porque contém símbolos; *setas* que indicam direcções ou forças, notas, palavras ou pequenas descrições, é uma representação que não faz uma descrição detalhada de forma ou de escala. Os diagramas são desenhos simplificados utilizados para explorar conceitos, ou relações específicas entre os vários componentes do artefacto. Podem auxiliar o desenhador na análise,

⁵¹ Ferguson, E S (1992), *Engineering and the mind’s eye*, MIT Press, Cambridge, MA.

visualização e identificação de soluções no projecto, ou servir de meio para comunicar com o cliente tomadas de decisões e possíveis alterações do mesmo.

No dicionário de língua portuguesa, «diagrama» significa: *s. m. representação gráfica de determinado fenómeno; bosquejo; delineamento;(...); (Do gr. diágramma, «desenho», pelo lat. Diagramma, «traçado; desenho»).*

Em Barki, diagrama descreve-se por «*representação abstracta de aspectos específicos e particulares de uma situação ou a relação entre dados de um problema exibindo uma descrição ou explicação na forma de uma relação ideal, um aspecto figurativo, uma transformação evolutiva entre outras*». (Barki, 2003, p.121).

Paul Klee no “*Livro dos Esquissos Pedagógicos*” (1925) e Wassily Kandinsky em “*Ponto, e Linha sobre o Plano*” (1926), publicados na Bauhaus, recorreram a diagramas para promover em simultâneo relações espaciais e temporais entre os elementos da composição (Knight, 2004, p.16). Em Moholy-Nagy, e Gyorgy Kepes o conceito de diagrama serviu para caracterizar o próprio processo de desenho, a linha desenhada é o registo do movimento, constituindo assim a base de uma nova “*linguagem*” de visão, um modo de “*escrita*” gerado pela realidade que representa (Lupton, 1988, p.5).

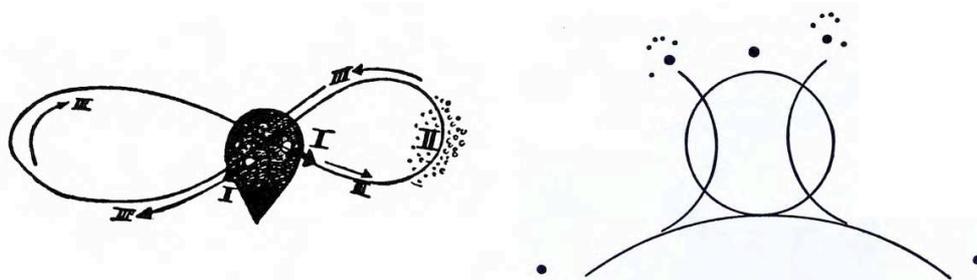


Figura 33 – Esquerda: Paul Klee, representação do “sistema circulatório”, Klee, 1990 p. 120, Direita: Wassily kandinsky, “esquema gráfico do salto”, kandinsky, 1970, p.50.

3.5 Desenho digital - os sistemas CAD do século XX

A definitiva incorporação da tecnologia digital no âmbito da representação nas últimas décadas do século XX, teve uma influência notável no desenvolvimento de novas posturas de criação. Inicialmente estes sistemas de representação foram utilizados para ajudar a manufactura, mais tarde o design funcional e na década de 90 foram adoptados em várias vertentes do design industrial. Os computadores tornaram-se num recurso normalizado em projectos de design, de engenharia, de arquitectura, etc.

Como precedentes desta *revolução digital* estiveram alguns acontecimentos que contribuíram para a integração da tecnologia digital na área da representação e do projecto: Nos anos 60, a companhia aeroespacial *Boeing Company*, utilizou pela primeira vez o termo “computer graphics” na descrição dos seus projectos executados com software CAD - *Computer Aided Design*. Em 1961, Ivan Sutherland apresenta na sua tese de doutoramento o Sketchpad (Man-machine Graphical Communications System); e em 1963 é apresentado como primeiro sistema interactivo para gráficos realizado no (MIT) entre 61-62 por Ivan Sutherland e Timothy Johnson. Entre 1964 e 1969 a General Motors utiliza pela primeira vez os sistemas DAC-1, desenvolvido pela IBM para o design de automóveis, são desenvolvidos vários softwares e hardwares para aplicações gráficas: Tektronix DVST (Direct-View Storage Tube), Synta Vision (primeiro modelador de sólidos comercial).

Nos anos 80, foram introduzidos nos Estados Unidos, o computador pessoal com interface gráfica, as impressoras laser e os aplicativos baseados na linguagem *postscript*. A Apple Macintosh desenvolvia um computador que utilizava um *rato* em conjunto com uma interface gráfica.

Até ao início dos anos 80 a utilização do CAD limitou-se à representação bidimensional (2D), e só a partir da segunda metade dos anos 80, é que surgem os primeiros modelos tridimensionais (3D).

Segundo Barki (2003), a grande difusão do software CAD nos computadores pessoais, constituiu uma revolução na grande indústria, impondo um novo paradigma no projecto e na

produção. Como exemplo deste processo, refere-se ao grande investimento feito pela companhia aeroespacial Boeing para permanecer na vanguarda da produção aeroespacial.

Nos anos 90, esta tecnologia desenvolvia-se em áreas científicas e de entretenimento, a simulação virtual passou a considerar-se como uma nova abordagem na representação, propondo experiências diferentes aos nossos sentidos. Os computadores pessoais tornavam-se mais acessíveis e compactos, e os gabinetes de desenho passaram a adoptá-los como ferramentas de trabalho.

Como refere Ceccarelli (2003, p.17), com a viragem para o século XXI, estes sistemas sofreram mudanças tecnológicas tão significativas que proporcionaram uma simulação da tridimensionalidade através de imagens virtuais de grande qualidade e em três dimensões, capazes de iludir os nossos sentidos pela sua aproximação à realidade. A utilização dos computadores foi substituindo algumas tarefas realizadas manualmente e o domínio do CAD passou a constituir um pré-requisito dos que queriam enveredar pelas áreas de representação. Gradualmente, as ferramentas de desenho digital ficaram mais fáceis de utilizar e aumentaram o potencial de expressão do desenhador.

3.5.1 Funções do CAD

Segundo Gross e Yi-Luen (2004, pp.2-3), os designers na sua actividade ocupam-se com três diferentes tipos de tarefas; utilizam desenhos e modelos para comunicar com outros elementos da equipa de trabalho. Fazem previsões sobre o desenvolvimento e execução do projecto que irão executar. E repartem-se por um conjunto de actividades paralelas ao processo de concepção, procurando gerar novas ideias, testar e avaliar novas alternativas do design, comunicar com os colegas e clientes ou tentam desenvolver conceitos básicos segundo a especificidade das propostas.

De forma genérica, podemos considerar três grandes áreas de intervenção dos softwares CAD nas várias fases do projecto de design, e observar a sua vocação para *construir representações* relativas a essa especificidade:

Os sistemas CAD 2D, dispõem de ferramentas de desenho com funções análogas às *ferramentas tradicionais*⁵², utilizadas para auxiliar o desenhador na edição de desenhos técnicos. Observa-se que a representação 2D está otimizada para uma utilização em fases mais avançadas de execução do projecto, é baseada em tarefas gráficas predefinidas que aumentam a rapidez e o rigor da edição.

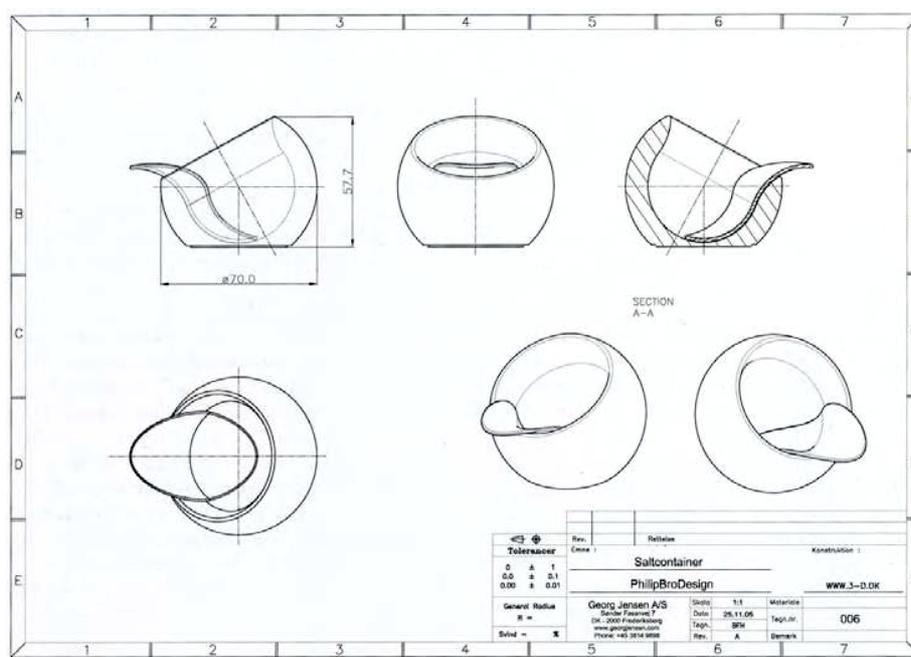


Figura 34 – Philip Bro Ludvigsen for Georg Jensen, Pro/E CAD drawing of a twist salt container, Pipes, 2007, p.34.

Os sistemas CAD 3D, são utilizados na representação de modelos tridimensionais (3D), e baseiam-se numa grande variedade de métodos matemáticos construtivos, permitindo ao desenhador diferentes abordagens da forma e um melhor entendimento do objecto real através

⁵² Estirador, régua, régua T, esquadro, papel milimétrico, etc.

da sua visualização. Os modelos 3D, podem ser rodados em qualquer eixo, à imagem das possibilidades de rotação de um objecto real manuseado pelas nossas mãos. Estes modelos podem ainda ser partilhados por várias áreas de simulação, onde são testadas várias especificações do artefacto: dimensões, resistência, funcionalidade ou fabricar-se protótipos usando os sistemas de prototipagem rápida (ver ponto 4.4).



Figura 35 – Esquerda: David Goodwin, modelo 3D realizado com o software *Rhinceros*; Centro: modelo de resina epoxídica realizado por stereolitografia; Direita: anel acabado em ouro. Pipes, 2007, p.107.

Os sistemas de realidade virtual (VR), foram desenvolvidos à imagem da realidade física, proporcionando uma experiência de navegação e observação de um espaço tridimensional virtual e em tempo real. Os equipamentos de RV simulam uma condição onde o *navegador* existe em três dimensões e possui a capacidade de visualizar e interagir com o espaço e os objectos ao seu redor. O termo Realidade Virtual é creditado a Jaron Lanier, fundador da VPL Research Inc., que o cunhou, no início dos anos 80, para diferenciar as simulações tradicionais feitas por computador de simulações envolvendo múltiplos utilizadores num ambiente compartilhado.

Segundo Ye et al. (2005, p.78), a realidade virtual (VR) emergiu nas últimas décadas como uma tecnologia de computação gráfica 3D capaz de criar réplicas de ambientes reais e funcionais através de múltiplos canais sensoriais.

Hasdogan, em 1996, numa antevisão das possibilidades da RV, refere-se ao “*virtual reality kit*” para antecipar uma interação com um produto de design pelo contacto físico do objecto

criado em computador através do uso de um *data-glove*⁵³. Refere ainda a possibilidade de utilizar a realidade virtual para criar condições de utilização diferentes do designer, no sentido de se aproximar da experiência de outros e diferentes utilizadores, e criar um meio eficaz para antecipar necessidades específicas (Hasdogan, 1996, p.29).



Figura 36 - Designers da Mercedes experimentam um 3-D virtual do interior de um automóvel através de “Design Cave” (Computer Aided Virtual Environment), Mercedes-Benz Design Center.

<http://www.emercedesbenz.com/Apr06/18DesignOfThe2007MercedesSClass.html>

3.6 Desenho, analógico ou CAD?

«É verdade que o desenho, assistido, automatizado ou aumentado, tal como o desenho convencional, permite a representação e a experiência de ideias e imagens de carácter gráfico, pictórico. Porém, não é menos verdade que estas ideias e imagens não resultam, na verdade, de nenhum registo em nenhuma superfície, de nenhuma linha, de

⁵³ É uma luva equipada com sensores que detectam os movimentos reais da mão do utilizador, traduzindo-os em informação digital para a manipulação de objectos em ambientes de realidade virtual.

nenhumas manchas. Ora, este facto, tão simples quanto óbvio: o da redefinição do conceito de desenho.» (Lisboa, 1995, p.20).

Já pudemos observar que o desenho manual, é na fase de concepção, um meio de representação flexível e fluido, que permite ao desenhador explorar livre e rapidamente as suas ideias, neste contexto, vários autores encontram vantagens na utilização do desenho manual no design. Em Dorta (2006), observa-se a importância da interface *caneta e papel* como meio de representação mais directo, mais rápido, mais intuitivo e mais fácil do que o computador na fase de concepção. As representações realizadas por computadores são mais lentas do que a imaginação humana, exigem um rigor e definição que podem comprometer a actividade criativa. Com o CAD é necessário aprender o novo sistema, e uma nova metodologia que utiliza menus e comandos lógicos combinados em acções estruturadas com o teclado e rato do computador. O desenhador terá que criar critérios para dominar todo o conhecimento base das representações do desenho técnico (interpretação de vistas, tratamento de superfícies, etc.).

Sobre a utilização do CAD o designer Marc Newson explica:

«I don't design on a computer: never have, never will," (...) "I always have an idea in my head and it goes into a sketchbook. All I do on the computer is join the dots. It's a great tool for verification but there's no way that seeing something on a computer will ever be as good as actually seeing and touching it.»
<http://www.designmuseum.org/design/marc-newson>

Nesta comparação observa-se que a linguagem informática é demasiado complexa para reagir aos *movimentos da imaginação*. O computador possui poucos meios para competir com o desenho na fase de concepção; na pesquisa gráfica, na discussão e na sugestão de novas soluções (Otxotorena, 1996, p.104). Na fase de concepção, o designer procura gerar e manipular formas em bruto para encontrar rapidamente novas alternativas do design. Essa necessidade de criar imagens vagas de carácter provisório, favorece a utilização dos meios analógicos, mais

vocacionados para o trabalho de procura mais intuitivo. Neste contexto, a utilização do computador pode comprometer o processo cognitivo (Pham, 1995, p.18).

No que se refere ao CAD, constata-se que a sua utilização não está focalizada para a fase de concepção em que se utilizam esboços e diagramas, estas ferramentas são direccionadas principalmente à modelação 3D e à realização de desenhos mais técnicos de carácter geométrico.

O computador pode ser uma ferramenta dispensável quando se trabalham conceitos e se clarificam ideias, mas gradualmente revela possibilidades quando integrado num ambiente de trabalho mais artesanal, as ferramentas digitais tornaram-se num apoio importante aos meios utilizados pelos designers, para criar, editar, ver e rever as suas ideias. Neste contexto, vários autores são unânimes em atribuir muitas vantagens na utilização dos sistemas CAD.

De Luca e Nardini (2002), observam que o desenvolvimento do projecto realizado com os meios analógicos é bem diferente do que utiliza o CAD. Segundo os autores, a representação com os meios digitais torna mais versátil a forma como se gerem as necessidades do design, permitindo uma melhor organização e rentabilização do trabalho. Quando os desenhos são gerados em computador, podem ser modificados, armazenados, reproduzidos e partilhados digitalmente, ou simplesmente, impressos a partir de um dispositivo de impressão conectado. As operações são visualizadas num monitor capaz de reproduzir fielmente, e em tempo real, todas as ordens do utilizador. Com o CAD, o desenhador pode alterar os desenhos sem necessidade de apagar ou redesenhar. Pode *copiar, mover, rodar, ampliar*, certos aspectos do desenho, como funções idênticas à objectiva de uma câmara fotográfica (Luca e Nardini, 2002, p.9).

A grande diferença entre os dois sistemas, reside no modo como se faz a aproximação à forma, o CAD ao utilizar um controlo matemático sobre as superfícies permite um maior domínio sobre a forma. Os desenhadores podem experimentar novas alternativas no desenho, salvaguardando sempre a possibilidade de recuar sempre que necessitem. No desenho digital a

máquina confere rigor na construção, abrindo sempre novas possibilidades na correcção e legibilidade dos desenhos. A representação com sistemas CAD, oferece ainda uma série de vantagens em relação a elaboração de métodos e instrumentos tradicionais que utilizam régua, esquadros, compassos etc. (Pipes, 1989, p.138).

Na visualização de objectos, o CAD caracteriza-se por uma ampla variedade de representações, permite o teste por simulação em condições reais, os desenhos podem realizar-se em duas dimensões ou simular a terceira dimensão, os objectos podem ser visualizados no seu todo, através das faces externas e internas. Embora esta visualização esteja sempre dependente da simulação dum ponto de vista, as possibilidades para aceder a outros ângulos de observação estão sempre disponíveis. A quantidade de parâmetros disponíveis nos sistemas CAD permitem ainda, um recurso a sistemas de visualização baseados em soluções fotorrealistas de formas, materiais, texturas e condições de luz específicas, essenciais em fases de apresentação.

«(...), a realidade do objecto não se esgota nas três dimensões da perspectiva; para possuí-la integralmente eu deveria fazer um número infinito de perspectivas dos infinitos pontos de vista. Existe, pois, outro elemento além das três dimensões tradicionais, e é precisamente a deslocação sucessiva do ângulo visual.» (Zevi, 1978, p.21).

Como observam De Luca e Nardini (2002), estes sistemas, introduziram nos últimos anos, uma nova linguagem, transversal, compreensível a toda equipa do projecto, facilitando a comunicação entre designers, engenheiros e operadores.

«The spread of new technical possibilities offered by the use of the computer in design has opened the way over the past thirty years for new directions in design; unforeseeable (and impossible) without the help for electronic instruments.» (De Luca e Nardini, 2002, p.10).

3.7 Síntese do capítulo

Neste capítulo, demonstrou-se que a importância da utilização do desenho como meio de representação foi muito para além da possibilidade instrumental para representar em três dimensões. Com o Renascimento italiano o desenho distinguiu-se como o instrumento privilegiado para a resolução de problemas técnicos solicitados por obras de arquitectura de maior complexidade. Entre os séculos XVII e XVIII, o desenho submeteu-se às exigências da indústria, para se transformar no principal recurso de comunicação entre os vários intervenientes do processo de produção, sistematizou-se a partir do desenvolvimento da geometria analítica e contribui com o seu lado prático e utilitário, para o seu aperfeiçoamento. Numa análise dos modelos formulados por Johann Pestalozzi e Friedrich Froebel, observaram-se fortes influências sobre as teorias modernas da didáctica do desenho, e constatou-se também que serviram de referência a outros educadores que desenvolveram novas teorias para aplicar a níveis superiores de educação. De Pestalozzi identificou-se o primeiro método prático do ensino da disciplina, baseado em exercícios de manualidade e observação, como processo elementar no domínio da tridimensionalidade. De Froebel considerou-se a criação do modelo de pré-educação artística que influenciaria a plástica do Século XX.

Ainda no âmbito da educação, caracterizaram-se os princípios fundamentais na concepção da educação na Bauhaus, com foco principal aos métodos de ensino do desenho, praticados por alguns dos seus professores: considerou-se a importância ao estudo da cor e harmonia, da forma, e a dinâmica dos materiais, como incentivo aos estudantes para desenvolverem os sentidos e apurarem a análise semiótica; observou-se a eficácia do “*desenho ao vivo*” como um meio para analisar a mecânica do corpo humano; identificaram-se as propostas do processo analítico para uma sistematização científica no ensino do desenho.

Neste estudo, proporcionou-se uma visão geral sobre investigação e desenvolvimentos relevantes, nos domínios do desenho analógico e do CAD, abrindo a discussão sobre as vantagens e desvantagens destes meios nas várias fases do projecto, e permitindo a constatação

de que a utilização de computadores tem aberto um novo caminho para a inovação e o desenvolvimento.

4 A construção da tridimensionalidade

«...Os operadores visuais, como tendem a ser designados estão constantemente a modificar as suas técnicas de trabalho, os materiais e os meios tradicionais da arte visual são postos em causa enquanto novos materiais e meios vão sendo experimentados com o fim de se lhes conceder as possibilidades de emprego.» (Munari, 1971, p.7).

Este capítulo apresenta um estudo comparativo sobre a utilidade das maquetas, modelos e protótipos, analógicos e digitais, físicos e virtuais, considerando as solicitações conceptuais, formais e funcionais do Design.

Que função desempenham os modelos tridimensionais físicos - analógicos na representação e desenvolvimento de novos artefactos?

Que função desempenham, os modelos tridimensionais virtuais - digitais no desenvolvimento de novos artefactos?

4.1 Modelo e maqueta

Os modelos tridimensionais físicos, são meios de representação utilizados em várias fases do design, não só como auxiliares ao desenvolvimento do projecto, mas como peças fundamentais na concepção de artefactos tridimensionais.

A utilização de maquetas, modelos e protótipos no design complementa a utilização de outros meios de representação, já referidos, e contribuem para o estudo e definição de vários requisitos⁵⁴ do novo artefacto.

⁵⁴ Forma, cor, textura, conceito, estética, função, propriedades físicas diversas.

No dicionário “*maqueta*” define-se por: «*esboço em escala de redução, ou miniatura de obra de arte plástica, geralmente modelado em barro, gesso ou cera (do it. “macchietta”, «pequena mancha; maqueta» maqueta» pelo fr. “maquette”*).

A *maqueta* está normalmente associada à representação volumétrica numa forma tridimensional em escala reduzida, criada como estudo preparatório de formas e volumes, ou como simples reprodução de uma construção ou objecto de maior escala.

Segundo Molina (2005), a palavra *maqueta* só se utiliza na prática a partir do século XX. Embora o termo se tenha expandido a várias áreas de investigação como a arquitectura, a escultura, a pintura, a música, a engenharia, o design, etc., a sua origem deriva do termo “*modelo*” utilizado na arquitectura do século XVI.

Molina ao citar o *Dicionário de Covarrubias*, escrito em 1611, define “*modelo*” por:

«*Latine exemplar vel archetypus, como para hacer una torre o otro edificio el artifice. Armase toda aquella fábrica abreviada en una pieza pequeña, que della a la principal no huviesse mas diferencia que sólo el tamaño, o al revés, si de un gran edificio quisiesse hazer el dicho modelo.*» (Molina, 2005, p.402).

Actualmente, “*modelo*” define-se por: «*Imagem ou desenho que representa o objecto que se quer reproduzir esculpindo, pintando ou desenhando (...)*». Embora o termo tenha sido amplamente referenciado pelos artistas e arquitectos do Renascimento, numa ou noutra ocasião, terão referido “*norma*” pelo mesmo significado: «*E giunto colla sua norma in mano...neanche la norma del disegno ha la lui data...*». (Filarete citado por Molina, 2005, p.402).

Algumas fontes revelam também que a utilização de modelos tridimensionais com a intenção de reproduzir ou preparar uma forma tridimensional, remonta a alguns milhares de anos. Em tempos a utilização de maquetas e modelos à escala, constituiu uma técnica para preparar a execução de peças de escultura e obras arquitectónicas.



Figura 37 – Esquerda: modelo de celeiro descoberto no túmulo de Meketre⁵⁵; Direita: *escribas* utilizados no modelo, Metropolitan Museum of Art, 2000. http://www.metmuseum.org/toah/ho/03/afe/ho_20.3.11.htm

Do Antigo Egito conhecem-se réplicas tridimensionais em escala reduzida de celeiros, jardins, padarias etc., que se colocavam no interior dos túmulos para garantir a continuidade do *modo de vida do defunto* na terra. Estes modelos, faziam acreditar nas qualidades mágicas para controlar a natureza, e reflectiam a grande preocupação dos egípcios na vida para além da morte (Smith, 2004).

Da Grécia, conhece-se o termo “*paradeigma*” (figura 38, esquerda), para designar um modelo tridimensional em escala 1:1, construído em madeira, pedra, estuque ou barro. Utilizavam-se para estudar detalhes (pintados ou esculpidos) de elementos arquitectónicos de *triglifos* ou *capitéis* (Smith, 2004).

Rozestraten (2003), observa que durante o período helenístico os gregos introduziram uma tipologia de modelo tridimensional reduzido com características de *edificação-cenário* (figura 39, direita). À semelhança dos cenários reais, podiam encontrar-se elementos arquitectónicos genéricos, como: colunas, frontões, portas, etc. Com o tempo, estes modelos tornaram-se numa referência importante para outras formas de representação, as suas

⁵⁵ Meketre foi chanceler e mordomo-mor durante o reinado de Mentuhotep II e III.

características espaciais e artísticas podem encontrar-se em representações tridimensionais específicas de cenografias para teatro e cenários miniatura, e as casas de bonecas (...).

Smith (2004, p.15) na análise que faz ao *Livro Décimo*⁵⁶ de Vitruvius sobre a passagem Callias por Rhodes para apresentação de um modelo de fortificação, identifica três questões importantes no que se refere à função dos modelos tridimensionais à escala utilizados pelos romanos: os modelos de pequena escala utilizavam-se como objectos de persuasão; permitiam que uma população inexperiente em arquitectura pudesse visualizar facilmente a especificidade da construção ou mecanismo de grande escala, e em terceiro lugar, a apresentação do modelo reduzido funcionava como *mecanismo de concessão* do arquitecto para que a população pudesse perceber a sua aplicação futura.

Depois do comentário à apresentação de Callias, Vitruvius estabelece algumas diferenças entre a representação através do modelo e a construção real:

«Com efeito, nem tudo pode ser feito segundo os mesmos procedimentos, mas há outros, no entanto, que com modelos não muito grandes dão uma ideia do efeito semelhante ao produzido em dimensões reais, e ainda outros que não admitem modelos (reduzidos), mas que funcionam executados normalmente; há alguns, por outro lado, que vistos em modelo parecem exequíveis, mas que ao passarem para a verdadeira grandeza mostram-se impraticáveis... Assim parece acontecer com alguns modelos. Como as coisas parecem se dar para o que é muito pequeno, não ocorre do mesmo modo para o que é maior.» (Polião⁵⁷, 1999, p.243, citado por Rozestraten, 2003, p.216).

⁵⁶No capítulo X deste livro Vitruvius trata principalmente de máquinas de guerra.

⁵⁷ Polião, M. V., 1999, *Da Architectura*. Tradução de Marco Aurélio Lagonegro. São Paulo: Hucitec, Fupam, 1999.



Figura 38 – Esquerda: *Paradeigma* de capitel do Thódos de Policleto o jovem, Epidauro, Grécia IV a.C. Modelo em mármore em escala 1:1 como um protótipo para a série de capiteis do edifício; Direita: Modelo de cenário, século II a.C. Nápoles, Rosestraten, 2003, pp.178-198.

Supõe-se que durante a Idade Média também se utilizaram modelos em várias fases da construção dos edifícios e catedrais, mas foi sobretudo a partir do Renascimento que os modelos tridimensionais em escalas reduzidas se destacaram na preparação e apresentação de projectos de grande escala.



Figura 39 – Esquerda: Maqueta em madeira para o lanternim da Igreja de Santa Maria del Fiori; Cento: Maqueta em madeira para a cúpula da Igreja de Santa Maria del Fiori, Direita: Maqueta em madeira para a fachada da Igreja de Santa Maria del Fiori, Smith, 2004, pp.18-19.

Segundo Cerkez (1999, p. 23), Brunelleschi e Alberti utilizaram modelos de pedra e madeira para conferirem uma descrição visual mais detalhada do projecto; Donatello realizou um grande modelo de pedra para a construção da cúpula de Santa María del Fiore da catedral de Florença; Giuliano Sangallo para o palácio Strozzi; Francesco Di Giorgio para a igreja de Crotona e muitos outros foram utilizados na Catedral de S. Pedro. Brunelleschi, em 1418, na apresentação da sua proposta ao concurso para a construção da cúpula da Catedral de Florença – Santa Maria del Fiore, realizou uma maquete de alvenaria para estudar e demonstrar o sistema construtivo. Para o mesmo concurso, construiu ainda outras maquetas em madeira da cúpula e do lanternim.

Do mesmo modo, Miguel Ângelo, depois de consolidar a sua fama como pintor e escultor revelou as suas potencialidades como arquitecto. Miguel Ângelo fazia frequentemente esboços em papel, desenhava directamente nas paredes e no chão da obra e construía modelos tridimensionais para comunicar com os seus colaboradores. Deste modo, os seus assistentes não tinham necessidade de recorrer a desenhos de pormenor muito detalhados, já que o envolvimento que tinham com os trabalhos fazia com que muitas decisões fossem tomadas no local da construção.

Segundo Wittkower (2001), os modelos⁵⁸ de barro e cera criados por Miguel Ângelo na preparação das suas esculturas em mármore, tinham a função de esclarecer e consolidar ideias, e podiam ser consultados sempre que necessário. «(...)com eles surge uma nova categoria na história da escultura moderna: a da ágil e rápida anotação de uma ideia em forma tridimensional.» (Wittkower, 2001, p.130).

⁵⁸ Também designados por “*esbocetos*”.



Figura 40 – Esquerda: Miguel Ângelo, modelo de cera em escala reduzida para o “Escravo Jovem”, 1520, Wittkower, 2001, p.131; Direita: Miguel Ângelo, “Escravo Jovem”, mármore inacabado, 271cm, 1530-1533, Sala, 2001, p.172.

Como refere Pipes (1989), a postura do artista renascentista ou do designer contemporâneo são em parte muito semelhantes: o artista depois de receber as instruções do cliente recorria ao esboço bidimensional como forma de exteriorizar e clarificar algumas ideias. Estes primeiros esboços realizados a tinta ou carvão dariam lugar aos primeiros estudos tridimensionais, em alguns casos decisivos para a continuidade do trabalho. A elaboração de maquetas e outros modelos tridimensionais na escultura e arquitectura, representava a materialização de uma simples ideia, ou de um projecto num concurso ou na adjudicação de uma obra.

Actualmente o design industrial utiliza o termo “modelo” para uma abordagem mais generalizada da representação tridimensional volumétrica. Os modelos são utilizados no processo de concepção para avaliar ideias e estudar vários aspectos do projecto, para provar ou avaliar a sua viabilidade técnica, para comunicar o projecto ao cliente, na visualização e na apresentação do produto aos utilizadores para avaliação. A sua forma e o conteúdo variam assim

com o grau de exigência das várias fases do projecto. Dependendo dos objectivos e experiência do designer, os modelos podem ainda variar o seu grau de perfeição, o nível de acabamento, e os meios utilizados na sua execução. Podem apresentar soluções internas ao grupo de trabalho, auxiliar a verificação de alguns aspectos funcionais, ou resolver questões de natureza externa, no diálogo com os peritos sobre problemas específicos (Ceccarelli, 2002).

Yang (2005, p.651), ao citar Ullman (2003)⁵⁹ identifica quatro classes de modelos tridimensionais orientados à sua função e etapa no desenvolvimento do produto:

- *a proof-of-concept prototype*: usado na primeira fase do design;
- *a proof-of-product prototype*: usado para clarificar aspectos físicos do design;
- *a proof-of-process prototype*: mostra os métodos de produção e os materiais que podem resultar no produto desejado;
- *a proof-of-production prototype*: demonstra que o processo de manufactura é efectivo.

«Eso sí, hay modelos y modelos: los hay más rigurosos y fieles y más expresivos y vagos, más objetivos o descriptivos y más ‘subjetivos’ e intencionales.» (Otxotorena, 1996, p.117).

4.2 O modelo como esboço tridimensional

«Many key people work between both sets of skills: architects like Frank Gehry and designers like Ron Arad and Marc Newson extensively use computer modelling programs and their direct links to manufacturing centres, but consistently start with a physically drawn or handmade prototype model to develop their ideas.» (Cochrane, 2004, p.6).

⁵⁹ Ullman, D G (2003) The mechanical design process, McGraw-Hill, New York, NY.

Como observado em 3.3.3, o recurso ao esboço bidimensional é normalmente uma forma de estudo rápida e económica, no entanto, a concepção de artefactos tridimensionais pode implicar como primeira abordagem um estudo a partir de modelos físicos, ou seja, *da maquete para o desenho*. Nesta abordagem o designer utiliza livremente os meios disponíveis para desenvolver as suas ideias, para se comunicar com outros designers e decidir sobre aspectos determinantes das restantes etapas do processo. Os esboços tridimensionais à semelhança dos desenhos, são meios de representação utilizados para definir elementos decisivos na concepção, sem necessidade da materialização do produto em escala real e nos materiais definitivos. Em áreas com uma forte componente de projecto utilizam-se com frequência no apoio às decisões, facilitando a comunicação entre os vários elementos do projecto (Cochrane 2004, p.6).

Os *modelos* são elementos importantes na tradução de informação bidimensional num formato que permite ao designer outra compreensão da relação entre os vários componentes e a forma do novo produto. Os esboços tridimensionais baseiam-se na espontaneidade, na facilidade de materialização e na rapidez na alteração de uma composição. Permitem acrescentar, retirar e organizar elementos no processo de construção tridimensional. Apesar de utilizarem materiais⁶⁰ económicos e ferramentas⁶¹ básicas, fáceis de manipular, o resultado que deles se obtém pode ser decisivo no desenvolvimento do novo produto (Cecarelli, 2003).

Na *fase conceptual*, os designers não ambicionam representações do produto final, utilizam modelos para demonstrar ideias, conceitos e eventualmente a sugestão do seu funcionamento. Através deles, poderão descobrir áreas que necessitam ser melhoradas e implementar mudanças inesperadas de falhas que não foram detectadas na idealização ou nos estudos bidimensionais realizados.

⁶⁰ Barro, plástico, madeira, papel, cartão, tecido, etc.

⁶¹ Tesouras, x-actos, colas, fitas, etc.



Figura 41 – Mario Bellini, 1-3: desenvolvimento da forma base da máquina de escrever portátil; 4-7: desenvolvimento de uma ideia, 8-10: desenvolvimento da solução definitiva; 11: modelo tridimensional em madeira da ETP 55 (1985-1987); 12: máquina de escrever portátil, Olivetti, ETP 55 (1987), plástico e metal. Duits, 2003, pp. 198-201.

Como exemplo Kim e Lee (2007), analisam os esboços tridimensionais de Mario Bellini⁶², da máquina de escrever portátil ETP 55 (figura 41), e observam a importância da utilização de elementos básicos como círculos, linhas e rectângulos, na obtenção de resultados práticos do design. «*Understanding the role of intuitive imagination in sketch can assure that the process of form is implemented in product design.*» (Kim e Lee, 2007, p.14).

⁶² Em 1985 o arquitecto Mario Bellini foi incumbido pela Olivetti para desenhar a máquina de escrever ETP 55, para substituição da *Praxis 20*, lançada no mercado três anos antes. A nova máquina deveria ser mais barata, mais leve e mais pequena, com design actual e utilizando a tecnologia mais avançada.

4.3 À escala do real, protótipos

O Protótipo define-se por: *primeiro tipo; padrão; exemplar; modelo; (Do gr. protótypos, pelo lat. prototypu-). O protótipo é uma representação original, utilizada normalmente como modelo do novo produto ou uma nova versão de um produto já existente. São modelos tridimensionais de pré-produção que permitem uma avaliação final antes da sua produção em série.*

Segundo Dorta (2006, p.133), um factor determinante na distinção entre os modelos do design e as maquetas de outras áreas de representação, está relacionado com a utilização da escala real no processo de simulação formal e funcional. Quando o protótipo não tem o propósito de antecipar o sistema de funcionamento do produto final mas somente a forma em escala real do produto final designa-se por (mock-up). No design industrial constroem-se modelos físicos em verdadeira grandeza para permitir uma acção directa sobre o modelo e confirmar resultados analisados previamente em modelos de diferentes escala.

Os protótipos podem ainda ser colocados à disposição dos clientes e utilizadores para melhor compreensão e participação na avaliação da proposta do novo produto. Deste modo, permitem uma observação sobre o comportamento e reacção dos utilizadores numa antecipação ao produto final.

4.4 Prototipagem Rápida, do virtual para o real

Segundo Pipes (2007, p.101), se no passado a construção da tridimensionalidade passou pelo domínio dos meios de representação manuais – analógicos, com a introdução dos sistemas digitais abriram-se novas possibilidades na abordagem da construção.

Considerando a análise de Ceccarelli (2003, p.17), observa-se que a evolução dos meios de representação digitais *introduziram uma mudança significativa* nas várias fases do design; os modelos digitais passaram a utilizar-se no *styling*, na *comunicação das alterações do design*, na engenharia, na apresentação do produto no desenvolvimento de ferramentas de produção. E

gradualmente tornaram-se num *pivô*, em torno do qual se desenvolve o projecto.

A prototipagem rápida (*rapid prototyping – RP*), foi inventada em meados dos anos 80 e define-se por um conjunto de processos⁶³ tecnológicos que permitem fabricar protótipos físicos tridimensionais directamente a partir de protótipos virtuais CAD gerados em computador. A prototipagem rápida está associada ao processo de fabrico digital (digital fabrication - DF), utilizada pelos designers na concepção e os sistemas CAD/CAM para a construção (ver ponto 4.5). Estes sistemas operam a partir de dispositivos CNC⁶⁴ que transformam a informação digital em construções tridimensionais reais, possibilitando uma produção rápida de modelos. Neste contexto, podem utilizar-se com diferentes propósitos nas várias fases do desenvolvimento de produtos industriais: na demonstração de conceitos, no teste e simulação de formas e na visualização e discussão do projecto (Sass, 2005, p.328).

Segundo Gorni (2001, p.230), estes sistemas quando comparados com os processos “tradicional” de prototipagem, oferecem vantagens significativas em diversas aplicações; permitem criar protótipos mais complexos, com maior rapidez⁶⁵ e a custos inferiores. Neste sentido, a *Prototipagem Rápida* pode substituir alguns protótipos físicos construídos somente com recursos dispendiosos de ferramentas e pessoal especializado.

Na opinião de Sass (2005), o grande desenvolvimento destas tecnologias, caminhou a par da rápida evolução do software, proporcionando um crescimento em qualidade das

⁶³ A Prototipagem Rápida utiliza vários processos para a produção de modelos tridimensionais são eles: Stereolithography (SLA), Laminated Object Manufacturing (LOM), Selective Laser Sintering (SLS), Fused Deposition Modeling (FDM), Solid Ground Curing (SGC), Multi Jet Modeling (MJT); Ballistic Particle Manufacturing (BPM), Laser Engineered Net Shaping (LENS), Vazamento a vácuo, Moldagem por Injecção.

⁶⁴ O CNC (Computer Numeric Control), permite o controlo simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escrita num código específico (código G). Na década de 1940 foi desenvolvido o NC (Numeric Control) que evoluiu posteriormente para o CNC. A utilização de CNC permite a produção de peças complexas com grande precisão, especialmente quando associado a programas de CAD/CAM.

⁶⁵ A Prototipagem Rápida permite uma economia de 70% a 90% no tempo gasto na produção dos modelos.

representações físicas. Actualmente, os sistemas de Prototipagem Rápida podem acelerar o desenvolvimento de projectos de formas e espaços cada vez mais complexos e com maior precisão, conferindo maior tangibilidade entre a forma do protótipo e o objecto, (embora o peso e outras propriedades possam ser de difíceis de perceber pela não utilização do material definitivo).

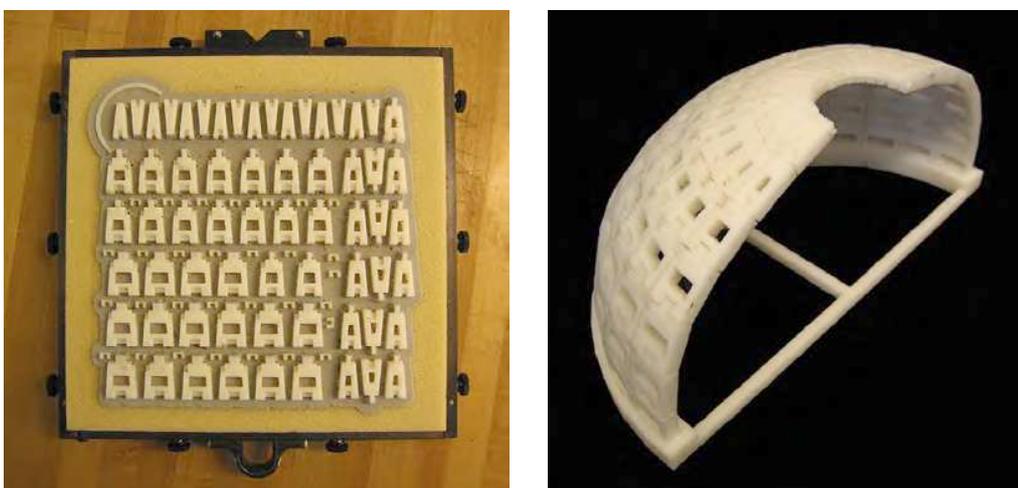


Figura 42 – Esquerda: FDM (Fuse Deposition Modeling), componentes 3D para montagem da cúpula; Direita: Modelo construído por *assemblage* das peças realizadas por FDM, Sass, 2006, p.350.

Gorni (2001, p.230), identifica as etapas principais nos processos de prototipagem rápida: depois de criado o modelo CAD 3D, os arquivos convertem-se no formato SLT (utilizado na estereolitografia), para ser importados em qualquer das máquinas já mencionadas. Segue-se o *fatiamento* do arquivo STL em finas camadas transversais e a construção física do modelo, empilhando-se as várias camadas. O processo é concluído com a limpeza e acabamento do protótipo.

4.5 CAD CAM

Quando o CAD utiliza uma tecnologia para auxiliar a manufactura, designa-se por CAM (Computer Aided Manufacturing). Os sistemas CAM estão associados ao controlo numérico por computador (CNC) ou a sistemas de controlo numérico directo (DNC). Estes sistemas diferem das mais antigas formas de controlo numérico (NC), em que os dados geométricos são codificados mecanicamente.

Os sistemas CAM actuais realizam a programação de vários processos de usinagem⁶⁶ CNC a partir do modelo CAD gerado em computador, para controlar o fabrico de produtos e objectos feitos de metal, plástico, madeira e outros materiais.

Desta relação entre os sistemas *Computer Aided Design (CAD)* e *Computer Aided Manufacturing (CAM)*, resulta numa ligação integrada CAD/CAM. Como ambos os sistemas, CAD e CAM, utilizam o computador baseado em métodos de codificação de dados de formas geométricas, os processos de concepção e fabrico podem ser altamente integrados. Na prática os sistemas CAD/CAM funcionam numa sincronia entre um computador ligado a uma ferramenta eléctrica para determinar o melhor processo de manufactura.

Actualmente, vários criadores utilizam a tecnologia CAD/CAM para desenvolver conceitos iniciados por meios convencionais. Um bom exemplo desta actividade é o trabalho de Frank Gehry, cuja concepção de formas complexas passa pela construção de modelos físicos realizados em papel, cartão, madeira e outros materiais. Os desenhos técnicos são realizados mais tarde através de um software paramétrico e técnicas de manufactura CAD/CAM (Sass, 2006, p.327).

4.6 Scan 3D, do real para o virtual

O *scan 3D* ou *digitalização tridimensional*, refere-se ao processo de criar uma malha

⁶⁶ Torneamento, estampagem, perfuração, fresamento.

poligonal num modelo 3D virtual a partir da digitalização da superfície do modelo tridimensional físico. Como exemplo deste processo de “*virtualisation*” D’Adderio (2001), refere-se à digitalização dos modelos de barro dos automóveis para posterior conversão em coordenadas 3D digitais (ver ponto 5). Esta tecnologia permite que a máquina faça uma leitura da superfície do modelo de barro para posteriores correcções no computador.

No passado, grandes marcas de automóveis como a Volkswagen começaram por utilizar scanners manuais na digitalização dos modelos de barro. O problema desta abordagem é que o operador tinha que mover a sonda para gerar um número limitado de pontos nos modelos de barro, e conseqüente falta de detalhes no modelo CAD. Por outro lado, a precisão de cada ponto dependia da habilidade do operador durante a medição, na manipulação da sonda no contacto com o modelo de barro. Actualmente, existem sistemas de digitalização por varredura a laser capazes de sondar a superfície do objecto à velocidade da luz para adquirir milhões de coordenadas X, Y, Z e criar superfícies digitais mais detalhadas no modelo 3D.



Figura 43 – Esquerda: Digitalização de um modelo tridimensional para recolha de dados da superfície, NVision Inc, 2004, <http://www.qualitymag.com/Articles>; Direita: Viuscan Laser Scanner, http://www.metronom.com.au/3dlaser_scanner/viuscan.html.

O scanner de laser mede com rapidez grandes superfícies e gera um grande número de pontos sem necessidade de moldes ou acessórios, como não utiliza uma sonda, não precisa de

tocar fisicamente o objecto. Com este sistema é possível realizar uma medição de geometrias mais complexas, eliminando assim alguns problemas verificados com sistemas anteriores baseados na medição por pontos. O grau de detalhe scanner de laser proporciona assim a construção de modelos mais realistas e uma antevisão muito aproximada do produto final.

Segundo Docci (2003, p.8), os processos de aquisição tridimensional realizados com Laser Scanner 3D alteraram profundamente a metodologia do projecto, permitindo uma ligação impensável até poucos anos atrás entre o modelo físico e o projecto.

4.7 Modelos híbridos

Com a introdução dos scanners 3d os modelos tridimensionais físicos puderam tornar-se em mediadores de coordenadas 3D.

Em Dorta (2006, p.135), os *modelos híbridos* são referenciados quando o trabalho do designer se realiza com meios de representação manuais e numéricos na alteração de modelos tridimensionais produzidos manualmente ou por prototipagem rápida. Esta técnica que associada aos sistemas de prototipagem rápida (RP) e o scanner 3D, cria uma ponte entre o modelo digital e o modelo físico/analógico.

O autor descreve a experiência realizada por um designer industrial numa abordagem integrada da prototipagem rápida (RP) e o scanner 3D:

- o processo inicia-se com alguns esboços tridimensionais com materiais de fácil utilização;
- através do *scan 3D* estes modelos servem de base para a criação do modelo 3D digital;
- depois de trabalhado o modelo 3D é prototipado por RP;
- o modelo, é *esculpido* pela subtracção do material utilizado na RP e *modelado* pela adição de barro ou outros materiais;

- o objecto editado manualmente é digitalizado e introduzido novamente no computador para nova edição digital e posterior prototipagem.

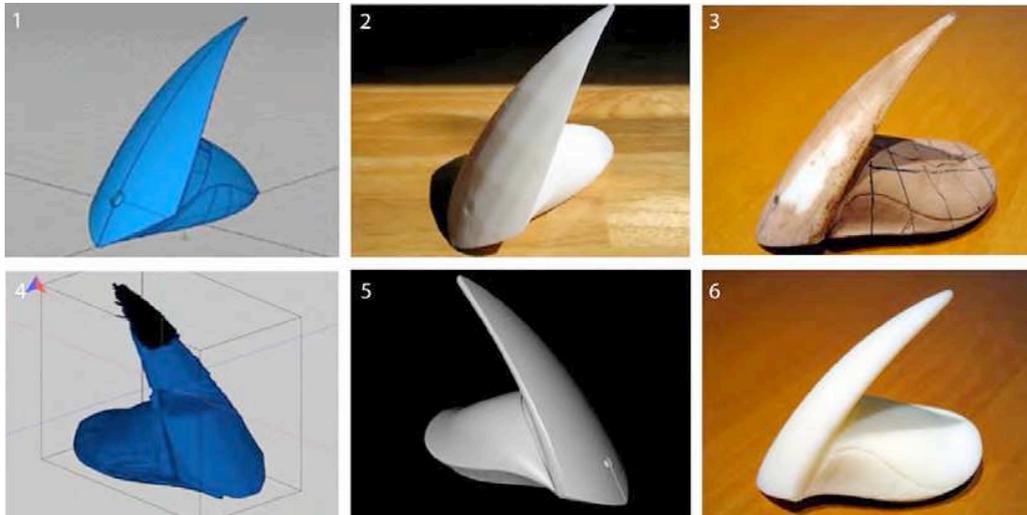


Figura 44 – 1: modelo 3D; 2: modelo prototipado por RP. 3: modelo prototipado por RP alterado (barro); 4: modelo 3D digitalizado, 5: modelo 3D; 6: modelo prototipado por RP
Dorta, 2006, p.135.

Nesta abordagem o designer pode aproveitar, repetidamente, os benefícios dos modos digital e manual, integrando um controlo manual em acções de criação de formas complexas. Deste modo, pode escolher o método que considera mais apropriado para uma determinada acção (Dorta, 2006).

D’Adderio (2001) observa que as técnicas híbridas tendem a dissolver as fronteiras tradicionais, para alterar rotinas e integrar diferentes fontes de conhecimentos para uma definição do produto. O resultado final dependerá da coordenação eficaz das actividades e dos factores de produção do conhecimento. Os modelos físicos podem ser utilizado à posteriori, para melhorar o modelo virtual; e vice-versa, o feedback do modelo digital pode ser utilizado para melhorar à priori o modelo físico. Neste contexto, considera *não existir uma dicotomia entre os protótipos físicos e virtuais, mas sim um fluxo de processos interactivos, multidireccional de tradução entre os estados predominantemente digitais e predominantemente físicos.*

4.8 Processos e materiais para construir em três dimensões

No Renascimento, Alberti estabeleceu uma diferença entre os artistas que trabalhavam o bloco de pedra por subtração para a realização das suas esculturas e os que utilizavam o barro para criarem o modelo provisório para fundição. Numa passagem descrita por Wittkower, (2001), Alberti esclarece:

«Aos que trabalham com cera ou gesso, acrescentam ou subtraem material, nós os chamaremos de modeladores, enquanto que os artistas que apenas subtraem, trazendo à luz a figura humana potencialmente oculta no bloco de mármore, são por nós chamados de escultores.» (Alberti citado por Wittkower, 2001, p.78).

Neste âmbito, consideram-se três processos fundamentais para construção de modelos tridimensionais, numa relação directa com os materiais, o domínio das ferramentas e o conhecimento técnico e tecnológico.

4.8.1 Carving, Modeling, Assembly

Carving: em Português define-se por «acção de gravar ou de esculpir». Este termo refere-se ao processo utilizado para se obter uma forma tridimensional por subtração de matéria.

Modeling: em Português define-se por «acção de modelar, modelação». Este termo refere-se ao processo utilizado para se obter uma forma tridimensional por adição de matéria.

Assembly: em Português define-se por «acção de juntar, montar, instalar». Este termo refere-se ao processo utilizado para se obter uma forma tridimensional através da junção de elementos pré-formados.

Actualmente, os termos *carving*, *modeling* e *assembly* expandiram-se à representação digital. Sass (2006, p.329), caracteriza os mesmos processos para se referir à construção da tridimensionalidade através da interacção com os sistemas CAD:

Máquinas de corte 2D (corte de vinyl e corte a laser), muito utilizadas por designers e arquitectos na produção de modelos tridimensionais de várias escalas e materiais a partir de informação 2D (figura 45, esquerda);

Fresadoras 3D, utilizadas para o trabalho de subtracção de espuma, barro ou outros materiais (figura 46);

Impressoras 3D, utilizadas na construção de modelos físicos a partir da deposição de plástico em pó ou líquido - *stereolithography* (figura 44).



Figura 45 - Esquerda: Máquina de corte de acrílico a laser 2D, <http://www.directindustry.com/>; Direita: Mathias Bengtsson, “Slice chair”, 1999, cadeira construída a partir da junção de várias camadas de material, desenhadas em CAD e cortadas numa máquina de corte 2D, Pipes, 2007, p.24.



Figura 46 – A Roland MDX-40, é uma fresadora 3D capaz de produzir protótipos (na íntegra ou em partes), em ABS, acrílico, espuma, cera, até um máximo de 305[x] x 305 [y] x 105 [z] mm. Pipes, 2007, p. 102.

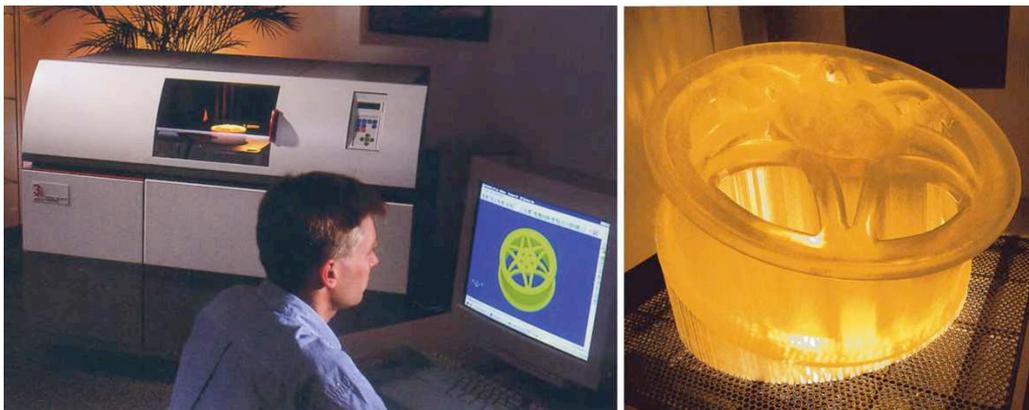


Figura 47 – Esquerda: A 3D Systems Thermojet, utiliza a tecnologia *multiJet modeling* (MJM) para produzir peças sólidas através da deposição de várias camadas de termoplásticos; Direita: Protótipo rápido de uma jante de automóvel produzida por *stereolithography*. Pipes, 2007, pp.102-103.

4.8.2 Barro

O barro, é o material que talvez melhor ilustra o processo aditivo da modelação. Desde a Pré-história que a sua plasticidade e maleabilidade lhe conferiram um estatuto de matéria insubstituível nas mais variadas áreas. No âmbito do design, utiliza-se com frequência na produção de modelos tridimensionais provisórios para a moldagem, fundição, cozedura,

digitalização, etc. A modelação com barro pode implicar a construção de estrutura rígida para suportar e estruturar a matéria amorfa. Neste processo o modelador adiciona matéria para construir formas, recorrendo a instrumentos de diferentes formas (teques) para auxiliar o processo.

Um bom exemplo dessa utilidade são as construtoras de automóveis que apesar de utilizarem a vanguarda das novas tecnologias na modelação 3D e simulação digital, utilizam modelos de barro de várias escalas para testarem e visualizarem as formas do automóvel antes da sua produção. Este conceito inovador de pré-engenharia foi introduzido nos anos 30 por Harley Earl (1893-1969), na General Motors, tornando-se no primeiro a utilizar modeladores de barro para construir os modelos tridimensionais dos automóveis.



Figura 48 – Esquerda: Criação do modelo tridimensional em barro à escala real do novo carro da Ford Mustang, www.carofthecentury.com; Direita: Criação do modelo tridimensional em barro à escala real do BMW M3 e90, 2005. <http://www.bmwheaven.com>.

4.8.3 Madeira

Também a madeira é um material muito utilizado na construção de modelos, e pode ser processada segundo diferentes processos e resultados expressivos: maciça, pode ser trabalhada por subtracção a partir do tronco, conferindo ao modelo maior robustez e síntese formal; e sob outras formas derivadas de perfis e chapas de madeira pode trabalhar-se por *samblagem*⁶⁷, num procedimento muito idêntico ao trabalho realizado com papeis e cartolinas. Em ambos os casos, embora com procedimentos diferentes, o trabalho da madeira pressupõe a utilização de ferramentas adequadas ao tipo de intervenção que se pretende realizar. Actualmente existe uma vasta gama de ferramentas para auxiliar o trabalho da madeira: desde as mais tradicionais como as goivas, formões e serrotes manuais; às ferramentas eléctricas feitas à medida da mão, como as serras de recorte, lixadoras ou motosserras; até às máquinas de corte, de lixar ou torneiar de maior envergadura.



Figura 49 – Esquerda: Giovanni Sacchi, modelo de madeira da Olivetti - Lettera 22, (8.3 x 29.8 x 32.4 cm). <http://www.designindex.it/sacchi.htm>; Direita: Marcello Nizzoli & Giuseppe Beccio, 1950, Olivetti - Lettera 22, metal esmaltado, manufactura - C. Olivetti & C. S.p.A., Ivrea. <http://www.moma.org>.

⁶⁷ “*Samblagem*” define-se por acto ou efeito de samblar; ensamblamento, ensambladura; do francês *assembler*. Em 1953, Jean Dubuffet (1901– 198), introduz nas artes o termo *assemblage*, como referência a trabalhos construídos por acumulação de vários materiais no suporte tradicional concebido para pintar. Por se tratar de uma abordagem tridimensional, a *assemblage* embora não estivesse designada no início do século XX, foi utilizada por Pablo Picasso e Júlio Gonzalez nas primeiras esculturas em ferro, construídas a partir da soldadura de vários elementos do mesmo material. Durante o século XX outros artistas como John Chamberlain (1927), Ettore Colla (1899-1968), Mark di Suvero (1933), Jean Tinguely (1925 - 1991), Anthony Caro (1924) fizeram *assemblages*.

Ceccarelli (2003, p.29), refere-se ao apoio prestado por várias oficinas italianas na investigação de aspectos de produção do design industrial verificado no início desta actividade. Os designers, por não disporem de formação nas áreas dos materiais e técnicas de produção, encontraram nestas oficinas *um território fértil* para o desenvolvimento de novas ideias. Algumas oficinas chegaram mesmo a especializar-se para se dedicarem em exclusivo à produção de modelos tridimensionais e no apoio ao desenvolvimento de projectos de design. Neste contexto, Ceccarelli faz referência ao fabricante de modelos de madeira, Giovanni Sacchi na influência sobre a concepção de bens de consumo, na segunda metade do século XX. O milanês no decurso da sua carreira trabalhou com mais de três centenas de criadores de todo o mundo na elaboração de soluções para problemas práticos do design industrial, para Nizzoli, Giò Ponti, Munari, Colombo, Zanuso, Sapper, i Castiglioni, (...) e grandes empresas como a Olivetti, Fiat-Lancia, IBM, Philips, Brionvega, Rex, Alessi, Nava (...). Sacchi realizou à volta de 25.000 modelos para máquinas de escrever, televisões e rádio, frigoríficos, aspiradores, máquinas de costura, talheres, painéis, máquinas de café, relógios e computadores. <http://www.designindex.it/sacchi.htm>

Segundo Consalez (2001, p.13), «*A utilização da madeira maciça corresponde a uma tradição cultural com origem no renascimento que criticava o excessivo naturalismo da maquete em nome de uma síntese capaz de prescindir das características volumétricas e de evitar “as ilusões e os estupores dos olhos”.*»

4.8.4 Papel

O papel por ser um material económico e fácil de manipular é muito utilizado nos trabalhos de *assemblage*. Muitos esboços tridimensionais são realizados com cartolinas e cartões, porque as suas características técnicas possibilitam correcções com grande facilidade, rapidez de execução em diferentes fases do trabalho. O processamento do papel realiza-se de forma idêntica a outros materiais, muito útil na interpretação de diferentes espessuras e detalhes

da forma dificilmente conseguidos com materiais maciços. No mercado existe papel com variadíssimas formas, dimensões, espessuras, gramagens, texturas, cores, brilhos, etc. Pode ser cortado, vincado, enrolado, colado (...) com ferramentas simples como x-actos, tesouras, colas (..) ou trabalhado por máquinas de corte 2D.



Figura 50 –James Dyson, 1992-1995, Esquerda: estudo tridimensional da forma do DC 02 em poliestireno extrudido, 30 cm; Direita: DC 02 em plástico. Duits, 2003, pp. 204, 205.

4.8.5 Espumas

As espumas rígidas estão associadas ao processo de subtração, o poliestireno extrudido (vendido em placas azuis), o poliestireno expandido (“esferovite”), ou o poliuretano, são materiais recorrentes na construção de modelos tridimensionais. As propriedades destes materiais permitem uma abordagem fácil e rápida da forma tridimensional num bom compromisso com o rigor da representação. O seu processamento pode fazer-se com instrumentos manuais básicos de corte e abrasão, tais como facas, serrotes, lixas, limas, grosas. As máquinas eléctricas como serra de fita e lixadoras ou as ferramentas de *usinagem* CAM (*fresamento, furação, torneamento, etc.*), podem melhorar a velocidade e precisão do trabalho. À semelhança de outros materiais, as espumas podem ser moldadas por silicone, gesso ou outro processo de moldagem para a reprodução do modelo num material mais rígido e mais durável.

Quando necessário podem pintar-se à cor ou serem revestidos com outros materiais para conferir textura e realismo ao modelo.

Cochrane (2004), refere-se à importância de uma aprendizagem obtida pela interação prática com estes processos e materiais. Segundo o autor existe um perigo real de se perderem experiências, habilidades e conhecimentos baseados na interação com os materiais. «*Much knowledge is in the heads and hands of people whose only way of passing it on is through the example of what they know and do.*» (Cochrane, 2004, p.6).

4.9 Modelo, físico ou virtual?

Dorta (2006), refere-se às vantagens das ferramentas tradicionais como artefactos cognitivos do design. Segundo o autor, nem os desenhos realizados com o auxílio de mesas digitalizadoras, nem os protótipos mais perfeitos construídos a partir de prototipagem rápida (RP), partilham das mesmas vantagens dos artefactos cognitivos (desenhos e modelos físicos feitos à mão). Para o autor a nossa percepção depende de todos os sentidos para compreender geometrias tridimensionais. Neste sentido, a capacidade de tocar o objecto e sentir as suas formas através dos materiais pode melhorar a criatividade (Dorta, 2006, p.122-133).

Na representação com meios analógicos, o designer recorre à experiência dos sentidos, utiliza o corpo para compreender e controlar as ferramentas que usa para representar. Pelo contrário, as representações digitais não têm meios para compreender conceitos do mundo real, como a natureza do objecto ou a sua função, limita-se apenas à capacidade de codificar conceitos geométricos (Knight, 2004).

Segundo (Evans, 1992, p.43) a avaliação das relações entre os vários elementos formais é mais eficaz quando realizada em três dimensões através da manipulação de materiais como a espuma ou o cartão. O benefício desta avaliação traduz-se na aplicação do seu conhecimento na utilização das suas ferramentas.

Sobre realidade física e ambiente simulado Manzini observa:

«O ambiente simulado tem a singular característica de possuir todas as propriedades do mundo real, excepto no que diz respeito à propriedade fundamental: falta-lhe presença física, não tem qualquer existência material, palpável.» (Manzini, 1993, p.28).

Os modelos físicos, quando comparados com os modelos digitais, são sempre volumetrias reais que podem ser manipuladas no mundo real/físico, permitem um controlo directo sobre as formas, os detalhes, as texturas, as proporções sem a intermediação de uma simulação da tridimensionalidade. O modelo físico cria uma imagem mais palpável do objecto que representa, tem a função de aproximar os intervenientes à experiência real do objecto, para ver, tocar, cheirar e ouvir, em vez da sua visualização através de uma sucessão de perspectivas bidimensionais num monitor. Os modelos oferecem indicações precisas de escala, na análise e compreensão do peso, forma, variação de textura e outros *inputs*. Para um bom modelo vende uma ideia a potenciais compradores, que poderão experienciar o objecto na sua plenitude em vez de o tentarem visualizar através de representações gráficas ou de uma descrição verbal do produto (Hanington, 2006, p.29).

Lisboa (1997), ao referir-se às *carências* da experiência real e sensorio-motriz verificada com os meios de representação digital, observa que, *«...o sistema utiliza um conjunto de operações para desmontar e decompor a realidade, num discurso formalizado e estruturado por axiomas, regras e factos.»* (Lisboa, 1997, p.44).

Para D'Adderio (2001), os modelos físicos, feitos à mão ou obtidos por impressão CAD, são meios fundamentais para conhecer o artefacto. A avaliação de aspectos tridimensionais não poderá ser feita sem a manipulação directa da forma e dos materiais. Construir um modelo físico, ajuda a captar as intenções do designer para outras formas de representação e assegurar que esse conhecimento possa ser encaminhado para uma definição do produto final.

Em Dorta (2006, p.132), os modelos físicos permitem que o designer recolha, desenvolva ou modifique as suas ideias antes de fazerem alterações no modelo 3D. Segundo o autor o exercício conceptual de criação não se faz com CAD, o CAD destina-se a especialistas desenhadores e operadores de modelação e não a especialistas em design. Como reforço desta ideia lembra que os sistemas CAD foram concebidos para tarefas de engenharia, manufactura, animação etc., e adaptados às fases posteriores do processo do design.

4.10 Síntese do capítulo

Sobre a *construção da tridimensionalidade* através de modelos tridimensionais, observou-se a sua correspondência com a realidade, a precisão com que estes simulam e avaliam objectos e da importância do seu desempenho no design de artefactos. *Se noutros tempos* a utilização de maquetas e modelos à escala, constituiu um meio para preparar a execução de peças de escultura e obras arquitectónicas, actualmente os modelos tridimensionais físicos complementam a utilização de outros meios, analógicos ou digitais, para criar uma base de entendimento de conceitos e ideias na materialização do projecto de Design. Neste contexto, identificaram-se diferentes tipos de modelos no Design, numa dependência com o grau de exigência das várias fases do projecto: os modelos podem variar na forma, no conteúdo, no seu grau de perfeição, no nível de acabamento; podem utilizar-se para esboçar ideias, apresentar soluções internas ao grupo de trabalho, auxiliar a verificação de alguns aspectos funcionais; ou resolver questões de natureza externa, no diálogo com os peritos sobre problemas específicos do Design.

No âmbito da construção de modelos, auxiliada por computador, caracterizaram-se sistemas que realizam tarefas à semelhança dos processos mais tradicionais, utilizados na manipulação dos materiais e verificou-se uma correspondência entre as diferentes abordagens. Desta experiência, constatou-se que a representação tridimensional, realizada através de modelos físicos, compreende a utilização de técnicas híbridas para integrar diferentes fontes de conhecimento na definição do produto.

5 Artefacto – automóvel

«I think that cars today are almost the exact equivalents of the great gothic cathedrals; I mean the supreme creation of an era conceived with passion by unknown artists and consumed in image, if not in usage, by a whole population which appropriates them as a purely magical object.» (Roland Barthes, Mythologies, 1957, citado por Clements e Porter, 2006).

Segundo Clements e Porter (2006, p.2), o automóvel, por se tratar de uma máquina extremamente complexa, baseia-se num processo de produção multidisciplinar para determinar todos os seus atributos funcionais como segurança, ergonomia, marketing e design.

Este capítulo analisa as aplicações e funcionalidades dos meios de representação tridimensional (analógico e digital, físico e virtual), vinculados às etapas da progressão no design de um artefacto.

A recolha de informação será mais generalizada e direccionada às pretensões deste trabalho, considerando algumas diferenças de procedimento no processo de design das marcas mas sem explicitar um processo ou metodologia projectual específicos. Deste modo, considerar-se-á este segmento do design industrial que implementa uma estreita ligação entre os dois meios de representação, a tecnologia digital e os meios tradicionais de representação.

No desenvolvimento de conceito do automóvel as primeiras ideias registam-se em papel para se comunicarem e discutirem entre os vários elementos da equipa de trabalho, composta por membros das equipas de design, marketing e engenharia. Estas ideias pretendem avaliar as tendências do sector e a potencial aceitação do conceito do novo veículo pelo consumidor alvo.



Figura 51 – Esquerda: Primeiros esboços a lápis do Mercedes Benz F700 Concept Car; Direita: Representações do F700 trabalhado com diferentes ferramentas de desenho, Mercedes-Benz Advanced Design Studio in Irvine, Califórnia, 2007. <http://www.carbodydesign.com/archive/2007/09/26-mercedes-benz-f700-concept-design/>.

Neste processo o designer articula diferentes desenhos à mão em papel, a lápis, aguarela, carvão, etc., para materializar as suas ideias e estudar formas e proporções numa análise cada vez mais detalhada. Destas representações resulta uma primeira selecção de material bidimensional para ser utilizada nas fases seguintes do processo.

À medida que estes esboços evoluem para situações mais elaboradas, a compreensão da forma e a aparência do futuro veículo clarifica-se. Estas representações incluem diferentes perspectivas, detalhes do interior e do exterior, representadas à mão ou no computador.



Figura 52 - Esquerda: 5series gt concept sketch open doors Concept Car; Direita: 5series gt concept sketch interior.

http://www.bmwheaven.com/component/option.com_wrapper/Itemid,18/album,lastup/cat,0/pos,2

<http://www.ccardesignonline.com/design/sketching/index.php>

A partir dos primeiros desenhos bidimensionais são produzidos modelos CAD 3D para uma avaliação do veículo através da sua visualização e simulação em diferentes ambientes e condições de luz. Com este trabalho os designers de interiores em colaboração com especialistas podem elaborar o projecto de interiores, através do estudo para a utilização das cores, texturas e materiais.

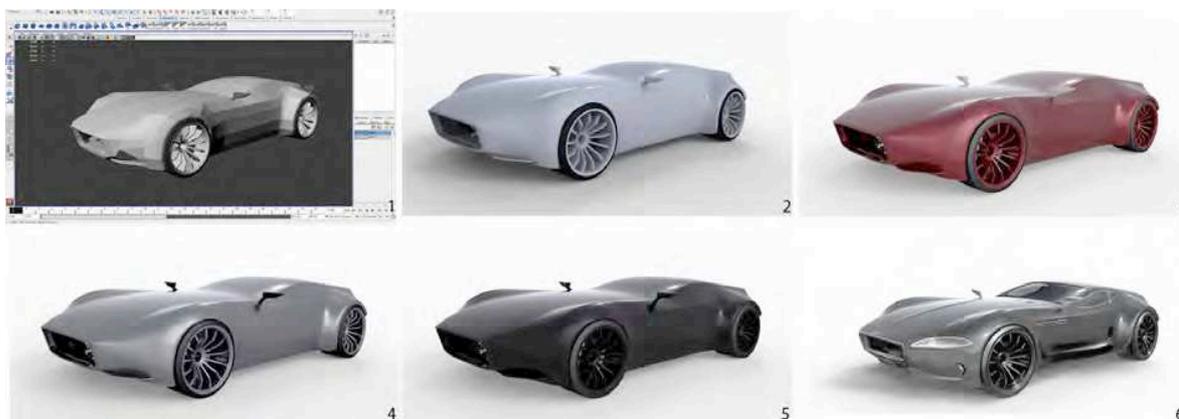


Figura 53 - Mikael Lugnegard, 1: modelo CAD 3D modelado em *Maya*; 2-5: diferentes renders do modelo realizados no *Hypershoot* (software de renderização); 6: imagem trabalhada no *photoshop*. Entrevista com Mikael Lugnegard, Waikit, 2009. <http://www.productdesignhub.com/articles/33-interviews/80-interview-with-mikael-lugnegard>

O designer industrial Mikael Lugnegard⁶⁸ depois de realizar os primeiros esboços em papel, serve-se deles como ponto de partida para a construção do primeiro modelo 3D em *Maya* ou *3D Studio Max*. A modelação 3D dá lugar ao processo renderização através do *Hypershoot*, que lhe permite avaliar superfícies e testar condições de luz diferentes, materiais e cores. Alguns *renderings* são trabalhados à posteriori no *Photoshop* para obter uma mistura de diferentes representações e efeitos de cor e acabamentos, muito difícil de obter através da renderização.

⁶⁸ Mikael Lugnegard é um designer industrial sueco, formado pela Umea Institute of Design, e trabalhou como designer-chefe para o Duque Dynamics (BMW styling), como designer de conceito para von Braun Sports Cars e como professor de desenho em várias escolas de design da Suécia.



Figura 54 – Esta Ilustração do *Jaguar XK*, realizada a partir do *rendering* 3D do *Light Wave 3D*, mostra a suspensão do automóvel. Jaguar Cars, Coventry, England. Pipes, 2007, p.184.

Nesta fase do processo de design, a grande maioria das marcas de automóveis constroem modelos em barro industrial em escalas reduzidas antes de construírem o modelo à escala 1:1, para iniciarem a produção do novo automóvel. Estes modelos são a primeira representação física do conceito e constroem-se com base em representações bidimensionais realizadas na fase anterior. Para auxiliar a modelação utilizam-se fitas de desenho para reproduzir o perfil do veículo à escala. Outra técnica de representação utilizada pela indústria automóvel, baseia-se na reprodução de metade do modelo para uma visualização mais rápida dos resultados e facilitar alterações na forma do modelo. Depois de concluída, a superfície exterior dos modelos é pintada ou revestida com *Dynoc film*⁶⁹ para se testarem cores e acabamentos da superfície do futuro automóvel.

⁶⁹ Pode ser colado e removido do modelo sem danificar a superfície de barro.



Figura 55 – Esquerda: General Motors, modeladores da GM na construção em espelho de um modelo de barro à escala $\frac{1}{4}$, <http://www.carsdesignonline.com/design/modelling/clay-modelling.php>; centro; Ferrari, modelo à escala 1:4, em espelho, do Ferrari 599 GTB Fiorano, <http://autodesign.socialblog.us/2008/09/10/yesterday-series-ferrari-599-gtb-fiorano-the-design-story/#more-69>; direita: Mercedes Benz, modelo integral, à escala 1:5, 1:5 do Mercedes Class S, <http://www.mercedesbenz.com/Apr06/18DesignOfThe2007MercedesSClass.html>.

A utilização destes modelos tem um desenvolvimento paralelo com os sistemas de CAD-3D que exploram a forma do veículo antes do modelo estar concluído. O modelo é digitalizado e todas as coordenadas são sujeitas a um processo de análise e correção computadorizada para produzir um modelo CAD 3D capaz de ser reproduzido por CNC.



Figura 56 – Esquerda: BMW, representação bidimensional do BMW Z4 e89 realizada com fita de desenho (*tape drawing*); centro: modelo em barro à escala real; direita: aplicação de *Dynoc film* para acabamento de superfície do modelo, http://www.bmwheaven.com/component/option,com_wrapper/Itemid,17.

Desta interação, é produzido um modelo físico em barro, em tamanho real, por uma máquina de CNC de 5 eixos. Estes modelos físicos são acabados à mão e digitalizados novamente para eliminar todas as fragilidades do barro. Os modelos CAD são melhorados e divulgados durante o processo para análises detalhadas e acelerar a manufatura. Um novo modelo à escala é produzido para aprovação de detalhe de engenharia. Quando o design

exterior está definido e aprovado por todas as partes, pode ser produzida uma réplica em de fibra de vidro, pintada para se montar no chassis do automóvel.

Alguns fabricantes utilizam estúdios de realidade virtual para realizarem testes em túneis virtuais aerodinâmicos, bem como testes virtuais ao veículo para simularem o seu comportamento em situações semelhantes à vida real e antecipar o seu desempenho aerodinâmico e outras informações avançadas dentro de um ambiente controlado. Mesmo assim, os testes de túnel de vento não se dispensam quando se pretendem obter informações do comportamento da forma do veículo com o fluxo de ar. Neste sentido, os modelos à escala real são utilizados para testar e antecipar resultados sobre o nível de resistência aerodinâmica da carroçaria.

Lidwell, Butler e Holden (2003), referem-se à utilidade do protótipo formal na recolha de informação sobre a funcionalidade e performance de alguns aspectos do sistema. Os modelos tridimensionais dos automóveis utilizados em túneis de vento para testes de aerodinâmica são um bom exemplo.



Figura 57 – Esquerda: Mercedes Benz, modelo integral em barro, à escala 1:1, do Mercedes Benz F700 Concept Car, <http://www.carbodydesign.com/archive/2007/09/26-mercedes-benz-f700-concept-design/>; direita: Ferrari, modelo à escala 1:4, em espelho, do Ferrari 599 GTB Fiorano, <http://autodesign.socialblog.us/2008/09/10/yesterday-series-ferrari-599-gtb-fiorano-the-design-story/#more-69>.

6 Conclusão

No âmbito das *primeiras representações* constatou-se a importância da perspectiva como a primeira sistematização da representação do espaço, pela substituição gradual da imagem plana por uma sugestão de tridimensionalidade. Esta descoberta de Brunelleschi promoveu um avanço nos princípios matemáticos e geométricos para representar a tridimensionalidade.

Do mesmo modo, considerou-se a importância dos instrumentos utilizados na representação tridimensional, numa relação directa com a evolução do desenvolvimento tecnológico. Caracterizámos a utilização da câmara obscura, o seu aproveitamento pela parte da arte, e referimos os estudos sobre óptica realizados por Leonardo Da Vinci e outros autores. Analisámos ainda a importância do surgimento da fotografia nas alterações significativas que provocou nos hábitos de representação dos artistas da época.

No âmbito da *construção de representações* pelo desenho, conclui-se que o *desenho como representação simbólica* se tornou o veículo para a separação dos processos de design do processo de produção. O designer ainda utiliza com espontaneidade o papel e o lápis em várias fases do desenvolvimento do produto. Com a incorporação da tecnologia digital, identificou-se uma influência notável no âmbito da representação e desenvolvimento de novas posturas de criação. A utilização dos softwares CAD tornou-se num apoio importante nas várias fases do processo do design. Constata-se assim que a utilização de computadores ofereceu nas últimas décadas novas e diferentes possibilidades na área da representação tridimensional e abriu um novo caminho para a inovação e o desenvolvimento. Com o progresso da modelação tridimensional e a introdução de novas técnicas de representação, os ambientes criativo e construtivo do processo de concepção de artefactos tridimensionais sofreram mutações irreversíveis.

Sobre a *construção da tridimensionalidade* através de modelos tridimensionais, observou-se a sua correspondência com a realidade, a precisão com que estes simulam e permitem avaliar objectos, e da importância do seu desempenho no design de artefactos. Conclui-se portanto que os modelos tridimensionais físicos complementam, assim, a utilização de outros meios,

analógicos ou digitais significando uma base de entendimento de conceitos e ideias e no desenvolvimento e materialização do projecto de Design.

Apesar da utilização do computador nas últimas décadas, como meio auxiliar da representação tridimensional em várias fases do projecto de design, o desenho *à mão levantada* e o *modelo físico*, constituem, ainda, um meio preferencial dos designers para pensar, registar e comunicar as suas ideias na fase de concepção do processo.

Do estudo comparativo efectuado a partir dos meios analógicos e digitais, dos físicos e virtuais, verifica-se que a representação no projecto do design sofreu alterações significativas e constata-se que a tecnologia digital não substituiu os meios de representação mais tradicionais, a sua difusão faz-se paralelamente e recria-se à sua semelhança. Todos eles constituem opções importantes, válidas, nas várias fases do projecto de design.

O designer tem hoje a possibilidade de representar pela mão ou assistido por computador, tendencialmente a sua abordagem será a da utilização de sistemas híbridos que utilizam ambos os recursos, distintos mas complementares. Possivelmente, num futuro próximo, com a massificação dos meios de representação digital e o acesso a equipamentos que auxiliam a manufactura, o designer enquanto utilizador, entenderá mais facilmente os limites dos dois ambientes para tomar a opção mais adequada sobre as necessidades do seu projecto.

Com este estudo, pretendeu-se tornar evidente que a introdução da tecnologia digital no âmbito da representação, produziu alterações significativas nos hábitos dos profissionais do desenho, quer seja por exemplo, na substituição de ferramentas ou na revisão de metodologias do processo de criação. Por este motivo, admite-se que as alterações produzidas pela massificação dos meios digitais e a sua aceitação pela generalidade das escolas de Design possam promover nos futuros designers um alheamento gradual dos meios e das técnicas de representação mais tradicionais utilizados pela nossa geração. Neste ponto, considera-se pertinente a realização de um novo estudo, para analisar hábitos de representação dos estudantes dos cursos de Design, levantando novas questões sobre a sua experiência enquanto manipuladores dos meios e ferramentas de representação tridimensional, e consequentemente

caracterizar as metodologias e práticas de ensino desenvolvidas pelas nossas escolas de Design. Desta análise, pretende-se identificar os meios de representação utilizados nas várias fases do projecto de design, e os instrumentos mediadores desse processo em ambientes físicos e virtuais, considerando vantagens e desvantagens das várias abordagens na representação.

Neste sentido, este trabalho servirá de base de referência para um estudo aprofundado sobre o estado actual da representação no ensino português e consequente avaliação das principais tendências da representação de artefactos tridimensionais do nosso Design.

Bibliografia

- ÁLVAREZ, Güido E. (2008), *Itten, Moholy-Nagy, Bauhaus and My Interdisciplinary Education Marginalia*, MATX 60, pp.1-29.
- BACELAR, Jorge (1998), *Linguagem da visão*, Universidade da Beira Interior, 1998.
- BARKI, José (2003), *O Risco e a Invenção: Um Estudo sobre as Notações Gráficas de Concepção no Projeto*, Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. Viii, 270 p.: il.; 22 cm.
- BETÂMIO, Alfredo (1967), *Ensaio Para Uma Didáctica do Desenho*, Livraria Escolar de Lisboa.
- BIERUT, Michael, HELFAND, Jessica, STEVEN, Hellen, POYNOR, Rick (1999), *Looking closer 3: classic writings on graphic design*, Vol. 3, Allworth Press, New York.
- BONSIEPE, Gui (1992), *Teoria e Prática do Design Industrial: Elementos Para um Manual Crítico*, Centro Português de Design.
- CATTANI, Airton (2006), *Arquitetura e Representação Gráfica: Considerações Históricas e Aspectos Práticos*, Publicações ARQTEXTTO, 2º Semestre 2006, pp.110-123.
- CECCARELLI, Nicolò (2003), *Disegno digitale, modello e progetto: una questione di equilibri*, DDD - Rivista trimestrale di Disegno Digitale e Design, Poli.Design Anno 2 n. 5 – gen/mar 2003, pp. 12-20.
- CECCARELLI, Nicolò (2002), *Projectare nell'era digitale. Il nuovo rapporto tra design e modello*, Marsilio Editore, s.p.a. in Venezia.
- CERKEZ, Beatriz Tómsic (1999), *Una lección de la Historia, El nacimiento del dibujo arquitectónico*, Ministerio de Educación de Eslovenia, Arte Individuo y Sociedad, pp.69-82.
- CHING, Francis, JURSZEK, Steven [1998], *Representação Gráfica para Desenho e Projecto*, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2001.
- CLEMENTS, Chris, PORTER, Samantha (2006), *About: Automotive Design*, Design Council, 2006, pp.1-36.

- COCHRANE, Grace (2004), *The role of the real*, Challenging Craft, International Conference, Powerhouse Museum, Sydney, Austrália 2004.
- CONSALEZ, Lorenzo [1998], *Maquetes. A representação do espaço no projecto arquitectónico*, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2001.
- CRARY, Jonathan (1990), *Techniques of the Observer*, Massachusetts Institute of Technology.
- CRAVEN, Wayne (2003), *American art: history and culture*, McGraw-Hill Professional, 2003.
- D'ADDERIO, Luciana (2001), *Crafting the Virtual Prototype: How Firms Integrate Knowledge and Capabilities Across Organisational Boundaries*, Research Policy, Vol. 30, pp.1409-24.
- DE LUCA, Francesco, NARDINI, Marco (2002), *Behind the Scenes, Avant-garde Techniques in Contemporary Design*, Birkhauser, Switzerland, 2002.
- DE PAULA, Jeziel (1999), *IMAGE & MAGIC Photography and Impressionism – a imagery dialogue*, impulso, nº24, pp.53-72.
- Dicionário da Língua Portuguesa, Porto Editora, 8ª Edição, 1999.
- DORTA, Tomás (2006), *Vers la maîtrise du virtuel à travers le réel: un nouvel usage de l'informatique en design*, Université de Montreal, pp.131-138.
- DROSTE, Magdalena [1992], *Bauhaus 1919-1933*, Taschen 2006.
- DOCCI, Mário (2003), *Il futuro del disegno*, DDD - Rivista trimestrale di Disegno Digitale e Design, Poli.Design Anno 2 n. 5 – gen/mar 2003, pp.8-11.
- DUIJS, Thimo te (2003), *The Origin of Things – Sketches, Models, Prototypes*, Museum Boijmans Van Beuningen Rotterdam / NAI Publishers Rotterdam, 2003.
- EDGERTON, S. Y. (2006), *Brunelleschi's mirror, Alberti's window, and Galileo's "perspective tube"*, História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13, (supplement), pp.151-179, October 2006.
- EDGERTON, S. Y. Jr. (2002), *Arte y ciencia. La vision en el Renacimiento*, Department of Art, Williams College, Maryland, Contactos, 46, pp.15-26, 2002.
- EVANS, Mark (1992), *Model or prototype which, when and why?* IDATER, Conference, Loughborough University, 1992, pp.42-46

- FERGUSON, E S (1992), *Engineering and the mind's eye*, MIT Press, Cambridge, MA.
- FERRARA, Lucrécia D'Aléssio (2004), *Cidade e Imagem: entre aparências, dissimulações e virtualidades*, Revista Fronteiras – estudos midiáticos VI(1):21-32, Janeiro/Junho 2004.
- FRAGOSO, Suely (2003), *Perspectivas: uma confrontação entre as representações perspectivadas, o conhecimento científico acerca do espaço e a percepção espacial cotidiana*, Galáxia nº 6, Outubro 2003, pp.105-119.
- FRANCASTEL, Pierre (2000), *Arte e Técnica nos séculos XX e XXI*, Edição “Livros do Brasil” Lisboa.
- GOLDSCHMIDT, Gabriela (2003), *The Backtalk of Self-Generated Sketches*, Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, pp.1-17.
- GORNI, António (2001), *Introdução à Prototipagem Rápida e Seus Processos*, revista Plástico Industrial, Março 2001, pp.230-239.
- GOEL, Vinod (1995), *Sketches of Thoughts*, Bradford-MIT Press, Cambridge, MA.
- GOMEZ, A.P., and PELLETIER, L. [1997], *Architectural Representation and the Perspective Hinge*, MIT Press, Cambridge, Mass, 2000.
- GROSS, Mark, YI-LUEN DO, Ellen (2004), *The Three R's of Drawing and Design Computation*, First International Conference on Design Computing and Cognition, Kluwer 2004, pp.1-22.
- GROSS, Mark, YI-LUEN DO, Ellen (1995), *Diagram Query and Image Retrieval in Design*, Proceedings, 2nd International Conference on Image Processing, Crystal City, Virginia, IEEE Computer Society Press, 1995.
- HANINGTON, Bruce M. (2006), *Interface in form: paper and product prototyping for feedback and fun*, Volume 13, Issue 1, The art of prototyping, pp.28-30.
- HASDOGAN, Gulay (1996), *The role of user models in product design for assessment of user needs*, Elsevier Science Ltd, Design Studies 17 (1996), pp.19-33.
- HAUSER, Arnold [1951], *História Social da Arte e da Cultura*, Volume I, Vega | Estante Editora, 1954.

- HIRSCH, Robert, VALENTINO, John (2001), *Photographic Possibilities: The Expressive Use of Ideas, Materials and Processes*, Focal Press.
- JAMES-CHAKRABORTY, Kathleen (2006), *Bauhaus culture: from Weimar to the Cold War*, University of Minnesota Press.
- JANSON, H. W. [1986], *História da Arte* - 6ª ed. – Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1998.
- KANDINSKY, Wassily [1970], *Ponto, Linha, Plano*, Edições 70 Lda., Lisboa (2006).
- KEPES, G. (1944), *Language of vision*, [Chicago], P. Theobald.
- Klee, Paul [1990], *Escritos Sobre Arte*, Edições Cotovia, Lda., Lisboa (2001).
- KIM, Bo-sup, LEE, Soon-jong (2007), *A Study on the Meaning of Intuition in Sketch as Design Creation Process*, IASDR07, International Association of Societies of Design Research, The Hong Kong Polytechnic University 2007.
- KNIGHT, Terry (2004), *Interaction in Visual Design Computing*, Massachusetts Institute of Technology, pp.1-31.
- LIDWELL, William, BUTLER, Jill, HOLDEN, Kritina (2003), *Universal Principles of Design: A Cross Disciplinary Reference*, Rockport Publishers, 2003.
- LINDSAY, K., VERGO, P., eds. (1982), *Kandinsky: Complete Writings on Art*, London: Faber and Faber, 1982.
- LISBOA, Fernando [1995], *Desenho de Arquitectura Assistido por Computador*, 2ª ed., FAUP Publicações (1997).
- LUGT, Remko van der (2005), *How sketching can affect the idea generation process in design group meetings*, Delft University of Technology, School of Industrial Design Engineering, Delft, The Netherlands, Design Studies Vol. 26 No. 2 March 2005, pp.101-120.
- LUPTON, Ellen (1988), *Writing Lessons: Modern Design Theory*, written for graduate seminar taught by Rosemary Bletter, City University of New York Graduate Center, 1988. Licensed under a Creative Commons License, 2004, pp.1-16.

- MACHADO, Arlindo (2002), *A emergência do observador*, Galáxia nº3, pp. 227-234.
- MANZINI, Ezio [1986], *A Matéria da Invenção*, Centro Português de Design Lisboa, 1993.
- MASSIRONI, Manfredo (1982), *Ver Pelo Desenho - Aspectos Técnicos, Cognitivos, Comunicativos*, Edições 70, Lisboa.
- MAUSS, Marcel (1971), *Manuel d'ethnographie*, Payot/livre De Poche.
- MIKOSZ, José Eliézer (2006), *A Construção do Olhar: Paradigmas na História da Percepção Visual*, IV Fórum de Pesquisa Científica em Arte, Curitiba, 2006, pp.82-88.
- MIRANDA, Cristina, *Novos modo de atenção, lazer, desejo e percepção – aparelhos ópticos do século XIX*, GT: Educação e Comunicação/n.16, pp.1-24. Último acesso a 09/09/2009: <http://www.ici.ufba.br/twiki/pub/GEC/TrabalhoAno2003/novos_modos.pdf>
- MOLINA, Juan José Gomez (2002), *Máquinas y Herramientas de Dibujo*, Ediciones Cátedra, Madrid.
- MOLINA, Juan José Gomez, CABEZAS, Lino, BORDES, Juan [2001], *El Manual de Dibujo, Estratégias de Su Enseñanza en el Siglo XX*, Ediciones Cátedra, Madrid, 2003.
- MOLINA, Juan José Gomez, CABEZAS, Lino, COPÓN, Miguel (2005), *Los Nombres del Dibujo*, Ediciones Cátedra, Madrid, 2005.
- MUNARI, Bruno [1971], *Artista e Designer*, Edições 70, 2004.
- MUSÉE Matisse (2008), *Stained-glass windows by Josef Albers, Light and color at the Bauhaus (1920-1933)*, (Vitreaux, dessins, gravures, typographie, meubles), 6 juillet- 29 septembre 2008, pp.1-11.
- NEIMAN, Bennett, YI-LUEN DO, Ellen (1999), *Digital Media and the Language of Vision*, In 'Media and Design Process': proceedings of ACADIA (Association for Computer Aided Design in Architecture)1999, Snowbird, Utah October 29-31, 1999, pp.70-80.
- OTXOTORENA, Juan M. (1996), *Sobre Dibujo e Diseño: A Propósito de la Proyectividad de la Representación de la Arquitectura*, T6 EDICIONES S.L., Pamplona.
- PAIVA, Francisco (2001), *Perspectiva: Óptica, Ôntica, Simbólica e Representação*, Ensaio/lição, UBI, 19 de Fevereiro de 2001, (primeira parte), pp.1-9.

- PANOFSKY, Erwin (1993), *A Perspectiva Como Forma Simbólica*, Edições 70, Lisboa 1993.
- PHAM, Binh (1995), *Can computer vision assist creativity?*, IEEE International Conference on Volume 1, Issue , Nov/Dec 1995, pp.16-21.
- PIPES, Alan (2007), *Drawing for Designers*, Laurence King Publishing Ltd, London, U. Kingdom, 2007.
- PIPES, Alan (1989), *El Diseño Tridimensional, Del Boceto a la Pantalla*, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1989.
- POLIÃO, M. V., 1999, *Da Arquitectura*. Tradução de Marco Aurélio Lagonegro. São Paulo: Hucitec, Fupam, 1999.
- POLING, C. V. (1986), *Kandinsky's Teaching at the Bauhaus*, New York, Rizzoli, pp.107-155.
- PURCELL, A. T., GERO J. S. (1998), *Drawings and the design process*, Design Studies 19, 1998, Elsevier Science Ltd, pp.389-430.
- RIBEIRO, José Silvestre (1871-1893). *História dos estabelecimentos científicos, literários e artísticos de Portugal*, Lisboa: Tipografia da Academia Real das Ciências, 18v.
- RODRIGUES, Ana Leonor (2000), *O Desenho, Ordem do Pensamento Arquitectónico*, Editorial Estampa, Lda., Lisboa.
- ROTMAN, B. (1987). *Signifying nothing: the semiotics of zero*. California: Stanford University Press.
- ROZESTRATEN, Artur (2003), *Estudo sobre a História dos Modelos Arquitectónicos na Antiguidade: origens e características da primeira maquete do arquitecto*, São Paulo, 2003.
- SALA, Charles (2001), *Miguel Ângelo*, Centralivros Lda., 2001.
- SASS, Larry (2005), *Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design*, Elsevier Ltd, Design Studies 27 (2006), pp. 325-355.
- SCHMIDT, Leoni (2006), *Reflections on drawing*, Communitas, Volume II, 2006, pp.53-63.
- SMITH, Albert C. (2004), *Architectural Model as a Machine, A New View of Models From Antiquity to Present Day*, Elsevier Ltd, 2004.

- TVERSKY, Barbara (2002), *What do Sketches say about Thinking?*, A AAI Spring Symposium Series - Sketch Understanding, T. Stahovich, J. Landay and R. Davis.
- ULLMAN, D G (2003), *The mechanical design process*, McGraw-Hill, New York, NY.
- WARNER, Marina (2006), *Phantasmagoria: Spirit Visions, Metaphors, and Media into the Twenty-first Century*, Oxford University Press, Inc., New York.
- WINCKELMANN, J. J., *Gedanken über die Nachahmung der griechischen Werke in der Malerei Bildhauerkunst*, 1755, (Winckelmanns Kleine Schriften..., ed. De h. Uhde Bernays, Leipzig, 1913).
- WITTKOWER, Rudolf (2001), *Escultura*. 2ª ed. Martins Fontes, S. Paulo, 2001.
- YANG, Maria C., (2005), *A study of prototypes, design activity, and design outcome*, Elsevier Ltd, Design Studies 26 (2005), pp. 649-669.
- YE, J., CAMPBELL, R. I., PAGE, T., BADNI, K. S. (2005), *An investigation into the implementation of virtual reality technologies in support of conceptual design*, Elsevier Ltd, Design Studies 27 (2006), pp.77-97.
- YI-LUEN DO, Ellen, GROSS, Mark D., NEIMAN, Bennett, ZIMRING, Craig (2000), *Intentions in and Relations Among Design Drawings*, Design Studies 21 (2000), Elsevier Science Ltd, pp.483-503.
- ZEVI, B. (1978), *Saber ver a arquitetura*, Trad. Maria Isabel Gaspar e Gaëtan Martins de Oliveira, Martins Fontes, São Paulo, 1978.