

Universidade de Évora

Mestrado em Artes Visuais / Intermédia
Biénio 2006 / 2008

Arte, complexidade e caos

Dissertação realizada por
M^a Marta Riera Noceras

Orientador: Prof. Doutor José Filipe Moreira Rocha da Silva
(Professor Auxiliar da Universidade de Évora)

Évora
2008

Universidade de Évora

Mestrado em Artes Visuais / Intermédia
Biénio 2006 / 2008

Arte, complexidade e caos

Dissertação realizada por
M^a Marta Riera Noceras

Orientador: Prof. Doutor José Filipe Moreira Rocha da Silva
(Professor Auxiliar da Universidade de Évora)



169 473

Évora
2008

Arte, complexidade e caos

Resumo

Nesta tese parte-se dos novos paradigmas da complexidade e do caos, oriundos da ciência, para entrever novas perspectivas na arte. São abordados alguns dos seguintes tópicos e suas relações com a arte e a actividade artística; caos, fractais, autómatos celulares, cibernética, vida artificial, bioarte.

Depois da perda de algumas certezas estabelecidas na ciência, ao longo do século XX, houve uma mudança na maneira de olhar para o mundo que também se manifesta na arte. A arte, com as suas metodologias próprias, pode ser uma ferramenta importante para a exploração de novos territórios do conhecimento. Sendo vasta e diversificada, assim como as suas práticas, partilha com a ciência parte do processo criativo, na realização plena do ser humano.

A vida e a sua evolução constituem uma grande metáfora para a nova ciência da complexidade. O homem como ser auto-consciente e agente criador, ele próprio um sistema complexo, acaba por ser a medida das coisas em arte e ciência.

Art, complexity and chaos

Abstract

This thesis starts from the new paradigms of complexity and chaos, which arise in science, to reveal new perspectives in art. Some of the following topics and its relations with art and artistic activity are analysed; chaos, fractals, cellular automata, cybernetics, artificial life, bioart.

After the fall of established certainties in science, in the XX century, there was a change in the way we see the world and which manifests itself in art. Art can also be an important tool to explore new knowledge areas. It is vast and diversified however shares with science part of the creative process, in the fulfilment of human being.

Life and its evolution is the metaphor to the new science of complexity. Man as self-consciousness and creative agent, himself a complex system, is the measure of things in art and science.

Gostaria de agradecer aos meus professores, que me ajudaram ao longo da licenciatura em Artes Visuais e do Mestrado em Artes Visuais/Intermédia. Em especial ao Professor D. Filipe Rocha da Silva, meu orientador, às Professoras Teresa Furtado e Sandra Leandro e aos Técnicos Márius Araújo, Vanda Sim Sim e Sílvio Matos.

Um agradecimento a Carlos Ramos pelo seu constante apoio e acompanhamento ao longo dos últimos anos; ao seu entusiasmo e longas conversas que me ajudaram a assentar ideias e conceitos.

**Dedicado à memória do professor D. José Sousa Ramos, figura de grande
inspiração e humanismo.**

Ao Carlos, Marianita e Zé; à Mercês, Mariana, Pedro e Thierry.

Ao Josep Riera, o artista da minha infância, e Catalina.

Índice

1 - Introdução.....	9
2 - Evolução conceptual na arte e na ciência.....	17
2.1 - Inserção do homem no mundo.....	17
2.2 - Acerca da obra de arte.....	21
2.3 - A obra de arte como metáfora epistemológica.....	26
2.4 - Da ciência clássica à teoria dos sistemas complexos.....	29
2.5 - Conceito de sistema.....	35
2.6 - Conhecimento em ciência e arte.....	40
2.7 - Conceito de endofísica.....	53
2.8 - Pensamento complexo.....	57
3 - Teoria do caos.....	61
3.1 - Complexo / aleatório / caótico.....	61
3.2 - Sistemas dinâmicos.....	64
3.3 - Algumas características dos sistemas dinâmicos complexos.....	71
3.4 - Fractais.....	75
3.5 - Autómatos celulares.....	78
4 - O ser vivo como sistema complexo.....	83
4.1 - Acerca do ser vivo.....	83
4.2 - Da origem do homem ao homem do futuro.....	92
4.3 - A obra de arte como linguagem complexa.....	95

5 - Arte da complexidade.....	103
5.1 - O processo criativo como um sistema dinâmico complexo.....	103
5.2 - Complexidade na divisão regular do espaço bidimensional.....	111
5.3 - Cibemética / Ciborg / Ciberespaço.....	114
5.4 - Arte da vida Artificial.....	121
5.5 - Bioarte.....	125

Anexo I

Anexo II: Imagens do trabalho prático.

Bibliografia

1 – Introdução

Nos nossos dias os diversos campos do conhecimento têm-se dilatado enormemente. Cada nova área do conhecimento vai-se expandindo originando novas subdivisões que se tornam campos de investigação independentes, no mesmo espírito da herança cartesiana de separar o todo nos seus elementos até que a sua resolução se torne trivial. Ainda se privilegia a reminiscência da visão atomista, de procura dos elementos mais simples que expliquem o porquê de todas as coisas. Há um predomínio do analítico sobre o sintético, uma focagem no estudo do local em vez do global, se bem que ambos sejam indispensáveis para o alargamento do conhecimento. O processo de hiper-especialização em que nos encontramos conduz a “saber muito sobre nada”. «Um molho de coisas simples substitui a antiga multiplicidade de coisas complexas»¹ O conhecimento torna-se restrito a um fragmento cada vez menor da realidade. O meio académico encontra-se isolado, desligado das suas raízes sociais e culturais, a tal ponto que os especialistas em áreas afins dificilmente conseguem comunicar. Até há pouco havia uma simplificação do meio cultural em que os saberes que consideram o mundo como complexo não pertenciam à ciência. Havia uma crença na simplicidade de um mundo repetitivo que provoca a separação entre o que é reconhecido como informação significativa e o que é rejeitado.

O objectivo desta tese de Mestrado não é tanto o de abordar um determinado tema e aprofundá-lo até obter uma visão especializada a seu respeito. No nosso caso pretendemos generalizar conceitos; “saber pouco sobre muito”. Obter uma visão mais sintética, holística, *gestaltista*, sobre vários campos do conhecimento numa espécie de macro-generalização, promovendo a interdisciplinaridade, num esforço para a percepção do todo, sem com isso desvalorizar aqueles que se dedicam a especializações ou às suas obras. Pelo contrário, há o momento para a especialização e há o momento para a generalização.

Pretendemos retomar um certo espírito do Renascimento, universalista, eclético. Sob a figura da «deusa *Athena* a união da arte e da ciência, em cujo efeito a

¹ SERRES, - *Le parasite*. Paris : Bernard Gasset, 1980. *cit in* – Enciclopedia Einaudi : Sistema. Fernando Gil (Coord.) Lisboa: Impr. Nac.-Casa da Moeda, 1985. p.242.

arte tem origem como perfeição.»² Aquele em que o artista / cientista observa com atenção (e intenção) tudo aquilo que lhe suscita interesse, sem preconceitos, numa abordagem metodológica que recorre tanto à intuição como à razão. O que pretendemos nesta tese é ensaiar uma junção da arte com a ciência, uma união dos dois mundos culturalmente afastados, e que historicamente têm vindo a cindir-se cada vez mais. O propósito é estabelecer uma ponte de passagem sobre o abismo que os separa; trabalhar no limiar das duas áreas; pôr em evidência a presença de muitas inter-conexões entre as duas culturas, mesmo correndo o risco de sermos acusados de não fazermos nenhuma delas. Não pretendemos fundi-las numa só (sintopia³). Ao contrário, que por meio de uma membrana selectiva os novos conhecimentos adquiridos numa das áreas potenciem e estimulem o estudo da outra. Pretendemos que ambas funcionem em simultâneo, interagindo, mas mantendo a integridade e identidade de cada uma.

O ponto comum mais imediato é o facto dos artistas se terem apoiado nas tecnologias disponíveis nas suas épocas. Como é o caso dos instrumentos ópticos, câmara clara e escura (Leonardo da Vinci, Dürer), precedentes da câmara fotográfica; o surgimento do cinema; as novas técnicas de visualização como os microscópios ou telescópios; os raios X, infravermelhos, microscópio electrónico, *laser*, holografia, simulações por computador, *internet*, televisão⁴, etc., que expandiram a imaginação ao apresentar um mundo até então invisível. A libertação da obra de arte da sua função mimética permitiu um avanço para a abstracção. Segundo o Manifesto do Suprematismo (1915) de Kazimir Malevich e o poeta Maiakowsky, o Cubismo viu-se fortemente influenciado pela ordem científica objectiva, do mesmo modo que o Futurismo era dependente das tecnologias de locomoção.⁵

Por oposição à tecnologia, ao mecanicismo e ao excesso de logicismo da ciência positivista, algumas correntes artísticas reagiram privilegiando a espontaneidade do manual e o irracionalismo. É o caso dos surrealistas que, seguindo as ideias de Freud e posteriormente de Jung, deram asas ao subconsciente mediante o uso de técnicas do automatismo psíquico (*cadavre exquis*, *collage*, *frottage*, *grattage*, *decalcomania*); do

² PESSOA, Fernando – Páginas de doutrina estética. 2.ed. Lisboa: Inquérito. (Ensaístas contemporâneos). p.97.

³ GIANNETTI, Cláudia – Estética digital: sintopia, la ciencia y la tecnologia. Barcelona: ACC L'Angelot, 2002. p.13.

⁴ KEMP, Martin – Visualizations: the nature book of art and science. Oxford; New York: Oxford University Press, 2000. ISBN 0-19-856476-7. p.2-6.

⁵ GIANNETTI, Cláudia – Estética digital: sintopia, la ciencia y la tecnologia. Barcelona: ACC L'Angelot, 2002. p.7.

romantismo, com o aflorar dos sentimentos; da arte *povera*, com o uso de materiais humildes, geralmente orgânicos.

Esta relação entre arte e tecnologia tem sido por vezes tão estreita que há uma confusão generalizada por parte dos artistas no sentido em que a ciência só se pode manifestar no mundo das artes por meio da tecnologia. A ciência pura, ao contrário da tecnologia, estuda os fenómenos pelo conhecimento em si, pela sua essência, sem preocupação imediata pelas aplicações posteriores. É um conhecimento genuíno do mundo que nos rodeia. Procura leis a partir de observações particulares de uma multiplicidade de fenómenos. Os conceitos com que trabalha influenciaram muito a maneira de pensar ou de actuar dos artistas. Foram importantes os estudos da física sobre a cor (Newton) e da química no fabrico e uso de pigmentos e aglutinantes; a lei da complementaridade das cores nos impressionistas; os cubistas viram-se influenciados indirectamente pela teoria da relatividade de Einstein, que modificou a concepção do espaço-tempo, alterando a percepção do mundo, agora observado desde diferentes pontos de vista (Braque, Picasso). Nos inícios do séc. XX a cisão do átomo influenciou o trabalho dos primeiros abstraccionistas como Wassily Kandinsky e Piet Mondrian. A possível transformação da matéria em energia (a fórmula de Einstein $E = m \cdot c^2$) provocou a desmaterialização da pintura de Malevich, passando a ser de uma simplicidade estonteante (*Quadrado branco sobre branco*, 1918). A genética e os novos conhecimentos em biologia introduziram um novo modo de fazer arte, naquilo que se tem vindo a chamar como bioarte (Eduardo Kac, Marta de Menezes); a cibernética permitiu gerar arte no espaço virtual e potenciou a arte interactiva; a mecânica e posteriormente a robótica (Leonel Moura, 2001) permitiram construir engenhos mecânicos e autómatos que põem em causa os direitos de autoria e em última análise da obra de arte.

Mas não só a ciência tem influenciado a arte como o processo contrário, apesar de menos abordado, também ocorre. Tal é o caso da descoberta da perspectiva óptica (Brunelleschi) num esforço por representar os objectos tridimensionais numa superfície, com o conseguinte estabelecimento de um ponto de observação. Os artistas chamaram a atenção para o estudo da anatomia com os seus desenhos onde os corpos são delineados com exactidão (Leonardo da Vinci, Versalius), para os efeitos de perspectiva

“atmosférica” (*sfumato*) e de modelação nas sombras (*chiaroscuro*). A ilustração contribuiu de modo significativo no crescimento do entendimento científico do corpo humano, da sua estrutura, dos fenómenos e dos objectos naturais, que passaram a ser observados de outro modo. Tal é o caso da “A primavera” de Botticelli, com mais de 400 espécies de plantas representadas com tal pormenor que é possível a sua classificação botânica. Mais recentemente, pintores como Jackson Pollock puseram em evidência a presença de um mundo novo, até então inimaginável, dos objectos irregulares, fragmentários; mais tarde na matemática, a geometria fractal.

O olhar dos artistas para a natureza suscitou nos cientistas a procura de leis também por meio da observação. De facto, a natureza é um ponto de inspiração para ambos. A procura deliberada da simplificação, do belo como princípio de verdade e “unidade na diversidade” é bem patente em alguns cientistas, como Albert Einstein. Do mesmo modo o artista também procura captar nas suas obras algo semelhante à Verdade ou Verdades, reflectir na obra uma multiplicidade de experiências, tanto provenientes do mundo exterior como interior. Segundo Fernando Pessoa no seu livro *Páginas de doutrina estética*, a ciência descreve as coisas como elas são, «procura conhecer»; enquanto a arte procura as coisas como elas «são sentidas»⁶. O artista, sem fins cognitivos expressos, não só descreve o mundo real, como analisa, interpreta, deforma, descontextualiza, abstrai, generaliza, sintetiza, idealiza, etc. Tanto na arte como na ciência fazem-se simulações (construção de modelos) que reflectem o mundo real, abarcando também o mundo interior, dado que somos parte integrante da natureza e, como tal, não podemos fugir a ela. O princípio de simplicidade como procura de verdade pode não corresponder à verdade das estruturas do real, pode ser meramente subjectivo, uma descrição económica dos fenómenos para adaptá-la ao nosso modo de compreender o mundo. Corresponde a um «aperfeiçoamento subjectivo da vida. Esse aperfeiçoamento é directo ou indirecto; ao primeiro se chama arte, ciência ao segundo. Pela arte nos aperfeiçoamos a nós; pela ciência aperfeiçoamos em nós o nosso conceito, ou ilusão do mundo.»⁷

⁶ PESSOA, Fernando. Idem. p.111.

⁷ Ibidem. p.95.

A procura da unidade na variedade desordenada da natureza e na diversidade da nossa própria experiência pode ser apenas uma estratégia deliberada de que se serve o cientista para seleccionar problemas aos quais pode dar uma resposta simples. «Uma ciência é uma descrição do Mundo, ou melhor, uma linguagem para descrever o Mundo.»⁸A noção do que é simples passa a ser uma noção relativa, dependente do observador, das suas expectativas e das questões consideradas como legítimas ou não. Nós seleccionamos aquelas variáveis tidas como importantes, e tal escolha é por si subjectiva, apesar de ser de aceitação geral a existência de certas constantes universais próprias do mundo exterior (por exemplo; o número de Euler e , o número de ouro ϕ , o número π , a velocidade da luz no vácuo c ou a constante gravitacional G).

Mas, de qualquer modo, há sempre uma parte (será a maior parte?) do mundo real que escapa à compreensão da razão e da lógica na sua irredutibilidade. A ciência não está isenta de erro. Podemos considerar que «a ciência tem olhado a realidade pelo lado da razão, uma visão estreita, uma vez que a emoção, por exemplo, contempla horizontes mais amplos.»⁹ Compete à arte, à filosofia e à espiritualidade fazer incursões em tais areias movediças com uma despreocupação metodológica, mais intuitiva, que permita avançar mais eficazmente na procura de respostas à partida inatingíveis. O que se procura não são as respostas em si mas um novo modo de olhar para nós próprios, uma introspecção que traga nova luz às nossas preocupações e temores.

Ao longo da história os modos de olhar para o mundo têm oscilado entre uma procura do simples (aparentemente mais objectivo, ordenado e harmonioso) e o complexo (mais subjectivo, desordenado e caótico). São exemplos do primeiro; a concepção platónica idealista, o racionalismo, o positivismo, a arquitectura grega e neoclássica, o românico, o minimalismo, etc., por oposição à concepção holística, à teoria de sistemas, ao gótico, barroco e rococó, ao romantismo, ao surrealismo ou ao expressionismo abstracto.

⁸ BRONOWSKI, J. – Introdução à atitude científica. 2.ed. Lisboa: Livros horizonte, 1983. p.57.

⁹ POLICARPO, Armando Ponce de Leão – Comentário à comunicação de Murray Gell-Mann. In Rui Fausto; Carlos Fiolhais, João Filipe Queiró (coord.) – Fronteiras da ciência: desenvolvimentos recentes, desafios futuros. Lisboa; Coimbra: Gradiva, Imprensa da Universidade, 2003. (Ciência aberta; 129). ISBN 972-662-923-3. p.61

É curioso que as palavras *simples* e *complexo* derivem da mesma raiz latina; *plexus*, que significa tecido, enlaçado. O prefixo *com-* acrescenta que se trata de «uns com os outros», ou seja entrelaçado; «de constituintes heterogêneos inseparavelmente associados; coloca o paradoxo do uno e do múltiplo.»¹⁰ É complexo «o tecido de acontecimentos, acções, interacções, retroacções, determinações, acasos, que constituem o nosso mundo fenomenal.»¹¹ A palavra simples é «aquilo que podendo ser duplo ou estar duplicado, não o está, estando dobrado uma única vez.»¹² Ou seja, é simples aquilo em que intervém uma ou poucas variáveis, sendo complexo quando se trata de múltiplos componentes. Para ambos os casos – simples / complexo – é importante a noção de ordem, em que os elementos se dispõem segundo um conjunto racionalmente organizado ou hierarquizado, com regularidade. Mas no mundo real a separação entre o simples e o complexo não é tão definida como seria de esperar. Não existe uma fronteira nítida que os separe.

Neste tecer e entretecer de eventos surge-nos a imagem metafórica das míticas Parcas ou Meras, filhas de Caos e Nix (noite), irmãs das horas, Como seres arcaicos ou primordiais, que nos observam desde a infinidade dos tempos, não reconhecem a autoridade dos deuses do Olimpo, sendo a sua sentença irrevogável. São as tecedeiras e detentoras do destino dos homens e por conseguinte conhecedoras da ordem (simples ou caótica – aparentemente desordenada) do universo. Clotos é a fiadeira presente no nascimento, enquanto Lachesis ostenta a roda da fortuna. A figura de Átropos é a da própria morte, aquela que corta o fio da vida.

Mas desde e perspectiva do homem, inserido na teia do tempo, considera-se como simples a disposição cristalina (ordem estática; regularidade no espaço ao nível microscópico) ou a disposição de uma cidade ortogonal (ao nível macroscópico). No caso da mecânica, é simples o comportamento do pêndulo ideal sem atrito (regularidade no tempo e espaço, dinâmica simples). Mas um ponto delicado surge no caso do pêndulo duplo ideal em que o sistema é simples (um pêndulo ligado a outro) mas o seu comportamento se torna complexo, imprevisível, ao longo do tempo e do espaço. Sob

¹⁰ MORIN, Edgar – Introdução ao pensamento complexo. 3.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. (Epistemologia e sociedade). ISBN 972-8245-82-3. p.20.

¹¹ Ibidem. p.20.

¹² Dicionário da língua portuguesa, 2003. Porto: Porto Editora, 2002. ISBN 972-0-01056-8.

certas condições pode gerar fenómenos caóticos, a uma escala macroscópica, na forma de padrões espaciais ou ritmos temporais. Por sua vez, existem sistemas complexos que apresentam um comportamento simples. Tal é o caso dos fenómenos de sincronização, em que uma multiplicidade de elementos pode ser descrita a partir do indivíduo e das relações de comunicação que estabelece com os outros. A desordem (aparente) também pode surgir de uma ordem intrincada, como é o caso da turbulência, provocada pela instabilidade e quebras de simetria sucessivas, que geram uma complexidade sempre crescente. O termo foi primeiramente usado por Leonardo da Vinci para descrever o comportamento de um fluido com escoamento complexo, como metáfora da desordem e por oposição ao fluxo laminar.

A complexidade no espaço reflecte-se na geometria fractal. Para os sistemas complexos com comportamento caótico determinista, a ciência tem vindo a demonstrar desde a década de sessenta do século XX a presença de uma simplicidade oculta, manifesta nos diagramas de bifurcação, com presença de estados estáveis e com zonas de instabilidade. A trajectória do sistema no seu espaço de fase é extremamente sensível às condições iniciais, imprevisível a nível local mas com uma transição do comportamento regular para o caótico com certas características universais, independentemente dos detalhes de cada sistema. A teoria do caos, os sistemas complexos não lineares, etc., tem abalado, na ciência, certas ideias feitas. O paradigma do regular, do equilíbrio, da simetria, do estável tem sido substituído pelo irregular, aperiódico, assimétrico, desequilíbrio. O caos passou a ter ordens, ordens complexas. Fenómenos que se julgavam do acaso (aleatórios), são identificados hoje em dia como fenómenos determinísticos. A concepção do mundo por parte dos gregos como um cosmos estabilizador, harmonioso, ordenado, bom, oposto a um caos informe, maléfico, encontra-se caduca nos nossos dias. Hoje cresce um pensamento multidisciplinar, com áreas híbridas, polimorfos.

A teoria de sistemas, bem como a teoria do caos e, de certo modo, a sua precursora, a teoria das catástrofes de René Thom, tem vindo a demonstrar a sua aplicabilidade e transversalidade em áreas até então consideradas muito distantes, criando a necessidade de comunicação interdisciplinar, polivalente e multifacetada. O seu objecto de estudo tem vindo a expandir-se sendo hoje em dia aplicado tanto na cibernética, como na teoria das máquinas de estado finito ou autómatos, na teoria de

controle, da informação, de conjuntos, de grafos e redes, na teoria dos jogos e decisão ou na simulação. Permitiram abordar aqueles sistemas que até então tinham sido esquecidos pela ciência por serem demasiado complexos, ambíguos, irresolúveis, irreduzíveis, pertencentes a meros estados transitórios, mas cuja universalidade tem vindo a ser demonstrada. Este tipo de estudos só tem sido possível com o aumento da capacidade de cálculo dos computadores e a consequente aceitação por parte da comunidade científica das suas simulações como ferramentas para a investigação, com a mesma legitimidade e com o mesmo direito do que a análise teórica ou as experiências de laboratório.

Os sistemas complexos encontram-se em todas as escalas da realidade e em fenómenos tão díspares como; as arritmias cardíacas, a previsão meteorológica, flutuação na distribuição de glaciares sobre a superfície terrestre, a bolsa, o tráfego, formação de um floco de neve, reacções químicas oscilatórias, circuitos eléctricos, estratégias de adaptação de insectos sociais, fenómenos induzidos pela tensão superficial, desenvolvimento de um embrião, os fluidos turbulentos, componentes da cintura de asteróides situada entre Marte e Júpiter, estudos da consciência, etc.

«A complexidade é uma nova síntese da ciência e talvez aproxime estas duas perspectivas, talvez faça a fusão das duas culturas, aproximando o cientista [o artista] e o filósofo.»¹³ «Enquanto o pensamento simplificador desintegra, a complexidade do real, o pensamento complexo integra o mais possível os modos simplificadores de pensar.»¹⁴ O pensamento complexo aspira ao conhecimento multi-dimensional, com as conseguintes incompletudes e incertezas, coisa que o artista, como catalizador dos pensamentos do seu tempo, não pode deixar de reflectir na sua arte.

¹³ POLICARPO, Armando Ponce de Leão – Comentário à comunicação de Murray Gell-Mann. *in* Rui Fausto; Carlos Fiolhais, João Filipe Queiró (coord).p. 61-62

¹⁴ MORIN, Edgar. *Idem*. p.9 (prefácio).

2 – Evolução conceptual na arte e na ciência.

2.1 – Inserção do homem no mundo

Dada a forte expansão humana e o seu domínio sobre a natureza (domesticação de animais e plantas, extinção em massa de espécies, mudanças climáticas, etc.), acredita-se que de algum modo o homem é superior a todos os outros seres vivos. Em vez de uma concepção horizontal, em que o homem estaria em pé de igualdade relativamente aos outros animais, o mundo ocidental tendencialmente considera uma distribuição vertical hierárquica em que o homem se situa no topo da pirâmide, no limiar da fronteira interdita do mundo dos deuses (Figura 1). Assim, o homem teria sido criado à imagem e semelhança de Deus; modelado de argila foi insuflado com a essência do ser divinal; da alma vivente.¹

A ciência dos nossos dias, na sua por vezes fastidiosa objectividade e confronto com o palpável, tem-nos vindo a demonstrar a nossa corruptibilidade material. Não só estamos constituídos por idênticos elementos orgânicos e inorgânicos à semelhança de todos os seres vivos (aminoácidos, glícidos, lípidos, etc.) como, além disso, compartilhamos com os nossos primos chimpanzés 99% do genoma, pelo que não nos encontramos tão afastados na árvore filogenética como seria de esperar. Então, onde reside a nossa sobrenaturalidade? O que nos distingue dos restantes seres vivos? Como tenta explicar metaforicamente o livro do *Génesis*²; no pecado original. A maçã que Eva ofereceu a Adão, que por sua vez a Serpente lhe tinha dado proveniente da Árvore do Conhecimento do bem e do mal, foi a responsável pela expulsão do Paraíso. A curiosidade feminina provocou a abertura da Caixa de Pandora com a consequente libertação de todos os males. O ser humano saiu do seu idílio e inocência, da vivência num tempo absoluto, sem preocupações e passou para um mundo hostil, irreversível, com marcação da data em que se teriam que confrontar com a Morte (Átropos, a Parca da morte).

¹ Bíblia Sagrada. Génesis: I Capítulo (Criação do homem).

² Bíblia Sagrada. Génesis: III Capítulo.

O homem atingiu um desenvolvimento cerebral fora do vulgar (índice de encefalização de $640 \frac{\text{capacidade craniana}}{\text{cm}^3}$ no *Homo habilis* perante $1350 \frac{\text{capacidade craniana}}{\text{cm}^3}$ no *H. sapiens*). Libertou-se do aqui e agora dos outros seres vivos. Adquiriu a capacidade de poder viajar no tempo e espaço graças à observação, ao planeamento, à memorização, à previsão e à abstracção. O processamento introspectivo simbólico de dados deu lugar à linguagem. O homem passou a possuir características neurológicas (imaginação, cognição, consciência, auto-consciência), que lhe permitiam experimentar viagens virtuais no tempo e no espaço. Passava a existir um mundo interior, diferente do mundo da experiência exterior sensível, um mundo repleto de imagens, mitos, sonhos e medos, que podiam ser comunicados num sistema de relacionamento inter-pessoal mais complexo.

Surgiu a cultura, um mecanismo de transmissão de conhecimentos diferente da evolução darwiniana, esta dependente da dotação genética (conteúdo do material genético), das mutações, dos fluxos genéticos, da deriva genética, das recombinações e da selecção natural. O novo mecanismo era mais estável e sobretudo com uma velocidade de adaptação ao meio vertiginosa, que aumentava exponencialmente. Já não era preciso esperar que surgissem mutações favoráveis ao acaso. As novas informações adquiridas pelo indivíduo podiam ser transmitidas directamente, não só unidireccionalmente de pais para filhos (como previa Lamarck), como de um modo multidireccional e trans-geracional. Por meio da aprendizagem, da linguagem oral e, sobretudo, da escrita, torna possível contactar com o pensamento e ideias de pessoas ausentes; tanto com aquelas distantes no espaço, como as ausentes no tempo dada a sua morte. Inclusive, permite contactar com aquelas culturas que se perderam nos alvares da história por meio dos estudos arqueológicos. Em vez de movimentos de troca de matéria e energia, comum a todos os seres vivos, a humanização assenta nas trocas de informação com os semelhantes.

Uma vez adquiridas a consciência e a auto-consciência, o homem passou a questionar-se sobre o seu papel no mundo. O homem primitivo arrojado num mundo hostil, governado por forças caóticas e incompreensíveis, só as podia explicar por meio da existência de seres sobrenaturais, que as regiam à sua mercê e capricho. Tais fenómenos, quanto muito, poderiam ser propiciados ou influenciados mediante práticas

mágicas. Dadas as suas capacidades inventiva e adaptativa conseguiu fabricar ferramentas, criar pequenos sistemas simples, domesticáveis, que pudesse usar segundo a sua vontade. Desde o início da sua existência, o homem precisou de estabelecer uma certa ordem, entendida como a disposição de elementos segundo um ou mais critérios reconhecíveis. A ordem implica a possibilidade de reduzir uma multiplicidade ilimitada à unidade ou à multiplicidade limitada; a possibilidade de reduzir o indeterminado ao determinado. Da pura desordem passa-se à vontade de querer estabelecer leis que regem o mundo. Confrontado numa relação antagónica mas complementar entre a simplicidade dos seus modelos e a complexidade do mundo real, o homem tenta exprimir as causas que estão por trás dos fenómenos observados, elucidar aquilo que os governa, extrair aquilo que lhes dá sentido, atribuindo sentido, por sua vez, à existência humana e conferindo-lhe um posicionamento no mundo.

O seu desejo de conhecimento inato, inerente ao seu ser, mas potenciado pela cultura, fez surgir as artes, as ciências, as civilizações. Mas não convém esquecer que mesmo a mais complexa tecnologia existente, não escapa a esse desejo de criar um ambiente mais simples, harmónico, fechado, totalmente previsível. A complexidade, entendida como a ausência de regularidade, tem sido amplamente ignorada e evitada ao longo de vários séculos. Sob o estandarte da ciência como criadora de verdades, tecnologia e bem-estar, banuiu do seu mundo o caos, sem perceber que caos e ordem são faces da mesma moeda, da mesma maneira como a morte complementa e potencia a vida.

A relação antagónica entre o simples e o complexo reflecte-se na consideração da eterna luta entre o Bem e o Mal. O Bem era o simples, harmonioso, útil, em consonância com as leis do cosmos. O Mal era reservado ao informe, indesejado, obscuro, complexo, ruidoso, monstruoso, desorganizado, desconhecido. A mitologia grega e posteriormente a religião cristã, assumiram que o universo começou com o caos, vazio primeiro, amorfo. As trevas cobriam o abismo. Por acção de um ente sobrenatural (Caos como primeira divindade a surgir no universo) estabeleceu-se a ordem (Gaia, Tânato, Eros), criando-se um mundo estático e hierarquizado. Na religião cristã, Deus era o máximo expoente de perfeição na sua unicidade. A vida terrena era complexa, mero lugar de passagem para um mundo mais perfeito, o mundo idealizado de Platão (mundo inteligível). Os filósofos pitagóricos consideravam que certas propriedades da

natureza poderiam ser desvendadas *a priori* a partir de estruturas matemáticas. Segundo Platão, o movimento regular e harmonioso dos astros era explicado de um modo mecânico (inteligível), constituído por dez esferas concêntricas que giravam em torno da terra imóvel. As regularidades observadas na esfera celeste e na esfera terrestre eram reflexos de formas matemáticas perfeitas (cubos, prismas, dodecaedros, etc.), próprias do mundo das ideias³.

Na tradição aristotélica não se recusa a descrição matemático-idealista dada por Platão, pelo contrário, ela é a adequada à descrição do “mundo supra-lunar”, em que os corpos estão constituídos por uma matéria incorruptível e inalterável (a quinta essência ou éter). Mas difere na concepção dos fenómenos terrestres, irreduzíveis ao movimento circular e em que o importante passa a ser a geração e corrupção das substâncias como, por exemplo, o nascimento e a morte nos seres vivos. Para Aristóteles, a causa é intrínseca do objecto (causas material, formal, eficiente e final). Existe uma finalidade interna, ontológica, uma tendência para cada ser realizar a perfeição da sua essência inteligível⁴. Cada elemento tende a ocupar a posição que lhe é mais ideal no mundo: O elemento terra ocuparia a esfera interior no centro do cosmos, enquanto que a água se encontraria na coroa esférica imediatamente a seguir. O ar tenderia para a coroa esférica seguinte e, por fim, o fogo ocuparia a coroa esférica limite do mundo sub-lunar. Trata-se de uma concepção descritivo-metafísica⁵ do mundo, que fornece não só a sua explicação como a sua causa. É um sistema hierarquizado, fechado e cíclico, onde cada ser tem atribuído uma posição, incluído o homem, que tem de procurar a sua própria perfeição.

Durante vários séculos manteve-se por parte dos filósofos árabes, judeus e cristãos a dicotomia entre as leis que regiam o céu, conhecidas por meio da razão e explicadas mecanicamente e as leis que regiam a terra, mais caóticas, imprevisíveis, observáveis mediante os sentidos, fundamentadas na noção da criação por parte de um Deus⁶.

³ PLATÃO – A república. 9.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. ISBN 972-31-0509-8.

⁴ ARISTOTLE – Physics. In Louis P. Pojman – Classics of philosophy. Oxford; New York: Oxford University Press, 1998. (vol. 1: Ancient and Medieval). ISBN 0-19-511645-3. p.259-263.

⁵ SCOTT, Alwyn (ed.) – *Encyclopedia of nonlinear science*. New York; London: Routledge, 2005. ISBN 1-57958-385-7.

⁶ BERTI, Enrico – Idem. p. BERTI, Enrico – Ordre et désordre des grecs à galilée et de Galilée aux temps modernes cit. in Bernard Pullman (ed.). - The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology.

2.2- Acerca da obra de arte.

O propósito da obra de arte foi sempre uma questão fundamental ao longo de toda a história. Ao objecto artístico foi atribuído uma função meramente «poiética»⁷, do acto de imitar a natureza; «catártica»⁸, como despertar dos sentimentos profundos e a sua purificação; «espiritual»⁹, mística; objecto de luxo para a aristocracia; crítica, com ligação à política; expressão dos valores predominantes de cada época. Mas possivelmente a obra de arte vai além da sua estética. É “trans-estética”¹⁰, já que é omnipresente em todas as culturas, por mais primitivas que sejam.

Para Aristóteles seria aquilo que chega à alma, aquilo que permite uma reflexão, que produz uma emoção resultado da «poiesis»¹¹; Está associada ao *Homo sapiens sapiens* desde as suas origens, pelo que a sua função deve ser uma função básica, de auto-consciência, constituinte do ser, agente espelhante do Eu, ferramenta para construir «versões de mundos»¹², associada com o modo de estar inserida a humanidade no mundo.

Muitos estetas e historiadores de arte – entre eles U. Eco e T. Adorno – têm vindo a considerar que a obra de arte tem um papel comunicativo relacionado com o modo particular de ver o mundo por parte do artista. Desde Kant, a cultura ocidental herdou a ideia controversa de que o fim último da obra de arte era mostrar o belo como

Proceedings: plenary sessions of the pontifical academy of sciences, 27-31 october 1992. Princeton; New Jersey: Pontificia Academia scientiarum, 1996. (nº 89). ISBN 88-7761-055-7. p.29-30.

⁷ FREIRE, António – A catarse em Aristóteles. Braga: Edições APPACDM distrital de Braga, 1996. (Coleção humanidades; 40). ISBN 972-8195-55-9.

⁸ *Ibidem*.

⁹ KANDISNSKY, Wassily – Concerning the spiritual art. in HARRISON, Charles; WOOD, Paul (ed.) – *Art in theory, 1900-2000: an anthology of changing ideas*. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 2003.(2º ed.). ISBN 0-631-22708-3. p. 82.

¹⁰ KANT, Immanuel – Crítica da faculdade do juízo. Lisboa: Imp. Nac., Casa da Moeda, 1992. (Estudos gerais ; série Universitária). ISBN 972-27-0506-7. p.98.

¹¹ FREIRE, António. *Idem*.

¹² GOODMAN, Nelson – Modos de fazer mundos. Porto: ASA, 1995. (Argumentos Biblioteca do Pensamento Contemporâneo). ISBN 972-41-1560-7.

“prazer desinteressado”¹³, possuindo uma dimensão impessoal e universal. Seja como for, o que é certo é que não existe nenhuma cultura sem arte. Não se trata de um valor cultural fútil, nem de um objecto privilegiado para certos espectadores, mas situa-se numa dimensão mais essencial, que vai para além de uma multiplicidade de interferências.

Algumas correntes actuais atribuem o papel da obra de arte ao resultado de um acto comunicativo intencional. Para Deleuze e Guattari, ela é uma «máquina de agenciamento»¹⁴ ou um potenciador de «encaminhamentos interiores»¹⁵. Trata-se de um objecto de pensamento, um «despertar da alma»¹⁶, segundo Hegel. Kant define-a como uma fonte de conhecimento “trans-individual”¹⁷. Situa-nos numa dimensão ou estrutura do “aqui” e “agora”, de correlação histórica, sendo uma “presença do atemporal no tempo”¹⁸. Apresentaria uma componente que atinge algo de absoluto; uma compreensão da realidade; algo que se aproxima de algum modo da Verdade¹⁹. Aquela verdade que forma parte integrante do homem como ser que se encontra imerso na Natureza.

Segundo W. Benjamin, a obra de arte é um modo para o homem obter a sua autêntica dimensão histórica e temporal, o espaço da sua “dependência ao mundo”²⁰; faz da sua experiência de ser no mundo a sua condição essencial. «Sentimos que [a obra de arte] expressou algo que estava latente em nos todo o tempo, mas que nunca nos tínhamos apercebido até que ele nos o revela ao revelar-se a si próprio.»²¹ O mundo da

¹³ KANT, Immanuel – Idem. p.98.

¹⁴ DELEUZE, Gilles ; GUATTARI, Félix - *Milles plateaux : capitalisme et schizophrénie*. Paris: Les éditions de minuit, 1989. (Critique). ISBN 2-7073-0307-0.

¹⁵ DELEUZE, Gilles – Crítica e clínica. Lisboa: Século XXI, 2000. (Fundamento; 6). ISBN 972-8293-20-8. p.94.

¹⁶ HEGEL, George W. F. – Estética, Vol. VI: pintura e música. Lisboa: Guimarães & Ca., 1974. (Filosofia e ensaios). p.16-19.

¹⁷ KANT, Immanuel – Idem. p.98.

¹⁸ BENJAMIN, Walter – Sobre arte, técnica, linguagem e política. Lisboa: Relógio d’Água, 1992. (Antropos). ISBN 972-708-177-0. p.92.

¹⁹ Ibidem.

²⁰ BENJAMIN, Walter – A modernidade. Lisboa: Assírio & Alvin, 2006. ISBN 972-37-1164-8.

²¹ FRY, Roger – An essay in aesthetics., Charles Harrison, Paul Wood (ed.) – *Art in theory, 1900-2000: an anthology of changing ideas*. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 2003. (2º ed.). ISBN 0-631-22708-3. p.75.

obra espelha a sua acção e existência. O artista marca um aqui e agora da obra de arte, como o sítio original do homem, encontrando entre o passado e o futuro o seu espaço presente. Trata-se de uma determinação pontual na linearidade da história, mas, ao mesmo tempo, a obra pertence tanto ao futuro como ao passado, desde que o tempo signifique o tempo de todos os homens. É uma partícula infinitesimal do tempo que contém o paradoxo da emergência de algo de novo que contém a eternidade. A obra de arte mostra aquilo que toda a gente tinha visto mas que ninguém tinha percebido como diferente. O olho não se limita a reflectir, senão que vai para além da imagem mimética; “o visível se torna transparente para deixar ver as suas profundezas”²², cria-se um espaço virtual, como o do espelho.

A percepção da obra de arte não só deve ser entendida como uma transformação do objecto em algo do próprio sujeito, como também uma transformação do próprio sujeito. O artista transforma-se não só no sujeito do enunciado, como também no da enunciação, vendo-se introduzido numa rede de reciprocidades conjuntamente com o espectador. A obra de arte traz um novo conhecimento como objecto espelhante da natureza e do mundo e, como tal, induz uma mudança dentro de eles. A obra de arte não pode deixar de ser um reflexo do «homem especular»²³.

Segundo Nietzsche, em *A genealogia da moral*²⁴, a obra de arte é uma moeda de dupla face. Não só pode ser observada do ponto de vista do espectador – postura adoptada ao longo de toda a história da arte – como também é legítimo ser observada do ponto de vista do seu criador. Não quer dizer que se encontre forçosamente ligada ao prazer, ao lúdico ou à aparente futilidade do simples jogo hedónico. O artista dedica-se por completo à realização das suas obras, não pelo puro desinteresse, mas, ao contrário, pelo interesse que tem em atingir a sua própria imortalidade, como sujeito inseparável da sua obra e pela afronta e libertação que lhe supõe o acto criativo.

Segundo Agamben, trata-se de um jogo, um devir, um percurso onde não só a obra de arte, como também o próprio sujeito sofrem uma série de metamorfoses. «O

²² GIL, José – *A imagem-nua e as pequenas percepções: estética e metafenomenologia*. Lisboa: Relógio d'Água, 1996. (Filosofia). ISBN 972-708-299-8. p. 55.

²³ *Ibidem*. p.56.

²⁴ NIETZSCHE, Friedrich – *A genealogia da moral*. 6.ed. Lisboa : Guimarães editores, 1992. (Colecção filosofia & ensaios). ISBN 972-665-144-1. p.87-88.

caminho exterior é uma criação que não preexiste à obra e depende das suas relações internas.»²⁵. «É como se caminhos virtuais se juntassem ao caminho real que recebe novos traçados, novas trajectórias. Um mapa de virtualidades, traçado pela arte, sobrepõe-se ao mapa real cujo percurso ela transforma.»²⁶ O caminho que percorre o artista («encaminhamentos interiores.»²⁷, caminho virtual, intelectual e emocional) não pré-existe à obra (caminho real, objecto artístico), senão que se geram em paralelo, dependem das suas inter-relações e diálogo que configuram a descrição de novas trajectórias com a inevitabilidade da escolha nos pontos de bifurcação.

O objecto artístico situa-se perante o observador mas aponta para um conceito, um sentimento, uma paixão que está para além de si. É um intermediário, algo que está em lugar do outro, tendo um significado extra que nos aproximam a outros aspectos da realidade. No fundo, o objecto artístico é um símbolo emprestado, uma metáfora.

Isto explica que o espectador não tenha um papel passivo. «Toda obra é uma viagem, um trajecto, mas que apenas percorre este ou aquele caminho exterior em virtude dos caminhos e trajectórias interiores que a compõem.»²⁸ O observador vê-se obrigado também a realizar percursos que são forçosamente múltiplos, mudando de sentido a cada nova leitura. A obra de arte tem de ser vivenciada para desocultar as várias camadas de significado. Segundo a teoria *Gestalt*, a experiência estética surge da incompletude da obra, que suscita a nossa natural tendência para as completar. A obra de arte tem algo de inacabado, algo que o espectador deve aportar. Na conhecida peça de Marcel Duchamp “*Étant donnés: 1º la chute d’eau, 2º le gaz d’éclairage*” (1946-66) o finalizar da obra cabe ao observador, no momento em que espreita pelos dois buracos que se encontram à altura do olhos e se torna num *voyeur* involuntário. Neste caso, como em muitas outras obras de arte, sobretudo as mais actuais, é preciso que o

25

²⁶ NIETZSCHE, Friedrich - *Généalogie de la morale*. In Agamben, G. – *L’home sans contenu*. [Sautxures]: Circé, 1996. ISBN 2-84242-155-8.

²⁷ DELEUZE, Gilles – *Crítica e clínica*. p.94

²⁸ DELEUZE, Gilles – *Crítica e clínica*. p.10 (Preface).

espectador participe nelas. Mas não é só a este esforço físico a que nos estamos a referir: também requer ser «percebida pelo olho interno»²⁹, pelo esforço da mente.

«Este jogo de inibições e de reacções emotivas intervêm para dar significado ao discurso.»³⁰ «A emoção nasce com o bloqueio da regularidade, a tendência para a boa forma, a lembrança de experiências formais passadas intervêm [...], perante a crise que surge, expectativas: previsões da solução, prefigurações formais nas quais a tendência inibida se resolve.»³¹ «Como a inibição perdura, da expectativa emerge um prazer, quase um sentido de impotência perante o desconhecido: e quanto mais inesperada é a solução, tanto mais intenso é o prazer quando ela se verifica.»³²

Enquanto se abrem à contemplação, as obras de arte desorientam ao mesmo tempo o contemplador na sua distância, que resulta totalmente desarmado, desorientado, perplexo ante a sua vulnerabilidade e impotência. Como propõe Derrida, é preciso que haja uma desconstrução para que as nossas máscaras sejam deitadas abaixo e poder descobrir a verdade da obra não só a do mundo interior do artista como uma verdade universal, algo que pode ser palpado, sentido, mas dificilmente expresso por palavras. A nossa completa alienação é a que vai implicar realizar experiências de liberdade, vai ser causadora de um «despertar da alma»³³, de uma suspensão do tempo linear, um despertar do «aqui e agora»³⁴ na dimensão mesma do ser no mundo. O instante desta passagem é o momento supremo da arte.

²⁹ LIEBERMANN, Max – Imagination in painting. in, Charles Harrison; Paul Wood (ed.) – *Art in theory, 1900-2000: an anthology of changing ideas*. Malden; Oxford; Victoria: Blackwell Publishing, 2003.(2º ed.). ISBN 0-631-22708-3. p.30.

³⁰ EHRENWEIG, Anton – *El orden oculto del arte*. Barcelona: Labor, 1973. (Biblioteca Universitaria). ISBN 84-335-7048-X.

³¹ *Ibidem*.

³² *Ibidem*.

³³ HEGEL, Georg W. F. *Idem*. p.16-19.

³⁴ BENJAMIN, Walter. *Idem*. p.92.



2.3 – A obra de arte como metáfora epistemológica.

A visão da obra de arte é uma metáfora de algo mais essencial, estabelecendo «uma economia entre o que é visível e o invisível»³⁵. «Olhar para uma obra de arte é um acto criativo que conduz à formação de uma ordem semelhante à que o artista tinha em mente ao criar o trabalho original. Deste modo, pode em boa verdade dizer-se que um artista nos revela novas vias para ver o mundo, porque a criatividade de ler e compreender uma obra de arte envolve a percepção criativa [...que], em última análise, se projectam além dessa obra para abranger toda a natureza e experiência.»³⁶ É uma metáfora pela capacidade da imagem superficial dos factos visuais desdobrar-se noutras, inomináveis, não linguísticas, imprecisas, ambíguas, intuitivas, chegando a esferas muito mais amplas de significado. «A metáfora articula o semântico ao pré-semântico na profundidade da experiência humana.»³⁷

A obra de arte, ou pelo menos algum tipo de arte, não deixa de ser uma ferramenta fundamental que o homem tem à sua disposição para lidar com o mundo, na procura de novos conhecimentos³⁸ e como modo de superar as quebras de comunicação. Pode ser observada sob um “prisma epistemológico”, como “metáfora epistemológica”³⁹, na relação que estabelece com a necessidade de adquirir novas verdades, como modo de «construir versões de mundos»⁴⁰. «Como, porém, o nosso conceito do mundo compreende o que fazemos de nós mesmos [...], sucede que em seus fundamentos subjectivos, e portanto na sua maior perfeição em nós..., a arte se mistura com a ciência, a ciência se confunde com a arte.»⁴¹

³⁵ Ibidem.

³⁶ BOHM, David; PEAT, F. David – *Ciência, ordem e criatividade*. Lisboa: Gradiva, 1987. p.226.

³⁷ RICOEUR, Paul – *A metáfora viva*. Rés: Porto, 1983. p. XV (prefácio).

³⁸ D'OREY, Carmo – *A exemplificação na arte: um estudo sobre Nelson Goodman*. Lisboa: F. C. G.; F. C. T., 1999. (Textos universitários de ciências sociais e humanas). ISBN 972-31-0830-5. p.651.

³⁹ ECO, Umberto – *A definição da arte*. Lisboa: Ed. 70, 1995. (Arte & Comunicação;13). ISBN 972-44-0165-0. p.55

⁴⁰ GOODMAN, Nelson. Idem. p.5.

⁴¹ PESSOA, Fernando. Idem. p.95.

A obra de arte é também epistemológica porque apresenta determinadas aquisições das metodologias científicas como a capacidade de construir as suas próprias imagens mentais, simulações, modelos explicativos e metáforas. Da mesma forma, apela ao imaginário, possuindo na sua essência algo que se aproxima de algum modo da Verdade, atinge algo de absoluto⁴². «O olhar retiniano só pode penetrar uma parte muito pequena do estado material e quase nada do estado imaterial das coisas. A superfície do mundo oculta mais do que revela. A ciência do século XX baseia-se largamente naquilo que é invisível para a visão retiniana do homem pois tenta sempre compreender as forças e os campos, e as relações que estão subjacentes ao nosso mundo visual.»⁴³ A arte faz afirmações sobre o mundo através do modo como se estrutura, manifestando enquanto forma as tendências históricas e pessoais⁴⁴.

Na arte já não há motivos para um planeamento unívoco. A obra de arte, enquanto aberta e enquanto metáfora não é estritamente idêntica à realidade. É um modelo e como tal não pretende ser fiel ao representado se não no que respeita aos traços pertinentes. Mas é uma ferramenta rica porque se correlaciona com outros níveis de realidade. Os modelos, ao realizarem um transporte do sentido próprio para o figurado, abrem caminho a interpretações novas, que melhor se ajustem com a realidade. Abrem uma nova dimensão de realidade e de verdade.

Assemelha-se mais à criação de uma imagem poética, uma fábula, onde a realidade e a fantasia andam de mão dada. Trata-se de uma metáfora, entendida como uma invenção livre do discurso, como um aumento polissémico. Do choque entre campos semânticos diversos emerge uma nova significação gerada pela aproximação repentina de significados separados pelo respectivo sentido literal. Não se trata de uma representação da própria realidade, mas de uma imagem onde objectividade e subjectividade são indiscerníveis. Um espelhamento da compreensão do nosso modo de estar perante o mundo⁴⁵.

⁴² Ibidem. p.95.

⁴³ MIRANDA, José Bragança de, - Da interactividade, crítica da nova mimesis tecnológica. *In* *Ars telemática: telecomunicação, internet e ciberespaço*. Lisboa: Relógio d'Água, 1998. ISBN 972-708-330-7. p.179-233.

⁴⁴ ECO, Umberto. Idem. p.36.

⁴⁵ BARBOSA, Pedro - *Metamorfoses do real: arte, imaginário e conhecimento estético*. Porto: Afrontamento, D. L., 1995. (Grand'angular; 8). ISBN 972-36-0377-2. p.249.

A arte, com as suas múltiplas contaminações e influências, evolui a par com os novos conceitos científicos. As novas vanguardas descobrem novos fenómenos antes que a consciência comum os consiga integrar. Na actualidade, o princípio da indeterminação na mecânica quântica ou a teoria do caos, mudaram muito o modo de ver o mundo. Deixou de ser uma imagem unitária e definitiva, ele passou a ser visto como um sistema de conhecimento incompleto, descontínuo, indeterminado, sem nenhum tipo de perspectiva privilegiada. Em definitivo, passou a apresenta-se como aberto, deixando sempre mais alguma coisa para ver.

Para Umberto Eco, a obra de arte não podia deixar de ser uma obra aberta, com uma mensagem ambígua, multi-semântica, com uma pluralidade de significados que convivem num só significante⁴⁶. O artista passou a considerar o multiforme, o ambíguo, o incerto, o complexo, como altamente desejável. Introduce módulos de desordem organizada no interior de um sistema para lhe aumentar a capacidade de informação. Como os sistemas vivos, a obra situa-se entre o demasiado simples (uma vez observada já não traz mais significados) e o demasiado aleatório (não é possível perceber nada, não existe comunicação entre a obra e o espectador). As obras de arte, pelo menos aquelas que perduram ao longo da história, são polissémicas, deixando sempre mais algo para descobrir em cada novo olhar.

A obra de arte é uma obra não acabada, não fechada, polifónica, mas deixada nas mãos do espectador, que se vê forçado a responder livre e inventivamente. Trata-se de um convite para reconstruir a obra com o autor. É um diálogo em que a obra funciona como *médium*, e em que cada nova abordagem gera uma quantidade de interpretações inesgotável, com um contínuo despertar de ecos e de recordações, assim como obriga constantemente a rever os valores e as certezas. «Em vez de seguir uma linha, alarga-se a si mesma por todas as dimensões [incluindo a do tempo] à volta de um único ponto.»⁴⁷ «De tal modo que uma só palavra se torne um nó de significados, cada um dos quais pode encontrar-se e ligar-se com outros centros de alusão, abertos ainda a novas

⁴⁶ ECO, Umberto. Idem. p.74.

⁴⁷ RICOEUR, Paul – *A metáfora viva*. Rés: Porto, 1983.

constelações e a novas probabilidades de leitura.»⁴⁸ Mas mesmo com uma infinidade de leituras, a obra mantém-se inalterada na sua singularidade.

Tal visão já foi posta em prática em alguns momentos da história ocidental. Este é o caso do pensamento renascentista, como o de Leonardo da Vinci, Albert Dürer ou Alberti. Para eles pintar, inventar novos engenhos ou estudar anatomia era uma só e mesma actividade intelectual, todos os campos de saberes eram válidos como modos de obter conhecimento. A sua arte reflecte um modo de olhar para a natureza não com propósitos miméticos em si, mas com o objectivo de desentranhar as suas leis, sempre a partir da experiência. A imaginação e o intelecto eram usados para recriar uma infinidade de imagens plausíveis, numa profunda convicção de que o macrocosmos estabelecia as suas analogias com o microcosmos, mudando só a escala espaciotemporal.

2.4 - Da ciência clássica à teoria de sistemas complexos.

Galileo Galilei (1564-1642) é considerado o fundador da ciência contemporânea e do método científico. Além das suas observações do pêndulo para o estabelecimento da relação entre o seu comprimento e o período, marcante para a ciência posterior foi esta sua afirmação (1610) e tudo o que ela envolve: «A linguagem da Natureza é a matemática, os seus caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas.»⁴⁹ Pela primeira vez as leis que regiam a terra eram em todo semelhantes às dos céus. O cientista tinha que procurar causas naturais (leis simples) que explicassem os fenómenos naturais. A realidade passa a ser apreensível por meio da observação e do raciocínio.

Considera-se como ordenado o movimento rectilíneo e uniforme dos corpos. O seu método consiste na simplificação, abstracção, eliminação do supérfluo e do sujeito da experiência (exofísica), para que o fenómeno se pudesse observar no seu estado puro,

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ CROCA, José R; MOREIRA, Rui N. – *Diálogos sobre física quântica: dos paradoxos à não-linearidade*. Lisboa: Esfera do caos editores, 2007. (Esfera das ciências; 1). ISBN 978-989-8025-27-2. p.32-33.

objectivo, apreensível matematicamente e, por conseguinte, mais inteligível⁵⁰. Tratava-se de uma concepção matemático-positiva, que não mantém com a realidade uma relação de identidade, mas sim de analogia. Ao eliminar o supérfluo, não se está a trabalhar com o mundo em si, mas com uma série de postulados, teorias, leis que o modelam. Surge uma nova linguagem; a matemática.

René Descartes (1596-1650) reduziu o universo material ao movimento mecânico, sem finalidade, ao contrário da descrição aristotélica. As leis matemáticas e físicas que governam o universo seriam meras expressões de uma escolha feita por Deus de uma maneira arbitrária no acto criador. Os seres vivos são meras máquinas criadas por Deus, mas com capacidade para funcionar independentemente dele. A alma é explicada como uma substância independente do corpo. Bento de Espinosa (1632-1677) proclama o mecanicismo absoluto da realidade, incluindo a alma humana e Deus. Gottfried Leibniz (1646-1716), por sua vez, reafirma a transcendência de Deus e da espiritualidade da alma⁵¹.

Isaac Newton (1692-1727), tinha a crença de que os sistemas estavam governados por leis puramente abstractas, que podiam ser especificadas em termos de equações matemáticas. A ele se deve o surgimento da análise matemática, do cálculo diferencial e integral (a par de Leibniz). A sua mecânica reduz os fenómenos do movimento, tanto celestes como terrestres a uma mesma lei, a lei da gravitação universal, fundamentada na força gravítica capaz de produzir movimentos de massas no espaço.

Tanto as leis da gravitação, como a geometria dos clássicos ou a dinâmica de Galileu estabeleceram as bases do paradigma da ciência moderna. Segundo Descartes no seu *Discours de la Méthode* (1637), o propósito da ciência consistia em «fragmentar todo problema em tantos elementos simples e separados quanto seja possível»⁵², ao ponto que a sua resolução se torne trivial. Desde Galileu, a ciência tenta isolar os elementos de um sistema (ponto material, compostos químicos, células, sensações elementares, indivíduos, etc.), na crença que a descrição do comportamento do sistema é obtida da descrição do comportamento das suas partes. Variando um só factor de cada

⁵⁰ Ibidem. p.34.

⁵¹ BERTI, Enrico – *Ordre et désordre des grecs à galilée et de Galilée aux temps modernes cit in The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology*. Bernard Pullman (ed.). p.34-35.

⁵² BERTALANFFY, L. Von [et al.] – *Tendências en la teoría general de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, 1987. (Alianza Universidad; ciências). ISBN 84-206-2208-7. p.31.

vez seria fácil estabelecer relações de causa-efeito unidireccionais, em que para cada causa simples, haveria um efeito particular. Depois, a somatória das causas daria o conhecimento do funcionamento do conjunto. Esta crença na possibilidade de encontrar modelos simples que se ajustassem com as observações trouxe um avanço espectacular à ciência. Tratava-se de modelos simples que se ajustavam a observações simples. As trevas eram afastadas.

A procura da “forma perfeita” (formas geométricas), da harmonia (número áureo), do “movimento regular e estável”, e, em definitivo, da ordem, criaram a aceitação geral entre os pensadores do séc. XVII até ao XIX de que o mundo era estável, fechado, hierarquicamente estratificado, manifestação da presença de Deus no mundo. Do mesmo modo, justificava a organização socio-política, a função do Estado e a supremacia do intelecto sobre as artes manuais.

A ciência foi tão eficaz com a sua nova metodologia, houve tantos avanços e expectativas no seu apogeu que se considerou ser a ferramenta que viria a acabar com todos os males do mundo. Foi tal o grau de optimismo que levou o astrónomo e matemático Pierre Simon Laplace (1749-1827) a considerar Deus como uma hipótese inútil, admitindo só a ciência no domínio do conhecimento. Em 1814 postulou o seu princípio do Demiurgo Determinístico. Segundo ele, se existisse uma inteligência que num dado instante pudesse compreender todas as forças pelas quais a natureza é animada, os respectivos pontos de aplicação e se pudesse submeter estes dados à análise, para o Demiurgo nada seria incerto e tanto o futuro como o passado estariam a frente dos seus olhos⁵³. Por outras palavras, se fosse possível saber as posições e as velocidades (na verdade os momentos) de todos os corpos existentes no mundo num dado instante, seria possível conhecer todo o passado e prever todo o futuro, não havendo lugar para a imprevisibilidade. A palavra Determinismo passava então a ser sinónima de previsível, dada a convicção de que a Natureza obedecia a um conjunto relativamente pequeno de leis fundamentais, representadas por meio de equações diferenciais. Num mundo determinístico o livre arbítrio seria uma ilusão. Cada coisa estaria pré-determinada por um estado inicial, anterior à vida. Se entre as partículas do

⁵³ SCOTT, Alwyn (ed.) – Encyclopedia of nonlinear science. New York; London: Routledge, 2005. ISBN 1-57958-385-7.

universo incluímos as partículas do nosso cérebro, os nossos pensamentos e sentimentos, nós próprios deixaríamos de ter liberdade. Os nossos actos seriam meras reacções a certas causas simples e previsíveis. O nosso destino se encontraria escrito no Livro da Vida; a nossa sentença de morte teria data marcada e nem mesmo os deuses do Olimpo a poderiam revogar. Toda luta seria desnecessária e dramática. Todo o herói pereceria. Este é o pensamento que levou muitos românticos à loucura.

A este tipo de pensamento caberia fazer uma objecção; nós não somos o Demiurgo onisciente, não podemos conhecer todas as variáveis num determinado momento. A resposta a esta objecção era dada na construção de novos aparelhos, mais sofisticados, que reduzissem o erro nas medidas, conduzindo a uma redução do erro de previsibilidade do sistema. A ciência só requereria tempo para desvendar todas as estruturas que regem o mundo. O mundo seria descrito por meio de sistemas dinâmicos, caracterizados pelo facto dos valores futuros das suas variáveis poderem ser dados em função dos valores actuais e por um espaço abstracto (espaço de fase) definido pelas variáveis do sistema dinâmico. O mundo natural poderia ser explicado usando as equações, tornando-se previsível, totalmente mecanicista, exacto, mas, por outro lado, não havendo mais nada para descobrir.

Apesar da sua dinâmica, seria um mundo imutável, na sua periodicidade, um mundo máquina, já que uma vez completado o ciclo, o estado final seria idêntico ao estado inicial, repetindo todo o processo. Podemos usar como metáfora o pêndulo idealizado de Galileu que se caracteriza pela sua reversibilidade no tempo, quer dizer, a possibilidade de inverter o tempo para o estado inicial, e pela conservação da energia (sistema conservativo). A ideia do Eterno Retorno⁵⁴, do *déjà-vu* ou da cosmologia cíclica (Xiva), estaria bem patente como prova do absurdo da vida. O universo passava a ser concebido como um engenho mecânico. Seria um sistema fechado, organizado inteiramente como uma peça de relojoaria, que responde mecânica e univocamente frente a estímulos exteriores. Como tal, a sua finalidade só poderia ser entendida por aquele que “souber ler as horas”. Para nós, humanos, só seria possível estudar os seus componentes sem ter acesso à sua finalidade, que só seria acessível a Deus.

⁵⁴ NIETZSCHE – Assim falava Zaratustra: um livro para todos e para ninguém. Lisboa: Relógio d’Água,1998. (Obras escolhidas de Friedrich Nietzsche; 4). ISBN 972-708-385-4. p.182-183

As primeiras fissuras na ciência mecanicista surgiram no século XIX com o electromagnetismo e a termodinâmica - sobretudo com o conceito de calor e, posteriormente, a entropia – e com a ampliação dos conhecimentos em biologia (Teoria da Evolução de Darwin). Mas por mais de um século houve confusões a respeito do seu significado. Tais estudos viriam a mostrar que a ordem do universo é mais complexa do que uma ordem simplesmente mecânica. Atestava-se a existência de uma certa desordem no interior da ordem e a presença de fenómenos turbulentos, irregulares ou caóticos.

O electromagnetismo apareceu para dar conta de fenómenos não puramente mecânicos, e os seus pioneiros foram, entre outros; Faraday (1824-1831) (conversões mútuas entre magnetismo e electricidade) e Maxwell (1860), que estabeleceu as equações com o seu nome. Neste contexto surgia a polémica acerca da natureza da luz: corpuscular (Newton) ou ondulatória (Huygens), polémica que foi mais tarde reeditada no início do séc. XX no âmbito da mecânica quântica.

Os trabalhos que contribuíram para o surgimento da termodinâmica foram os de: Cowley (1705) e Watt (1756), (máquinas térmicas); Fahrenheit (1717) e Celsius (1741), (escalas dos termómetros); em 1789 por Lavoisier (calorímetro) e Laplace (calor específico); Joule (1842-50), Helmholtz (1847), Clausius (Teoria Cinética dos gases, [1856] e conceito de entropia, [1865]); Maxwell (1860), Boltzman (1871) (mecânica estatística) e Gibbs (1877), entre outros⁵⁵.

James P. Joule demonstra a transformação da energia mecânica em energia térmica. Estabelece o primeiro princípio da termodinâmica da conservação da energia. Mas Sadi Carnot e Rudolph J. E. Clausius demonstram a impossibilidade das transformações inversas, a energia térmica não é convertível completamente em energia mecânica. Há sempre uma perda, como evidenciam as máquinas de vapor. Descubrem-se os processos irreversíveis, intimamente ligados com a natureza do calor. Calor e trabalho são duas formas de transferir energia entre sistemas. No entanto não são

⁵⁵ RAMOS, Maria das Mercês Carvalho Correia de Sousa – A entropia como medida da complexidade e da estabilidade do conhecimento em contextos de ensino e aprendizagem. (Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Metodologia das Ciências. Física). Universidade de Lisboa, 2000.

equivalentes; em qualquer processo de transferência de energia existe calor dissipado – energia dissipada, mas não destruída. Deste modo Clausius a partir de 1854 «procura enunciar um conceito que possa fornecer uma medida da direcção das transformações térmicas, e estabelecer a irreversibilidade como uma característica do mundo natural.»⁵⁶ Esta reflexão leva-o a propor uma nova grandeza, a entropia. Na época a entropia era encarada como a expressão de uma tendência oposta à noção de “progresso” histórico ou evolutivo. Trata-se de uma forma de “regressão⁵⁷”, uma “degenerescência” do sistema, com o aumento da desordem para a qual tende o universo.

O conceito de calor, primeiro utilizado no estudo dos gases perfeitos, foi-se generalizando cada vez mais. Desde meados do séc. XIX, graças a Boltzman, Maxwell e Gibbs, o calor passou a ser expresso em termos de probabilidades, considerado como uma forma de energia associada com a aleatoriedade microscópica. A lei dos grandes números de Boltzmann (mecânica estatística), permitia formalizar a ideia intuitiva de uma evolução para um estado médio estável pela anulação das particularidades de cada elemento e o nivelamento das suas diferenças. O calor era devido a movimentos de agitação de grande número de átomos, moléculas ou outras partículas em desordem. A entropia passava a reflectir a degradação irreversível, o problema das perdas, das forças que esvaziam o circuito, que induzem trocas deficitárias, esgotamento, inactividade, perdendo-se em forma de calor. Estava-se perante uma nova grandeza que aumentava ao longo do tempo, indicadora de desordem, com tendência para a uniformidade do sistema; a entropia, cujo uso se foi generalizando e adquirindo maior rigor. O conceito de entropia adquiriu novas formas na teoria da informação (Shanon, 1948) e na teoria ergódica (Kolmogorov, 1954). Em 1967 Adler, Konheim e McAndrew estenderam o seu uso para a dinâmica topológica, passando a ser chamada “entropia topológica”.

O estudo dos sistemas não isolados, que são os que se apresentam na natureza, permitia constatar e explicar a existência de fenómenos irreversíveis (dissipativos). A irreversibilidade passava a ser uma característica do mundo natural, de sistemas abertos que vão mudando a sua própria estrutura. O tempo surge como um vector, com rotura de simetria entre o futuro e o passado. A noção do Eterno Retorno perde a sua validade,

⁵⁶ Ibidem

⁵⁷ BERTI , Enrico – Ordre et désordre des grecs à galilée et de Galilée aux temps modernes *cit in* Bernard Pullman. - The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology. p.37.

havendo um antes e um depois, com uma tendência para o aumento da desordem. Um não retorno ou retorno às condições iniciais semelhantes, mas não idênticas. Da concepção cíclica do mundo passa-se para uma espécie de espiral, com repetição de fenómenos semelhantes propagando-se segundo a seta do tempo ou como um sistema em rede, rizomático, em que cada nó supõe uma bifurcação, uma escolha. O *Big Bang* (a existir) teria como destino a sua “morte térmica”, começando de forma ordenada, passando a ser progressivamente mais e mais desordenado; acabando em meras colisões aleatórias.

2.5 – Conceito de sistema.

O conceito de sistema (do latim *systema*; reunir ou juntar) é extremamente vasto, omnipresente, abarcando todos os domínios do saber. Todo fenómeno, campo de conhecimento ou objecto de estudo é susceptível de ser considerado como sistema (p. ex.; átomos, moléculas, cristais, células, tecidos, organismos, biótopos, sociedades, fenómenos biológicos, psicológicos, ou sociais), desde que esteja constituído por diferentes elementos ou subsistemas. Nele assumimos que existe um comportamento de unidade, uma propriedade que emerge do seu funcionamento e em que os estados locais e as suas interligações determinam o estado global de todo o sistema. Temos como exemplo os sistemas electrónicos, linguísticos, matemáticos, arqueológicos, químicos, mecânicos, biológicos, sociais ou económicos.

O termo “teoria de sistemas do organismo” foi introduzido pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy em 1930, dando origem à “teoria geral de sistemas”; teoria lógico-matemática que se propõe formular e derivar aqueles princípios gerais aplicáveis a todos os sistemas dinâmicos e, por tanto, presente em várias áreas científicas. Foi impulsionado pelo surgimento do computador que permitia fazer frente aos sistemas não lineares, até então irresolúveis pela grande capacidade de cálculo que requeriam.

Segundo Von Bertalanffy; «as propriedades e natureza dos processos nos níveis superiores não são explicáveis pela soma das propriedades e natureza dos processos dos seus componentes, se estes se tomam isoladamente. Mas os níveis superiores são

dedutíveis a partir dos seus componentes, se os conhecemos no seu conjunto e as relações que os ligam.»⁵⁸

De certo modo estamos perante a herança aristotélica, que se opõe ao método cartesiano-analítico. O todo não é considerado a soma das suas partes, mas é encarado holística e interdisciplinarmente. Por oposição ao reducionismo, que divide o objecto de estudo nas suas equações dinâmicas lineares, considerando o Todo, essencialmente fechado sobre si próprio e, por conseguinte, completo, auto-suficiente e diferenciado do seu meio. A teoria de sistemas faz uso das equações dinâmicas não-lineares, tendo em conta as interacções e fenómenos de retroacção que se estabelecem dentro do sistema assim como também as relações com o meio, numa troca de matéria, energia e/ou informação. No seu seio os constituintes relacionam-se entre si, interagem ordenadamente contribuindo para um determinado objectivo. Mantém uma certa estrutura, que é aquela parte da organização que permanece constante (conserva a sua identidade).

Considera-se como estado do sistema aquele conjunto de valores instantâneos de todas as variáveis internas, sendo a sua transição considerada como uma mudança para outro estado do sistema. Num sistema planetário, por exemplo, o estado do sistema em certo instante é o grupo de valores que o descrevem completamente (a posição e o momento de cada planeta). Os estados podem referir-se ao movimento de moléculas num gás, excitação de neurónios numa rede neuronal, nutrição de organismos num sistema ecológico, suplemento e demanda dos mercados económicos, o comportamento de grupos sociais em sociedades humanas, etc.

A dinâmica do sistema (a mudança de estados com o tempo) é dada por equações diferenciais lineares ou não lineares. Constituem o que se poderia chamar as regras do jogo, e podem definir-se deterministicamente ou podem apresentar um certo grau de aleatoriedade (equações estocásticas). No caso de não linearidade, algum *feedback* tem lugar entre os elementos do sistema; no sistema solar, o movimento da terra é determinado pela gravitação não só do sol, como de todos os corpos celestes do sistema, que a atraem graviticamente.

⁵⁸ BERTALANFFY, L. Von, - An outline of general system theory. British Journal of the Philosophy of science, Vol I, 134-164, 1950. *cit in* Von Bertalanffy. p.33.

A teoria de sistemas inclui aspectos sobre sistemas abertos em cinética química, aspectos biológicos, termodinâmica de processos irreversíveis, reacções bioquímicas, fisiologia, retro-alimentação, metabolismo, excitação, morfogénese, ecossistemas, sistemas predador/presa, interacções sociais e epidemiologia. Estabelece analogias entre diferentes sistemas e níveis de organização diferentes, dado que são independentes da ordem de grandezas. Estes sistemas partilham comportamentos semelhantes a nível geral, independentemente dos detalhes⁵⁹.

Como exemplo, pode ser equiparável o sistema nervoso central com uma rede bioquímica ou com o processamento de informação em paralelo. Dentro da teoria de sistemas estão incluídas; a teoria das máquinas de estado finito (autómatos); teoria de máquinas ou autómatos probabilísticos (estocásticos); teoria matemática das linguagens formais; teoria das máquinas de Turing; teoria de Mesarovic; de Wymore⁶⁰, fazendo uso de modelos, construções representativas e simulações analógicas mediante o computador.

Alguns sistemas mantêm entre eles uma relação de isomorfismo ou de analogia, baseada na semelhança de equações algébricas ou diferenciais que descrevem o sistema. Entre cada um dos elementos de ambos sistemas podem-se estabelecer correspondências biunívocas usando o mesmo modelo matemático⁶¹. Estabelecem-se metáforas ou extensões de significado. Correspondem a modelos isomorfos o mecanismo de *feedback* em sistemas mecânicos, acústicos, térmicos, hidro-dinâmicos, eléctricos, biológicos⁶². Em resumo, é possível que uma disciplina faça uso de métodos que foram inicialmente desenvolvidos por outra.

O mecanicismo considerava que o objecto de estudo, do qual se podia obter um conhecimento, era o estado de equilíbrio. Mas no caso dos sistemas abertos, ao ter um nível de organização elevado, a estrutura tende a degradar-se ao longo do tempo, tende a

⁵⁹ RAPOPORT, Anatol - Los usos del isomorfismo matemático en la teoria general de sistemas. *in* Von Bertalanffy . 54-71.

⁶⁰ KLIR, George J. -Teoria polifonica general de sistemas. *in* Bertalanffy. p.11 (Prologo).

⁶¹ RAPOPORT, Anatol. Idem. p.59.

⁶² KLIR, George J. Idem. p.10 (Prólogo).

aumentar a sua entropia. No seu lugar surge o conceito de estado estacionário em desequilíbrio, mas equilibrado nos seus fluxos. Noutras palavras, os seus *inputs* e *outputs* (entrada e saída de energia e/ou matéria, respectivamente) anulam-se, mantendo o estado do sistema em regime estacionário. As estruturas permanecem as mesmas, embora os constituintes sejam mutáveis⁶³. Estamos perante sistemas abertos, os mais comuns na natureza, com equilíbrio de fluxos, que mantêm as suas propriedades de auto-permanência e auto-organização. O sistema tem que fechar-se para evitar as agressões do meio, mas tem de manter-se ao mesmo tempo suficientemente aberto para permitir a entrada e saída de elementos. Surgem as membranas com o papel regulador e seleccionador nas relações de intercâmbio de matéria, energia e informação. O sistema encontra-se constantemente atravessado por fluxos, numa luta constante para evitar a degradação e morte.

O princípio de equifinalidade de sistemas abertos é uma tendência para alcançar um estado final de maneira independente das condições iniciais. À semelhança do ponto fixo ou do ciclo limite (Figura 2), um mesmo estado estacionário pode ser atingido a partir de estados iniciais diferentes e de maneiras diferentes e pode ser restabelecido espontaneamente após uma perturbação⁶⁴. Por outras palavras, os sistemas abertos tendem a resistir às perturbações exteriores, até a um certo limiar, graças aos fenómenos de retro-alimentação negativa (homeostases), tornando ao seu estado estacionário. Obtém-se uma ordem por flutuação, um fenómeno de auto-organização, constantemente fornecida pelo meio à custa de uma dissipação permanente de energia e matéria. Esta descoberta de que o não equilíbrio pode ser fonte de ordem provocou uma profunda transformação conceptual legitimando o seu estudo⁶⁵.

Os sistemas dissipativos (por exemplo o pêndulo forçado com atrito) são aqueles em que a energia não se conserva, havendo trocas de matéria e/ou energia com o meio. Apresentam vários atractores com as respectivas bacias de atracção, de modo que para diferentes condições iniciais correspondem diferentes tipos de comportamento a longo

⁶³ BERTALANFFY, Von - Teoria dos sistemas. *In* Von Bertalanffy. p.66-67.

⁶⁴ RAPOPORT, Anatol. *Idem*. p.66-67.

⁶⁵ PRIGOGINE, I.; STENGERS, I.; Equilíbrio/Desequilíbrio *in* - Enciclopédia Einaudi: Sistema. p.58.

prazo. O estudo dos limiares entre as bacias de atracção (Figura 3 e 4) é de fundamental importância dado que em tais linhas de instabilidade é onde se decide a evolução a longo prazo do sistema (Figura 5). Explicado intuitivamente, dada uma paisagem topológica as bacias de atracção correspondem aos vales e a fronteira entre diferentes bacias correspondem às linhas que determinam os pontos mais altos das serras (linhas de imprevisibilidade – Figura 5) em que uma ligeira flutuação determinará a queda de uma pedra para um ou outro vale (Figura 3). Numa paisagem não linear, com vários atractores equiprováveis, o sistema poderá subsistir num estado instável durante um período de tempo arbitrariamente longo, mas é susceptível, sob uma qualquer flutuação, de transitar bruscamente para um estado estável.

Tais sistemas podem apresentar a capacidade de auto-organização, quer no tempo quer no espaço. Contêm «estruturas espacio-temporais estáveis»⁶⁶ que subsistem mediante a manutenção de certos sistemas termodinâmicos longe do equilíbrio o que é feito assegurando um fluxo de matéria e energia. Como foi dito, o sistema está constituído por diferentes elementos ou subsistemas numa certa organização ou estrutura, numa cooperação dinâmica de partes para realizar uma tarefa em concreto, sem que o tipo de interacções que se estabelecem seja necessariamente forte. Por vezes o tipo de interacção pode ser muito leve, quase imperceptível, mas que afecta um grande número de elementos. Levando tal consideração ao extremo, poderia dizer-se que no universo tudo está relacionado com tudo, um simples asteróide pode afectar o movimento dos astros ou o nosso comportamento, mas, não sabemos em que medida e quando tal mudança pode ser observada.

A passagem de uma estrutura dissipativa para outra mais complexa é entendida por Deleuze como a “transformação de uma multiplicidade, coexistência, sem confusão nem indeterminação, de elementos e de relações para outros mais complexos⁶⁷”, traduzindo o fenómeno de auto-organização da matéria. Interpreta-se como sendo uma transição de fase (p. ex.; a passagem do estado sólido para o líquido), não entre dois estados de equilíbrio de tipo mecânico, mas entre estados estacionários dinâmicos. A auto-organização, ou emergência de padrões, é uma actividade macroscópica que se

⁶⁶ Ibidem.

⁶⁷ Deleuze.

estrutura a si mesma graças aos fluxos de energia e de matéria que a atravessam, em processos de retro-alimentação positiva, que podem provocar a sua evolução e por conseguinte aumento da complexidade. Quanto mais eficaz for a comunicação no sistema será mais estável, tolerará mais a desordem, sofrendo menor influência das flutuações exteriores⁶⁸.

2.6 - Conhecimento em ciência e arte.

A origem da ciência como a entendemos hoje em dia, em particular das ciências exactas e experimentais, ocorreu no Renascimento. À medida que se foram aprofundando os campos de investigação, e com o uso cada vez mais frequente de símbolos abstractos, o conhecimento científico foi-se tornando mais inacessível para o leigo, reservado ao entendimento de restritos círculos de especialistas. Paradoxalmente, o uso de tecnicismos tem vindo a espalhar-se e vulgarizar-se entre a sociedade, graças ao consumo cada vez maior de produtos tecno-científicos. O significado dos termos torna-se mais abrangente, ambíguo e, com o uso e abuso, descontextualizado e vulgarizado. Ganham em poética metaforizando-se. São exemplos o uso das palavras; força, energia, entropia, atracção, *feedback*, dinâmica, cibernética, interactivo, caos e fractais.

É bastante usual a confusão entre ciência e tecnologia. A ciência pura é abstracta, enquanto a tecnologia tenta resolver questões práticas, próprias do nosso dia a dia e é consequente da ciência em geral. Nos instrumentos técnicos, estamos habituados a reconhecer um indubitável valor positivo, mesmo sem excluir que cada um deles seja rapidamente abandonado por outros instrumentos mais eficazes. As novas técnicas, seguindo um caminho diferente, defrontam e resolvem problemas antes não tentados, ou de alguma maneira não resolvidos. Mas não deixa de pairar sobre ela uma espécie de cepticismo derivada de que, para além da produção de objectos úteis, de “bem-estar” que nos tornam a vida mais cómoda, também tem gerado outros que se têm mostrado desastrosos: São exemplos a invenção da bomba atómica, a maior sofisticação e capacidade de alcance do armamento, a poluição ambiental, armas biológicas, etc. A

⁶⁸ - *Enciclopédia Einaudi: Sistema*. p.146.

ignorância leva ao desinteresse e à crença ingénuo de que para a ciência e a técnica tudo é possível⁶⁹.

Do mesmo modo a arte, a partir do surgimento dos *ready-mades*, foi-se afastando do entendimento do grande público, tornando-se uma “arte para os artistas”, uma metalinguagem. Hegel augurou a “morte da arte” como era entendida até à altura. Surgem novos meios de expressão, novas tecnologias, métodos de reprodução, que provocam uma viragem abrupta do conceito de arte. Os estilos artísticos sucedem-se vertiginosamente, ao ponto de coexistir tendências em direcções opostas: Como por exemplo o *minimal art* que usa materiais provenientes da indústria, em oposição ao *land art* que procura trabalhar com matérias naturais, não manufacturadas. Nos últimos anos é bem patente a procura de novas maneiras de expressão (como na abertura do mercado artístico chinês) na urgência de se renovar continuamente, como forma de lidar com o tédio e a indiferença. Daí advém que a arte (as artes) de hoje em dia seja errática, com diversas linhas contraditórias, umas vezes vazia de conteúdos, outras ecléctica ou pluri-significante. A autolatria do artista já não tem fecundidade. Os valores esgotam-se de tal modo que a sua própria negação já nada tem para negar.

No suposto estado actual de crise das ciências, das artes e da racionalidade em geral, manifesta-se a necessidade de criação de um novo paradigma de cientificidade. Há um aumento do cepticismo ante o progresso e uma perda de credibilidade de todo o sistema de pensamento capaz de dar sentido às diferentes realidades sociais num projecto comum. Dum ponto de vista histórico, primeiramente, o conhecimento foi concebido como uma árvore (árvore do conhecimento), onde os conhecimentos gerais se encontram num tronco comum e dele surgem os diferentes ramos do saber. À medida que se vão adquirindo novos conhecimentos gera-se o crescimento de novos ramos. É um tipo de pensamento dicotómico, bipolar, de raiz pivotante, estável, fechado, em que a aquisição de novos saberes fica confinada a uma região dentro do espaço tridimensional, gerada a partir da formação de novos pares de opostos⁷⁰. Trata-se de um sistema linear onde o todo é igual à soma das suas partes.

⁶⁹ BRONOWSKI, Jacob – Arte e conhecimento: ver, imaginar, criar. São Paulo: Ed. 70, 1983. (Arte & comunicação; 21). p.197.

⁷⁰ DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix – Mille Plateaux: capitalisme et schizophrénie.

Na acepção comum, a ramificação e excisão da ciência e da arte acontece muito cedo. Corresponde a cada uma funções radicalmente opostas. Concerne à ciência a procura da verdade. Possui uma metodologia rigorosa, com uma série de procedimentos concertados para tratar um conjunto de problemas. Junta dados, mede, simplifica, analisa com precisão, constrói hipóteses que submete a constatação e obtêm leis que permitem prever novos resultados. A sua natureza é a objectividade, a transparência, o uso de leis explicativas, o estabelecimento de relações quantitativas gerais ou universais e o domínio da natureza.

Pertence às artes expressar a emoção, o aspecto lúdico, a interpretação subjectiva, a descrição e a compreensão. Não possui metodologia própria unificada (cada corrente ou artista tem o seu método) senão que intervêm intuições, sentimentos, ideias vagas e percepções imediatas que nos fazem sentir a fragilidade da nossa condição humana. A arte, à semelhança da filosofia, não necessita de dados empíricos para a obtenção de um resultado verdadeiro. Limita-se a especular, conjecturar, sobre aquilo que não pode ser respondido por se encontrar para além dos limites do que pode ser medível.

Do nosso ponto de vista, esta excisão entre ciência e arte não é tanto devida às áreas de que se ocupam, nem ao uso de uma metodologia diferente, mas sim a uma falta de linguagem comum, interdisciplinar e transdisciplinar para explorar a realidade com faces de dimensões múltiplas e variadas. A diferença radica nos processos simbólicos utilizados. Na ciência, os processos são predominantemente «denotativos, linguísticos e literais; os seus símbolos têm referência única»⁷¹, simples, directa e precisa. Sendo altamente abstracta, também trabalha com imagens, e recorre frequentemente ao uso de metáforas. Os resultados experimentais têm de poder ser repetíveis para se poder chegar a um acordo entre a comunidade científica, mas não impede que os resultados particulares díspares possam ser atenuados para benefício de uma teoria mais geral. «A ciência funda-se ao mesmo tempo no consenso e no conflito.»⁷²

⁷¹ GOODMAN, Nelson – *Modos de fazer mundos*. Porto: ASA, 1995. (Argumentos; Biblioteca do Pensamento Contemporâneo). ISBN 972-41-1560-7. p.18.

⁷² MORIN, Edgar – *Introdução ao pensamento complexo*. 3.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. (Epistemologia e sociedade). ISBN 972-8245-82-3. p.153.

Na arte, recorre-se mais frequentemente ao uso da metáfora, e de processos não denotativos, como a expressão e a exemplificação. Os sistemas mais usados são não verbais, e são mais densos e saturados, com referências múltiplas, indirectas, ambíguas, imprecisas e complexas. Quanto à comunidade dos críticos, geralmente não há consenso, devido a diferenças de sensibilidades⁷³.

Segundo a tese de Goodman; «as artes devem ser tomadas, não menos seriamente do que as ciências, como modos de descoberta, criação e ampliação do conhecimento, no sentido amplo de avanço da compreensão e, por conseguinte, a filosofia da arte deve ser concebida como uma parte integral da metafísica e da epistemologia.»⁷⁴

Ciência e arte têm em comum o pensamento e a sensibilidade. A obra de arte, ou pelo menos aquela que perdura ao longo do tempo, possui um papel de carácter metafórico epistemológico. «A arte é a expressão de um equilíbrio entre a subjectividade da emoção e a objectividade do entendimento que, como emoção e entendimento e como subjectiva e objectiva, se entropõem, e por isso, conjugando-se, se equilibram.»⁷⁵

Nas artes, a estética é por si o objectivo do trabalho, enquanto que nas ciências é uma ferramenta: Um critério de escolha entre teorias que noutros aspectos são comparáveis, ou um guia para a imaginação na procura de uma chave para a solução de um enigma técnico intratável. Seja qual for o significado do termo 'estética', o objectivo do artista é a produção de objectos estéticos; enigmas técnicos são o que ele deve resolver para produzir tais objectos. Para o cientista, por outro lado, o enigma técnico resolvido é o objectivo, e a estética é uma ferramenta para a sua obtenção.

A ciência é um conhecimento que produz uma visão do mundo. «A ciência não é tanto um modelo da natureza como uma linguagem viva para a descrever [...] O

⁷³ GOODMAN, Nelson. Idem. p.18

⁷⁴ Ibidem.

⁷⁵ PESSOA, Fernando – Páginas de doutrina estética. 2.ed. Lisboa; Inquérito. (Ensaístas contemporâneos). p.98.

vocabulário da ciência consiste nos seus conceitos.»⁷⁶ A imaginação permite manipular nas nossas cabeças situações não verificadas ou fantasiosas não verídicas, fazer de conta. A diferença entre a ciência e a arte é que após uma fase de abstracção, fantasia e intuição, na ciência é preciso um voltar para trás. Um processo de verificação, dedução, lógica de todo o processo que nos levou a uma tal conclusão. Na arte tal processo não é necessário, se aceite automaticamente como válido, pelo menos para o mundo interior do artista. A arte é sempre verdadeira, ao contrário da ciência, que precisa de ser confirmada (noção de falsificabilidade de Sir Karl Popper), por em confronto com a experiência, seja esta obtida pelos sentidos ou pela mente. A arte permite explorar o inimaginável, levar para além as metáforas, expansão do saber da criatividade. Jogar com o que poderia ser mas não é.

Entende-se por conhecimento o modo de aceder à verdade, ou pelo menos a algum tipo de verdade (exterior ou interior). Pressupõe uma separação do mundo exterior e interior. É necessário adoptar uma nova perspectiva fora de nós. Na tradição ocidental, considera-se que o conhecimento se obtém por meio da dissipação aparente da complexidade seleccionando os dados significativos, simplificando, reduzindo o todo nas suas partes. O papel do conhecimento é separar, hierarquizar, centralizar. «Quando falamos de verdade fazemos um juízo que distingue o que é do que não é importante e sentimos a unidade das suas diferentes partes. Assim fazemos tanto na ciência, como nas artes, como na vida quotidiana.»⁷⁷

Um tema que tem sido largamente tratado pela filosofia da ciência é sobre aquilo que pode ser conhecido. Considera-se como conhecimento a transformação do objecto em algo do próprio sujeito. É um fenómeno activo onde o sujeito, através dos sentidos e do raciocínio, produz uma representação do objecto (imagem). Implica uma capacidade de abstracção, com o estabelecimento de processos de análise e síntese. Mas continua o dilema de saber se os modelos existem só na mente humana (subjectivismo) ou são sugeridos pelas coisas (objectivismo). Enquanto os processos de medição extraem dados de coisas que são subjectivas (escolha das variáveis que consideramos importantes), por

⁷⁶ BRONOWSKI, J – *Magia, ciência e civilização*. Lisboa: Edições 70, 1986. (Perspectivas do homem).

⁷⁷ BRONOWSKI, J. – *Introdução à atitude científica*. 2.ed. Lisboa: Livros horizonte, 1983. p.148.

outro lado reconhecemos que a escolha não é arbitrária, mas motivada pelas regularidades objectivas⁷⁸.

A ideia de verdade absoluta foi considerada por Platão como pertencente ao mundo das ideias, essência das coisas, ideal, anterior e transcendente à sua aparência neste mundo real. Para ele a verdade advém à mente humana por via da reminiscência. Santo Agostinho cristianizou a ideia de Platão, passando a verdade a pertencer à própria essência de Deus. A sua comunicação ao homem dá-se por um processo de iluminação interior. Nas obras de arte, a verdade seria iluminada ao artista. Para Heidegger a verdade originária é a verdade do ser, encontra-se na essência ou “modo-de-ser-objecto”, que é o que lhe confere estrutura de maneira necessária e imutável. Está presente no ser antes de estar em nós. Mas, a verdade íntima e última das coisas, é invisível e indizível⁷⁹. Para a fenomenologia; «o nosso conhecimento, seja ordinário ou científico-filosófico, não pode alcançar jamais a compreensão verdadeira e última das coisas, em razão de que estamos afectados pela crença geral da atitude natural e impossibilitados para lograr esse estado de liberdade espiritual em que as coisas, o mundo e nosso próprio ser podem ser real e autenticamente conhecidos e compreendidos.»⁸⁰ Neste caso, a compreensão científica não transcende a condição mundana do sujeito e do saber por este realizado.

Coloca-se o problema epistemológico de saber em que medida conhecemos de facto o real, já que segundo a neuro-fisiologia (Maturana) não podemos distinguir entre o que é percepção e o que chamamos ilusão. Segundo o realismo, existe um mundo real objectivo que pode ser completamente conhecido mediante a observação. Segundo o pluralismo existe uma estrutura em vários níveis. No determinismo ontológico existem leis que podem ser determinadas conceptualmente. No empirismo epistemológico toda coisa pode ser conhecida. Para outros a cognoscibilidade é limitada e há um certo grau de indeterminismo em todos os níveis, não é possível obter nenhuma certeza

⁷⁸ ARECCCHI, F. T. – Complexity in science: models and metaphors. *In* Pullman. p.142.

⁷⁹ COUTINHO, Jorge – Filosofia do conhecimento. Lisboa: Universidade Católica, 2003. ISBN 972-54-0060-7.

⁸⁰ RODRIQUEZ RIAL, Nel - Curso de estética fenomenológica. 1- El hechizo del ser; los conceptos fundamentales del método fenomenológico. A Coruña: Edicions do Castro, 2000. (Cadernos da área de Pensamento;1, Vol. 1) ISBN 84-7492-974-1. p.327.

definitiva⁸¹. Segundo a fenomenologia só conhecemos as aparências, ignoramos o que se passa nas coisas em si. Mas de qualquer modo, a ciência fundamenta-se em que existe o mundo real e tenta encontrar a essência das coisas. Podemos obter perspectivas cada vez menos confusas sobre as leis essenciais de diferentes níveis⁸². No formalismo a lógica e a matemática são ferramentas auto-suficientes.

Por outro lado, segundo a tradição aristotélica, considera-se que o conhecimento se adquire através da experiência da coisa, sendo posterior todo juízo ou teoria. É da experiência que vem o princípio da arte e da ciência. Galileu vê a ciência como só uma: a ciência lógico-matemática, num mundo objectivado e idealizado. O positivismo considera que a ciência é a única via que abre o justo acesso à verdade, convertendo-se em técnica e tecnologia, com o poder de controlar, transformar e manipular a realidade. Para Kant, se bem que não seja possível conhecer exactamente o mundo exterior, a matemática constitui um sistema objectivo e subjectivamente racional e portanto adequado para conhecer a verdade⁸³.

A ciência tem orientado todos os esforços para alcançar uma compreensão dos fenómenos naturais da vida e do mundo enquanto natureza física, marginalizando questões metafísicas e subjectivas. Faz uso de propriedades mensuráveis, quantificáveis, abstractas, formalizáveis e de ligações de conexão causal. Para a ciência de hoje em dia, conhecer o mundo é conhecer sistemas que modelam (ou representam) as suas propriedades materiais; prever como se comportam, como reagem quando os observamos e quando interactivam; ver como respondem à causalidade geral a que estão submetidos, em razão da imutabilidade das leis universais que as regem. No entanto os princípios metafísicos não podem ser totalmente eliminados, pois funcionaram ou podem funcionar como guia para a investigação e a crítica. Para A. Einstein não pode haver ciência sem a crença numa harmonia interna no mundo, apreensível pelas construções teóricas.

⁸¹ BUNGE, Mário – La investigaciòn científica. p.325.

⁸² Ibidem. p.327.

⁸³ KANT, Immanuel - Crítica da faculdade do juízo. Lisboa: Imp. Nac., Casa da Moeda, 1992. (Estudos gerais. Série Universitária). ISBN 972-27-0506-7.

A partir do conhecimento dos sistemas não lineares ou complexos, em que o todo não é igual às partes devido á existência de interacções mútuas, tem havido uma mudança de paradigma. O conhecimento já não pode ser arborizado, mas cada um dos seus componentes precisa estabelecer novas relações com qualquer dos outros elementos. «Cria-se um sistema em rede, um sistema rizomático, não hierárquico, formado de inúmeras inter-conexões, com entradas e saídas múltiplas, que mantêm a sua linearidade, mas que permite a contínua evolução dos conhecimentos para níveis mais complexos.»⁸⁴ Seria um sistema semelhante ao funcionamento dos nossos neurónios, com processamento em paralelo. Uma trama indiferenciada, dinâmica, em constante mudança e com redundâncias. Num sistema tal, não importa o ponto em que se realiza a conexão, dado que tudo acaba por estar ligado. O caminho que se percorre é irrelevante e com múltiplas possibilidades. Mesmo havendo rupturas, acaba por retomar o seu percurso, criando-se uma nova teia, em que as linhas seguem-se umas às outras⁸⁵.

O conhecimento pode ser dividido em pensamento abstracto lógico-matemático, pensamento criador e consciência reflexiva. Segundo Goodman, os diferentes universos cognoscitivos identificam vários níveis de realidade, de modo que o problema metodológico fundamental é justamente o da elaboração conceptual do dado empírico, que transforma a experiência em conhecimento. Mas, nenhum deles é superior ao outro e todos eles se complementam na construção dos nossos mundos; são “metaversões.”⁸⁶

Nas ciências experimentais, o rigor depende das observações e da exactidão dos instrumentos técnicos usados. O cientista não se ilude acerca da possibilidade de obter um rigor perfeito, absoluto, inalterável. Faz uso da probabilidade e da estatística para obter um conhecimento aproximado. Trata-se de conseguir uma espécie de robustez relativamente às perturbações que, inevitavelmente, acompanham a experimentação prática e a intervenção técnica. Tende a conseguir uma espécie de exactidão relativa, isto é, dentro dos limiares, pelos instrumentos teóricos e práticos de que a comunidade científica dispõe nessa altura. «A verdade passa a ter um carácter dinâmico, passando a

⁸⁴ DELEUZE, Gilles ; GUATTARI, Félix - *Milles plateaux : capitalisme et schizophrénie*. Paris: Les éditions de minuit, 1989. (Critique). ISBN 2-7073-0307-0.

⁸⁵ Ibidem.

⁸⁶ GOODMAN, Nelson - *Modos de fazer mundos*. p.12.

ser considerada como uma adequação ou conformidade do pensamento com a realidade, revelando-se essencialmente finita, previsível e sempre aperfeiçoável.»⁸⁷

Segundo Goodman; «o cientista [...] procura sistema, simplicidade, escopo; e quando satisfeito com estes resultados talha a verdade de modo a que se ajuste. Ele tanto decreta como descobre as leis que apresenta, tanto desenha como discerne os padrões que delinea. [...] A verdade das leis de uma teoria é apenas uma característica especial e é frequentemente [...] atropelada em importância pelo poder de convicção, concessão e abrangência, pelo carácter informativo e organizador do sistema como um todo.»⁸⁸

Galileu observou as oscilações do candelabro da catedral de Pisa, como tantos outros contemporâneos o tinham feito, mas só ele ficou intrigado pelo fenómeno e chegou depois, mediante experiências, à lei da isocronia do movimento pendular. «O olhar do pintor [e o do cientista] não vê além da visão comum, vê a mesma coisa para nela escolher outra coisa; e este movimento do olhar basta para alterar a imagem habitual do mundo.»⁸⁹ Para José Gil, as “micropercepções” ou “microarticulações” são a capacidade de intuição, um princípio de selecção. Têm o poder de síntese que orientam de modo decisivo o olhar do pintor e do cientista. «Isolam certos aspectos da imagem para os tratar à parte, a fim de poder associá-los a outros segundo um nexo cuja chave só eles possuem. [...] Vêm mais nitidamente e como que ampliado aquilo que o olhar profano mal chega a distinguir.»⁹⁰ Estas micropercepções correspondem a “sentimentos confusos” (pré-semióticos), de uma multiplicidade infinita de sensações. Os seus estímulos, não ultrapassando o limiar de excitação da consciência, criam uma espécie de “sombra” ou de “branco” perceptivo, que afecta a macropercepção consciente. Estas percepções infinitesimais, sem percepção, proporcionam um tipo diferente de visão: abrem quer a extensão quer a escala do campo perceptivo. Vemos mais e melhor através delas; e esta ampliação da escala deve-se ao carácter subliminar da sua apreensão, sendo muito mais penetrantes do que as macro-percepções.

⁸⁷ ARECCHI, F. T. – Complexity in science: models and metaphors. *In* Pullman. p.130.

⁸⁸ GOODMAN, Nelson - Modos de fazer mundos. Porto: ASA, 1995. (col. Argumentos. Biblioteca do Pensamento Contemporâneo). ISBN 972-41-1560-7.

⁸⁹ GIL, José – A imagem-nua e as pequenas percepções: estética e metafenomenologia. Lisboa: Relógio d'Água, 2001. (Antropos). ISBN 972-708-650-0.

⁹⁰ GIL, José. *Idem*.

A experiência não impõe ao cientista nenhum princípio (nenhuma lei, nenhum modelo explicativo) dos fenómenos estudados, mas dá-lhe uma indicação orientadora. O cientista faz uso de paradigmas, que são um conjunto de proposições tomadas como base na teoria e que vêm a assumir um carácter muito semelhante ao das regras de um jogo. O paradigma é um conjunto de resultados científicos fundamentais, que funcionam como uma grelha de selecção dos fenómenos da natureza, e dos problemas que se podem estudar eficazmente. Inclui ao mesmo tempo uma teoria e algumas aplicações aos resultados da experiência e da observação. Um resultado é aceite no sentido em que é recebido por um grupo de especialistas, cujos membros deixam de tentar opor-lhe um rival ou de criar alternativas.

O artista não sabe o que esperar. Artistas e alquimistas fazem escolhas mais ou menos ao acaso⁹¹. Em parte sabem o que querem e em parte são meros espectadores do que emerge. Avança-se por tentativa e erro, numa iteração progressiva para o aperfeiçoamento da solução, por procura sistemática, num método de aproximações sucessivas para obter o resultado final ou desejado. O processo experimental na arte procede do mesmo modo que um trabalho laboratorial. É preciso fazer uso de algumas leis racionais (causa-efeito) e fundi-las com processos irracionais para expor propriedades imprevisíveis das substâncias, só em parte conhecidas, ou desconhecidas de todo. É um processo em parte intuitivo, místico. A arte funciona do mesmo modo que a alquimia ou a culinária. É um trabalho laboratorial de pesquisa holística. Intervém-se no todo e não em cada uma das suas partes. Não é reducionista. Em culinária, a introdução de cada novo ingrediente vai alterando o sabor global do prato. Pode não ser relevante o sabor dos ingredientes em separado, mas é decisiva a interacção entre eles, a sua combinação, que vão determinar o sabor do prato final.

O olhar posteriormente atravessa vários momentos críticos ou caóticos, necessários para que, do caos, surja uma nova forma e se obtenha um processo criativo⁹². Tanto a ciência como a arte assentam sobre a essência da criatividade; em

⁹¹ ELKINS, James – What painting is: how to think about oil painting using the language of alchemy. New York: London; Routledge, 1999. ISBN 0-415-92113-9. p.39.

⁹² GIL, José – A imagem-nua e as pequenas percepções; estética e metafenomenologia.

ambos intervêm a imaginação e a fantasia. Entende-se por imaginação a construção de imagens, palavras ou outros símbolos de coisas ausentes, usadas para a experimentação de situações desconhecidas. A fantasia, por sua vez, produz imagens situadas no tempo, sempre em movimento, sendo a base para a construção do raciocínio. A linguagem da ciência está cheia de metáforas, extensões de significado sugeridas pelos isomorfismos matemáticos. A imaginação serve-se especialmente do princípio da analogia, postulando que o novo fenómeno é análogo a outros fenómenos já amplamente estudados. Um físico faz experiências com situações materiais cujas propriedades não conhece totalmente e um artista tenta encontrar o seu caminho através de situações humanas que não compreende integralmente. Ambos estão a fazer experiências com situações que têm de imaginar, antes de poder criar algo de novo⁹³.

As ideias surgem como coisas fantasiosas. Não uma ideia completamente firme, apenas uma ideia que se poderia tentar. O processo criativo não segue uma única linha de pensamento mas várias em paralelo, que se sobrepõem umas às outras. «Toda estrutura artística é [...] polifónica, quando se desenvolve ao mesmo tempo em diversas camadas sobrepostas e não apenas numa única linha de pensamento. É por isso que a criatividade exige uma espécie de atenção difusa e espalhada, em contradição como os nossos hábitos normais e lógicos de pensar.»⁹⁴ A criatividade requer uma espécie de atenção difusa, alheia e contrária ao que pomos em jogo normalmente quando pensamos com lógica. O pensador criativo tem de examinar o problema sem esperança de obter uma visão realmente clara. Faz excisões, analisa, idealiza, descreve, interpreta, simplifica, deforma, abstrai, generaliza, etc. Certos nexos são primeiramente imaginados e só sucessivamente vêm a ser precisados com a matemática, com a geometria, com as técnicas de cálculo numérico, com a prática artística. «Tem de tomar decisões correctas sem contar com toda a informação que seria requerida.»⁹⁵ Uma procura criativa parece-se a uma intrincada rede cheia de pontos nodais. De cada um destes pontos irradiam em todas direcções muitos caminhos possíveis que levam a uma grande quantidade de bifurcações. «Todo o intento de ver antes com claridade o

⁹³ BRONOWSKI, Jacob – Arte e conhecimento: ver, imaginar, criar.

⁹⁴ EHRENZWEIG, Anton – El orden oculto del arte. Barcelona: Editorial Labor, 1973. (Biblioteca Universitaria labor). ISBN 84-335-7048-X. p.10 (Preface).

⁹⁵ Ibidem. p. 55-56.

caminho só conduz ao extravio; a decisão tem que deixar-se à inconsciência.»⁹⁶ O processo criador cria as suas próprias regras, que só podem conhecer-se depois de acabada a obra e que, em grande parte, depende das escolhas iniciais

Segundo Kant, na criação artística o entendimento está plenamente activo (faz valorações e juízos). Mas é o sentimento, sensibilidade, o último juiz definitivo. Segue as sentenças determinantes do seu gosto, varia, cambia, ensaia outra solução, até que talvez a menos lógica, vem satisfazer plenamente o gosto⁹⁷.

A história da ciência pôs em evidência como não se pode descurar a importância, o peso e o papel desenvolvido pelo não rigoroso, pelo informal, pelo experimental e também pela fantasia e imaginação. São exemplos: o descobrimento da penicilina por Alexander Fleming, em ambiente não esterilizado ou a fórmula de Balmer para o espectro de Hidrogénio, na mecânica quântica.

As provas científicas têm de ser confrontadas e debatidas dentro da comunidade científica. Quando o paradigma adoptado não suporta já o confronto com um excesso de “anomalias” entra-se num período de crise. Nesta altura exige-se que a comunidade científica reflecta sobre os métodos utilizados, os objectivos a atingir, sobre os seus pressupostos e eventualmente que procure um novo paradigma. Para Goodman o cientista não é menos drástico que o artista, «rejeitando ou purificando muitas das entidades e eventos do mundo das coisas vulgares, ao mesmo tempo que gera quantidades de preenchimento para gráficos sugeridos por dados dispersos. [...] O físico uniformiza a curva irregular mais simples que se ajusta a todos os seus dados. [...] Erige estruturas elaboradas com base em observações escassas. Assim se esforça ele por construir um mundo conforme aos conceitos que escolheu e obedecendo às suas leis universais.»⁹⁸

Uma vez confrontado com os factos, e aceite pela maioria dos membros da comunidade científica, termina e desaparece a necessidade de comprovação e o novo

⁹⁶ Ibidem. p.56.

⁹⁷ KANT, Immanuel - Crítica da faculdade do juízo.

⁹⁸ GOODMAN, Nelson - Modos de fazer mundos.p.54.

paradigma apresenta-se com carácter irrefutável. Para Goodman tratar-se-ia de «um crescimento das redes teóricas em que arrumamos os factos»⁹⁹. Nada disto é diferente no mundo artístico, onde o artista é legitimado pelos seus pares.

A discórdia, mostra-se essencial para todo o pensamento crítico, científico e artístico. A ciência e a arte têm de ser maleáveis e plásticas para evoluir. A dialéctica encontra-se na raiz do próprio processo cognoscitivo, sendo a sua componente mais importante a síntese, que permite melhorar as hipóteses e as demonstrações, no caso da ciência.

O grande tribunal das teorias e das obras de arte que vão surgindo é o tempo. Existe sempre a possibilidade de que a recepção ou interpretação que num momento se tem feito de certa teoria seja ratificada ou rectificada por outras interpretações, que com posterioridade se realizem no interior da comunidade, inter-subjectivamente e à luz de novos conhecimentos adquiridos. A fenomenologia refere-se a esta “inter-subjectividade” como um acto comunal, onde há uma inclinação a uma evidência cada vez mais autêntica e perfeita¹⁰⁰.

As ideias científicas incluem imagens fortes e fortemente entrelaçadas. A interpretação dos conceitos científicos exige uma certa criatividade e a criatividade é a percepção de um prazer estético, de uma sensação de um todo em ligação com o universo. A imaginação preocupa-se em reconstruir a todo momento a totalidade da obra, de recriar a profundidade espacio-temporal e o sentir afectivo-emocional que nos abre o seu mistério, nos faz sentir a profundidade, a inesgotabilidade do seu ser e a sua verdade. Igualmente, toda a experiência artística apenas pode originar emoção e significado se a inteligência aprovar a validade dos princípios que disciplinam as novas intuições e novas formas estéticas,

Segundo Husserl; «tudo o que é real é constituído de maneira inter-subjectiva.»¹⁰¹ O artista cria o seu próprio mundo, em comunhão profunda com o cosmos, que não é o mundo real, senão o mundo profundo e original da obra e do

⁹⁹ GOODMAN, Nelson – Idem.

¹⁰⁰ RODRÍQUEZ RIAL, Nel - Curso de estética fenomenológica: 1- el hechizo del ser: los conceptos fundamentales del método fenomenológico.

¹⁰¹ RODRÍQUEZ RIAL, Nel – Curso de estética fenomenológica; 2 - elogio del placer estético; Prolegómenos para una teoría fenomenológica de la experiencia estética.

artista. A obra tem um ser e vida próprios, que desbordam e transcendem a vida e ser do seu criador. A obra de arte é a irrupção de uma nova verdade no universo, a gênese de um acontecimento absolutamente originário e irreduzível ao que existia antes dela. É a criação de um novo “mundo”.

Goodman supõe um alargamento do que considera como conhecimento, como faculdade de investigar e inventar, passando a ciência e arte a estar incluídas como formas “construtoras de mundos”. Conhecer não é determinar o que é verdadeiro, mas encontrar uma adequação, dada pelo avanço da compreensão¹⁰². O nosso universo consiste em modos de descrever mais do que num mundo ou mundos. «Entre as crenças firmes num dado momento podem estar reflexões duradouras sobre as leis da lógica, reflexões efémeras sobre observações recentes e outras convicções e preconceitos arraigados com graus variáveis de firmeza.» «Se os mundos são tanto feitos quanto descobertos, assim também o conhecimento é tanto refazer como relatar.» «Descobrir leis envolve delinear-las. Reconhecer padrões é em grande medida uma questão de os inventar e impor. A compreensão e a criação andam juntas.»¹⁰³

Assim, ciência e arte fazem uso de símbolos altamente abstractos. No nosso modo de ver, não existe uma fronteira fortemente delimitada entre a ciência e a arte. Há um certo tipo de arte que pode estabelecer o seu campo de pesquisa dentro da ciência, recorrendo aos seus métodos, como algumas áreas da ciência podem fazer uso da componente de pesquisa não verbal própria da arte. Todas as portas se encontram em aberto, à espera de ser trespassadas, e só dependem dos objectivos e esforços de cada um.

2.7 – Conceito de endofísica.

Tanto os caracteres pertencentes ao microcosmos como ao macrocosmos são de difícil descrição, dado que a nossa experiência do mundo real se restringe a uma pequena escala do existente. Sendo assim, estando tão afastados do nosso dia a dia, não podemos esperar que sejam facilmente percebidos em termos de conceitos que

¹⁰² GOODMAN, Nelson - Modos de fazer mundos. p.16.

¹⁰³ Ibidem.

encontramos na vida quotidiana. Até à data ninguém encontrou uma formalização matemática que permitisse uma passagem rigorosa desde o mundo quântico ao macroscópico, mas sabemos que os dois mundos coexistem.

Cada novo acelerador de partículas, com maior gasto energético e com incremento das velocidades e momentos envolvidos, estende o campo de visão da ciência até partículas cada vez mais pequenas e escalas de tempo cada vez menores. Além de prótons e electrões apresenta-se-nos cada vez um número maior de partículas elementares como os muões, neutrinos, positrões e os não confirmados experimentalmente quarks, monopolos magnéticos, matéria negra, etc., continuando a hipótese de Demócrito de que a natureza está constituída por partículas discretas¹⁰⁴ (apesar de cada vez menores!). Por outro lado, a física quântica têm aportado conceitos considerados desde a nossa experiência e senso comum como contraditórios; onda/corpúsculo, continuo / descontínuo, separabilidade / não separabilidade, casual / estocástico, local / global, autonomia e constrangimento, visível e invisível, simetria e quebra de simetria, reversibilidade e irreversibilidade do tempo¹⁰⁵.

Os princípios da incerteza, introduzido por Werner Heisenberg (1927) e da complementaridade de Niels Bohr (1927), mais generalista, vieram a abalar os fundamentos da física moderna, sedimentada no séc. XIX. «Para um qualquer fenómeno microfísico, não é possível obter simultaneamente uma explicação causal e uma descrição espaço-temporal.»¹⁰⁶, dado que o mero facto da medição interfere com as propriedades dos valores que se intentam determinar. Noutras palavras, o observador perturba o objecto, que por sua vez perturba a sua percepção, num jogo entre o ser actor e espectador ao mesmo tempo.

«A filosofia tradicional especulativa, no seu propósito de tudo explicar. Esquecera que o criador do sistema [...] constitui uma parte do sistema que pretende explicar. Um sistema é apenas concebível se se puder olhar retrospectivamente toda a

¹⁰⁴ Segundo a escola dos atomistas.

¹⁰⁵ NICOLESCU, Basarab – Levels of complexity and levels of reality: nature as trans-nature. *in* Pullman – Emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology. Proceedings: plenary sessions of the pontifical academy of sciences, 27-31 October 1992. Princeton; New Jersey: Pontificia Academia scientiarum, 1996. (nº89). ISBN 88-7761-055-7.

¹⁰⁶ CROCA, José; MOREIRA, Rui N. – Diálogos sobre física quântica: dos paradoxos à não-linearidade. Lisboa: Esfera do caos editores, 2007. (Esfera das ciências; 1). ISBN 978-989-8025-27-2. p.75.

existência – mas isto pressupõe que já não se existisse. O homem não pode, sem falácia, conceber-se como um espectador imparcial ou como um observador impessoal; ele será sempre necessariamente um participante. Assim a delimitação humana entre objectivo e subjectivo será sempre um acto arbitrário e a vida humana uma série de decisões. A ciência é uma actividade determinada e a verdade um produto humano, não apenas porque é o homem quem cria o conhecimento, mas porque o próprio objecto do conhecimento está longe de ser uma coisa estabelecida para toda a eternidade.»¹⁰⁷

Høffding considera que existe sempre um resíduo irracional irreductível que não se pode separar da racionalidade, que é tanto mais evidente «precisamente quando fazemos uso de uma escala estritamente racional, permanecerá sempre, por muito grandes que sejam os progressos do conhecimento.»¹⁰⁸ Estamos sempre perante uma informação incompleta, resíduo da dificuldade em provar a independência do observador. Mas isso não implica que o mundo seja indeterminístico. A este respeito Høffding diz; «apercebemo-nos que quando o indeterminismo explica acções, de outra forma inexplicáveis, por uma vontade livre de qualquer lei de causalidade e imaginada apenas para este fim, não é mais que uma confirmação disfarçada de ignorância, tal como o é o recurso a uma força vital para explicar os fenómenos orgânicos.»¹⁰⁹

No início do século XX Hilbert propôs um programa com o fim de construir uma axiomática à matemática, analogamente aos sistemas axiomáticos criados anteriormente para partes da matemática como a aritmética. Deste modo qualquer proposição matemática poderia ser deduzida por operações lógicas de princípios que seriam os princípios da matemática. A impossibilidade de tal axiomática foi demonstrada por Gödel (incompletude): qualquer que seja o sistema de axiomas que se defina, existirão afirmações que não se podem nem provar nem refutar. Seriam então indecidíveis na axiomática considerada. «Podemos mesmo [...] dar exemplos de

¹⁰⁷ JAMMER, M. – The conceptual development of quantum mechanics, MacGraw-Hill Book company, 1966. *cit. in* Rui Moreira. p.77.

¹⁰⁸ HØFFDING, H; MEYERSON, É. – Correspondance entre Harald Høffding et Émile Meyerson, (ed.). Frithiof Brandt, Hans Høffding et Jean Adigard des Gautries. Copenhaga: (Einar Munksgaard), 1939. *cit. in* Rui Moreira. p. 96.

¹⁰⁹ HØFFDING, H. – Esquisse d'une psychologie fondée sur l'expérience, Paris: [Alcan], 1903. p. 434. *cit. in* Rui Moreira. p. 87.

proposições [do tipo das de Goldbach e Fermat] que são na realidade, contextualmente [materialmente] verdadeiras mas não demonstráveis no sistema formal da matemática clássica.»¹¹⁰

Otto Rössler (1996) definiu o conceito de endofísica como analogia ao teorema da incompletude de Gödel. Assim, somente fora de um universo complexo podemos dar uma descrição plena do seu funcionamento. A ciência moderna sempre construiu modelos com simplificação das variáveis, para poder dar uma explicação do mundo que nos rodeia. Sempre houve a consciência de que existem outros condicionantes que podem modificar as nossas observações no mundo real. Sendo assim, a endofísica postula que a única maneira científica de figurar para fora do nosso mundo é a construção de mundos artificiais, dado que as leis físicas do que se está observando normalmente são diferentes das leis extraídas desde um ponto de vista externo imaginado ou real. O sujeito passa a ser uma componente essencial na definição de mundo, à semelhança da perspectiva renascentista, onde é necessário determinar o posicionamento do espectador. Assim, segundo Otto Rössler, a única relação que estabelecemos com o mundo é através das nossas interfaces, ao modo de uma membrana osmótica, onde só se trocam relações do sujeito com o seu meio. A endofísica sugere uma aproximação tripla ao mundo; uma primeira aproximação, directa, por meio dos sentidos (endoperspectiva), outra a partir de uma posição imaginária do observador (exoperspectiva), e uma terceira (metaperspectiva) em que o observador é indiferente às outras perspectivas, podendo-as diferenciar. Cada mudança do ponto de vista implica necessariamente a redefinição do observador. A experiência visual é completamente subjectiva e distorcida (co-distorção) pela configuração do objecto (“super-objecto”), dada a sua constante modificação pela relativização das coordenadas espaço-temporais.

A simulação, a criação de mundos virtuais, construção de modelos, idealizações, formulação de hipóteses, etc., são ferramentas essenciais para uma melhor compreensão do nosso mundo. No fundo o computador funciona como uma metáfora de certas características comportamentais como as observadas no mundo real, provém do possível

¹¹⁰ Dawson, J. R.; J.W., Logical Dilemmas, The life and work of Kurt Gödel. A.K. Peters, 2005, *cit. in* OLIVEIRA, Augusto J. Franco de – *Vida e obra de Kurt Gödel: uma sinopse cronológica*. Universidad de Évora. CEHFC/UE. 2006.

e se aproxima da realidade, mas sem por isso serem imitações da própria realidade. O simulacro não deixa de ser uma estratégia de transmissão de uma determinada informação. A presença de interfaces remete-nos para a realidade virtual imersiva, em que é possível reposicionar o observador dentro da imagem, entrar num ambiente interactivo gerado por computador.

Uma metáfora que exemplifica, do nosso modo de ver, o conceito de endofísica é o sistema gerado no mito das Parcas ou Meras, onde se expõem as diferentes visões que o homem tem tido do mundo ao longo da história. Elas são as aranhas tecedoras do destino dos homens, do véu das ilusões que oculta a realidade suprema. Por um lado, o seu comportamento é completamente determinístico (é uma visão desde fora do sistema). Conhecem com exactidão as leis que regem o acto de tecer e têm em mente o resultado final que querem atingir. O destino está marcado na imagem final do todo. Mas por outro lado existe a incerteza no facto de que elas são cegas, não conseguem beneficiar um ou outro homem em particular (o herói em oposição ao malvado) prolongando-lhe a vida, porque simplesmente não os conseguem distinguir. Há o determinismo do objectivo final (escala global) e o indeterminismo do particular (concepção histórica ou narrativa). A vida do homem situa-se no próprio acto de tecer, imerso no tecido (visão desde o interior do sistema), apresentando-se a vida como aleatória no sentido que o seu destino só pode ser conhecido *a posteriori*. Ao espreitar o futuro há uma grande imprecisão, a multiplicidade de caminhos encontra-se em aberto, enquanto que o passado, por ser conhecido, parece mais simples, com existência de leis, o percurso parece marcado. As Parcas são a encarnação do tempo em absoluto. Pelo contrário o homem está inserido na seta do tempo, à qual não pode escapar.

2.8 – Pensamento complexo.

Na visão clássica das ciências (séc. XVII-XIX) havia uma distinção clara entre os sistemas simples, estudados pela física e química, e os sistemas complexos próprios da biologia e das ciências humanas. Hoje em dia afirma-se uma visão pluralista do mundo físico, onde a extrema complexidade se apresenta em todos os níveis da vida real e só pode ser abarcado por meio da simplicidade artificial dos modelos, teorias e

hipóteses. Para Blaise Pascal; «todas as coisas são causadas e causantes, ajudadas e ajudantes, mediatemente e mediatamente, e mantendo-se todas por uma ligação natural e insensível que as une por mais separadas e diferentes que sejam; eu não posso conhecer as partes sem conhecer o todo, nem conhecer o todo sem conhecer particularmente as partículas.»¹¹¹ O mundo tem de ser abordado desde um ponto de vista holístico e complementar.

Para Høffding o conceito de causalidade está «intimamente relacionado com a natureza global da nossa consciência como uma expressão da procura de conexões.»¹¹² É apenas porque o nosso pensamento necessita interpretar os dados dos sentidos como fazendo parte de um todo coerente que intentamos estabelecer um nexo causal entre estes. Tende a criar totalidades (formação de ideias) como necessidade inerente ao seu próprio funcionamento, sendo que a relação entre a percepção e a explicação não seja jamais uma relação de identidade. «A lei causal não é senão uma hipótese ou um postulado com o qual abordamos toda a espécie de investigação.»¹¹³ No fundo não existiria a lei da causalidade porque não podemos saber ao cem por cento que seja válida na sua generalidade, mas ao mesmo tempo resulta-nos imprescindível para que possa haver avanços científicos. «A nossa convicção de encontrarmos relações causais entre dois acontecimentos reside apenas na possibilidade de se estabelecer uma analogia entre uma totalidade real e uma totalidade formal [o local observado e a lei geral], ou seja, na possibilidade de estabelecermos leis matemáticas a que um determinado conjunto de acontecimentos obedeça.»¹¹⁴

Perante a impossibilidade de atingir identidades absolutas (Høffding, Meyersson, Bohr), temos que contentar-nos com modelações, cabendo sempre um pequeno espaço residual para a subjectividade, esperanças e preconceitos. Os

¹¹¹ PULLMAN, Bernard (ed.) – *The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology*. Pontificia academia scientiarum. Princeton, New jersey. 1996. ISBN 88-7761-055-7. p.Préface XV.

¹¹² FAYE, J. – *The influenc of Harald Hoffding 's phulosophy on Niels Bohr's interpretation of quantum michanics*, Danish Yearbook of Philosophy, 1992. p.42 *cit in* Rui Nobre Moreira – *Ciência e irracionalidade*. *in* Eduardo Chitas; Adriana Verissimo Serrão (coord.) – *Razão e espírito*. Lisboa: Edições durate reis, 2004. (Estudos da cátedra a razão, I). ISBN 972-8745-10-9. p.88

¹¹³ HØFFDING, H – *Esquise d'une psychologie fondée sur l'expérience*. Paris: [Alcan], 1903. p. 434. *cit in* Rui Moreira. p. 88.

¹¹⁴ MOREIRA, Rui Nobre. p. 91.

conhecimentos não deixam de ser provisórios até serem deslocados por outros. A realidade, em vez de hierarquicamente bem estruturada, apresenta-se emaranhada, cheia de elementos que se interligam para construir o nosso mundo polissémico e múltiplo, onde o caos e a ordem interagem incessantemente. «A complexidade não é um fundamento, é o princípio regulador que não perde de vista a realidade do tecido fenomenal no qual nos encontramos e que constitui o nosso mundo.»¹¹⁵ É imprescindível andar à procura dos meios para a descrever. O pensamento complexo (ou rizomático segundo Guilles Deleuze e Félix Guattari), em vez da visão clássica vertical, estabelece plataformas horizontais, que fazem crescer para o lado e a diferentes níveis as ciências habituadas a crescer só para cima. Os pontos de interferência, as zonas de hibridação, as interfaces, são de vital importância nas trocas de informação e representam a metodologia mais rica para estimular novas vias exploratórias do conhecimento (são exemplos o surgimento da bioquímica, biofísica, físico-matemática, físico-química, etc.) e novos pontos de vista.

Nos processos lógicos, dado que os símbolos são finitos, é impossível extrair um número ilimitado de consequências com o propósito de prever todos os comportamentos possíveis (Gödel). Um conjunto finito de regras falha ao tentar descrever uma só camada de realidade. Frente a este paradigma é possível superar tal limitação; romper o número limitado de deduções, aumentando a linguagem, criando novos conceitos, novas metáforas, etc.

De modo diferente da máquina de Turing, o sistema cognitivo biológico tolera a desordem. Isto acontece porque não obedece a regras fixas, quer dizer, não fala uma só linguagem, mas é continuamente reajustado, adaptando à evolução intrínseca do evento em observação. O cérebro, concebido como hierárquico, hoje em dia é visto como um sistema em rede (cerca de 10 mil milhões de neurónios!), dado que se veio a verificar que as interacções em todos os níveis são muito importantes para o funcionamento global de todo o sistema. O processamento da informação é em paralelo, descentralizado, permitindo a formação de uma dimensão suplementar. Mesmo mantendo a linearidade, ele permite o estabelecimento de um sistema de inter-conexões (sinapses), onde cada um dos seus elementos está interligado com tudo, com entradas e

¹¹⁵ MORIN, Edgar – Introdução ao pensamento complexo. 3.ed. Epistemologia e sociedade. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. ISBN 972-8245-82-3. p.152.

saídas múltiplas. Não existem ordenações hierárquicas (anti-genealogia) e as diferentes áreas de conhecimento permitem a constituição de planos de imanência (rebatimento num plano de uma determinada estrutura). Mesmo originando-se certas rupturas (o que acontecia com o surgimento de novos axiomas científicos), o sistema refaz a sua constituição, mudando de natureza à medida que aumentam as suas conexões.¹¹⁶

Como foi dito, o nosso conhecimento da realidade não pode ser totalmente expresso com um só processo formalizado (modelo), mas requer uma rede de diferentes modelos, correspondendo a diferentes linguagens, pelo que chegamos à conclusão que não existe uma ciência única, mas diferentes aproximações científicas para diferentes aspectos da realidade. A linguagem da ciência tem de ser aberta, com reajustamentos de si própria. «O recurso à imaginação científica não assinala uma cedência da razão, uma distração pelas imagens, mas o poder essencialmente verbal de ensaiar novas relações sobre um modelo descrito.»¹¹⁷ As metáforas, isomorfismos (processos inter-linguísticos) e modelos (intra-linguísticos) estabelecem pontes não estritamente formalizadas entre diferentes modelos, sendo um constituinte essencial da rede linguística¹¹⁸. São estas relações que fundamentam a capacidade de tradução de um idioma noutra e que, dessa forma, fornecem o racional da imaginação, proporcionam novas verdades na investigação científica e destroem a crença da ciência como única linguagem qualificada para descrever a realidade (cientismo), abrindo-a para as relações de interdisciplinaridade com outras linguagens¹¹⁹. Não está fora de questão que os matemáticos ou outros cientistas avaliem o seu trabalho em termos estéticos, exigindo elegância e beleza.¹²⁰

¹¹⁶ DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix – *Mille Plateaux: capitalismo et schizophrénie*. Paris; Les éditions de minuit, 1989. (Critique). ISBN 2-7073-0307-0.

¹¹⁷ RICOEUR, Paul – *A metáfora viva*. Rés; Porto. p.360.

¹¹⁸ ARECCHI, F. T. – *Complexity in science: models and metaphors*. in Pullman. p. 130.

¹¹⁹ *Ibidem*. p.137.

¹²⁰ GLEICK, James – *Caos: a construção de uma nova ciência*. p.154.

3 – Teoria do caos.

3.1 – *Complexo / aleatório / caótico.*

Na linguagem comum as palavras; complexo, aleatório e caótico muitas vezes se confundem. São concebidas como sinónimas de desordem, confusão, incompletude, multiplicidade, incerteza, ambiguidade, incoerência, acaso, fortuito, ignorância, bruma, por oposição ao ordenado, simples, ou conhecido.

Na matemática, os termos complexo e caótico também têm sido usados de uma maneira diversa: para referir sistemas dinâmicos com comportamento não periódico; para referir os autómatos celulares e o seu comportamento; os sistemas em rede; os fractais; os algoritmos genéticos ou adaptativos; os sistemas geradores de padrões. Em todos eles existe associado um sistema determinístico constituído por alguns (não necessariamente muitos) elementos inter-relacionados de modo não linear.

É complexa aquela «construção formada por numerosos elementos interligados que funcionam como um todo»¹ A emergência de complexidade estrutural consiste na impossibilidade de descrever satisfatoriamente um objecto vasto pela redução dos seus componentes com as suas leis elementares, já que escapa ao nosso poder de percepção e análise, não conseguindo encontrar um padrão, uma redundância associada a alguma regularidade. Mas, mesmo estando os elementos inter-relacionados de um modo complicado, como um tecido fortemente entrelaçado, em que uma multiplicidade de dados ou elementos estabelecem relações intrincadas, nada implica que não esteja regido por leis claramente determinadas, ao ponto de poder haver um conhecimento perfeito do funcionamento de todo o sistema. Seria o caso do funcionamento de um relógio analógico, composto por uma grande quantidade de peças, mas todas a funcionar com enorme precisão e com um propósito comum.

O pensamento complexo é multifacetado, pode ser considerado de vários pontos de vista e, portanto, nunca existe uma visão que destitua as outras. «A palavra complexidade só pode exprimir o nosso embaraço, a nossa confusão, a nossa

¹ Dicionário da língua portuguesa, 2003. Porto: Porto editora, 2002. ISBN 972-0-01056-8.

incapacidade de definir de maneira simples, de nomear de maneira clara, de pôr ordem nas nossas ideias.»² No entanto, a complexidade pode conter ordem e desordem. «Quanto mais complexo, mais diverso, mais interações há, mais aleatoriedade há, ou seja, a complexidade muito alta desemboca no limite, na desintegração.»³ Ela encontra-se perto da fronteira com o aleatório, mas sem a ultrapassar.

Considera-se um fenómeno como aleatório ou estocástico se não existe uma causa aparente ou esta é desconhecida, se depende do acaso ou de circunstâncias imprevisíveis. Numa sequência simbólica considerada aleatória não há regularidade e não se pode esperar poder descrevê-la de nenhum modo mais compacto do que a sequência em si, na sua totalidade. É, ainda, exemplo de um fenómeno aleatório o movimento browniano, descrito em 1827 por Robert Brown ao observar o movimento microscópico dos grãos de pólen enquanto o líquido se encontra quieto. As partículas suspensas no líquido exibem um movimento irregular intrínseco, provocado por correntes turbulentas imperceptíveis dos átomos ou moléculas que constituem o líquido. Para descrever exactamente (deterministicamente) este fenómeno seria preciso conhecer a posição e velocidade de todos os átomos no momento inicial e a inter-relação entre um número grande mas finito de componentes. No caso dos jogos de azar, como o lançamento de um dado, seria necessário conhecer a posição inicial do dado, a velocidade e o ângulo em que seria lançado. Mas, para ambos os casos, ligeiras variações nas condições iniciais, a ligeiríssima décima de milésima de impulso a menos ou a mais, assim como ligeiras flutuações ambientais, provocariam uma modificação drástica do resultado final. Portanto, a sua previsão torna-se inviável.

A aleatoriedade é um aspecto crucial na mecânica estatística, na física quântica, na química, biologia, engenharia, economia e finança, ciências sociais, entre tantas outras, onde se observam incertezas, flutuações, ou ruídos nas suas estruturas como regra mais do que como excepção. O termo aleatório expressa só a nossa ignorância da causa do fenómeno que vemos emergir e que se sucede sem ordem aparente, sem que as interações e retroacções possam ser medidas. Em certos processos computacionais e na simulação nas diversas áreas referidas acima, é necessário (e essencial) um processo de

² MORIN, Edgar – Introdução ao pensamento complexo. 3.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. (Epistemologia e sociedade). ISBN 972-8245-82-3. p. 7 (prefácio).

³ Ibidem. p.156.

gerar números de modo aleatório. Estes processos são obtidos com frequência usando sistemas determinísticos não lineares, dada a impossibilidade, por construção, de gerar uma sequência puramente aleatória com o computador. O paradoxo vai mais além, dado que, segundo Chaitin, é impossível demonstrar se uma dada sequência é completamente aleatória.

No fundo, não sabemos, nem pode aparentemente ser demonstrado, se na natureza existe a verdadeira aleatoriedade ou se esta se resume a um comportamento não periódico de um sistema (ou sistemas) determinístico(s) como consequência de uma estrutura subjacente complexa. Anatole Rapoport considera que «a arbitrariedade é o pseudónimo de Deus» nas alturas em que «Ele não tem jeito para assinar.»⁴ Quer dizer, a aleatoriedade é a marca da intervenção de Deus nos momentos em que não se está a criar nada, quando o sistema não apresenta estrutura. Mas para A. Einstein, na sua célebre frase; «Deus não joga aos dados», o aleatório não estaria presente na natureza, existindo uma causa para todo e cada fenómeno. Ian Stewart é de opinião semelhante ao dizer; «se Deus jogasse aos dados...ganharia.»⁵ Deus, como o demiurgo de Laplace teria a capacidade de conhecer todas as posições e velocidades de todas as partículas num mesmo tempo. Para ele, o destino estaria marcado, seria determinístico e sem surpresas.

A palavra caos provém do grego *Kháos*, que significa abismo, aquilo que é confuso, desordenado, ininteligível, instável, inominável. Seria o «estado confuso dos elementos cósmicos antes da suposta intervenção de um demiurgo ou de um princípio organizador do Universo.»⁶ Seria o abismo que precede a toda criação tanto artística, como científica ou proveniente da mão de Deus. O termo caos determinístico aplica-se aos sistemas que apresentam uma evolução ao longo do tempo com comportamento aperiódico, irregular, imprevisível, onde os processos são estritamente determinísticos. Mas se a previsão se torna impossível poder-se-ia considerar que um sistema caótico se assemelha a um sistema probabilístico, sujeito a forças externas aleatórias. Ou seja, não determinístico. Então, onde assenta a diferença? Enquanto que a irregularidade num

⁴ RAPOPORT, Anatol - Los usos del isomorfismo matemático en la teoría general de sistemas. *in* Von Bertalanffy . 54-71.

⁵ STEWART, Ian – *Deus joga aos dados?: a matemática do caos*. Lisboa: Gradiva, 1991.

⁶ Dicionário da língua portuguesa, 2003.

sistema probabilístico é devida a influências exteriores, flutuações, como por exemplo no movimento browniano (devido a características microscópicas), num sistema caótico a irregularidade faz parte da dinâmica intrínseca do sistema⁷. Os sistemas caóticos apresentam em simultâneo a característica de serem determinísticos (descrito por equações) e não previsíveis (pela existência de soluções instáveis). Neles podemos reconhecer a existência de padrões e a emergência de estruturas. A ordem encontra-se emaranhada na desordem, surgem ilhas de regularidade. Os sistemas complexos encontram-se entre o totalmente ordenado (p.ex. ordem cristalina) e o totalmente aleatório (p.ex. ruído)⁸ (Figura 6). É um intervalo muito estreito onde se situa toda a vida e todo tipo de criatividade. Só no caos pode emergir algo de novo.

3.2- Sistemas dinâmicos.

Os sistemas lineares conservativos, como os conhecemos hoje em dia, caracterizam-se por não apresentarem interferências ou interdependências entre os diferentes subsistemas. A sua simplicidade deve-se á presença de um atractor, que lhe confere estabilidade e reprodutibilidade. Um atractor é um estado (ou conjunto de estados) para o qual o sistema tende, seja qual for o seu estado inicial. Assim, no caso do pêndulo ideal de Galileo, este move-se sem interrupção sobre um ciclo limite (Figura 2). No caso do pêndulo real, com fricção, tende a diminuir a sua velocidade, a medida que o tempo passa, acabando por parar sobre um ponto fixo, correspondente com a perpendicular ao centro de gravidade. Seria equiparável ao modelo de uma bacia hidrográfica onde, seja qual for o ponto onde nos situemos, a água acaba por ser escoada (há uma convergência) para o ponto topológico mais baixo. Tratando-se de atractores, a esta bacia chama-se *bacia de atracção*. No caso de um objecto em movimento sem atrito, continua neste estado (estado cíclico, periódico) se não receber nenhuma força exterior.

⁷ RAMOS, Maria das Mercês Carvalho Correia de Sousa – A entropia como medida do caos na formação de professores: contributo para a construção de um modelo. (Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Metodologia das Ciências; Física). Universidade de Lisboa, 2000.

⁸ RICHTER, Peter H. – Harmony and complexity order and chaos in mechanical systems. In Pullman., Bernard (ed.) – *The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology. Proceedings: plenary sessions of the pontifical academy of sciences, 27-31 October 1992*. Princeton; New Jersey: Pontificia Academia scientiarum, 1996. (nº 89). ISBN 88-7761-055-7. p.122.

A presença de um atrator periódico ou de ponto fixo indica que o sistema em equilíbrio não o pode abandonar espontaneamente, sem introdução de energia. Portanto, os únicos movimentos possíveis são permanecer em repouso ou repetir movimentos periodicamente. No caso de haver perturbações (lineares) no meio, o sistema tende a convergir (amortecimento gradual da amplitude da perturbação) para o seu estado de equilíbrio. Em princípio, para uma flutuação de maior amplitude corresponde um tempo maior de retorno ao estado de equilíbrio, do que para o caso de uma flutuação de pequena amplitude.

Na ciência clássica a redução dos fenómenos mais complicados em partes mais elementares só dava bons resultados quando o problema podia dividir-se nas suas cadeias causais isoladas, com a intervenção de poucas variáveis e em que as relações de causa-efeito eram unidireccionais. Tratava-se de sistemas dinâmicos lineares e conservativos, caracterizados por um comportamento regular, predizível e descritível por funções analíticas simples. Nestes, o todo não era mais do que a soma das suas partes⁹. Tais casos passaram a ser considerados como os únicos legítimos a serem estudados por parte da ciência. Os casos de não equilíbrio, de metamorfoses bruscas, transformações descontínuas, foram considerados como meros fenómenos transitórios, complicados, não reprodutíveis e por tanto, não considerados como campo de estudo por parte da ciência, ou não identificados como fenómeno. Este tipo de fenómenos tinha sido evitado pela ciência como casos raros, particulares, curiosidades, casos patológicos ou aberrações. Continuava (e continua) sem resolução o clássico problema dos três corpos, a organização dos seres vivos, a turbulência, etc.

A teoria do caos impôs-se como área científica *per se* nos finais do séc. XX, apesar do seu estudo despontar no início do século anterior, vindo a tornar-se numa teoria excepcional dado o seu carácter generalizador que abarca cada um dos ramos da investigação moderna. Na física e na matemática é um enquadramento que explica o funcionamento de sistemas dinâmicos complexos. É a ciência do não linear que reconhece que o todo é mais do que a soma das suas partes. Determinados comportamentos podem ser instáveis no que diz respeito à evolução temporal e/ou

⁹ SCOTT, Alwyn (ed.) – Encyclopedia of nonlinear science. New York; London: Routledge, 2005. ISBN 1-57958-385-7.

espacial como função dos seus parâmetros e variáveis. Mesmo equações simples podem gerar um movimento tão complexo, tão sensível à medição, que parece aleatório e em que erros minúsculos se propagam e crescem, podendo estender-se a todo o sistema. É o conhecido “efeito borboleta”.

Embora aparentemente imprevisíveis, são de facto regidos por leis deterministas, podendo evidenciar ilhas de regularidade ou a existência de padrões subjacentes no meio do aparente ruído, graças à presença de atractores, que podem ser pontos fixos, ciclos limite ou atractores estranhos. São característicos dos sistemas caóticos os fenómenos de auto-organização, sensibilidade às condições iniciais, irreduzibilidade a subsistemas mais simples - ergodicidade, amplificação de flutuações, inter-dependência dos fenómenos macroscópicos e microscópicos.

A teoria de sistemas complexos estuda hoje em dia situações tão diversas como a formação de uma nuvem (desencadeada pela junção de diversos factores como a temperatura, a evaporação da água, os ventos, fenómenos sobre a superfície terrestre); o escoamento turbulento de fluidos; inversões do campo magnético da Terra; arritmias na pulsação cardíaca; padrões de convecção do hélio líquido; hiatos na cintura de asteróides; crescimento de populações; tsunamis; o gotejar de uma torneira; o metabolismo de uma célula; actividade electroquímica no cérebro humano; colisões de átomos num gás; transições de fase, buracos negros; alterações climáticas; evolução de uma reacção química e epidemiologia.¹⁰

O início do estudo dos sistemas complexos pode situar-se em 1860, data em que James Clerk Maxwell analisou as colisões entre moléculas esféricas pesadas (Figura 7) em que se dá a progressiva amplificação de pequenas flutuações¹¹. Pequenas variações na posição inicial, como as inerentes à medição, provocam efeitos muito díspares, que crescem exponencialmente com o tempo, tornando-se totalmente imprevisíveis após um número reduzido de colisões. É o fenómeno conhecido como sensibilidade às condições iniciais, oposto à concepção da mecânica clássica onde as incertezas eram encaradas como simples questões de precisão, em que o erro aumentava linearmente com o tempo

¹⁰ Ibidem.

¹¹ RAMOS, Maria das Mercês Carvalho Correia de Sousa. Idem.

(estando desse modo controlado), mas que viria a ser negligenciável com o aumento da potência dos instrumentos.

Henri Poincaré (1854-1912) foi o fundador da teoria qualitativa dos sistemas dinâmicos introduzindo as bases da topologia e da dinâmica topológica como ferramentas indispensáveis para o estudo dos sistemas dinâmicos complexos. Por volta de 1890, no seu esforço sem sucesso para provar que as órbitas planetárias eram estáveis e regulares, remetendo ao antigo problema do sistema dos três corpos, totalmente mecânico e determinístico (tal como as equações derivadas da segunda lei de Newton), descobriu que a solução era caótica, fortemente dependente das condições iniciais¹². Tinha ante si o sistema mais simples da mecânica celestial que continha toda a complexidade do comportamento caótico, nomeadamente a imprevisibilidade das órbitas individuais¹³.

A Secção de Poincaré é uma ferramenta matemática proposta por Henri Poincaré, que permite simplificar os diagramas no espaço de fase do sistema, pela sua projecção num plano. Entendemos o espaço de fase como um espaço que tem tantas dimensões como número de variáveis necessárias para especificar o estado de um dado sistema dinâmico. As coordenadas de um ponto no espaço de fase constituem um grupo de valores simultâneos das variáveis num dado instante. Num pêndulo simples, que se mova num plano, as variáveis do espaço de fases são o ângulo que o pêndulo faz com a vertical e a velocidade angular (posição e velocidade). O espaço de fase permite visualizar a dinâmica de um sistema a longo prazo, mas no caso dos sistemas caóticos, nem sempre é possível uma observação clara. Por vezes não é mais do que um emaranhado de linhas. Nos sistemas ergódicos, o uso da secção de Poincaré pressupõe que se um sistema não pode sair de uma região limitada, deve retornar infinitas vezes a estados próximos do estado original. A secção de Poincaré é construída seccionando o espaço de fases por um plano (ou hiperplano), transversal às linhas do fluxo, de tal modo que os pontos resultantes das sucessivas intersecções da órbita com o plano retratam a dinâmica do sistema, explicitando o tipo de movimento: ponto fixo, periódico, aperiódico, caótico.

¹² SCOTT, Alwyn (ed.). *Idem*.

¹³ STEWART, Ian. *Idem*. p.93-103.

Após Henri Poincaré, a detecção de sistemas não lineares simples com comportamento complexo foi aumentando exponencialmente; a observação do comportamento ocasional de ruído num tubo de vácuo (Balthazar van der Pol, 1927); as experiências com circuitos elétricos de van der Pol e van der Mark (1927) e o modelo de duplo disco do dínamo magnético (Rikitake, 1958). Mas só se deu importância ao paradoxal comportamento complexo de um sistema simples na década dos 60 como resultado de descobertas em matemática e em modelação por computador (Lorenz, 1963) de sistemas reais.

Em 1936 Alan Turing (1912-1954) inventou a Máquina de Turing, uma máquina conceptual baseada em operações arbitrárias sobre sequências de elementos discretos ou símbolos. Os computadores electrónicos dos anos quarenta trouxeram a oportunidade de observar melhor fenómenos de complexidade, em primeiro lugar considerados como resultantes das aproximações numéricas que estes realizavam. Nos anos 50 surgiram os primeiros modelos para as redes neuronais e os autómatos celulares (geradores de padrões em biologia), para a robótica e para a inteligência artificial que passaram a (tentar) simular a complexidade do comportamento humano. No fim de contas, o próprio universo podia comportar-se como se de um programa informático se tratasse.

Edward Lorenz (1963-2008) meteorologista, ao estudar a teoria da mecânica de fluidos, numa tentativa de descrever a turbulência atmosférica, realizou aproximações às equações de Navier-Stokes¹⁴. No seu modelo, para a descrição da convecção térmica numa camada de fluido aquecido por baixo chamou a atenção para as soluções de equações diferenciais ordinárias apelidadas posteriormente de atractores estranhos (Figura 8). Popularizou o nome de “efeito borboleta”, uma metáfora que utilizou para expressar a sensibilidade das condições iniciais ou caos determinístico.

A teoria da informação de Shannon (1948) e a teoria ergódica de Kolmogorov (1958) permitiram estender a definição de entropia, noção vinda da termodinâmica, aos sistemas dinâmicos. Em 1965 A. Kolmogorov e G. Chaitin definiram a complexidade algorítmica para uma sequência de dados como o comprimento mínimo de um

¹⁴ Lorenz, “Deterministic nonperiodic flow”, 1963.

algoritmo computacional (medido, por exemplo, em número de bits se o algoritmo é para ser implementado num computador digital) necessário para produzir o mesmo resultado. As sequências que apresentam valores mais elevados de complexidade algorítmica (não existe nenhum algoritmo que as possa resumir) são aquelas que são consideradas mais próximas da aleatoriedade.

Em 1960 Von Neuman e Ulam criaram os primeiros autómatos celulares, ao procurar modelos matemáticos simples com a capacidade de auto-organização, e auto-replicação (propriedades dos fenómenos biológicos), concebidos como uma discretização de equações diferenciais parciais. Nestes modelos podem obter-se padrões complicados mas derivados de regras extremamente simples.

Em 1970 John Conway, realizou experiências computacionais com uma variedade de autómatos celulares a duas dimensões. Apareceu então o jogo da vida, um autómato celular que, definido por regras extremamente simples de inspiração biológica, exhibe uma enorme variedade de comportamentos. Ainda hoje existe investigação sobre os “seres vivos” – configurações persistentes que ocorrem neste sistema dinâmico discreto.

Em 1955 Mandelbrot introduz o conceito de fractal, que expressa a complexidade no aspecto espacial geométrico, mas só se popularizou nos anos 70 e 80 (ver mais adiante).

Nos anos 70 constatou-se que os mesmos fenómenos se manifestam em sectores do conhecimento não relacionados, espalhando-se o seu uso para sistemas mecânicos, eléctricos, fluidos, etc. Graças ao impulso do Instituto de Santa Fé, organizaram-se uma série de conferências para estudar em exclusividade o tema da não linearidade¹⁵. A teoria do caos passava finalmente a ser do conhecimento do público.

John Holand (1975) introduz a noção de algoritmo genético e posteriormente desenvolve o estudo dos chamados sistemas complexos adaptativos. Esta ideia é um produto típico da interdisciplinaridade de áreas como a matemática, a física, a

¹⁵ CROCA, José R.; MOREIRA, Rui – Diálogos sobre física quântica: dos paradoxos à não-linearidade. Lisboa: Esfera do caos ed. 2007. ISBN R978-989-8025-27-2.

computação e a biologia. O conceito envolve o uso da evolução de estruturas matemáticas, que no computador são convertidas em programas para resolver um problema de optimização.

Uma outra linha que contribuiu para a teoria actual dos sistemas complexos foi a teoria das catástrofes de René Thom (1972). O termo catástrofe é introduzido para descrever fenómenos naturais que envolvem mudanças descontínuas, enquanto que a maioria da matemática aplicada era direccionada para comportamentos contínuos¹⁶. Esta teoria teve aplicações nas ciências sociais, na biologia (como por exemplo a morfogénese ou a divisão celular), entre outras. Teve o mérito de tentar encontrar princípios gerais intuitivos e geométricos para descrever e explicar os fenómenos complexos.

Nos anos oitenta Wolfram estudou e divulgou os autómatos celulares a uma dimensão, que se tornam muito populares. Introduz ainda uma classificação dos autómatos celulares de acordo com o seu comportamento qualitativo. Esta classificação não é rigorosa de um ponto de vista matemático, mas torna-se muito útil como hipótese de trabalho.

Ainda nos anos oitenta a não linearidade ganhou reconhecimento como área científica própria em parte como consequência do aparecimento do computador pessoal e o aumento da capacidade de cálculo. Assim as simulações por computador passaram a ser encaradas como experiências laboratoriais e indispensáveis à formulação e teste de hipóteses, falando-se então de matemática experimental¹⁷. Surgiu um novo paradigma: o da complexidade.

¹⁶ SCOTT, Alwyn (ed.). Idem.

¹⁷ Em Portugal o primeiro laboratório de Matemática Experimental dedicado ao estudo da ciência do não linear foi criado por José Sousa Ramos em 1987 Na Faculdade de Ciências de Lisboa.

3.3 – Algumas características dos sistemas dinâmicos complexos.

Algumas características do caos são universais, dada a tendência de uma estrutura matemática idêntica estar subjacente em muitos sistemas reais diferentes. São características dos sistemas complexos: sensibilidade às condições iniciais, auto-organização, auto-consistência, auto-poiese, auto-semelhança, diversidade, emergência, fluxo, imprevisibilidade, evolução temporal complexa, entropia positiva, fenómenos de retro-alimentação, presença de um atrator estranho no espaço de fase, expoentes de Lyapunov positivos, geometria fractal, transições de fase e renormalização.

Alguns problemas que inicialmente parecem extremamente complicados podem ser simplificados se nos concentrarmos no seu comportamento a longo prazo, na sua dinâmica assintótica. Os únicos comportamentos possíveis a longo prazo são os próprios atratores, ficando os outros tipos de movimento relegados a fenómenos de natureza transiente. Existem dois tipos de dinâmicas: Por um lado temos as dinâmicas regulares e simples, que consistem num estado de equilíbrio, como o ponto fixo (Figura 2), (estado estacionário; p. ex. o pêndulo com a resistência do ar) ou periódico (Figuras 9(a), 9 (b) e 9(c); p. ex. o pêndulo ideal), com oscilações repetitivas tipo ciclo limite (cuja órbita é fechada no espaço de fases); por outro lado temos as dinâmicas caóticas (Figura 10), complexas, cujas órbitas no espaço de fases são aperiódicas e estão associadas a um atrator-repulsor estranho. Este comportamento complexo está por sua vez ligado à existência de infinitas órbitas periódicas distintas mas que são repulsivas. Neste caso a existência de um conjunto que é atractivo (o atrator) e um conjunto repulsivo (as órbitas periódicas repulsivas) revela o carácter hiperbólico do sistema (Figura 11(c) - Ponto hiperbólico tipo sela: direcção atractiva direcção repulsiva). Os pontos fixos no plano podem ser do seguinte tipo: os sumidouros (Figura 11(a)) (pontos fixos que atraem todas as trajectórias próximas); os repulsores (Figura 11(b)) (fontes, pontos fixos que repelem trajectórias próximas) ou os pontos selas (Figura 11(c)) (pontos fixos que atraem as trajectórias numa direcção e as repelem na outra).

Nos sistemas lineares duas soluções de uma equação linear podem somar-se para obter uma nova solução (princípio de sobreposição). A resposta perante pequenas flutuações exteriores é suave e regular no tempo e no espaço, em proporção directa do

estímulo, decrescendo normalmente ao longo do tempo no caso de sistemas dissipativos. A flutuação vai perdendo a sua identidade até se tornar imperceptível e o sistema converge para o seu atrator, ciclo limite ou ponto fixo.

A não linearidade é uma condição necessária mas não suficiente, para que um sistema revele um comportamento turbulento ou caótico. Nas equações não-lineares, duas soluções não podem somar-se para gerar uma nova solução. O sistema tem de ser considerado na sua totalidade, apresentando-se transições para um movimento caótico ou aparentemente aleatório. Uma ligeira mudança nos parâmetros pode produzir uma diferença qualitativa enorme no seu movimento. Podem apresentar estruturas localizadas estáveis, coerentes, que perduram ao longo do tempo, em contraste com o movimento irregular e errático adjacente.

Um sistema particularmente simples, mas que contém muita da diversidade de comportamentos dos sistemas complexos é o pêndulo caótico¹⁸. Neste caso, o sistema apresenta muitas órbitas periódicas, extremamente próximas umas das outras. Variando os parâmetros, que o caracterizam, exhibe padrões cada vez mais complicados com um número infinito de duplicações de período, até entrar num regime caótico (Figuras 9(a), 9(b), 9(c) e 10). Deste modo sistemas simples (o pêndulo como sistema mecânico) não lineares podem ter soluções caóticas e apresentar comportamentos extremamente diversificados.

A transição de um sistema num estado simples regular para um estado caótico pode ser exemplificado pela passagem do movimento laminar de um fluido, para o movimento turbulento mediante o aumento da sua velocidade sucessivamente passando por certos valores críticos (pontos de bifurcação). A transição entre a ordem dinâmica e o caos é semelhante à transição de fase entre estados da matéria como os fenómenos de cristalização, fusão, sublimação, magnetização, em que há uma mudança descontínua a partir de um ponto crítico. As propriedades macroscópicas sofrem uma modificação brutal, com propagação do efeito através de todo o sistema. Um conjunto de milhares de milhões de átomos altera subitamente as características físicas globais, sem envolver

¹⁸ RAMOS, Mercês; RAMOS, Sousa – A matemática e a natureza: a forma e o ritmo. Educação e matemática. nº 64. Setembro/Outubro de 2001.

nenhuma alteração da substância em si. Enquanto no fluxo laminar pequenas perturbações acabam por desaparecer (pontos iniciais próximos mantêm-se ao longo de todo o sistema): No fluxo turbulento as pequenas flutuações crescem de modo dramático, afastando-se pontos que inicialmente se mantinham próximos. O movimento turbulento, inicialmente considerado meramente aleatório, surge como uma confusão desordenada em todas as escalas; pequenos remoinhos na sua instabilidade dentro de outros maiores.

Apesar da sensibilidade às condições iniciais, estas só a curto prazo são importantes num sistema caótico. Um sistema caótico apresenta regularidade (estrutura) no padrão global de comportamento, apesar de poder não ser observável à escala local. O diagrama de bifurcação permite-nos obter uma visão global da dinâmica de um sistema para um determinado intervalo de valores do parâmetro em estudo, detectando todas as zonas de comportamento periódico e aperiódico (Figura 12). Um exemplo onde este fenómeno ocorre é o sistema dinâmico obtido da equação logística, muito estudado como modelo da dinâmica de populações, na biologia. O estado do sistema, num instante t , é caracterizado por um número x_t do intervalo $[0,1]$. No instante seguinte, $t+1$, o sistema está no estado $x_{t+1} = f_b(x_t)$, onde f_b é a função logística (quadrática) dependente do parâmetro b . Se b tem um valor pequeno, próximo de 0, o sistema apesar de ser não linear tem um comportamento simples, tendencialmente o estado vai para 0, ponto fixo atractivo. À medida que o valor de b cresce, aparece um novo ponto fixo atractivo e o ponto fixo zero passa a repulsivo. Aumentando um pouco mais o valor de b o ponto fixo atractivo passa a repulsivo e aparece uma órbita periódica de período 2 atractiva. Aumentando um pouco mais o valor de b a órbita periódica de período 2 atractiva passa a repulsiva e aparece uma órbita periódica de período 4 atractiva. Este processo continua, duplicando sempre o período, até um certo valor de b para o qual a órbita atractiva é aperiódica. No entanto existem infinitas órbitas repulsivas de período 2^k , que se foram acumulando neste processo. O valor de b para o qual isto acontece é chamado o ponto de Feigenbaum. Em cada momento em que ocorre uma duplicação de período temos um ponto de bifurcação e este processo é representado pelo diagrama com o mesmo nome. O caos acontece para valores de b superiores ao valor de

Feigenbaum. Toda a estrutura do caos, nessas condições, é descrita por uma estrutura em árvore introduzida por J. Sousa Ramos¹⁹ (Figura 13).

O processo que conduz à obtenção de uma obra de arte também se corresponde com um sistema complexo. Por exemplo, na pintura de um quadro figurativo, vão-se realizando uma série de etapas repetidas e de formas semelhantes mas numa escala decrescente. Assim, o pintor numa primeira fase intenta captar as formas globais do que pretende representar; faz um esboço. Mediante um processo de iteração, vai acrescentando detalhes e novos pormenores. «A obra desdobra-se em formas cada vez mais definidas. Nesta perspectiva, o pensamento do pintor é semelhante ao do cientista, pois que, em jogo livre, parte de uma origem, que desdobra depois em formas ainda mais cristalizadas. «Na ciência, como na arte, é necessário que o que se vai fazendo, sempre a caminho de formas com melhor definição, se mantenha aberto ao jogo livre essencial à criatividade.»²⁰ Este tipo de ordem generativa que se obtém é «muito diferente da de uma máquina, na qual o todo é constituído pelas partes.»²¹ Isto é, na qual o todo emerge pela acumulação de pormenores. Na ordem generativa (ou iterativa), existem hierarquias, ordens dentro de outras ordens. «Um desenho ou uma pintura contêm muitas ordens que operam juntas e dinamicamente à medida que a obra se vai fazendo.»²² Mas neste caso «as hierarquias já não são estruturas rígidas e fixas, implicando o domínio dos níveis mais baixos pelos mais altos. Ao invés, há um desenvolvimento, por acção do princípio gerador imanente, do mais geral para o menos geral.»²³ A consideração de uma obra como acabada é bastante difícil. Por vezes inesperada; a sensação de que “não há mais nada para dizer”. É a altura certa em que se dá uma transição de fase, em que a obra de arte passa a ter uma coerência interna e em que qualquer modificação que se faça não traz nada de novo ou, inclusive, pode destruir o trabalho realizado.

¹⁹ RAMOS, José Sousa - As árvores que ordenam o caos. Colóquio O caos e a Ordem, ACARTE – Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 25-26 Fev. 1994.

²⁰ BOHM, David; PEAT, F. David – Ciência, ordem e criatividade. Lisboa: Gradiva, 1987. p.210.

²¹ Ibidem. p.210-211.

²² Ibidem. p. 221.

²³ Ibidem. p. 217.

Na arte actual, onde há uma junção de diferentes *media* (intermédia; pintura / escultura, vídeo / instalação, música e luz, performance, música / teatro / dança / poesia [*Gesamtkunstwerk*] na obra total de Wagner, etc.), existe uma inevitável interferência na expressão dos diferentes *media*. A percepção que se obtém é multi-estável, pelo «surgimento simultâneo de sensações de diferente natureza.»²⁴ Individualmente cada *media* tem a sua expressão própria, mas a junção de vários provoca uma experiência que difere claramente da soma ou união dos *media* que o compõem.

3.4 – *Fractais.*

A geometria clássica ou euclidiana não consegue capturar a essência das formas irregulares. «Nuvens não são esferas, montanhas não são cones, linhas costeiras não são círculos, a casca das árvores não é lisa, nem a luz viaja em linha recta.»²⁵ Os modelos dependem da distância a que as coisas são observadas. Muitos dos padrões espaciais e objectos na natureza são irregulares ou fragmentados num grau tão extremo que são difíceis de descrever. Por exemplo; a linha de uma costa nunca é recta, nem circular, nem elíptica e não existe nenhuma outra linha para a descrever. Do mesmo modo, não há superfície que se adapte à forma das nuvens ou ondas de turbulência.

Benoit Mandelbrot propôs o uso de objectos chamados fractais para a representação geométrica de formas e padrões irregulares e enfatizou a importância dos gráficos dos computadores para estudar formas complexas. São exemplos de fractais a trajectória de uma partícula num movimento browniano, a escada do diabo, o floco de neve de Koch, o tapete de Sierpinski, a esponja de Menger, o conjunto de Cantor (Figura 14). A partir de 1975 passou a enumerar situações em que estes conjuntos surgem na natureza: nuvens, costas, rios, rede de estradas, couve-flor (Figura 15), relâmpago, séries temporais financeiras, e muitas outras, deparando-se com o inesperado facto de que o grau de irregularidade permanece constante através de diferentes escalas, permitindo a definição da chamada dimensão fractal.

²⁴ IEVIN, Í. A. – Sinérgica y arte. Sevilla: URSS, 2004. ISBN 978-5-484-01017-2. p.24.

²⁵ MANDELBROT, Benoît B. - The fractal geometry of nature. New York: W. H. Freeman and company, 1982. ISBN 0-7167-1186-9.

A dimensão fractal é uma grandeza numérica que proporciona uma informação global sobre os objectos fractais, que são auto-semelhantes. É um indicador do grau de irregularidade dos objectos e, ao contrário da dimensão usual topológica da geometria euclideana, não apresenta valores inteiros, dimensão um (segmento), dois (quadrado) ou três (cubo), mas valores fraccionários, por exemplo 2.6 (papel amarrutado, ocupando um certo volume) ou compreendido no intervalo [1.15, 1.25] para o caso de uma linha costeira.

O termo fractal deriva do latim *fractus* que designa fractura. Fractais são formas geométricas complexas e detalhadas, em qualquer nível de ampliação e que, sendo subdivididas em partes, cada uma das partes pode ser vista como uma réplica do todo. Apesar da complexidade geométrica, podem possuir um certo tipo de regularidade. Por exemplo a auto-semelhança, uma simetria através das escalas, que consiste em partes do objecto serem semelhantes ao todo. Já tinha sido sugerida a existência, em diversas escalas do universo de uma auto-semelhança aproximada. O átomo, primeiramente considerado como o elemento mínimo que constituía os objectos, passa a ser visto como semelhante à poeira descontínua das galáxias, onde cada nova aproximação nos conduz a novas estruturas. É a mesma concepção que a visão completa do universo de Leibniz, numa simples gota de água; ou a infinita reflexão entre dois espelhos (*mise en abîme*); o peixe que come um peixe menor, que por sua vez come outro menor; os vasos sanguíneos que se vão ramificando constantemente, etc.

Nos anos noventa os padrões fractais despertaram o interesse ao serem considerados como objectos estéticos, baseado na sua complexidade visual. Enquanto fractais, as estruturas ramificadas podem ser descritas com simplicidade transparente, com apenas alguns *bits* de informação²⁶, manifestando, no entanto, visualmente um amplo grau de complexidade estrutural. A nova sensibilidade perante a beleza era inspirada pelas contaminações harmoniosas de ordem e desordem, tal como ocorrem na natureza. «É uma geometria do irregular, do quebrado, retorcido, enredado, entretecido.»²⁷ Esta geometria esteve presente nalgumas fases da história da arte, como

²⁶ GLEICK, James – *Caos: a construção de uma nova ciência*. p.150.

²⁷ *Ibidem*. p.132.

evidenciam os entrelaçamentos decorativos densos das iluminuras hispânico-saxãs (página da cruz dos *Evangelhos de Lindisfarné*, séc. VII-VIII), as páginas caligráficas da arte muçulmana (*Álbum do Conquistador [Sultão Maomé I]*, séc. XV), os pináculos da Catedral de Milão (1386), o *Trono de S. Pedro* de Gianlorenzo Bernini (1657-66), o *Navio Negreiro* de Joseph Mallard William Turner (1839), *O mar Polar* de Gaspar David Friedrich (1824), *The Great Wave* (1846) de Hokusai ou o *Torrente sobre árvores caídas* (1515?) de Leonardo da Vinci.

Jackson Pollock (1912-1956) e outros artistas da *action painting* (Kline, Sam Francis) são considerados os ícones do espectacular mundo do ramificado, irregular, caótico. Por se tratarem de quadros e pintura (tinta), objectos físicos finitos, existe uma escala máxima (as dimensões do quadro) e uma mínima (as dimensões do menor pingo de tinta) para as quais existe ou se manifesta a expressão artística. Neste intervalo, independentemente da escala, existe sempre estrutura complexa. Na pintura figurativa, este fenómeno ocorre num intervalo de escalas mais restrito e em último caso apenas nas linhas de separação de cores ou formas, onde o fenómeno pode ser semelhante ao da estrutura de uma linha costeira.

Ao longo da evolução da técnica de *dripping* de Jackson Pollock pode observar-se um progressivo aumento da sua dimensão fractal, o qual se considera um refinamento da técnica por parte do artista, com uma dramática mudança a nível visual. Há uma passagem da dimensão 1, linear, (por exemplo da série *Untitled* de 1943), para a «dimensão 1.72»²⁸ (por exemplo em *Lúcifer*, 1947), no revestimento quase total da tela. A partir de linhas simples, vão-se sobrepondo camadas de pintura que se justapõem quebrando as possíveis figuras que se possam formar espontaneamente. O esmalte que é incorporado lentamente é controlado por um arquejar suave do braço, outros dependem de uma oscilação pendular, enquanto outros gestos são espontâneos, não controlados (salpicos violentos)²⁹. Em *Lavander Mist* existem quatro tipos diferenciados de marcas³⁰.

²⁸ TAYLOR, Richard; MICOLICH, Adam P.; JONAS, David – Fractal analysis of Pollock's drip painting. *Nature*, vol. 399, (1999). p. 422

²⁹ ELKINS, James – What painting is: how to think about oil painting using the language of alchemy. New York: London; Routledge, 1999. ISBN 0-415-92113-9. p.92.

³⁰ *Ibidem*.

A pintura fractal de Jackson Pollock, e genericamente o expressionismo abstracto, apresenta a impossibilidade da sua cópia mimética. Para além da aparente ausência de estrutura ou da aleatoriedade da obra, existem marcas que preservam a identidade do artista, mesmo quando este eventualmente tenta apagá-la. O resultado final não é o aleatório em si, senão que surgem certas estruturas e marcas que ainda preservam o sentido de gesto. Noutra tipo de pintura, com treino, é possível imitar as pinceladas dos grandes mestres. Quanto mais tempo dispendido na análise e imitação de uma obra prima, chega-se eventualmente a cópias muito bem conseguidas. Ao ponto de apenas com técnicas de análise químicas ou microscópicas ser possível diferenciá-las. No caso dos *dripping paintings* resulta impossível repetir com exactidão uma obra dada, devido à extrema sensibilidade às condições iniciais envolvidas no acto de pintar *drippings* (o gesto, a densidade da tinta, a interacção das gotículas, etc.), que condicionam totalmente o aspecto final do quadro. À vista desarmada e por comparação com o original é possível a sua distinção. No seu lugar, em vez de falsificações de quadros (não se pode copiar *Lavander Mist*), o que podem surgir são imitações do estilo dos quadros (novos quadros atribuíveis a Pollock ou a outro pintor expressionista).

3.5 – Autómatos celulares.

Os seres vivos, pela sua proximidade à nossa experiência do dia a dia, têm constituído os sistemas dinâmicos complexos estudados por excelência. Procura-se neles noções intuitivas de complexidade, para obter uma melhor compreensão do modo como esta pode emergir a partir da simplicidade. Na natureza é comum o surgimento de padrões espontâneos como nos anéis de cogumelos, as oscilações da actividade do músculo do coração, a formação de manchas dos leopardos ou conchas, o crescimento diferencial de um embrião, a evolução das espécies, na propagação de infecções, no crescimento de plantas, as simulações ecológicas. Estes padrões podem gerar-se a partir de regularidades no espaço, mas serem caóticos no tempo; podem ser regulares no tempo e caóticos no espaço; ou podem ser caóticos tanto no tempo como no espaço, o

que é característico da turbulência em hidrodinâmica³¹. Alguns padrões podem ser estáveis ou instáveis, mas a grande maioria são meta-estáveis (intermédios).

Os cientistas depararam-se com a surpresa da existência de classes de sistemas que exibem o mesmo tipo de padrões, as mesmas estruturas coerentes localizadas independentemente da escala considerada, dos detalhes precisos de cada sistema ou do meio em que este acontece; era como se houvesse «padrões universais de caos»³², a existência de uma espécie de comportamento geral dentro dos sistemas. Perante tal facto, John von Neuman e Stan Ulam tentaram formalizar um grupo de operações lógicas primitivas que gerassem padrões complexos espaciais e temporais a partir de regras simples de interação local³³. Apesar da sua simplicidade, nada como os autómatos celulares tinha surgido antes dos anos 50.

John von Neumann desenvolveu o conceito de autómato em 1948 baseado nas características dos seres vivos como a manutenção, locomoção e reprodução. Nos anos cinquenta construiu um autómato celular³⁴ auto-replicante bidimensional por simulação computacional em que o seu comportamento era apercebido visualmente com alguma facilidade. Anteciparam com impressionante detalhe os descobrimentos posteriores sobre os mecanismos de expressão e replicação do ADN³⁵.

Os autómatos celulares podem ser encarados como uma máquina conceptual de estado finito. São sistemas dinâmicos discretos definidos em termos de uma estrutura celular (onde cada célula pode ter um número finito de estados possíveis), um alfabeto de símbolos (um símbolo representa um estado local) e uma regra de transição local, que se vai actualizando a cada instante de tempo. A configuração ou estado de um autómato, num certo instante, é uma sequência de símbolos (ou cores) que constituem um estado local. Cada estado local, no instante seguinte, depende dos estados locais na

³¹ SCOTT, Alwyn. Idem.

³² STEWART, Ian. Idem. p.268.

³³ SCOTT, Alwyn. Idem.

³⁴ Na altura o nome autómato celular não estava estabilizado e pode encontrar-se o mesmo conceito nomeado pelos diferentes nomes: estruturas celulares, espaços celulares, estruturas homogéneas, estruturas de tesselação.

³⁵ DENNETT, C. Daniel - Darwin's dangerous idea: evolution and the meanings of life. New York: Touchstone book, Published by Simon & Schuster, 1995. ISBN 0-684-82471-x. p.172.

sua vizinhança e a forma como esta se dá caracteriza o autômato celular (Figura 16 - Exemplo de uma regra : regra 110).

Desde a década de sessenta até princípios da década de oitenta, a maioria do trabalho em autômatos celulares eram simples aplicações que tiveram pouco impacto, mas com o aparecimento dos computadores o tema sofreu um grande incremento. Em 1970 surge o “jogo da vida” de John Conway³⁶. Este é um dos mais simples autômatos celulares de duas dimensões conhecidos equivalente à máquina universal de Turing³⁷. Isto significa que em princípio pode ser programado de modo a realizar qualquer cálculo realizado num computador comum. O “Jogo da Vida” ilustra a questão de qual é a complexidade mínima requerida para a auto-replicação. O plano é dividido em células quadradas. Cada quadrado representa uma célula que pode estar activada (viva), ou não (morta), em cada instante. A vizinhança de cada célula consiste nas 8 células que a rodeiam. Se uma célula está morta e está rodeada de 3 células vivas, então no instante seguinte nasce uma nova célula. Caso contrário, permanece morta. Se uma célula está viva e está rodeada de 2 ou 3 células vivas, então no instante seguinte permanece viva. Caso contrário morre devido a excesso ou escassez de população. É uma regra simples que rege todo o plano e que induz um sistema dinâmico discreto determinístico. Descobrem-se rapidamente certas configurações que são mais interessantes do que outras, como por exemplo, aquelas que se mantêm periódicas, que se deslocam sobre o tabuleiro ou as que interferem com outras estruturas. O “Jogo da Vida” é uma máquina universal de Turing a duas dimensões, - um computador bidimensional.

Mais ou menos em simultâneo, Stephen Wolfram³⁸ começou a publicar uma série de artigos que popularizaram o estudo dos autômatos celulares elementares e em meados dos anos oitenta quando os autômatos celulares emergiram como um campo de grande interesse entre os investigadores da teoria de sistemas complexos. Wolfram dedicou-se em grande parte a autômatos celulares a uma dimensão. Os mais simples são constituídos por estados que são sequências de células (unidimensional), com duas

³⁶ Publicado por Martin Gardner na sua coluna de “jogos matemáticos” do Scientific American.

³⁷ A regra 110 é o mais simples autômato a uma dimensão equivalente à máquina de Turing. Deste modo, teoricamente, qualquer cálculo realizado por um computador pode ser realizado através deste autômato.

³⁸ WOLFRAM, Stephen – A new kind of science. Champaign: Wolfram Media, 2002. ISBN 1-57955-008-8.

cores (sistema binário: estado local 0 ou 1) e com uma regra local, que permite a evolução temporal. Cada estado local na sequência e num determinado instante depende dos estados locais próximos no instante anterior. Apesar da sua simplicidade dão origem a comportamentos complexos e com a capacidade de poder produzir padrões extremamente irregulares. Wolfram forneceu uma classificação para os autómatos celulares (Figura 17): A classe 1 corresponde aos autómatos para os quais a maior parte das condições iniciais leva a um comportamento uniforme. A classe 2 corresponde aos autómatos para os quais existem diversos estados finais, no entanto estes estados correspondem a configurações periódicas. A classe 3 corresponde aos autómatos cujo comportamento típico é essencialmente aleatório apesar de estruturas de pequena escala poderem sempre aparecer. A classe 4 corresponde aos autómatos cujo comportamento alterna entre o aleatório e o simples, havendo estruturas de média e grande escala que interactivam. Esta classificação não é uma classificação matemática, mas sim qualitativa, semelhante à classificação da matéria; sólidos, líquidos e gasosos, ou dos seres vivos; animais, plantas e microrganismos. Torna-se por isso uma importante ferramenta de trabalho.

Os autómatos celulares, ao poderem ser definidos em qualquer dimensão, proporcionaram um rico ambiente de modelação. Os autómatos constituem uma conexão não óbvia entre regras locais simples iteradas e padrões de emergência complexos, podendo ser usados como modelos aproximativos de sistemas complexos reais. Devido à sua generalidade como plataforma de modelação, os autómatos celulares tem encontrado uma grande aplicação em muitas áreas da ciência. Em química e física, tem proporcionado modelos de formação de padrões em sistemas de reacção-difusão, a evolução em espiral de galáxias, sistemas de *spin* (modelos de Ising), fluidos e turbulência, crescimento dendrítico de cristais (flocos de neve), entre outras aplicações. Em computação, os autómatos celulares têm sido usados como sistemas de processamento de informação em paralelo, linguagens formais e para o processamento de imagem e reconhecimento de padrões.³⁹

³⁹ SCOTT, Alwyn. Idem.

4 – O ser vivo como sistema complexo.

4.1- *Acerca do ser vivo.*

A vontade de construir artefactos vivos vem desde muito longe (são exemplos o pato de Jacques de Vaucanson, cerca de 1730; Frankenstein de Mary Shelley). Intuitivamente, durante vários séculos, considerou-se que o grande (universo) seria complexo, enquanto que o pequeno (átomo) seria simples. No séc. XIX acreditou-se que não haveria descontinuidade entre a vida e a não vida, no sentido em que a passagem de um ser não vivo para um vivo acontecia gradualmente pela junção de elementos adicionais, um pouco como a ampliação de uma máquina acrescentando engrenagens. Quantos mais elementos constitutivos possuísse mais complexo seria o ser vivo, ocupando um degrau hierárquico superior. Os procariotas seriam inferiores aos eucariotas (possuidores de um núcleo diferenciado e de orgânulos como cloroplastos e mitocôndrias); os fetos (com reprodução por meio de esporas) inferiores às angiospermas (plantas com flor); os insectos, répteis e pássaros inferiores aos mamíferos placentários; os mamíferos inferiores ao homem, possuidor de auto-consciência (Figura 1).

Com o avanço das descobertas científicas, sobretudo pela invenção do microscópio e do telescópio, viu-se que a mudança gradual entre o vivo e não vivo não era evidente. Há uma espantosa complexidade na mais ínfima bactéria, à semelhança de todos os outros seres vivos, possuidora do “segredo da vida”. Assim como o átomo apresenta semelhanças com o sistema planetário (Rutherford, 1919), uma simples ameba pode ter semelhanças com o universo, ou os cristais podem apresentar morfologias próprias dos seres vivos¹ (Figura 20). Paradoxalmente, mudando a escala, tudo parece manter um certo grau de estrutura. Tudo é susceptível de ser considerado como um sistema não trivial. O complexo está em toda a realidade, mudando só o conhecimento que temos ao seu respeito.

A presença da irreversibilidade nos fenómenos naturais faz com que os sistemas da mecânica ideais deixem de ser considerados como representativos, passando a

¹ LIMA-DE-FARIA, A.– Evolution without selection: form and function by autoevolution. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5. p.85-118.

pertencer a uma pequena classe de sistemas, considerados como casos degenerados, excepcionais, para os quais são legítimas certas simplificações que acabam por ser redutoras. O ser vivo considerado como a classe de sistemas mais complexos conhecida, constituía um paradoxo para a segunda lei da termodinâmica (Schrödinger, 1945), manifestando uma clara ordem e intencionalidade (a manutenção da vida), pese as adversidades do mundo exterior. O ser vivo considerado como uma máquina seria produto de uma harmoniosa coordenação interna dos órgãos e uma sã divisão das funções, aos quais se acrescentavam ciclos de maturação e de envelhecimento. Mas, diferentemente das máquinas, construídas com materiais altamente resistentes às agressões exteriores, os seres vivos estão compostos por uma matéria extremamente corruptível, fraca, que em nada difere dos elementos constituintes do resto do universo a não ser na sua combinação e inter-relação.

O ser vivo estava para além das leis que regiam a matéria inanimada. Não se podia abdicar do seu carácter divino, dado que não podia ser concebido como uma máquina. Na ontogenia embrionária é evidente que o embrião se desenvolve numa estrutura espacial organizada, a partir de uma célula única, produto da fecundação do óvulo, para gerar um organismo completo com células diferenciadas. Os primeiros instantes são fundamentais para o futuro desenvolvimento do organismo, de modo que interacções pequenas ao nível das divisões celulares vão afectar directamente a formação do organismo global. É de pressupor a existência de um certo plano de conjunto. Para explicar tal facto era necessário invocar um certo princípio vital, situado fora da nossa compreensão, como consideravam os vitalistas da escola de Montpellier na segunda metade do séc. XVIII². Segundo eles, era possível o surgimento do germe por geração espontânea por meio do toque divino e a sua finalidade era a vontade de Deus. A diferença radicava em possuir ou não alma. Mas tal argumentação corria o risco da mera simplificação autoritária ou dogmática, redução que não deixa margem para a evolução do conhecimento e posterior investigação do fenómeno da vida.

Hoje em dia a embriologia e, na generalidade, os seres vivos, já não são encarados como um paradoxo da segunda lei da termodinâmica, dado o contexto dos sistemas dissipativos de Prigogine, nos quais existe uma actividade dissipativa

² - *Enciclopédia Einaudi: Sistema*. Fernando Gil (Coord.) Lisboa: Impr. Nac.-Casa da Moeda, 1993. (vol. 26). ISBN 972-27-0539-3. p.152.

macroscópica permanente que envolve fluxos de matéria e de energia provenientes do ambiente, impedindo o sistema de atingir o estado de equilíbrio. «Qualquer organização, como qualquer fenómeno físico, organizacional, e, bem entendido, vivo, tende a degradar-se e a degenerar-se. O fenómeno da desintegração e da decadência é um fenómeno normal. Por outras palavras, o que é normal não é que as coisas durem sem se modificarem, isso seria pelo contrário inquietante. Não há nenhuma receita de equilíbrio. A única maneira de lutar contra a degenerescência está na regeneração permanente, por outras palavras, na aptidão do conjunto da organização para regenerar-se e para reorganizar-se, ao fazer frente a todos os processos de desintegração.»³ O ser vivo, mesmo destinado ao desaparecimento e extinção, continua em permanente luta pela sobrevivência, sulcado de fluxos, numa vida que vive da sua abertura para o mundo.

Na realidade, pese a presença de fluxos, o ser vivo tende a criar um ambiente interior que atenua as variações ambientais, conservando invariantes as suas condições de funcionamento. A temperatura, o pH, a pressão osmótica, os níveis de açúcar no sangue, etc. mantêm-se dentro de limites constantes, graças a fenómenos de retroalimentação negativa. É o processo conhecido como homeostase (William Cannon)⁴.

No fundo, ele é um sistema de alta complexidade organizacional que não deixa de reflectir uma larga e elaborada sequência de etapas na evolução dos organismos. A paleontologia veio a corroborar a presença de espécies extintas e de outras que até a actualidade foram mudando muito. Os criacionistas atribuíram esses fósseis à existência de vários períodos de criação imutáveis, não relacionados, e dilúvios catastróficos que levaram à extinção em massa. Mas as evidências mostram a olhos atentos que os seres vivos vão mudando (Lamarck, 1809), do mesmo modo como a Terra vai passando por várias eras geológicas. Nada é eterno, e como tal, era preciso encontrar uma nova explicação que derrubasse o mito bíblico. Os seres vivos sofrem uma espécie de “progresso”, um aumento de ordem e de complexidade num processo irreversível, aumentando a sua resistência e autonomia, intensificando as suas trocas com o

³ MORIN, Edgar – Introdução ao pensamento complexo. 3.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. (Epistemologia e sociedade). ISBN 972-8245-82-3. p.129-130.

⁴ - *Enciclopédia Einaudi: Sistema*. p.153.

ambiente. Adquirem uma estrutura que os torna “melhores”, “mais aptos”, “fortes” e “evoluídos” para determinadas condições ambientais.

Para Darwin, no “*On the origin of Species by Natural Selection*” de 1859, a mudança dos seres vivos era explicada por meio do mecanismo de selecção, constatado pelos fenómenos de selecção artificial (domesticação de animais e plantas por meio da selecção de aquelas características desejáveis). Segundo esta teoria, os seres vivos sofrem uma série de transformações (mutações) que conferem ao indivíduo características diferenciadas que podem afectar a sua *performance* no seu meio tornando-o mais dotado, mais adaptado ao ambiente onde está inserido. Mediante a transmissão de tais caracteres à sua descendência (reprodução diferencial, mas não aleatória) surge uma retroacção sobre a composição genética da população na geração seguinte⁵. Pela iteração de tais fenómenos, as espécies vão mudando gradual e continuamente ou, pelo menos, por meio de pequenas etapas, pela acumulação de pequenas mutações, que vão contribuir lentamente para a formação de novas espécies a partir de subespécies. Cada aspecto da morfologia, fisiologia e comportamento de um organismo é modelado pela selecção natural para uma maior optimização, em resposta a um problema colocado pelo ambiente.

As espécies com características semelhantes são aquelas que estão filogeneticamente relacionadas por meio de um antepassado comum. Gregor Mendel (1822-1884) introduziu a estatística quantitativa na avaliação dos dados da descendência a partir da experiência rigorosa de controlo da fertilização em plantas. Interpretou a acção dos genes (considerados ainda a nível abstracto) para determinar as propriedades dos organismos.

A acção da selecção pode ser traduzida ou interpretada como topologia, paisagem topológica ou paisagem adaptativa⁶. «A evolução adaptativa é um processo de procura – guiado pela mutação, recombinação e selecção – em paisagens com

⁵ RIEGER [et al.] – A glossary of genetics and cytogenetics. Classical and molecular. Berlin: Spinger-Verlag. 1968. pp. 8-101. cit. in A. Lima-de-Faria – Evolution without selection: form and function by autoevolution. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5. p.7.

⁶ STUART, A. Kauffman - Adaptation on suggested fitness landscapes. in Lectures in the sciences of complexity. Daniel L Stein (ed.). p.527-618.

deformações optimizadas ou fixas. Uma população ao adaptar-se flui sobre a paisagem sujeita a essas forças. A estrutura desta paisagem, suave ou acidentada, impõe limitações na procura adaptativa»⁷ governando a capacidade de evoluir da população e a capacidade dos seus indivíduos (Figura 21). Os sistemas de dinâmica adaptativa devem ter pequenos atractores que tipicamente apresentam homeostases. Ao haver múltiplas bacias de atracção, que neste caso correspondem aos picos associados à adaptação máxima local, há uma competição entre várias configurações meta-estáveis (com as mesmas probabilidades), criando um caminho (ou vários) ao qual a evolução da espécie está associada. Entre estas possíveis configurações nenhuma mudança é melhor ou vantajosa, só é diferente, dependendo por vezes de pequenas flutuações. A adaptação é principalmente um fenómeno interno das espécies que mudam em correspondência com o seu ambiente.

Alguns evolucionistas defendem que os genes são as unidades sobre as quais actua a selecção⁸, se bem que as pressões de selecção operam directamente ao nível do fenótipo (morfologia e função) e não do genótipo (constituição genética). Do mesmo modo, as mutações locais ao nível genómico raramente provocam características vantajosas para o ser. Ao nível geral são mutações neutrais, desfavoráveis ou deletérias. A obtenção de novas formas fica à mercê de que aconteçam mutações benéficas (aleatórias) num tempo particular, com muito baixa probabilidade de repetição. É um processo extremamente lento, por acumulação de micromutações, reducionista e insuficiente para explicar toda a diversidade de seres vivos que existem e que existiram. Não permite explicar o problema dos saltos evolutivos (Goldschmidt, 1940), das macromutações (reorganizações globais), como tampouco a co-evolução e o conseqüente aumento da sua complexidade.

No século XX o fenómeno chamado de “emergência da complexidade” surgiu entre uma série de investigações que vão desde o domínio da sociologia (Edgar Morin), à psicologia (Jean Piaget), à cibernética (John Holland), até à matemática (Von Neumann, René Thom) e a física-química (Prigogine). O termo emergência expressa o

⁷ STUART, A. Kauffman - Adaptation on rugged fitness landscapes. p. 118. *cit. in* Daniel C. Dennet – *Darwin's dangerous idea: evolution and the meaning of life*. New York: Touchstone, 1995. ISBN 0-684-80290-2. p.223.

⁸ DAWKINS, Richard - *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 1989. (2.ed.). ISBN 0-19-286092-5.

acontecimento de algo inesperado, o surgimento de propriedades novas e mais complexas que aquelas de que emergem. Partículas elementares juntam-se para constituírem átomos, átomos constroem moléculas, moléculas agregam-se em macromoléculas, macromoléculas formam orgânicos celulares e células, as células em organismos; os organismos agrupam-se em sociedades; as sociedades formam ecossistemas e os ecossistemas formam a biosfera. «Só porque algo é construído por partes simples, que podem não ter grande valor em interacções limitadas, isso não significa que o seu conjunto não seja valioso e interessante.»⁹ Se for atingido um nível crítico de complexidade (à beira do caos), os objectos podem auto-reproduzir-se de modo teoricamente interminável. Estabelece-se uma reacção auto-catalítica, onde a ordem global vai surgindo a partir de interacções que se estabelecem a nível local¹⁰.

Não podemos assumir que exista uma força superior, ou finalidade, que provenha de alguma consciência externa ou interna que dite o comportamento global, o que seria um princípio de explicação de Deus. Antes, trata-se de uma série de fenómenos colectivos persistentes, cujo controlo não é centralizado, mas que conferem aos sistemas a capacidade de se auto-organizar, auto-manter e auto-evoluir. Em cada nível de complexidade, algumas propriedades novas acontecem como o surgimento espontâneo de ordens diversas, organização e redundâncias num sistema. Há um aumento da informação envolvida e quanto mais complexo um sistema vivo se torna mais tenderá a complexificar-se (retroacção positiva)¹¹. A ordem auto-organizada surge a partir da desordem, a partir do ruído, do não-equilíbrio.

Este fenómeno é o que Humberto Maturana e Francisco de Varela (1980) chamaram de *auto-poiesis*, que no fundo significa auto-criação; comportamento autónomo, encontro casual de duas partes, estabelecimento de interacções entre as duas partes que se podem encontrar com outra terceira parte e por repetição originar unidades extremamente complicadas. Tais fenómenos aplicam-se tanto à explicação da formação

⁹ HILLIS, William Daniel *cit. in* LEVY, Steven – Vida artificial: em demanda de uma nova criação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1993. (Ciência Nova; 12). ISBN: 972-20-1131-6.

¹⁰ STUART, A. Kauffman - Adaptation on rugged fitness landscapes *cit. in* Steven Levy – Vida artificial: em demanda de uma nova criação.

¹¹ DE DUVE, Christian - Aperçu des conceptions modernes em biologie. Bruxelas: Connaissance scientifique et philosophie, Académie Royale de Belgique, 1975. *cit. in* - Enciclopedia Eudinai: Sistema. 173.

de um cristal, como às inter-relações metabólicas, à capacidade de activar ou inibir a transcrição genética, à organização social, à aprendizagem, entre outras.

O aumento da complexidade está estreitamente ligado ao surgimento de novos pontos de bifurcação sucessivos, entendidos como novas possibilidades de uma multiplicidade de soluções estáveis diferentes para certos valores dos parâmetros de um sistema. Obtêm-se novos ramos de soluções, em que a informação não pode degenerar, que nascem da instabilidade de estados de referência causados pela não linearidade. É um processo histórico, não dedutível de leis macroscópicas. Não se podem reproduzir exactamente as condições iniciais num sistema deste tipo. Distante do equilíbrio, as flutuações podem tornar-se o motor da evolução, as diferenças podem amplificar-se até estruturar a actividade dissipativa. A ordem que resulta já não é um estado raro e transitório.

No contexto da teoria da emergência da complexidade, a evolução das espécies passa a ser entendida como um processo de auto-organização. A função do ser vivo já não é a gestão harmoniosa e centralizada, mas a regulação precária, de estabilização continuamente instável, com as suas conseguintes crises. São sistemas de grande maleabilidade e adaptabilidade, que vão desde a catálise de polímeros até à morfogénese, onde a ordem se apresenta espontaneamente, com ausência de selecção natural, sem precisar de imposições do meio ambiente.

As descargas eléctricas da terra primogénita e a atmosfera redutora permitem explicar a formação espontânea de cadeias de pequenas moléculas pré-bióticas no caldo primordial que acabaram por autocatalizar-se e auto-replicar-se. A auto-montagem (*self-assembly*) é o termo criado pelos bioquímicos para descrever a habilidade das macromoléculas para organizarem-se a si próprias espontaneamente como resultado de forças iónicas, covalentes e moleculares. Nas cadeias de polipéptidos, a informação inerente unidimensional da sequência dos seus aminoácidos converte-se em informação tridimensional, pela dobragem espontânea numa configuração globular que é activa

bioquimicamente. Também é demonstrada esta capacidade de automontagem na formação de outros elementos como vírus, ribossomas e cromossomas¹².

Após um longo período de evolução pré-celular, o agregado celular acabaria por se proteger das flutuações do seu meio ambiente através da formação de uma membrana celular (cianobacterias), mas que ao mesmo tempo lhes fariam comunicar com o exterior mediante o intercâmbio de matéria e energia. Assim se origina a célula. Mediante uma série de simbioses ou mutualismo (organização de cooperação) entre células procariotas de diferentes origens (bactérias simbióticas) é possível explicar o surgimento das primeiras células eucariotas, com núcleo individualizado, e o seu aumento em volume, com o conseqüente enriquecimento da informação. A dupla membrana celular surge espontaneamente, sem passar por uma etapa intermédia constituída por uma membrana simples, dada a sua formação a partir do prolongamento do retículo endoplasmático, que se junta à volta dos cromossomas¹³.

«A evolução da organização multicelular depende da habilidade das células para se comunicarem entre si. [...] é precisa para regular o seu desenvolvimento e organização em tecidos, para controlar o seu crescimento e divisão, assim como coordenar as suas actividades diversas.¹⁴» As células tem a capacidade de auto-organizar-se de um modo específico dado que possuem características estruturais e moleculares que permite reconhecerem-se e organizar-se. A aleatoriedade está excluída. Tal dado pode observar-se nas amibas *Dictyostelium discoideum* que têm uma fase do seu ciclo de vida em que um grupo de células independentes se junta por acção de um gradiente de difusão de componentes químicos. Este gradiente fornece às células do grupo informações acerca da orientação para a posterior junção. Deste modo, forma-se um agregado pluricelular¹⁵.

¹² FRAENKEL-CONRAT – Desing and function at the thershold of life: the viruses. New York: Academic Press, 1962. 1-117. *cit. in* A. Lima-de-Faria – Evolution without selection: form and function by autoevolution. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5. p.181.

¹³ ALBERT, B [*et al.*] 1983 – Molecular biology of the cell. New York; London: Garland Publising. *cit in* A. Lima-de-Faria. *Idem.* p.181.

¹⁴ *Ibidem.* p.189.

¹⁵ LIMA-DE-FARIA, A. – *Evolution without selection: form and function by autoevolution.* Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5.

Nos organismos pluricelulares a sinalização entre células é um processo básico para a sua evolução. A comunicação é realizada por pequenas moléculas como o AMPcíclico, hormonas, proteínas, esteróides, pequenos péptidos que funcionam como neurotransmissores no sistema nervoso, etc., em tudo semelhantes, desde os protozoários até aos seres humanos. Tal é o grau de especificidade das células que uma suspensão de células do coração forma, por meio da agregação, um tecido que se contrai ritmicamente. O mesmo acontece para dar lugar a hidras, esponjas ou veias humanas a partir das suas células dispersas¹⁶. Células misturadas de diferentes órgãos de diferentes organismos tem a capacidade de reconhecer-se e construir órgãos separados pelas propriedades moleculares específicas¹⁷. Dentro dos organismos pluricelulares também aparecem diferentes regiões do sistema separadas por membranas, em que cada região se comporta de forma coerente, pelo menos enquanto a membrana sobrevive.

A organização social dos seres vivos também é regida pelos mesmos fenómenos de auto-organização. Nos insectos sociais (abelhas, térmitas) o seu comportamento global surge de pequenas forças individuais, de pequenas acções ao nível das feromonas segregadas que afectam o comportamento e fisiologia de outros indivíduos da mesma espécie, sem a presença de uma inteligência central. O mesmo pode aplicar-se na regulação dos ciclos circadianos, fenómenos de sincronização de populações, ritmos temporais, oscilações espacio-temporais, padrões colectivos espaciais das populações, aparecimento de limites naturais, etc., em que as mudanças a nível individual podem depender de interacções muito fracas entre indivíduos. Nas inter-relações entre espécies, são de destacar os fenómenos de parasitismo, simbiose e comensalismo, assim como as dinâmicas de predador-presa que regulam as cadeias tróficas ao nível dos ecossistemas.

De certo modo pode dizer-se que a «evolução é um fenómeno inerente à construção do universo.»¹⁸ Em vez de um processo lento, a auto-evolução propõe uma aceleração do processo, com fenómenos de auto-organização espontânea, sem etapas intermédias, e que tendem a complexificar-se. «Uma teoria completa da evolução deve

¹⁶ LIMA-DE-FARIA, A.– Evolution without selection: form and function by autoevolution. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5. p.192.

¹⁷ Ibidem. p.188.

¹⁸ Ibidem. p.18.

reconhecer um equilíbrio entre as forças externas do ambiente que impõem uma selecção que visa a adaptação local e as forças internas, que representam as restrições da herança e do desenvolvimento.»¹⁹ Há uma junção de fenómenos de forças internas de auto-organização, a pressão selectiva imposta pelo ambiente e uma tendência inerente para formar padrões de ordem.

4.2- Da origem do homem ao homem do futuro.

O surgimento da espécie humana deu lugar à emergência de seres conscientes. A sensibilidade e o pensamento simbólico surgiam como funções psicológicas de um nível superior. O surgimento de uma linguagem simbólica complexa permitiu uma maior transmissão da informação, potenciando o surgimento de comportamentos sociais cada vez mais complexos: Houve um maior desenvolvimento de estratégias de cooperação, repartição de tarefas, estabelecimento de relações familiares, transmissão de conhecimentos adquiridos e uma maior capacidade de aprendizagem.

O homem diferenciou-se dos seus parentes primatas pela sua encefalização (aumento da capacidade craniana) e a dependência de ferramentas para a sua sobrevivência. Uma teoria da evolução atribui tais mudanças a um avanço da estepe, em detrimento dos ecossistemas florestais, que obrigou aos hominídeos a descer das árvores e erigir-se sobre os membros posteriores para espreitar o horizonte à procura de novas presas ou detectar possíveis predadores (há 4 milhões de anos). Outros autores atribuem o fenómeno, da encefalização, a estratégias reprodutivas (Lovejoy), sociais (Whiten e Byrne, 1988) ou de termorregulação corporal (Peter Wheeler; Fialkowski, 1986). Por outro lado, a produção de ferramentas que ocupava os membros anteriores e o seu transporte originaria uma assimetria do cérebro, assim como o seu aumento em volume (há 2 milhões de anos). Com o descobrimento do fogo haveria uma variação na dieta alimentar (hipóteses de Beny-Picking; Milton, 1988), agora com maior consumo de carne e com redução dos cereais, que contribuiu para viabilizar uma redução mandibular em benefício de um aumento da capacidade craniana. Cabe não descartar estas teorias

¹⁹ DELEUZE, G.- A most chilling statement in "Natural History"; 1981. n.º 4 p. 14-21. – Enciclopédia Einaudi: Sistema. p.79.

como tendo contribuído para a modelação do homem moderno, mas podem não ser as mais relevantes.

Segundo estas teorias o homem evoluiria de um modo gradual, lentamente, com mudanças quase imperceptíveis. Não é evidente que o uso de ferramentas tenha sido o responsável pelo processo de hominização, serão antes uma consequência, assim como não está claro que as causas sejam climatéricas. No processo de hominização há uma ausência de formas de transição, indicadas pelos achados paleontológicos. Os saltos evolutivos são bruscos, com passagens repentinas de uma espécie para outra. As mudanças são discretas, sem formas intermédias. A árvore evolutiva não é linear, apresenta várias ramificações e coexistência de vários homínídeos em determinados momentos evolutivos, com um progressivo encurtamento do tempo de emergência de novas espécies.

O facto de possuir auto-consciência em vez de um comportamento inato pode não ter compensado inicialmente em termos adaptativos. Uma maior capacidade craniana implica um incremento do gasto energético (20% do metabolismo do corpo face a menos de 10% na maioria dos mamíferos), assim como fortes modificações ao nível esquelético. Uma postura erecta dificulta a fuga dos predadores, como também o parto. As suas características neoténicas tornaram-se cada vez mais evidentes: Houve uma redução do número de descendentes na medida em que o seu período de maturidade se ia prolongando, necessitando de um crescimento longo e vulnerável. Mas ao mesmo tempo incrementou-se o período durante o qual era possível a aprendizagem e antecipação face a circunstâncias sempre diversas e mutáveis. O homem perdeu a sua especialização ao meio. Tornou-se mais generalista, mais flexível, mais plástico e maleável, mas com uma forte dependência das ferramentas que construía. O homem evoluiu em simbiose com a sua tecnologia e graças a esta foi avançando nas suas novas conquistas.

As diferenças genéticas entre chimpanzé e humano são inferiores a 1,1%. Mas a interacção do homem e o meio é radicalmente diferente da do chimpanzé. A evolução que levou ao aparecimento do homem não dependeria tanto das pequenas mudanças graduais devidas à acção (pressão) do ambiente, mas seria antes o resultado de um processo interno, por mudanças na morfologia (fenótipo) repentinas e simultâneas. A

evolução humana seria mais dependente de mudanças na regulação do ADN²⁰ e da presença de macromutações, modificando ligeiramente a estrutura dos genes (o genótipo).

Uma macromutação consiste numa mudança acentuada no fenótipo que pode ser devida a uma pequena mutação no genótipo ou por uma acumulação de mutações genótípicas que acabam por dar uma grande diferença no fenótipo. É o caso do surgimento de uma monstruosidade cujas novas características podem não ser necessariamente viáveis. Uma macromutação que permitiria explicar os diferentes saltos evolutivos no desenvolvimento dos hominídeos seria a do progressivo aumento da curvatura do esfenóide. O esfenóide é o primeiro osso que se forma durante o desenvolvimento embrionário e o mais complexo, suportando todos os ossos do crânio e da mandíbula. Inicialmente plano, a sua flexão pode ter determinado a postura erecta do homem, a redução mandibular e facial, o aumento da cavidade fonadora, uma maior irrigação craniana, o aumento do volume cerebral com o conseqüente aumento da capacidade cognoscitiva. Tratar-se-ia de uma macromutação no sentido em que, sendo só uma mutação, provocaria a mudança morfológica de muitos outros elementos do esqueleto e órgãos referidos acima. De facto, os fetos que nascem com mutação no ângulo do esfenóide (menor) são inviáveis, com um rosto mais pronunciado e cérebro menor. Uma consequência negativa da alteração da curvatura do esfenóide, mas de menor importância comparado com as vantagens adquiridas, é um aumento de doenças dentárias nos indivíduos juvenis devido ao pouco espaço para o assentamento dos dentes.

Há cerca de 60 milhões de anos os prosímios apresentariam um esfenóide horizontal e plano como a maioria dos outros animais com cérebro. 40 milhões de anos atrás os símios apresentariam uma primeira inclinação para abaixo que permitiria um aumento da capacidade encefálica. Os lóbulos occipitais teriam mais espaço para aperfeiçoar a visão estereoscópica e a memória visual. Há menos de 12 milhões de anos uma nova inclinação originaria os antropóides, com um cérebro maior em proporção ao resto do corpo. Há 6 milhões de anos surgiriam os *Australopithecus* com uma maior acentuação da inclinação do esfenóide e conseqüente aumento da capacidade

²⁰ LIMA-DE-FARIA, A. Idem. p.309.

neurocranial. 2 milhões de anos atrás uma nova inclinação coincidiria com um total bipedismo, um cérebro volumoso com redes neuronais complexas e uma fala rudimentar. Há 200.000-160.000 anos, uma nova inclinação do esfenóide originaria o *Homo sapiens sapiens*, com um aumento da capacidade cerebral (lóbulos frontais) e uma maior irrigação sanguínea do cérebro²¹.

Pelos indícios paleontológicos, pela arqueologia e pela história constata-se que a evolução do ser humano tem vindo a acelerar. A visão pós-biológica parte da premissa de que a evolução genética foi ultrapassada pela evolução cultural. Mas continua em aberto a possibilidade de uma nova mudança física (mais inteligência, uma considerável redução mandibular e um corpo mais debilitado), como resultado de uma nova inclinação do ângulo do esfenóide.

4.3 - A obra de arte como linguagem complexa.

A linguagem não é um acto exclusivamente humano. Todo o ser vivo se vê obrigado a ter de estabelecer uma comunicação trans-individual, e fá-lo de diversas maneiras; quer por meio de feromonas, pelo estabelecimento de um gradiente químico, quer por outros meios como cores, comunicação gestual, comportamental, etc. Os próprios chimpanzés possuem a capacidade de aprender a linguagem gestual humana para expressar emoções e provocar reacções no receptor, mas nunca atingindo uma função descritiva (Bühler 1934) ou argumentativa (Popper 1972)²², funções exclusivas dos seres humanos.

O homem é diferente do resto de seres vivos no que concerne à capacidade de auto-consciência, auto-conhecimento, consciência do tempo e da morte, pensamento imaginativo, assim como uma aproximação objectiva ao mundo que o rodeia. Passou a

²¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Hueso_esfenoides

²² ECCLES, John C. - Evolution of the brain: creation of the self. London; New York: Routledge, 1991. ISBN 0-415-03224-5.

possuir a capacidade de transladar-se no tempo e no espaço, não só graças às suas qualidades físicas de deslocação, mas também devido as suas características neurológicas (memória, imaginação, cognição, aprendizagem, consciência), que lhe permitiam experimentar viagens virtuais à procura de novos conhecimentos e a sua comunicação.

A curvatura do ângulo do esfenóide, além de um aumento da capacidade craniana, pode ter permitido o surgimento da fala dada a descida da laringe no pescoço, aumentando a caixa de som ou espaço da faringe. O homem passou a poder executar uma grande variedade de sons²³. Segundo John C. Eccles, a função descritiva da linguagem surgiu pela primeira vez no *Australopithecus africanus*. No *Homo habilis* houve um aumento em 40% do tamanho do cérebro, sobretudo nas áreas anteriores e posteriores (Tobias, 1983; Holloway, 1983). Mas foi com as grandes migrações e o surgimento do *H. erectus* que se incrementou o tamanho do cérebro nas áreas da fala²⁴. É de supor que só o *H. sapiens sapiens* adquiriu um sistema de linguagem com função argumentativa dada a sua capacidade de observação, abstracção e documentação. Os novos conhecimentos adquiridos podiam ser transmitidos às seguintes gerações, num *feedback* trans-geracional, sem que fossem incorporados geneticamente. E, por conseguinte, permitiu-lhe um aumento exponencial da capacidade de exploração do meio e o surgimento das tecnologias.

Como é sabido, os primatas são animais extremamente visuais (com predomínio do sentido da visão), sendo confinada esta função aos dois hemisférios cerebrais. Pelo contrário, o cérebro humano apresenta uma clara assimetria no plano temporal que lhe permite evitar as duplicações de informação, numa economia assimétrica que, pelo menos em potência, duplica a capacidade cortical, aumentando as suas capacidades cognoscitivas. Há uma assimetria da fala, confinada em 95% dos casos ao lado esquerdo do cérebro. Os lóbulos parietal e temporal esquerdo estão especializados no reconhecimento da semântica da fala e da escrita assim como na sua reprodução coerente. É um processo linear e segmentado. O lado direito, pelo contrário, encontra-se

²³<http://nautilus.fis.uc.pt/wwwantr/areas/paleontologia/encefal/textos/html/origem%20%e%20evolucao%20da%20linguagem.htm>

²⁴ Ibidem.

relacionado com as relações não verbais entre o corpo e o espaço, na apreciação musical, a detecção de padrões e memória a curto prazo de símbolos abstractos. Está especializado numa apreensão holística, não linear.

Em resumo, o lado esquerdo especializa-se naquelas funções que podem ser expressas verbalmente; é analítico, ideacional, capta os sistemas de signos, códigos, cálculo, etc... Pertence a esta região a codificação da escrita, com um papel linearizador da estrutura da realidade e da expressão de conceitos, já que ficam subjugados á passagem do tempo. O lado direito, por sua vez, encarrega-se das funções não verbais; é sintético, imagético, geométrico, não sequencial²⁵. A imagem apresenta uma força presentificadora. Pode incorporar tempos paralelos, num processo multidimensional simultâneo, de modo veloz, directo, espelhante da experiência real, sem ser preciso um tipo de pensamento linear. Dado que o cérebro apresenta áreas especializadas (áreas da fala e das imagens situadas especularmente), não podemos deduzir que a comunicação mediante as imagens seja mais primitiva do que a fala dado que ambas evoluíram em paralelo e se potenciaram mutuamente. A imagem, como representação pictórica, teria servido do mesmo modo que a fala «como recurso para estimular o poder imaginativo ou os processos internos de experiências cognitivas individuais.»²⁶

Em “Linguagem e mito” de Ernst Cassirer, constata-se que a língua dos primitivos tem uma particular tendência para o concreto, para o que pode ser apresentado em imagens (imagens-conceito) o que reforça a hipótese de Koestler (“The act of creation”) de que «o pensamento por conceitos surgiu do pensamento por imagens através do lento desenvolvimento dos poderes de abstracção e de simbolização, assim como a escrita fonética surgiu, por processos similares, dos símbolos pictóricos e dos hieróglifos.»²⁷ A linguagem escrita (não esquecer que a fala com função emotiva e imperativa já existia) começou pelas imagens, avançou rumo aos pictogramas, *cartoons* auto-explicativos, unidades fonéticas e finalmente o alfabeto, numa fixação material. A imagem, a fala «e posteriormente a escrita ampliariam esta capacidade de traduzir a

²⁵ ECCLES, John C. Idem.

²⁶ GIANNETTI, Cláudia – Traspasar la piel: el teletránsito. In Giannetti, Cláudia (ed.) - Ars Telemática: Telecomunicación, Internet, Ciberespacio. Barcelona, L'Angelot, 1998. p.119-128.

²⁷ DONDIS, Donis A - Sintaxe da linguagem visual. São Paulo: Martin Fontes, 1991. (Coleção A). p.51.

experiência em formas simbólicas, que por sua vez tem a capacidade de suscitar novas experiências mentais, novas viagens.»²⁸

Curiosamente observamos actualmente uma passagem da sociedade dominada pela linguagem para a imagem. Há uma reversão do processo para um nível icónico (*internet*, televisão, fotografia), onde a componente verbal tem só uma função complementar e há um esvaziamento do conteúdo da mensagem²⁹. As imagens apresentam-se em abundância (vemos a sua superfície), mas não têm mais nada para nos dizer (sem conteúdo) dado o seu alto grau de banalização.

Dizia Walter Benjamin que «todas as manifestações da vida intelectual do homem podem ser concebidas como uma espécie de linguagem.»³⁰ A obra de arte, como meio comunicativo intencional entre o artista e o espectador, não seria uma excepção, possuindo a sua própria linguagem, com os seus sistemas de símbolos e signos, em mutação, consoante a altura histórica e cultural em que nos centramos³¹. A fala seria meramente um caso particular de linguagem, com a característica de poder falar das outras linguagens (meta-linguagem), mas sem nunca as abarcar completamente³².

A arte fala-nos com uma linguagem que lhe é própria. Trata-se de uma linguagem por pleno direito, fundamentada na percepção espacial, de padrões, ritmos e/ou conceitos. Possui uma sintaxe com os seus elementos básicos (ponto, linha, forma, cor, etc.), uma semântica e os seus símbolos. Nela resulta indissociável a parte cognoscitiva da emocional, mas não é necessariamente linguística. Por conseguinte, dificilmente pode traduzir-se para a fala³³.

²⁸ GIANNETTI, Cláudia. *Idem*. p.119-128.

²⁹ *Ibidem*

³⁰ BENJAMIN, Walter – *Sobre arte, técnica, linguagem e política*. Lisboa: Relógio d'Água, 1992. (Antropos). ISBN 972-708-177-0.

³¹ BARBOSA, Pedro – *Metamorfoses do real: arte, imaginário e conhecimento estético*. Porto: Afrontamento, 1995. (Grand'Angular; 8). ISBN 972-36-0377-2.

³² ENES, José - *Linguagem e ser*. Lisboa: Imp. Nac. / Casa da Moeda, 1983. (Estudos Gerais. Série universitária).

³³ DONDIS, Donis A. - *Sintaxe da linguagem visual.*; Martins Fontes. São Paulo. 1991. (Colecção A). p.51.

A linguagem artística, do mesmo modo que a escrita, requer uma aprendizagem que nos ensine a identificar, interpretar, compreender e criar mensagens visuais. É necessária uma alfabetização visual, dependendo dela e do ambiente cultural o tipo de resposta que se obtém³⁴. A invenção dos diferentes sistemas de perspectiva, os aparelhos como a câmara clara e escura, a fotografia, o cinema, os raios X, as imagens de satélite ou microscópicas, etc., mudaram muito a nossa maneira de olhar para o mundo, e foi preciso para isso uma educação visual prévia para poderem ser interpretadas como fonte de conhecimento, com significado pleno.

Fruto da nossa herança do pensamento ocidental, é bastante comum possuir um tipo de pensamento dicotómico, binomial (Bem/Mal), taxonómico, onde cada elemento assume uma posição hierárquica e cada conceito é definido em função de uma lei de opostos. Segundo Platão, o uso da linguagem seria um modo de aproximação fidedigna com a realidade, onde o significado e significante estariam intimamente ligados, dada a sua verosimilitude com o mundo das ideias, e pela firme convicção da existência de harmonia no universo. Para Derrida³⁵ (1972), este colectivo de binários acarretaria o detrimento de um dos termos em favor do outro, criando um sistema desequilibrado, por conseguinte, insustentável. Peirce introduz o sistema triádico (significado/significante /semiótica), onde a ligação significado-significante é arbitrária, obtendo as coisas significado por meio da nomeação. Mesmo assim, não impede que o sistema cristalize, sem capacidade de expansão, onde os conceitos necessariamente se exprimem por fractura e com dificuldades para estabelecer novos conceitos. Nesse caso continua a ser necessário estabelecer analogias, criar metáforas, sintetizar e unir conceitos desconexos, situação posta em evidência na literatura vanguardista do século XX.

À luz do pensamento rizomático, a linguagem estaria constituída por argolas semióticas, numa realidade heterogénea, indiferenciada, constituída como uma trama. Como anunciavam Barthes, Derrida ou Foucault, a linguagem não é transparente, não existiria uma transposição directa entre o significado e o significante, ficando sempre uma parte da informação inexprimível em palavras. A mensagem encontra-se

³⁴ Ibidem.

³⁵ BABO, Maria Augusta – Do texto como textura heterogénea ao texto com textura híbrida. *In* Actas do II Congresso de ciências da Comunicação, 2004.

claramente dependente do contexto, mas também da disponibilidade e dos conhecimentos do receptor.

A linguagem, entendida como um código institucionalizado (conjunto de regras sintáticas, ortográficas, gramaticais, etc.), é por si própria um sistema fechado, auto-suficiente, de relações internas. Possui o seu mundo próprio, onde cada elemento se refere apenas a outros elementos do mesmo sistema, que obrigam a pensar de uma certa maneira (independentemente do mundo exterior), graças à acção recíproca das oposições (pensamento binário) e diferenças constitutivas do sistema³⁶. Cria conceitos e constrói tanto acontecimentos como combinações de proposições existentes³⁷. O que lhe confere abertura e dinamismo é o seu uso pelos diferentes estratos sociais, regionais e culturais, com a conseqüente evolução ao longo do tempo. O artista, pela sua parte, é um transgressor da linguagem, criando alterações do sistema, construindo novos conceitos, mostrando novas relações, estabelecendo ambivalências e multiplicidades³⁸.

A linguagem parte de elementos muito simples (fonética, cores, notas musicais, pares de nucleótidos), que por combinação vão estabelecendo outros níveis superiores (sintaxe, composições, frases melódicas, ADN). À medida que vai aumentando em complexidade (romance, quadro, sinfonia, cromossoma), a linguagem vai evoluindo, ganhando estrutura e possibilidades combinatórias, tornando-se mais aberto e aumentando o grau de ambigüidade (polissemia < ambigüidade na frase < plurivocidade do poema)³⁹. Este género de “mal-entendidos” ou “mutações”, que reduzem a capacidade de compreensão, são filtrados pelo contexto e pela incorporação de redundâncias na mensagem.

Uma linguagem, à semelhança de um ser vivo (ou de uma obra de arte), encontra-se num equilíbrio estreito entre a total aleatoriedade (inexistência de mensagem) e a cristalização num sistema totalmente ordenado e imutável (código linguístico estruturado). O uso individual vai incorporar novos matizes de maior

³⁶ BARTHES, Roland – O rumor da língua. Lisboa: Edições 70, 1987. (Signos; 44).

³⁷ RICOEUR, Paul – Teoria da interpretação: o discurso e o excesso de significado. Lisboa: Edições 70, 1987. (Biblioteca de filosofia contemporânea; 2).

³⁸ ECO, Umberto – Obra aberta. Lisboa: Difel, 1989. ISBN 972-29-0039-0. p.74.

³⁹ RICOEUR, Paul – Teoria da interpretação: o discurso e o excesso de significado.

desordem, por cometimento de erros linguísticos, com a vantagem de permitir a introdução de novos conceitos, incorporar significações suplementares às palavras e aumentar o grau de sugestibilidade, produto do meio cultural em que se vive.

Como sistema aberto e irreversível, uma linguagem é também um sistema complexo e como tal caracterizado por ser altamente sensível às condições iniciais e a sua evolução temporal a longo prazo é imprevisível. A modo de exemplo pode considerar-se o caso de um escritor no início de um novo romance ou de um pintor frente a uma tela em branco. Em nenhum dos casos se pode predizer (nem mesmo o próprio autor sabe), o que vai surgir ao longo do processo criativo da obra. Dependerá muito dos primeiros gestos, que abrem múltiplos caminhos, face aos quais o autor vai ter que realizar constantemente escolhas. O resultado final, no caso em que se trate de uma obra-prima, é um produto altamente improvável (dada a infinidade de escolhas que foram necessárias e o estabelecimento de um novo discurso) e, por conseguinte, possui um alto grau de informação, com redundâncias. Assim, consideramos que a informação contida numa obra de arte é directamente proporcional ao grau de imprevisibilidade e à dificuldade de descodificação, e nitidamente distinta do significado que possa ter. A redundância pode aumentar a inteligibilidade da mensagem, mas pode diminuir o interesse estético. A obra de arte situa-se dentro dos limiares da complexidade entre o caótico aleatório e o rígido regular; suficientemente ambígua, com uma variedade de significados, um texto polivalente, mas sem cair no extremo do inorganizável, ininteligível, puro ruído, pura desordem, não informativa.

No seio da sintaxe tem-se considerado que a metáfora cumpre um papel marginal como meio de comparação entre diferentes elementos que estabelecem uma relação de homologia. Mas tem-se deixado à margem a sua capacidade de aumentar a nossa capacidade de compreensão da realidade. Não só dá a perceber novas relações de semelhança mediante o confronto dos termos, que fazem eclodir um significado secundário, como é um meio essencial na constituição de novos conceitos. O artista (o cientista), ao sentir/observar novos fenómenos que não consegue explicar com palavras, precisa de inventar conceitos abstractos e alargar as significações das palavras evocadas para além do seu uso comum. Precisa estabelecer uma nova relação de sentido (inovação semântica), para que possa haver uma transparência na compreensão das novas observações (valor ilustrativo), assim como uma transferência de um campo de

significação para outro. As metáforas são precisamente a superfície linguística dos símbolos e possuem uma semiótica heterogénea, mistura de linguagem e figura⁴⁰. Segundo Derrida, a formação de novos conceitos só pode passar por esta etapa figurativa, de visão da coisa, do mesmo modo como nos tempos imemoriais a linguagem surgiu da figura. A leitura, no fundo, na sua rememoração do escrito, não se veria desprendida deste aspecto imagético.

A linguagem, além das funções denotativa, referencial, emotiva, coactiva, factual ou estética, pode assumir uma função meta-linguística. Passa a falar de si própria, como se tem observado ao longo da história da arte. São frequentes as citações que remetem para obras anteriores mas que ultimamente, ao tornarem-se mais frequentes, passam a ter uma conotação diferente, como se a arte se tivesse dobrado sobre si própria, englobando os artistas, mas alienando o público em geral. Em tal situação, a arte deixa de estabelecer um diálogo com o espectador, o discurso fechou-se sobre si próprio, assumindo uma posição bipolar narcisista entre a obra e o autor. Tal situação comporta uma arte destinada à sua auto-extinção, leva à “morte da arte” como anunciava Hegel.

Mais recentemente, com o surgimento das novas tecnologias, tem aparecido um novo tipo de arte, mais direccionada ao público, supostamente interactiva, dos hiper-textos e hiper-imagens, em que as imagens mudam em consonância com as escolhas ou atitudes do espectador, mas que, ao fim e ao cabo, acabam por ficar confinadas ao que o autor da obra pretendia que fosse expresso. A navegação por meio de *links* ou hiper-imagens não conduz a um aumento substancial de conhecimento já que a navegação se mantém na superfície, sem um aprofundamento dos conceitos. Há um excesso de discurso mas com uma falta de mensagem (informação). As obras concebidas para as novas tecnologias não deixam de ser no geral meras transposições das metodologias usada anteriormente e, no caso de se apresentarem como obras abertas, com múltiplas leituras, não chegam a atingir um nível de complexidade superior.

⁴⁰ BABO, Maria Augusta – Do texto como textura heterogénea ao texto com textura híbrida.

5 – Arte da complexidade.

Certos tipos de arte, ao fazer uso das novas tecnologias e dos novos conceitos científicos, passaram a ter de lidar com os fenómenos complexos, já seja de um modo intencional ou intuitivamente. Mas não devemos entender a complexidade como a base de um movimento artístico ou um estilo. Senão mais bem como um modelo aberto, sujeito a múltiplas interpretações e a uma multiplicidade de meios. Temos artistas que trabalham no âmbito de controlo da informação, nas interacções homem máquina, nas máquinas inteligentes, na estética dos fractais, na escala do invisível ou lidando directa ou indirectamente com os sistemas vivos.

5.1 – O processo criativo como um sistema dinâmico complexo.

Entende-se habitualmente como processo criativo o meio pelo qual se produz algo de novo, presente em todos os âmbitos da vida quotidiana, especialmente nas actividades científicas e artísticas. É uma actividade que faz uso da imaginação, da fantasia e da experiência, na obtenção de resultados originais, úteis, inesperados, apropriados, adaptativos, consoante os constrangimentos colocados pelo próprio problema.

A sua origem clássica insere-se num contexto místico e espiritual, considerado como efeito da intervenção de um demiurgo inspirador. Para Platão, o poeta imita mimeticamente as realizações do homem, por sua vez imitações da natureza e esta última remetendo para o mundo das ideias, o mais perfeito de todos¹. É um acto no qual não possui plena consciência e em que se limita a obedecer àquilo que lhe é ditado pela Musa. Portanto, o artista seria simplesmente aquele que goza da protecção e fortuna dos deuses, com um papel de mero artífice, situado hierarquicamente num nível abaixo dos artesões. Durante a Idade Média a criatividade também foi atribuída à iluminação divina, em que o artista era o realizador da vontade de Deus.

No Renascimento os papéis inverteram-se. A genialidade pertencia ao próprio indivíduo, por pleno direito. Em Florença os artistas desencadearam uma luta frenética

¹ PLATÃO – A república. 9.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. ISBN 972-31-0509-8.

para a sua arte ser considerada uma profissão liberal em que o uso da razão era privilegiado. Miguel Ângelo, Pablo Picasso, Salvador Dali e tantos outros, foram considerados génios em vida.

Na cultura popular o artista / cientista é geralmente descrito como um ser com humor bizarro, temperamento melancólico, saturnino, incompreendido por parte da sociedade e com tendência para a hipocondria. É aquele Dom Quixote lunático e solitário, imerso no seu próprio mundo, que se levanta em meio da noite, balbuciando palavras ininteligíveis, capaz de concentrar-se no seu trabalho ao ponto de esquecer-se de comer ou dormir, até a sua procura estar concluída. O processo criativo é um trabalho quimérico, um acto de rebeldia, como uma necessidade de mudança, um momento mágico de eclipse, que requer um grande esforço, persistência e brilho, sem que haja garantias de sucesso. Trata-se, por parte do artista, de uma experiência muito inquietante e arriscada, de entrada no desconhecido, cheia de perigos e que requer que leve as suas capacidades até ao limite². É preciso desterrar-se à periferia para, desde um ponto privilegiado, poder vislumbrar algo de novo.

Os indivíduos criativos são por si indivíduos fora da norma, no sentido em que possuem uma habilidade sintética para pensar de maneira diferente e escapar ao pensamento convencional. O seu olhar é diferenciado. Mas também com uma capacidade analítica para reconhecer quais são as pistas cruciais que permitem resolver os problemas e ligar ideias previamente não associadas. As habilidades intelectuais permitem às pessoas criativas serem sensíveis a interpretações subjectivas e subliminares pré-conscientemente³.

Segundo as palavras de José Gil, o indivíduo seria sensível às “micropercepções”. Estaria atento às “microarticulações”, que são as que têm o poder de síntese para orientar de modo decisivo o olhar do pintor e do cientista, mesmo tratando-se de «sentimentos confusos»⁴. Frente a si abre-se um abismo que só é possível ultrapassar por meio de um salto radical, em que o artista joga a sua própria vida. O

² AGAMBEN, Giorgio - *L'home sans contenu*. Circé, 1996. ISBN 2-84242-155-8.

³ GIL, José – *Movimento total; o corpo e a dança*. Lisboa: Relógio d'Água, 2001. (Antropos). ISBN 972-708-650-0.

⁴ GIL, José – *A imagem-nua e as pequenas percepções: estética e metafenomenologia*. Lisboa: Relógio d'Água, 1996. (Filosofia). ISBN 972-708-299-8. p.167.

artista tem guias mas avança na obscuridade de um modo rudimentar, às apalpadelas, só vislumbrando uma luz ténue. Os pensamentos e experiências encontram-se fora de controlo, num permanente fluxo e, por vezes, chocando violentamente. Todo é volátil, explosivo. A tela em branco sugere formas, um excesso de possibilidades, mas difícil de controlar. «O caos sugere-me imagens»⁵, dizia Francis Bacon.

O processo criativo é uma tarefa de devir, sempre inacabado, sempre aberto, e que extravasa toda a matéria que é e pode viver ou ser vivida. É a «abertura de um espaçamento»⁶. Não se trata de atingir uma forma (mimésis), mas encontrar uma zona de «indiferenciação, de vizinhança com qualquer coisa.»⁷ O devir é encontrar-se sempre “entre”⁸. «Não segue uma única linha de pensamento, requer uma espécie de atenção difusa, alheia e contrária ao que pomos em jogo normalmente quando pensamos com lógica.»⁹ O pensador criativo tem de examinar o problema sem esperança de obter uma visão realmente clara: a atenção é “multi-dimensional”. Faz excisões, analisa, idealiza, descreve, interpreta, simplifica, deforma, abstrai e generaliza. «Todo o intento de ver antes com claridade o caminho só conduz ao extravio.»¹⁰ Temos os mais abruptos curto-circuitos, combinações de elementos, caldo em efervescência de ideias, transições de uma ideia para outra e relações que podem ser entrelaçadas ou podem perder-se em instantes. Há uma mistura de imagens actuais e imagens arcaicas, emoções que acabam de irromper e recordações de emoções; esta mistura torna-se então a condição da imagem nova, vinda do caos original. O artista tem de mergulhar neste caos para fazer sair um mundo, onde a obra adquire uma autonomia plena¹¹.

Segundo José Gil, o processo criativo consiste na construção de um plano de imanência, que é atravessado por fluxos de intensidade permitindo a formação de planos

⁵ COUTO, Carlos M. de S. C. - Leibnietzche e a estética do caos. *In* *Caos & Meta-Psicologia*. Carlos Amaral Dias; Luís Sousa Ribiro; Núcleo de Investigação Universitária da AEISPA (eds.). Lisboa: Casa Fenda, 1994. (Actas do Colóquio Caos & Meta-Psicologia, Lisboa, L.N.E.T.I. Dezembro de 1992). p.184.

⁶ *Ibidem*. p.190.

⁷ DELEUZE, Gilles – *Crítica e clínica*. Lisboa: Século XXI, 2000. ISBN 972-8293-20-8. p.12.

⁸ *Ibidem*.

⁹ EHRENZWEIG, Anton – *El orden oculto del arte*. p. 10 (Preface).

¹⁰ *Ibidem*. p.56.

¹¹ GIL, José – *A imagem-nua e as pequenas percepções; estética e metafenomenologia*. p.154.

virtuais, que por sua vez, se encontram inter-cruzados. Este espaço deixa correr os afectos libertados como o pensamento e a emoção, mas também cores e materiais.¹² Consiste num sistema com múltiplas entradas, composto por diversos estratos que se envolvem e deslocam com velocidades variáveis. Isto cria uma rede com linhas de fuga, sempre aberta, metamorfoseando-se¹³. O jogo aproxima-se à pura actividade de tecer, aquela que os mitos atribuem às Parcas ou às Meras.

O indivíduo criativo é único na forma como entrelaça ideias multi-causais e imprevisíveis, proporcionadas pela independência de juízo, autoconfiança, espontaneidade, perfeito conhecimento do campo em que se insere a actividade criativa, inteligência, forte motivação intrínseca (que não dispensa um forte apego emocional), tendência para aceitar riscos, gosto pela complexidade e ambiguidade. Ter autonomia é muito importante já que a excessiva cópia de um mestre pode levar a uma perda da criatividade, sendo esta estimulada num meio onde se encontra uma grande diversidade de professores com diferentes modelos teórico-práticos. Tudo isto supõe uma preferência por parte do indivíduo para pensar de maneiras diferentes, contrastantes, adoptar diferentes pontos de vista para um mesmo problema e poder fazer a sua própria escolha¹⁴.

Estas características são bastante comuns no seio das populações, se bem que bastante raras no caso de se apresentarem todas juntas no mesmo indivíduo. Além de isso, têm de intervir outra série de factores extrínsecos influentes durante o desenvolvimento da pessoa, como a inserção num meio social e educacional não repressivo, que permitam obter um estado cognitivo e emocional adequado.

Existem vários modelos na psicologia para explicar o processo criativo. Segundo a teoria do investimento descrita por R. J. Sternberg e T. I. Lubart (1991)¹⁵ o processo criativo consiste na capacidade de “comprar a um preço baixo” as ideias, quer dizer,

¹² Ibidem.

¹³ JÜNGER, Ernst – *Approaches drogues et ivresse, Table ronde, 304. cit in Gilles Deleuze,; Félix Guattari - Milles plateaux : capitalisme et schizophrénie.* Paris : Les éditions de minuit, 1989. (Collection critique). ISBN 2-7073-0310-0.

¹⁴ ECCLES, John C. - *Evolution of the brain: creation of the self.* London; New York: Routledge, 1991. ISBN 0-415-03224-5.

¹⁵ STERNBERG, R. J.; LUBART, T. I. – *The concept of creativity: prospects and paradigms. In R. J. Sternberg.– Handbook of creativity.* Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0-521-57604-0.

pegar em algumas ideias desconhecidas para a comunidade em geral ou consideradas de pouco interesse e “vendê-las a um preço alto”. Depois de um processo de depuração, de limpar a ferrugem, com um considerável gasto energético por parte do indivíduo, aquelas ideias gastas, mas com forte potencial, são apresentadas como algo de novo, dão a ver algo que ninguém tinha visto até ao momento.

Da primeira vez que as novas ideias são apresentadas ao público, encontram uma forte resistência, provocando muitas frustrações, o que leva o indivíduo a tornar-se mais persistente, concentrando mais esforços e dispensando muito mais tempo. Na maioria dos casos o artista / cientista tem de saltar de umas ideias em gestação para outras, deixar que elas sedimentem e voltar a recombina-las. Só numa percentagem muito baixa, as ideias são reconhecidas, mas nesse caso a recompensa é muito grande. Uma vez atenuado este fascínio, o indivíduo criador volta a sentir a necessidade da procura, vira-se para novas ideias, novos reptos, um novo ciclo volta a iniciar-se.

O processo criativo não é uma dedução intelectual. A associação de ideias não é puramente consciente, lógica. O “*heureka!*” de Arquimedes, da solução achada inesperadamente de modo automático, abrupto e sem esforço, só flui à superfície do consciente após um longo processo de gestação. Durante o processo criativo podem diferenciar-se vários estádios: A *fase generativa* ou de *incubação*, onde o sujeito precisa de estabelecer quais são os elementos que são relevantes para o problema; passado algum tempo de insistência, as ideias criativas vão surgindo de um modo intuitivo e selvagem. A *fase de iluminação*, de *inspiração* ou *exploratória* surge depois de uma certa familiarização com as ideias, após a qual é preciso passar à sua verificação lógica (*fase de confirmação*), associação, síntese, transformação, transferência analógica e redução categórica para a obtenção de um produto final¹⁶.

O processo criativo é um acto puramente solitário, espiritual, de redenção, de metamorfose interior, mistura de controlo racional e de liberdade intuitiva. Apresenta-se num intervalo de tempo interior totalmente afastado do tempo mundano. É um processo fortemente embrulhado e escondido mesmo para a pessoa que vai realizar a acção. Precisa de um acto de depuração, despojo de tudo quanto lhe é supérfluo. Toda tentativa de olhar directamente provoca o seu desvanecimento. Limita-se a um simples

vislumbamento, esboço rudimentar, incompleto, visível pelo canto do olho, que guia para caminhos inesperados¹⁷.

Segundo Hegel, é preciso uma devastação absoluta, um estar possuído, para poder descer aos infernos e voltar dali com a verdade¹⁸. É o momento de silêncio e quiescência frente a uma tela em branco, onde o mundo é concentrado e fixado. É o sentimento de que a pintura tem todas as formas em potência, mas ainda num estado confuso. A “matéria prima” é o nome para o estado da mente que vê tudo em nada.¹⁹ As cores apresentam-se na paleta como puro potencial aguardando para ser dispersadas sobre a tela em movimentos de luz e de sombra.

«O caos é o estado que antecede uma criação por fazer.»²⁰ «É necessário avançar-se para a própria perda, querer-se a própria perda quebrando o anel do horizonte: é necessário querer-se a vertigem e o caos, todo o caos para se poder sair dele²¹.» Embora essa descida aos infernos, seja condição necessária, não é suficiente para o bom desenrolar da obra. No caso das neuroses e psicoses, «não há passagens de vida»²² porque através das múltiplas repetições não se obtêm nada de novo. É «uma paragem do processo»²³ criativo, que fica interrompido, colmatado. Esse medo do obscuro, do mistério da morte, pode criar traumas. Ali se encontra o grande risco que corre o artista, o risco de ser sugado por um buraco negro. O limite que separa o génio do louco é muito estreito e com facilidade se cai no ridículo.

Trata-se de um estado iniciático de despojo ou saturação total, parecido à hipnose ou ao êxtase, mas num grau de semi-consciência. É preciso que haja uma

¹⁷ ELKINS, James – What painting is: how to think about oil painting using the language of alchemy. New York; London: Routledge, 1999. ISBN 0-415-92113-9. p.78.

¹⁸ SOUSA, Eudoro de – Mitologia, história e mito. Lisboa: Imp. Nac.-Casa da moeda, 2004. (Estudos Gerais: série Universitária). ISBN 972-27-1287-X.

¹⁹ ELKINS, James. Idem. p.84.

²⁰ Ibidem.

²¹ GIL, José – A imagem-nua e as pequenas percepções: estética e metafenomenologia. Lisboa: Relógio d'Água, 1996. (Filosofia). ISBN 972-708-299-8. p.154

²² DELEUZE – Crítica e clínica. p. 13-14.

²³ Ibidem.

desconstrução de nós próprios. Um sair de nós, um desvio, um abandono, a liquidação de aquilo que dominamos melhor «para podermos então recomeçar, mas já sem nenhuma tentação pela natureza reducionista das disciplinas e respectivas linguagens, como se existisse uma essência infável ou um segredo da arte, da poesia, da filosofia, da sociologia ou de um qualquer ramo do saber que teríamos que revelar, quando o tempo se desenrola nos interstícios do próprio saber, de sua dobra.»²⁴

Há uma perda da noção do tempo mediante processos repetitivos e recorrentes. São exemplos os cânticos, orações, gestos mecânicos (como a tecelagem), exercícios de controlo da respiração, danças, os labirintos. Todos eles têm em comum a capacidade de criar ritmos. Há uma incessante sucessão de um determinado instante ao longo de uma linha sem fim, de modo que todos os instantes se assemelham ao seu precedente, pelo que surge a presença do a-temporal no tempo. Todos os instantes são semelhantes, mas não idênticos, porque em tal caso conduziriam à morte, a um beco sem saída, seríamos sugados por um ciclo atractivo, como nos casos esquizofrénicos e patológicos²⁵. A partir de tais repetições pode-se extrair a diferença, que será a que provocara uma abertura e desdobragem do tempo, a experiência da liberdade e alienação da consciência histórica. Cria-se uma “tempestade no interior de um abismo aberto no sujeito”²⁶. Surge o “eterno retorno”²⁷, que é a identidade interna do mundo e do caos. O Caosmos abre-se num horizonte ilimitado de possibilidades. O sujeito vê-se confrontado com a «terribilidade do infinito e a perda dos referenciais.»²⁸

O artista aspira a transformar-se em deus e, tal como Édipo, pode cegar na ofuscante e densa obscuridade do mistério²⁹. «O homem sofrerá pior destino se quiser ocupar o lugar que deus deixou vazio: terá de morrer vezes sem conta, excedendo-se de

²⁴ URBANO, João – Editorial *in* Nada., nº 2 Lisboa: UR, Março 2004. ISSN 1645-8338. p.5.

²⁵ DELEUZE, Gilles – Diferença e repetição. Lisboa: Relógio d'Água, 2000. (Filosofia). ISBN 972-708-595-4. p.493.

²⁶ DELEUZE, Gilles – Crítica e clínica. p.52.

²⁷ NIETZSCHE, Friedrich – *Assim falava Zarathustra: um livro para todos e para ninguém.* Lisboa: Relógio d'Água., 1998. (Obras escolhidas de Friedrich Nietzsche; 4). ISBN 972-708-385-4.

²⁸ COUTO, Carlos M. de S. C. - Leibnietzche e a estética do caos. *In* Carlos Amaral Dias; Luís Sousa Ribeiro (ed.) - Caos & meta-psicologia: actas do Colóquio. Lisboa: Fenda, 1994. p.319.

²⁹ SOUSA, Eudoro de – Mitologia, história e mito.

cada vez que morre, porque deus é excessividade caótica, o excesso que vem subindo do abismo sem fundo.»³⁰ O homem tem de arriscar, criar momentos de ruptura para poder ultrapassar os seus próprios limites. Mas o seu abismo tem fundo consoante os alicerces do próprio mundo que construiu. «A interioridade não pára de nos sulcar a nós próprios, de nos cindir, de nos desdobrar, embora a nossa unidade perdure. Um desdobramento que não vai até ao fim (...), mas é uma vertigem, uma oscilação que constitui o tempo, tal como um deslize, uma flutuação constitui o espaço ilimitado.»³¹

O caos, neste caso, não deve ser considerado como um nada puro de indistinção, indiscernibilidade ou ambiguidade. Um caos tenebroso saído como uma massa confusa do fundo do Nada³². Mais bem se trata de um nada de que têm de sair alguma coisa. O caos é o estado inimaginável que muitas vezes precede a instauração da ordem, a realização de uma obra de arte. É um combate tempestuoso de uma desordem criadora. É um deitar abaixo dos muros, sem dimensionamento, medida ou constrangimento possível, para que os nossos olhos possam espreitar para além dos nossos limites. É um espaço matricial de gestação, onde todas as obras de arte se encontram em potência. O caos é um princípio de multiplicidade, desdobramento universal de múltiplas variações. «Com o caos, estamos pois na atopia, ou no horizonte do fascinante infinito, mergulhados num mar ou numa rede sem geometrias, num radical (e angustiante) perspectivismo, ou ainda num xadrez infundo onde as próprias peças são pontos de vista de outros pontos de vista.»³³ O caos devém de um processo iterativo de desdobramento e revelação conjunta do interno e do real. É um «espaço de irregularidades, de convivência com a ordem», que imprimem uma dinâmica e uma energia, um excesso do contínuo³⁴.

³⁰ NIETSCHE, Friedrich – Assim falava Zaratustra.

³¹ DELEUZE, Gilles ; Félix, GUATTARI - *Milles plateaux : capitalisme et schizophrénie*. Paris: Les éditions de minuit, 1989. (Critique). ISBN 2-7073-0307-0.

³² ANES, José Manuel - A luz saindo por si própria das trevas. *in* Carlos Amaral Dias; Luís Sousa Ribeiro (ed.) - *Caos & meta-psicologia: actas do Colóquio*. Lisboa: Fenda, 1994. p.319.

³³ COUTO, Carlos M. de S. C. - Leibnietzche e a estética do caos. *in* Carlos Amaral Dias; Luís Sousa Ribeiro (ed.) - *Caos & meta-psicologia: actas do Colóquio*. Lisboa: Fenda, 1994. p.185.

³⁴ OLIVEIRA, José Tiago de - Dimensões da fractalidade. *In* Carlos Amaral Dias; Luís Sousa Ribeiro (ed.). *Idem*. p.319.

A complexidade é o caldo de cultivo primordial que permite que haja a emergência de algo de novo, entendida não como um nascimento mas como algo de novo que está imerso no velho, que subsiste em concorrência com ele. É uma inovação, uma entrada na existência de uma entidade nova, o estabelecimento de uma nova conexão particular. Tal complexidade é necessária dado que «num universo de ordem pura, não haveria inovação, criação, evolução»³⁵ e tampouco «nenhuma existência seria possível na desordem pura, porque não haveria nenhum elemento de estabilidade para aí basear uma organização.»³⁶

As ideias criativas envolvem um número astronómico de possibilidades (Figura 22). É um percurso cujas escolhas não podem ser feitas de modo consciente para cada uma das etapas, em que não se dispõe da informação completa. Precisa-se de uma capacidade sincrética de compreender a estrutura total sem a análise pormenorizada dos seus elementos³⁷. «O espírito vai, no seu trabalho, da sua desordem à sua ordem. É importante que conserve até ao fim os recursos da desordem e que a ordem que começou a instalar-se não o prenda nem o converta num mestre tão rígido que não a possa mudar e utilizar a sua liberdade inicial.»³⁸

Trata-se de uma procura por meio de pontos nodais, em que cada escolha é crucial para o processo total. Passa-se por uma série de etapas antes de assumir a forma final, cujo resultado tem de ser o suficientemente provocado para atrair a atenção do público e suficientemente estranho, sendo que a surpresa é uma marca do génio numa obra de arte.

³⁵ MORIN, Edgar – Introdução ao pensamento complexo. 3.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. (Epistemologia e sociedade). ISBN 972-8245-82-3. p.129.

³⁶ Ibidem.

³⁷ EHRENZWEIG, Anton – El orden oculto del arte. p.9-12 (Preface).

³⁸ VALÉRY, Paul, 1960. *cit. in* Daniel Innerarity – Pensar a ordem e a desordem: uma poética da excepção. NADA Nº 9, p.5.

5.2 – Complexidade na divisão regular do espaço bidimensional.

Maurits Cornelis Escher (1898-1972) foi um dos artistas que melhor integrou os conceitos matemáticos na sua arte, apesar de não ter conhecimentos científicos expressos e a sua abordagem ser mais de carácter intuitivo. Apesar de ser um artista de difícil classificação dentro do contexto da história da arte, mantém alguns paralelismos com o surrealista René Magritte na procura de figuras e espaços impossíveis, assim como a presença de mundos simultâneos e ilusões ópticas. Na sua obra predomina uma elegante ambiguidade, polissémia, o conflito dimensional, a impossibilidade ou absurdo, tudo expresso com o máximo rigor técnico e com uma perspectiva rigorosa.

Segundo as suas palavras: «não me sinto à vontade entre os meus colegas gravadores, cujo interesse primordial é o ‘belo’[...] Talvez o meu interesse principal seja o espanto, e não outra coisa que espanto é o que tento suscitar no ânimo dos espectadores.»³⁹ De facto, na sua obra abundam as perspectivas ousadas (por exemplo: *A torre de Babel*, gravura de 1928), a relatividade espacial (*Arriba e abaixo*, litografia de 1947), as metamorfoses (*Metamorfoses II*, gravura em madeira entre 1939-40), os ciclos (*O espelho mágico*, litografia de 1946), a junção simultânea do espaço interior e exterior da obra (*Natureza morta com esfera reflectora*, litografia de 1934).

Mas o mais surpreendente na sua obra foi a necessidade genuína de expressar nos seus desenhos o conceito de infinidade, impossível de plasmar sobre uma superfície usando a geometria euclidiana além de um modo simbólico como os ciclos, expressando o conceito de auto-semelhança do todo representado nas suas partes (*Peixes e escamas*, gravura em madeira de 1959) ou representando as bandas de Möbius (*Banda de Möbius II*, xilografia de 1963). Folheando um livro de matemática encontrou a solução no modelo de Poincaré (é um exemplo *Limite circular III*, gravura em madeira de 1959), em que recorrendo à geometria hiperbólica é possível representar a totalidade da superfície infinita dentro de um círculo finito. Há uma redução progressiva da escala, do centro para a periferia, de modo que os motivos passam a ser infinitamente pequenos nos limites (hipoteticamente), à semelhança do que se observa nos fractais, reforçando a ideia de que no fundo todo o universo cabe numa gota de água.

³⁹ ERNST, Bruno – El espejo mágico de M. C. Escher. Köln; Taschen, 1994. ISBN 3-8228-0676-5. p.33.

Escher também teve uma fascinação pela repetição rítmica do espaço sem deixar interstícios vazios (*tesselation*) derivada dos seus estudos nas artes decorativas e reforçado pelas suas visitas ao Alhambra de Granada (1922 e 1936). Para ele a partição regular da superfície «é a fonte mais rica de inspiração que jamais tenha encontrado, e muito longe está ainda de se ter esgotado.»⁴⁰ Tais processos de divisão periódica do plano foram desde a antiguidade usados como métodos simples (por repetição) e mais económicos de decoração tanto aplicados nos tapetes, frisos, objectos do quotidiano, etc. O seu máximo esplendor foi obtido na arte islâmica, sobretudo no revestimento de superfícies arquitectónicas, onde é de destacar o uso do alicatado (pequenas peças cerâmicas) que Escher tanto admirava.

A partir da observação dos padrões do Alhambra e de um modo autodidacta Escher resolveu o problema das 17 únicas maneiras de pavimentar o plano pela combinação dos processos de rotação, translação e reflexão, que os árabes já tinham descoberto e aplicado na idade média e só no final do séc. XIX foi demonstrado pelos matemáticos europeus de forma analítica. «Com a consciência tranquila acho poder alegrar-me da perfeição de que dou testemunha, já que não o tenho inventado eu, nem sequer o tenho descoberto. As leis matemáticas não são nem criações nem invenções do homem. São simplesmente, e existem com total independência do espírito humano. Uma pessoa de claro entendimento poderá como muito constatar que existem e dar-se conta delas.»⁴¹

Dando um salto para as artes decorativas em Portugal, vemos que na aplicação de azulejos (inventados na Península Ibérica como processo de simplificação do alicatado islâmico) não se reflecte esta procura de simetrias mais complexas limitando-se a simples rotações, reflexões ou translações⁴². O grande impacto que teve o uso dos azulejos em Portugal e a sua integração na arquitectura ao longo de cinco séculos não passou despercebido para alguns artistas contemporâneos como Eduardo Nery (*Painéis*

⁴⁰ Ibidem. p.35.

⁴¹ Ibidem. p.35.

⁴² J. M. dos Santos Simões os classifica como de 90° e 180° (rotações). SIMÕES, J. M. dos Santos; OLIVEIRA, Emílio Guerra de – Azulejaria em Portugal no século XVII: Tomo I – Tipologia. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.

da estação da CP de Contumil do Porto, 1993-94), Maria Keil (*Estações do Metropolitano de Lisboa*, 1957-72), Abel Manta (*Avenida Calouste Gulbenkian*, 1970-72) ou Querubin Lapa (*Padrão da Embaixada de Portugal em Brasília*, 1974-76), que aproveitam a divisão regular gerada pelo próprio azulejo para criar ritmos e metamorfoses.

Antoni Gaudí i Cornet usou a técnica do “trencadís” (aproveitamento do azulejo partido) como método mais eficaz para o revestimento das superfícies curvas na sua arquitectura. À semelhança do alicatado islâmico, permite jogar com uma grande diversidade de cores, padrões, formas e criar ritmos consoante a livre escolha do artista. Mas, ao mesmo tempo, é um sistema bastante dispendioso no que concerne ao processo de aplicação, dado que se requer uma selecção prévia das peças para as adaptar a cada caso em particular.

Seguindo esta linha de trabalho, propomos uma nova metodologia para revestir superfícies arquitectónicas de um modo mais económico, pois faz uso de azulejos industriais monocromos, mas sem tratar-se de módulos que criam simetrias. Consiste em obter imagens a partir dos autómatos celulares a uma dimensão, que simulam todo tipo de comportamentos complexos que se dão na natureza. Apesar dos resultados poderem ser muito variados (selecção de cores, tamanho da tesselação, autómato em concreto), cumprem o requisito de se obter a partir de regras simples, de fácil memorização. Uma vez estabelecida a condição inicial, é possível seguir as regras do jogo, de modo que o aplicador não precisa de ter conhecimento do resultado final. Deste modo achamos que nos aproximamos um pouco do espírito renascentista ao fazer uso dos conhecimentos científicos para obter resultados estéticos que, por sua vez, podem contribuir para a renovação das técnicas de revestimento arquitectónico.

5.3 – Cibernética / cyborg / Ciberespaço.

O computador tem fomentado o surgimento de novas perspectivas conceptuais e uma mudança radical na nossa percepção do mundo. Somos engrandecidos pelo computador, sendo este a ferramenta mais universal que o homem tem tido ao alcance e em que a *internet* é o máximo expoente.

O termo cibernética foi proposto por Norbert Wiener (MIT) em 1948 dentro da teoria geral dos sistemas auto-regulados, caracterizados pela comunicação de mensagens e pelo controlo por retroacção. São sistemas homeostáticos (em equilíbrio dinâmico) em que as perturbações externas são atenuadas por meio de mecanismos de *feedback* negativo. Quer dizer, as operações são uma rede de instruções cujo produto final (*output*), afecta directamente o programa, desligando ou reduzindo a sua acção. São sistemas bem conhecidos deste tipo as reacções metabólicas dos organismos (anabolismo e catabolismo). Nestes sistemas, as operações metabólicas realizam-se por meio de longas cadeias de reacções químicas, reguladas pela acção de enzimas, que se entrecruzam e no decurso das quais os produtos se transformam por etapas sucessivas.

São sistemas que privilegiam um tipo de estado ou de funcionamento que garante a sua estabilidade por oposição ao *feedback* positivo, em que há uma cascata de reacções que vai em *crescendo* (como as linhas de comboio em que ligeiros desvios se vão somando até nos afastar do destino [acumulativo], ou como as reacções alérgicas que são uma resposta descontrolada frente a agentes externos [exponencial]). Estes mecanismos de manutenção de fluxos suficientes quer de informação quer de energia (ou de matéria), através do sistema, são metaforicamente semelhantes tanto nos sistemas tecnológicos como biológicos, o que fez que o termo cibernética fosse em 1970 ampliado para definir ambos. Assim, a cibernética é a ciência encarregada de estudar qualquer sistema organizado em que se dão os mecanismos de controlo e de processamento de informação.

Até o aparecimento dos computadores existia o antigo preconceito de que se um sistema é simples, regido por leis simples, o comportamento do sistema também deveria ser simples. Enquanto que a complexidade seria criada por meio de regras que são por si complexas. O computador permitiu demonstrar que é possível gerar comportamentos complexos a partir de mecanismos muito simples que se vão aplicando repetidamente.

A teoria da informação (sintáctica) emergiu com Ralph Vinton Lyon Hartley (1945) e sobretudo com Claude E. Shannon (1948) e William Weaver (1949). Envolve sistemas discretos (digitais), por oposição aos analógicos, contínuos. Segundo esta teoria, a informação de uma mensagem transmitida está intimamente ligada com a

probabilidade da aparição de uma unidade elementar portadora de informação (*binary digit = bit*).

Alan Turing (máquina de Turing, 1935) e John von Neumann (teoria dos jogos, 1947) construíram os processos de automatização conceptuais que deram lugar aos computadores digitais e iniciaram os estudos sobre a inteligência artificial. Considera-se o comportamento inteligente como o pertencente aos sistemas de controlo que utilizam em simultâneo memória, aprendizagem e tomam decisões em múltiplos níveis. O *robot* inteligente seria aquele sistema electromecânico complexo e multi-funcional, controlado por computador, capaz de interactuar com o exterior (ambiente) através de sensores. Se se considera que a inteligência resulta do funcionamento dos sistemas simbólicos, em particular das linguagens simbólicas logicamente orientadas, não é descabida a pergunta de Alan Turing (*Computing machinery and intelligence*, 1950), sobre se as máquinas podem pensar, sendo assim inaugurada a filosofia da Inteligência Artificial (IA)⁴³. Assim o espírito humano seria equivalente ao *software* enquanto o cérebro seria o *hardware* do sistema informático. Posteriormente seguiram-se os trabalhos de Marvin Minsky, Terry Winograd e Herbert Simon.

Para alguns filósofos, como John Searle (*O mistério da consciência*) e Ludwig Wittgenstein, o pensamento humano não pode ser definido por um algoritmo, sendo um atributo unicamente humano. Os computadores não podem reproduzir a inteligência humana (eventualmente podem imitá-la) porque não possuem um entendimento semântico. O cérebro humano é capaz de aprender processos sem representação simbólica e o seu processamento é distribuído intrinsecamente em paralelo (combinação de informações de diferentes modalidades sensoriais) e de modo auto-organizado (associações não ordenadas afectando vários níveis). E apesar do funcionamento fisiológico do cérebro ser acessível do ponto de vista das neuro-ciências, não é possível atingir o nível da identidade, das sensações e do pensamento porque estes são vividos de um modo holístico. Existe uma interface impenetrável entre o eu e o outro.

⁴³ PAPANIMITRIOU, Christos H. – Turing: um romance sobre computação. Lisboa: Bizancio, 2007. ISBN 978-972-53-0331-3.

Para certos pensadores a capacidade dos computadores vai mais longe; não só podem ser usados para criar arte (como fizeram Frieder Nake, A. Michael Noll e Georg Nees, pioneiros em apresentar desenhos gerados por computador em galerias de arte em 1965), como existe a questão (Abraham Moles) se de facto os computadores são capazes de simular a capacidade criativa. O desenhador gráfico Kenneth Knowlton sugere que não, dada a impossibilidade de uma máquina possuir sentimentos. Mas, por sua vez, outros consideram que não só é possível os computadores criarem, como existem programas capazes de simular o estilo de vários artistas, como por exemplo o programa AARON de Harold Cohen (1973).⁴⁴

Os programas de computador são geralmente considerados como um sistema fechado, que responde às regras operatórias estabelecidas pelo programador para a execução duma determinada tarefa. Mas o uso de algoritmos genéticos (John Holland) faz com que os computadores possam aprender e evoluir a partir das experiências passadas. Arthur Samuel, investigador da IBM, concebeu o primeiro computador inteligente (AI-Adam para o IBM 701, 1952) capaz de jogar damas e ir-se redesenhando-se a si próprio a partir da experiência de jogadas passadas. Tinha a capacidade de gerar mutações seleccionando aquelas que supunham jogadas melhores que ia incorporando à sua *performance*. Com uma aprendizagem surpreendentemente rápida, o programa de Samuel transcendeu o seu criador por um processo clássico de evolução darwiniana de tentativa e erro, associado a um comportamento adaptativo.⁴⁵

O computador encontra-se em vias de se converter numa autêntica prótese do nosso corpo (por exemplo: *Borg*, 2001; óculos com dispositivos eletromecânicos para ajudar os surdos; Probert, Lee e Kao, 1996 sonares em cintos para os cegos se orientarem⁴⁶) e da nossa mente, aumentando potencialmente a nossa capacidade de pensar, projectar e concretizar ideias. Torna-se uma prótese do nosso cérebro estabelecendo relações de cooperação na junção do analógico com o digital

⁴⁴ GIANNETTI, Cláudia – Estética de la simulación. In C. Giannetti (ed.) - Arte en la era electrónica: perspectivas de una nueva estética. Barcelona: ACC L' Angelot/Goethe Institut de Barcelona, 1997. p.6-7.

⁴⁵ DENNET, Daniel C. – Darwin's dangerous idea: evolution and the meaning of life. New York: Touchstone, 1995. ISBN 0-684-80290-2. p.208-210.

⁴⁶ KRUEGER, Ted – Corpos e tecnologias in Nada nº1. p.31.

O homem sempre ambicionou dominar a natureza: projecto que empreendeu através de processos como a linguagem, o fogo, a agricultura, os transportes, os dispositivos energéticos, a genética, como superação dos limites do seu corpo. Mas talvez, perante os computadores nos encontremos frente ao surgimento de um novo nível de complexidade; o aparecimento das máquinas inteligentes com processamento da informação em paralelo, à semelhança das redes neuronais que, com capacidade de evoluir por si próprias, possam auto-replicar-se e adquirir uma autonomia completa, fora do nosso controlo, comportando fortes implicações éticas (ciber-éticas?, bioéticas?).

O surgimento da *internet*, sistema de conexão em rede, tem modificado desde a década dos anos 90 a maneira de relacionamento trans-individual. A geração de um espaço virtual constituído por informação que circula nas redes de computadores e telecomunicações tem permitido transcender e expandir o nosso presente, numa comunicação não hierárquica e superando o horizonte local dos acontecimentos. Trata-se do lugar de «interactividade, descentralização, sobreposição de ideias procedentes de grande variedade de fontes.»⁴⁷ Baseia-se na troca de informação, sem importar a distância espacio-temporal efectiva que separa os indivíduos. O grau de proximidade, seja com pessoas conhecidas ou por um colectivo anónimo e virtual, é função do grau de passagem da informação, provocando uma “auto-realização inter-subjectiva.”⁴⁸

A cibernética permite-nos pôr em contacto (telepresenciar), em universos artificiais compartilhados – “espaços-afectos,” segundo Félix Guattari – indivíduos que se encontram separados no espaço e no tempo. O ciberespaço é um espaço virtual em constante expansão, que actua a modo de máscaras (como num baile de Carnaval⁴⁹) que «camuflam o corpo e ao fazerem isso libertam e dão voz a personalidades virtuais. Sob disfarce, a verdade pessoal pode ser expressa, ao mesmo tempo que a ténue e frágil face

⁴⁷ ASCOTT, R. (1998), *cit. in* SCHMIDT, Siegfried, J. – Ciber como oikos? ou: jogos sérios. In - *Ars telemática: telecomunicação, internet e ciberespaço*. Cláudia Giannetti (ed. lit.). Lisboa: Relógio d'Água, 1998. ISBN 972-708-330-7. p.129-162.

⁴⁸ FLUSSER, Vilém – Agrupamento ou interconexão? In Vilém Flusser,; Cláudia Giannetti (ed. lit.). Idem. p.21-28.

⁴⁹ GIANNETTI, Cláudia – *Ars telemática: Estética de la Intercomunicación*. In Peter Weibel; Timothy Druckrey (ed.) – *Net_condition – art and global media*. Cambridge/MA, The MIT Press, 2000. p.2.

de vulnerabilidade permanece protegida.»⁵⁰ Ao ocultar o corpo, permite-nos estabelecer um contacto directo entre as nossas mentes (experiência transpessoal), podendo expressar os nossos desejos mais íntimos, anulando potencialmente a pele como interface. Por sua vez, os simuladores de realidade virtual modificam a nossa percepção da realidade (cibercepção). Passaram a ser geradores de realidade, sendo as experiências partilhadas tematicamente em simultâneo e em tempo real. Até agora, pensávamos e víamos de um modo linear, uma coisa após a outra, dividindo o mundo em categorias e classes de coisas. Os objectos eram vistos como superfícies, com interiores impenetráveis. As novas tecnologias permitem-nos adquirir uma percepção súbita, de uma multiplicidade de pontos de vista. Passamos a ver desde estruturas microscópicas até aos recantos mais longínquos do nosso universo. Houve uma extensão em todas as dimensões de um pensamento associativo, um reconhecimento da transitoriedade de todas as hipóteses, o relativismo de todo o conhecimento, a falta de permanência de toda a percepção, fornecendo-nos ferramentas para reconfigurar as nossas próprias identidades⁵¹.

A *internet* pode ser vista como um acelerador da sociedade no sentido de permitir um acesso “democratizado” e rápido às fontes de informação, em constante construção, transformação e regeneração de si próprio. Mas, como produto de globalização e comunicação em massa, tende a criar uma cibercultura com pensamentos mais estáveis e homogéneos à escala mundial, opostos aos mecanismos evolutivos que são favorecidos pela diversidade. Os conhecimentos obtidos através da navegação livre são geralmente de carácter superficial dada a abundância de *links* que criam uma leitura hipertextual, fragmentada, sem aprofundamento real de conteúdos.

As novas tecnologias não tem passado despercebidas no meio artístico. São abundantes os artistas que fazem uso dos sistemas digitais como; o vídeo, a telemática, *internet*. As categorias artísticas fixas foram dissolvidas e tornaram-se familiares os termos; multimédia, telecomunicação, intercomunicação, arte participativa, arte

⁵⁰ LEESON – Cliking in: Hot Link to a digital culture. Seattle: Bay Press, 1996. *cit. in* José Bragança de Miranda - Da interactividade, crítica da nova mimesis tecnológica. *In* Ars telemática: telecomunicação, internet e ciberespaço. p.179-233.

⁵¹ASCOTT, Roy – A arquitectura da cibercepção. *In* Vilém Flusser; Cláudia Giannetti – *Ars telemática: telecomunicação, internet e ciberespaço*.

interactiva, *net art*, *network*, *web creation* e *media art* que originaram novas dimensões na prática artística, novas estéticas, novas relações entre a obra e o público, novo posicionamento do observador, do suporte técnico e situações de autoria compartilhada. A obra de arte sofreu uma desmaterialização ao entrar na rede, assim como uma descorporização e desincorporação. O espectador passa a poder ser integrado na obra numa experiência imersiva, no espaço virtual. O que as tecnologias da informação trouxeram foi uma clara deslocação, por parte do objecto, da sua função simbólica estabelecida em relação ao sujeito. Houve uma desmaterialização, uma perda da perenidade e desnaturalização do objecto, passando a imagem ou o som a afirmar-se quase sempre como veículo de informação.

São exemplos do uso das novas tecnologias alguns trabalhos de Susana Mendes Silva em que a performance existe no momento em que o espectador a contacta via *internet* (*Artphone*, 2002) e ela responde a perguntas (p.ex.: o que sempre quis saber sobre arte contemporânea) ou nos conta uma história. Daniel Rozin explora a participação com o espectador em *Wooden Mirror*, 1999, onde o espectador pode observar-se a se próprio representado por meio de quadrados de madeira a modo dos pixels digitais. Golan Levin (*Stria*, 2002) apresenta imagens de computador que respondem ao toque formando manchas de cores brilhantes

Segundo Guy Debord, a sociedade transformou-se numa “sociedade do espectáculo”, onde o espectáculo surge como «o coração da irrealidade da sociedade real.»⁵² O excesso de imagens introduzido pela moda, cinema, televisão, *internet*, publicidade, desenho, entre outras actividades artísticas, tem dado lugar a um imaginário social caracterizado pela provocação e a procura da novidade, do chocante, ofuscando, hipnotizando e apagando a força do real por banalização das imagens, desgaste, obsolência e perda de qualidade. A arte, por sua vez, libertou-se também da matéria, passando a estética a ser metafísica, pura imagem, deslocando a arte centrada no objecto para um estádio dirigido ao contexto e ao observador-participante. O termo interactivo é usado hoje em dia como sinónimo de participativo, se bem que a maioria funcionam como circuitos fechados onde o espectador se limita a clicar e seguir os percursos previamente estabelecidos pelo autor⁵³. Nestes casos não existe uma

⁵² DEBORD, Guy – A sociedade do espectáculo. 2.ed. Lisboa: Mobilis in mobile, 1991. ISBN 972-716-002-6.

⁵³ GIANNETTI, Cláudia (ed.) – Media culture. Barcelona, ACC L'Angelot, 1995. p.2.

verdadeira interactividade no sentido de estabelecer relações de retroalimentação e diálogo entre o artista e o observador.

As novas tecnologias deslocaram o sentido de arte para o de sistema. Gerou-se um novo espaço; o ciberespaço, termo indicado por William Gibson no romance *Neuromancer* (1984), para referir um mundo artificial ligado aos neurónios. Dentro do sistema (endo-sistema) a posição do observador é relativa e pode ser mudada para adoptar novas perspectivas (ecto-sistema). Segundo Jensen, na *Sociedade do ciberespaço* (1994), é-nos impossível saber se nos encontramos ou não dentro do ciberespaço. Hipoteticamente, não haveria possibilidade de o determinar a partir de dentro, dado que nos encontraríamos imersos num tecido espacio-temporal virtual. Os cientistas não poderiam observar o ciberespaço a partir de fora dada a interface que se antepõe perante o mundo⁵⁴. Os conceitos de causa e efeito seriam simultaneamente imaginados, produto dos desejos humanos, mas sem valor epistemológico⁵⁵. A alegoria da caverna passaria a ter uma nova preponderância e reinterpretação.

Os artistas estão a fazer grande uso dos sistemas analógicos incorporados ao corpo (*Cyborg*: termo cunhado nos anos 60 para descrever organismos cibernéticos; limite entre o humano e animal; organismo e máquina) como modo de provocar novas percepções no espectador. São exemplos os trabalhos de Stelarc, que explora a interface entre homem-máquina (*Extendedarm*, *Movatar*, *Esoskeleton*)

Mas, noutros casos, existem artistas que fazem uso de próteses no seu corpo não para aumentar as capacidades, mas para as limitar, impedir todo gesto ou traço personalizado para o aproximar à acção das máquinas, repetitivo, impessoal. É o caso do artista Jackson Pollock, que situa as suas grandes telas na horizontal e as vai pintando por meio de pequenas varas e outros utensílios sem entrar em contacto directo com a tela; a artista Rebecca Horn que usa extensões protésicas (*Einhorn* (Unicórnio), 1970), ligaduras e coletes (*Bleistiftmaske* (máscara de lápis), 1972), acrescentamentos mecânicos das extremidades, ou da artista Lygia Clark que usa dispositivos que

⁵⁴ JENSEN - Sociedade do ciberespaço, (1994) cit. in Siegfried, J Schmidt. – Ciber como oikos? ou: jogos sérios. In Vilém Flusser; Cláudia Giannetti. – Ars telemática: telecomunicação, internet e ciberespaço. Lisboa: Relógio d'Água, 1998. (Mediações. Comunicações e cultura; 3). ISBN 972-708-330-7.

⁵⁵ EINSTEIN, Carl – Gestalt and concept (excerpts). October Magazine. October 107 Berlin: Ltd and Massachussetts institute of technology Fannei & Wats-Verlag, winter 2004. p. 169-178.

diminuem a percepção de certos sentidos (*O eu e o tu: Série roupa-corpo-roupa*, 1967), para potenciar outros.

5.4 – Arte da vida artificial.

O termo vida artificial foi cunhado em 1987 por Christopher Langton como termo para definir as simulações realizadas no computador para sintetizar sistemas de vida alternativos que nos permitem estudar como a vida aconteceu e evoluiu no planeta. Hoje em dia a simulação por computador suplanta o laboratório clássico, como uma metáfora da realidade (simbiose da natureza com a experimentação humana), oferecendo-nos a capacidade de analisar o mundo concreto já não como uma caixa negra (que se comporta de certa maneira sem fornecer pistas ao observador sobre o modo exacto como o resultado é obtido), mas de um modo transparente, determinístico, oferecendo as possibilidades de ser estudado e visualizado em todo o momento sem afectar o seu funcionamento. A vida pode ser criada mediante a evocação da emergência de padrões num computador ou nos circuitos integrados de um *robot*.

A modo de exemplo: no caso de querer estudar o comportamento dos órgãos de um animal, na vida real seria preciso escolher entre matá-lo, para saber com exactidão a sua estrutura, ou conformar-nos com um modelo simplista que não traga informação útil. No caso da vida artificial, encontra-se tudo exposto. Podemos parar o processo em qualquer altura e saber exactamente o seu comportamento sem afectar em nada o seu desencadeamento. Aparece o observador interno, que só estabelece relações, e o observador externo, imaginário, que observa o fluxo do mundo virtual. A função da endofísica seria a de encontrar pontos de vista externos ao sistema (exopontos), na experiência que é vivida desde dentro. A diferença entre ambos permite detectar as distorções provocadas pela interface, que podem ser logo extrapoladas para a detecção das interfaces próprias do nosso mundo. Esta abordagem da realidade permite libertar-nos em parte das coordenadas de tempo e espaço descritas por Descartes, e aceitar uma estrutura subjacente mais maleável, aberta, com perspectivas múltiplas. O computador passa a ser o palco central de experimentação científica, capaz de simular as interacções entre organismos biológicos (p. ex. o comportamento em bando de Reynolds), ou o estabelecimento de uma química artificial.

O computador oferece-nos pela primeira vez na história a possibilidade de podermos manipular o “código da vida”. Os ecrãs, pela criação de algoritmos genéticos, são capazes de produzir múltiplas instâncias do comportamento de sistemas; podem revelar um reino paralelo de vida artificial implementando modelos evolutivos e auto-poiéticos. Como é sabido, os seres vivos caracterizam-se pela capacidade de nutrição, crescimento, regeneração e propagação. Mas é o ADN, a molécula por excelência, que contém a informação necessária para que o fenómeno da vida possa acontecer. A interpretação do código genético seria produto de uma gramática natural obtida a partir de constrangimentos de viabilidade e de uma longa história causal.

A evolução é determinista no sentido que a replicação do ADN fornece uma cópia quase idêntica à original. As mutações são devidas a factores externos de agentes físicos e químicos ou como consequência de actividades internas como a perda espontânea de purinas ou intercâmbio de cadeias de ADN. Para a observação destes fenómenos é preciso que o ciclo de vida se complete, o que pode demorar bastante tempo. O computador permite acelerar o tempo biológico, observar várias gerações em simultâneo, recuar para as estirpes originárias, voltar às condições iniciais, modificar o ambiente, entre outros. Podemos observar os fenómenos de adaptação e cooperação para um determinado ambiente por meio da recombinação de blocos de informação bem sucedidos. No fundo, as simulações matemáticas permitem-nos compreender melhor os fenómenos da natureza.

De facto, se um sistema apresenta as características da vida, como são a aprendizagem, evolução, cooperação, auto-replicação, emergência, a acção sobre o meio, etc. nada nos indica que o sistema não esteja vivo, mesmo não sendo a sua constituição feita à base de carbono, como todos os seres vivos considerados na biologia. É possível imaginar seres vivos baseados no silício (situado na tabela periódica por baixo do carbono, com características semelhantes). Os primeiros seres não biológicos considerados (e neste caso virtuais) foram os vírus dos computadores (*Elk Cloner* para o sistema operativo Apple II, 1982), capazes de se auto-replicarem fazendo uso da rede e cujo comportamento é bastante análogo ao dos vírus biológicos.

Aristid Lindenmayer desenvolveu em 1968 uma linguagem formal (*L-systems*) para modelar e simular o comportamento das células vegetais. Este sistema permite criar imagens realistas de plantas e expressar o seu desenvolvimento (*The algorithmic beauty of plants: the virtual laboratory*, 1990). Pela primeira vez foi possível estudar biologia com base na computação e obter imagens da complexidade da natureza. O computador passou também a ser usado por etólogos. Karl Sims (*Evolving virtual creatures*, 1994) criou um habitat artificial em que, por meio do uso de algoritmos genéticos, é possível obter criaturas virtuais que se movem e evoluem. Christa Sommerer e Laurent Mignonneau são artistas que realizam instalações interactivas por computador (*Interactive Plant growing*, 1992; *Still A-life*, 2005), onde o espectador se vê imerso num mundo completamente artificial em constante mudança.

A amplificação do conceito de vida para o mundo real é feita por meio da robótica, que transpõe os algoritmos matemáticos para processos físicos. Primeiramente dependentes dos humanos (comportamento simbiótico), é possível que sejam capazes de evoluir, constituindo o próximo salto na complexidade pela incorporação das vidas biológica e tecnológica. A visão pós-biológica parte da premissa de que a evolução genética foi ultrapassada pela evolução cultural. Os *robots*, ao irem-se adaptando ao seu meio ambiente, poderão ir alterando a sua constituição física ao longo de gerações, cabendo a possibilidade de vir a substituir a vida baseada no carbono. Os corpos poderão passar a ser constituídos por materiais diversos, tomar formas variadas, modificar o seu código genético e ter uma maior duração.

Na robótica evolucionária, os engenheiros não projectam os sistemas nervosos dos *robots*, mas estes desenvolvem-se autonomamente através de algoritmos inspirados na teoria da evolução. Os *robots* mais bem sucedidos, aqueles que funcionam ligeiramente melhor, passam a sua “herança” à “descendência”⁵⁶.

Leonel Moura é um artista conceptual que no seu trabalho *RAP (Robotic Action Painter; robot pintor com elevada autonomia)* de 2006 tem explorado a questão de se os *robots* podem de facto realizar obras de arte independentemente do seu criador (arte não humana). A obra consiste em pequenos *robots* com comportamento emergente de cooperação por meio da comunicação com o ambiente (marcas de pintura

⁵⁶ HARVEY, Inman – Robótica evolucionária in Nada nº1, p. 44.

desempenhando o papel das feromonas para os insectos sociais), que vão formando padrões bem definidos. No trabalho *Robotarium X* (zoo de vida artificial) de 2007, propõe a consideração de um novo ramo na árvore evolutiva (o *filum* Robota; Pós-humano) dado que os *robots* apresentam a capacidade de processar informação, aprender com a experiência e competir conosco no desenvolvimento da inteligência. Ken Rinaldo é outro artista que faz uso da interacção entre *robots* e com o público no seu trabalho *Autotelematic spider bots 2006: artificial life robotic sculpture series*.

5.5 – Bioarte.

A nossa atracção pelo vivo, pela natureza e as novas possibilidades da biotecnologia tem feito surgir uma arte de inspiração biológica, de carácter efémero e perecível, onde há uma manipulação do vivo e dos seus conceitos. A chamada *landscape art* (ou arte da paisagem, da terra ou ecológica) teve origem nos Estados Unidos por volta de 1967. Consiste em obras nas quais o artista actua directamente sobre o meio natural, os materiais sobre os que opera são os próprios (desdiferenciados⁵⁷) da paisagem, em diálogo com o entorno natural. São exemplos os trabalhos de Giuseppe Penone (*Albero delle vocali*, 1999-2000); Antony Gormley (*Another place*, 1997); Robert Smithson (*Spiral jetty*, 1970), etc. Por outro lado, a *body-art* concebe como suporte (meio expressivo e de manipulação) da arte o próprio corpo do artista, assumindo a dupla condição de autor e de obra. Os novos avanços biotecnológicos (testes genéticos, engenharia genética, clonagem) têm criado a possibilidade de alterar o corpo e suscitado o surgimento de antigas questões como o da autenticidade, da identidade e da integridade do corpo (o Frankenstein de Mary Shelley é uma metáfora da criação de vida a partir da não vida), reflexo da preocupação que temos com o nosso corpo, o eu corpóreo, e a essência da natureza humana. Têm havido uma mudança da nossa visão do que significa ser humano, dos limites entre vida e morte, entre o humano e máquina, entre o eu e o outro, assim como tem suscitado o surgimento de incertezas sociais, dilemas éticos, ansiedades pessoais.

É bem conhecida a pioneira francesa Orlan, artista performativa, que faz uso das técnicas da cirurgia plástica (*Self-hybridation*). No que chama *carnal art*, pretende

⁵⁷ SMITHSON, Robert – A sedimentation of the mind: earth projects. in Charles Harrison; Paul Wood (ed.) – *Art in theory, 1900-2000: an anthology of changing ideas*. p.878.

questionar o estatuto do corpo e da sociedade, as suas imagens têm tendência a provocar choque, repulsa e uma terrível desumanização. Chrissy Conant é uma artista que faz uso das técnicas de ovulação para a obtenção da sua obra *Chrissy Caviar*, 2001-02. Gunther von Hagens, do Instituto de Plastinação, produz corpos humanos reais - não esculturas – mediante o processo de plastinação de cadáveres. Para ele é a forma perfeita de ilustrar a simbiose entre a anatomia e a arte. Se bem que a presença de detalhes mórbidos e o facto de se tratar de corpos que foram doados para a ciência suscitam fortes objecções de natureza ética e de carácter legal. Este tipo de arte, que usa o corpo ou os seus produtos, pretende questionar a “coisificação” do corpo, a sua utilização como objecto comercial, produto da biotecnologia, mas por vezes limita-se a criar espectáculo e provocação.

Na nossa sociedade de tecno-consumo tem-se exagerado o papel do ADN como detentor da identidade, da essência do ser. O indivíduo viu-se reduzido à sua dotação cromossómica (redução do corpo ao contexto molecular), sendo susceptível de ser manipulada e comercializada. Por vezes é descurado o papel da cultura, das experiências que nos marcam ao longo das nossas vidas, como bem demonstram os gémeos (com o mesmo código genético, mas com diferenças no fenótipo). O eu é constituído pela junção de fenómenos interligados, com trocas de matéria e informação intrincadas entre vários níveis, de dinâmica não linear.

Todas as nossas células têm um conteúdo de ADN quase igual. A diferença encontra-se na regulação intrínseca da expressão dos genes. Determinados genes encontram-se ligados ou desligados em certas células em função do seu historial e das interacções que estabelecem com as células vizinhas. O ADN é muito mais do que um programa, permite ligar e desligar certas funções em interacção com a informação que lhe vem do meio (do citoplasma). É também um mito a ideia de que genes particulares estão relacionados de modo directo para originar uma certa característica individual, quando a realidade é muito mais intrincada e depende do contexto (do lugar que ocupa no cromossoma).

As novas possibilidades da engenharia genética tem permitido desestabilizar a ordem taxionómica de Linneo, num novo tipo de manipulação pós-darwiniana. Os limites naturais que impediam o cruzamento entre espécies (por barreiras reprodutivas,

nichos ecológico diferentes, incompatibilidade morfológica, etc.), foram dissolvidos. Não quer dizer que ao longo da história da vida não tenham havido fenómenos de troca genéticas entre espécies, como acontece entre os vírus e os seus hóspedes ou na formação da célula eucariótica a partir da junção simbiótica de procariotas, mas o que a engenharia genética permite fazer é a obtenção de quimeras (organismos criados pela junção de outros que não apareceriam espontaneamente na natureza) de um modo imediato pela introdução directa de genes nas linhas celulares.

É claro que o homem sempre realizou processos de selecção artificial das características dos seres vivos – algumas puramente estéticas – que lhe interessavam, dando lugar à domesticação das espécies. Mas tratava-se sempre de aspectos que aconteciam espontaneamente na natureza e sobre os quais, *a posteriori*, se realizava uma escolha. Hoje em dia a engenharia genética permite controlar o próprio destino evolutivo do homem. Tanto podem realizar-se tratamentos terapêuticos para eliminar genes deletérios como ao mesmo tempo praticar operações meramente cosméticas. Tais operações realizadas por efeito de moda ou capricho, além de pôr em causa a saúde das pessoas que se sujeitam a elas, podem provocar fortes desigualdades sociais e o declínio da tolerância por aqueles que são diferentes, feios, doentes.

A investigação genética e, especialmente, as possibilidades da manipulação, tem ressuscitado o interesse de há longo tempo existente pelos monstros e seres mutagénicos, na cultura popular e nas artes visuais. A engenharia genética fez mudar conceitos como o de normal, homem-monstro, vida artificial, o reposicionamento do ser humano dentro da cadeia evolutiva, o nosso papel no universo e a dignidade humana. De facto, com o passar do tempo, é possível fazer mais coisas com a biotecnologia, de modo que os seus limites serão uma questão de opção ético-moral (bioética). É uma abertura da caixa de Pandora, uma espada de dois gumes. Pode trazer à humanidade certos benefícios (biomédicos), mas por outro lado pode originar maus resultados com consequências totalmente insuspeitas como; as catástrofes ecológicas, o surgimento de novas doenças ou o uso de novas armas biológicas.

Os artistas *biotec* proclamam a entrada nos laboratórios numa simbiose entre a técnica e a biologia, como instrumento da arte. Passaram da metáfora para a acção de uma manipulação do próprio vivente. Ultrapassam a representação para intervir no

objecto em si. O valor reside na sua materialidade, a sua existência real. O conceito desloca-se para a “coisificação” da arte. Fica legitimada a vida como mais outro objecto de mercantilismo, apesar dos seus praticantes se considerarem como despertadores de consciência perante os organismos geneticamente modificados. Segundo eles, o objectivo é questionar como somos, como funcionamos, as esperanças e receios da sociedade actual, estimular o diálogo entre a ética e as implicações sociais da investigação genética, criar dilemas éticos e interrogações acerca dos limites do conhecimento e da consciência⁵⁸. Criam ao mesmo tempo fascinação e inquietação. A arte transgénica cria organismos vivos únicos, tornando-se em mais outro espectáculo; a supremacia do homem frente à natureza.

As instalações usando seres vivos já tinham sido feitas por artistas como Jannis Kounellis (*Untitled: 12 horses*) em 1969 composto por cavalos vivos; Joseph Beyus (*I like América and América likes me*, 1974) na convivência com um coiote; Xu Bing (*Case study of transference*, 1994) com porcos cobertos com texto em chinês e inglês. Nos trabalhos de Damien Hirst foram usados animais mortos como um tubarão (*The physical impossibility of death in the mind of someone living*, 1991), uma ovelha e uma vaca conservados em formaldeído.

Mas nos artistas de bioarte, o que está em jogo é o facto de tratarem-se de quimeras (OGM). Joe Davis e Eduardo Kac foram pioneiros nos anos oitenta no uso de genética na arte. São exemplos a obra de Davis *Microvenus*, em que se codifica em ADN a imagem dos genitais femininos e se introduz em bactérias⁵⁹. A coelha chamada Alba (*GFP Bunny*, 2000) foi a obra mais controversa de Kac ao criar um coelho transgénico por incorporação do gene GFP da medusa que produz fluorescência e pretender adoptá-lo como animal de estimação. Na obra *Eight day*, (2001) introduziu em bactérias moléculas de ADN onde codificou uma passagem do livro da Génese que descreve a criação do homem. Por meio da activação de luz ultravioleta obtiveram-se mutações, com a conseguinte alteração da frase⁶⁰. Ken Rinaldo (*Augmented Fish Reality: transpecies communication artwork*, 2004) fez uso de um sistema robótico, esta vez controlado por peixes. Brandon Ballengée (*Species reclamation*, 2000), propõe a

⁵⁸ MENEZES, Marta de – Arte “in vivo” in Nada nº1. p.67-68.

⁵⁹ DAVIS, Joe *cit. in* MENEZES, Marta de. *Idem*. p.68.

⁶⁰ MENEZES, Marta de. *Idem*.

recriação de uma espécie extinta de rã (*Hymenochirus curtipes*), por meio da evolução reversa a partir de outras espécies. David Kremers usa bactérias geneticamente modificadas para produzir enzimas coloridos que estimulam uma máquina autogerida de pintura. Do mesmo modo, Kac propõe na obra *Specimen of secrecy about marvelous discoveries* (2004/06) a criação de biótopos que mudam perante respostas ambientais ou do metabolismo interno, gerando imagens que se vão alterando com a passagem do tempo.

Oron Catts, Ionat Zurr, Guy Bem-Ary, Mirando D. Grounds e Stuart Bunt fundaram no ano 2000 a instituição SymbioticA – University of Western Austrália⁶¹ com o seu *Tissue Culture and Art Project*. Pretende realizar uma *living art*, que questiona o conceito de semi-vida ou vida parcial, na criação de esculturas colonizadas por células vivas⁶². São conhecidos os seus trabalhos: *Pig Wings*, (2002); *Wings Project* (2000-01); *Disembodied Cuisine* (cultura de bifes no laboratório a partir de células de rã para obter alimentos sem ser necessário abater os animais); *Fish & chips project* (braço robótico que desenha com canetas coloridas, controlado a partir de impulsos eléctricos gerados por neurónios de peixe mantidos em cultura).

Marta de Menezes tem como principal preocupação a componente estética e um conteúdo predominantemente conceptual em que é tão importante o processo como o resultado⁶³. No seu trabalho *Nature?* (1999) apresenta borboletas cujos padrões das asas foram modificados. Em *Nucleart* (2002) usa fluorocromos no ADN como pintura em células humanas. *Retratos funcionais*; *Patricia tocando o piano*, (2002); *Martin analisando um quadro*, (2002) são imagens obtidas por ressonância magnética para identificar quais são as regiões do cérebro que estão activadas enquanto uma pessoa desenvolve uma determinada tarefa.⁶⁴ *Tree of knowledge*, 2005 é um trabalho escultórico com neurónios em crescimento⁶⁵

⁶¹ www.symbiotica.uwa.edu.au.

⁶² CATTs, Oron in Marta de Menezes – SymbioticA: entrevista a Oron Catts. In Urbano – Nada. N 1. Nov. 2003. p.72-76.

⁶³ MENEZES, Marta de – Arte “in vivo” in Nada n°1. p.70-71.

⁶⁴ MENEZES, Marta – Retratos funcionais: visualizando o corpo invisível. Nada n° 4. jan 2005. p.96-101.

⁶⁵ MENEZES, Marta de – Árvore do conhecimento: residência artística na SymbioticA. In Nada n°2. p.78-85.

Dá a sensação que os trabalhos de bioarte em geral têm uma falta de efeito plástico, baseando-se mais no objecto e na lógica do processo, do que sobre a própria obra. A passagem do conceito para o objecto parece provocar uma desmistificação; a aura de mistério que se oculta por trás da obra de arte perde-se. O objecto é apresentado *per se*, tornando-se a sua leitura linear. Não interessa a imagem de um coelho fluorescente mas a sua concretização material. Somos da mesma opinião que as críticas de arte Suzanne Anker e Dorothy Nelkin⁶⁶ ao considerar que estes processos, ao serem facilmente reprodutíveis em laboratório, se tornam susceptíveis de transformar em objectos de consumo (com uma data de caducidade próxima) e perder totalmente a componente crítica relativamente à questão dos animais geneticamente modificados. Ao contrário, parece que legitima o poder modificar os seres vivos consoante a livre vontade e capricho. A vida torna-se banal, dá a imagem de que tudo é possível, mais outro espectáculo para o grande público.

Apesar de muitos trabalhos em bioarte serem extremamente chocantes, muitas vezes antiéticas e amorais (morte de animais, maltrato, questões sobre a eutanásia, aborto, tráfico de corpos e seres humanos), concerne ao artista realizar o papel de crítico da sociedade, das suas práticas e questionar o papel das novas tecnologias e da ciência dentro da sociedade. Apesar de algumas das intervenções artísticas serem reprováveis, das quais o artista não deveria tirar proveito, é um modo de provocar um verdadeiro choque, dar que falar, questionar assuntos que podem por em risco a nossa saúde, do ambiente e a nossa própria existência. Muito mais perigoso é que os novos avances tecnológicos fiquem nas mãos de grandes empresas (que só olham para o próprio lucro) e que os relatórios de alerta fiquem esquecidos nas estantes dos laboratórios, sem a sociedade dar por nada. Qualquer nova tecnologia pode ser usada para o bem ou para o mal, e pode ter implicações imprevisíveis (por exemplo os desastres de Hiroshima e Chernobil). Criar polémica é o modo mais eficaz para que a sociedade na sua globalidade possa decidir acerca do futuro, realizar escolhas mais justas e abrangentes. Os trabalhos que envolvem formas de vida devem ser desenvolvidos com grande cuidado, com reconhecimento das complexas questões que

⁶⁶ ANKER, Suzanne; NELKIN, Dorothy – The molecular gaze: art in the genetic age. New York: Cold Spring Harbor, 2004. ISBN 0-87969-697-4.

levantam e, acima de tudo, com um compromisso de respeito. Segundo Michel Serres; «o problema consiste agora em dominar o controlo da natureza, e não a própria natureza.»⁶⁷ As novas fronteiras são bioéticas.

⁶⁷ SERRES, Michael - Hermes III. Paris: La traduction, Minuit, 1974. p.91 *cit in* – Enciclopedia Einaudi: Sistema. p.158.

ANEXO I

Figure 6. "Pedgree of Man," from Haeckel (1879, vol. 2, facing p. 189).

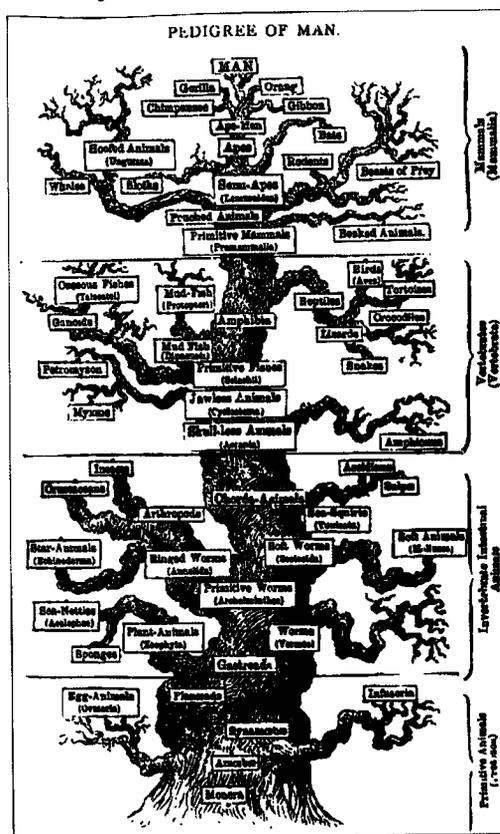


Figura 1: Árvore evolutiva, hierárquica, em que o homem é o fim último da evolução.

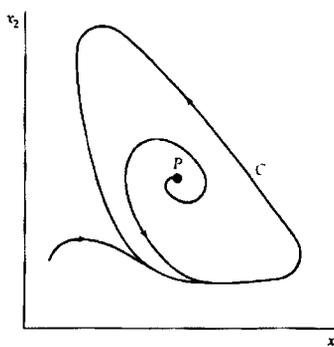


Figura 2: Atractor (ciclo limite C) e ponto fixo repulsivo P.

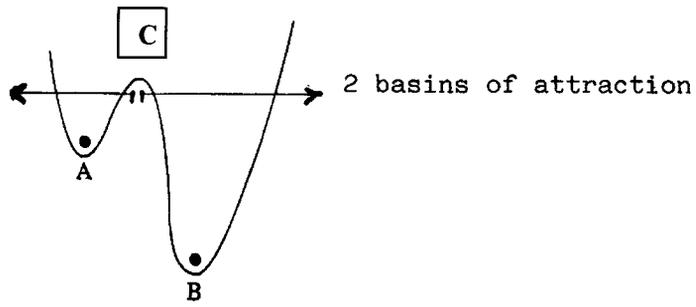


Figura 3: Duas bacias de atracção, A e B. O limite entre bacias é o ponto C.

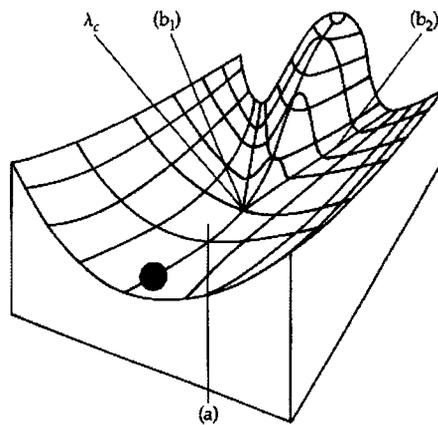


Figura 4: Bifurcação da bacia de atracção.

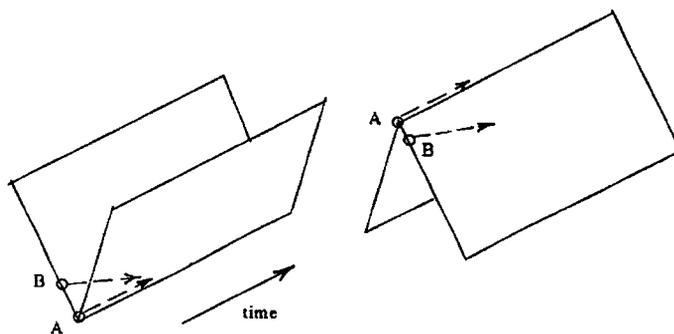


Figura 5: Esquerda: A trajectória em **A** é estável, qualquer outro ponto **B** aproxima-se. Direita: A trajectória em **A** é instável, qualquer outro ponto **B** afasta-se.

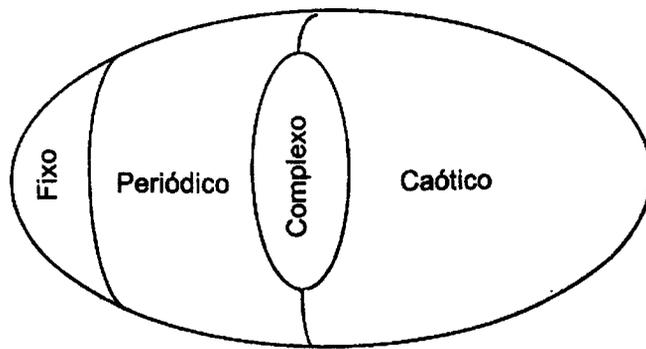


Figura 6: Ordem, complexidade e caos.

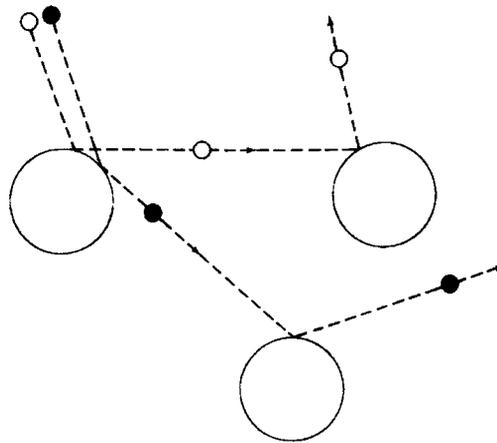


Figura 7: Sensibilidade às condições iniciais. Dois pontos próximos se afastam nas suas trajetórias.

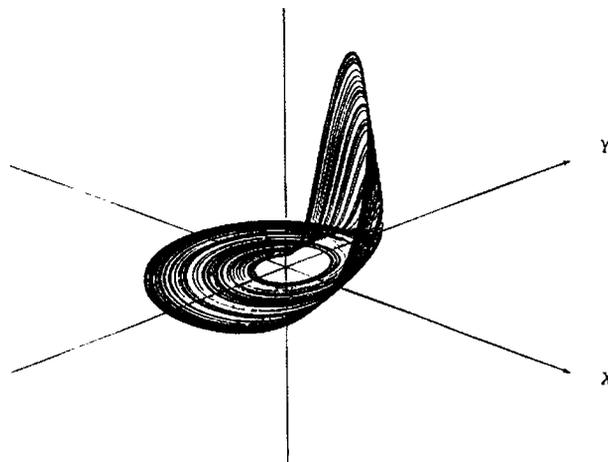


Figura 8: Atrator estranho de Rössler.

Figura 9(a): Ciclo limite para o pêndulo. Ponto fixo na secção de Poincaré.

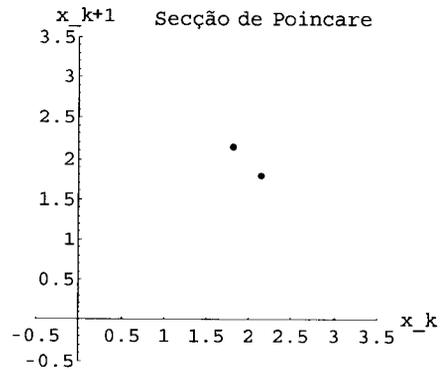


Figura 9(b): Ciclo limite para o pêndulo. Período dois na secção de Poincaré.

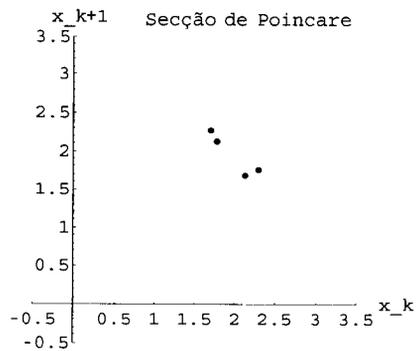


Figura 9(c): Ciclo limite para o pêndulo. Período quatro na secção de Poincaré.

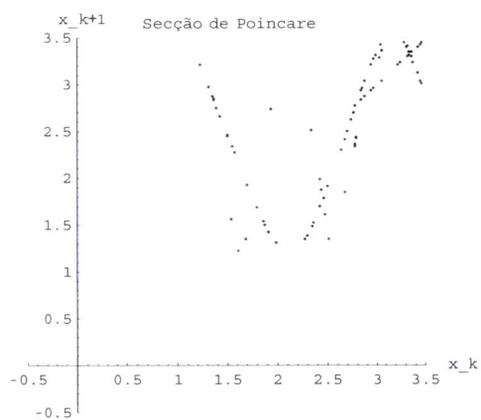
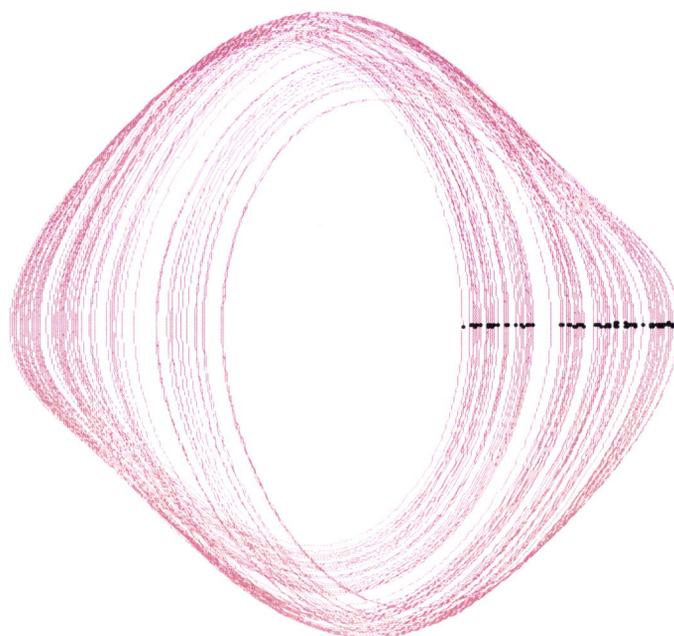


Figura 10: Atractor estranho e órbita aperiódica na secção de Poincaré.

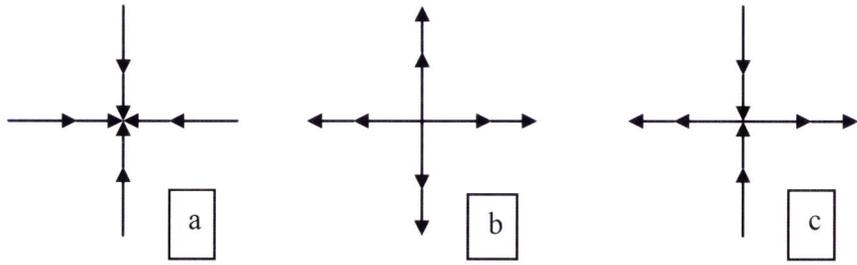


Figura 11: (a) Sumidouro, (b) Fonte, (c) Ponto sela.

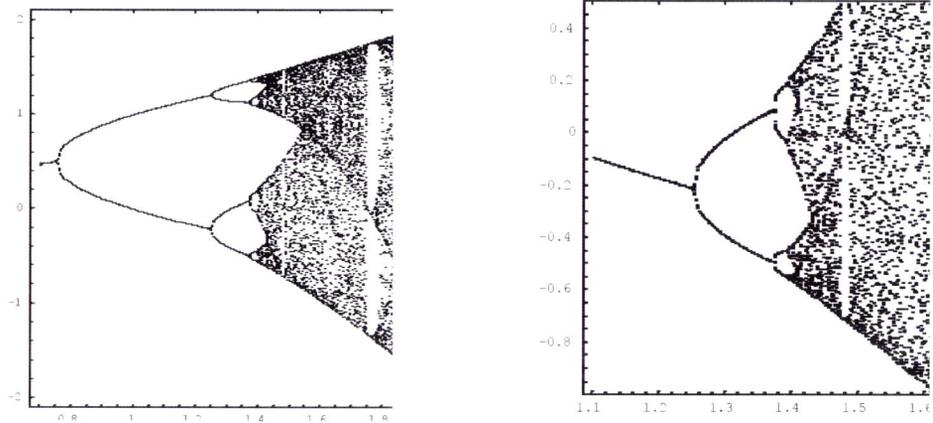


Figura 12: (a) Diagrama de bifurcação para a aplicação quadrática $f(x)=c-x^2$ e (b) ampliação do mesmo diagrama. O diagrama tem uma estrutura de quase auto-semelhança. Certas partes são quase idênticas ao diagrama inicial.

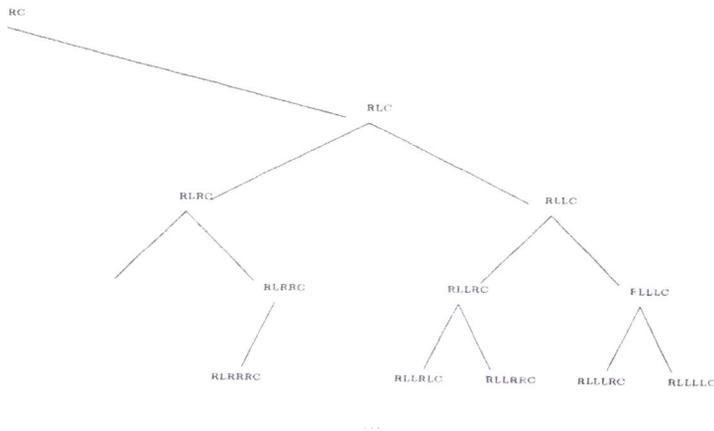


Figura 13: A árvore que ordena o caos.

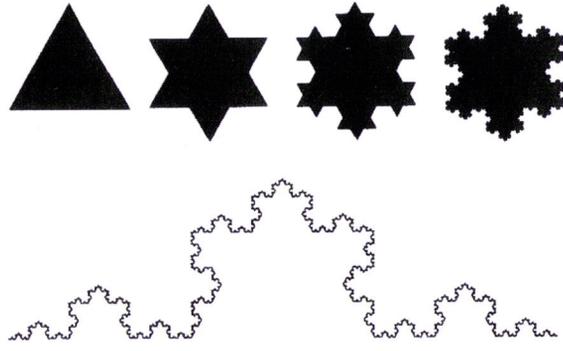


Figura 14: Floco de neve de Koch.

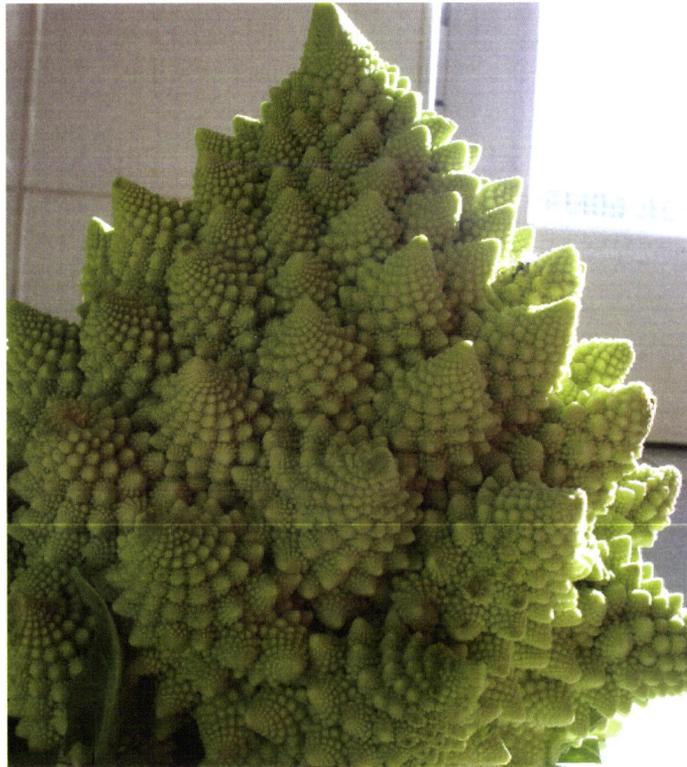


Figura 15: Broccoli: Ilustração da auto-semelhança na natureza.



Figura 16: Autômato celular: regra 110

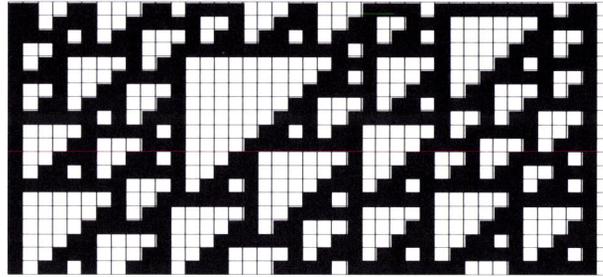


Figura 16 (b): Com condição inicial:11001100011011110001100011110111111110110. O estado inicial $t = 0$ corresponde à configuração da primeira linha. O estado do sistema no instante $t = 1$ corresponde à configuração na segunda linha e assim sucessivamente. É apresentada a evolução do sistema durante 20 instantes de tempo.

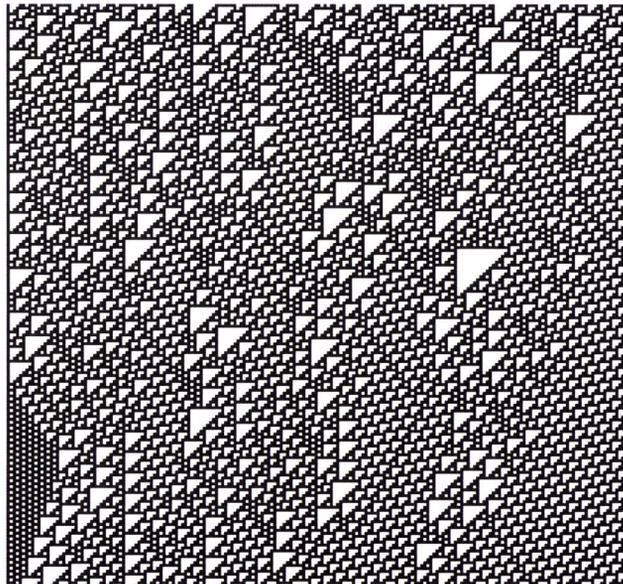


Figura 16(c): Exemplo com uma condição inicial de maior comprimento e um maior intervalo de tempo.

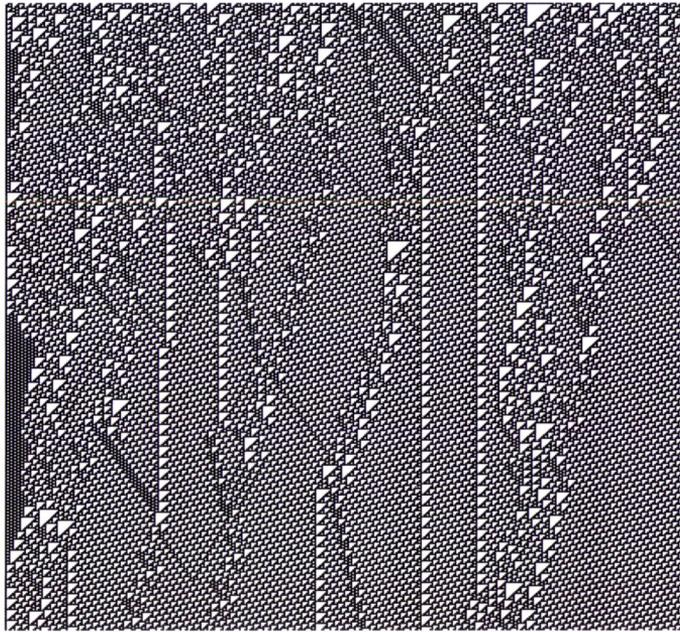


Figura 16 (c): Outro exemplo com uma condição inicial de maior comprimento e um maior intervalo de tempo.

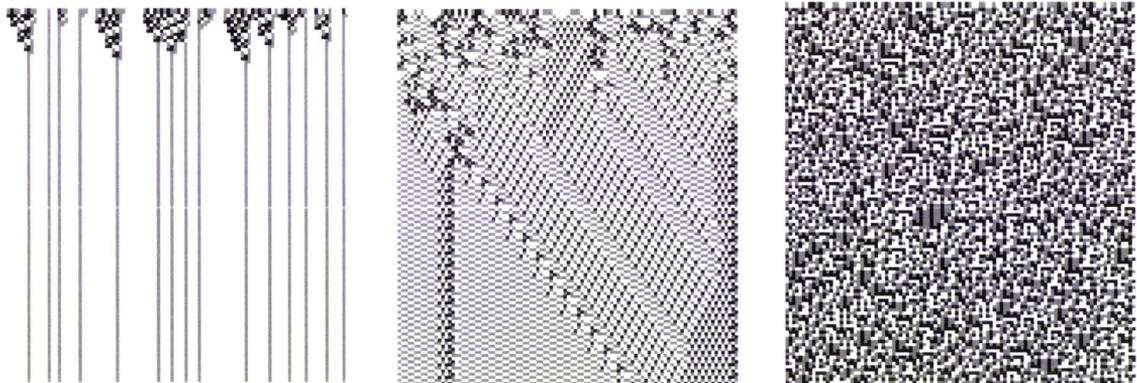


Figura 17: Classificação de Wolfram: (a) classe 1 (b) classe 2 (c) classe 3

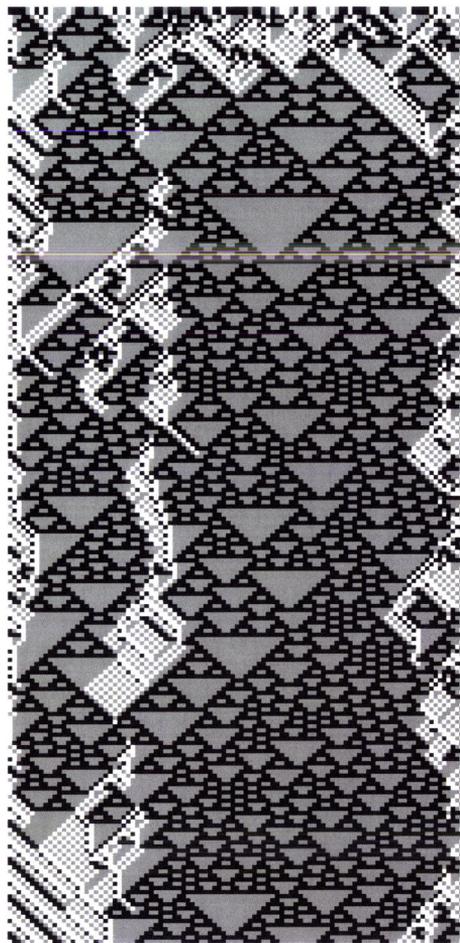


Figura 17: (d) Classificação de Wolfram: classe 4

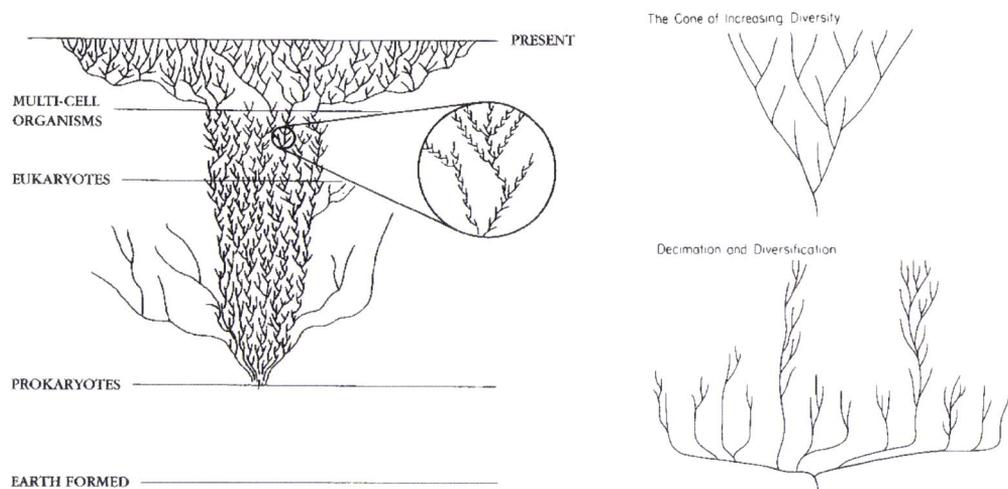


Figura 18: Árvore evolutiva e detalhe.

Figure 5. "Single or Monophyletic Pedigree of the . . . Back-boned Animals," from Haeckel (1879a, vol. 2, facing p. 222).

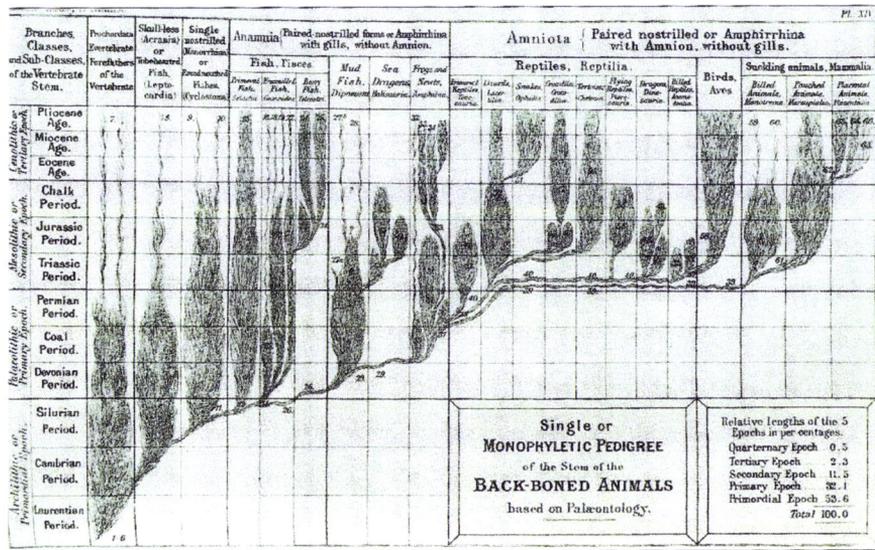


Figura 19: Árvore evolutiva.



Figura 20: Moléculas de cristais de gelo formadas pela solidificação de vapor de água. Apresentam uma clara analogia com a morfologia de certos vegetais e fases larvais de cnidários.

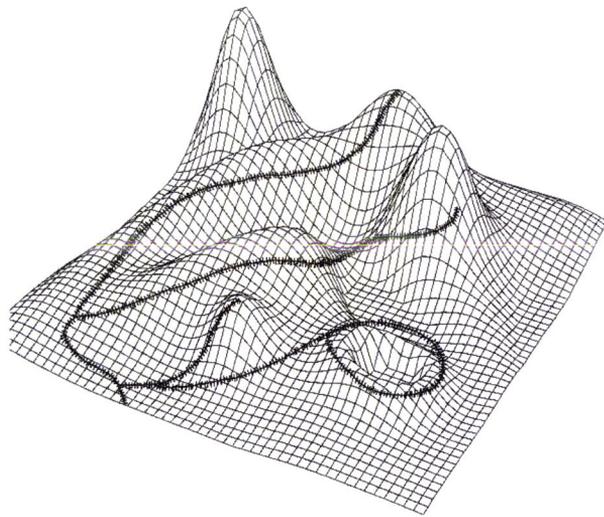


Figura 21: Paisagem topológica e percursos correspondentes a máxima adaptação relativa.

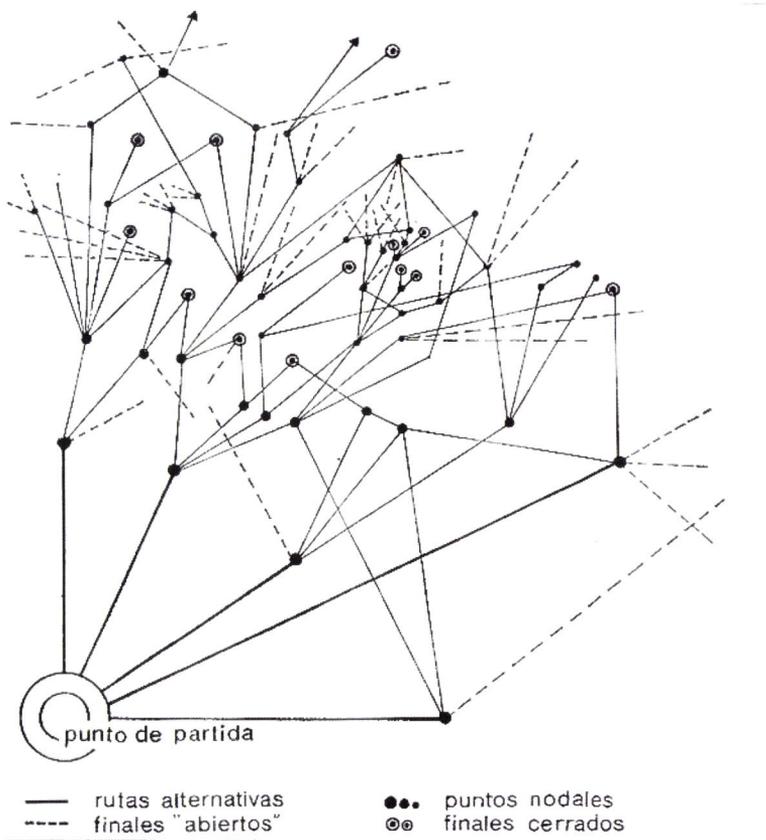


Figura 22: Rede (estrutura serial) de uma procura criativa. O pensador criativo tem de avançar numa frente muito larga, deixando abertas muitas opções. Tem de obter uma visão compreensiva, abarcadora de toda a estrutura do caminho que se lhe apresenta, sem se restringir a focar uma possibilidade qualquer como se fosse a única.

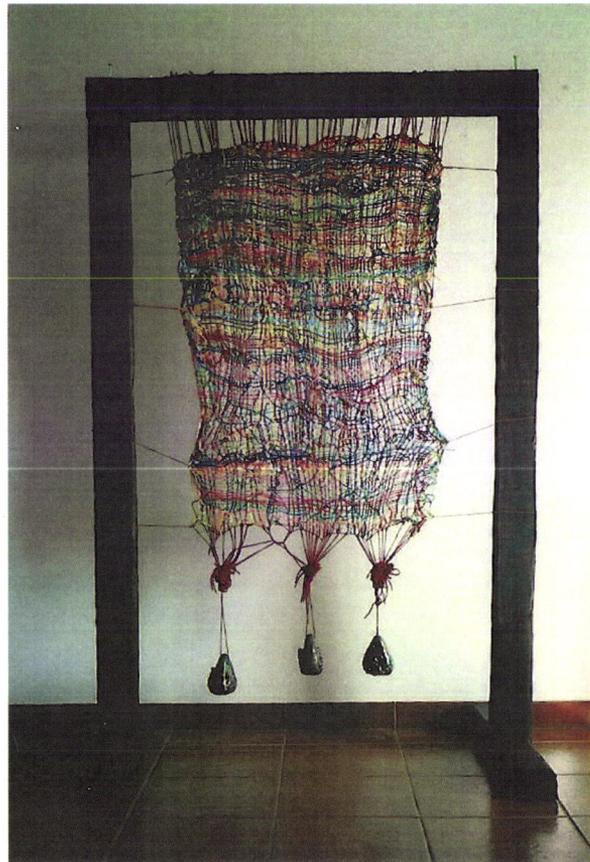
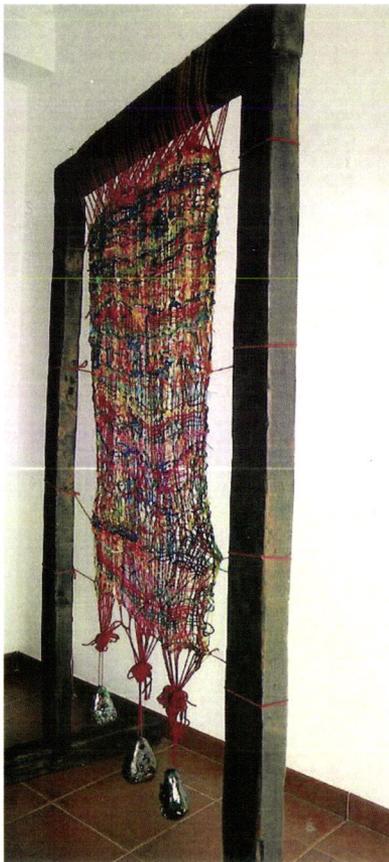
Anexo II: Imagens do trabalho pratico.

1 – O mito das Parcas:

As Parcas, Meras ou Moiras como detentoras do destino dos homens. São uma metáfora da visão clássica (estruturada, hierarquicamente fechada) e moderna da vida (em rede, com múltiplos nódulos). A complexidade, pode ser entendida como o princípio regulador do tecido fenomenal no qual nos encontramos inseridos e que constitui o nosso mundo.

1.1 O trabalho das Parcas: teares.

Tear I, arcaico; aquele em que o destino dispõe-se ortogonalmente, desde os antepassados até à actualidade. Trata-se de uma estrutura hierárquica.



Tear I: arcaico
Madeira, lã, cerâmica Rakú
200 x 60 x 50 cm
2007



Tear II, tridimensional; visão moderna, numa rede com múltiplos nódulos que se dispõem de um modo não hierárquico.



Tear II: Tridimensional
Madeira, lã
150 x 65 x 50 cm
2007

1.2 A Parca: vídeo.

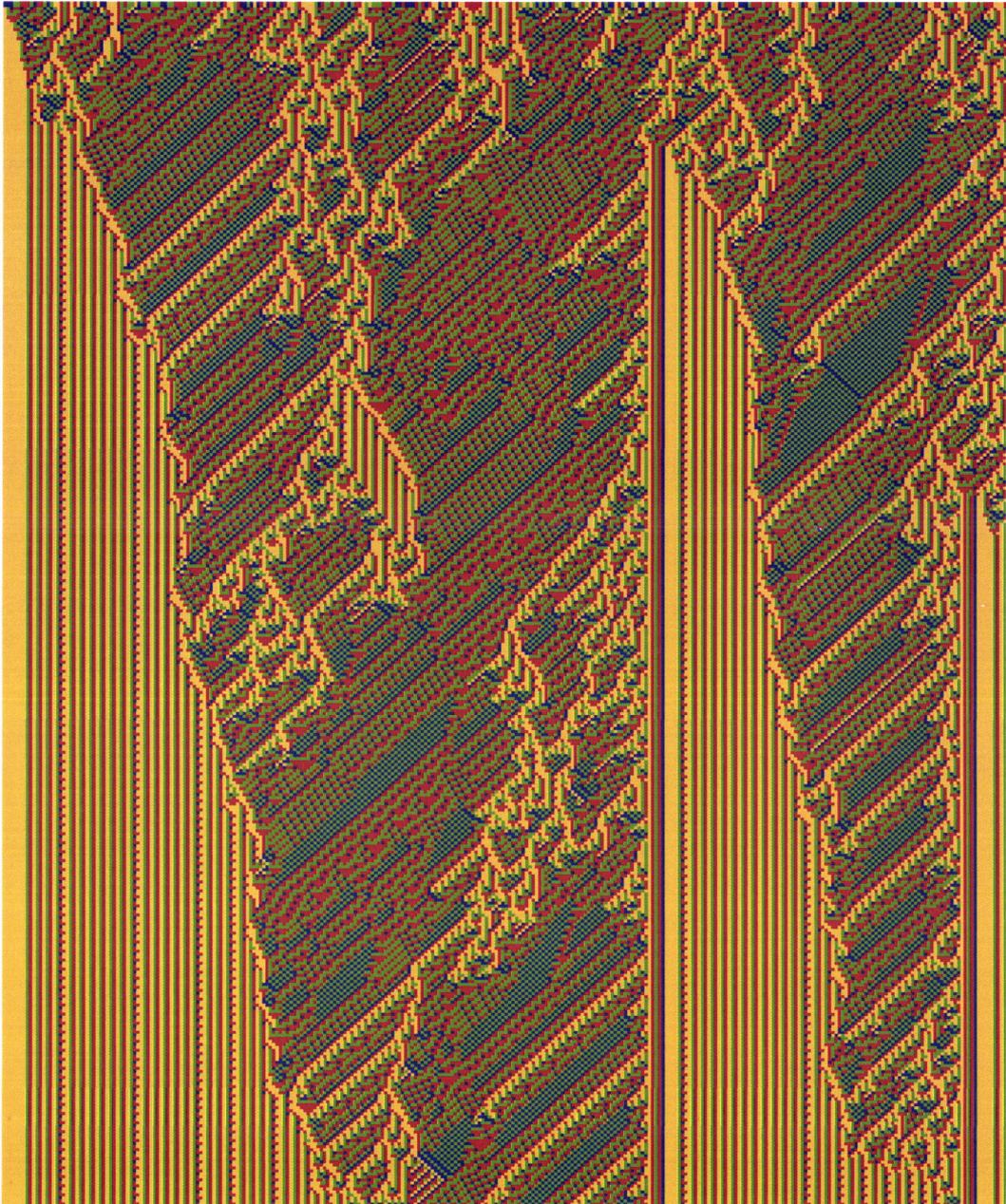
Neste vídeo as Parcas unificam-se na figura única de "La Balanguera" no seu tecer da tessitura.



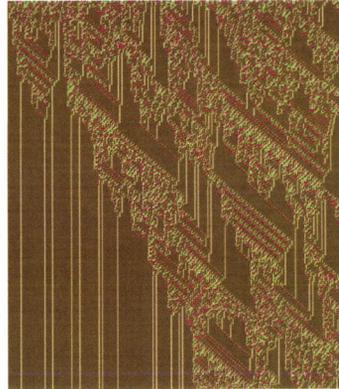
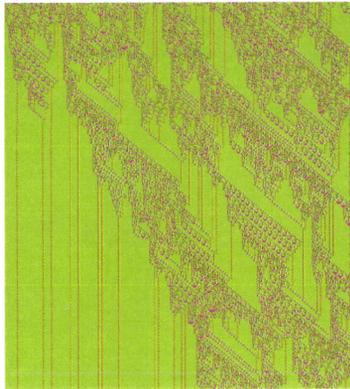
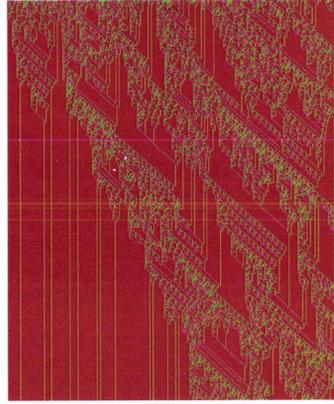
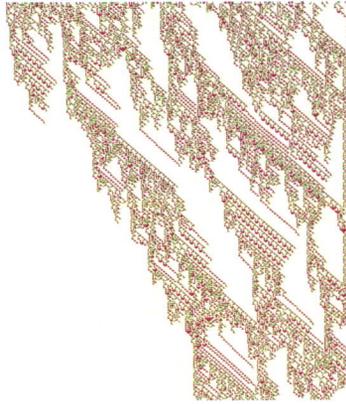
O mito das Parcas (Balanguera)
2'34''

2 – Autómatos celulares

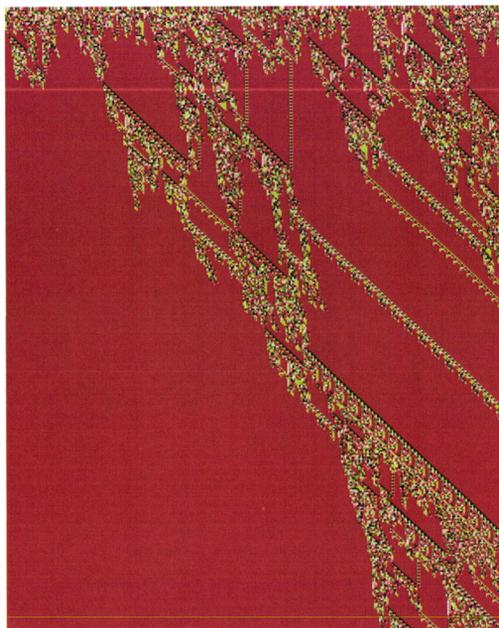
2.1 – Imagens geradas por computador.



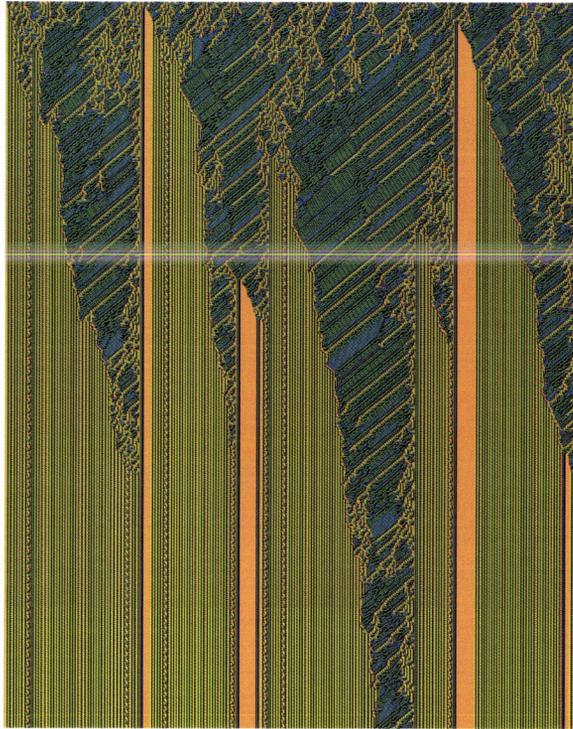
Sem título (autômato celular I), 2007.



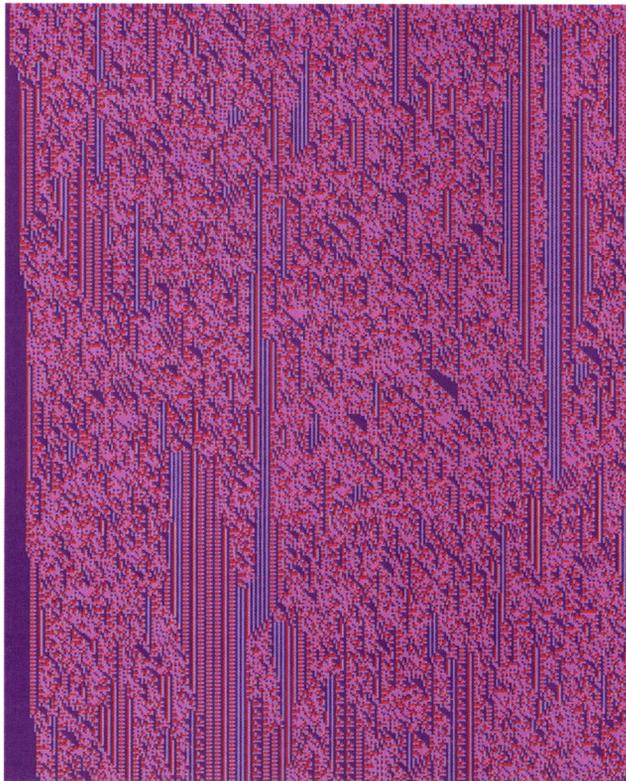
Sem título (autómatos celulares II), 2007.



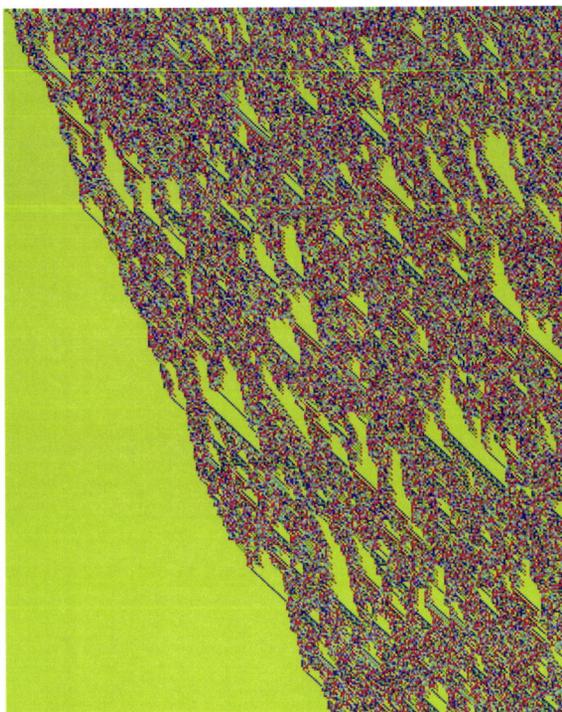
Sem título (autómato celular III), 2007.



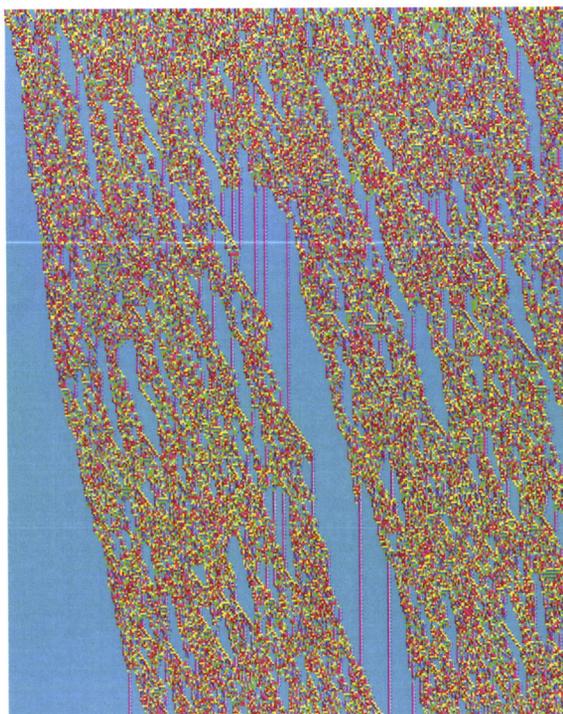
Sem título (autómato celular IV), 2007.



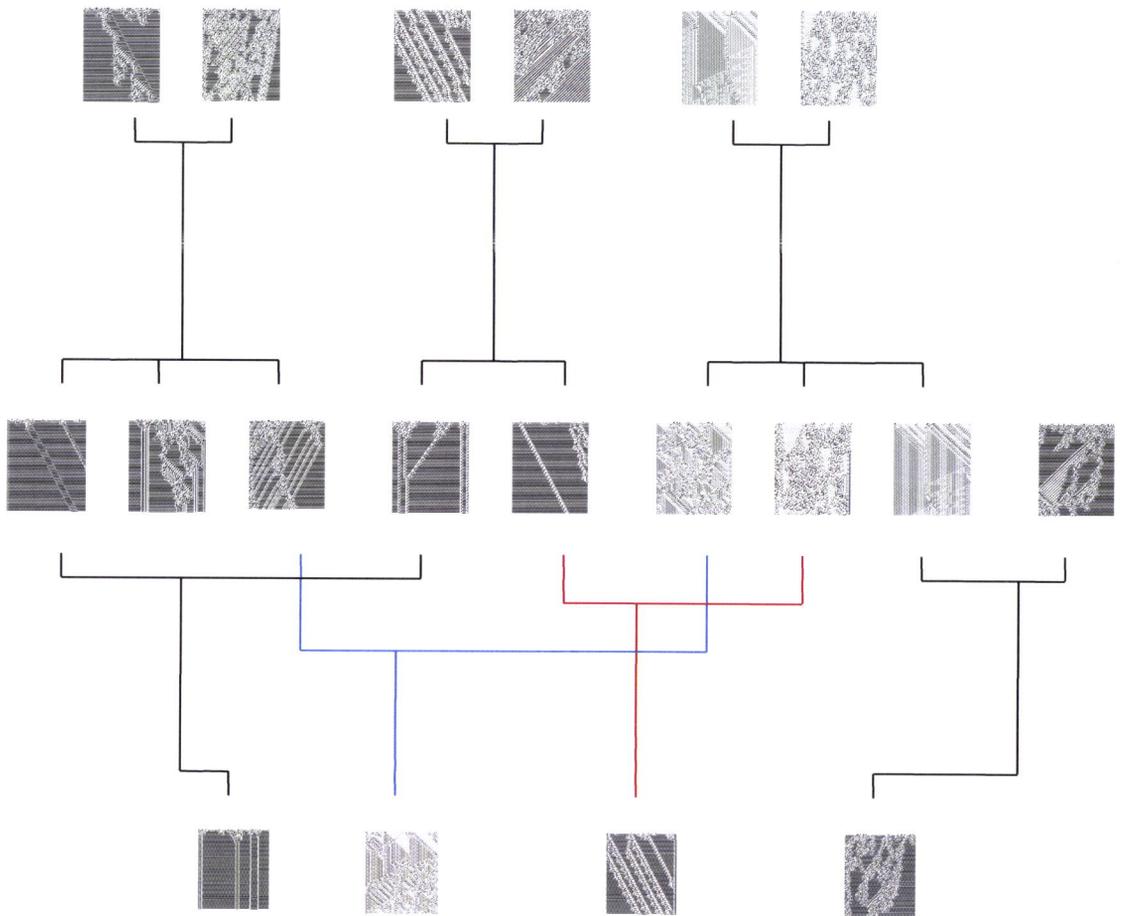
Sem título (autómato celular V), 2007.



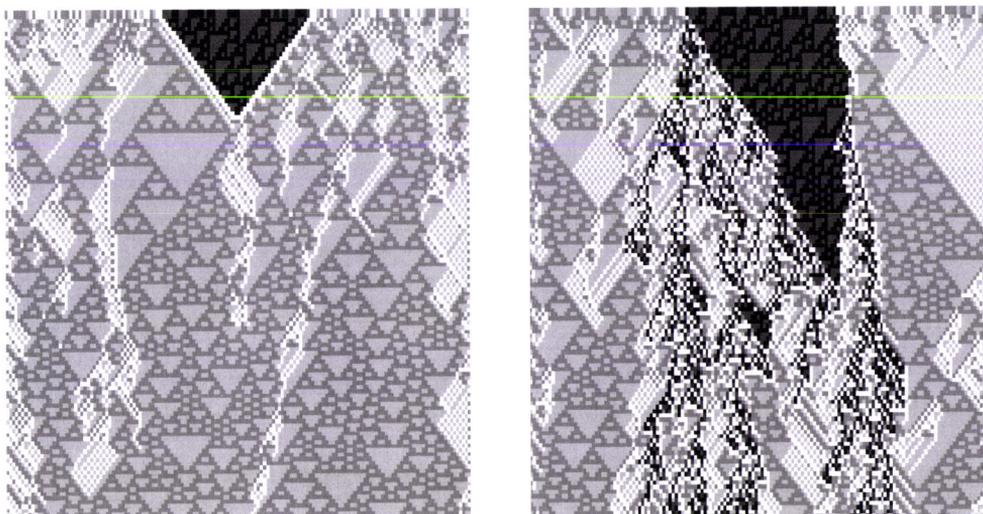
Sem título (autómato celular VI), 2007.



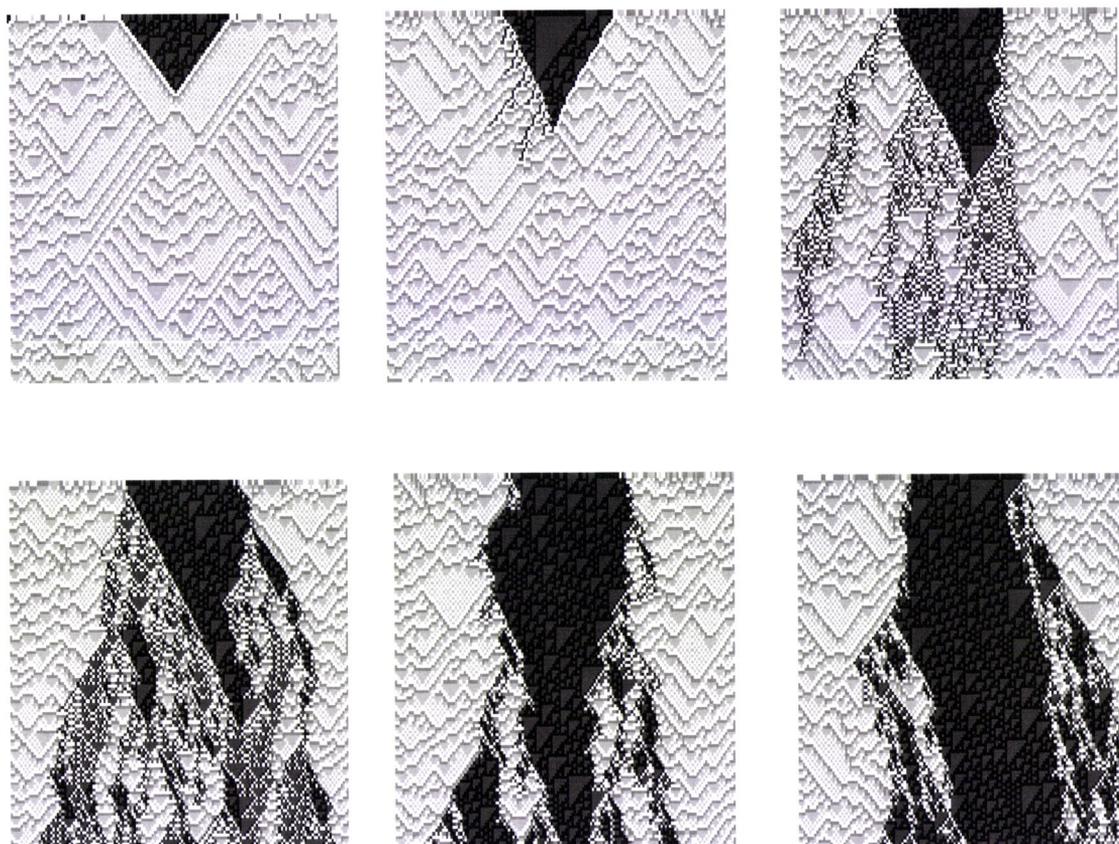
Sem título (autómato celular VII), 2007.



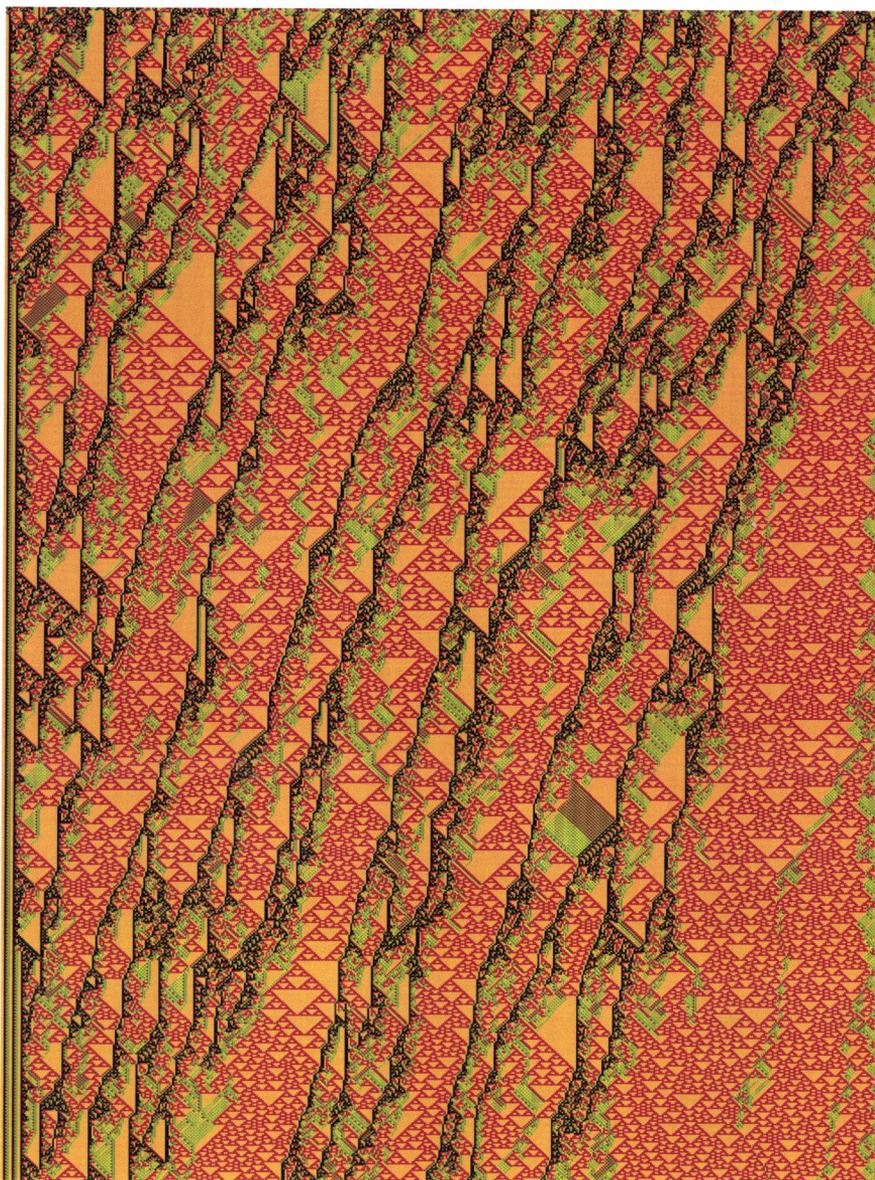
Árvore Filogenética (autômatos celulares e algoritmo genético), 2008. Observa-se que a descendência apresenta algumas características parentais, de modo que se pode falar de uma hipótese genética nos autômatos celulares.



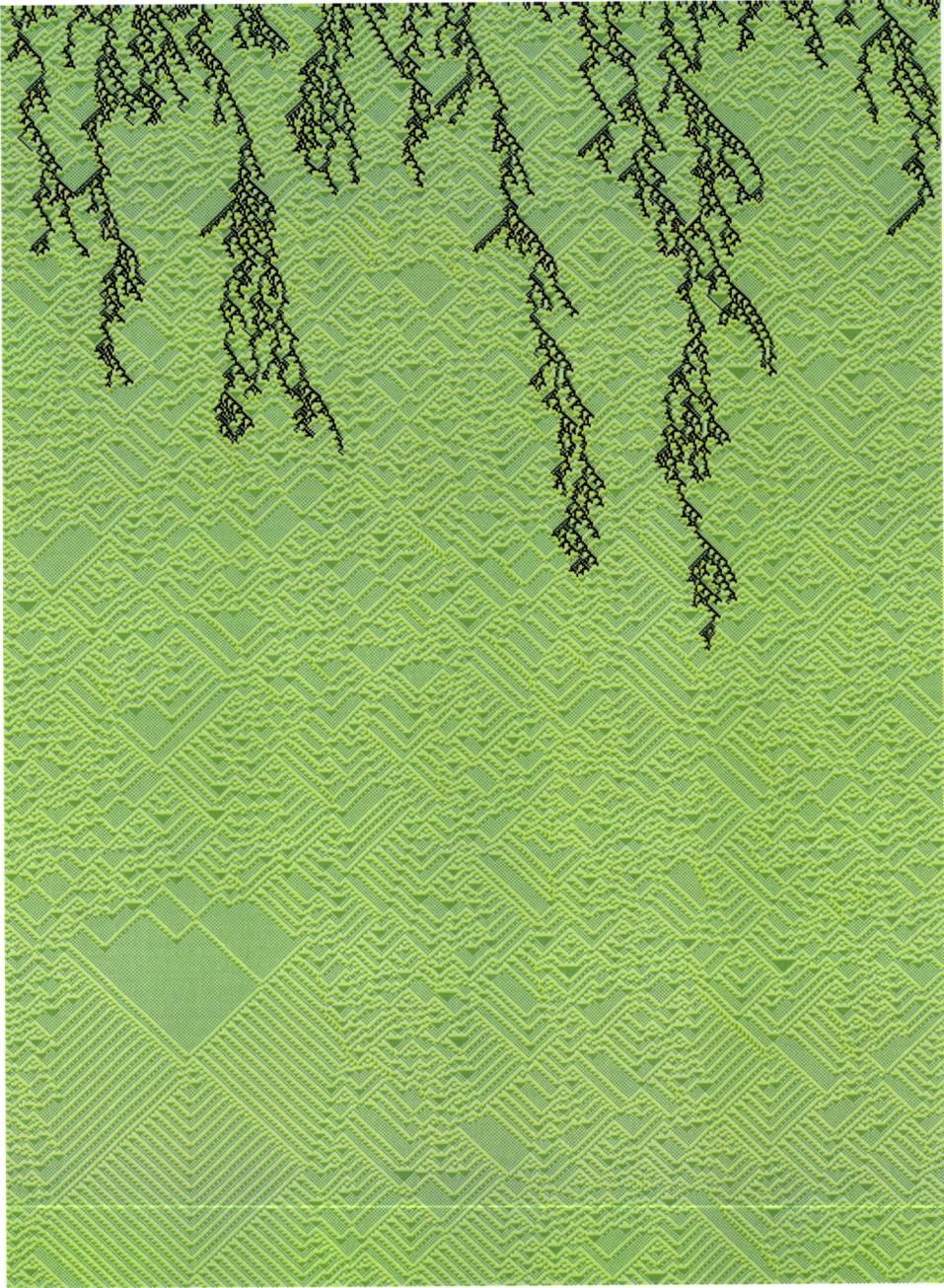
Degelo I (autómatos celulares), 2008. Fenómenos de recombinação genética. Há uma transgênese por incorporação de material genético de uma espécie (as duas tonalidades mais escuras), dentro de outra espécie (branco e dois tons de cinzento claro). No caso da esquerda, não há uma interação directa e o gene acaba por não ser expresso. No caso da direita há uma clara interacção que perdura ao longo do tempo.



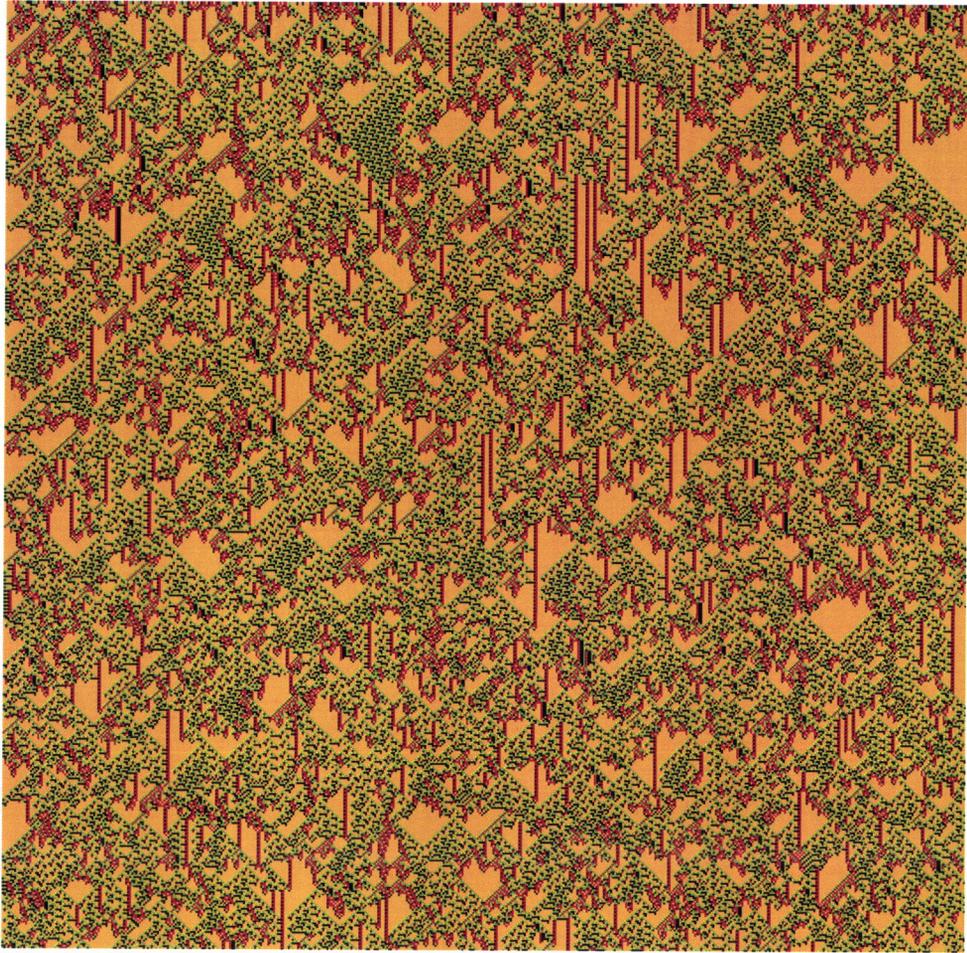
Degelo II (autómatos celulares), 2008. Vários tipos de interacção para diferentes definições de regras de fronteira.



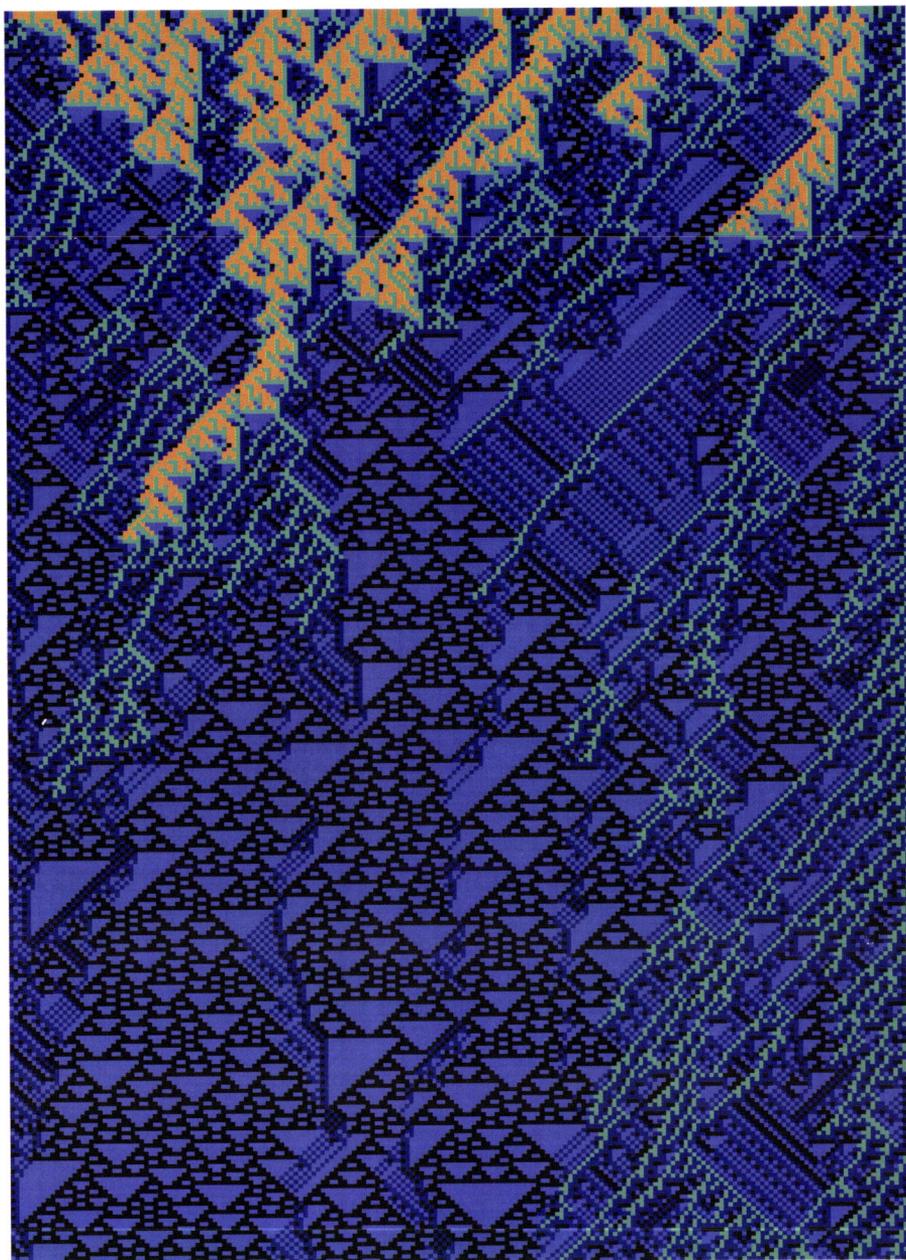
Teixit I, (autómato celular), 2008.



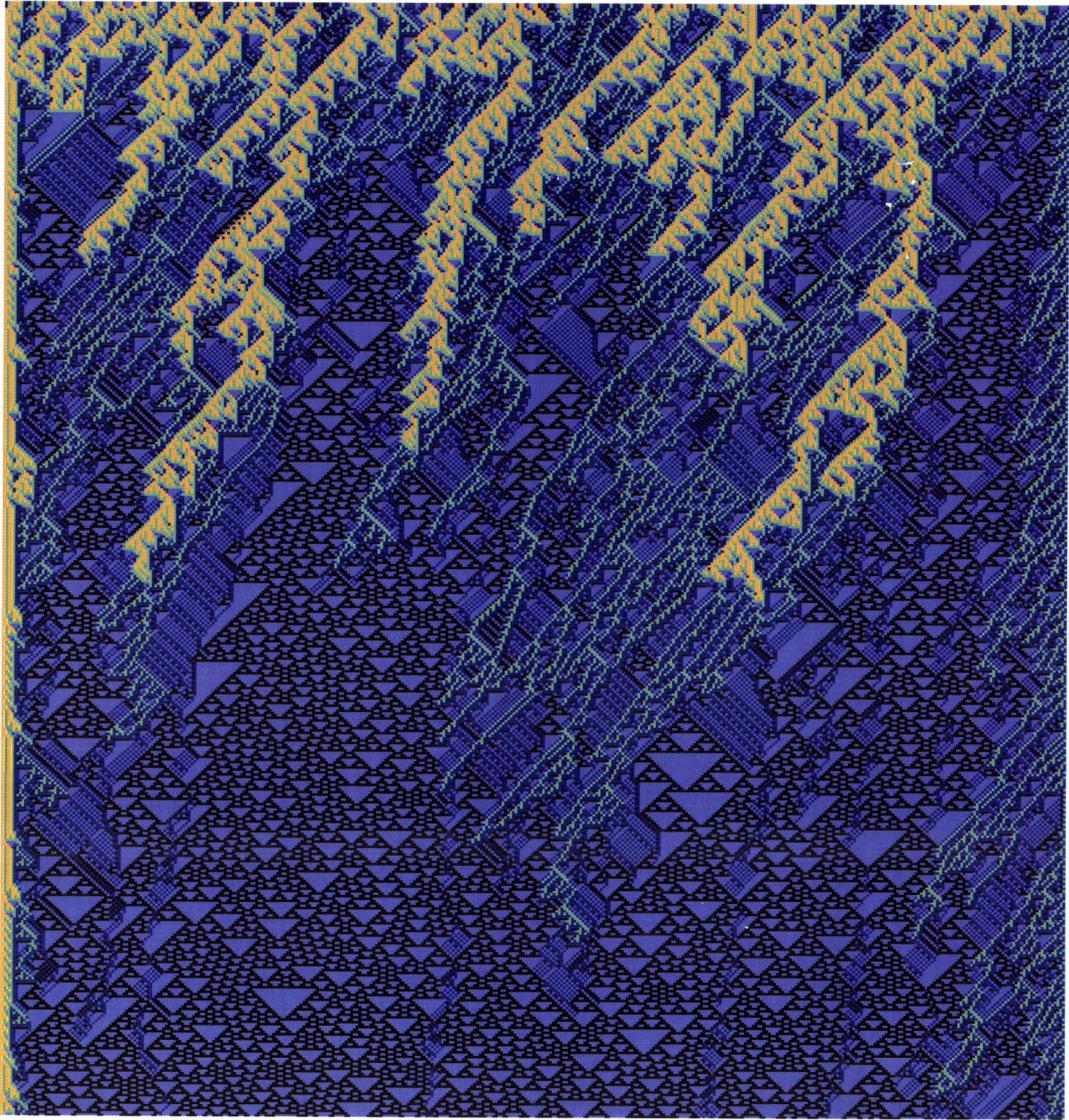
Viscositat, (autómato celular), 2008.



Teixit II, (autómato celular), 2008.

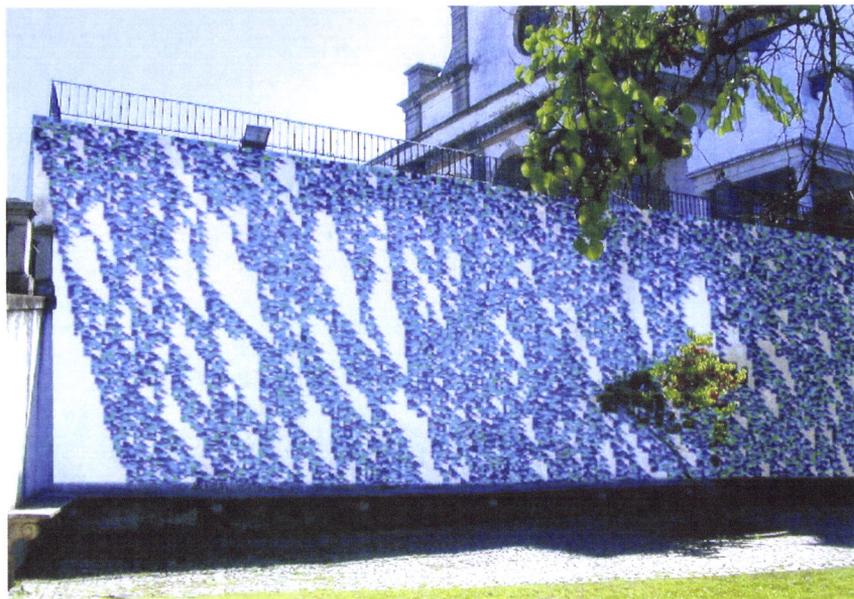


Cristalls liquids I, (autómato celular), 2008.

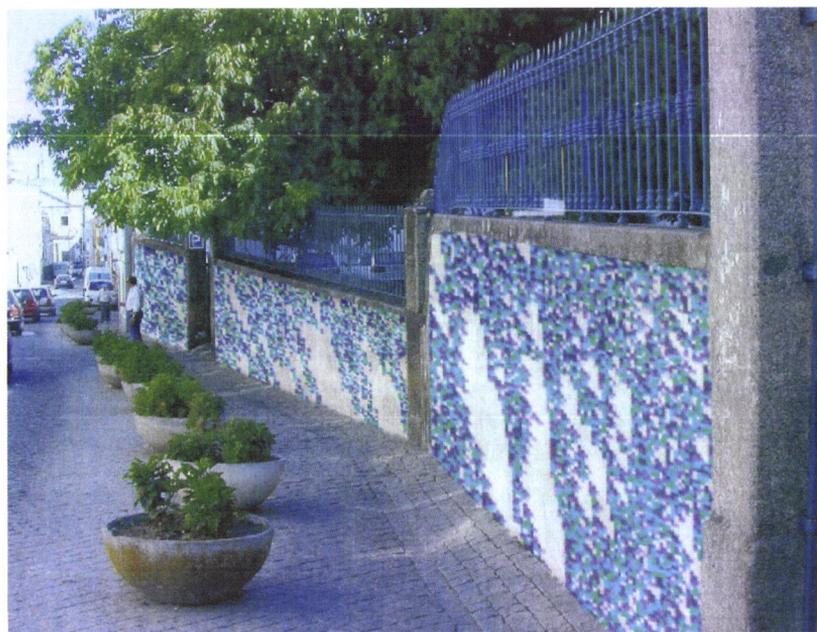


Cristalls liquids II, (autómato celular), 2008.

2.2 – Projectos (fotomontagem) de cobertura de superfícies arquitectónicas com painéis de azulejos.



Simulação digital de cobertura do muro da entrada ao claustro do Colégio do Espírito Santo (Universidade de Évora), 2007.



Simulação digital de cobertura com azulejos da cerca do Convento do Carmo (Évora), 2007

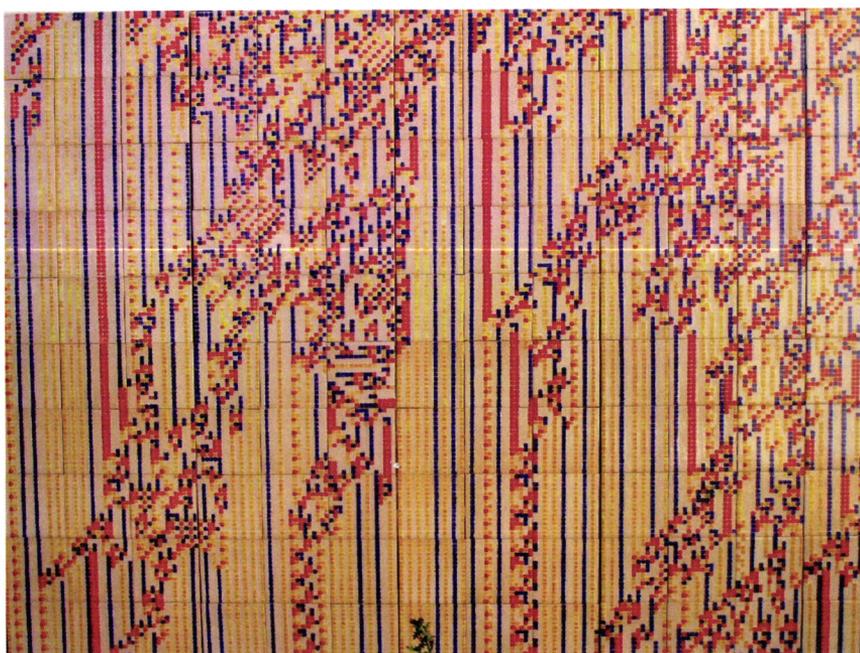


Simulação digital de cobertura com azulejos de uma parede exterior da Universidade do Espírito Santo (Évora), 2007.

2.3 – Painéis de azulejos e mosaico.



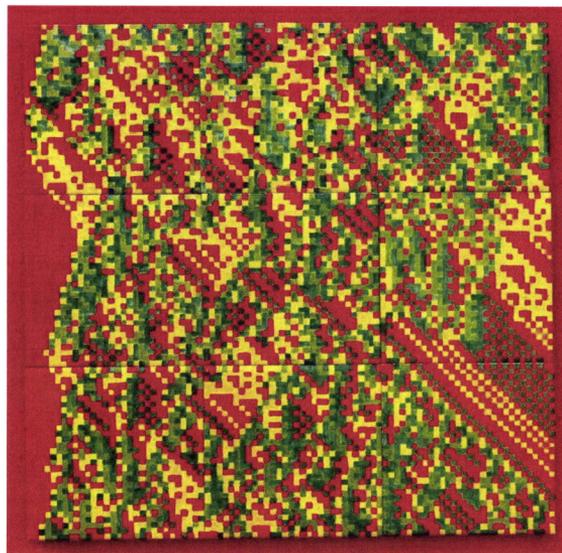
Sem título (I), 2007. Peças de mosaico fabricadas manualmente de aproximadamente 1 x 1 x 1 cm. para a obtenção de padrões a partir das regras ditadas pelos autómatos celulares. 20 x 30 cm (600 peças).



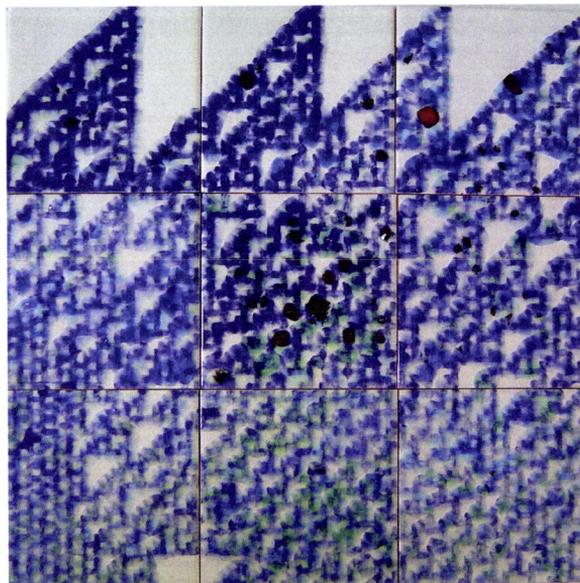
Sem título (II) , 2007. Azulejos industriais pintados segundo a técnica majólica , com formato de 15 x 15 x 0,5 cm. 150 x 195 cm (130 azulejos).



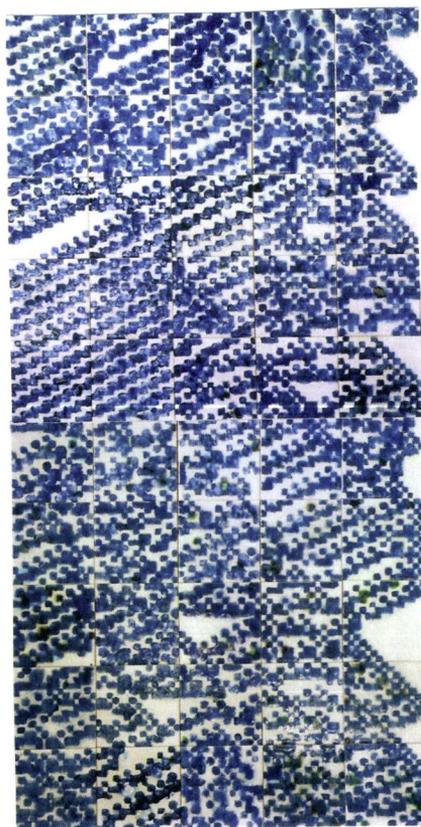
Sem título (III), 2007.
Azulejos industriais pintados segundo a técnica majólica ,
com formato de 15 x 15 x 0,5 cm
45 x 90 cm (18 azulejos).



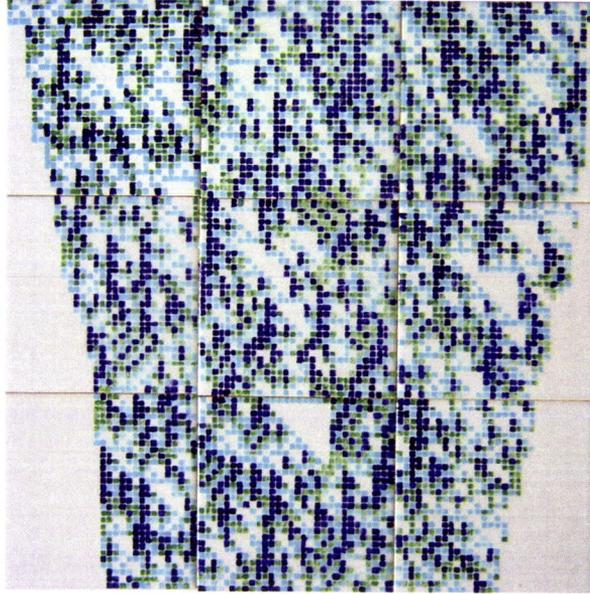
Sem título (IV), 2007.
Azulejos industriais pintados segundo a técnica majólica ,
com formato de 15 x 15 x 0,5 cm
45 x 45 cm (9 azulejos).



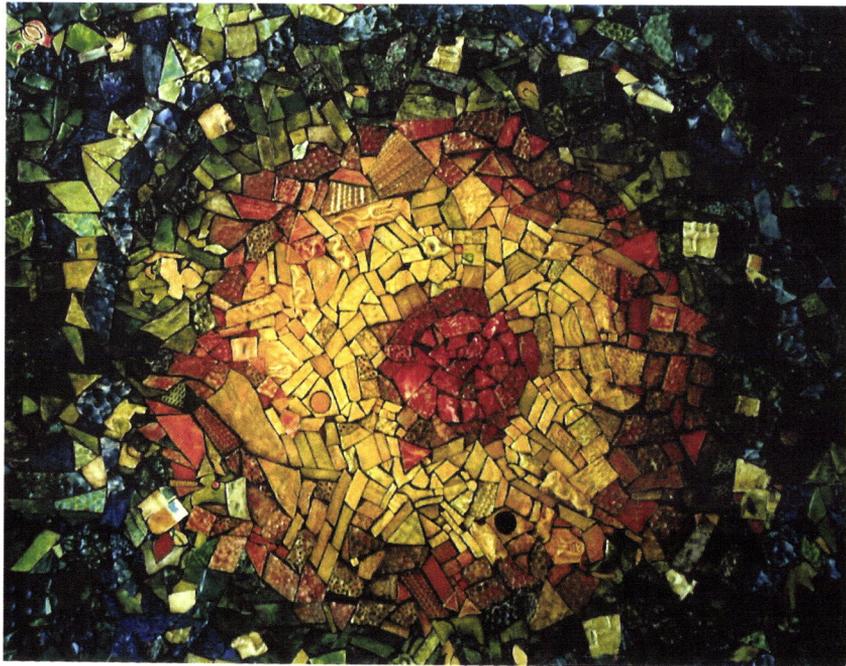
Sem título (V), 2007.
Azulejos industriais pintados segundo a técnica majólica ,
com formato de 15 x 15 x 0,5 cm
45 x 45 cm (9 azulejos).



Sem título (VI) , 2007.
Azulejos industriais pintados segundo a técnica majólica ,
com formato de 15 x 15 x 0,5 cm
150 x 75 cm (50 azulejos).



Sem título (VII) , 2007.
Azulejos industriais pintados segundo a técnica majólica ,
com formato de 15 x 15 x 0,5 cm
45 x 45 cm (9 azulejos).



Sem título (Autómato celular bidimensional) , 2008.
Mosaico cujas peças formam realizadas manual e individualmente.
128 x 128 cm

2.3 – Desenho.



Autómato celular bidimensional I, 2008.
Aquarela, lápis de cor, ecoline s/ papel.
128 x 128 cm

BIBLIOGRAFIA

Monografias :

ADORNO, Theodor W. – *Teoria estética*. Lisboa: Edições 70, 1988. (Arte & comunicação; 14).

AGAMBEN, Giorgio – *L'home sans contenu*. [Sautxures]: Circé, 1996. ISBN 2-84242-155-8.

AGAMBEN, Giorgio – *O poder soberano e a vida nua = Homo Sacer*. Lisboa: Presença, 1998. (Pontos de referência; 17). ISBN 972-23-2271-0.

ANKER, Suzanne; NELKIN, Dorothy – *The molecular gaze: art in the genetic age*. New York: Cold Spring Harbor, 2004. ISBN 0-87969-697-4.

BABO, Maria Augusta – *Do texto como textura heterogénea ao texto com textura híbrida*. In Actas do II Congresso de ciências da Comunicação, 2004.

BARBOSA, Pedro – *Metamorfoses do real: arte, imaginário e conhecimento estético*. Porto: Afrontamento, D. L., 1995. (Grand'angular; 8). ISBN 972-36-0377-2.

BARTHES, Roland – *O rumor da língua*. Lisboa: Edições 70, 1987. (Signos; 44).

BELTRAMI, Edward – *What is random?: chance and order in mathematics and life*. New York: Copernicus Springer-Verlag, 1999. ISBN 0-387-98737-1.

BENJAMIN, Walter – *Sobre arte, técnica, linguagem e política*. Lisboa: Relógio d'Água, 1992. (Antropos). ISBN 972-708-177-0.

BENJAMIN, Walter – *A modernidade*. Lisboa: Assírio & Alvin, 2006. ISBN 972-37-1164-8.

BENKIRANE, Réda – *A complexidade, vertigens e promessas*. Lisboa: Instituto Piaget, 2004. (Histórias de ciência, Epistemologia e sociedade nº 219) ISBN 972-771-719-5.

BERTALANFFY, L. Von [et al.] – *Tendências en la teoría general de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, 1987. (Alianza Universidad; ciências). ISBN 84-206-2208-7.

BOHM, David ; PEAT, F. David – *Ciência, ordem e criatividade*. Lisboa : Gradiva, 1987.

BOWLER, Peter J. – *The non-darwinian revolution. Reinterpreting a historical myth*. Baltimore ; London : The Johns Hopkins University Press, 1988. ISBN 0-8018-4367-7.

BRONOWSKI, Jacob – *Arte e conhecimento: ver, imaginar, criar*. Lisboa: Ed. 70, 1983. (Arte & comunicação; 21).

BRONOWSKI, Jacob – *Introdução à atitude científica*. 2.ed. Lisboa: Livros horizontes, 1983. (Horizonte; 15).

BUNGE, Mário – *La investigación científica*. 2.ed. Barcelona: Editorial Ariel, 1983. ISBN 84-344-8010-7.

CARRILHO, Manuel Maria [et al.] – *História e prática das ciências*. Lisboa: A regra do jogo, 1979. (Biblioteca de filosofia; 2).

CHITAS, Eduardo; SERRÃO, Adriana Veríssimo (coord.) – *Razão e espírito científico*. Lisboa: Edições Duarte reis, 2004. (Estudos da cátedra a razão, I). ISBN 972-8745-10-9.

COUTINHO, Jorge – *Filosofia do conhecimento*. Lisboa: Universidade Católica, 2003. ISBN 972-54-0060-7.

COUTO, Carlos M. de S. C. – *Tópica Estética : filosofia, música, pintura*. Lisboa : Imprensa Nacional / Casa da Moeda, 2001. (Coleção arte e artistas). ISBN 972-27-1098-2.

CROCA, José R; MOREIRA, Rui N. – *Diálogos sobre física quântica: dos paradoxos à não-linearidade*. Lisboa: Esfera do caos editores, 2007. (Esfera das ciências; 1). ISBN 978-989-8025-27-2.

DAWKINS, Richard - *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 1989. (2.ed.).

DEBORD, Guy – *A sociedade do espectáculo*. 2.ed. Lisboa: Mobilis in mobile, 1991. ISBN 972-716-002-6.

DELEUZE, Gilles ; Félix, GUATTARI - *Milles plateaux : capitalisme et schizophrénie*. Paris: Les editions de minuit, 1989. (Critique). ISBN 2-7073-0307-0.

DELEUZE, Gilles – *Crítica e clínica*. Lisboa: Século XXI, 2000. (Fundamento; 6). ISBN 972-8293-20-8.

DELEUZE, Gilles – *Diferença e repetição*. Lisboa: Relógio d'Água, 2000. (Filosofia). ISBN 972-708-595-4.

DENNET, Daniel C. – *Darwin's dangerous idea: evolution and the meaning of life*. New York: Touchstone, 1995. ISBN 0-684-80290-2.

DIAS, Carlos Amaral; RIVEIRO, Luís Sousa (ed.) – *Caos & meta-psicologia: actas do Colóquio*. Lisboa: Fenda, 1994.

DONDIS, Donis A - *Sintaxe da linguagem visual*. São Paulo: Martins Fontes, 1991. (Coleção A).

D'OREY, Carmo – *A exemplificação na arte: um estudo sobre Nelson Goodman*. Lisboa: F. C. G.; F. C. T., 1999. (Textos universitários de ciências sociais e humanas). ISBN 972-31-0830-5.

ECCLES, John C. - *Evolution of the brain: creation of the self*. London; New York: Routledge, 1991. ISBN 0-415-03224-5.

ECO, Umberto – *Obra aberta*. Lisboa: Difel, 1989. ISBN 972-29-0039-0.

ECO, Umberto – *A definição da arte*. Lisboa: Ed. 70, 1995. (Arte & Comunicação;13). ISBN 972-44-0165-0.

EHRENWEIG, Anton – *El orden oculto del arte*. Barcelona: Labor, 1973. (Biblioteca Universitaria). ISBN 84-335-7048-X.

ELKINS, James – *What painting is: how to think about oil painting using the language of alchemy*. New York; London: Routledge, 1999. ISBN 0-415-92113-9.

- *Enciclopédia Einaudi: artes – tonal/atonal*. Fernando Gil (Coord.) Lisboa: Impr. Nac.-Casa da Moeda, 1985.

- *Enciclopédia Einaudi: Sistema*. Fernando Gil (Coord.) Lisboa: Impr. Nac.-Casa da Moeda, 1993. (vol. 26). ISBN 972-27-0539-3.

ENES, José - *Linguagem e ser*. Lisboa: Imp. Nac. / Casa da Moeda, 1983. (Estudos Gerais. Série universitária).

ERNST, Bruno – *El espejo mágico de M. C. Escher*. Köln: Taschen, 1994. ISBN: 3-8228-0676-5.

FLUSSER, Vilém; GIANNETTI, Cláudia (ed. lit.) – *Ars telemática: telecomunicação, internet e ciberespaço*. Lisboa: Relógio d'Água, 1998. (Mediações. Comunicações e cultura; 3). ISBN 972-708-330-7.

FREIRE, António – *A catarse em Aristóteles*. Braga: Edições APPACDM distrital de Braga, 1996. (Coleção humanidades; 40). ISBN 972-8195-55-9.

GEYMONAT, Ludovico; GIORELLO, Giulio; MINAZZI, Fabio – *As razões da ciência*. Lisboa: Ed. 70, 1989. (O saber da filosofia; 25).

GIANNETTI, Cláudia (ed.) – *Media culture*. Barcelona, ACC L'Angelot, 1995.

GIANNETTI, Cláudia (ed.) – *Arte en la era electrónica: perspectivas de una nueva estética*. Barcelona: ACC L'Angelot/Goethe Institut de Barcelona, 1997.

GIANNETTI, Cláudia – *Estética digital: sintopia, la ciencia y la tecnologia*. Barcelona: ACC L'Angelot, 2002.

GIL, José – *A imagem-nua e as pequenas percepções: estética e metafenomenologia*. Lisboa: Relógio d'Água, 1996. (Filosofia). ISBN 972-708-299-8.

GIL, José – *Movimento total; o corpo e a dança*. Lisboa: Relógio d'Água, 2001. (Antropos). ISBN 972-708-650-0.

GLEICK, James – *Caos: a construção de uma nova ciência*. Lisboa: Gradiva, 1989. (Ciência Aberta; 38). ISBN 972-662-144-5.

GONÇALVES, Rui Mário – *A arte e a ciência no século XX in M. Paula Serra de Oliveira (coord.) - Teias Matemáticas; frentes na Ciência e na Sociedade*. Lisboa: Gradiva, 2004. (Ciência Aberta; 114). ISBN 972-662-970-5. p. 291.

GOODMAN, Nelson – *Modos de fazer mundos*. Porto: ASA, 1995. (Argumentos; Biblioteca do Pensamento Contemporâneo). ISBN 972-41-1560-7.

HEGEL, George W. F. – *Estética, Vol. VI: pintura e música*. Lisboa: Guimarães & Ca, 1974. (Filosofia e ensaios).

IEVIN, Igor Alexiéevich – *Sinergética y arte*. Sevilla; Editorial URSS, 2007. (Libros de ciencia). ISBN 978-5-484-01017-2.

KANT, Immanuel – *Crítica da faculdade do juízo*. Lisboa: Imp. Nac.- Casa da Moeda, 1992. (Estudos gerais; Série Universitária). ISBN 972-27-0506-7.

KAUFFMAN, Stuart A. – *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. New York; Oxford: Oxford University Press, 1993. ISBN 0-19-505811-9.

KEMP, Martin – *Visualizations: the nature book of art and science*. New York; Oxford: Oxford University Press, 2000. ISBN 019-85-647-67.

LEVY, Steven – *Vida artificial: em demanda de uma nova criação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1993. (Ciência Nova; 12). ISBN 972-20-1131-6.

LIMA-DE-FARIA, A. – *Evolution without selection: form and function by autoevolution*. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5.

MANDELBROT, Benoît B. - *The fractal geometry of nature*. New York: W. H. Freeman and company, 1982. ISBN 0-7167-1186-9.

MORIN, Edgar – *O problema epistemológico da complexidade*. Lisboa: Publicações Europa-américa. (Biblioteca Universitária, 38).

MORIN, Edgar – *Introdução ao pensamento complexo*. 3.ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2001. (Epistemologia e sociedade). ISBN 972-8245-82-3.

MOURA, Leonel; PEREIRA, Henrique Garcia – *Man + Robots: symbiotic art*. Cacém: FCT, 2004. ISBN 2-905985-67-4.

MOURA, Leonel – *Robotarium X*. Lisboa: Fenda, 2007. ISBN 978-989-603-033-9.

NICOLIS, Grégoire ; PRIGOGINE, Ylia – *Exploring complexity: an introduction*. New York : W. H. Freeman and company, 1989. ISBN 0-7167-1859-6.

NIETSCHE, Friedrich – *A genealogia da moral*. 6.ed. Lisboa: Guimarães editores, 1992. ISBN 972-665-144-1.

NIETZSCHE, Friedrich – *Assim falava Zaratustra: um livro para todos e para ninguém*. Lisboa: Relógio d'Água., 1998. (Obras escolhidas de Friedrich Nietzsche; 4). ISBN 972-708-385-4.

OLIVEIRA, Augusto J. Franco de – *Vida e obra de Kurt Gödel: uma sinopse cronológica*. Universidad de Évora. CEHFC/UE. 2006.

OTT, Edward - *Chaos in dynamical systems*. 2.ed. Cambridge; New York; Port Melbourne; Madrid; Cape Town: Cambridge University Press, 2002. ISBN 0 521 01084 5.

PAPADIMITRIOU, Christos H. – *Turing: um romance sobre computação*. Lisboa: Bizancio, 2007. ISBN 978-972-53-0331-3.

PLATÃO – *A república*. 9.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. ISBN 972-31-0509-8.

PESSOA, Fernando – *Páginas de doutrina estética*. 2.ed. Lisboa: Inquérito., 1962. (Ensaístas contemporâneos; 4).

POLICARPO, Armando Ponce de Leão – Comentário à comunicação de Murray Gell-Mann. In Rui Fausto; Carlos Fiolhais, João Filipe Queiró (coord.) – *Fronteiras da ciência: desenvolvimentos recentes, desafios futuros*. Lisboa; Coimbra: Gradiva, Imprensa da Universidade, 2003. (Ciência aberta; 129). ISBN 972-662-923-3. p.59-62.

POJMAN, Louis P. – *Classics of philosophy*. Oxford; New York: Oxford University Press, 1998. (vol. 1: Ancient and Medieval). ISBN 0-19-511645-3.

PULLMAN, Bernard (ed.) – *The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology. Proceedings: plenary sessions of the pontifical academy of sciences, 27-31 October 1992*. Princeton; New Jersey: Pontificia Academia scientiarum, 1996. (nº 89). ISBN 88-7761-055-7.

RAMOS, José Sousa - *As árvores que ordenam o caos*. Colóquio O caos e a Ordem, ACARTE – Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 25-26 Fev. 1994.

RAMOS, Maria das Mercês Carvalho Correia de Sousa – *A entropia como medida da complexidade e da estabilidade do conhecimento em contextos de ensino e aprendizagem*. (Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Metodologia das Ciências; Física). Universidade de Lisboa, 2000.

RICOEUR, Paul – *A metáfora viva*. Rés: Porto, 1983.

RICOEUR, Paul – *Teoria da interpretação: o discurso e o excesso de significado*. Lisboa: Edições 70, 1987. (Biblioteca de filosofia contemporânea; 2).

RODRÍQUEZ RIAL, Nel – *Curso de estética fenomenológica. 1- El hechizo del ser; los conceptos fundamentales del método fenomenológico*. A Coruña: Edicions do Castro, 2000. (Cadernos da área de Pensamento; 1. vol. 1) ISBN 84-7492-974-1.

RODRÍQUEZ RIAL, Nel – *Curso de estética fenomenológica; 2- Elogio del placer estético; Prolegómenos para una teoría fenomenológica de la experiencia estética*. A Coruña: Edicions do Castro, 2000. (Cadernos da área de Pensamento; 2. Vol. 2) ISBN 84-7492-987-3.

RORTY, Richard – *L'homme spéculaire*. Paris: Éditions du Seuil, 1990. (L'ordre philosophique). ISBN 2-02-012265-0.

SANTOS, A. M. Nunes dos (Coord.) – *Arte e tecnologia: compilação das comunicações apresentadas de 17 a 19 de dezembro de 1987 na sala polivalente do centro de arte moderna*. Lisboa: F.C.G. Serv. de Ciência e Serv. ACARTE, 1993. ISBN 972 9032-08-4

SCHATTSCHENEIDER, D.; EMMER, M. (eds.) – *M. C. Escher's legacy: a centennial celebration, Rome 1998*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2002. ISBN 3-540-42458-X.

SCOTT, Alwyn (ed.) – *Encyclopedia of nonlinear science*. New York; London: Routledge, 2005. ISBN 1-57958-385-7.

SERRES, Michael - *Hermes III*. Paris: La traduction, Minuit, 1974.

SERRES, Michael - *Le parasite*. Paris : Gasset, 1980.

SIMÕES, J. M. dos Santos; OLIVEIRA, Emílio Guerra de – *Azulejaria em Portugal no século XVII: Tomo I – Tipologia*. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.

SOUSA, Eudoro de – *Mitologia, história e mito*. Lisboa: Imp. Nac.-Casa da moeda, 2004. (Estudos Gerais. Série Universitária). ISBN 972-27-1287-X.

STEIN, Daniel L. (ed.) – *Lectures in the sciences of complexity: the proceedings of the 1988 complex systems summer school held June-July, 1988 in Santa Fe, New Mexico*. Redwood City; Menlo Park; Reading; New York; Don Mills; Wokingham; Amsterdam; Sydney; Singapore; Tokyo; Madrid; San Juan: Addison-Wesley Publishing company, 1989. (Santa Fe Institute studies in the sciences of complexity; vol. 1). ISBN 0-201-51015-4.

STERNBERG, Robert J. (ed.) – *Handbook of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press., 2003. ISBN 0-521-57604-0.

STEWART, Ian – *Deus joga aos dados?: a matemática do caos*. Lisboa: Gradiva, 1991.

WITTGENSTEIN, Ludwig - *Tratado lógico-filosófico*. Lisboa: F.C.G, 2002. (3.ed.). (Investigações filosóficas) ISBN 972-31-0383-4.

WOLFRAM, Stephen – *A new kind of science*. Champaign: Wolfram Media, 2002. ISBN 1-57955-008-8.

Publicações periódicas :

EINSTEIN, Carl – Gestalt and concept (excerpts). October Magazine. October 107 Berlin: Ltd and Massachusetts institute of technology Fannei & Wats-Verlag, winter 2004. p. 169-178.

INNERARITY, Daniel – *Pensar a ordem e a desordem: uma poética da exceção*. Nada. Nº 9. ISSN 1645-8338. Lisboa: UR, Mar. 2007. p. 5-17.

MENEZES, Marta – Retratos funcionais: visualizando o corpo invisível. Nada nº 4. ISSN 1645-8338. Lisboa: UR, Jan. 2005. p.96-101.

RAMOS, Mercês; RAMOS, Sousa – A matemática e a natureza: a forma e o ritmo. Educação e matemática. nº 64. Setembro/Outubro de 2001.

TAYLOR, Richard; MICOLICH, Adam P.; JONAS, David – Fractal analysis of Pollock's drip painting. Nature. vol. 399. (1999). p. 422

URBANO, João – Nada. nº1. ISSN 1645-8338. Lisboa: UR, Nov 2003.

URBANO, João – Editorial. Nada. nº 2 ISSN 1645-8338. Lisboa: UR, Março 2004.

Sites:

ARANTES, Priscila – Fronteiras líquidas: o artista construtor de espaços-afetos por Priscila. http://www.canalcontemporaneo.art.br/tecnopoliticas/archives/2005_11.html. 21-06-2007.

SOLAR, Myriam – Arte de la complejidad: aleatoriedad, fractalidad, caos. <http://www.mecad.org/e-journal/archivo/numero4/art3.htm>. 04-07-2007.

WAGENSBERG, Jorge – Las reglas del juego. <http://www.mecad.org/e-journal/archivo/numero4/art1.htm>. 04-07-2007.

WEIBEL, Peter – El mundo como interfaz. <http://www.elementos.buap.mx/num40/htm/23.htm>. 21-06-2007.

GIANNETTI, Cláudia – cg@artmetamedia.net. 11-08-2007

- O mundo de dentro e o mundo de fora. http://netart.incubadora.fapesp.br/portal/Members/vera_bighetti/textos/document.200. 21-06-2007.

www.symbiotica.uwa.edu.au. 03-07-2007.

Imagens do anexo I:

Figura 1; BOWLER, Peter J. – *The non-darwinian revolution. Reinterpreting a historical myth*. Baltimore ; London : The Johns Hopkins University Press, 1988. ISBN 0-8018-4367-7. p.89.

Figura 2; NICOLIS, Grégoire ; PRIGOGINE, Ylia – *Exploring complexity : an introduction*. New York : W. H. Freeman and company, 1989. ISBN 0-7167-1859-6. p.73.

Figura 3; PULLMAN, Bernard (ed.) – *The emergence of complexity in mathematics, physics, chemistry and biology. Proceedings: plenary sessions of the pontifical academy of sciences, 27-31 October 1992*. Princeton; New Jersey: Pontificia Academia scientiarum, 1996. (nº 89). ISBN 88-7761-055-7.

Figura 4; NICOLIS, Grégoire. Idem.

Figura 5; PULLMAN, Bernard. Idem.

Figura 6; BURRASTON, Dave – *Variety, pattern and isomorphism*. Creativity and cognition studios (CCS). University of Technology, Sydney. p.3.

Figura 7; NICOLIS, Grégoire. Idem.

Figura 8; NICOLIS, Grégoire ; PRIGOGINE, Ylia – *Exploring complexity : an introduction*. New York : W. H. Freeman and company, 1989. ISBN 0-7167-1859-6. p. 125.

Figura 14; GLEICK, James – *Caos: a construção de uma nova ciência*. Lisboa: Gradiva, 1989. (Ciência Aberta; 38). ISBN 972-662-144-5. p.137.

Figura 18; DENNET, Daniel C. – *Darwin's dangerous idea: evolution and the meaning of life*. New York: Touchstone, 1995. ISBN 0-684-80290-2. p.89,302.

Figura 19; BOWLER, Peter J. – *The non-darwinian revolution. Reinterpreting a historical myth.* Baltimore ; London : The Johns Hopkins University Press, 1988. ISBN 0-8018-4367-7. p.86.

Figura 20; LIMA-DE-FARIA, A. – *Evolution without selection: form and function by autoevolution.* Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier, 1988. ISBN 0-444-80963-5. p.97.

Figura 21; DENNET, Daniel C. Idem. p.258.

Figura 22 ; EHRENZWEIG, Anton – *El orden oculto del arte.* Barcelona: Editorial Labor, 1973. (Biblioteca universitaria labor; 27). p.55.