

## Aspectos dos mecanismos de controle e de explicação

António Machuco Rosa

É bem conhecida a importância que o conceito de controle possui do ponto de vista teórico e do ponto de vista prático. É igualmente claro como a elaboração desse conceito foi determinada pela constituição e posterior desenvolvimento da ciência moderna. Mas a origem e tematização do conceito de controle não se deveu apenas ao facto de a ciência, em especial a física, ter estado na base de um vasto conjunto de tecnologias que acabaram por se tornar omnipresentes. De um ponto de vista teórico, a física associou - pela primeira vez de modo rigoroso - o conceito de controle ao de previsibilidade total, conseguindo, pelo menos numa certa região da experiência, tornar operacional a aspiração fundamental de todos os processos de controle: a antecipação rigorosa dos comportamentos futuros. Foi assim que, partindo de certas funções matemáticas relativamente abstractas, a física mostrou ser possível proceder ao seu cálculo numérico através de uma técnica designada por prolongamento analítico, de um modo tal que, dadas certas condições iniciais de um certo sistema físico, seria possível calcular com precisão qualquer estado futuro do sistema<sup>1</sup>. Dito de outra forma, é possível ter uma representação *global* da evolução desse sistema que permite passar ao *local*, isto é, ao cálculo do estado do sistema em cada ponto da sua evolução. Nas suas formulações rigorosas, chama-se a essa situação o princípio de determinismo, o qual encerra efectivamente uma espécie de estado de onisciência: a estrutura local é deduzida *a priori* de uma estrutura global.

Essa possibilidade de deduzir qualquer comportamento local a partir de uma estrutura global foi de extrema importância histórica, e podemos afirmar que ela terá sido um dos factores que conduziu a uma associação entre previsibilidade e controle, associação que acabou por caracterizar a própria *racionalidade*. Mas outros factores conduziram ainda a essa associação, todos eles tendo sempre subjacente a existência de uma representação global de um processo ou sistema. Assim, tal como os físicos procuram substituir, sempre que possível, uma equação não linear pela sua aproximação linear, também o *design* de *tecnologias* sempre visou satisfazer esse princípio de linearidade. Matematicamente, o princípio de linearidade tem uma formulação (relativamente) rigorosa, mas aqui basta citar a sua ocorrência na concepção e controle de artefactos tecnológicos. Ele corresponde nesse caso ao princípio de *design modular*. Esse princípio, cuja consciência mais ou menos explícita já existiria pelo menos no século XIX, teve a importância bem conhecida na produção em massa de artefactos mecânicos, e

---

<sup>1</sup> A técnica do prolongamento analítico consiste em tomar a função geral de um sistema dinâmico e expandi-la em série de Taylor em torno de um ponto, onde o chamado desenvolvimento em série de Taylor tem a forma  $f(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + \dots + a_n t^n + \dots$ . É desse modo possível passar do domínio das funções gerais para o domínio das expressões numericamente calculáveis.

é igualmente bem conhecido que foi Henry Ford quem primeiro sistematicamente o colocou em prática:

*A maquinaria de hoje em dia, especialmente aquela que sai da fábrica e é utilizada na vida quotidiana, tem de ter as suas partes absolutamente intersubstituíveis, de forma a que elas possam ser reparadas pelo trabalhador não qualificado (H. Ford, *Moving Forward*, cit. in Giedion, 1948, p. 117).*

O *design* de uma máquina de modo a que as suas partes interajam o mínimo possível revelou-se a via racional permitindo o seu controle quase óptimo, com a consequência tecno-económica fundamental de permitir que a substituição de uma peça avariada ou com defeito pudesse ser feita sem obrigar a que todo o artefacto tivesse de ser reconstruído ou substituído.

A justo título, esse princípio de modularidade tornou-se efectivamente uma marca essencial da racionalidade deste século, e a sua omnipresença nos artefactos quotidianamente utilizados não nos deve fazer perder de vista que ele também orientou alguns quadros teóricos fundamentais. Por exemplo, o princípio de modularidade foi determinante na constituição da teoria da empresa (Cf. Machuco Rosa 1999). Mas foi também determinante na constituição das ciências cognitivas enquanto disciplina autónoma do saber. Segundo algumas teorias em neurociências, ele estaria realmente implementado no cérebro e, numa das obras de referências das ciências cognitivas, *Vision*, David Marr junta essas duas perspectivas:

*...sabemos que a análise da informação estereoscópica, tal como a análise do movimento, pode ser levada a cabo independentemente e na ausência de qualquer outra informação. Esses factos têm uma importância crucial por nos ajudarem a subdividir o nosso estudo da percepção em partes mais especializadas que podem ser tratadas separadamente. Chamarei a essas partes os módulos independentes da percepção (Marr, 1982, p. 10).*

Assim sendo, devemos colocar a modularidade como um princípio *a priori* para a estruturação de qualquer processo ou qualquer tecnologia:

*os cientistas da computação designam por módulos as partes separadas de um processo, e a ideia segundo a qual uma computação global pode ser dividida e implementada como uma colecção de partes, tão independentes umas das outras quanto a totalidade da tarefa permite, é tão importante que fui levado a atribuir-lhe o estatuto de um princípio: o princípio de design modular. Esse princípio é importante porque se um processo não é concebido dessa forma uma pequena mudança num parte pode ter consequências em diversas outras partes. Resulta daí que seria difícil reparar ou aperfeiçoar o processo como um todo (...), pois aperfeiçoar uma parte obrigaria a compensar essa mudança em diversas outras partes. O princípio do design modular não proíbe pequenas interações entre as partes, mas implica que a totalidade da organização deve ser, numa primeira aproximação, modular. (Idem, p.102)*

Na realidade, sempre existiu a ideia de uma certa analogia entre os processos cerebrais/cognitivos e a estrutura das tecnologias. Segundo Marr, isso sucederia também no caso dos computadores. As próprias linguagens que implementam algoritmos em computadores deverão estar estruturadas modularmente: um processo global deve ser dividido em partes que devem ser tão independentes e especializadas quanto possível. No entanto, e contrariamente ao que também parece ter sido a opinião de Marr, não é uma evidência que o princípio de modularidade seja obtido empiricamente; ele deve ser antes colocado como princípio *a priori* para o *design* de tecnologias, isto é, afirmado sem demasiadas elaborações filosóficas (Cf. Machuco Rosa, 2000), ele deve ser um postulado que condiciona a experiência possível do *design* de tecnologias.

Essa natureza *a priori* do princípio de modularidade torna-se clara se se notar que ele não determina apenas a estruturação morfológica do *design* de *software*, mas determina igualmente a concepção que se obtém a partir da própria estrutura do *hardware* de um computador digital. Dito de forma resumida, no desenho de circuitos digitais existem princípios *a priori* de *design*, exactamente os princípios *a priori* de decomposição modular e de centro coordenador, os quais se encontram associadas à *concepção* dos computadores em termos digitais. Essa concepção restringe os transístores dos circuitos a funcionarem como comutadores ON/OFF, *abstraindo* do seu comportamento analógico ou contínuo - o qual é o seu comportamento real. O circuito *deverá* comportar-se de acordo com certas funções descontínuas (ditas funções de saturação), e os únicos estados estáveis admissíveis são os estados ON ou OFF, que podem ser *interpretados* como sequências de 0 e 1, permitindo então o uso da lógica booliana enquanto teoria das competências do circuito - mas não enquanto teoria das suas *performances* intrínsecas. É portanto fundamental que a transição entre os dois estados não influencie o comportamento global do sistema, o que tem exactamente como condição a decomposição modular e a existência de um centro do sistema. No que respeita à decomposição modular, ela permite que os estados de transição entre os dois estados estáveis não se propaguem para lá do interior de um certo módulo, o que levanta por sua vez a questão da sincronização ou existência de uma fase comum entre os diversos módulos e entre os estados (ou ON ou OFF) dos transístores dentro de um mesmo módulo. Isso é conseguido pela imposição *a priori* de uma entidade global e *extrínseca* ao próprio sistema: o *relógio*, entidade central e *extrínseca* que determina a 'batida' sincronizada dos transístores (ou ON ou OFF) e que determina a frequência a que essa batida se dá.

O princípio de modularidade será pois um meio de atingir os objectivos fundamentais de previsibilidade e controle de tecnologias, partindo de uma representação global *a priori* do sistema e que na realidade cria as próprias características pertinentes que este possui porque abstrai da maioria das suas *performances* intrínsecas. Não se trata aqui de criticar essa concepção, mas antes salientar que ela envolve a intervenção de uma entidade central de controle que tem precisamente uma visão global da integridade do processo e que, em última análise é responsável, a um alto nível, pela coordenação dos diversos módulos operando independentemente. Não necessita ser uma entidade substancial (um Eu), visto poder ser um algoritmo de natureza global, o relógio de uma placa de *hardware* ou a Unidade Central de Processamento (CPU) de um computador digital. Na verdade, pode efectivamente também ser um Eu, visto parecer que atribuímos intuitivamente ao Eu um papel coordenador não apenas no sentido do

‘Eu, que estou no Centro’, mas também no sentido do Eu ser por excelência a entidade que ajusta meios a fins e assim architecta *planos* que marcam as nossas exigências de racionalidade, controle e previsibilidade. Voltaremos a analisar esse ponto na secção seguinte.

A referência à física moderna, a um certo tipo de *design* de tecnologias e à estrutura psicológica do Eu não visa explicar por si só o facto de em muitos domínios do saber e, fundamentalmente, em muitos aspectos da experiência humana e social, existir a tendência para imaginar que os fenómenos se desenrolam segundo um plano mais ou menos voluntário, mais ou menos detalhado, e que isso será uma forma superior de racionalidade. Quer esses factores expliquem ou não essa tendência, resta que eles contribuíram para a análise das organizações e dos sistemas em geral segundo as linhas de um plano global prévio.

A quase equivalência entre racionalidade, entidades centrais planificadoras e um tipo específico de controle caracterizou e continua a caracterizar de tal modo o imaginário das ideologias individuais e sociais que ela se tornou uma quase banalidade inquestionável. É como se ela fosse a única fonte de ordem. E contudo, é necessário que dela nos distanciemos, invertamos as perspectivas e vejamos até que ponto as explicações de natureza *evolutiva* apontam para outros princípios de génese da arquitectura dos sistemas. Assumir um ponto de vista evolutivo significa aqui, não uma qualquer referência à teoria da selecção natural das espécies biológicas, mas a importância em abandonar os mitos das explicações centradas e assumir como quadro metodológico explicativo que a grande maioria dos processos naturais e sociais, e mesmo tecnológicos, não são o produto antecipado de qualquer *design* explícito: tudo o que num primeiro momento existe são mecânicas locais que geram imprevisivelmente, do ponto de vista dessas acções locais, estados globais que em absoluto as transcendem. Cada agente, ou elemento de um sistema que supomos que virá a existir, apenas age localmente, a sua capacidade de antecipação das consequências futuras das suas acções é extremamente limitada, pelo que o resultado da totalidade das acções de cada um deles é completamente imprevisível. Esse resultado é um estado global que é consequência das múltiplas interacções não lineares dos agentes.

Veremos mais adiante um exemplo explícito e formal desses tipos de processos, mas gostaríamos de começar por sublinhar que na altura em que as soluções ‘racionalis’ de ‘planeamento’ eram propostas - no momento do apogeu da ‘idade mecânica’ -, existiram alguns autores que, num movimento contra a corrente de que só os grandes autores são capazes, salientaram o facto de a grande maioria das organizações e instituições sociais serem resultados imprevisíveis e não intencionais de um acumular de acções locais míopes. Os nomes que gostaríamos de referir aqui são Norbert Elias e Friedrich Hayek.

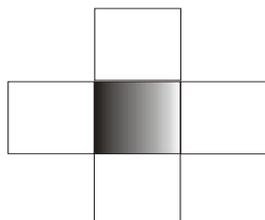
Começamos com N. Elias. Na sua obra magistral escrita em finais dos anos trinta, *O Processo Civilizacional* (Elias, 1939), Elias enfatizou a necessidade de assumir um ponto de vista evolutivo em sociologia, o que, uma vez mais, pouco tem a ver com a teoria da selecção natural, mas representa uma exigência metodológica de não colocar pontos arquimedianos inexplicáveis como pontos absolutos de explicação. Interiorizados pelas consciências, esses pontos tornam-

se naquilo que Elias designa noutras obras por *mitos*. Eles correspondem aproximadamente ao que por vezes se chama uma ‘ideologia’, mas que na realidade são construídas devido ao facto de a ‘causa’ das macro-estruturas sociais nos escapar completa e necessariamente, visto ela não estar presente em lado algum: ela encontra-se distribuída pela totalidade de uma rede composta por agentes apenas capazes de acções locais. Decorre daí que os indivíduos não podem intuir esse tipo de causalidade. Mas como os indivíduos não controlam, não conhecem, nem podem conhecer, as forças que efectivamente levaram à emergência da macro-estruturas, eles tendem a imaginar que a sua causa reside em certas entidades centrais e unitárias. Por que se dá essa reconstrução de uma causalidade imaginária? Parece-nos que isso se deve a que esse tipo de causalidade corresponde à causalidade totalmente inteligível, cuja ideia se origina nos poderes causais, e de controle, de um Eu. A formação de mitos decorreria então da restauração da causalidade inteligível pelo que, nessa medida, boa parte da origem do conceito de controle residiria nas estruturas de causalidade atribuídas ao Eu: o Eu como fonte da causalidade eficiente (mover um objecto) e da causalidade final (a sua capacidade em adequar meios a fins). Ora, esses mecanismos de causalidade podem de seguida ser transpostos para quadros metodológicos de investigação científica a que muitas vezes é difícil escapar. Um primeiro exemplo simples poderá tornar este último ponto mais claro.

Contrariamente a muita historiografia tradicional, N. Elias partiu do princípio que os Estados centralizados, na sua forma actual, não existiram desde sempre nem tiveram um começo absoluto (ao contrário do que a explicação mítica subrepticamente assume), mas sofreram um longo processo evolutivo que os trouxe à existência. Esse ponto de vista significou igualmente uma crítica antecipada de múltiplas correntes sociológicas, em especial uma crítica da teoria neo-realista das relações internacionais, segundo a qual o Estado é uma entidade não problemática que aparece como *dada* (Cf. Waltz, 1979, para a exposição clássica da teoria neo-neo-clássica das relações internacionais). Não havendo aqui espaço para seguir o raciocínio e a documentação de Elias, refira-se apenas que ele mostrou como, a partir de sucessivos combates entre senhores feudais, e a partir de um aumento das relações de interdependência entre as pessoas, se formaram organizações e instituições de alcance cada vez mais vasto que acabaram por acumular certos poderes fundamentais (monopólio da violência e da fiscalidade), e como assim, através de um processo histórico extremamente longo, se formou aquilo a que chamamos Estado. Vale a pena citar uma passagem capital do livro de Elias, onde ele tem em vista formação da ‘França’ e do ‘Estado francês’:

*Sem dúvida, os representantes da realeza francesa tinham, em virtude da sua posição mais central nas fases posteriores do movimento, intenções e raios de acção com maior alcance dentro do processo do que os pioneiros americanos, individualmente considerados. Mas também eles só viam clara e distintamente os passos imediatos e o pedaço de terra mais próximo que era necessário obterem, não fosse outro consegui-lo, não fosse um vizinho ou concorrente incómodo tornar-se mais forte do que eles. E se alguns acalentavam a ideia de um grande domínio régio, essa ideia era mais a sombra de formações monopolistas passadas, o reflexo da soberania carolíngia e Reino Franco Ocidental (...). Da interdependência de muitos interesses, planos e acções individuais resultou uma linha de evolução, uma tendência regular inerente ao conjunto de pessoas interdependentes, que nenhuma delas se tinha proposto como objectivo, e uma formação, um produto, que nenhuma delas tinha propriamente planeado: um estado chamado França (Elias, 1986, 2º Vol. p. 136)*

Portanto, o Estado *emergiu* a partir de uma miríade de acções locais: inicialmente combates entre senhores feudais. Tratava-se de uma situação em que todos os senhores se encontravam prisioneiros de uma mesma lógica: se cada um deles não tentasse conquistar um território vizinho corria o risco de ser conquistado, o que aumentaria o poder do conquistador e assim favoreceria a possibilidade de este se tornar cada vez mais poderoso através de ulteriores conquistas. A figura seguinte descreve esquematicamente essa situação.



**O senhor representado pelo quadrado do meio vê-se forçado a empreender a conquista de um vizinho, pois se não o fizer corre o risco de esse vizinho conquistar um outro e aumentar assim o seu poder, passando a ameaçar cada vez mais o do meio. Note-se que o quadrado sombreado poderia ser um qualquer, pois a situação é válida para qualquer um dos senhores, donde um estado de tensão.**

O resultado dessas sucessivas lutas conduz inevitavelmente à emergência de um número cada vez mais reduzido de senhores extremamente poderosos, até que, por várias outras razões que não é essencial mencionar aqui, surge progressivamente um único senhor extremamente poderoso que, a pouco e pouco, se vai tornar o 'Rei' e figurar o 'Estado Central'. Esse 'Estado Central' ele próprio é um produto da guerra e o reforço do seu poder decorre do ciclo guerra → impostos → guerra: o Estado moderno com *todas* as suas funções é uma consequência mais ou menos indirecta da guerra e da necessidade de lançar impostos e dívida 'pública' a fim de a financiar (Mann, 1986, Tilly, 1992). A análise a larga escala do processo de formação do Estado moderno mostra pois como sucessivas guerras feudais - e, posteriormente, sucessivas guerras entre os Reis - geraram imprevisivelmente e não intencionalmente uma situação global tendencialmente estável: o Estado enquanto detentor do monopólio da força e da fiscalidade.

Norbert Elias designava por *figurações* essas macro-estruturas globais produto de acções locais míopes. Elas são imprevisíveis do ponto de vista das acções locais, e apenas a reconstrução teórica das suas consequências - ou então a sua retroacção sobre o comportamento dos agentes - permite ver qual o estado global a que dão origem. Note-se ainda que, no exemplo da formação do Estado, o mito consiste em supor-se que ele sempre existiu enquanto foco explicativo de muitos processos subsequentes. Como referimos, trata-se de uma assunção que subrepticamente surge como ponto de apoio explicativo em muita da historiografia e sociologia tradicional.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Ainda recentemente, foi necessária a obra de José Mattoso (Mattoso, 1987) para que, na historiografia sobre Portugal, se colocassem em questão certos mitos explicativos acerca da formação de Portugal, tais como assumir que D. Afonso Henriques era um 'Rei' no sentido moderno da palavra ou que ele foi movido por um desejo explícito de fundar uma 'Nação' diferente das outras 'Nações' da Península Ibérica.

Na mesma década, e embora sem ser tão rigoroso acerca da sua natureza, um outro sociólogo e economista designava por ‘instituições de formação espontânea’ algumas das figurações que resultam das acções locais míopes. Trata-se de F. Hayek, para quem a maior parte das instituições humanas dependeriam desse tipo de causalidade, com o economista austríaco a denunciar constantemente o que chamava a ‘filosofia construtivista’ de origem cartesiana (Hayek, 1971, p. 9). Segundo essa filosofia construtivista, é como se todas as organizações e instituições tivessem sido o produto de um *design a priori* explícito; é como se ‘todos os factos pudessem estar concentrados numa só mente’ (Idem, p. 14), pelo que ‘tudo teria de obedecer a um único plano coerente (...), produto de uma razão consciente individual’ (Hayek, 1946, p. 25), e ‘que tudo conhece’ (Idem, p. 45). Trata-se de uma ‘tendência antropomórfica’ [de facto!] (Hayek, 1971, p. 21), a tendência para tudo vermos em termos de “um plano que emana de ‘um centro’”. Só que é uma tendência redutora, pois, citando Alain Ferguson, ‘existem fenómenos que resultam da acção humana mas não do *design* humano’ (1971, p. 20); existem instituições de ‘formação espontânea’ (Idem, p. 22).

O livre-mercado seria o exemplo de uma instituição de formação espontânea. Mas a obra de Hayek consiste em boa parte na análise de um mito que se encontra na base da teoria económica dominante dos mercados, a chamada teoria neoclássica da formação dos preços. Segundo essa teoria, cujas origens podemos fazer remontar a L. Walras (Walras, 1874), a economia tende para um regime de equilíbrio único em que a totalidade do excesso da procura (considerada em *todos* os bens e em *todos* os mercados) sobre a oferta será igual a zero. No entanto, como Hayek muitas vezes salientou (Hayek, 1946), a questão reside em saber como é atingido o próprio estado de equilíbrio. Esse problema poderia ser resolvido se todos os seus dados (os valores de cada bem em cada mercado) fossem ‘conhecidos por uma única mente’ (Hayek, 1946, p. 91). Na verdade foi uma solução desse tipo que Walras propôs através da ficção do *leiloeiro (commissaire-priseur)*. Trata-se uma espécie de ser onisciente que, tendo uma visão de todos os bens em todos os mercados, procede do seguinte modo: ajusta sistematicamente os preços fazendo aumentar aqueles onde existe um excesso da procura (o que de seguida os faz diminuir) e fazendo diminuir aqueles onde existe um excesso da oferta (o que de seguida os faz aumentar). Esse processo pode ser formalizado num sistema de equações diferenciais (cf. Kehoe, 1987), e assim o leiloeiro é identificado com a função matemática que permite atingir o estado de equilíbrio - uma situação perfeitamente análoga à que descrevemos a propósito da física clássica. E tal como aí sucede, calcular uma função significa precisamente calcular o seu algoritmo de convergência para o equilíbrio (no caso de este existir). Logo, *o leiloeiro é um algoritmo* que pode ser visto como um algoritmo de *controle* impedindo a existência de dinâmicas complexas. O leiloeiro é exactamente uma fonte, ‘a mente única na qual todo o conhecimento está concentrado e que garante a existência de uma solução única [para o sistema de equações dos bens]’ (Hayek, 1937, p. 93). De modo literal, o leiloeiro *formaliza* a necessidade da intervenção de um *mito* na constituição da economia como disciplina rigorosa. No entanto, é importante ver que essa entidade causal intervém na exacta medida em que as interacções reais entre os agentes económicos são negligenciadas, isto é, em que não se considera a economia como um sistema complexo (cf. Arthur, Durlauf & Lane, 1997, para uma

panorâmica dos modelos da economia enquanto sistema complexo). É o tipo de causalidade que resulta da introdução de interações que devemos ver em seguida.

∴

Procurando dispensar a intervenção de mitos metodologicamente explicativos fundados numa espécie de Eu, Hayek e Elias encaravam os processos sociais como sistemas de interações não lineares que geram imprevisivelmente certos estados globais. No entanto, apenas a partir de certos dados matemáticos fundamentais foi possível investigar recentemente essa intuição de modo sistemático. Não sendo possível desenvolver aqui o tema, limitamo-nos a dar um exemplo que mostra a filosofia geral presente na origem *acentrada* dos processos sociais. Esse exemplo é o modelo de Schelling (Schelling, 1971) sobre os mecanismos da segregação racial. É um exemplo com fins ilustrativos que não pretende ser uma verdadeira teoria acerca dos mecanismos reais de segregação. O modelo consiste numa rede composta por autómatos ou agentes que podem assumir dois estados correspondendo à sua 'raça' ou cor: cada um deles ou é V (vermelho) ou A (amarelo). O comportamento de cada agente é local, o que significa que cada um recebe a influência e influencia oito agentes vizinhos. Essa 'influência' pode ser entendida como uma 'incitação ao movimento', isto é, cada agente possui 'movimento' e desloca-se (ou não) da sua posição para uma outra em função da proporção de indivíduos da sua cor que se encontram no seu raio de vizinhança. Podemos estipular o valor de 37% de número de agentes vizinhos como a condição de preferência que leva, ou não, um agente a mover-se. Mais especificamente, o algoritmo que concretiza o modelo de Schelling pode ser assim enunciado:

- Cada indivíduo calcula o número de vizinhos da sua cor.
- Se esse número é superior a 37% (se menos de 37% dos seus vizinhos são da sua cor, isto é, se mais de 63% são de cor oposta), ele move-se para um outro local (o mais próximo ou um qualquer outro aleatoriamente escolhido) que satisfaça esa condição de preferência; caso contrário, permanece no mesmo sítio.

E é tudo. Trata-se efectivamente um algoritmo particularmente simples. No trabalho inicial de Thomas Schelling, o modelo era simulado partindo de uma distribuição inicial completamente integrada das duas 'raças' - um estado inicial de equilíbrio -, e de seguida era perturbado removendo um certo número de agentes (algumas casas ficam vazias). A perturbação tem como efeito deixar alguns agentes com um número de vizinhos inferior à sua condição de preferência, o que os leva a moverem-se, o que, por sua vez, vai implicar que outros agentes tenham um número 'intolerável' de vizinhos e se movam, e assim sucessivamente num efeito em cascata. Mais em geral, pode partir-se de uma disposição inicial aleatória de agentes. Em ambos os tipos de condições iniciais, o resultado final das iterações do algoritmo acima enunciado conduz a um estado final de completa ou quase completa segregação: existem regiões apenas ocupadas por V's separadas por regiões apenas ocupadas por A's.

Igualmente importante é o modelo ser analiticamente intratável, o que significa ser impossível 'integrar' as suas equações do movimento, ou seja, é

impossível a dedução explícita e a antecipação dos comportamentos complexos que a regra de movimento gera. A única forma de conhecer algumas das suas propriedades é através da sua simulação ou *execução*, observando a iteração da acção *local* da regra. As simulações computacionais mostram claramente que o estado de completa integração corresponde a um ponto fixo instável, enquanto o estado final de segregação corresponde a um ponto fixo estável<sup>3</sup>. Portanto, a partir de um estado aleatório inicial, um padrão ou ordem global emerge, sem que, repita-se, ele possa ser analiticamente deduzido: dinâmicas internas completamente deterministas geram incompreensivelmente estados globais compreensíveis.

O modelo de Schelling é um modelo local e acentrado. A sua simulação permite ver que o estado de completa segregação é um efeito *não intencional* de qualquer um dos agentes: cada um *apenas* exige que pelo menos 37% dos seus vizinhos sejam da sua ‘raça’, e no entanto esse limiar de relativa integração vai necessariamente implicar o estado global, irrepresentável e localmente não intencional, de segregação completa! Do ponto de vista do modelo, temos regras simples que podem gerar dinâmicas individuais complexas, dinâmicas cujos detalhes do estado final não podem ser antecipados a partir da inspecção das regras do algoritmo. Passando à ‘realidade’<sup>4</sup>, é essa impossibilidade de antecipação e de compressão num modelo analítico que parece caracterizar as *estruturas sociais acentradas*. São estruturas em que cada indivíduo apenas tem um campo de acção ou influência local, podendo contudo contribuir não intencionalmente para um ‘comportamento’ global que se desenrola a uma escala espacial e temporal maior e mais lenta que a escala das acções locais, e sem que a passagem de uma escala a outra possa ser comprimida num modelo analítico. Noutros termos, cada indivíduo produz uma realidade que a todos transcende, pelo que nenhum pode prever a integridade das consequências das suas acções. Utilizando a linguagem do filósofo Leibniz, dir-se-ia não ser possível deduzir a totalidade das consequências da acção de cada mónada, sendo-se levado à ideia de que *muitas estruturas sociais (e tecnológicas) não são o produto de qualquer design explícito e podem não ser comprimíveis num modelo analítico que a priori as antecipe*. O seu controle é bastante mais reduzido que nas instituições e tecnologias funcionando segundo princípios de *design* bastante constringentes.

---

<sup>3</sup> Intuitivamente, um ponto fixo de um sistema é o estado final invariante para onde os estados dos elementos desse sistema convergem. Num exemplo simples, um pêndulo sujeito à fricção acaba por convergir para o ponto fixo representado pela posição na vertical do seu fio de suspensão. No modelo de Schelling, é o estado final que não se altera mais por iteração do seu algoritmo. Formalmente, o ponto fixo de uma transformação  $T$  é um ponto,  $x$ , tal que  $T(x) = x$ .

<sup>4</sup> Não se entra aqui numa discussão acerca da plausibilidade empírica do modelo de Schelling. Faz-se apenas notar que o modelo é estável para qualquer condição inicial e para um largo espectro de valores do parâmetro, o que indicaria que o modelo de Schelling real (determinação empírica dos valores do parâmetro) é um submodelo do modelo geral. Isso não prova obviamente que o modelo de Schelling dê completamente conta dos processos de segregação; prova-se contudo que o modelo é uma condição *suficiente* desses processos.

Traçámos nas suas linhas gerais um paradigma de investigação que, independentemente dos seus antecedentes históricos, apenas nos últimos anos se tem vindo a impor como um quadro metodológico em disciplinas tão diversas como as ciências cognitivas, a economia ou a sociologia.

Sendo particularmente adaptado à compreensão dos processos historicamente evolutivos, mostraremos ser possível analisar à sua luz a evolução e a estrutura dinâmica da rede de computadores Internet. Não se trata aqui de proceder a uma simples transposição mais ou menos metafórica de conceitos para domínios diferentes da experiência, mas antes a constatação ao vivo de um tipo de tecnologia funcionando de modo acentrado, movida por um desenvolvimento imprevisível, construindo-se a partir de uma miríade de actos locais e que, no entanto, e num sentido preciso, faz emergir estruturas globais. Parece-nos que isso pode ser visto de duas formas. Em primeiro lugar, a partir do desenvolvimento histórico das redes de computadores. Em segundo lugar, a partir da evolução dinâmica da WORLD WIDE WEB.

Comecemos pela evolução histórica da Internet. Contrariamente à versão ‘oficiosa’ acerca dos motivos que levaram a implementar a primeira rede de computadores, e segundo a qual a construção da uma rede de computadores se prenderia com a necessidade de construir uma rede de comunicações distribuída e redundante que sobrevivesse a um ataque nuclear Soviético, as origens da Internet situam-se nas investigações que, a partir do início dos anos sessenta, foram desenvolvidos na agência norte-americana ligada ao sector da defesa, agência precisamente chamada ARPA. Essas investigações foram largamente influenciadas por J. Licklider (1915-1990), ele próprio bastante influenciado pelo movimento cibernético e em particular por Norbert Wiener. Neste, Licklider encontrou a inspiração para um projecto comunicativo de natureza mundial no qual os indivíduos fossem eles próprios comunicativamente activos, e assim antecipando alguns dos discursos que acompanharam a popularização, nesta década, da Internet (Cf. Machuco Rosa, 1998)

Contudo, se analisarmos com detalhe as motivações dos pioneiros da rede constata-se que elas estavam poucos associadas a receios de ataques nucleares ou a um ideal comunicativo que as redes de computadores permitiriam finalmente implementar. O motivo foi bem mais simples, e consistiu pura e simplesmente em *poupar dinheiro*. De facto, deve recordar-se o preço extremamente elevado das ‘máquinas de processamento de informação’ no início da década de sessenta, o que, entre outras coisas, obrigava a partilha de uma mesma máquina em regime de *time-sharing*. Esse regime permitia o acesso simultâneo à máquina por diversos utilizadores, mas ao mesmo tempo colocava problemas ao nível da coordenação das tarefas realizadas por cada um deles. Ora, Licklider via nesses problemas técnicos uma grande possibilidade: sendo necessária alguma *standardização*, ele terá tido a ideia de ‘operação integrada em rede’ (Cf. Hafner, 1996). Os pioneiros da rede confirmam plenamente essa genealogia da Internet:

*Uma motivação inicial essencial quer para a ARPANET quer para a Internet era a partilha de recursos - por exemplo, permitindo utilizadores das redes de pacotes por rádio aceder aos sistemas de partilha de tempo ligados à ARPANET. (Leiner, Cerf & al, 1997)*

E não deixa de ser curioso referir que essa função das redes de computadores é hoje em dia completamente minoritária, sendo sobretudo representada pelas redes TELNET. Mais em geral, começamos a verificar que, tal como outras tecnologias e, sobretudo, como outros processos sociais, as redes de computadores *foram evoluindo de modo 'míope', imprevisível, emergindo a partir de efeitos laterais de forma oportunística.*

Exemplifiquemos com maior detalhe essa ideia no que diz respeito à Internet. Desde logo, e em traços gerais, seguramente não era antecipável que algo criado para poupar dinheiro se viria a tornar na proliferação das formas de comunicar que caracterizam a actual Internet - entre as quais, repita-se, o modo TELNET é um modo largamente minoritário. Mais especificamente, a primeira rede de computadores, a Arpanet começa a ser implementada em 1969 para permitir a computação distribuída. No início dos anos setenta começam a surgir as *Local Area Networks*, começando pela *Ethernet*. Ora, dando de novo a palavra aos pioneiros, 'embora a *Ethernet* estivesse nessa altura a ser desenvolvida na Xerox, a proliferação de LAN's não era prevista por ninguém, muito menos os PC's e as estações de trabalho.' (Leiner, Cerf & al, 1997). Se o surgimento dos PC's não era antecipável, muito menos o era a ideia de ligar entre si dois PC's através de um *modem* ligado às linhas telefónicas existentes. A história da invenção de protocolos permitindo ligar dois PC's é ela própria interessante. O protocolo XModem foi inventado em 1978 por W. Christensen e R. Suess, e o objectivo era tão somente permitir a transferência de programas entre os seus dois PC's. Mas uma nova possibilidade se abriu, e rapidamente multiplicaram-se as ligações entre PC's, originando as BBS's (*Bulletin Board Services*). Surgiram então espontaneamente novas comunidades de comunicação (Rheingold, 1996), comunidades que 'parasitavam' as linhas telefónicas existentes, que não estavam sujeitas a qualquer regulamentação exterior e que rapidamente evoluíram para mecanismos de auto-regulação.

É importante sublinhar que não são apenas as diversas formas de comunicar por computador que tiveram um desenvolvimento imprevisível. Aquilo que se designa por ‘Internet’ é ela própria uma entidade dinâmica que esteve em permanente desenvolvimento espontâneo, não regulamentado, e sem obedecer a qualquer plano central prévio. Com efeito, a Internet ‘não existe’, no sentido em que ela não é senão o conjunto das miríades de subredes de computadores que foram espontânea e independentemente surgindo e que, progressivamente se foram conectando entre si através de protocolos comuns. A Internet reflecte uma ‘visão’, uma visão de uma arquitectura acentrada, polimórfica, aberta e em constante expansão. Essa visão foi proposta em 1972 por Robert Kahn e é admiravelmente sintetizada por alguns dos pioneiros da Internet:

*A Internet baseou-se na ideia segundo a qual existiriam muitas redes independentes com design bastante arbitrário, começando com a ARPANET como a rede de comutação de pacotes pioneira, mas que em breve deveria incluir redes de satélites, redes de rádio baseadas em terra e outras redes. A Internet tal como hoje a conhecemos implementa uma ideia técnica chave: uma arquitectura aberta de redes. Segundo esta concepção, a escolha de uma tecnologia específica de rede não seria ditada pela arquitectura da rede mas poderia antes ser livremente escolhida por um fornecedor, e de seguida essa rede ligar-se-ia se-ia em rede a outras redes através do meta-nível ‘Arquitectura de inter-redes’. (Leiner & Cerf, 1997)*

Voltando de novo atrás no tempo, seguramente que um dos mais importantes efeitos laterais da ideia de computação distribuída foi a ideia de enviar texto escrito de um computador para outro, uma ideia que certamente não tinha em vista criar um método de enviar correio por via electrónica; e no entanto foi isso mesmo que foi criado. Finalmente, muito menos se anteciparia a WORLD WIDE WEB com todas as possibilidades assim abertas.

∴

Talvez seja um pouco metafórico caracterizar a Internet como um estado ‘global’ emergindo imprevisivelmente a partir de múltiplas acções. Trata-se contudo de uma metáfora que adquire sentido literal se analisarmos a formação e estrutura dinâmica dessa rede específica que é a WORLD WIDE WEB. Criada em 1990, a WWW utiliza a *hypertext markup language* (HTML). Isso indica o facto bem conhecido de a característica fundamental da WWW consistir na implementação de uma estrutura em *hipertexto*. A melhor forma de o visualizar consiste em vê-lo como uma rede composta de nós conectados por ligações. Esses nós são, no essencial, as *home-pages* correspondentes a inúmeros *sites* da Internet. Cada *home-page* pode possuir múltiplas ligações, que reenviam a outras *home-pages* ou a outras páginas dentro do mesmo *site*, pelo que basta a um indivíduo premir o rato sobre um desses nós para passar a uma outra *home page*, onde encontrará outros nós que reenviarão a outras *home pages* e assim sucessivamente num processo que pode ser largamente imprevisível - pois um indivíduo pode não antecipar a que *site* vai ter a uma distância de dois cliques no rato.

De forma ainda mais clara que em outras redes da Internet, a WWW não é uma estrutura implementada segundo um plano previamente detalhado. Pelo contrário, a WWW é um processo em permanente crescimento onde os detalhes específicos da estrutura da rede num determinado momento não permitem antecipar os detalhes futuros. Quer com isso significar-se que a evolução da rede depende em larga medida desse processo puramente local que consiste na criação de uma *home-page* e, sobretudo, das ligações (*links*) que se decide introduzir em cada *home-page*. Ora, tal como sucede em qualquer processo acentrado, podemos afirmar que a rede é um estado global (em permanente mutação) resultante de miríades de interações locais. Ao determinar uma ligação, um indivíduo está a formar um caminho para uma vizinhança, vizinhança não definida no sentido territorial do termo, mas vizinhança definida no grafo que *nesse momento se está formando*. Este processo é executado por muitos outros indivíduos e o resultado é um caminho global em que se formam caminhos entre *home-pages* que não estão conectadas directamente entre si. Com efeito, suponhamos que a *home-page* A tem uma ligação que reenvia para uma *home-page* B, e vice-versa. Suponhamos uma *home-page* E com uma ligação para uma *home-page* D, e vice-versa. Estabelece-se uma relação conexa se uma *home-page* C é atingida por uma ligação a partir de D e tem uma ligação para B. Dessa forma, A e E, mesmo ignorando-se, estão conectados, e um indivíduo que comece um trajecto em A pode acabar em E. O que existe são pois as ligações locais, mas o que emerge é uma entidade global: um *caminho*. Contudo, esse caminho é uma consequência não intencional dos actos locais de criação de vizinhanças, visto o caminho global ser a *priori* irrepresentável aquando da criação de uma ligação. Este processo permite aumentar progressivamente a conectividade da rede, com a formação de grafos conexos, isto é, subconjuntos do conjunto total de nós, e onde é possível atingir um nó a partir de qualquer outro. Parece pois não ser excessivo afirmar que certas entidades globais, directas, ‘centradas’, são o resultado de um processo evolutivo acentrado. Um exemplo pode ser um *bookmark* (‘favorito’). Um *bookmark* permite-me ir directamente a um endereço que eu previamente poderei ter visitado. Mas eu posso tê-lo visitado segundo um percurso que não tinha antecipado e que tinha sido formado pelo processo, acima descrito, de criação local de ligações; nesse sentido, um *bookmark* (o mesmo argumento valeria para as listagens de *sites* dedicados a certos temas) é uma entidade global que pode ocultar um processo histórico de evolução local.

Podemos ainda ser mais precisos no que respeita à dialéctica local/global na WWW, mostrando, em primeiro lugar, que os actos locais de criação de ligações (*links*) fazem emergir não intencionalmente regularidades globais e, em segundo lugar, que existem métodos que permitem extrair informação contida nessa regularidades.

A demonstração do primeiro ponto baseia-se na estrutura topológica subjacente à WWW.: uma estrutura em grafo com nós unidos por arestas ou caminhos. Sob esse ponto de vista, a teoria da WWW é a teoria matemática dos grafos aleatórios, tal como foi ela definida por P. Erdos nos anos sessenta (Cf. Bollabás, 1985). Nessa teoria, parte-se de um certo número de nós que vão sendo progressivamente ligados por arestas. No caso da WWW, os nós correspondem a páginas *web* (ou a um *site*) e as arestas a ligações que apontam de página para página. No entanto, visto partir de um conjunto fixo de nós, a teoria de Erdos tem de ser modificada para poder ser aplicada a uma rede como a

WWW, na qual novos nós estão constantemente a surgir. Além disso, a teoria de Erdos é uma teoria dos grafos *aleatórios*, pelo que a probabilidade de quaisquer dois nós se encontram conectados é *a priori* a mesma, o que contradiz um facto que parece verificar-se na WWW: *nós para o quais existe um grande número de ligações tendem a receber adicionalmente mais ligações*.

Foi essa dupla modificação na teoria de Erdos que foi proposta por A. Barabási e colaboradores (Barabási, Albert e Jeong, 1999). A sua aplicação à WWW demonstra existência de uma regularidade global na rede expressa por aquilo que se designa por *lei independente de escala*. Essa lei significa que, em qualquer grafo, a probabilidade  $P(k)$  de um nó estar a conectado a  $k$  outros nós decresce segundo uma razão constante dada por um expoente  $\lambda$  :  $P(k) \sim k^{-\lambda}$ . No caso da WWW, essa lei significa que a probabilidade de  $k$  páginas *web* apontarem para uma certa página *web* segue uma razão constante. É de seguida possível usar robots que iterativamente registam todas as URL's e mostrar que  $\lambda = 2.1$  (Barabási e *al*, Idem); logo, se uma página é apontada por  $k$  ligações, duas páginas serão apontadas por  $k^{-2.1}$  ligações, 3 páginas por  $k^{-2.1}$  ligações, etc.. Trata-se de uma regularidade global que emerge numa escala completamente diferente dos actos locais e individuais de criação de ligações na WWW: a rede *auto-organiza-se criticamente* sem que os indivíduos tenham ou possam ter qualquer consciência da sua contribuição para esse estado de auto-organização.<sup>5</sup> Trata-se contudo de um estado que pode emergir através de um mecanismo simples que funciona por retroacção positiva: quanto mais ligações apontam para um *site* possui maior é a probabilidade da sua densidade de conexões aumentar, com a aquisição de novas ligações a crescer proporcionalmente por relação ao número de ligações que o *site* já possui (Cf. Adamic e Huberman, 1999).

O segundo aspecto que põe em destaque a dialéctica local/global na WWW respeita à possibilidade de usar a conectividade topológica da rede para localizar informação relevante para o utilizador. Na descrição anterior já vimos que, com o aumento de densidade da rede, existem nós que são atingidos a partir de um número maior de outros nós, bem como existem nós que apontam para um número superior de outros nós. Ora, curiosamente, esse facto parece ter sido ignorado pelos motores tradicionais de localização de informação (AltaVista, Lycos, etc.). Independentemente do facto de esses motores de não divulgarem, por razões comerciais, os detalhes dos métodos de pesquisa que utilizam, é aproximadamente correcto afirmar que eles se baseiam numa pesquisa sistemática pelas páginas *Web* da ocorrência de uma certa palavra ou frase que o utilizador introduz para obter informação acerca de um certo assunto, produzindo então uma lista dos *sites* eventualmente mais relevantes. Sendo certo que qualquer utilizador sabe por experiência quão irrelevantes e confusos são por vezes os resultados assim obtidos, importa sublinhar que um tal método de pesquisa nada tem a ver com a própria estrutura em *link* da WWW. Ora, recentemente começaram a ser propostos métodos de pesquisa baseados nessa estrutura.

Um desses métodos, *Page-Rank*, foi desenvolvido por Sergey Brin and Lawrence Page (Brin & Page, 1998,) e culminou com a implementação do

---

<sup>5</sup> O conceito de auto-organização crítica foi elaborado por Per Bak e tornou-se um verdadeiro quadro transdisciplinar para o estudo dos sistemas complexos. Um exposição da teoria e algumas das suas aplicações pode encontrar-se em (Bak, 1996).

motor de pesquisa Google (www.google.com). Como Brin e Page referem “*Page-Rank* pode ser pensado com um modelo do comportamento do utilizador. Assumimos que existe um ‘indivíduo que navega aleatoriamente’, ao qual é apresentada uma página *web* aleatória, e vai clicando nas ligações sem nunca clicar no botão ‘Retrocede’ até que eventualmente se aborrece e recomeça numa qualquer outra página aleatória”. Portanto, trata-se de construir um método que seja um modelo do comportamento real do utilizador, comportamento esse que, naturalmente, é ele próprio determinado pela estrutura em hipertexto da WWW. É um projecto que já conduziu a resultados práticos significativos mas que pode ser radicalizado por um outro método que, em nossa opinião, e independentemente da sua eficácia prática, coloca questões conceptuais mais interessantes. Essa radicalização foi levada a cabo por Jon Kleinberg (Kleinberg, 1998) com o método HITS (*Hyperlink-Induced Topic Search*), o qual consiste efectivamente num método que permite extrair uma informação global a partir de actos locais.

Tal como sucede em certas citações bibliográficas, o método HITS baseia-se no conceito de *autoridade*. Por exemplo, ‘Sun’ é uma autoridade para ‘Java’, tal como como ‘Santafe’ é uma autoridade para ‘sistemas complexos’. Por outro lado, sucede frequentemente que os motores de pesquisa tradicionais não fornecem no início das suas listagens as verdadeiras autoridades de um certo domínio. Como evitar a deficiência desse tipo de informação? No método HITS, uma autoridade não é designada, mas sim feita emergir. Isso consegue-se introduzindo o conceito de *apontador (hub)*, e a ideia de base é que um bom apontador aponta (tem ligações) para várias boas autoridade e uma boa autoridade é apontada (tem ligações provenientes de) por vários bons apontadores. É um processo recursivo que funciona por retroacção positiva, em que as relações entre apontadores e autoridades se vão mutuamente reforçando, e onde é claro que a dinâmica do sistema se baseia essencialmente em apontadores relativamente pouco conhecidos - podem não existir muitas ligações que apontem na sua direcção - e nos actos locais que eles levam a cabo.<sup>6</sup> Em geral, como Gibson e Kleinberg (Gibson e Kleinberg, 1998) escrevem, ‘a nossa experiência com HITS mostra que as comunidades de autoridades e apontadores são uma consequência recorrente da forma como os criadores de páginas na WWW se ligam uns aos outros no contexto de tópicos de interesse largamente partilhados’ O método HITS assenta integralmente em acções locais que de forma não intencional estão criando autoridades e *comunidades* (ligações intensas entre autoridades e apontadores), mas, fundamental, sem que isso envolva qualquer importância subjectiva que um apontador atribua a alguém que

---

<sup>6</sup> De forma um pouco mais específica, HITS funciona do seguinte modo:

(i) Introduce-se uma pesquisa de um certo tema num motor de pesquisa tradicional. Um número suficientemente grande páginas resultado dessa pesquisa forma a raiz da pesquisa de HITS. Esse conjunto é de seguida expandido adicionando todas as páginas que apontam, ou que são apontadas, para qualquer página do conjunto inicial.

(ii) Cada página  $p$  possui um peso apontador  $h(p)$  e um peso de autoridade  $a(p)$ .  $P \rightarrow Q$  significa que a página  $p$  tem uma ligação para a página  $q$ . O algoritmo de base de HITS consiste então na iteração dos pesos de  $h$  e  $a$  segundo a seguinte relação:

$$a(p) = \sum_{q \rightarrow p} h(q)$$

$$h(p) = \sum_{p \rightarrow q} a(q)$$

ele entende ser uma ‘autoridade’. As autoridades emergem, não são designadas enquanto tal por qualquer indivíduo. Trata-se pois de um método que se baseia na própria estrutura dinâmica em hipertexto da rede e que visa ser um modelo dos estado global que o comportamento real dos indivíduos que interagem na WWW faz emergir.

Na medida em que o método HITS fornece resultados que em geral são melhores que os dos motores de pesquisa tradicionais (isto é, referencia em primeiro lugar as boas autoridades), pode-se afirmar de novo que ele extrai o estado global da rede para que os actos locais estão não intencionalmente contribuindo. Essa afirmação não envolve qualquer metáfora, antes é absolutamente precisa. Rigorosamente, um estado global pode ser matematicamente caracterizado por um ponto fixo de uma dinâmica. No caso da lei de escalamento acima apresentada, trata-se de um ‘quase’ ponto fixo, no sentido em que ele é representado pelo factor de escalamento que dá a razão constante entre o número de páginas e as ligações entre elas: não é propriamente um ponto fixo *estável*. Já no interior do método HITS, e *provavelmente porque a WWW se encontra auto-organizada criticamente*, é possível provar que uma autoridade é um ponto fixo *estável* da iteração do algoritmo de HITS; mais exactamente, essa iteração converge para um conjunto de pesos estáveis de autoridades e apontadores. Naturalmente que um leitor com formação matemática suficiente compreenderá intuitivamente que essa convergência apenas está assegurada na condição de existir uma densidade suficiente de ligações entre as *home-pages*, caso contrário o método não fornecerá resultado relevantes.

Como quer que seja, HITS é talvez o primeiro grande exemplo de um modelo da WWW que extrai e classifica informação com base no comportamento dos criadores de páginas *Web* e que permite mostrar, uma vez mais, como actos locais estão contribuindo na Internet para um estado global estável, naturalmente sem que disso eles tenham consciência ou controle. Como sempre sucede com este tipo de processos, a emergência começa por ser extrínseca aos agentes<sup>7</sup>. Na emergência extrínseca o controle das consequências das acções individuais é quase nulo, pois o estado global é irrepresentável por qualquer indivíduo. Ele apenas pode ser captado por uma entidade (um observador) exterior ao sistema. No caso das Comunidades da WWW, essa entidade é precisamente o sistema HITS. Contudo, a emergência extrínseca pode tornar-se intrínseca quando os próprios indivíduos são determinados pelo estado global a que passam a ter acesso. Isso é típico nos processos de retroacção positiva, pois um indivíduo que encontra muitas ligações para um mesmo *site* poderá ir a esse *site* e criar ele próprio um ligação, o que constituirá um reforço para que um *próximo* indivíduo reconheça esse *site* como uma autoridade. Na formulação de Elias, surge assim uma figuração. Mas como sucede com todas as outras figurações, é possível que surja um momento em que os indivíduos ‘esquecem’ completamente a gênese histórica e evolutiva dessa figuração e a convertem num mito, numa Autoridade que ‘assim foi instituída’ por uma vontade explícita, reinstalando imaginariamente um mecanismo de controle onde não existia qualquer controle.

---

Portanto, o algoritmo substitui  $a(p)$  por todas as páginas apontadoras que apontam para  $p$ , e de seguida substitui  $h(p)$  por todas as páginas autoridades para que  $p$  aponta (Gibson e Kleinberg, 1998).

<sup>7</sup> Para a importante distinção entre emergência extrínseca e emergência intrínseca cf. Crutchfield, 1994



## Referências Bibliográficas.

- Adamic, L., Huberman, B., (1999), "Technical comment to 'Emergence of Scaling in Random Networks'," *Science*, Vol. 286, **15** : 509-512.
- Anderson, P., e al, (1987), *The Economy as an Evolving Complex System*, Addison-Wesley, Reading.
- Arthur, B., Durlauf, S., Lane, D., (1997), *The Economy as an Evolving Complex System II*, Addison-Wesley, Reading.
- Bak, P., 1996, *How Nature Works*, Springer-Verlag, New York.
- Barabási, A., Albert, R., e Jeong, H., (1999), 'Mean-field theory for scale-free random networks', *cond-mat/9907068*.
- Brin, S., e Page, L., (1998), 'The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine', *Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference*, in <http://google.stanford.edu>.
- Crutchfield, J., (1994), 'The Calculi of Emergence: Computation, Dynamics, and Induction', *Physica D*, **75**: 11-54,
- Elias, N., (1986), *O Processo Civilizacional*, D. Quixote, Lisboa ( Ed. orig.: *Über den Prozeß der Zivilisation*, 2 vols., Haus zum Falken, Basel. 1939).
- Gibson, D., Kleinberg, J., Raghavan, P., (1998), 'Inferring Web communities from link topology', *Proceedings of the 9th ACM Conference Conference on Hypertext and Hypermedia*, in <http://www.almaden.ibm.com/cs/k53/clever.html>.
- Giedion, S., (1948), *Mechanization Takes Command*, Oxford University Press, London.
- Hafner, K., e Mathew, L., (1996) *Where Wizards Stay up Late*, Simon and Shuster, New York.
- Hayek, F., (1946), *Individualism and Economic Order*, Chicago University Press, Chicago.
- Hayek, F., (1972), *Law, Legislation and Liberty*, Vol 1, Chicago University Press, Chicago.
- Kehoe, T., (1987), 'Computation and Multiplicity of Economic Equilibria', in *The Economy as an Evolving Complex System*, P. Anderson e al, (eds.), Addison-Wesley, Reading, 1987: 147-167.
- Kleinberg, J., (1998), 'Authoritative sources in a hyperlinked environment', *Proceedings of the 9th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, in <http://www.cs.cornell.edu/home/kleinber>.
- Leiner, B., Cerf, V., e al, (1997), *A Brief History of the Internet*. Pode ser obtido contactando: [bleiner@computer.org](mailto:bleiner@computer.org).
- Machuco Rosa, (1998), *Internet- Uma História*, E.U. Lusófonas, Lisboa.
- Machuco Rosa, (1999), 'Tecnologias da Informação - Do Centrado ao Acentrado', *Revista de Comunicação e Linguagens*, **25**: 193-210.
- Machuco Rosa, (2000), *Teoria das Estruturas - Do Centrado ao Acentrado*, a publicar.
- Mann, M., (1986), *The Sources of Social Power: A History of Power from the Beginning to A.D. 1760*, Cambridge University Press, Cambridge,
- Marr, (1982), *Vision*, Freeman, New York.
- Mattoso, J., (1987), 'A Formação de Portugal e a Península Ibérica nos séculos XI e XII', *Actas das 2<sup>as</sup> Jornadas Luso-Espanholas de História Medieval*, Porto.

- Tilly, C., (1992), *Coertion, Capital, and European States, AD 990 - 1992*, Basil Blackwell, Oxford.
- Schelling, T., (1971), 'Dynamic Models of Segregation', *Journal of Mathematical Sociology*, 1: 143-186.
- Walras, L., (1874 -77), *Elements of Pure Economics*, George Allen and Unwin, London, ed. 1954.
- Watz, K., (1979), *Theory of International Politics*, McGraw-Hill, New York.