

## AGENDA 21 LOCAL: AUTO-ORGANIZAÇÃO, COOPERAÇÃO E INTELIGÊNCIA DESCENTRALIZADA\*

MARGARIDA QUEIRÓS<sup>1</sup>

**Resumo** – O sucesso das Agendas 21 Locais poderá ser projectado a partir da analogia com os estudos dos sistemas auto-organizados onde as trocas básicas de informação e a dinâmica local das partes formam um todo. Essas interações constituem uma forma particular de comunicação indirecta originando um mapa colectivo organizado. Para que o comportamento auto-organizado se difunda e aplique nas sociedades humanas será necessário repensar o modelo de desenvolvimento à luz da desconstrução dos sistemas de dominação hierárquica. Mais importante do que avançar com directivas, medidas e acções *top-down*, é desencadear mecanismos que desenvolvam a macro-inteligência e adaptatividade e produzam auto-organização e acção global. Tal como os insectos sociais (colónias de formigas), revelando a capacidade para armazenar informação e reconhecendo padrões, as comunidades humanas locais contribuem decisivamente, através de interações simples, para essa inteligência emergente de nível superior, capaz de mobilizar o desenvolvimento sustentável (DS). As Agendas 21 Locais (A21L) são decerto o estímulo necessário.

**Palavras-chave:** A21L, desenvolvimento sustentável, emergência, auto-organização, *swarm intelligence*, *stigmergia*, homeostasia.

**Abstract** – LOCAL AGENDA 21: SELF-ORGANISATION, COOPERATION AND DECENTRALISED INTELLIGENCE. There is a possible similarity between LA21 and self-organization research in which basic exchanges of information (communication between individual parts) and local dynamics make up, on the aggregate, a modified environment and a structured whole. This interaction seems to constitute a particular type of communication that develops into a collective and organised map. Deconstructing hierarchical systems of domination apparently constitutes a promising avenue of research into self-organised behaviour that is conducive to global action by local human communities. Just like social insects (such as ant colonies) exhibit the capacity to store information and recognise patterns, so do human societies contribute to the emergence of global brainpower on sustainable development through simple interactions and local learning. LA21 may be the required spur.

---

\* Recebido: 21/06/2007. Revisto: 15/07/2007. Aceite: 2/08/2007.

<sup>1</sup> Professora Auxiliar do Departamento de Geografia da Faculdade de Letras – Universidade de Lisboa e Investigadora do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.  
E-mail: margaridaq@fl.ul.pt.

**Key words:** LA21, sustainable development, emergence, self-organisation, swarm intelligence, stigmergy, homeostasis

**Résumé** – L’ACTION 21 À L’ÉCHELLE DES COLLECTIVITÉS LOCALES, AUTO-ORGANISATION, COOPÉRATION ET INTELLIGENCE DÉCENTRALISÉE. On peut comparer l’Action 21 à l’échelle des collectivités aux recherches sur les phénomènes d’auto-organisation chez les insectes sociaux, comme les fourmis. En effet, celles-ci ne communiquent pas directement entre elles, les échanges d’informations passant par une modification de l’environnement (ce mode de communication indirect est appelé stigmergie). On peut analyser son fonctionnement et observer le système organisé qui en résulte. Les systèmes humains traditionnels de domination hiérarchique ne sont pas compatibles avec l’auto-organisation. Il vaut donc la peine de chercher à comprendre le fonctionnement des fourmilières, où l’organisation résulte de rapports de voisinage et de comportements qui modifient l’environnement. L’Action 21 peut se révéler utile à l’échelle des collectivités locales.

**Mots-clés:** Action 21 à l’échelle des collectivités, développement durable, émergence, auto-organisation, intelligence en essaim, stigmergie, homéostasie.

*Emergence is what happens when the whole is smarter than the sum of its parts. It’s what happens when you have a system of relatively simple-minded component parts – often there are thousands or millions of them – and they interact in relatively simple ways. And yet somehow out of all this interaction some higher level structure or intelligence appears, usually without any master planner calling the shots. These kinds of systems tend to evolve from the ground up.*

*Colonies having this miraculous ability to pull off complex engineering feats or resource management feats without an actual leadership dictating what any ants should be doing at any time. They just follow a lot of local rules, and through those rules the intelligence of the colony comes into being.*

*The systems actually work as though they had leaders. So even if you’re wrong in your assessment of them, it’s not a bad guess to assume that the queen ant is in charge of the whole thing. Because they’re so organized, they look like systems that have leaders.*

*So it may not be that there’s a neural mechanism to find leaders, but our brains may be skewed to look at things in top-down ways, because we grew up as social, hierarchical primates, or whatever the evolutionary psychology explanation of it is. You have to sometimes kind of push your head to think about things in an emergent way, or in a bottom-up way. Once you do it, it can be very illuminating.*

(extractos da entrevista de Steven Johnson a Dave Sims e Rael Dornfest em 2002 – <http://www.oreillynet.com/pub/a/network/2002/02/22/johnson.html>)

## I. INTRODUÇÃO

As três últimas décadas caracterizaram-se pela procura de um modelo mais sustentável de sociedade, tendo em conta as ameaças à coesão do tecido social e ao equilíbrio ambiental. O desafio do desenvolvimento sustentável (DS) abre a discussão acerca da utilidade dos paradigmas científicos tradicionais na resolução dos problemas do desenvolvimento (socialmente justo, economicamente eficiente e ambientalmente equitativo) e solicita a produção de novos conhecimentos, geradores de perspectivas epistemológicas renovadas e métodos de análise e de intervenção inovadores.

Em 1992, na Cimeira do Rio, o DS passou a assumir um lugar de destaque na agenda política internacional. Um dos principais resultados da Cimeira das Nações Unidas foi a Agenda 21, um plano de acção para o DS no século XXI. Este documento (abordando diversos temas, organizados em 40 capítulos) estabelece que cada país se compromete a reflectir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não governamentais e outros sectores da sociedade civil podem cooperar no estudo de soluções para os problemas socio-económicos e ambientais.

O capítulo 28 deste plano de acção (iniciativas das autoridades locais em apoio à Agenda 21) apela aos responsáveis da administração local em cada país para que desenvolvam um processo consultivo e consensual com as suas populações, sob a forma de uma versão local da Agenda 21: a Agenda 21 Local (A21L). Em apoio à Agenda 21, as autoridades locais são estimuladas a criar uma plataforma de interacção para mobilizar estratégias integradas e participadas de sustentabilidade. A premissa básica assenta na ideia de que as iniciativas desenhadas localmente podem conduzir a uma forma efectiva e eficiente de alcançar os objectivos do DS aos níveis local, nacional e global.

Este processo tem vindo a ganhar relevo crescente à escala mundial e sobretudo europeia, sendo as alavancas do movimento de adesão, de compromisso e de acção, perante a A21L a Carta da Sustentabilidade das Cidades Europeias (Carta de Aalborg, 1994), o Plano de Acção de Lisboa (1996), a Declaração dos Líderes Municipais de Hanover (Declaração de Hanover, 2000) e os Compromissos de Aalborg (2004). No entanto, como se explica que as diversas A21L estejam, ainda hoje, longe de se ter difundido rapidamente à escala global?

Talvez se verifique uma certa incapacidade das comunidades humanas para se organizarem de uma forma descentralizada ao nível local, produzindo no seu conjunto uma macro-inteligência global, tal como acontece com as colónias de formigas. Se esta ideia se revelar correcta, então uma boa solução para o problema está muito provavelmente na capacidade de incorporação e aprendizagem de abordagens oriundas de ciências como a Física, a Química, a Biologia, a Neurologia e as Ciências Computacionais, que ensaiam aproximações a novos paradigmas, constituindo suportes férteis para as Ciências Sociais reflectirem sobre rumos teóricos e metodológicos inovadores (aos quais a Geografia não pode ficar indiferente). Com efeito, conceitos como complexidade, auto-organização, cooperação e inteligência organizada e descentralizada e teorias como a das estruturas dissipativas de Prigogine ou a teoria geral dos sistemas de Von Bertalanffy, revelam uma concepção de dinâmicas não-lineares, complexas e auto-organizadas dos sistemas naturais, e estabelecem interfaces fecundas com os estudos das Ciências Sociais (Johnson, 2001; Caracristi, 2004).

À luz destes conhecimentos científicos, a visão cartesiana/mecanicista do mundo pode encontrar-se desajustada para o entendimento da complexa teia que produz simultaneamente o universo fragmentado e global actual.

Autores como Johnson (2001), Moura (2002), Booher e Innes (2002) e Moura e Garcia Pereira (2003) defendem que vivemos uma época de infinita conectividade, a era da informação, onde a inteligência colectiva e descentralizada emergente surge da interactividade<sup>2</sup> e da convergência<sup>3</sup> que a tecnologia digital possibilitou. No entanto, as instituições tradicionais são confrontadas com a incapacidade para integrar e otimizar

---

<sup>2</sup> Em que se vislumbram possibilidades tecnológicas de inverter o sentido dominante da comunicação, passando os receptores a comunicar com os emissores.

<sup>3</sup> A conjugação das telecomunicações, dos *media* e da informática.

os sistemas económicos, sociais e ambientais. Talvez porque estejam desenhadas para conceptualizar o desenvolvimento como algo que se gera do “topo para a base” (*top-down*). Talvez porque as alavancas do desenvolvimento assentes em sistemas centralizados tenham sido sempre demasiado poderosas, impedindo a ampla difusão da auto-organização que a inteligência colectiva e descentralizada possibilita.

Defende-se, neste artigo, que a ampla difusão da A21L (a sua visão, os seus projectos e os seus territórios) e o seu sucesso como desígnio para alcançar o DS poderá ser projectada a partir do estudo dos sistemas auto-organizados. Neles as trocas básicas de informação e a dinâmica local das partes formam um todo coerente e essas interações constituem uma forma particular de comunicação indirecta, originando um comportamento/um mapa colectivo organizado (Moura e Garcia Pereira, 2003). Para que este comportamento auto-organizado se difunda nas sociedades humanas será inevitável repensar o modelo de desenvolvimento à luz da desconstrução dos sistemas de dominação hierárquica.

Através da transferência de conceitos operatórios utilizados para estudar os formigueiros, a conexão estabelecida procura reflectir criticamente sobre o funcionamento das organizações sociais, naturalmente num contexto de analogia e não de comparação.

Num mundo cada vez mais complexo, o DS de unidades territoriais como o país, a região, o município, a cidade, a vila ou aldeia, o bairro ou a rua, dependerá, cada vez mais, da sustentabilidade das unidades menores, em termos de escala humana e geográfica. Dependerá crescentemente do dinamismo e da capacidade de interagir das populações nos municípios, bairros e ruas.

As A21L poderão constituir as forças motrizes do DS, apenas é urgente reconhecer que os sistemas em que os indivíduos se estruturam a partir da informação local são sistemas cuja macro-inteligência e adaptatividade estão aptos a produzir acção global. Tal como os insectos sociais, revelando a capacidade para armazenar informação e reconhecendo padrões, as comunidades humanas locais contribuem decisivamente, através de interações simples, para essa inteligência emergente de nível superior (Johnson, 2001). A analogia serve para demonstrar que as A21L são decerto um estímulo essencial.

O DS depende da estrutura e organização bem como das redes de conectividade, dos mecanismos de retroacção (*feedbacks*) que os indivíduos e as instituições encontram quando se cruzam, que alteram o seu comportamento, construindo estruturas mais organizadas e, por isso, mais desenvolvidas. Há motivos para nos entusiasmos com esta ideia: o darwinismo elementar ensina que a evolução é lenta, mas a adaptação rápida (Dawkins, 1998; Moura e Garcia Pereira, 2003).

## II. AS LIÇÕES DOS SISTEMAS ORGANIZADOS: O QUE PODEMOS APRENDER COM O EXEMPLO DAS COLÓNIAS DE FORMIGAS

O estudo dos sistemas auto-organizados, desenvolvido e divulgado por Bonabeau *et al.* (1999), Johnson (2001), Franklin (s.d.), Moura (2002), Moura e Garcia Pereira (2003), entre tantos outros, tem-se revelado um poderoso instrumento para pensar e modelar a inteligência colectiva. Com efeito, sabe-se hoje que os sistemas organizados, como o são as colónias de formigas, não possuem verdadeiros líderes e a ideia do comando do formigueiro emanado da formiga-rainha é profundamente enganadora.

## 1. Coordenação sem comunicação evidente

A inteligência colectiva e descentralizada das formigas é conhecida por *swarm intelligence*<sup>4</sup> ou a propriedade de um sistema de acordo com a qual comportamentos colectivos simples de agentes interagindo localmente com o seu ambiente causam a emergência de padrões funcionais globais, promovendo a base que torna possível explorar a resolução de problemas colectivos, na ausência de um controlo centralizado ou de um modelo global (Franklin, s.d.).

A *swarm intelligence* descreve um mecanismo descentralizado, no tempo e no espaço, de fluxo de informação que ocorre entre insectos sociais. Este tipo de organização social usa os instrumentos conceptuais dos sistemas *bottom-up*. Por outras palavras, o funcionamento de certos sistemas colectivos encontra-se ao mais baixo nível de complexidade, onde as trocas básicas de informação e a dinâmica local das partes (através de mecanismos de auto-organização) formam um todo (por exemplo, a construção de um ninho). Essas trocas de informação constituem uma forma particular de comunicação indirecta conhecida por *stigmergia*<sup>5</sup>, em que um indivíduo desencadeia um estímulo em outros que, por sua vez, geram novos estímulos, e assim sucessivamente, originando mapas colectivos (Moura, 2002; Moura e Garcia Pereira, 2003).

A característica mais importante deste paradigma é que ele mostra como estímulos locais se organizam de modo a assegurar a emergência de uma estrutura adaptativa e coerente, e explica como os indivíduos podem agir independentemente, respondendo porém a incentivos oriundos do próprio ambiente. Originada na interacção, a *stigmergia* é um fenómeno típico das colónias de formigas. Fruto da acção colectiva, os mapas/comportamentos gerados apresentam uma estrutura dinâmica e emergem dos territórios em que as formigas se deslocam (Moura e Garcia Pereira, 2003).

Cada formiga age sobre a sua vizinhança sem se dar conta do mapa colectivo que vai emergindo, assinalando que o grupo é mais inteligente do que os indivíduos que o compõem *per si*, porque encontra sempre a melhor solução para um determinado problema. Para Moura e Garcia Pereira (2003), melhor no sentido qualitativo e quantitativo: mais agradável, mais rápido, mais curto. Toda a acção do grupo se revela eficaz sem comando hierarquizado.

É neste domínio que os estudos computacionais acerca da Vida Artificial (*aLife*) procuram conhecer a evolução dos sistemas naturais, simulando formas de vida em ambientes artificiais. Através de modelos e da robótica, usando tecnologias digitais, produzem-se algoritmos que simulam os sistemas naturais auto-organizados que, por exemplo, se encontram nos insectos sociais, introduzindo novas dimensões na compreensão da complexidade (Moura e Garcia Pereira, 2003). Segundo Machuco Rosa (2002), a teoria dos sistemas complexos equaciona a dialéctica local/global nos modelos baseados em agentes, ou seja, procura compreender os estados globais gerados por mecanismos elementares de interacção local. No que respeita ao funcionamento dos sistemas complexos é fundamental saber que a organização requer que os elementos do sistema se acomodem apropriadamente dentro do todo. Assim, os sistemas em que os indivíduos se estruturam e adaptam a partir da infor-

---

<sup>4</sup> Em português é conhecida por “inteligência de enxames”.

<sup>5</sup> Conceito introduzido em 1959 por Pierre-Paul Grassé; do grego, *stigma* (marca) e *ergon* (trabalho).

mação local são sistemas cuja macro-inteligência e adaptatividade produzem estados globais coerentes.

Tal como os insectos sociais, revelando a capacidade para armazenar informação e reconhecendo padrões, nas comunidades humanas, todos contribuem, mesmo inconscientemente, para essa inteligência emergente, resultante de estímulos (Johnson, 2001). Modelos capazes de explicar os comportamentos humanos como a organização social, a produção cultural, a opinião pública, etc., poderão fazer avançar a compreensão do modo como as matrizes individuais poderão conduzir à construção da matriz global.

Ora, a sociedade humana tem revelado pouca capacidade em (re)produzir, em larga escala, esta inteligência colectiva (não hierarquizada), para obter soluções de bom funcionamento dos sistemas complexos, como os sistemas económico, social e ambiental. Segundo Moura e Garcia Pereira (2003), a solução para estes problemas parece sempre estar fora do nosso alcance porque a *swarm intelligence* nos humanos está limitada por problemas de comunicação (por exemplo, imprecisão da linguagem e favorecimento de hierarquias de poder). Por outro lado, as instituições que nos governam assumem frequentemente que se conhece *a priori* o resultado ou solução final do problema, o que não acontece nos sistemas naturais (como os dos insectos sociais), onde o desenlace surge da combinação dos seus elementos (Moura e Garcia Pereira, 2003). A combinação destes factores impede amiúde os grupos humanos de conseguir a solução mais inteligente para os seus problemas, neste caso, atingir os objectivos do DS.

Não podemos, porém, resolver todos os problemas complexos inerentes ao processo de desenvolvimento de uma só vez, nem devemos esperar que eles tenham solução apenas a partir de um comando centralizado, já que os sistemas dependem da interacção apropriada dos elementos conectados em diversos níveis. Por isso, num mundo cada vez mais complexo, o DS de unidades territoriais como o país, a região, o município, a cidade ou o bairro, nascerá, cada vez mais, da sustentabilidade das unidades de menor dimensão. Da mesma forma que uma formiga contribui para a agregação maior que é a colónia, abraçando os poderes da emergência ao longo das diversas cadeias (Johnson, 2001), a resolução de problemas complexos dependerá crescentemente da interacção dos agentes que actuam nas micro-regiões, municípios, bairros e ruas das cidades.

Tal como as evidências demonstram a partir do elevado grau de organização das colónias de formigas, a natureza dos modelos de desenvolvimento das sociedades humanas dependerá da estrutura e organização bem como da conectividade, dos mecanismos de retroacção (*feedbacks*) que os indivíduos e as instituições geram, quando se cruzam, alterando permanentemente o seu comportamento e construindo estruturas mais organizadas e globais, geradas por mecanismos de interacção local.

## **2. Do elementar aos problemas complexos: comportamentos emergentes**

Os insectos sociais, como as formigas, têm sido objecto de aturada investigação, pois estes pequenos e primitivos seres conseguem manter-se, desde há milhões de anos, como comunidades organizadas e auto-suficientes. A estrutura das colónias de formigas baseia-se não apenas na cooperação entre indivíduos, mas também na coordenação individual de cada formiga. Estas interacções simples, surgidas de um insecto a seguir o rasto de outro, parecem ser uma solução correcta para resolver problemas complexos. Com efeito, as formigas desenvolveram um método de segregação de feromona que indica às outras o percurso percorrido, por exemplo, para encontrar o caminho mais curto entre o seu formigueiro e uma fonte de alimentação.

Com as formigas, a formação de percursos baseia-se num processo de deposição/evaporação de um químico, a feromona, que tem simultaneamente a propriedade de estimular as formigas, e de, com o passar de algum tempo, se dissipar (Moura, 2002). A formiga que se desloca aleatoriamente vai depositando um rasto deste químico açucarado, que lhe permite encontrar o percurso de volta para o ninho. Mas se, por exemplo, encontra comida, regressa pelo mesmo percurso depositando mais feromona. Qualquer formiga que passe encontra, assim, um estímulo superior ao do seu próprio rasto e converge para aquilo que, em breve, se torna num reconhecível caminho com centenas de formigas. Os trilhos com menor nível de feromona e por onde mais nenhum insecto passa desaparecem, isto é, evaporam-se (Moura, 2002). As outras formigas seguem os rastos de químico e podem eventualmente explorar caminhos mais próximos do encontrado inicialmente.

Segundo Ramos (2002), a auto-organização e formação de percursos pelos indivíduos da colónia são uma forma de modificar o ambiente, fazendo emergir assim um processo de comunicação indirecta entre as formigas que seguem esses trilhos. É observável que o desempenho de algumas trabalhadoras faz decrescer a necessidade de mais indivíduos nessas tarefas: por exemplo, a limpeza do formigueiro por algumas trabalhadoras reduz a necessidade dessa limpeza. Ou seja, as diferentes formigas comunicam a partir do próprio ambiente (limpando o ninho), e as suas colegas respondem ao ambiente modificado reduzindo o número de indivíduos destinados a executar certo tipo de tarefas.

Do mesmo modo, a forma particular com que as formigas constroem pilhas de objectos, tais como cadáveres, larvas ou grãos de areia, evidencia um espantoso modelo de auto-organização. Com efeito, as formigas depositam inicialmente e de modo aleatório, no seu espaço, este tipo de objectos. Quando outras os reconhecem, são estimuladas (dada a configuração) a depositar novos objectos perto destes, sendo este processo de organização e agrupamento um tipo particular de auto-organização e de comportamento adaptativo. O padrão final de distribuição espacial de objectos (o mapa) é assim um reflexo daquilo que a própria colónia “sente” e “pensa” acerca desses objectos, tal como se fosse agora um outro organismo formando um nível superior de consciência ou uma “ordem de nível superior” (Johnson, 2001; Ramos, 2002; Moura, 2003).

Uma das questões mais intrigantes é de que forma estados completamente aleatórios convergem para uma estrutura espacial ou um padrão temporal específico, ou seja, como se dá a emergência de ordem a partir do caos (Ramos, 2002). Para resolver este problema, uma via possível, mas pouco explorada, é a inspiração directa nos mecanismos implícitos da natureza, por exemplo, como é que um conjunto de formigas forma uma estrutura homogénea, isto é, um formigueiro que se constitui como uma entidade única e complexa? No que respeita a certos sistemas colectivos, a resposta parece encontrar-se no nível mais baixo de complexidade, e residir nas trocas básicas de informação e na dinâmica local das partes que, através de mecanismos de auto-organização, formam o “todo” (Franklin, s.d.).

Assim, a acção local conduz a padrões globais cuja forma não pode ser antecipada a partir do conhecimento das regras que governam o processo de mudança. A este processo dá-se o nome de emergência (Johnson, 2001). Este pode ser dinâmico no tempo e ocorrer em diversas escalas.

Um comportamento emergente pode surgir quando um conjunto de entidades simples opera num ambiente formando sistemas colectivos, mas para que um fenómeno possa ser apontado como emergente deve geralmente ser imprevisível, não ser criado por uma única regra ou evento e representar um novo nível de evolução dos sistemas

(www.wikipedia.pt). No caso dos formigueiros, o “cérebro” da colónia é o resultado de milhares de decisões simples executadas por formigas individuais que se mantêm ignorantes do grande projecto que é o formigueiro (Johnson, 2001).

Para Johnson (2001), existem ambientes que facilitam um elevado nível de inteligência e outros que o suprimem. Assim, os componentes dos sistemas como os formigueiros fazem mais do que ligar-se, pois a inteligência requer conectividade e organização. Assim, as estruturas emergentes são mais do que “a soma das partes”, já que não basta a coexistência entre as partes, é necessária a interacção.

Não é apenas o número de interacções entre componentes que encoraja a emergência; esta ocorre devido ao modo como os elementos se organizam, o seu limiar de combinações e grau de conectividade. Um comportamento emergente pode advir de uma organização hierárquica, mas também nascer de estruturas mais descentralizadas. Neste caso, o comando centralizado do sistema está ausente e a estrutura emergente é viável, porque os sistemas abertos são capazes de extrair informação e ordem do ambiente.

Muitos dos sistemas descentralizados geram estruturas organizadas à medida que aumentam o seu tamanho. Um bom exemplo é o das formigas que organizam pilhas de detritos, cemitérios, túneis intrincados e câmaras subterrâneas, revelando um comportamento descentralizado, da base para o topo (*swarm intelligence*). Os formigueiros surgem assim como sistemas opostos às organizações de comando: apesar do elevado grau de coordenação, não existe uma estrutura central de governação ou um regime “matriarcal” – como Johnson (2001) associa ao mito da formiga-rainha. Sem líderes, o comportamento colectivo das colónias de formigas revela um macro comportamento, ou seja, a inteligência emergente dos sistemas auto-organizados.

Os estudos sobre as colónias de formigas apontam para um paradigma que assenta na inteligência distribuída da base para o topo (*bottom-up*). Estando demonstrado que estes insectos comunicam entre si e que todo o comportamento das colónias é coordenado por feromonas, o estudo dos ambientes desequilibrados, onde as leis da entropia são temporariamente ultrapassadas, revela que a ordem pode emergir espontaneamente do caos. Os devotos da teoria da complexidade defendem a aprendizagem a partir da base (*ground-level*).

### III. AGENDA 21 LOCAL: A INTELIGÊNCIA DOS SISTEMAS EMERGENTES SEM COMANDO DE TOPO NEM HIERARQUIA

Por toda a Europa, os sistemas de planeamento enfrentam desafios que decorrem de um novo desenho de mecanismos institucionais segundo os quais i) as comunidades locais procuram gerir os seus problemas ambientais, sociais e económicos comuns ao nível local e ii) se estabelece uma discussão acerca da abordagem comunicativa ao desenho de sistemas de governança e práticas que implicam a construção de consensos (Healey, 1997; Booher e Innes, 2002). Decorrentes destes desafios, duas mudanças são evidentes. Por um lado, o crescimento da participação pública em processos de planeamento e a construção de consensos, que anunciam novos enquadramentos (comportamentos emergentes) acerca de como os agentes interagem, negociam os ganhos/perdas e se organizam. Por outro lado, os esforços no desenho da infra-estruturas *soft* de práticas de planeamento, que podem ser encontradas em iniciativas como a A21L e em alguns exemplos recentes de consulta pública em processos de ordenamento do território (sem centros definidos de comando hierárquicos).



De acordo com Booher e Innes (2002), o planeamento participativo e a construção de consensos e parcerias estão actualmente em crescimento como formas de alcançar resultados numa era de mudanças rápidas, de fragmentação social, de interdependência global e de valores conflituais. Estes autores consideram que o desenvolvimento do planeamento participativo e das parcerias se explicam, em grande parte, devido ao incremento do poder das redes, particularmente críticas nas condições contemporâneas onde os actores são cada vez mais incapazes de alcançar os seus objectivos sozinhos.

A A21L implica um processo de planeamento participativo, já que se atribui ao poder local a responsabilidade de desenvolver o diálogo e o consenso para promover uma estratégia participada de sustentabilidade: “cada poder local deve entrar em diálogo com os seus cidadãos, organizações locais e empresas privadas e adoptar uma Agenda 21 Local” (Capítulo 28 da Agenda 21). A A21L implica assim a abertura da acção técnica e política ao envolvimento popular e ao reforço de redes de cooperação, procurando a construção partilhada de uma visão para o desenvolvimento e levar à prática projectos que o poderão concretizar.

Para que processos participativos como a A21L se desencadeiem são necessárias pelo menos três condições: diversidade, interdependência e diálogo que poderão favorecer inovações. Tal como um sistema complexo, o todo está mais apto a aprender e adaptar-se às mudanças do que as partes, pelo que os componentes do sistema – os agentes da A21L – estão preparados para agir independente e cooperativamente para benefício mútuo sem uma direcção central (Booher e Innes, 2002). É por isso importante compreender que num processo A21L o poder se encontra disseminado, favorecendo as formas de organização em rede.

As A21L implicam o desenvolvimento de condições adaptativas, isto é, de capacidade de aprendizagem. Como um processo colectivo no qual participam diversos agentes, os projectos da A21L têm potencial para crescer à medida que estes constroem interdependências para gerar novos potenciais: emergem inovações que tornam as mudanças adaptativas para a acção construtiva do todo. Tudo isto sem um comando centralizado.

Naturalmente que, tal como um sistema orgânico, o sistema social onde se inserem as A21L, se alimenta de energia que, neste caso, corresponde à diversidade dos agentes da rede, à sua conectividade, interdependência e comunicação (Booher e Innes, 2002). A diversidade é a matéria-prima para as ideias inovadoras, valores, interesses e conhecimento. A conectividade confere robustez ao sistema. A interdependência é a fonte energética que junta e sustenta os agentes no sistema, é o meio eficiente que permite minimizar *inputs* e maximizar *outputs*. O diálogo assemelha-se ao código genético, que confere a coerência da estrutura onde os agentes processam a sua diversidade e interdependência. Esta última baseia-se no interesse próprio e na reciprocidade (*feedback*) só possível quando existe confiança – a energia necessária para manter a rede colaborativa. O poder da rede (a sua feromona) é a força viva ou a massa crítica resultante da aprendizagem, adaptação e reprodução. Os elementos do sistema interagem e alteram-se em resultado das interacções.

À imagem dos formigueiros, os territórios onde emergem A21L contêm o potencial para a interacção e aprendizagem, possibilitando novos mapas de projectos colectivos de DS, revelando a possibilidade de desenvolver, a partir da acção local, a inteligência emergente, imprevisível, dos sistemas auto-organizados e adaptativos.

Tal como Moura e Garcia Pereira (2003) defendem, para a ocorrência de aprendizagem é necessário: i) um espaço povoado de estímulos (feromona); auto-organização e cooperação entre os agentes estruturados por regras simples (devendo estas ser

da base para o topo, distribuídas e dinâmicas) e ii) *interfaces* entre o local e o global, com elevado potencial para evoluir e capazes de desafiar a entropia, como as estruturas dissipativas sem que para isso seja exigido um controlo centralizado. De acordo com esta visão, o DS reúne as condições para surgir em sistemas com propriedades emergentes; os territórios das A21L e os seus projectos/acções reproduzem o paradigma da *swarm intelligence*.

#### IV. UMA PEQUENA REFLEXÃO A PARTIR DA TEORIA DOS SISTEMAS: INPUTS PARA O SUCESSO DE PROCESSOS COMO A A21L

A ideia de que um sistema se define como um todo organizado por elementos interdependentes, rodeado por um ambiente exterior, com o qual interage, em termos de trocas de energia e/ou informação (*inputs* e *outputs*), surge no âmbito dos desenvolvimentos da Teoria Geral dos Sistemas, de L. Von Bertalanffy (Correia, 2006).

Um sistema aberto regulariza o seu ambiente interno de modo a manter uma condição estável. A este processo de auto-regulação, N. Wiener designou de *homeostasia*<sup>6</sup> (Wiener, 1948; Johnson, 2001). O seu princípio fundamental é o da manutenção da ordem no interior do sistema<sup>7</sup>. Pela 2.<sup>a</sup> Lei da Termodinâmica o caos tende a sobrepor-se à ordem (o reverso nunca ocorrerá espontaneamente) havendo necessidade dos sistemas se auto-regularem no sentido de inverter o caos, através de mecanismos de *feedback* ou retroacção.

Com a sua investigação na área dos sistemas auto-organizados, Ilya Prigogine mostrou como os sistemas em desequilíbrio (ou estruturas dissipativas, como ele as denominou) são criados e mantidos (Johnson, 2001). Uma estrutura dissipativa constitui-se como um fenómeno que se auto-organiza, se recria espontaneamente por flutuações, em ritmos imprevisíveis e aumentando os seus níveis de complexidade (Caracristi, 2004).

Em sistemas caóticos parece que as trajetórias, por exemplo, de uma esfera com uma mola acoplada, “preferem” certas regiões do espaço e evitam outras; as regiões mais visitadas pelas trajetórias da esfera desenvolvem-se em torno dos chamados *atractores estranhos* (Garcia Pereira, 2000). O *atractor de Lorenz* é o exemplo mais conhecido associado ao “efeito borboleta”: pequenas variações das condições iniciais nos sistemas dinâmicos podem produzir grandes variações, a longo prazo, no comportamento dos sistemas (www.wikipedia.pt).

Assim, a teoria do caos busca padrões organizados de comportamento dentro de um sistema aparentemente aleatório e, ao invés do que possa parecer, estes sistemas têm frequentemente, na sua origem, padrões e leis muito simples. Acasos e interferências inesperadas, no seu início, podem provocar grandes mudanças, tornando-os confusos e imprevisíveis, fenómeno conhecido por hipersensibilidade às condições iniciais (Kon,

---

<sup>6</sup> Do grego, *homeo*, similar ou igual; *stasis*, estático. A homeostasia ou homeostase é a propriedade dos sistemas abertos de regular o seu ambiente interno, mediante múltiplos ajustes de equilíbrio dinâmico controlados por mecanismos de regulação interrelacionados (<http://pt.wikipedia.org>).

<sup>7</sup> Criado pela dupla chilena, Francisco Varela e Humberto Maturana em 1971, o conceito de *autopoiesis* designa precisamente a capacidade de auto-organização de um sistema vivo (Varela, 1994). A autopoiese é um exemplo da dialéctica entre os componentes locais e o todo global, relacionados reciprocamente.

1994). A importância do estudo destes sistemas reporta-se ao conhecimento da natureza desses casos nas mudanças, e possibilitar a intervenção em momentos adequados.

Os desígnios do DS exigem ajustes permanentes entre os sistemas económicos, sociais e ambientais. O mesmo ocorre num relacionamento entre indivíduos ou grupos de pessoas com objectivos comuns, pelo que algumas ideias para o sucesso da A21L podem extrair-se da teorização acerca do funcionamento dos sistemas.

Em primeiro lugar, mediante ajustes múltiplos, numa dinâmica de permanente desequilíbrio, os sistemas possuem a capacidade para a homeostasia, portanto, a recepção e processamento de informação sobre o seu estado de desenvolvimento é para tal uma condição essencial (tendo os seus diversos agentes capacidade para filtrar a informação recebida através de mecanismos de retroacção). De acordo com esta ideia, podemos entender que os sistemas sociais sejam também eles, homeostáticos e neles a retroacção desempenhe um papel importante na correcção de desequilíbrios. Os processos de A21L encerram múltiplos ajustes decorrentes de sucessivos *feedbacks* apenas possíveis se existir uma adequada recepção e transferência de informação.

Em segundo, autonomia e reprodução são então requisitos fundamentais da A21L; tal como os sistemas autopoieticos ou dissipativos, são as condições básicas para o funcionamento, em que o permanente processo de recriação permite recombinar os recursos sociais, económicos e ambientais, locais e globais.

Por último, tendo sido demonstrado que pequenas alterações nas condições iniciais de um sistema podem causar uma cadeia de eventos que levam a fenómenos de grande dimensão, não se devem negligenciar factores aparentemente pouco significativos (por exemplo, excluir agentes porque têm menor importância ou são demasiado irrelevantes para o processo), correndo-se o risco de perder projectos que não estavam preparados para a possibilidade dessas ocorrências ou de inverter as trajectórias da A21L (Kon, 1994). Mas a leitura inversa desta metáfora também é possível: se a borboleta não tivesse batido as asas, a trajectória do sistema poderia ter sido completamente diferente, ou seja, se não existirem iniciativas de A21L as trajectórias do desenvolvimento e dos territórios poderão não vir a ser sustentáveis.

## REMATE

Há muitos objectos do conhecimento que só podem ser constituídos como tal, justamente numa perspectiva interdisciplinar. É neste contexto que as Ciências Sociais e, em particular a Geografia, têm a ganhar a partir da transferência de conceitos e de problemáticas com vista a uma leitura mais rica da realidade e a uma capacidade de intervenção mais eficiente. Sabemos como grande parte da Química, que hoje conhecemos, seria impossível sem a Física Quântica e como a Biologia de Darwin é devedora da economia concorrencial de Adam Smith e de Thomas Malthus ([www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/portofinal.pdf](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/portofinal.pdf)).

São várias as décadas de reflexão profunda sobre a forma como os sistemas de agentes se adaptam, evoluem, competem, cooperam e – ao fazer tudo isso – geram diversidade e novidade sempre crescentes. Perante tanto material proveniente deste conhecimento em tão diversos campos da investigação científica, os geógrafos não devem permanecer alheios às possibilidades da emergência. Se emergência é consequência da penetração de uma interacção, de qualquer natureza, entre os elementos de um sistema e é causada pela variação da quantidade de informação do sistema que age

como uma força que impele a estrutura a mudar, então a recombinação e migração de conceitos entre as ciências é em si um fenómeno de conhecimento emergente. Os trilhos deixados pela investigação neste domínio sugerem um pico apreciável de “feromona científica”, que vale a pena ser explorada pelos geógrafos.

O mecanismo particular de comunicação indirecta entre indivíduos, a *stigmergia*, contribui para formar estruturas sólidas. À escala de um país, região, conjuntos de cidades, uma cidade ou rua, o DS assenta em boa medida em processos de auto-organização e de *stigmergia*, presentes nas A21L emergentes.

Construção, destruição, confrontação de interesses e expectativas, complementaridade e competitividade, um resultado dos múltiplos agentes que agem localmente, reforçando determinados padrões e abandonando outros, recompondo permanentemente o equilíbrio dos sistemas na procura da sustentabilidade global, são fenómenos que podem ocorrer devido ao estímulo gerado pelos processos de A21L.

Neste contexto, a A21L é uma agenda carregada de intenções de preservação ambiental, em harmonia com a coesão e a competitividade dos territórios, constituindo uma “memória” equivalente à concentração de feromona, reforçando determinados padrões e comportamentos sustentáveis e abandonando outros. Sem comando de topo, nem hierarquia, os territórios da A21L são um reflexo da capacidade local para a auto-organização, a interacção e a inteligência colectiva.

Não é necessário que “alguém” protagonize as A21L: podem ser um produto da acção de muitos indivíduos que comunicam entre si de forma indirecta, por exemplo, através do próprio mapa colectivo que se vai desenhando a partir dos comportamentos individuais. Cada indivíduo/entidade mantém a sua autonomia e age segundo determinação própria, respondendo a estímulos que aprende com os vizinhos. O processo é participativo e de aprendizagem (adaptativo) e desenvolve-se com a diversidade, interdependência e diálogo, capazes de alterar trajectórias e de estimular redes de colaboração. Representando um nível descentralizado de evolução do planeamento, o “cérebro” emergente é o resultado de muitas decisões simples executadas por múltiplos agentes (do elementar para o complexo) gerando macro-comportamentos. Conectividade e organização entre os indivíduos são os ambientes que estimulam estas estruturas emergentes.

Para a emergência de A21L sustentáveis, será necessário um espaço povoado de estímulos, auto-organizado, operando com regras simples, com elevado potencial para evoluir (como as estruturas dissipativas) e capaz de desafiar a entropia, sem que para isso exija um controlo centralizado. De acordo com esta visão, o DS ocorre em sistemas com propriedades emergentes. E, ao se tomar uma decisão de avançar com uma A21L, iniciativa considerada muitas vezes sem importância, poder-se-á gerar no futuro uma transformação inesperada nos seus territórios dinâmicos e abertos.

## NOTA

Este texto surge como resultado do trabalho de reflexão desenvolvido no âmbito do *National Advisory Group* (Grupo de Aconselhamento Nacional), que a autora integra, do projecto internacional *Train To LA21* (financiado pelo programa *Leonardo da Vinci*) e coordenado pela Eng.<sup>a</sup> Cristina Rocha, INETI.

A autora agradece aos Prof. Dout. Maria João Alcoforado e Viriato Soromenho-Marques as opiniões e sugestões que contribuíram decisivamente para melhorar a reflexão apresentada.

## BIBLIOGRAFIA

- Bonabeau E, Dorigo M, Theraulaz G (1999) *Swarm intelligence: from natural to artificial systems*. Oxford University Press, New York.
- Booher D E, Innes Judith E (2002) Network power in collaborative planning. *Journal of Planning Education and Research*, 21 (3): 221-236.
- Caracristi I (2004) Geografia e Representações Gráficas: uma breve abordagem crítica e os novos desafios técnico-metodológicos perpassando pela climatologia. *Revista Brasileira de Cartografia*, 55/02, pp. 15-24.
- Correia J C (2006) Os *mass media* entre os sistemas e o mundo da vida. *Biblioteca on-line de ciências da comunicação*. [Acedido em Maio de 2006]. [http://www.bocc.ubi.pt/\\_esp/autor.php?codautor=12](http://www.bocc.ubi.pt/_esp/autor.php?codautor=12)
- Dawkins R (1998) *Decompondo o Arco-Iris*. Ciência Aberta, Gradiva, Lisboa.
- Franklin S (s.d.) *Coordination without Communication*, Institute for Intelligent Systems and Department of Mathematical Sciences, University of Memphis. [Acedido em Agosto de 2007]. <http://www.mscli.memphis.edu/~franklin/coord.html>
- Garcia Pereira H (2000) *Arte recombinação*. Teorema, Lisboa, 263 p.
- Grassé P-P (1959) La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez *bellicositermes natalensis* et *cubitermes sp.*, La théorie de la Stigmergie: essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs. *Insect Soc.*, 6: 41-80.
- Healey P (1997) *Collaborative planning: shaping places in fragmented societies: planning-environment-cities*. MacMillan Press Ltd, London.
- Johnson S (2001) *Emergence. The connected lives of ants, brains, cities, and software*. Scribner, New York.
- Kon J (1994) *Teoria do Caos, Autopoiese, Fractais, Estruturas Dissipativas e Outras novidades*. [Acedido em Agosto de 2007]. <http://www.facilita.com.br/facartigo4.htm>
- Machuco Rosa A (2002) Dos sistemas complexos à reificação - o fundamento das explicações míticas. *Episteme*, 10-12: 101-126.
- Moura L (2002) *Trails Ants and Anarchy*. [Acedido em Agosto de 2007]. <http://www.lxxl.pt/pdf/Trails.pdf> (Leonel Moura (2003) *Formigas, Vagabundos e Anarquia*. AAAL, Portugal).
- Moura L, Garcia Pereira H (2003) Aprendendo com a stigmergia, a auto-organização e as redes de cooperação. *III Conferência Internacional sobre Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação*. Centro de Competência Nónio Séc. XXI, Universidade do Minho.
- Ramos V (2002) *Stigmergia e auto-organização em computação por inteligência de enxame*. Palestra no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Varela F J (1994) *Autopoiesis and a biology of intentionality*. In McMullin B, Murphy N (ed.) *Autopoiesis and Perception*, Actas do Workshop ESPRIT BRA 3352, Dublin City University, 25-26 de Agosto de 1992. [Acedido em Agosto de 2007]. <ftp://ftp.eng.dcu.ie/pub/alife/bmcm9401/varela.pdf>
- Wiener N (1948) *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*. The Technology Press of MIT, Cambridge.