

# Cartografia fractal permite monitorizar crescimento urbano

# Cidades

O crescimento urbano moderno é um processo complexo que pode tornar-se descontrolado. Um programa informático de autoria portuguesa, que recorre à matemática dos chamados “objectos fractais”, poderá ajudar a evitar o pior

Ana Gerschenfeld

**U**ma equipa multidisciplinar de cientistas portugueses conseguiu classificar os diferentes tipos de crescimento urbano moderno para, de forma objectiva, com base em critérios matemáticos, identificar as zonas onde esse crescimento poderá tornar-se descontrolado se nada for feito. A utilização desta nova forma de cartografia, afirmam os autores do trabalho, cujos resultados foram publicados esta semana na revista *online Nature Scientific Reports*, poderia permitir intervenções precoces de planeamento urbano.

Há já mais de um século que a expansão das grandes cidades do mundo se tornou “explosiva”. Os centros urbanos não têm parado de alargar as suas margens, ao mesmo tempo que foram surgindo novas urbanizações. Numa primeira fase, as novas localidades eram pequenas e periféricas, mas, aos poucos, foram ficando aglomera-

radas à cidade inicial, para acabar por formar os subúrbios que todos conhecemos. E estes continuam, ainda hoje, a crescer por vezes como autênticas “florestas” de betão, invadindo de forma caótica e agressiva a paisagem natural circundante.

As áreas metropolitanas portuguesas – e em particular a de Lisboa – são disso um claro exemplo. Mas estão longe de ser casos únicos. Sydney, Telavive, Londres ou Tóquio também apresentam este tipo de crescimento. Ao contrário das cidades medievais, que permaneciam confinadas nas suas muralhas, os contornos das megalópoles actuais são altamente irregulares. Foi com base nesta e noutras características da geografia urbana que os especialistas começaram, a partir dos anos 1980, a considerar as cidades como “objectos fractais” – e a estudar a sua organização interna e a sua evolução no tempo com a ajuda desta ferramenta matemática.

Até aqui, a maior parte dos estudos deste tipo calculava a chamada “dimensão fractal” global, média, das zonas urbanas analisadas, mostrando que essa dimensão aumentava ao longo do tempo. “Nós fomos mais longe”, diz ao PÚBLICO Jorge

Pacheco, matemático das universidades do Minho e de Lisboa e líder da equipa autora do trabalho.

## Dos esparguetes às cidades

Os fractais são objectos abstractos, de contornos altamente irregulares e fragmentados – e cuja irregularidade e fragmentação se mantêm seja qual for o “zoom” utilizado para olhar para eles, isto é, seja qual for a resolução escolhida. Ora, as grandes cidades de hoje apresentam justamente características fractais: as suas fronteiras são fragmentadas e mal definidas e a organização interna dos seus espaços construídos é tão complexa à escala de um bairro, com os seus prédios e zonas públicas, como à escala de um subúrbio, com as suas zonas de construções ora compactas, ora dispersas.

Um ponto, uma linha, uma superfície e o espaço físico em que vivemos são respectivamente objectos matemáticos de dimensão 0, 1, 2 e 3 – e os objectos fractais não fogem à regra: também possuem uma dimensão. Só que essa dimensão não vale nem 1, nem 2, nem 3, nem qualquer número inteiro, mas tem um valor intermédio. “Um esparguete tem dimensão 1, um quadrado com-

pacto dimensão 2, mas, aqui, a urbanização tem globalmente uma dimensão fractal de 1,6”, explica-nos Jorge Pacheco, apontando para uma das coloridas imagens “pixelizadas” que mostram o crescimento urbano na margem norte da Área Metropolitana de Lisboa (AML), que ilustram o artigo agora publicado e que reproduzimos à direita.

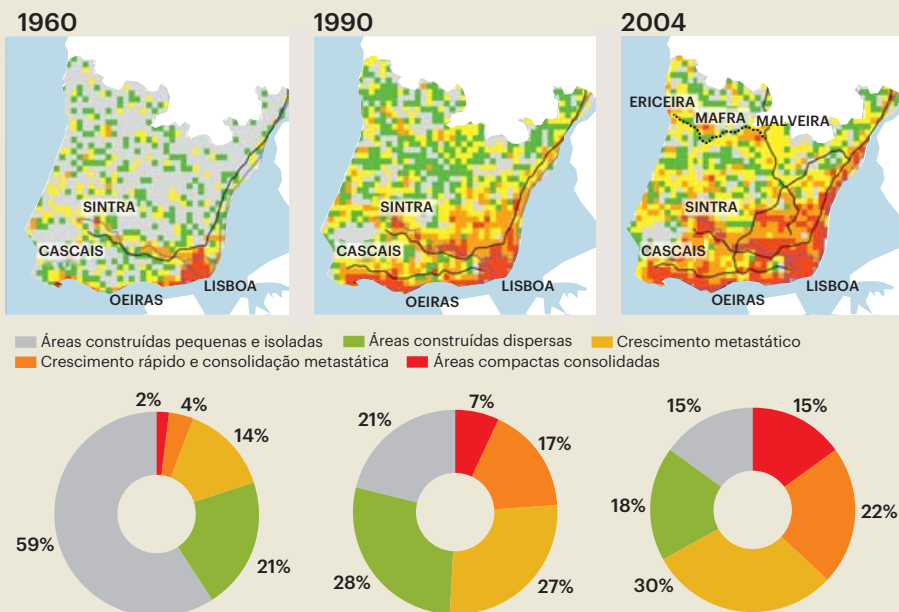
Para obter estas “radiografias” de tecido urbano, a equipa portuguesa – composta ainda pela geógrafa Sara Encarnação e pelo urbanista José Tenedório, do Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional da Universidade Nova de Lisboa; e pelos matemáticos Marcos Gaudio e Francisco Santos, do Instituto para a Investigação Interdisciplinar da Universidade de Lisboa – recorreu a mapas e imagens da AML que remontam aos anos 1960, 1990 e 2004 e começou por os digitalizar. Coube a Sara Encarnação uniformizar esses registos de forma a construir três imagens que fossem comparáveis entre si, “o que não foi trivial”, diz Jorge Pacheco. Cada uma das imagens resultantes foi depois dividida em células de um quilómetro quadrado – e essas células foram por sua vez subdivididas em “píxeis” de





## Evolução urbana da região de Lisboa entre 1960 e 2004

Em 1960, já havia sinais de crescimento “metastático” nas zonas de Oeiras, Sintra e Cascais. Em 2004, os mesmos sinais surgiam ao longo do traçado da futura A21 (Ericeira-Mafra-Malveira)



Fonte: Instituto para a Investigação Interdisciplinar de Lisboa

10 metros por 10 metros. Por último, aos píxeis que continham pelo menos uma construção foi atribuído o valor 1 e aos píxeis sem qualquer construção o valor 0.

### Cancros urbanos

À escala global, a equipa portuguesa conclui que a dimensão fractal da AML-Norte era de 1,42 em 1960; de 1,61 em 1990; e de 1,66 em 2004, confirmando a tendência revelada por estudos anteriores sobre outras cidades do mundo. Mas os cientistas não calcularam apenas a dimensão fractal da região como um todo; calcularam também a dimensão fractal de cada uma das células de um quilómetro quadrado que tinham acabado de pixelizar. E esta avaliação, muito mais “local”, mais fina, da estrutura fractal das áreas construídas e da sua evolução, permitiu-lhes então distinguir cinco tipos diferentes de crescimento urbano.

Por ordem crescente de dimensão fractal, os tipos foram designados pelas expressões “áreas construídas pequenas e isoladas” (dimensão fractal inferior a 1); “áreas construídas dispersas” (dimensão fractal ligeiramente superior a 1); “crescimento metastático”; “crescimento rápido e consolidação metastática”; e “áreas compactas consolidadas” (cuja dimensão fractal é a mais próxima de 2). Diga-se, já agora, que a utilização do adjectivo “metastático” faz todo o sentido, uma vez que corresponde a um tipo de invasão e

colonização que tem efectivamente o seu paralelo no cancro, com o aparecimento de zonas construídas distantes do centro urbano – e, numa primeira fase, sem aparente ligação com ele –, mas que criam raízes e invadem novas áreas como autênticas metastases. O “crescimento metastático” e o “crescimento rápido e consolidação metastática” são, aliás, como fazem notar os cientistas, os dois tipos de crescimento urbano potencialmente mais problemáticos, pois podem de facto acabar, tal como os cancros mais agressivos, numa proliferação descontrolada (neste caso urbanística) – e, no fundo, letal para a região.

Para dar o toque final às imagens, os cientistas atribuíram uma cor a cada um dos cinco tipos de crescimento (por ordem crescente: cinzento, verde, amarelo, laranja e vermelho) e coloriram as células de um quilómetro quadrado conforme o seu tipo de crescimento. Obtiveram três visualizações da AML semelhantes a mantas de retalhos aos quadradinhos. “Construímos um modelo que, em função da dimensão fractal de uma dada célula, indica o padrão típico de área construída nessa célula”, resume Jorge Pacheco.

### Janelas de oportunidades

Estas imagens contêm, afirmam os cientistas, uma preciosa – e precisa – informação para quem toma as decisões em matéria de planeamento urbano. “O crescimento ocorrido na

década de 1960 nos principais subúrbios de Lisboa (Cascais, Sintra ou Oeiras)”, escrevem em comunicado, “poderia ter sido antecipado pela cartografia fractal da mesma década. E, actualmente, assiste-se a uma tendência semelhante na periferia Norte de Lisboa (Malveira e Mafra).” De facto, estas áreas constituem, hoje em dia, os focos com o maior potencial para incorrerem num crescimento rápido e não desejado. É o que mostra, aliás, a imagem mais recente: os sinais de crescimento “metastático” já eram bem visíveis, em 2004, ao longo do percurso da futura A21 (auto-estrada Malveira-Mafra-Ericeira), cujos dois troços só seriam inaugurados em 2005 e 2008, respectivamente.

O modelo consegue analisar da mesma forma qualquer área urbana do planeta. “O nosso modelo permite estudar a evolução de diversas cidades para ver se existem padrões comuns de crescimento”, diz Sara Encarnação, que está a colaborar, com equipas de outros países, na sua aplicação a cidades como Telavive (Israel) e Leyden (Holanda). A equipa desenvolveu para isso um *software* “executável em qualquer PC”, diz Jorge Pacheco, que vê ainda mais longe: “Imagine um Google Maps, com uma resolução um pouquinho melhor, que permita cartografar o mundo inteiro; só falta mesmo que o interesse apareça. A tecnologia está disponível.”



**CIDADES**  
**A MATEMÁTICA**  
**TIROU O RETRATO**  
**AO CRESCIMENTO**  
**URBANO CAÓTICO**  
**E PODE AJUDAR A**  
**TRAVAR O DESASTRE**

Ciência, p26/27