

# **CARTOGRAFIA DA EXPANSÃO URBANA: 1950-2000<sup>1</sup>**

## ***[URBAN EXPANSION CARTOGRAPHY: 1950-2000]***

Filipe Batista e Silva (filipebs14@gmail.com)

Teresa Sá Marques (teresasamarques@gmail.com)

Célia Silva (celia\_silva86@hotmail.com)

Helena Azevedo (helenazevedo86@sapo.pt)

Carlos Delgado (cfsdelgado@gmail.com)

**Departamento de Geografia, FLUP / CEGOT**

### **RESUMO**

A segunda metade do século XX conheceu um fenómeno de expansão das áreas edificadas por quase todo o Mundo. Em Portugal, este fenómeno observou-se com particular incidência na faixa litoral e em torno das duas principais cidades portuguesas, Lisboa e Porto. O crescimento económico e demográfico conduziu a expansão da mancha edificada e esta potenciou o desenvolvimento de extensos contínuos urbanizados que contribuíram para a consolidação das áreas metropolitanas. Aprofundar o conhecimento sobre os processos de urbanização recentes é de interesse para as ciências geográficas, mas também para disciplinas aplicadas como o planeamento territorial.

Desde o seu surgimento, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e as ferramentas de cartografia automática têm aberto novos horizontes para a Cartografia, com potencialidades que devem ser aproveitadas também no estudo do crescimento urbano. Do ponto de vista morfológico, o estudo da expansão urbana não pode deixar de se apoiar em cartografia multi-temporal. Mais do que sucessivos retratos estáticos, a cartografia multi-temporal permite construir uma imagem dinâmica do processo, apoiando subseqüentes estudos explicativos.

Em Portugal, o que se tem produzido sobre expansão urbana ou está limitado pela reduzida escala ou pela reduzida extensão (estudo de áreas restritas ou de cidades isoladamente). Cada vez mais adoptadas, as técnicas baseadas em classificação e/ou interpretação de imagens de satélite permitem produzir cartografia multi-temporal de escala e extensão bastante maiores. Todavia, estas técnicas estão limitadas pelo seu recente surgimento: cartografar o espaço edificado em períodos anteriores à década de 1980 não é possível.

---

<sup>1</sup> Comunicação apresentada no VII Congresso da Geografia Portuguesa, Coimbra, 26 a 28 de Novembro de 2009.

As limitações conhecidas para a produção de cartografia urbana multi-temporal para escalas regionais e sub-regionais podem ser diminuídas através de uma abordagem que recorra à integração em SIG de informação contida em edições antigas de cartografia topográfica, permitindo cartografar o processo de crescimento urbano para um determinado intervalo de tempo. Neste trabalho, esta abordagem foi seguida para preparar uma base cartográfica multi-temporal do edificado, com três momentos que cobrem a segunda metade do século XX. Estas bases permitiram ainda a produção de um conjunto de indicadores “morfo-densimétricos” relativos às áreas edificadas, para os três momentos temporais, possibilitando análises sobre os ritmos e as formas de urbanização recente na área de estudo (metrópole do Porto).

Crê-se que a abordagem proposta permite abrir novas perspectivas para a produção cartográfica, o estudo e a compreensão dos processos recentes de urbanização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crescimento urbano, cartografia, análise espacial, SIG.

#### **ABSTRACT**

The second half of the 20th century witnessed the rapid expansion of built-up areas practically all over the world. In Portugal, this phenomenon took place particularly along the coastal strip and around its two main cities, Lisbon and Porto. Economic and demographic growth led to processes of urban expansion, which in turn bolstered the development of extensive urbanized continuums, contributing to the consolidation of the metropolitan areas. Greater knowledge of the recent processes of urbanization is of interest to the geographical sciences, as well as to applied fields such as spatial planning.

Since their initial development, Geographical Information Systems (GIS) and automatic mapping tools have opened new horizons in Cartography, with a potential which should be taken advantage also in the study of urban growth. From a morphological point of view, a study of urban expansion necessarily has to be based on multitemporal mapping. More than successive static pictures, multitemporal mapping produces a dynamic image of the process, providing support to ensuing explanatory studies. In Portugal, the studies on urban expansion are limited either by the reduced scale employed or by their reduced focus (studies of small areas or single cities). Increasingly in use, techniques based on the classification and/or interpretation of satellite images produce multitemporal cartography at much larger scale and coverage. However, these techniques have limitations, given their recent development: it is not possible to map built-up areas prior to 1980.

The limitations in producing multitemporal urban cartography at regional and sub-regional scales could be mitigated by an approach integrating information from old editions of topographic mapping in a GIS, which could thus track the process of urban growth for a certain time frame. In this paper, this approach was employed to prepare a multitemporal cartographic database of built areas, with three moments comprising the second half of the 20th century. These databases also served to produce a set of “morpho-densimetric” indicators related to built-up areas, for the three temporal moments, leading to analyses on the pace and forms of recent urbanization in the area under study (the Porto metropolis).

We believe that the approach proposed can open new perspectives for cartographic production, as well as for the study and understanding of recent urbanization processes.

**KEY-WORDS:** Urban growth, cartography, spatial analysis, GIS.

## 1. INTRODUÇÃO

Na Europa observou-se um crescimento e densificação dos centros das cidades (até aos anos 50 ou 60), seguido de um duplo movimento de *desdensificação-desconcentração* dos centros e extensão e urbanização das periferias, que fez as cidades estenderem-se geograficamente. Este movimento propagou-se das cidades do norte da Europa para as do sul, e das grandes cidades para as pequenas. Entretanto, surgiu na Europa um segundo fenómeno nos últimos vinte/trinta anos. Apareceu um novo modelo de organização espacial em torno das implantações sobretudo residenciais, observável principalmente nas grandes cidades. Houve um desenvolvimento da urbanização que aparenta um carácter difuso, descontínuo (do ponto de vista da contiguidade do construído) e de baixa densidade, ainda que organizado à volta de algumas macro-estruturas. *Exurbia* (Vernon 1962), *Edge City* (Garreau 1992), *Outer City* (Herrington 1984), *Troisième Ville* (Mongin 1995), *Ville Archipel* (Viard 1994), *Metropolis* (Vance 1964), *Métapolis* (Ascher 1995), *Ville Éclatée* (Haumont e Lévy 1998), *Ville Émergente* (Dubois-Taine, G. e Chalas, Y. 1997) e *Pulp Urbanscape* (Gaspar 1999) são uma demonstração do vocabulário utilizado para sintetizar os resultados dos processos de urbanização contemporâneos.

Na criação de grandes áreas metropolitanas ou regiões urbanas (ou espaços metapolitanos) podem identificar-se processos de metropolização de: morfologia concentrada; carácter difuso ou disperso mas com um pólo central; difuso com incorporação de uma rede policêntrica sem um pólo central. Simultaneamente, as áreas litorais sofrem intensos processos de urbanização de carácter linear, dada a forte atractividade residencial destas áreas.

Assim, os processos de urbanização desenvolveram-se de diversas formas nas últimas décadas. Esses processos mostram dimensões e modos diferentes de país para país e de região para região. O Reino Unido, a Alemanha e os Países Baixos são países densos e com uma urbanização muito antiga. A França, a Itália do Norte, a Áustria e a Espanha juntaram-se mais tarde ao grupo anterior, e sentiram recentemente um processo intenso de urbanização e de formação de grandes regiões urbanas. Em Portugal, tal como no sul da Itália, na Irlanda, na Grécia e na Suécia, uma parte do território esteve e ainda está a atravessar um intenso processo de *suburbanização*.

Em Portugal, nas últimas décadas desenvolveram-se trabalhos de investigação sob diferentes enfoques disciplinares, procurando compreender as dimensões, as características e os desafios das urbanidades contemporâneas. Jorge Gaspar, Teresa Barata Salgueiro, João Ferrão, Álvaro Domingues, Teresa Sá Marques, José Alberto Rio Fernandes e Mário Fernandes são algumas das referências geográficas sobre estas matérias. Apesar disso, são ainda escassos os estudos que procuram entender as rupturas morfológicas em relação aos atributos de contiguidade, compacidade e limites do modelo histórico, ou seja as discontinuidades e a fragmentação ou o difuso das partes, que por razões funcionais ou outras, compõem a actual aglomeração ou região urbana, mantendo relações internas suficientemente fortes para se perceber como entidade urbana.

*Cidade em mosaicos, dispersa, fragmentada, extensiva* são alguns dos conceitos que procuram rotular diferentes características das realidades observadas e identificar os diferentes tipos de deslocalização e realocização de funções e pessoas em espaços cada vez mais dilatados e, conseqüentemente, sem limites consistentes e estáveis entre solo urbano e solo rural.

A cidade tradicional densa, de contornos nítidos e com um centro de gravidade bem definido permanece, mas em articulação com novos espaços urbanizados, de maior ou menor extensão, polarizados ou não por outros pequenos centros. Neste contexto de forte urbanização, por vezes, os modelos tradicionais de povoamento difuso parecem estar a ser integrados ou assimilados pelos processos de metropolização. A mobilidade facilita e contribui para esta dispersão. A oferta de comércio e serviços vai diversificando e criando novas centralidades, que os indivíduos frequentam em função das circunstâncias e das opções individuais. Cria-se uma rede de relações mais articulada e mais extensa. Com as novas mobilidades, novos centros emergem, novas funções urbanas surgem e constroem-se novas configurações territoriais.

O estudo da expansão urbana não pode deixar de se apoiar em cartografia multi-temporal. Mais do que sucessivos retratos estáticos, a cartografia multi-temporal permite construir uma imagem dinâmica do processo, apoiando subseqüentes estudos explicativos. Enquanto as tecnologias de informação geográfica, com todas as suas potencialidades, têm sido desenvolvidas desde as décadas de 50/60 do séc. XX, um número muito crescente de trabalhos nacionais e internacionais têm potenciado a abordagem cartográfica ao estudo dos processos de urbanização através do recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

O estudo do crescimento urbano em extensões territoriais de maior dimensão tem sido também auxiliado pelo desenvolvimento de técnicas baseadas em classificação e/ou interpretação de imagens de satélite. Estas imagens, e a sua interpretação, permitem produzir cartografia de grande frequência temporal. Todavia, estas técnicas estão limitadas pelo seu recente surgimento: cartografar o espaço edificado em períodos anteriores a meados da década de 1970 não é possível, pelo menos sem o auxílio de fotografia aérea.

As limitações conhecidas para a produção de cartografia urbana multi-temporal para escalas regionais e sub-regionais podem ser diminuídas através de uma abordagem que recorra à integração em SIG de informação produzida para edições antigas de cartografia topográfica oficial. O inventário de todas as edições de uma série cartográfica para uma dada área de estudo pode permitir identificar dois ou mais momentos de produção cartográfica, isto é, períodos de tempo relativamente concentrados de execução de trabalhos de campo. Nestas condições, a integração em SIG de objectos cartográficos como os edifícios ou a mancha edificada para vários momentos no tempo permite representar o processo de crescimento urbano para um determinado intervalo de tempo.

Partindo desta hipótese de trabalho, procurou-se implementá-la e testá-la para territórios de fortes dinâmicas urbanas em Portugal Continental. As aglomerações do Porto e de Lisboa correspondem a esta pretensão. O trabalho aqui apresentado reflecte os resultados já obtidos para a área em torno do Porto, sendo que a replicação deste trabalho para Lisboa está em fase de desenvolvimento.

Relativamente à janela temporal, assumiu-se que os processos de urbanização conducentes à cidade emergente podem ser compreendidos através de um enfoque que abarque, nesta fase, a segunda metade do século XX. Vamos à procura dos resultados dos processos de

urbanização associados ao urbanismo Fordo-Keynesiano-Corbusiano<sup>2</sup> e à construção, como muitos académicos descrevem, a fase pós-keynesiana, pós-industrial ou pós-moderna<sup>3</sup>.

Procurou-se uma análise a escala intermédia, procurando a compreensão do fenómeno urbano até desagregações intra-concelhias, privilegiando as manchas urbanas, mas sem atingir o detalhe de unidades urbanas mais elementares, como o edifício ou os espaços de utilização colectiva, como a rua, a praça. Nesse sentido, o objectivo central foi tentar produzir macro-estruturas, a partir de uma cartografia capaz de exprimir, para a escala, níveis de detalhe e janela temporal pretendidos, imagens sequenciais que traduzam a evolução da mancha edificada. Mesmo nesta escala, vão-se realçar as marcas, ou os multi-estratos, que se foram acumulando no território. O objectivo não é fazer a história urbana, mas sim tentar apreender, no final do século XX, o *puzzle* ou o mosaico territorial que se foi construindo ao longo de séculos, e que nos últimos 30/40 anos parece ter sentido como que uma revolução *urbana extraordinária*.

A cartografia produzida foi, por fim, utilizada para calcular um conjunto de métricas relevantes para melhor compreender a expansão urbana no período considerado. Em linhas muito gerais, este artigo é um pequeno contributo para um projecto mais vasto de reflexão da cidade contemporânea.

## 2. METODOLOGIA

A elaboração de cartografia com base em imagens de satélite é uma forma eficiente de acompanhar o crescimento urbano ao longo do tempo (Telesca *et al.* 2009), pois permitem a recolha de dados de forma sistemática, usando algoritmos classificatórios automáticos ou semi-automáticos, para grandes extensões territoriais e com uma grande frequência temporal. Contudo, por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, a disponibilização de imagens relevantes, iniciada nas décadas de 1970 e 1980 (Lo 2007), impede análises mais recuadas no tempo. Imagens obtidas através de sensores instalados em aeronaves (fotografia aérea) podem ser um complemento para o apoio à cartografia do fenómeno urbano em épocas

---

<sup>2</sup> É a expressão de uma racionalidade simplificada no planeamento urbano, no zonamento monofuncional, nas armaduras urbanas hierarquizadas, nos centros comerciais e nas zonas industriais adaptadas à produção. O Estado investe nos serviços públicos e na habitação social.

<sup>3</sup> Nos anos sessenta e inícios de setenta, e ainda perdura. A cidade fordista apresentava uma dispersão acentuada, os subúrbios tinham aumentado e os centros antigos entraram em degradação e abandono. Até aos anos sessenta quase todas as teorias explicitamente urbanas estavam envolvidas numa procura de regularidade e de ordem, em torno de um equilíbrio e de uma evolução contínua. Quando esta ordem começou a falhar, as teorias deixaram de conseguir explicar o que estava a acontecer e o que podia ser feito. Uma nova estrutura urbana começou a emergir.

anteriores. Por exemplo, no âmbito do projecto MOLAND (MONitoring LANd use/cover Dynamics) foram reunidas imagens de satélite e fotografias aéreas para quatro períodos entre 1950 e 2000, para 50 áreas urbanas europeias. A interpretação visual das imagens, seguindo regras comuns, e adaptadas da classificação CORINE, permitiu construir uma base cartográfica comum com as principais classes de uso/coberto do solo<sup>4</sup>.

Na abordagem aqui apresentada, propõe-se a utilização de cartografia topográfica oficial, à escala 1:25.000<sup>5</sup> para mapear o fenómeno urbano na segunda metade do séc. XX. Dessa cartografia, os objectos gráficos a extrair consistem nos edifícios, a partir dos quais se constituirão as manchas edificadas e se procederão a um conjunto de análises. O objectivo é reunir o maior número de *momentos cartográficos* para o intervalo de tempo em análise, procurando conjuntos de folhas contíguas com datas de trabalhos de campo tão próximas quanto possível.

## 2.1 Delimitação da área de estudo

Ao contrário do que acontece na maior parte dos estudos em Geografia, neste trabalho, a delimitação da área de estudo esteve sujeita a uma análise prévia da informação cartográfica disponível. Esta análise permitiu reunir, para a área em torno da cidade do Porto, 19 folhas da cartografia militar 1:25.000, seleccionadas com base em critérios de contiguidade territorial e temporal. Para estas folhas foram identificados três momentos cartográficos distintos: 1950, 1975 e 2000.

A delimitação da área de estudo foi feita pelo somatório dos concelhos totalmente circunscritos à extensão das 19 folhas seleccionadas. A área de estudo resultante corresponde a um conjunto de 18 concelhos em torno do Porto, totalizando mais de 1900 km<sup>2</sup>, uma população residente de 1,9 milhões de habitantes em 2001<sup>6</sup> e uma densidade populacional média de 1000 hab/km<sup>2</sup> (ver figura 1). De mencionar ainda que, em 1950, a população residente rondava 1,1 milhão de habitantes e, em 1970, 1,4 milhões de habitantes<sup>7</sup>. O crescimento populacional entre 1950 e 2001 foi de 77%.

O edificado de “1950” foi reunido pela conjugação de informação constante em 19 folhas da cartografia mencionada, sendo que 4 correspondem a trabalhos de campo decorridos no ano

---

<sup>4</sup> MOLAND, <http://moland.jrc.ec.europa.eu/>

<sup>5</sup> Série M888 do Instituto Geográfico do Exército (IGEOE).

<sup>6</sup> Dado do Recenseamento Geral da População de 2001, INE.

<sup>7</sup> Dados dos Recenseamentos Gerais da População de 1950 e 1970, INE.

de 1945, 1 de 1947, 13 de 1948 e 1 de 1950<sup>8</sup>. O edificado de “1975” foi obtido com 3 folhas de 1971, 4 de 1972, 5 de 1973, 2 de 1974 e 5 de 1975<sup>9</sup>. O edificado de “2000” reúne 18 folhas com trabalhos de campo realizados em 1996 e 1 folha de 1997. É de realçar o facto de se ter conseguido amplitudes temporais razoavelmente curtas para representar cada um dos três momentos cartográficos, sem o que as análises subsequentes resultariam mais frágeis.

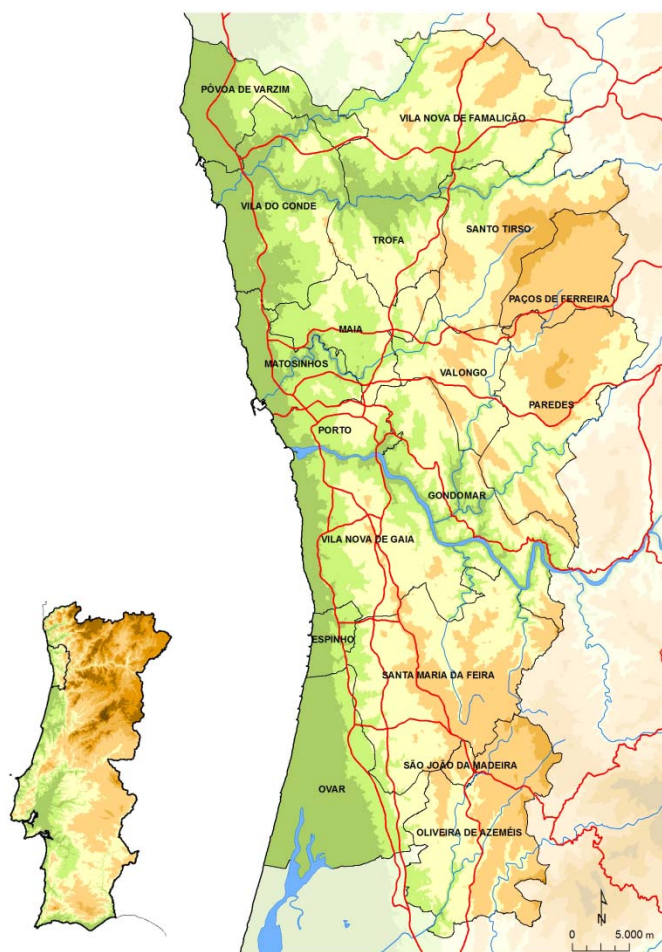


Figura 1. Enquadramento geográfico da área de estudo.

## 2.2 Construção da base cartográfica digital

Após a definição da área de estudo, passou-se à fase de aquisição da informação. Relativamente ao momento “2000” foi adquirida informação do edificado em formato

<sup>8</sup> Amplitude temporal de 4 anos, e maioria das cartas relativas ao ano de 1948.

<sup>9</sup> Amplitude temporal de 5 anos.

vectorial poligonal<sup>10</sup>. Para os momentos “1950” e “1975” foram adquiridas ao Instituto Geográfico do Exército (IGEOE) as 19 folhas em formato digital matricial.

A seguinte fase de trabalho consistiu na vectorização, em ambiente SIG, do edificado para os momentos 1950 e 1975. Começou-se por digitalizar o período imediatamente anterior ao período de referência (2000). Assim, a informação vectorial relativa ao edificado de 2000 foi editada de modo a obter a situação do edificado em 1975. Este procedimento implicou operações de remoção e redesenho de edifícios através da identificação das diferenças entre os edifícios vectoriais de 2000 e os edifícios de 1975 representados na carta matricial. O processo de obtenção do edificado de 1950 segue o mesmo procedimento, mas pela comparação entre os edifícios vectoriais de 1975, previamente obtidos, e os edifícios representados na carta matricial de 1950<sup>11</sup>.

Em síntese, o esquema de trabalho adoptado permitiu reconstruir, com base numa fonte vectorial de referência (edificado de 2000), o edificado para os momentos de 1975 e 1950, por esta ordem<sup>12</sup>.

A qualidade do produto final está em boa parte condicionada por alguns problemas relativos às edições antigas da cartografia militar, de que se destacam dois:

A georreferenciação das cartas não era perfeita, de que resultou algum erro de posicionamento<sup>13</sup>;

As opções de generalização e de simbolização cartográficas adoptadas pelo IGEOE foram mudando com o tempo, tornando imperfeitas as comparações entre a base vectorial mais recente e as cartas mais antigas em formato matricial.

Destes problemas resultaram algumas fragilidades e limitações do produto cartográfico final que, em abono da honestidade científica, consideramos importante mencionar. As comparações à escala do edifício entre diferentes períodos não podem ser feitas sem erros importantes. Contudo, o produto cartográfico torna-se aceitável para comparações temporais ao nível das manchas edificadas.

---

<sup>10</sup> Informação adquirida pela Comissão de Coordenação Regional da região Norte e cedida ao DG-FLUP no âmbito da elaboração dos Planos Regionais de Ordenamento do Território.

<sup>11</sup> Esta sequência de trabalho foi também adoptada no trabalho de Pinho e Oliveira (2008) para o estudo da evolução urbana da cidade do Porto.

<sup>12</sup> Este trabalho foi implementado com a mobilização de recursos dignos de menção. A digitalização envolveu a participação de quatro pessoas durante 2 meses, com um total acumulado superior a 1000 horas de trabalho.

<sup>13</sup> Os erros não são constantes na área de estudo, pelo que não foi estimado um erro médio.

É de referir que a componente analítica que se seguiu à construção da base cartográfica não se baseou nos objectos “edifícios”. Os edifícios apenas serviram de base à construção de uma unidade espacial derivada, a mancha edificada e, com base nesta, efectuadas todas as análises subsequentes.

Para a geração da mancha, fomos buscar inspiração ao conceito de *patch*, tal como definido na ecologia da paisagem. Segundo McGarigal e Marks (1995), a paisagem é composta por inúmeras e distintas unidades básicas, os *patches*, constituindo assim um elemento estruturante na ecologia da paisagem. O *patch* é uma representação de área discreta (domínio espacial) onde determinadas condições ocorrem de forma relativamente homogénea e os seus limites são definidos pelas discontinuidades face a características das áreas adjacentes. Os *patches* são dinâmicos no tempo e no espaço e ocorrem a múltiplas escalas de análise. Os critérios para a sua definição devem ser escolhidos em conformidade com o fenómeno a investigar.

Neste contexto, os *patches* foram definidos como manchas poligonais onde ocorrem edifícios com um critério de contiguidade máxima: a mancha é delimitada em toda a extensão onde ocorrem edifícios a uma distância máxima de 50 metros entre si. Foram ainda consideradas duas regras suplementares para a sua delimitação: as manchas edificadas incluem vazios edificadas internos até um máximo de 2 ha assim como uma margem extra de 10 metros face aos limites externos (figura 2). Estas regras de delimitação das manchas edificadas foram implementadas com recurso a ferramentas de SIG para os três momentos em análise e o resultado final apresenta-se nos mapas da figura 3.



Figura 2. Exemplo da delimitação de *patches* tendo por base a geometria e distribuição do edificado.

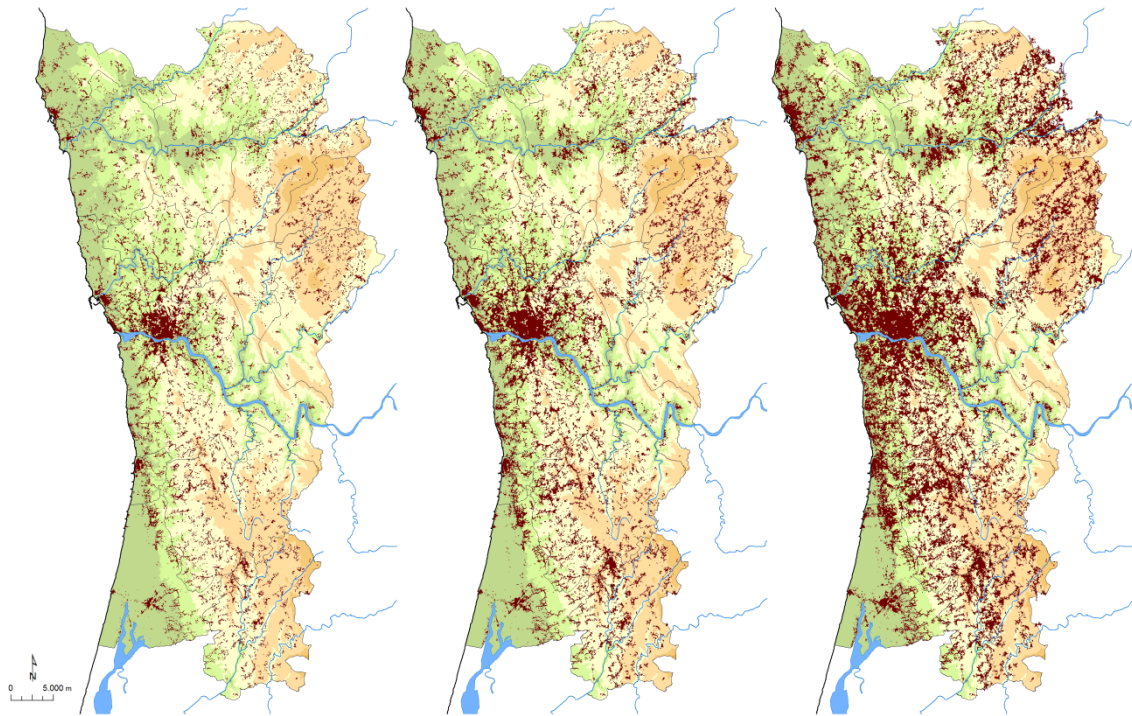


Figura 3. Evolução das manchas edificadas. Da esquerda para a direita: 1950, 1975 e 2000.

### 3. ANÁLISE DO CRESCIMENTO URBANO, 1950-2000

Com a informação produzida para os três momentos, torna-se possível visualizar (figura 3) e quantificar (figura 4) a expansão urbana na área de estudo (de sublinhar que os valores estimados foram derivados das áreas ocupadas pelas manchas edificadas, cuja delimitação foi atrás descrita).

Entre 1950 e 2000, o crescimento das áreas edificadas, para a globalidade da área em estudo, foi de 160%. Contudo, como veremos de seguida, o crescimento não foi feito sempre ao mesmo ritmo nesta janela temporal. Embora fosse conveniente desagregar este período em vários intervalos mais curtos, para uma análise mais fina (ex. intervalos decenais), as bases produzidas permitem apenas a desagregação temporal em dois períodos: 1950-1975 e 1975-2000.

O gráfico da figura 4 sintetiza as principais estatísticas de expansão urbana com base na cartografia produzida. Em 1950, a área em estudo era ocupada por cerca de 167 km<sup>2</sup> de mancha edificada, o que representava menos de 9% da área total. Ao longo do período 1950-1975 as manchas edificadas cresceram quase 47%, atingindo os 248 km<sup>2</sup>, ou 13% de área ocupada.

No segundo período em análise, 1975-2000, o ritmo de crescimento global foi consideravelmente superior. De facto, o período pós-75 foi mais dinâmico, tanto em termos de ganhos absolutos das áreas edificadas como também na taxa de crescimento, que rondou os 75%. A área estudada passou a ter, no último momento de análise (2000), 22% da área total coberta por áreas edificadas (434km<sup>2</sup>).

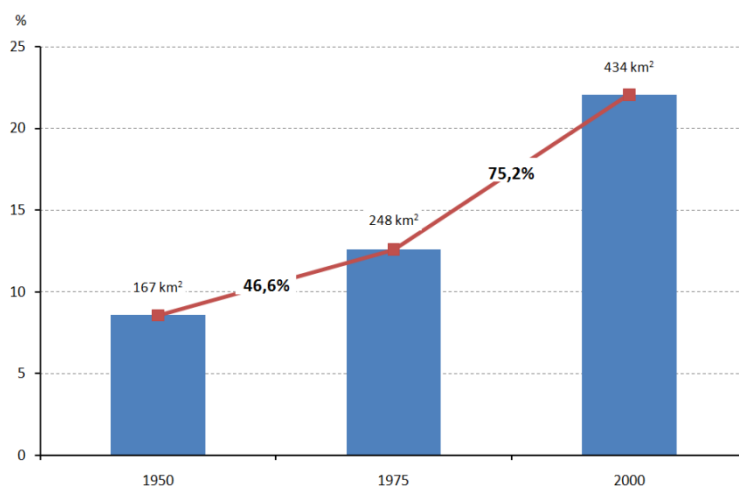


Figura 4. Ritmos de crescimento das áreas edificadas na área em estudo, 1950-2000.

Além de diferenciados temporalmente, os ritmos de crescimento das áreas edificadas também foram diferenciados espacialmente (figuras 5 e 6). Os concelhos do Porto e São João da Madeira foram marcadamente mais dinâmicos entre 1950 e 1975. Matosinhos, Gondomar e Valongo apresentaram ritmos de crescimento relativamente constantes nos dois períodos. Todos os restantes concelhos foram mais dinâmicos no período 1975-2000.

De realçar ainda os concelhos que, em cada período, cresceram significativamente acima da média: São João da Madeira, Matosinhos, Gondomar e Valongo para o primeiro período e Paços de Ferreira, Feira, Famalicão, Trofa e Maia para o segundo. Há ainda um grupo de concelhos que cresceu sempre abaixo da média: Oliveira de Azeméis, Póvoa de Varzim, Vila do Conde e Espinho. Uma palavra de destaque para o Porto que, entre 1950 e 2000, cresceu sempre significativamente abaixo da média, representando um caso muito particular.

A figura 6 permite complementar esta análise com uma visão geográfica dos diferentes ritmos de crescimento. Os mapas ilustram e confirmam o conhecido fenómeno de alastramento sucessivo, da expansão urbana no seio de uma aglomeração urbana. Inicialmente são os concelhos mais contíguos ao Porto que apresentam o “contágio” da expansão urbana. Depois, enquanto o núcleo central da Área Metropolitana vai abrandando os ritmos de crescimento, os maiores crescimentos vão migrando para áreas mais periféricas.

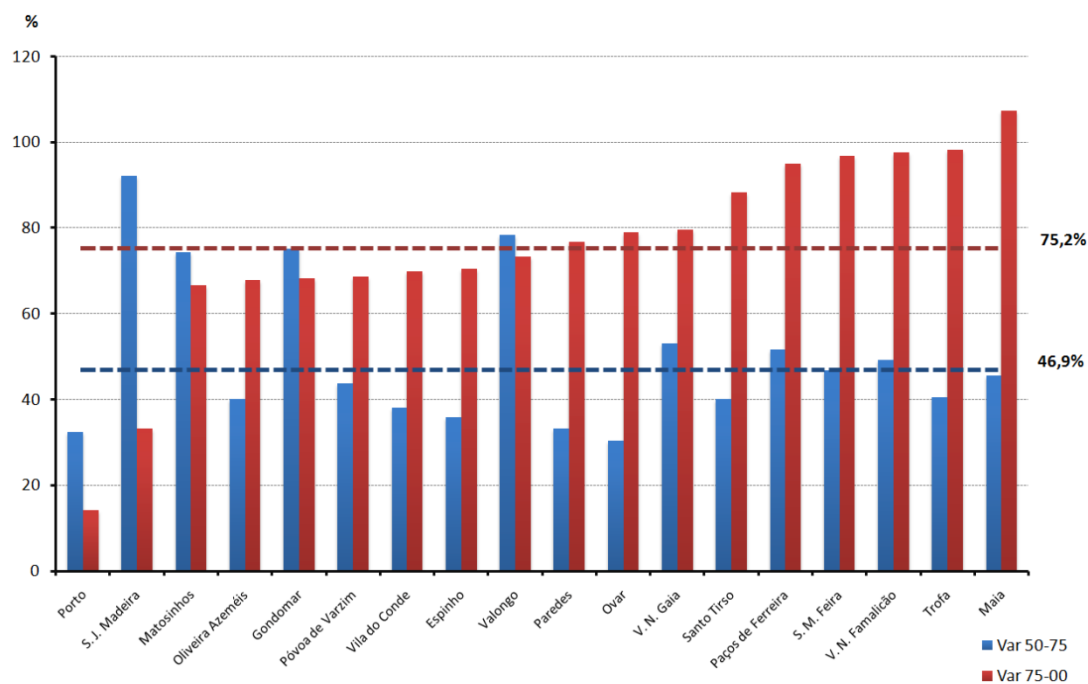


Figura 5. Ritmos de crescimento das áreas edificadas por concelho, 1950-2000.



Figura 6. Ritmos de crescimento das áreas edificadas por concelho. À esquerda: 1950-1975. À direita: 1975-2000.

A base cartográfica permitiu ainda quantificar com rigor as áreas ocupadas por manchas edificadas por concelho (figuras 7 e 8), de onde se conclui facilmente que há concelhos com uma grande área relativa ocupada por manchas edificadas (Porto, São João da Madeira, Espinho, Matosinhos e V. N. Gaia), em contraponto com concelhos onde as áreas edificadas sempre representaram uma pequena porção do seu território total (Vila do Conde, Ovar, Paredes, entre outros). A espacialização deste indicador, nos mapas da figura 8, com a sua leitura espaço-temporal, permite reforçar as ideias já assinaladas anteriormente sobre o alastramento urbano progressivo.

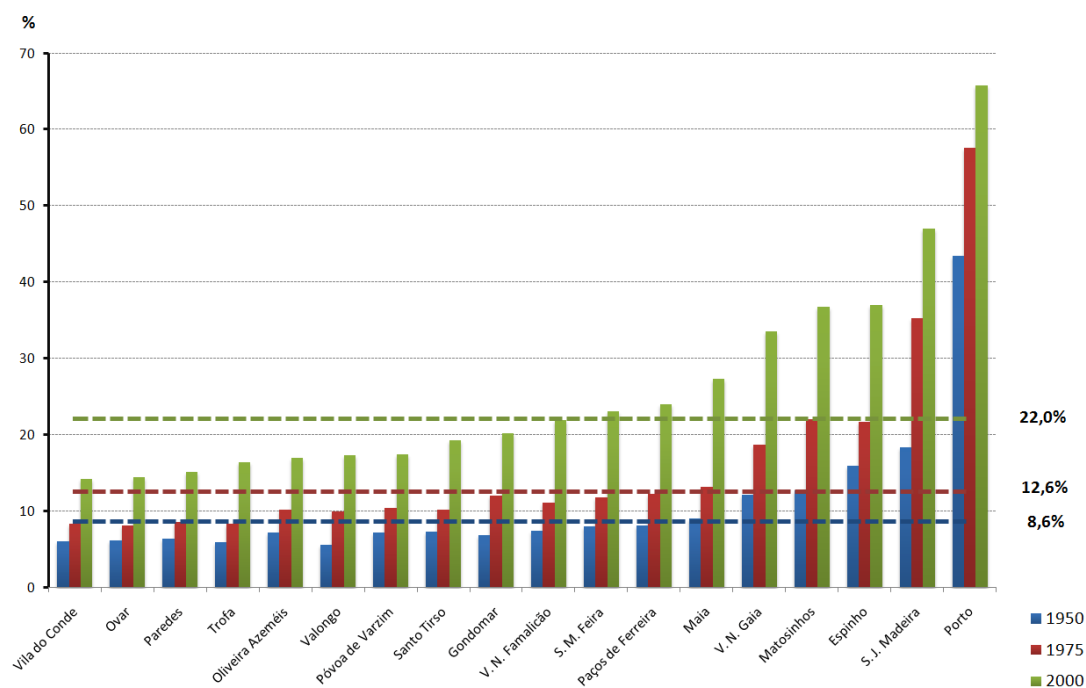


Figura 7. Evolução da taxa de cobertura das áreas edificadas, por concelho, 1950-2000.

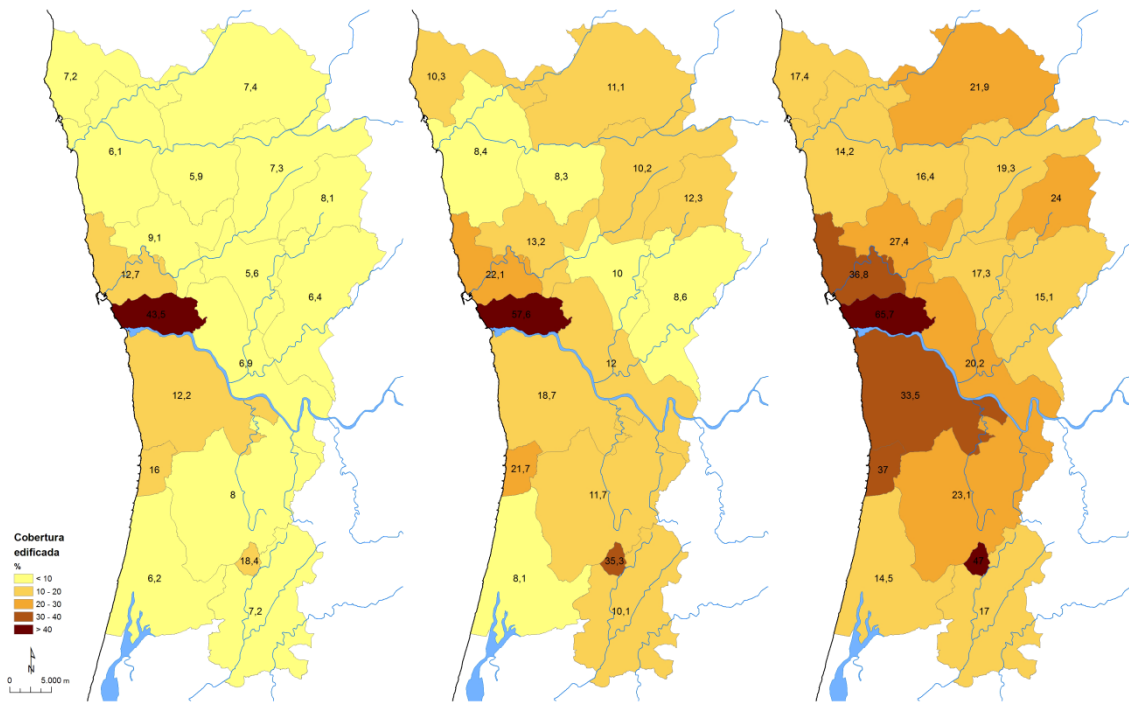


Figura 8. Evolução da taxa de cobertura das áreas edificadas, por concelho. À esquerda: 1950. No centro: 1975. À direita: 2000.

#### 4. CONSTRUÇÃO DE UMA BASE DE INDICADORES

Ainda que sendo um bom ponto de partida, a quantificação da expansão edificada que acabamos de apresentar tem um potencial analítico limitado. Uma maior desagregação temporal dos dados apresentados permitiria, por exemplo, análises temporais mais finas cruzadas com o conhecimento histórico das dinâmicas sociais, económicas, políticas e tecnológicas. Não obstante, em virtude da sua estrutura SIG-vectorial, as bases cartográficas produzidas permitem inferir um conjunto de outras informações de relevância para o estudo do fenómeno da expansão urbana e da evolução das suas formas.

Para além do conceito de forma urbana ser complexo e multidimensional, o termo é também polissémico. Sendo certo que o conceito poderá incluir aspectos tão diversos como o desenho, do todo ou das partes, o perímetro, a dimensão, as densidades, as redes, as conectividades e os fluxos, o seu contexto histórico, social e geográfico, é igualmente de convir que a definição de forma urbana se adaptará à escala, objecto e propósitos de cada estudo.

No presente trabalho, pretendeu-se iniciar a compilação de uma bateria de indicadores sobre a forma e as densidades das áreas edificadas, a que viemos a chamar de indicadores morfo-

densimétricos. Embora muito haja ainda a fazer para uma completa catalogação de indicadores, a consulta bibliográfica já empreendida apontou caminhos e permitiu o teste e a selecção de um número mínimo de indicadores relevantes, senão mesmo determinantes, no âmbito do estudo da expansão urbana:

1. Número de *patches* edificados;
2. Área média dos *patches*;
3. Percentagem de área coberta por áreas edificadas (*patches*);
4. Proporção de limites contrastantes;
5. Distância média entre edifícios próximos;
6. Percentagem de áreas dispersas em relação ao total de áreas edificadas.

A construção da base de indicadores está a ser feita através do seu cálculo e referenciação ao nível de unidades espaciais regulares, e de dimensão suficientemente fina (1km<sup>2</sup>) para que permita análises espaço-temporais à escala regional.

A maior parte dos indicadores são de grande simplicidade conceptual, e surgem recorrentemente na literatura. O primeiro indicador remete para a medição da dispersão e disseminação das manchas edificadas; o segundo e terceiro indicadores remetem para a dimensão das manchas e proporção de área coberta, respectivamente; o quarto indicador remete para a complexidade dos perímetros das manchas; o quinto e sexto indicadores remetem para a medição das densidades internas das manchas edificadas.

Muito embora se pretenda, em desenvolvimentos subsequentes, completar a base de indicadores e analisar o seu comportamento no espaço e no tempo, recorrendo a desagregações intra-municipais, o alcance do trabalho agora apresentado tem um carácter mais limitado e preliminar. Pretende-se, nesta fase, analisar o comportamento dos indicadores ao longo do tempo para a globalidade da região, sem outras desagregações espaciais. Neste âmbito, foi dado principal destaque aos indicadores 4, 5 e 6.

Caberá fazer, no entanto, uma breve menção sobre a evolução dos primeiros três indicadores para a globalidade da região. O número de manchas edificadas (indicador 1) aumentou entre 1950 e 1975 (de 19350 para 22500 *patches*), mas reduziu em 2000 para um valor próximo do ano de 1950 (19740). No que respeita aos indicadores 2 e 3, é de directa dedução que, num contexto de expansão urbana, o tamanho médio e a percentagem de área edificada cresçam de um modo global para toda a região. Para 1950, 1975 e 2000, a dimensão média dos *patches* era de 1 ha, 1,3 ha e 2,5 ha, respectivamente. Quanto à percentagem de área ocupada, já foi objecto de análise detalhada no capítulo anterior (figura 4).

A proporção de limites contrastantes (indicador 4) foi usada no trabalho de Irwin e Bockstael (2007) e é uma métrica que mede o grau de imisção<sup>14</sup> entre dois tipos de usos de solo. O cálculo consiste em determinar o rácio entre o comprimento total de limites contrastantes (perímetro partilhado entre dois cobertos de solo diferentes, edificado e não edificado) e o comprimento total de limites não contrastantes (limites partilhados pelo mesmo tipo de coberto do solo) (figura 8).

Testes exploratórios aplicados a diversos *patches* da área em estudo comprovaram a validade conceptual da métrica e a sua utilidade na medição da complexidade dos perímetros urbanos. A figura 9 ilustra o teste empírico levado a cabo para aferir a validade e a interpretação do indicador. Quanto menor o valor desta métrica, mais regular e compacta será a forma do perímetro da mancha edificada. O valor 1 significa que a proporção entre limites contrastantes e não contrastantes é equivalente.

O gráfico da figura 10 apresenta a evolução deste indicador quando aplicado para a generalidade das manchas edificadas da área em estudo (proporção entre o somatório de todos os limites contrastantes e o somatório de todos os limites não contrastantes). Como se pode observar, a proporção de limites contrastantes diminuiu com o tempo. Para o ano de 1950, o valor da métrica situa-se em 1,93, para 1975, 1,68 e, para o ano de 2000 o valor desce para 1,24. De uma forma média para a região, o comportamento do indicador ao longo do tempo parece sugerir que o perímetro das manchas urbanas se foi tornando menos complexo e que a imisção entre áreas edificadas e não edificadas perdeu peso.

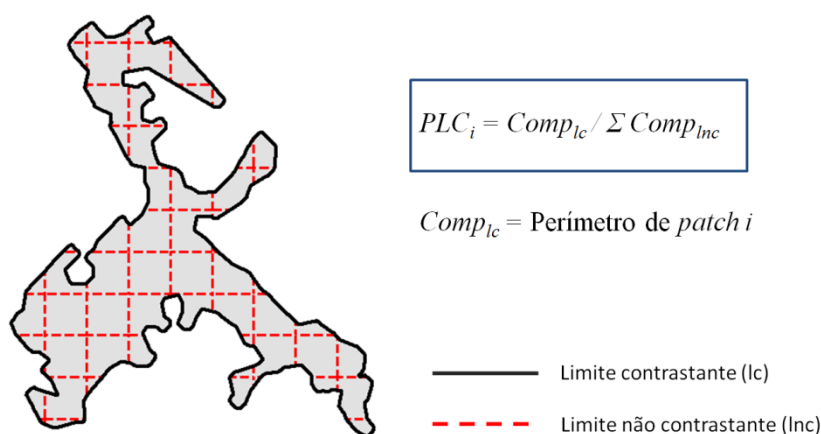


Figura 8. Forma de cálculo da proporção de limites contrastantes ao nível de uma mancha urbana.

<sup>14</sup> O termo usado originalmente, em inglês, *interspersion*.

Forma				
Área	16,0 ha	18,9 ha	18,6 ha	18,8 ha
Proporção de limites contrastantes	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>

Figura 9. Proporção de limites contrastantes para quatro diferentes *patches* de dimensão semelhante.

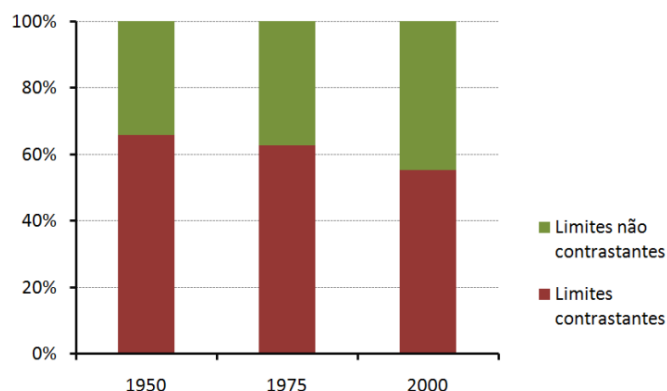


Figura 10. Evolução do peso relativo de limites contrastantes e limites não contrastantes na área em estudo, 1950-2000.

A distância média entre edifícios próximos (indicador 5) é uma métrica raramente encontrada em estudos urbanos, talvez pela sua exigência em termos de processamento computacional. Quando usadas, as métricas de distância são calculadas geralmente entre *patches* ou entre *patches* e outras localizações relevantes (ex. CBD, sedes de concelho), o que permite interpretações sobre o grau de dispersão e/ou afastamento entre unidades urbanas. A distância entre edifícios permite uma leitura inerentemente densimétrica<sup>15</sup> e poderia, talvez, ser substituída ou complementada pela densidade de edifícios/alojamentos por unidade de área (um dos indicadores mais recorrentes na literatura).

<sup>15</sup> Quanto mais próximos estão os edifícios mais densa é a ocupação horizontal do território.

Para os efeitos do presente estudo, o cálculo desta métrica foi efectuado de acordo com o ilustrado na figura 11. Para cada edifício, foi calculada a distância aos três edifícios mais próximos e, depois, obtido o valor médio.

Porque não usar apenas a distância ao edifício mais próximo? Testes exploratórios e o conhecimento da realidade mostraram que a aplicação de tal estatística resultaria numa quase inexistente diferenciação espacial, já que, mesmo em áreas de baixa densidade e grande dispersão edificada, é muito frequente que cada edifício se encontre muito próximo de pelo menos outro edifício. Assim, o uso dos três edifícios mais próximos destinou-se a atenuar o enviesamento produzido pela distância ao edifício mais próximo.

Quando obtidos os resultados médios para toda a região (figura 12), verifica-se que a distância média entre os 3 edifícios mais próximos reduziu mais de 10 metros entre 1950 e 2000. Um estudo de maior desagregação espacial poderá levar a compreender melhor se a diminuição da distância entre edifícios está relacionada com fenómenos de densificação de áreas já edificadas ou com a construção de novos espaços edificados mais densos do que anteriormente ou se ambos os fenómenos contribuíram para o mesmo resultado.

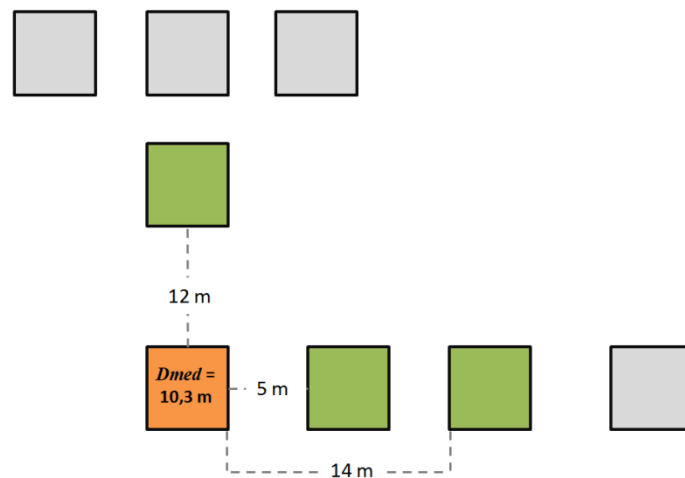


Figura 11. Forma de cálculo da distância média entre edifícios próximos.

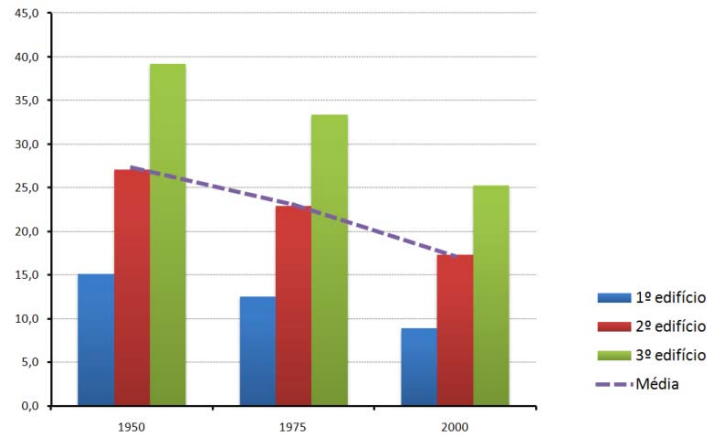


Figura 12. Evolução da distância média entre edifícios próximos para a área em estudo, 1950-2000.

Por último, o indicador 6 destinou-se a averiguar qual a evolução do peso das áreas de edificação dispersa no total de áreas edificadas. O cálculo desta métrica implicou uma prévia delimitação das áreas de edificação dispersa, tendo sido adoptado a metodologia de Marques *et al.* (2009), denominada “delimitação de áreas de densidade homogénea”, e cuja base assenta na geração de um mapa de “densidade de implantação edificada”, no qual se estima, “para cada elemento da tesselação do espaço (célula ou pixel), a percentagem de ocupação horizontal edificada face a uma área total de referência”. As áreas com uma densidade de implantação edificada igual ou inferior a 7% foram consideradas como sendo de edificação dispersa. Pela intersecção geométrica entre as manchas edificadas (*patches*) e as densidades de implantação edificada, obteve-se, por fim, a delimitação das áreas de edificação dispersa ( $\leq 7\%$ ) e das restantes áreas de maior densidade ( $\geq 7\%$ ).

Ainda que as métricas já abordadas tenham dado indicações no sentido da densificação das áreas edificadas, não foi sem alguma surpresa que verificamos uma abrupta diminuição da percentagem das áreas de baixa densidade edificada face às de maior densidade, em particular após 1975 (figura 13). As áreas de edificação dispersa que, em 1950 representavam 34% do total de áreas edificadas, passaram, em 2000, a representar apenas 15%. Em termos absolutos, as áreas de edificação dispersa registavam a menor área ocupada em 1950, com 58km<sup>2</sup>. Em 1975 registou-se o valor mais elevado, na ordem dos 76km<sup>2</sup>. Contudo, entre 1975 e 2000, verificou-se uma redução para 65km<sup>2</sup> <sup>16</sup>.

Esta dinâmica explica-se porque estamos a analisar os processos de urbanização na primeira e segunda coroa metropolitana, áreas que atraíram fortemente os processos de deslocalização e

<sup>16</sup> É importante sublinhar que os valores obtidos estão dependentes do método e dos critérios de delimitação das áreas de edificação dispersa.

relocalização de funções e pessoas, e que por isso densificaram. A aglomeração estendeu-se e a dispersão alastrou para novos territórios (também para fora da área em estudo).

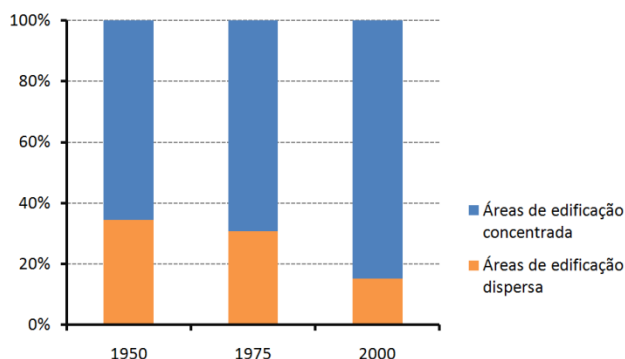


Figura 13. Evolução da percentagem de áreas de edificação dispersa para a área em estudo, 1950-2000.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram aqui apresentados os resultados preliminares de um trabalho que se insere num projecto mais vasto de estudo dos processos de urbanização recente em Portugal Continental.

Para além dos principais resultados quantitativos, a seguir sumariados e discutidos, é importante começar por destacar que a hipótese de trabalho inicial foi aqui ensaiada com resultados bastante promissores. O estudo do fenómeno urbano, baseado em cartografia digital multi-temporal, permite, como foi amplamente demonstrado, obter estatísticas e indicadores de interesse analítico.

Quanto à proposta de produzir a base cartográfica multi-temporal a partir de edições antigas de cartografia topográfica, o método comprovou algumas das vantagens previstas, de que se destacam a elevada escala (1:25.000) e a grande extensão territorial. Como aspectos menos positivos há a referir o facto deste modelo de trabalho estar bastante dependente da disponibilidade de edições antigas, e de nem todas as áreas do território terem sido cobertas por semelhante frequência de actualizações cartográficas. A mudança de critérios de generalização e simbolização cartográficas que se verificou ao longo do tempo mostrou ter algumas implicações na qualidade da cartografia final. Por fim, o processo de digitalização, embora expedito, revelou exigir recursos não olvidáveis.

Interessa, por fim, sublinhar os principais resultados obtidos com base na cartografia produzida. O período em análise assistiu a um crescimento muito significativo das áreas edificadas (crescimento global de 160%), que passaram a ocupar 22% da área total em estudo

em 2000, quando, em 1950, estas áreas representavam apenas 8% do território. No entanto, os ritmos de crescimento foram diferenciados no *tempo*: mais moderados no período 1950-1975 (47%) e mais acentuados no período 1975-2000 (75%).

Os ritmos de crescimento foram diferenciados no *espaço*: o Porto, centro da aglomeração, cresceu sobretudo no período 1950-1975. Matosinhos, Gondomar, Valongo (concelhos da primeira coroa metropolitana) cresceram de modo idêntico em ambos os períodos e os restantes concelhos cresceram sobretudo no período 1975-2000.

A análise de alguns indicadores de forma urbana sugere que a forte expansão das áreas edificadas não foi acompanhada por um aumento proporcional dos padrões de povoamento disperso: verificou-se uma diminuição da proporção de interfaces urbano-rurais, face aos interfaces urbano-urbano; a distância entre edifícios diminuiu, tornando os espaços construídos mais compactos; a proporção de áreas de muito baixa densidade edificada (áreas edificação dispersa) também diminuiu face às restantes áreas de edificação mais densa.

Na área em estudo, todos os indicadores analisados levam a crer que o crescimento das áreas edificadas parece ter sido feito sobretudo pela extensão, colmatação e densificação de áreas edificadas já existentes, contrariando a ideia de disseminação caótica e generalizada de áreas de edificação dispersa<sup>17</sup>. Reconhecemos que a natureza dos indicadores, calculados de uma forma global para a área em estudo, mascaram as variabilidades internas, mas estas não negam a tendência dominante.

No sentido de aprofundar o estudo dos processos recentes de urbanização em Portugal Continental e dissecar melhor as hipóteses conclusivas aqui traçadas, estão a ser desenvolvidas novas linhas de trabalho que incluem:

- Reforço da bateria de indicadores e das metodologias de análise;
- Alargamento da área já cartografada e estudada do NW e repetição do mesmo exercício para a metrópole de Lisboa;
- Estudar o comportamento das variáveis com maiores desagregações espaciais, com vista à captação das variabilidades internas dos aglomerados urbanos;
- Comparação dos modelos de expansão urbana nas duas principais metrópoles;
- Definição de áreas de amostragem e tipificação de processos e morfologias urbanas a escalas de maior desagregação espacial.

---

<sup>17</sup> De frisar que estas conclusões se aplicam exclusivamente à área em estudo. Tais conclusões não são extensíveis ao povoamento isolado, fenómeno que merece estudo próprio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascher, F. (1995) - *Metapolis ou l'avenir des villes*. Edition Odile Jacob. Paris. 345 p.
- Campoli, J., MacLean, A. (2007) – *Visualizing Density*. Lincoln Institute of Land Policy. 152 p.
- Costa, E.M., Rocha, J., Rodrigues, M. (2009) – Urban form analysis employing land cover and spatial metrics: the case of the Lisbon Metropolitan Area. Comunicação apresentada ao V Congresso Internacional Cidade e Território Virtual, 2 a 4 de Junho de 2009, Barcelona.
- Dubois-Taine, G., Chalas, Y. (1997) - *La Ville émergente*. Editions de l'Aube. 285 p.
- European Environmental Agency (2006) – *Urban Sprawl in Europe – The Ignored Challenge*. EEA Report no. 10/2006. European Commission, Joint Research Centre; European Environmental Agency. Copenhaga 56 p.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S., Freihage, J. (2001) – Wrestling Sprawl to the ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate*. 12(4): 681-717.
- Garreau, J. (1992) - *Edge City: Life on the new frontier*. Anchor Books. 576 p.
- Gaspar, J. (1999) – Economic Restructuring and New Urban Form. *Finisterra*. XXXIV(67-68): 131-152.
- Haumont, N. e Levy, J. (1998) - *La ville éclatée. Quartiers et peuplement*. L'Harmattan. 261 p.
- Herrington, J. (1984) – *The Outer City*. Butler & Tanner. Londres.
- Irwin, E.G. e Bockstael, N.E. (2007) – The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. *Proceedings of National Academy of Sciences of United States of America*. 104(52): 20672-20677.
- Kasanko, M., Barredo, J., Lavalle, C., McCormick, N., Demicheli, L., Sagris, V., Brezger, A. (2006) – Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas. *Landscape and Urban Planning*. 77(1/2): 111-130.
- Lo, C.P. (2007) – The application of geospatial technology to urban morphological research. *Urban Morphology*. 11(2): 81-90.
- Marques, T., Silva, F., Delgado, C. (2009) – A ocupação edificada: delimitação de áreas de densidade homogénea. Comunicação ao Seminário *A ocupação dispersa no quadro dos PROT e dos PDM*, 12 de Novembro de 2009, Évora.
- McGarigal, K. e Marks, B. (1995) – *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. General Technical Report PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- Mongin, Olivier (1995) – *Vers la Troisième Ville?* Hachette. 141 p.
- Pinho, P. e Oliveira, V. (2008) – Cartographic analysis in urban morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 36(1): 107:127.
- Song, Y. e Knaap, G.-J. (2004) – Measuring Urban Form: Is Portland Winning the War on Sprawl?. *Journal of the American Planning Association*. 70(2): 210-225.
- Telesca, L., Coluzzi, R., Lasaponara, R. (2009) – Urban Pattern Morphology Time Variation in Southern Italy by using Landsat imagery. *Geocomputation and Urban Planning*. Springer Berlin / Heidelberg. 176: 209:222.
- Tsai, Y.-H. (2005) – Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies*. 42(1): 141-161.

Vance, J. (1964) – *Geography and Urban Evolution in the San Francisco Bay Area*. Institute of Governmental Studies, University of California, Berkeley.

Vernon, R. (1962) – *Metropolis 1985*. Harvard University Press. Cambridge.

Viard, J. (1994) – *La Société d'Archipel ou les Territoires du Village Global*. Éditions de l'Aube. 126 p.