

## 9. Aplicação da *space syntax* como ferramenta de simulação

**Marcelo Altieri**

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Roberto Frias 4200-465 Porto, Portugal. E-mail: up200601771@fe.up.pt

**Mona Jabbari**

Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal. E-mail: monajabbari@yahoo.com

e

**João Ventura Lopes**

ISTAR-IUL, Instituto Universitário de Lisboa, Avenida das Forças Armadas, 1649-026 Lisboa, Portugal. E-mail: jvsls@iscte.pt

**Resumo.** *Elaborado no âmbito do Workshop PNUM2015 'Diferentes Abordagens no Estudo da Forma Urbana' (FEUP, Junho-Julho 2015), este trabalho explora a teoria e aplica a metodologia da space syntax no contexto da morfologia urbana. Suportado pelo carácter especulativo-projetivo e quantitativo desta abordagem, elementos que a diferenciam das escolas histórico-geográfica e tipológico-processual, constroem-se quatro cenários distintos para aplicação no caso de estudo da Rua Costa Cabral (Porto). Além da situação existente, outros três casos hipotéticos e de grande impacto são projetados. De um modo exploratório e a partir da análise dos resultados obtidos através do software Depthmap, busca-se validar a capacidade de simulação da space syntax e compreender os seus principais conceitos e métodos. Por fim, o trabalho ilustra o seu potencial no suporte a projetistas e decisores, e na construção de um projeto mais baseado na evidência e numa compreensão mais profundada do fenómeno urbano.*

*Palavras-chave:* space syntax, forma urbana, simulação, urbanização

### Introdução

A morfologia urbana como estudo do fenómeno urbano centrado na sua manifestação física (forma) apresenta-se como um campo de investigação multidisciplinar e heterogéneo. Ao reunir num mesmo campo um conjunto de escolas com origem disciplinar diversa (geografia, historia, arquitetura, sociologia, etc.), baseadas em teorias urbanas distintas e métodos que vão da análise qualitativa à quantitativa, estimula a integração das diversas abordagens e a sua aplicação nos instrumentos de projeto e planeamento (Pinho e Oliveira, 2009).

Diferente das metodologias histórico-geográfica da escola inglesa (Conzeniana) (Whitehand, 2013) ou tipológico-processual italiana (Muratoriana) (Cataldi *et al.*, 2014), a *space syntax* apresenta-se como a mais recente das escolas no campo da morfologia urbana e como uma teoria das relações entre espaço e sociedade. Aparece nos anos setenta na *Bartlett School, University College London*, como reação a uma disciplina da arquitetura demasiado 'normativa' e pouco 'analítica' (Hillier, 1996). Ligada inicialmente ao pensamento antropológico-estruturalista e aos desenvolvimentos da linguística nas décadas precedentes, tem um carácter científico-matemático vincado e os seus modelos pretendem, simultaneamente, analisar e interpretar as realidades arquitetónicas e urbanas de uma forma objetiva, consistente e mensurável. Os seus textos fundamentais são: *The social logic of space* (Hillier e Hanson, 1984) e *Space is the machine* (Hillier, 1996). A teoria tem por base a identificação das propriedades estruturantes do espaço arquitetónico e urbano. Por um lado, procura identificar as unidades capazes de 'discretizar' o espaço contínuo e, por outro, métodos que permitam estudar as suas propriedades relacionais ou *configuracionais*. Como tal tem um enfoque especial nas propriedades topológicas dos sistemas

espaciais e faz extensivo uso da teoria de redes e grafos, cuja origem está, curiosamente, ligada à resolução de um problema matemático (designado por ‘As sete pontes de Königsberg’ e resolvido por Leonhard Euler em 1736) suscitado por uma situação urbana.

Esta teoria tem demonstrado ao longo das últimas décadas fortes correlações entre os resultados das suas análises e fenómenos urbanos, tais como: o movimento pedestre (Hillier *et al.*, 1993), distribuição de usos e valores do solo (Perdikogianni e Penn, 2005) ou ocorrências de crime (Nubani e Wineman, 2005). Assim apresenta-se como um instrumento precioso para a elaboração de projeto baseados na evidência (*evidence based design*) (Heitor e Silva, 2015). Este facto, aliado ao contínuo aperfeiçoamento conceptual e técnico, à disseminação do uso do computador e à vitalidade de uma comunidade crescente de investigadores, tem permitido a difusão da *space syntax*. Aparece nos estudos de acessibilidade e transportes (Zhuang e Song, 2015), de arqueologia (Paliou *et al.*, 2014), de arquitetura paisagística (Mahmoud e Omar, 2015), de programação funcional de espaços (Helme e Derix, 2014), de cognição e percepção espaciais (Hillier e Iida, 2005; Hillier, 2012), para além de morfologia urbana, de que passou a fazer parte integrante (Hillier e Hanson, 1998).

A *space syntax* trata a forma urbana através de uma análise mista, demarcando claramente a componente estritamente técnica (representação espacial e análise topológica de grafos) da interpretativa (correlação com fenómenos urbanos). A abordagem implica a existência de um conjunto de conceções básicas: o *espaço convexo* (um espaço bidimensional sem áreas *cegas*), o *espaço axial* (uma linha reta que expressa uma possibilidade de acessibilidade, visual ou física), e a *isovista* (*isovist*, a área total visível a partir de um ponto no espaço). Neste trabalho focamos-nos no espaço axial e na representação, ou mapa sintático, que lhe está subjacente: o mapa axial. Esta peça essencial para o desenvolvimento da análise é definida por um procedimento orientado por regras objetivas: o menor número dos eixos – segmentos de reta planos – mais longos, capazes de sintetizar uma estrutura contínua de espaços convexos e as suas ligações (Hillier e Hanson, 1984). Apesar de ter uma componente interpretativa, a elaboração de um determinado mapa axial tende a representar uma estrutura espacial sem ambiguidade, mesmo quando desenvolvido por pessoas distintas. Igualmente, os resultados obtidos também tenderão a ser inequívocos e, portanto, universais. Assim, o estudo da forma urbana sob a ótica da *space syntax* recorre, inicialmente, à produção de uma representação genérica, conferindo exclusividade e características individuais (suportadas por conhecimento especializado, académico, experiência profissional e do local, etc.) apenas na etapa posterior de interpretação dos resultados.

Não dependendo de uma base subjetiva e pessoal, mas da criação de modelos abstratos da realidade que vão além da sua representação arquitetónica ou geográfica convencional, a metodologia da *space syntax* também se diferencia por permitir um estudo dinâmico da forma urbana. A partir de simulações, é possível prever os potenciais impactos e alterações na estrutura espacial que determinadas propostas de intervenção ou cenários hipotéticos poderão criar. Outra disparidade metodológica reside na dimensão física das áreas analisadas. Enquanto as abordagens histórico-geográfica e tipológico-processual permitem maior pormenorização do objeto de estudo, e logo trabalhar com escalas reduzidas em estudos detalhados, a *space syntax* exige uma análise alargada, relacionando-o sempre com o contexto alargado onde está embebido. Assim, evidencia-se que pequenas alterações no mapa axial, com características cirúrgicas e pontuais, em áreas urbanas contínuas e homogéneas, não devem produzir grande impacto nos resultados gerados. Em situações especulativas, como é o caso deste estudo, as hipóteses devem-se configurar como cenários de grande transformação.

É a partir destas constatações técnicas e metodológicas intrínsecas à teoria da *space syntax* que surge a proposta de abordagem deste estudo: investigar a variação dos resultados da análise do mapa axial em três cenários hipotéticos para a área do caso de estudo (parte norte da Rua Costa Cabral, Porto), e compreender o modo como os dados obtidos podem evidenciar propriedades estruturais e produzir conhecimento no estudo da forma urbana. O texto segue do seguinte modo: a secção 2 aponta, sucintamente, algumas considerações iniciais sobre o caso de estudo; seguida da secção 3 onde se define a metodologia a ser empregue; a secção 4 apresenta os modelos produzidos, os seus resultados e comentários; e, por fim, a secção 5 apresenta as conclusões e considerações finais.

## **Caso de estudo: Parte norte da Rua Costa Cabral**

Apesar da abordagem da *space syntax* não fazer referência direta a questões históricas e de contextualização funcional ou outra, o seu desconhecimento pode resultar em conclusões enviesadas ou erróneas. Assim devem-se fazer umas breves considerações respeitantes ao caso de estudo, já que este se baseia numa estrita análise sincrónica da estrutura urbana atual.

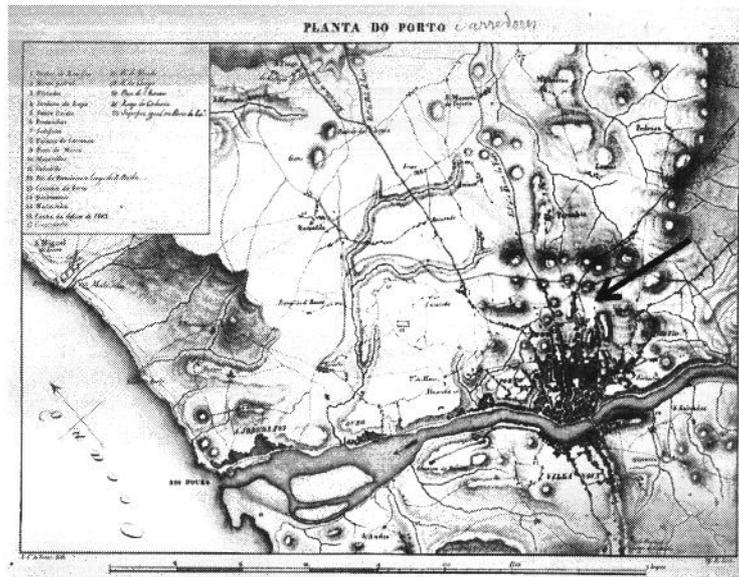
Primeiramente destaca-se o facto da atual Rua Costa Cabral, aberta durante o século XIX, ser erguida sobre o traçado da antiga estrada entre o Porto e Guimarães (Figura 9.1). Semelhante fenómeno ocorre, por exemplo, nos casos da Rua do Amial (Braga), Rua de Monte dos Burgos (Vila do Conde) e Avenida Brasil (Matosinhos). Com exceção da Avenida do Brasil, os demais casos apresentam um desenvolvimento urbano relativamente similar e contemporâneo, tendo registado maior intensidade durante o início do século XX. Com o avanço do processo de urbanização e a execução dos diversos planos de expansão e modernização do Porto, a dinâmica urbana da Rua Costa Cabral foi alterada e deixou de exercer função centralizadora e estruturadora na sua vizinhança. Novas vias de circulação foram abertas, entre as quais a Avenida de Fernão de Magalhães. Com a implementação do novo arranjo viário dos eixos da Rua da Constituição, Rua de Latino Coelho / Rua Nova de São Crispim e Avenida de Fernão de Magalhães, esta última transformou-se no principal elemento estruturador do local. Conforme será apresentado nos mapas da secção 4, este novo eixo apresenta a maior capacidade integradora desta zona da cidade.

Deve-se destacar ainda que o tráfego de veículos particulares na Rua Costa Cabral é condicionado, sendo proibido em determinados troços. Assim, considerando o, historicamente, recente cenário de aumento do uso do automóvel, acentuado processo de suburbanização da Área Metropolitana do Porto e a forte concorrência de mobilidade disponível na região, torna-se inevitável o esvaziamento da circulação motorizada pela Rua Costa Cabral, desencadeando um processo de redução da sua dinâmica urbana, apenas contrariado na sua parte sul pela proximidade aos acessos do metro.

## **Metodologia**

Para compreender o potencial da *space syntax* no estudo da forma urbana, são propostos quatro modelos de análise sintática axial. Os modelos são compostos pela situação atual do caso de estudo e mais três cenários hipotéticos. Conforme referido anteriormente, as três ‘experiências’ propostas ilustram cenários de mudança drástica na forma urbana, com a finalidade de afetar significativamente o comportamento dos resultados e gerar novas observações contrastantes, a fim de melhor ilustrar e tornar mais claras as conclusões finais. Para definir as propostas de simulação, utilizou-se como critério fundamental a simples manipulação do mapa axial base. A partir destas simples operações pode-se extrair valiosos indicadores de impacto, demonstrando não ser absolutamente necessário desenvolver um projeto formal ou plano urbanístico prévio. Assim, definem-se os seguintes quadros hipotéticos: A) hipótese de remoção da Rua Costa Cabral (parte norte); B) hipótese de remoção da Avenida Fernão de Magalhães; e C) hipótese de atribuir um único eixo - linha axial à Avenida Fernão de Magalhães.

Este estudo utiliza uma metodologia baseada na experimentação empírica e especulativa, numa postura de quase *reductio ad absurdum*. Segue uma estrutura dividida em duas partes. Primeiro, produzem-se os dados em bruto, essencialmente quantitativos. Esta etapa é definida pela elaboração dos mapas axiais, num programa CAD *standard*, e sua inserção no *software Depthmap* (Varoudis, 2015), a fim de produzir as análises topológicas dos grafos resultantes, e



**Figura 9.1. Localização da Rua Costa Cabral em cartografia do século XIX (fonte: Biblioteca Nacional, 1830).**

de onde se extraem os valores das métricas sintáticas. Os conceitos fundamentais da *space syntax*, traduzidas nessas métricas, incluem a noção de ‘integração’ (*integration* ou *closeness centrality*) e ‘escolha’ (*choice* ou *betweenness centrality*) que podem ter expressão global (todo o sistema), ou local (vários ‘raios’ de análise). A ‘integração’ de um espaço é uma função do número médio de linhas axiais ou mudanças de direção necessários para ir desse espaço a todos os outros no sistema. Trata-se de acessibilidade sintática (topológica) e não métrica, e é usada a expressão ‘profundidade’ em vez de ‘distância’ para ilustrar o afastamento entre espaços. A ‘escolha’ é uma medida do fluxo que atravessa um espaço, contabilizando o número de vezes que é utilizado nos caminhos mínimos que ligam todos os espaços do sistema. Estas duas medidas estão ligadas respetivamente a potenciais de movimento ‘para’ (integração) e ‘através de’ (escolha), indicando o carácter de ‘destino’ ou de ‘atravessamento’ dos espaços e o diferente tipo de atratividade que exercem nos usos, num círculo virtuoso entre configuração e localização (Hillier *et al.*, 1993). As outras duas medidas sintáticas básicas, ou de primeira ordem, são a ‘conectividade’ (*connectivity*, número de vizinhos imediatos) e o ‘controlo’ (*control value*, grau de controlo de acesso sobre os vizinhos imediatos) – ver Al Sayed *et al.* (2014).

Escolhemos ilustrar o comportamento de três métricas das mais estabelecidas: integração global (*integration HH*), integração local raio 3 (*integration R3*) e escolha local raio 3 (*choice R3*) para cada situação proposta. A etapa posterior constitui a vertente analítica, onde se procede à interpretação dos dados fornecidos pelo *software* de análise.

Assim, a partir da definição de uma área de aproximadamente 9 km<sup>2</sup> (inscrita num quadrado 3x3 km, centrado na Rua Costa Cabral), foram elaborados tanto o mapa axial base, referente à situação atual, como os mapas dos casos hipotéticos a serem analisados. Os valores são representados numa escala de cores de vermelho (alto) a azul-escuro (baixo), sendo ainda apontado o valor absoluto e variação, em relação ao atual, das principais linhas axiais das duas vias em comparação: Rua Costa Cabral e Avenida Fernão de Magalhães. Na hipótese C o valor da variação é referente à média dos valores registados para a situação atual desta avenida. Faz-se menção ao facto de o mapa axial ter sido produzido manualmente, pelas heurísticas características do método (determinação de eixos e *unlinks*), e, devido à falta de informação detalhada, através do espaço público aberto, em oposição ao espaço público acessível.

O processo é completado com a interpretação dos mapas produzidos e exame crítico dos resultados. Procura-se compreender o comportamento das análises sintáticas fornecidas pelo *software Depthmap*, a sua dinâmica intrínseca, a sua capacidade de simular o comportamento e

discernir entre propostas de intervenção, e, assim, o modo como pode enriquecer o estudo morfológico e a prática projetual ou de planeamento urbanos. Também se tenta aferir da sensibilidade do método ao modo como são construídos os mapas axiais comparando o mapa da situação atual com o da hipótese C.

Os resultados serão analisados em blocos organizados consoante a temática de cada mapa. Assim, permite-se compreender como cada quadro hipotético altera as análises e quais as suas consequências a diversas escalas.

## Resultados

A partir da geração dos mapas finais, constata-se a presença de uma área central bem demarcada comportando os mais elevados índices (*core*), contendo as linhas axiais mais longas provenientes da zona central da cidade, e uma periferia rarefeita. O fenómeno torna-se mais evidente em ambos os mapas de integração. Este comportamento pode ser explicado pela maior concentração de informação no núcleo central e nas linhas axiais mais longas, enquanto as ramificações periféricas transmitem a ideia de capilaridade e baixa conectividade, de onde não estará ausente o ‘efeito fronteira’ devido à artificialidade dos limites de análise (mais pronunciado nas análises globais).

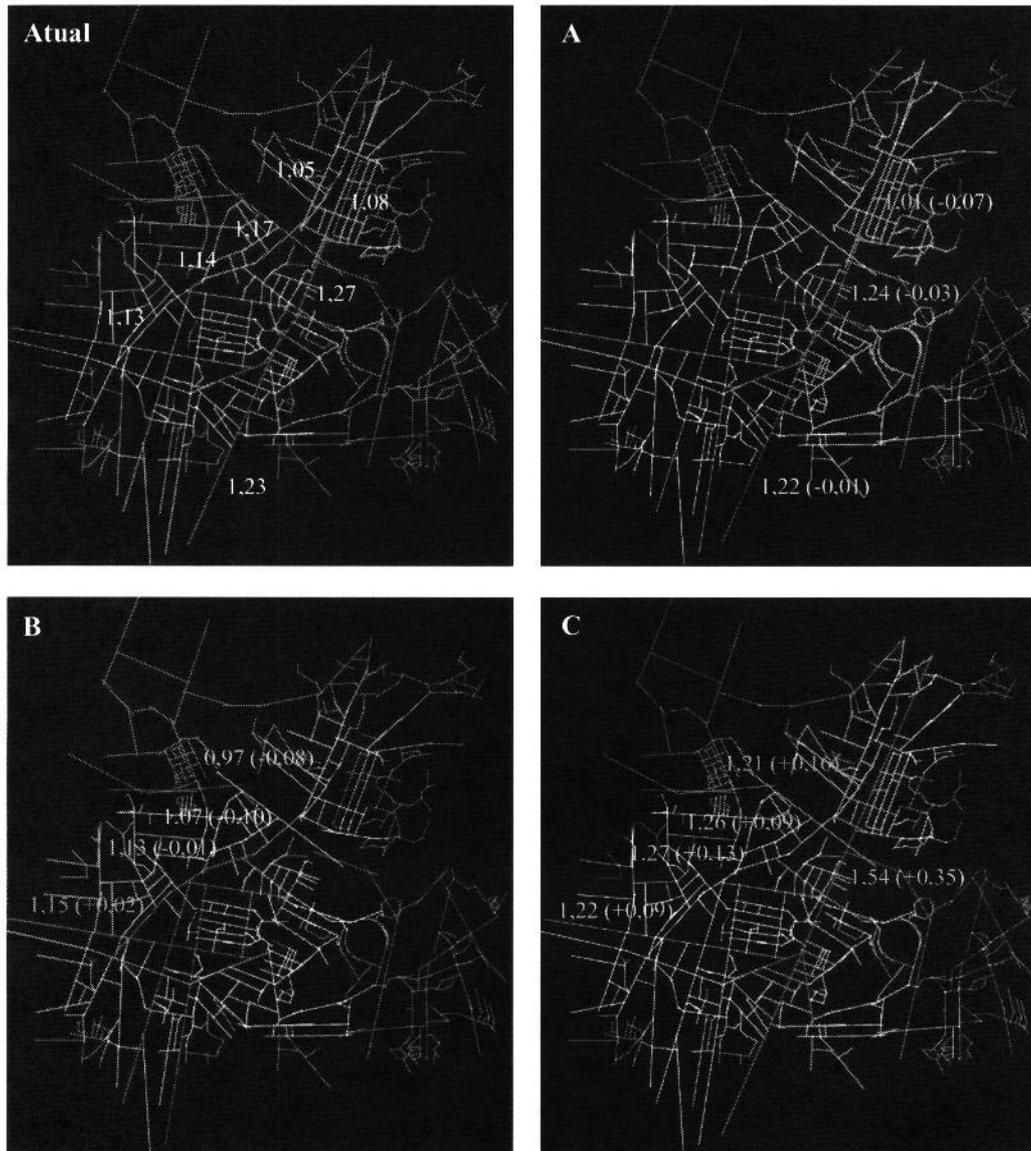
Conforme representado pela Figura 9.2, tanto na situação atual como na hipótese B, a Rua Costa Cabral desenvolve uma sensível perda de capacidade de integração global ao longo de sua extensão. Nota-se, também, que na ausência do eixo da Avenida Fernão de Magalhães o potencial de integração global da Rua da Constituição, Rua da Alegria, Rua de Santos Pousada e a parte sul da Rua Costa Cabral (entre a Praça Marquês de Pombal e a VCI) aumenta consideravelmente. Apesar dos valores desta última não sofrerem alterações significativas, a sua importância relativa no sistema aumenta.

Por outro lado, quando é atribuído uma única linha axial à Avenida Fernão de Magalhães, os espaços em redor registram um aumento e homogeneização de integração global, sendo que toda a extensão da Rua Costa Cabral se estabiliza numa intensidade uniforme.

Os resultados de integração e escolha locais, ambos de raio 3, evidenciam menor dinâmica, em conformidade com a previsível maior estabilidade da configuração a essa escala de análise. Apenas a hipótese C foi capaz de produzir impacto significativo e relevante nos resultados. Os mapas de integração local, na Figura 9.3, indicam uma ligeira modificação, evidenciando uma diminuição dos valores nos espaços localizados nas imediações das respetivas vias suprimidas (hipóteses A e B). Destaca-se a ligeira alteração de comportamento registado na hipótese C, onde o potencial de integração local concentra-se quase exclusivamente no longo eixo da Avenida de Fernão de Magalhães. Os demais espaços localizados nas proximidades deste eixo central adquirem um valor de integração homogéneo, definindo uma escala bem definida em três níveis, evidenciando uma maior hierarquização.

Este cenário destaca o equilíbrio do relacionamento entre dois modos distintos da estrutura geométrica urbana, marcando as ruturas com os padrões pré-existent. São perceptíveis as dinâmicas de articulação entre os modelos formais ortogonais e racionais – amplitude espacial, longos eixos visuais e perspectivas, com os modelos informais de traçado mais intrincado – ocupação adaptada ao local com uma maior individualidade de espaços; assim como o efeito de criação de grandes eixos de atravessamento, de que são exemplos paradigmáticos os planos de Barcelona, de Cerdà, e de Paris, de Hausmann.

Por fim, a Figura 9.4 apresenta os resultados da escolha local (R3). Esta métrica (escolha) caracteriza-se pela distribuição exponencial dos seus valores, criando uma contrastante imagem figura-fundo da hierarquia do tecido urbano. Com o desaparecimento da Rua Costa Cabral na hipótese A existe um aumento do número de espaços com valores elevados em focos periféricos



**Figura 9.2. Mapas de integração global.**

localizados, enquanto na hipótese B o papel distributivo desempenhado pela Avenida Fernão de Magalhães é repartido homogeneamente pelo sistema. A hipótese C ilustra mais uma vez o papel fundamental desempenhado pelos grandes eixos na acessibilidade urbana, tendo a Avenida Fernão de Magalhães um aumento exponencial do seu valor se reduzido a um único eixo, destacando-se, juntamente com um conjunto reduzido de espaços, no segmento dos valores mais elevados.

### **Conclusões**

Os resultados obtidos pelas análises sintáticas da Rua Costa Cabral corroboram a capacidade especulativo-projetiva da metodologia da *space syntax* na pesquisa da forma urbana. Conforme

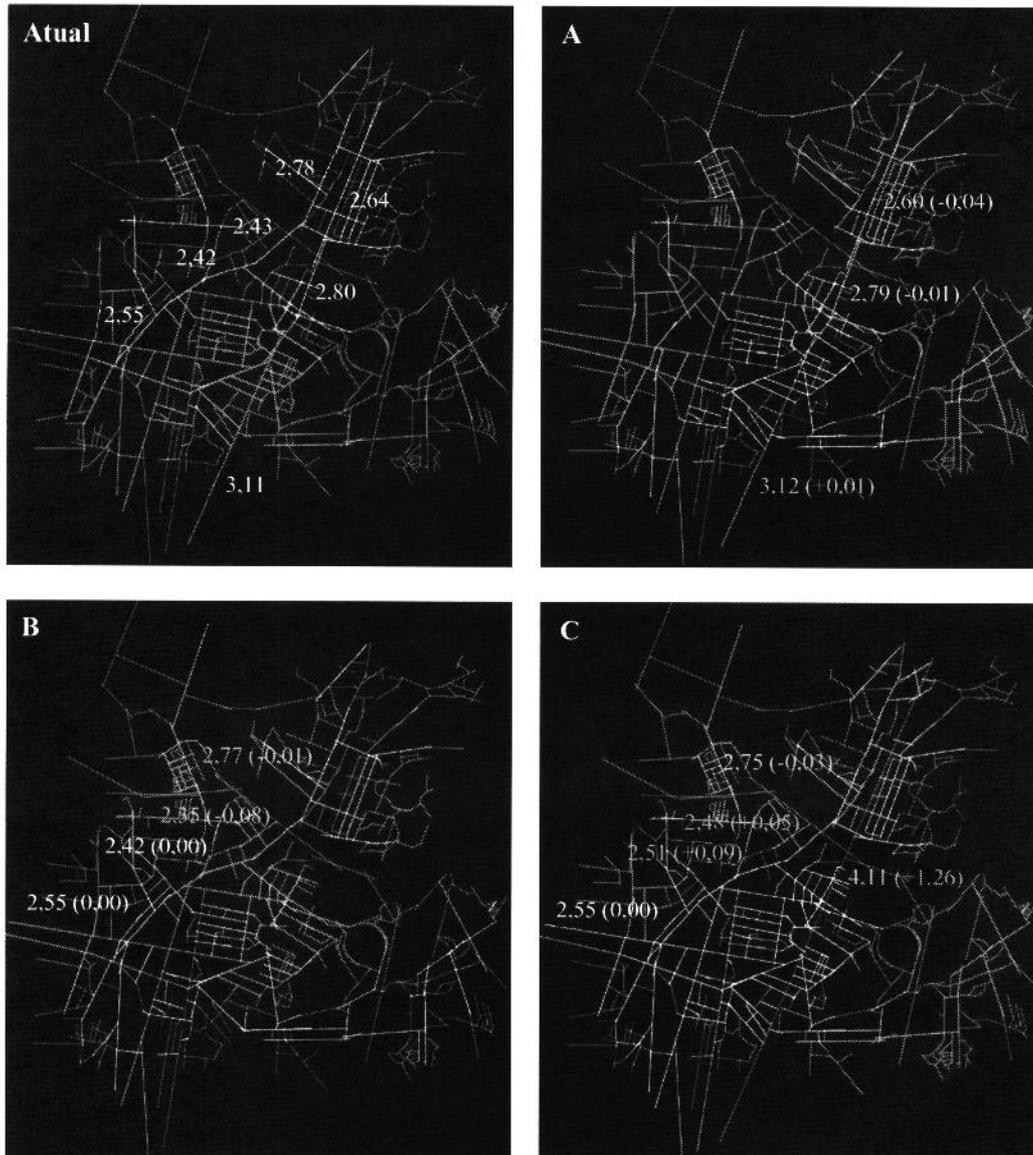
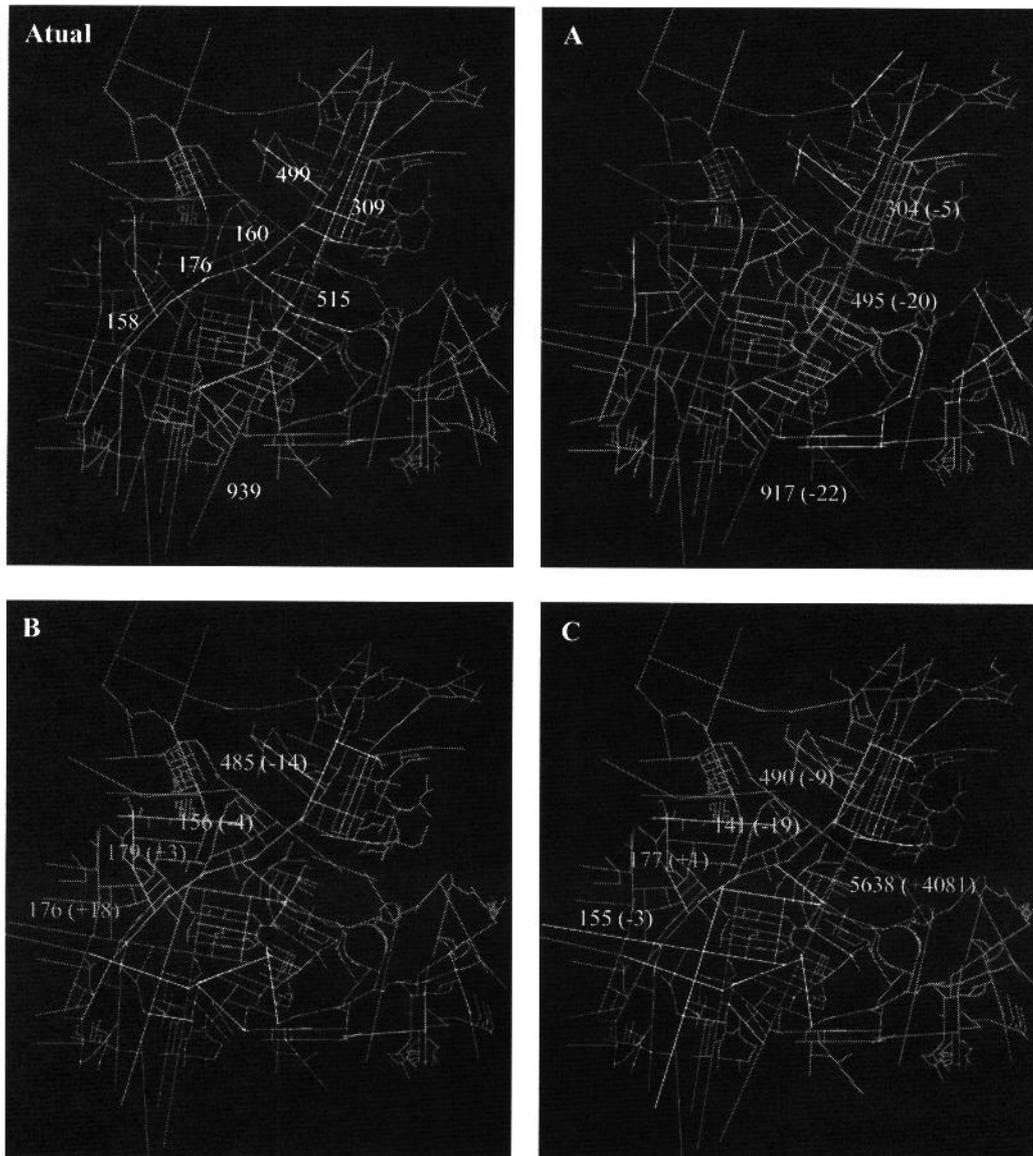


Figura 9.3. Mapas de integração local (R3).

demonstrado pelas experiências efetuadas, a ferramenta de análise *Depthmap* permite tanto o estudo de situações reais como delinear cenários hipotéticos e verificar quais as potenciais consequências a escalas tanto locais como globais. Isto de uma maneira célere, mas alicerçada numa robusta teoria desenvolvida ao longo dos últimos 40 anos e aqui apenas aflorada. Apesar de exigir uma aprendizagem aturada para a manipulação correta de ferramentas e conceitos, pode tornar-se num potente meio de suporte ao projeto, tanto em situação nova como em intervenção no espaço urbano consolidado, e ao planeamento estratégico.

Merece destaque a vasta gama de informações oferecidas pela metodologia. Para além dos mapas axiais aqui exemplificados, a análise de espaços convexos e em especial a análise visual baseada em grafos (*Visual Graph Analysis – VGA*) são outras vertentes em plena expansão que permitem um largo espectro de análises espaciais. Apesar de não ter sido explorado por este trabalho, a partir do mapa axial base podem-se extrair outras métricas, e mesmo produzir um outro tipo de análise linear (de segmentos), a partir da segmentação das linhas axiais (entre interseções)



**Figura 9.4. Mapas de escolha local (R3).**

e utilizando uma métrica angular, mais sensível à mudança de carácter ao longo dos eixos. Tal como demonstrado pelos comportamentos das análises da hipótese C, esta insensibilidade à mudança de carácter ao longo de eixos extensos é, juntamente com a sua indiferença à composição geométrica ou à topografia, uma das críticas mais correntes a este método (ver, por exemplo, Ratti, 2004).

Assim, cabe à equipa investigadora definir as regras de construção dos mapas, o âmbito da análise sintática, quais os critérios de maior relevância e em que parâmetros estes serão avaliados, tendo consciência, tal como na aplicação de qualquer método ou ferramenta, das virtudes e limitações que lhe são inerentes.

### **Agradecimentos**

A investigação do autor João Ventura Lopes é apoiada pela bolsa FCT SFRH/BD/95148/2013.

## Referências

- Al Sayed, K., Turner, A., Hillier, B., Iida, S. e Penn, A. (2014) *Space syntax methodology* (Bartlett School of Architecture, UCL, Londres).
- Cataldi, G., Maffei, G. L. e Vaccaro, P. (2014) 'Saverio Muratori e a escola Italiana de tipologia projetual', *Revista de Morfologia Urbana*, 25-36. [Cataldi, G., Maffei, G. L. e Vaccaro, P. (2002) 'Saverio Muratori and the Italian school of planning typology', *Urban Morphology* 6, 3-14.]
- Heitor, T. e Silva, J. P. (2015) 'A sintaxe espacial e o ambiente construído - análise morfológica' em Oliveira, V., Marat-Mendes, T. e Pinho, P. (eds.) *O estudo da forma urbana em Portugal* (UPorto Editorial, Porto) 147-189.
- Helme, L. e Derix, C. (2014) 'Spatial configuration: semi-automatic methods for layout generation in practice', *The Journal of Space Syntax* 5, 35-49.
- Hillier, B. (1996) *Space is the machine: a configurational theory of architecture* (Cambridge University Press, Cambridge).
- Hillier, B. (2012) 'Studying cities to learn about minds: some possible implications of space syntax for spatial cognition', *Environment and Planning B: Planning and Design* 39, 12-32.
- Hillier, B. e Hanson, J. (1984) *The social logic of space* (Cambridge University Press, Cambridge).
- Hillier, B. e Hanson, J. (1998) 'Space Syntax as a research programme', *Urban Morphology* 2, 108-10.
- Hillier, B. e Iida, S. (2005) 'Network and psychological effects in urban movement' em Cohn, A. e Mark, D. (eds.) *Spatial Information Theory SE - 30* (Springer, Berlim) 475-90.
- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T. e Xu, J. (1993) 'Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement', *Environment and Planning B: Planning and Design* 20, 29-66.
- Mahmoud, A. H. e Omar, R. H. (2015) 'Planting design for urban parks: space syntax as a landscape design assessment tool', *Frontiers of Architectural Research* 4, 35-45.
- Nubani, L. e Wineman, J. (2005) 'The role of space syntax in identifying the relationship between space and crime' em Nes, A. (ed.) *Proceedings 5th International Space Syntax Symposium* (Purdue University Press, Delft) 413-22.
- Paliou, E., Lieberwirth, U. e Polla, S. (eds.) (2014) *Spatial analysis and social spaces interdisciplinary approaches to the interpretation of prehistoric and historic built environments* (De Gruyter, Berlim).
- Perdikogianni, I. e Penn, A. (2005) 'Measuring diversity: a multi-variate analysis of land use and temporal patterning in Clerkenwell' em Nes, A. (ed.) *Proceedings 5th International Space Syntax Symposium* (Purdue University Press, Delft) 741-61.
- Pinho, P. e Oliveira, V. (2009) 'Combining different methodological approaches to analyze the Oporto Metropolitan Area' em Koch, D., Marcus, L. e Steen, J. (eds.) *Proceedings 7th International Space Syntax Symposium* (KTH Architecture School, Stockholm) 088:1-088:12.
- Ratti, C. (2004) 'Space syntax: some inconsistencies', *Environment and Planning B: Planning and Design* 31, 487-99.
- Varoudis, T. (2015) DepthmapX Multi-Platform Spatial Network Analysis Software, Version 0.50 OpenSource (<https://github.com/varoudis/depthmapX>).
- Whitehand, J. W. R. (2013) 'Morfologia urbana Britânica: a tradição Conzeniana', *Revista de Morfologia Urbana* 1, 45-51. [Whitehand, J. W. R. (2001) British urban morphology: the Conzenian tradition, *Urban Morphology* 5, 103-9.]
- Zhuang, Y. e Song, X. (2015) 'Combined impacts of configurational and compositional properties of street network on vehicular flow' em Karimi, K., Vaughan, L., Sailer, K., Palaiologou, G. e Bolton, T. (eds.) *Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium* (Space Syntax Laboratory, The Bartlett School of Architecture, University College London, Londres) 89:1-89:12.

