

# **Modelação SIG de uma rede de transportes multimodal**

Sua aplicação em acessibilidade à escala urbana

**Melissa GAMA<sup>1</sup>, Lino TRALHÃO<sup>2</sup>, João COUTINHO<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Dep<sup>o</sup> Eng<sup>a</sup> Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

Rua Luís Reis Santos - Pólo II da Universidade

3030-788 Coimbra, PORTUGAL

<sup>2</sup>INESC-Coimbra

Rua Antero de Quental, 199, 3000 - 033 Coimbra, PORTUGAL

**Keyword:** Acessibilidade, Redes Multimodais, SIG

## **Introdução**

Na literatura científica o conceito de acessibilidade tem diversas definições, variando consoante os estudos e as aplicações efectuadas [1]. Ainda nesta literatura, encontra-se um conjunto bastante extenso de indicadores de acessibilidade. Um indicador de acessibilidade pode ser específico em termos de unidade espacial para a análise, dos grupos socioeconómicos para os quais a acessibilidade vai ser avaliada, o tipo de oportunidades, o modo de transporte, as origens e destinos, a atractividade dos destinos e a impedância. A unidade espacial para a análise da acessibilidade pode ser uma zona, habitações ou um indivíduo. Os grupos socioeconómicos referem-se, normalmente, a grupos de população definidos de acordo com as suas características socioeconómicas como o rendimento familiar, a situação de emprego, a ocupação e o género. As oportunidades podem ser escolas, centros de saúde, oportunidades de emprego, zonas de lazer, etc. O modo de transporte pode ser, entre outros, o pedonal, o uso do automóvel ou do transporte colectivo. As origens e destinos são os locais a partir dos quais e para os quais a acessibilidade será medida. A atractividade do destino é medida com base nas características de um potencial destino que são importantes na sua escolha, como por exemplo o número de estabelecimentos, ou tamanho físico, ou a importância económica. A impedância representa a separação espacial entre uma origem e um destino e é medida em termos de distância, tempo ou custo económico de viagem [2].

Pondo a tecnologia de base de dados ao serviço da representação de informação relativa a elementos de carácter espacial, georeferenciados, não só pelo ponto de vista da sua forma (via imagens ou modelos geométricos - pontos, linhas poligonais, etc.) mas também por informação associada (em geral sob a forma de tabelas de atributos), tornam-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) instrumentos poderosíssimos na modelação de sistemas da mais variada índole, em particular, como é o caso deste trabalho, de sistemas de transporte. É que, para além da referida representação e tipificação, os ambientes computacionais destinados à sua construção (dos SIG), tornam possível, para além da gestão e análise dessa informação, a sua manipulação, através do uso de ferramentas standard, ou criadas no quadro do próprio SIG, tornando-se sua parte integrante, ou pela via de

programas criados para os mais diversos propósitos, nos quais as referidas ferramentas se encontram embebidas.

Não admira pois serem os SIG instrumentos de eleição no que toca ao planeamento e gestão da cidade e do território.

### **Modelação de Redes Multimodais – Importância dos SIG**

Não raro, as ferramentas encontram-se organizadas em grupos temáticos, sendo que, inclusivamente, e no caso do ambiente de construção de SIG *ArcGis*, usado neste trabalho, alguns desses grupos, podem ser adquiridos à parte de um conjunto mais nuclear, funcionando (e também designando-se) assim como *extensões* daquele. É o caso do *Network Analyst*, especialmente vocacionado para a modelação e análise de redes. O *Network Analyst* permite, entre outras, criar rotas multimodais, dar indicações de viagens, procurar o ponto mais próximo, criar áreas de serviço e calcular custos matriciais origem-destino [3]. Porém, e previamente ao seu uso na obtenção destes resultados, há que utilizar as suas potencialidades de definição da rede em estudo, rede esta que pode ser (e é-o neste trabalho) de carácter multimodal. Em primeiro lugar, há que estabelecer as regras de conexão entre as várias sub-redes componentes de rede geral, sub-redes, em geral relacionadas com os vários modos de transporte permitidos. Seguidamente, e sem que este assunto fique esgotado, há que definir as formas de cálculo dos custos envolvidos nas várias análises a fazer, assim como estabelecer quais as partes da rede pertinentes a cada análise. Isto envolve a definição de parâmetros com valores fixos ou, como também é o nosso caso, a serem atribuídos em tempo real. Tanto os referidos cálculos como os aspectos relativos à configuração topológica pertinente a cada análise, são efectuados, de forma mais simples, com base na informação associada aos elementos constituintes da rede (usualmente valores de atributos existentes em tabelas), e/ou através de scripts embebidos, elaborados aquando da definição.

No entanto, a questão da modelação da rede não se esgota aqui. Previamente à definição da rede há que proceder à adequada preparação dos dados, ou seja, dos elementos (por exemplo, sub-redes) constituintes. Esta preparação começa por envolver múltiplos aspectos de natureza geométrica, sendo de realçar a importância de assegurar a conexão adequada dos seus arcos. Por outro lado, a arquitectura a dar à informação associada às várias partes da rede reveste-se também de primordial importância (Figura 1). Nesta informação estão, para além de atributos pertinentes ao cálculo de custos, vários outros, em geral relativos à tipificação adequada dos arcos.

Se a montante da definição da rede se encontram os adequados tratamento e preparação dos dados/elementos constituintes da rede os quais, só por si, envolvem o uso não somente de ferramentas standard mas também de ferramentas criadas para o efeito (neste caso através do uso da linguagem *Python*), outros aspectos se encontram a jusante. Em primeiro, a obtenção de resultados ainda ao nível do *Network Analyst*, nomeadamente sob a forma, no caso deste trabalho, de áreas de influência e de matrizes origem-destino; mas depois, o seu uso no contexto de múltiplas de operações “SIG” (umas radicadas na sua herança genética de base de dados, como uniões de conjuntos, junções internas ou externas por atributo; outras

radicadas no seu carácter espacial, como sendo as junções espaciais) no sentido da obtenção dos resultados finais, apresentados sob a forma de gráficos, de quadros e, principalmente, de mapas.



Figura 1– Modelação da rede de transporte colectivo, no SIG.

### Aplicação a um Caso Piloto

Foram desenvolvidas duas metodologias aqui apresentadas com vista ao cálculo de acessibilidade a equipamentos em meio urbano. Com base em duas metodologias diferentes (uso de matrizes origem-destino do edificado para os pontos interiores de interesse nesses espaços; uso de áreas de influência jardim a jardim, tendo em consideração as múltiplas entradas destes) foram obtidos alguns indicadores de acessibilidade aos principais espaços verdes (17) da cidade de Coimbra (Figura 2), num quadro de diferentes modos de deslocação (rede multi-modal) em meio urbano.

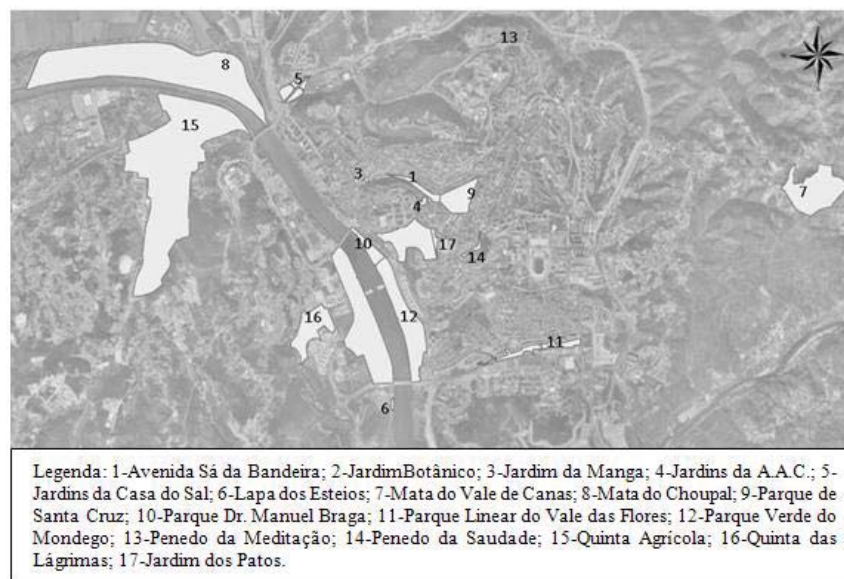


Figura 2 – Espaços verdes da cidade de Coimbra.

Explorando as potencialidades dos SIG tanto no que respeita à modelação dos elementos pertinentes, como na determinação desses indicadores, dado tal exigir a obtenção de custos temporais numa rede configurável, foi efectuado o posterior processamento dessa informação (e.g. por via do seu cruzamento), e apresentação dos resultados sob as formas de tabelas e mapas elucidativos. As metodologias podem ser aplicadas a outras situações, nomeadamente em estudos de acessibilidade a outros tipos de equipamentos colectivos.

Para diferentes configurações da rede (pedonal, automóvel, metro, bus e combinações pertinentes destas), para diferentes horas do dia e diferentes tipos de dias (semana, feriados, etc.), podem ser obtidos resultados diversificados tais como a população (por escalões etário) a certas distâncias temporais de qualquer combinação de jardins (ex.: um jardim particular ou um conjunto de jardins) considerando distâncias quer às entradas dos jardins, quer ainda a pontos interiores particulares dos mesmos tomados individualmente. Um exemplo é apresentado na Figura 3. Podem também ser gerados mapas diferenciais de comparação entre várias situações, isolinhas, etc..

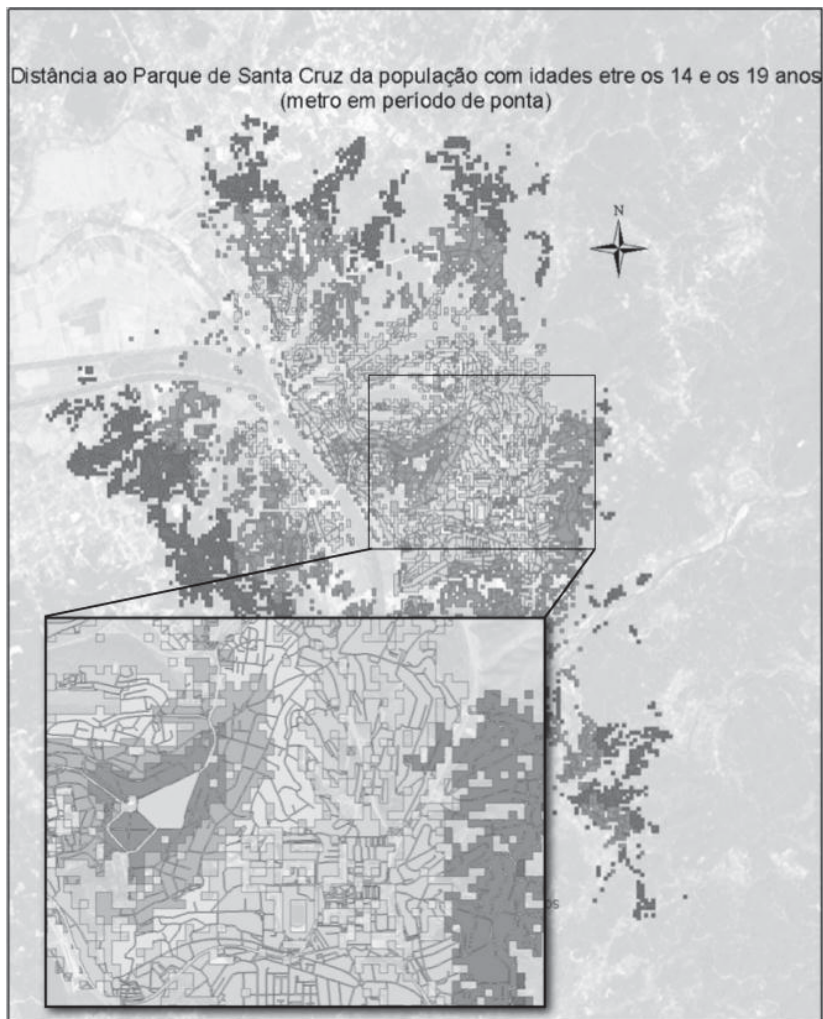


Figura 3 – População do escalão etário 14-19 anos a menos de certas distâncias em tempo (5, 10, 15... min), considerando a rede multimodal pedonal + Metro em hora de ponta.

## **Referências**

- [1] **Halden, D., Jones, P., Wixey, S.** (2005) "Accessibility analysis literature review". Working paper 3, Transport Studies Group – University of Westminster.
- [2] **Liu S., Zhu X.**, 2004, "Accessibility Analyst: an integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning" *Environment and Planning B: Planning and Design* 31(1) 105 – 124.
- [3] **Network Analyst Tutorial** (2008). ESRI - Environmental Systems Research Institute, USA.

