Geração Expedita de Modelos Virtuais com Base em Informação Geográfica 2D

Alexandre Valle de Carvalho[1,2] e Luís Cordeiro Bártolo[2]

[1]Universidade do Porto [2]INESC Porto

Resumo:

Até recentemente, e no contexto dos organismos públicos nacionais, locais, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) centrava-se, fundamentalmente, em actividades internas, pelo que, os benefícios da utilização dos SIGs não eram directamente visíveis pelo público. Só mais recentemente se explora o potencial da internet e dos serviços online que têm como base a disponibilização de informação geográfica. Este facto resultou do crescente interesse dos cidadãos em aceder a informações específicas, relacionadas com a gestão autárquica de uma forma ágil, a partir de qualquer lugar.

Resultaram assim novos serviços online, que recorrem aos SIGs como o repositório privilegiado de informação. No entanto, fruto do legado tecnológico e das necessidades originais de representação de informação geográfica, os SIGs capturam representações bidimensionais do mundo real, pelo que grande parte dos serviços online disponibilizam a visualização da componente espacial na forma de mapas bidimensionais

A constituição de serviços online para diversas áreas, por exemplo, o turismo, a ciber-cultura e o lazer, que utilizam informação tridimensional revela-se desejável. Neste âmbito torna-se essencial produzir modelos 3D que sirvam de conteúdos a esses serviços. Por outro lado, a recolha dessa informação, 3D, revela-se uma tarefa árdua e morosa, pelo que os esforços podem dirigir-se para a exploração do potencial existente na informação geográfica bidimensional já recolhida.

Neste contexto, a presente comunicação analisa a possibilidade de gerar automaticamente modelos tridimensionais com base na informação geográfica existente numa autarquia. Estes modelos constituem a base da criação de serviços online para fins turísticos e culturais, entre outros, que não só eliminam as restrições espaciais e temporais no acesso como também permitem aumentar o grau de imersividade e de envolvimento no consumo dos conteúdos.

Introdução

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem uma das ferramentas tecnológicas privilegiadas de armazenamento, gestão e análise de informação no domínio da gestão pública, nacional e local. Neste último, os SIGs revelam-se um recurso poderoso de auxílio às actividades de registo, manutenção e consulta da informação que tem alguma dependência da componente espacial. Os SIGs constituem ainda uma ferramenta importante de apoio à tomada de decisão, na medida em que suportam análises de cenários e perguntas de âmbito espacial, apresentando resultados em tempo útil.

Até à alguns anos atrás, a utilização dos SIGs centrava-se, fundamentalmente, em actividades internas a estes organismos, pelo que, os benefícios da sua utilização não eram directamente visíveis pelo público. Só mais recentemente, os organismos de administração pública – fundamentalmente de administração local – perceberam o potencial da internet e dos serviços online que têm como base a disponibilização de informação geográfica. Este facto resultou do crescente interesse dos cidadãos em consultar informação de carácter geral, por exemplo, mapas e fóruns de discussão com georeferenciação de conteúdos, e específicos tal como informação sobre o andamento de um processo particular, de uma forma ágil, e sem restrições espaço-temporais. Deste facto resultaram novos serviços online, onde os SIGs desempenham um papel preponderante de repositório privilegiado de informação.

No contexto da representação de informação geográfica é importante salientar que as restrições tecnológicas e as necessidades de representação e gestão de informação espacial condicionaram a representação do espaço, limitando-a durante vários anos à bidimensionalidade. Relativamente à visualização de informação 3D existem, desde 1992, *standards* tal como o OpenGL e, sobre a representação de informação 3D, desde 1997 que o VRML constitui um *standard* para a comunicação, baseada em ficheiros, de informação 3D entre aplicações, em ambiente de rede. Porém, relativamente à captura da essência espacial tridimensional em bases de dados, só recentemente é que emergiram soluções para tipos de dados, métodos de acesso multi-dimensional e operadores que contemplam a terceira dimensão.

Actualmente, são vários os domínios de aplicação onde se considera desejável a constituição de aplicações e serviços, que fazem recurso à informação geográfica tridimensional. Destacam-se as telecomunicações, os cadastros, a construção de infra-estruturas, a gestão de instalações e, a gestão de informação urbana e - os domínios em foco neste trabalho - o lazer, a cultura e o turismo. A título de exemplo, considere-se um serviço *online* que proporciona a visita, de forma virtual, às ruas de uma cidade remota, através da recreação do ambiente 3D, similar ao que existe na realidade. Os contextos de utilização são variados: o conhecimento de uma cidade em maior profundidade, a prospecção de informação sobre um local que se vai visitar, a consulta dos trajectos que um turista deseja percorrer para chegar a um local numa cidade em visita. Entre outros aspectos, ao efectuar o trajecto virtual, este serviço pode dar

destaque a edifícios de referência, de interesse particular e permitir a exploração de informação mais específica sobre determinados lugares.

No entanto, a constituição de um serviço semelhante ao que foi aqui descrito enfrenta um problema: a escassez de informação geográfica 3D. Considera-se que efectuar um esforço de recolha massiva dessa informação revela-se uma tarefa árdua e morosa, pelo que, os esforços se devem dirigir para a exploração do potencial existente na informação geográfica bidimensional entretanto recolhida e disponível.

Importa salientar, como elemento contextualizador do uso de algumas linguagens neste trabalho, que ao longo do desenvolvimento dos SIGs se assistiu ao domínio de formatos de representação e armazenamento de informação geográfica que dependiam exclusivamente da solução tecnológica. Desde cedo se impuseram no mercado vários formatos, tais como, DGN (Microstation), ShapeFile e Coverage (ESRI), entre muitos outros, dificultando o processo de passar informação geográfica entre soluções SIG de famílias distintas. Só após o surgimento de *standards* de interoperabilidade em SIG, promovido pelo consórcio OCG (Open Geospatial Consortium), tais como a especificação OpenGIS, é que essa tarefa se tornou facilitada, através de formatos interoperáveis, tal como o GML (Geographic Markup Language) [GML2003], definidos e adoptados pelos produtores de tecnologia SIG do consórcio, se tornou possível ter uma plataforma neutra de representação de informação geográfica. Deste modo, fazendo uso das tecnologias de interoperabilidade em SIG, recorrendo a implementações de transformação e apresentação de documentos, tal como é o XSL (Extensible Stylesheet Language), e fazendo uso do VRML e do seu sucessor, o X3D [X3D2003], para a representação de informação 3D, analisa-se neste trabalho o processo de geração automática de modelos 3D com base em informação geográfica 2D, com vista à constituição de cenários urbanos, para serem disponibilizados em serviços *on-line*.

Informação Geográfica

Segundo Medeiros [Medeiros1994], a modelação de dados espaciais encontra-se associada à percepção que se tem do mundo real e que se traduz em duas perspectivas distintas: a perspectiva de campo e a perspectiva de objecto. Se na primeira perspectiva o espaço consiste numa superfície contínua sobre a qual uma determinada propriedade varia de forma contínua, na última, o espaço é composto por um conjunto de entidades singulares, que existem independentemente. São exemplos da perspectiva contínua – de layer - a altimetria de solo ou os ortofotomapas digitais, capturados sobre uma cidade. Já os limites de edificado, o mobiliário, equipamento e artes urbanas, os pavimentos, limites da via pública, limites das áreas ajardinadas constituem bons exemplos da perspectiva de objecto referida por Medeiros. Dado que os níveis de informação geográfica mencionados são suficientemente heterogéneos entre si e uma vez que instanciam as duas perspectiva, constituem o universo de informação geográfica alvo do processo de constituição do modelo 3D.

Sintetização de Informação

Embora os níveis referidos na secção 0 sejam suficientemente ricos para se produzir um modelo 3D de uma cidade, ocorre por vezes a necessidade de se sintetizar alguma informação, tendo como principal objectivo o aumento da riqueza do modelo. Por exemplo, considerando que o edificado é caracterizado por um limite poligonal, pode ser desejável a sintetização das águas do telhado, com vista ao aumento da variabilidade do modelo. Caso contrário, o telhado de todo o edificado será constituído por um plano horizontal no topo. Surgem também situações em que, também com o objectivo de melhorar o aspecto visual do modelo pode haver lugar ao mapeamento de texturas sobre a face exterior dos polígonos verticais do edificado, isto é, à atribuição de imagens de fachadas de edifícios a paredes exteriores do edificado. Dado que fotografar cada fachada dos edifícios de uma cidade constitui uma tarefa morosa, é frequente a exploração de uma via menos rigorosa, que se traduz na atribuição aleatória de uma imagem de fachada, obtida de uma biblioteca de imagens. Esta via deve, no entanto, ser evitada em edificado de referência, onde deve haver o cuidado de se mapear imagens

correspondentes às fachadas reais e, inclusivamente, substituir a geometria do edifício por representações 3D mais rigorosas.

Esta substituição ocorre também com certos objectos da informação geográfica, tal como elementos de equipamento urbano, por exemplo bancos de jardim, placas de sinalização de trânsito, ou paragens de transportes públicos. É frequente que, ao nível da representação geográfica desses objectos, haja uma total omissão do modelo geométrico, pelo que se torna necessário modelar ou recorrer a bibliotecas de modelos geométricos, por forma a implantar no modelo 3D gerado, na localização e orientação correspondente, um modelo geométrico 3D, correspondente ao tipo de objecto em causa.

A Geração do Modelo 3D

O primeiro passo no processo de geração do modelo 3D, com base em informação geográfica, consiste numa transformação da informação, de modo a ter o maior número possível de níveis de informação representados através de uma única linguagem. Esta etapa, que se traduz na conversão do maior número de níveis de informação para o formato GML, garante uma maior facilidade de manipulação da informação, dado que evita lidar com um número excessivo de formatos de representação de informação geográfica. São sujeitos a este processo os níveis de informação que se incluem na perspectiva de objecto (secção 0). Assim, certos níveis de informação, tal como a rede irregular de triângulos (TIN), que caracteriza a altimetria de solo, não pode ser convertida para o formato GML, sendo apenas convertida para um formato texto, capaz de ser manipulado pelas tecnologias adoptadas. O segundo passo deste processo consiste na transformação da informação, representada em GML, para o formato X3D. De facto, esta etapa é muito mais do que um processo de conversão, sendo necessário cumprir dois objectivos principais, isto é, (1) o de agregar a informação geográfica, com base em relações espaciais, dispersa por níveis isolados, por forma a criar uma representação 3D coerente e (2) representar os dados de acordo com a especificação X3D. O processo de atingir o primeiro objectivo é analisado na secção seguinte, 0, sendo que a representação em X3D e posteriormente em VRML é justificada e analisada na secção 0.

Estruturação do Modelo 3D

Considerando que a informação geográfica encontra-se representada em GML, mas que não existem outras relações entre os diferentes níveis de informação que não sejam a localização espacial, a estruturação de um modelo 3D consiste no conjunto de passos que relaciona os níveis por forma a que o resultado seja coerente, isto é, exista:

- um terreno, isto é, uma superfície com elevação de acordo com a altimetria de solo;
- ortofotomapas depositados sobre o terreno;
- o edificado depositado sobre o terreno e elevado de acordo com a altimetria de solo;
- representações geométricas de equipamentos, mobiliários e artes urbanas situados no local deposição sobre o terreno de elementos poligonais caracterizadores do tipo de uso do solo (pavimento, jardim).

Estes passos envolvem, sobretudo, cálculos sobre o eixo dos Z, isto é sobre as alturas, onde é frequente, para se determinar a altimetria de solo, de um ponto na localização XY, interpolar bilinearmente sobre as alturas associadas aos vértices do triângulo de solo que, em XY, contêm o ponto desejado. Esta operação ocorre na implantação sobre o terreno dos objectos 3D previamente identificados, por forma a que eles se depositem sobre a superfície do solo. Relativamente à representação do edificado, explora-se um atributo que consiste na altimetria de topo de edificado e, através de uma operação de extrusão, eleva-se o limite poligonal de cada edifício até à altura desejada. Na ausência deste atributo, pode-se gerar aleatoriamente, mas de forma controlada alturas de edifícios. Esta técnica tem a desvantagem de produzir fachadas que não possuem pormenores, tal como acontece na realidade. Por forma a reduzir esta deficiência existem três alternativas: (1) a aplicação de texturas nas fachadas, situação que melhora os resultados visuais ou (2), a substituição do modelo geométrico extrudido por um modelo geométrico de maior rigor, situação que embora desejável, aumenta a complexidade geométrica do modelo, o que pode comprometer a visualização dos resultados.

Representação e Visualização do Modelo 3D

No protótipo desenvolvido a estruturação do modelo 3D consiste na escrita das operações descritas na secção 0 e secção 0, com recurso à linguagem XSL [XSL2001] e na utilização de um processador de XSL [XSLT1999] de modo a transformar os ficheiros GML num conjunto de ficheiros X3D. Este processo é intercalado com chamadas a operações especificadas na linguagem Java, por forma a efectuar cálculos mais complexos com os dados, por exemplo, fornecendo um tetraedro que representa os limites de um edifício, determinar os polígonos que constituem as águas do telhado desse edifício.

No protótipo realizado, optou-se por efectuar uma outra operação, que consistem em transformar os dados 3D, representados segundo a especificação X3D em dados 3D representados segundo a especificação VRML97. A realização desta acção deve-se fundamentalmente à escassez de visualizadores de X3D, facto que é uma consequência do surgimento recente desta tecnologia: os visualizadores existentes à data da concretização do protótipo suportavam um subconjunto da especificação X3D e, por vezes, apresentavam problemas de funcionamento.

Discussão dos Resultados

Do conjunto de operações descritas nas secções 0 a 0 resulta um conjunto de ficheiros x3d, que por razões que se prendem com a visualização são transformados em ficheiros VRML. Através de uma aplicação de visualização é possível efectuar navegações interactivas sobre as ruas do modelo 3D da cidade. A Figura 7, uma vista aérea sobre o centro da cidade do Porto, ilustra o resultado que se obtém quando se submetem os níveis de informação geográfica descritos na secção 0, ao processo de geração do modelo 3D correspondente, instanciado na aplicações protótipo entretanto desenvolvida.

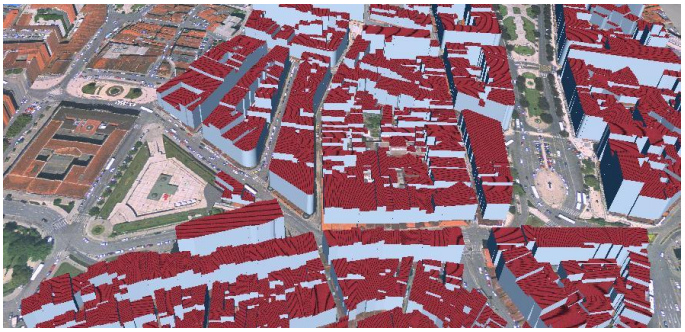

Figura 7: visualização aérea sobre a baixa do Porto

Nos resultados produzidos pelo protótipo existem vários aspectos que devem ser melhorados, com vista ao aumento do desempenho e da qualidade visual dos resultados, nomeadamente:

- Simplificação de geometria: é pertinente salientar que a informação geográfica de base possui um rigor indispensável às acções de planeamento e gestão urbana. Porém, este rigor geométrico é contraproducente no que diz respeito à geração e à visualização do modelo 3D. A Figura 8 ilustra a complexidade geométrica associada a um conjunto de habitações da baixa do Porto. Como solução propõe-se a utilização de técnicas de redução poligonal [Hinker93], ou a utilização de níveis de detalhe (LODs) variados.

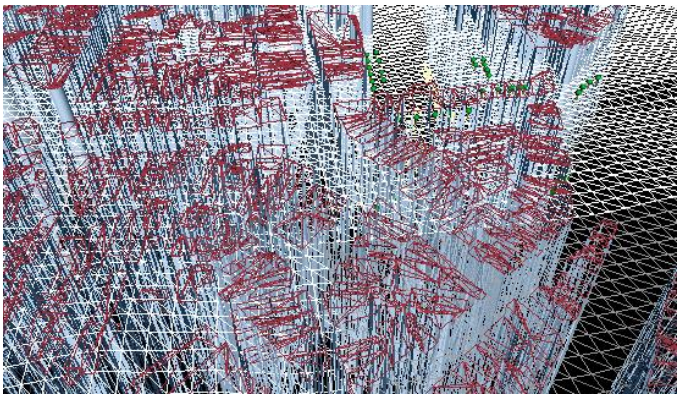

Figura 8: Pormenor da complexidade geométrica que resulta da conversão directa de informação geográfica.

- Refinamento da construção de pavimentos: a Figura 8 ilustra uma situação em que o pavimento depositado sobre o terreno encontra-se visível apenas em algumas áreas, visualizando-se nas restantes áreas o próprio solo. Este problema resulta do processo adoptado de determinação da altura para cada vértice do polígono e da irregularidade do terreno.

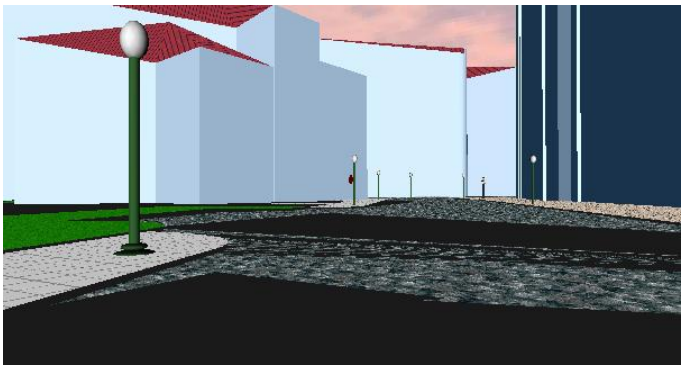

Figura 9: Problemas que resultam da sobreposição entre a superfície do solo e os vértices dos polígonos de pavimento.

O facto dos vértices do polígono de pavimento estarem depositados sobre o solo não significa que todos os pontos desse polígono estejam na mesma condição. Como solução, propõe-se a divisão do polígono de pavimento em vários polígonos, cortados de acordo com os polígonos que representam o solo (Figura 10). Nesta via, serão os polígonos resultantes a serem utilizados e não o polígono de pavimento.

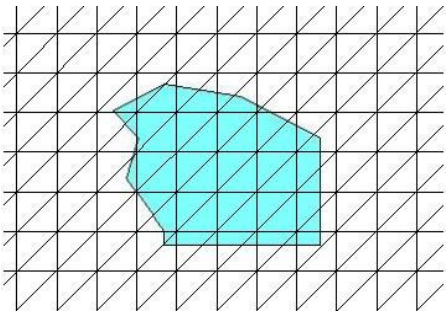

Figura 10: Polígono de pavimento (a azul) e grelha regular (também polígonos) do solo.

- Mapeamento de texturas nas fachadas dos edifícios: esta operação encontra-se facilitada, uma vez que a construção do volume do edificado cria, para cada lado, um polígono independente, situação que possibilita a visualização de imagens distintas por cada fachada.
- Construção de telhados: o protótipo desenvolvido suporta a construção dos polígonos das águas do telhado, para edifícios com quatro lados. De modo a ultrapassar esta limitação propõe-se a utilização de técnicas propostas por Aichholzer e Aurenhammer [Aichholzer1995][Aichholzer1996].

Conclusões e Perspectivas de trabalho futuro

Neste trabalho procurou-se analisar um processo de geração de modelos 3D, de cidades virtuais, com base em informação geográfica, vulgarmente produzida pelas administrações locais. Com recurso a tecnologias e a linguagens que sustentam a interoperabilidade em SIGs, é possível passar informação geográfica para um representação com recurso à linguagem GML, sendo que esta constitui um formato neutro e manipulável. Através de um conjunto de operações sobre a informação representada maioritariamente em GML e com recurso a XSL e XSLT (secção 1500) é possível definir uma estruturação, de modo a gerar um modelo 3D, que é finalmente representado em X3D. Em seguida, procede-se à tranformação para VRML, por forma a efectuar navegações interactivas no modelo, com recurso a visualizados disponíveis (secção 1501).

Finalmente, os resultados são apresentados e discutidos na secção 0, sendo que existem vários ponto a melhorar, por forma a aumentar o desempenho de visualização, através de redução poligonal da geometria de base, e por forma a melhorar os resultados visuais, designadamente através do mapeamento de imagens nas fachadas, construção de telhados para edifícios com mais de quatro fachadas e melhoramento da visualização dos pavimentos.

Bibliografia

Medeiros1994, C. Medeiros, F. Pires, *Databases for GIS*, SIGMOD, 1994

Hinker1993, P. Hinker, C. Hansen, *Geometric Optimization*, Proc. Visualization' 93, pp. 189-195, 1993

Aichholzer1995, O. Aichholzer, F. Aurenhammer, D. Alberts, and B. Gärtner. *A novel type of skeleton for polygons*. J. Universal Computer Science. 1(12):752-761, 1995.

Aichholzer1996, O. Aichholzer and F. Aurenhammer. Straight *skeletons for general polygonal figures in the plane*. Proc. 2nd Annual International Conference Computing and Combinatorics, pp. 117-126. Lecture Notes in Computer Science 1090, Springer, 1996.

XSLT1999, *XSL Transformations* (XSLT), Version 1.0, W3C Recommendation 16, http://www.w3.org/TR/xslt, Novembro 1999.

XSL2001, XSL: Extensible Stylesheet Language (XSL) Version 1.0, W3C Recommendation 15, http://www.w3.org/TR/xsl/, Novembro 2001.

GML2003, S. Cox , P. Daisey, R. Lake, C. Portele, A. Whiteside, *OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Implementation Specification*, OGC 02-023r4, 2003

X3D2003, *Information technology — Computer graphics and image processing — Extensible 3D*, ISO/IEC FDIS 19775:200x, http://www.web3d.org/x3d/specifications/ISO-IEC-19775-IS-X3DAbstractSpecification/, 2003

VRML1997, *Information technology -- Computer graphics and image processing -- The Virtual Reality Modeling Language (VRML) -- Part 1: Functional specification and UTF-8 encoding.*, ISO/IEC 14772-1:1997, 1997