

Opções para coleta e visualização de dados para o Cadastro Técnico Multifinalitário

Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno 1

Prof. Dr. Hans-Peter Bähr 2

1. UFPR Depto. de Geomática

81.531-970 Curitiba, Paraná

centeno@ufpr.br

2. Inst. Für Photogrammetrie und Fernerkundung - IPF

Universidade de Karlsruhe, Alemanha

hans-peter.baehr @ ipf.uni-karlsruhe.de

Resumo:

A evolução da tecnologia é um propulsor de avanços nas aplicações de engenharia, como o cadastro técnico multifinalitário. Neste artigo é apresentada uma visão geral das opções em termos de coleta de dados com fotogrametria e sensoriamento remoto, bem como são discutidos, em parte, aspectos associados à visualização de dados tridimensionais.

Palavras chaves: cadastro técnico multifinalitário, sensoriamento remoto, fotogrametria, visualização 3D

Abstract:

Technological evolution acts as a motor that improves engineering applications, such as cadastre. In this article it is presented a general vision of the options in terms of data collection with photogrammetry and remote sensing, as well as are discussed, in part, aspects related to the visualization of three-dimensional data.

Keywords: cadastre, remote sensing, photogrammetry, 3D visualization

1. Introdução

A maneira de adquirir, processar e visualizar dados espaciais tem mudado drasticamente nas últimas décadas. O mapa analógico, em papel, foi substituído pela versão digital, mais fácil de ser obtido graças às vantagens da internet. Da mesma maneira, os mapas deixaram de ser estáticos, passando a se tornar dinâmicos e interativos. Os avanços não se restringem às consequências dos avanços no campo da informática em termos de representação, mas também respondem à demanda de um público cada vez mais exigente. A disponibilidade de ferramentas de SIG e bancos de dados elevaram o nível das necessidades dos usuários em termos de informação espacial. Se numa primeira fase os programas para o processamento de informações espaciais eram caros e/ou necessitavam ser importados, hoje existem programas acessíveis à maioria do público interessado.

Esta evolução também mudou o perfil dos profissionais, não somente da cartografia. Conhecimentos básicos de geodésia e cartografia são hoje essenciais para todo tipo de projeto que lida com o espaço. Por exemplo, a engenharia de recursos hídricos, a arquitetura e

profissionais que lidam com o meio ambiente e cadastro, O reflexo pode ser apreciado na grande procura de profissionais de diversas origens nos cursos de pós-graduação, nos projetos de engenharia, nos relatórios de impacto ambiental, bem como nas discussões de cadastro multifinalitário.

A demanda por dados espaciais aumentou em função da disponibilidade de novas tecnologias, capazes de processar um alto volume de dados em tempo reduzido e de forma eficiente. Cita-se, por exemplo, a telefonia digital, que necessita de mapas atualizados e em três dimensões para planejar sua rede. Da mesma forma encontra-se exemplos no campo da segurança e dos equipamentos de posicionamento e navegação, disponíveis nos novos modelos de automóveis.

2. Dados digitais em ambientes urbanos

Tradicionalmente, a utilização de imagens digitais para o estudo do ambiente urbano era restrita a grandes escalas em função da resolução dos sistemas sensores disponíveis. As fontes mais comuns eram imagens orbitais (Landsat e/ou Spot), com resolução em torno de 10 a 30 metros, ou o uso de fotografias aéreas, sendo que estas últimas eram obtidas com câmaras analógicas e digitalizadas posteriormente. Os estudos para o cadastro técnico multifinalitário era, por este motivo, restritos à verificação grosseiras de taxas de ocupação e das tendências de crescimento urbano. Um exemplo pode ser visto em Centeno et al (2001), onde o histórico e a tendência de crescimento urbano numa região costeira são analisados com ajuda de imagens orbitais.

A disponibilidade de imagens de satélite com alta resolução espacial, como as Ikonos II e Quickbird, foram um grande avanço no que tange ao estudo de áreas urbanas, pois possibilitaram a observação deste ambiente com maior detalhe. Estas imagens permitem ver e analisar a malha viária, a distribuição espacial da vegetação e até o porte dos edifícios. Para fins de atualização de mapas rodoviários, por exemplo, as imagens de alta resolução Ikonos II ou Quickbird são uma fonte rica de informações, em virtude das dimensões do objeto de análise e o contraste entre as estradas e outras superfícies. A tarefa, neste caso, é a identificação da estrada completa, seguindo seu traçado na imagem. Este processo, que anteriormente vinha sendo feito de forma manual está sendo hoje automatizado. Trabalhos nacionais e internacionais a este respeito mostram os avanços da digitalização, ainda semi-automatizada de estradas (Dal Poz, e Silva (2002) ou Baumgartner, Hinz e Wiedemann (2002)).

Lastimosamente, a resolução espacial ainda é limitada para a plena aplicação no cadastro, do ponto de vista geométrico. Uma imagem Ikonos II, no seu modo pancromático, oferece apenas uma resolução de 1m no terreno. Isto equivale a dizer que as bordas dos objetos são indefinidas dentro desta resolução. Na figura 1, uma construção de porte médio é visualizada. Nota-se que nas bordas do telhado a definição de uma linha para contornar o telhado é difícil, mesmo existindo um bom contraste entre o telhado e o fundo. Além, da baixa resolução espacial, erros devido ao georreferenciamento da imagem contribuem para a inexatidão da digitalização de feições na tela, pois as imagens obtidas de baixa altura e com alta resolução sofrem severamente dos efeitos da variação da topografia e a elevação dos objetos acima do solo.



Figura 1 - Recorte de imagem Quickbird

A maneira de contornar este problema é através da produção de ortofotos. Para isto, porém, é necessário dispor de um modelo digital do terreno incluindo, se possível, os objetos acima dele. Isto implica dados tridimensionais do meio urbano. A coleta de dados tridimensionais é atualmente uma necessidade em ambientes urbanos, pois sua demanda cresce cada dia mais. As demandas da telefonia móvel, acima citadas, são um exemplo claro da necessidade de contar com a geometria dos objetos, prédios, além do terreno. Para isto, levantamentos convencionais ou GPS são uma opção muito demorada. Uma maneira de obter esta informação é usando a varredura laser. Esta tecnologia, desenvolvida no final do século passado, é hoje popular no Brasil, onde a contratação de levantamentos tridimensionais por varredura a laser é possível, embora ainda cara.

Diferentemente dos levantamentos aerofotogramétricos, os dados da varredura a laser são uma nuvem de pontos, irregularmente distribuídos no terreno. Embora o processo de varredura seja sistemático, a projeção dos pontos no terreno sofre o efeito da variação do relevo e da presença de objetos, como é mostrado na figura 2.

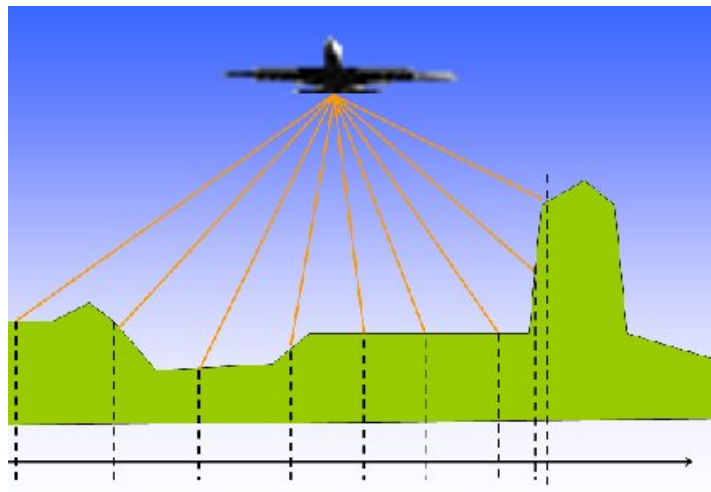


Figura 2 - Varredura

As diferenças, vantagens e desvantagens, entre a fotogrametria e o levantamento a laser encontram-se apontadas na literatura, por exemplo Tommaselli (2003). Embora o levantamento por varredura a laser forneça uma alta quantidade de pontos, uma das principais críticas é que nele não é possível apontar para uma determinada feição de interesse para atingir maior acurácia. Ou seja, num levantamento de áreas urbanas, o pulso laser atinge o telhado e o solo, mas não existe certeza da posição exata do ponto em relação as bordas do telhado. A Figura 3 mostra um exemplo dos pontos que caíram num telhado e o solo em torno do mesmo.

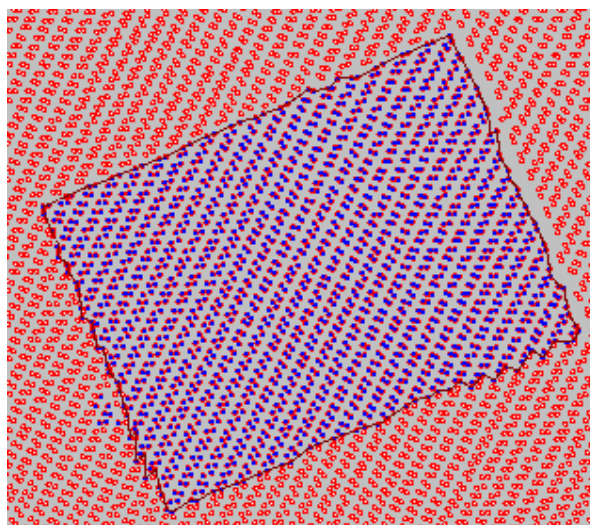


Figura 3 - Varredura de um telhado

Embora os dados obtidos pela varredura laser sejam o resultado da reflexão do pulso pelas diferentes superfícies vistas desde o espaço, o que inclui telhados, árvores e outros objetos, é possível usar estes dados para derivar um modelo digital do terreno por meio da remoção (filtragem) virtual da vegetação. Exemplos de técnicas de remoção podem ser vistos em Assunção et al. (2007). Na figura 4, os dados correspondentes ao topo das árvores e prédios foram eliminados do conjunto original da varredura a laser e com isto foi possível interpolar um modelo digital do terreno.

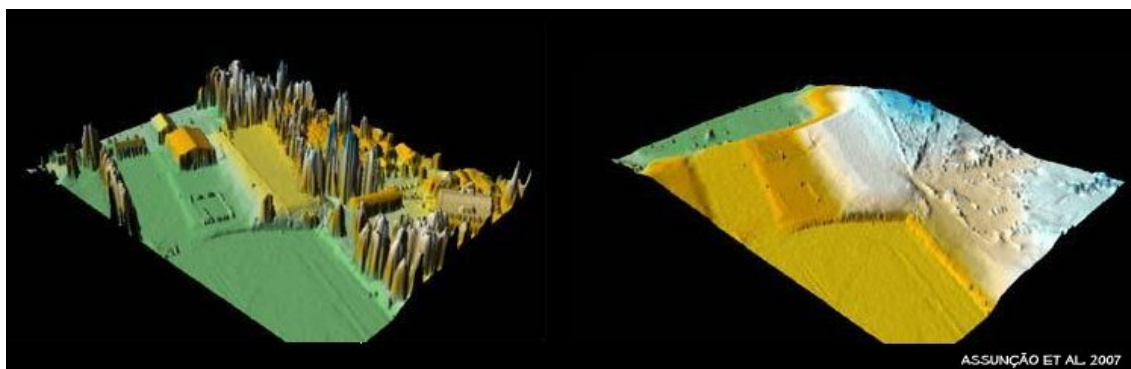


Figura 4 - Filtragem virtual da vegetação (Assunção et al. 2007)

Comparando as imagens com os dados da varredura laser, constata-se que ambas trazem informações valiosas para o cadastro, porém nenhuma delas é suficiente se trabalhada isoladamente. A melhor opção é a integração dos dados laser scanner com imagens com resolução espacial compatível. Por um lado, os dados da varredura a laser fornecem informações relevantes a respeito da geometria dos objetos, como casas e prédios, mas

baseado apenas na altura torna-se difícil discriminar estes objetos. Somente usando imagens, por outro lado, torna-se difícil de discriminar árvores de pasto, ou telhados de solo pavimentado, pois tem a mesma resposta espectral. Já através da integração destas duas fontes de dados, elas se tornam complementares e a classificação se torna viável. Em Botelho e Centeno (2004) é descrita uma abordagem baseada em redes neurais para a identificação de construções numa cena urbana, com dados da varredura a laser e imagem Quickbird. Neste estudo é constatado que o incremento da informação obtido pela inclusão dos dados altimétricos é muito mais significativo que aquele obtido usando análise de forma nas imagens.

3. Grau de detalhamento - LoD

Como é mencionado em Gülch (2007), a demanda de informação no espaço urbano transcende à mera geometria. Do ponto de vista do cadastro isto também é uma necessidade, pois quando se fala em cadastro se fala em geometria, mas também em valor do bem e valor do imposto correspondente. Segundo Gülch, a informação deve conter aspectos geométricos, semânticos e temporais, os quais podem ser obtidos por diferentes métodos de levantamentos, entre os quais se encontra a fotogrametria e o sensoriamento remoto. Para cobrir uma grande área, imagens espectrais podem ser usadas, mas para obter um modelo tridimensional de uma cidade, ou parte dela, os levantamentos se tornam caros e demorados. Por isto, na maioria das vezes, apenas esta informação encontra-se restrita a apenas uma pequena parte de uma cidade, seu centro, por exemplo.

Existem várias opções para efetuar um levantamento tridimensional em uma área urbana. O problema inicial é definir o grau de detalhamento desejado. Como é mostrado em Kolbe et al. (2007), o levantamento e descrição do conjunto de objetos de uma cena urbana pode ser definido em termos do nível de detalhamento (Level of Detail - LoD) pretendido, definido em função das finalidades do modelo. O detalhamento de modelos tridimensionais urbanos pode ser definido de acordo com a proposta do projeto CityGML (Kolbe et al., 2005). Segundo esta proposta, cinco níveis de detalhamento são necessários, como ilustrado na figura 5.



Kolbe et al. 2007

Figura 5 - LOD, Level of Detail (Adaptado de Kolbe et al., 2005)

O nível mais grosseiro, LoD0 é tipicamente de dimensão dois e meio e é composto basicamente por um modelo digital do terreno com textura obtida de um mapa ou imagem de satélite. O nível LoD1 é composto por blocos representando a geometria dos prédios, mas sem textura nem a estrutura dos telhados. Já no nível LoD2, os prédios aparecem com aparência mais realista, com textura e com telhado similar ao telhado real. Neste nível, a vegetação também é modelada. No seguinte nível LoD3, maiores detalhes arquitetônicos são incluídos no modelo dos prédios, como balcões ou detalhes das janelas. Como textura, neste caso, imagens de alta resolução tornam-se necessárias. Adicionalmente, a vegetação é mostrada em

detalhe e outros objetos, móveis devem ser incluídos. Finalmente, no nível LoD4, o modelo inclui as estruturas internas, como compartimentos, portas, escadas e móveis. Neste último, é suposto que o usuário pode andar dentro dos prédios e visitar virtualmente seus compartimentos (Kolbe et al., 2005).

3.1. LOD 2-4

Para os dois primeiros níveis, imagens orbitais, de alta e média resolução espacial, combinadas com laser scanner ou modelos digitais do terreno, podem ser utilizadas. Um exemplo de como deduzir informações geométricas de imagens de alta resolução e dados da varredura laser é encontrado em Botelho (2007). Neste caso, o conjunto de dados é segmentado e os componentes de cada telhado são estimados, aproximando planos nos dados altimétricos. Estes planos são depois combinados para gerar edifícios, com aspecto tridimensional. Com um esforço suplementar, associando as texturas a cada parede dos prédios pode-se atingir uma representação para o nível LoD2.

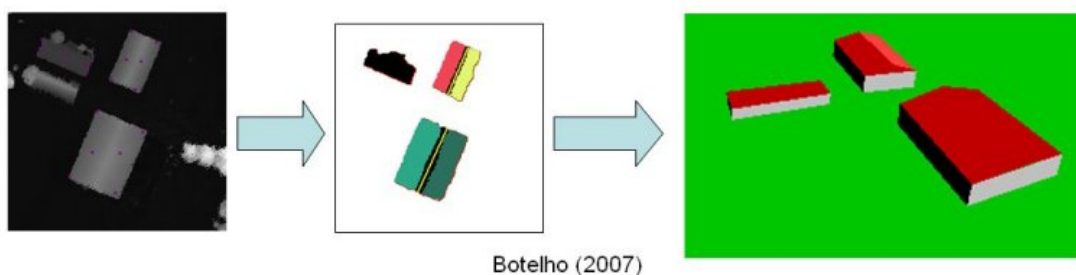


Figura 6 - Modelagem tridimensional de construções para Lod 1(adaptado de Botelho, 2007)

A modelagem tridimensional de construções, num nível mais detalhado, como aquele necessário nos Lod2,3 e 4, é possível com ajuda de um conjunto de fotografias obtidas de diferentes pontos de vista, a fotogrametria terrestre. Neste caso, a posição da câmara é calculada para cada tomada e a seguir é possível, por meio da restituição monocular, digitalizar pontos de interesse e depois associar estes pontos a planos, formando objetos tridimensionais. Cada plano pode ser também associado a uma textura, obtida das fotografias. A figura 7 mostra um exemplo, obtido de Wutke et al (2005), de restituição de prédios com o Photomodeler. Esta ferramenta permite ainda o uso de câmaras digitais convencionais, de baixo custo, e é de fácil operação.

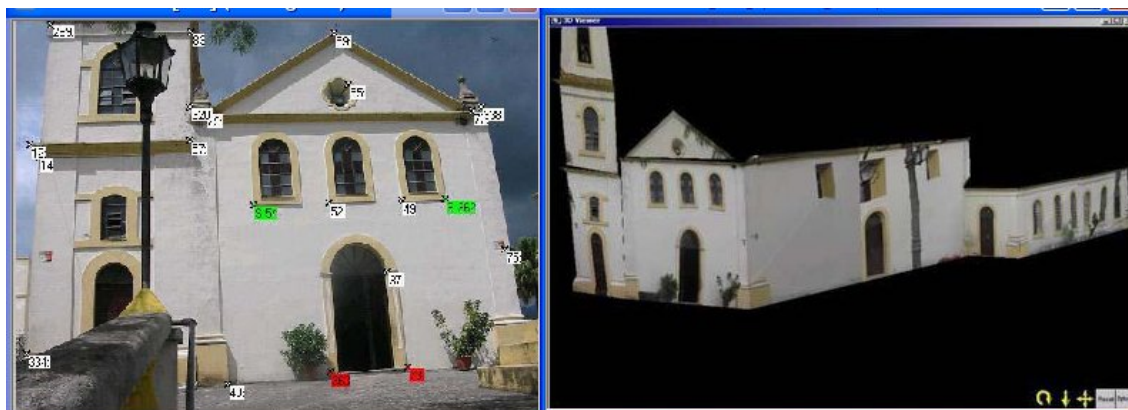


Figura 7 - Modelagem tridimensional de construções

Um levantamento denso de pontos pode ser obtido com a varredura a laser utilizando equipamentos terrestres. Os varredores a laser terrestres permitem obter uma grande quantidade de pontos na fachada de um prédio e assim fornecem a base para uma detalhada descrição de sua geometria. Porém, claro, os mesmos problemas verificados no uso da varredura a laser aerotransportada são encontrados aqui. O mercado oferece uma grande variedade de equipamentos, alguns projetados para levantamentos detalhados a curta distância e outros com alcance de até 1000 metros, para cobrir áreas maiores. Dependendo do uso, a opção mais adequada deve ser escolhida. A varredura a laser se presta também para o levantamento de interiores, pois os varredores atuais efetuam leituras com 360 graus. A Figura 8 mostra um exemplo de um levantamento a laser de uma construção.

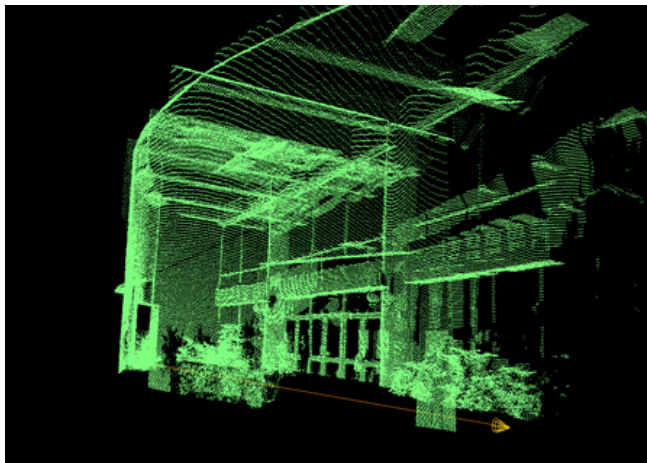


Figura 8 - Varredura a laser de uma construção
(<http://www.csie.ntu.edu.tw/~bobwang/PALarchive.html>)

Mas não é apenas o caráter geométrico que interessa no cadastro urbano. Em termos de preservação do patrimônio histórico, por exemplo, a geometria é apenas um dos elementos que descreve a relevância do objeto. Sua textura, os materiais que o compõem, idade e outros fatores são tanto ou mais relevantes do que a geometria. Por este motivo, o cadastro também demanda o levantamento e armazenamento de outras informações, outros atributos (materiais, idade, etc.). Neste contexto, o uso de imagens é de longe mais proveitoso do que levantamentos convencionais, pois permite uma descrição mais completa do objeto. Estes diferentes atributos podem ser armazenados em bancos de dados ou, melhor em SIG, com associação espacial entre objetos.

4. Representação

Uma das decisões mais críticas no que tange à modelagem tridimensional é o formato utilizado para o armazenamento e representação dos dados. Num primeiro momento, a utilização de programas CAD foi substituída por linguagens mais específicas e simples, como o VRML e o GeoVRML. Segundo aponta Gülch (2007), uma das principais dificuldades para o uso amplo e intercâmbio de modelos é a falta de padrões para a modelagem de dados 3D. A tendência é a criação de padrões como o padrão GML3 (Geographic Markup Language) do Open Geospatial Consortium (OGC) que permite o armazenamento de geometria, topologia e dados temáticos.

Hoje o usuário de dados encontra-se na fase de aprendizado na tarefa de lidar com dados espaciais tridimensionais, mas num futuro próximo a exigência será cada vez maior. Estudos orientados à comunicação cartográfica tridimensional, como Fosse et al (2006), apontam a

importância de analisar a reação dos potenciais usuários perante a ampla gama de opções que abre a representação e interação num ambiente tridimensional.

A tarefa do engenheiro cartógrafo é discutir e propor soluções para a otimização da comunicação cartográfica nos novos meios de comunicação interativa e tridimensional. Na prática, porém, o usuário final se defronta com soluções vindas diretamente de produtores de software, muitas vezes sem finalidade especificamente cartográfica, mais visual. Por exemplo, tornou-se popular o visualizador Google Earth, que inclui, além de fotografias e imagens de satélite, modelos tridimensionais em diferentes níveis de detalhamento. O programa permite que usuários, mesmo com pouco treinamento, incluam seus modelos tridimensionais no ambiente virtual. Nesta tarefa, o usuário é deixado a vontade para produzir seu modelo, sem padrões definidos, além da escala, fixada pela representação do visualizador. A figura 9 mostra um exemplo de modelo virtual disponível em Google Earth. Neste exemplo, o prédio onde funciona o Instituto de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Karlsruhe/Alemanha, foi modelado em um nível de detalhamento LoD2. Nota-se que o restante dos prédios continua sendo representado pela sua imagem de satélite, num nível LoD0.



Figura 9 - Exemplo de modelo virtual de Google Earth (Universidade de Karlsruhe, Alemanha)

A visualização, porém, não é apenas possível em um ambiente totalmente virtual restrito à tela do computador. Técnicas de imersão permitem hoje que o usuário se isole dentro do modelo, através do uso de visualizadores montados em capacetes (Head Mounted Display - HMD) e possa até misturar a realidade com elementos virtuais inexistentes ou ocultos, através da realidade aumentada (Augmented Reality).



Figura 10 - Exemplo de visualização com Realidade Aumentada (Centeno et al., 2006)

A indústria de jogos e diversão tem liderado o campo da visualização tridimensional visando lucros através de programas cada vez mais realistas. Nessa linha se destaca o recente conceito de mundos paralelos, exemplificado pelo ambiente *Second Life*. Nele, um mundo paralelo é criado e o usuário, mediante seu *Avatar*, pode se deslocar nele, num nível de detalhe LoD4, cruzando praias, campos, entrando em salas, ouvindo música ou interagindo com outras pessoas em tempo real. Embora exista toda a liberdade para a criação de mundos e personagens fantásticos neste ambiente, a maioria dos usuários tentam reproduzir nele o mundo real, dando assim espaço para uma segunda vida "virtual" que se assemelha vagamente à real. Uma vista de uma cena virtual é mostrada na figura 11. Neste caso, na "Ilha Curitiba, Brasil, Parana" são reproduzidos objetos reais, típicos da cidade de Curitiba. Porém, a distribuição espacial dos mesmos não corresponde com a real. A questão que este tipo de aplicativo levanta é se, num futuro próximo, será possível ter representações 1:1 do mundo, onde o usuário seja imerso, como sugere Bähr (2007). Este novo ambiente não poderá ser apenas para distração, mas nele o usuário poderá obter informação útil para o cadastro técnico, por exemplo.



Figura 11 - Exemplo de cena virtual Second Life (Second Life "*** ILHA CURITIBA *** Brasil Parana")

5. Considerações finais

Os recentes avanços tecnológicos têm aberto um leque grande de opções para a coleta, processamento e representação de dados no cadastro técnico multifinalitário. As opções devem ser prudentemente analisadas antes da tomada de decisão, pois nem todas elas são úteis para os diferentes graus de detalhamento, ou escala, que o usuário, ou o consórcio de usuários, pode requerir.

A criação de padrões é importante e facilita a integração e troca de informações, uma característica cada vez mais importante no que tange aos dados espaciais. Dados espaciais, hoje diferentemente de antigamente, são fonte de dinheiro, pois existem interessados dispostos a adquirir bases de dados atualizadas, se possível com dados tridimensionais e outros atributos.

A inovação tecnológica traz avanços cada vez mais rápidos. O futuro do mapeamento e a representação no cadastro encontra-se aberto, esperando por nova tecnologia, que pode trazer vantagens ou ser apenas mais uma ferramenta bonita e moderna, mais pouco prática e produtiva.

6. Referências Bibliográficas

Araki, H. *Fusão de informações espectrais, altimétrica e de dados auxiliares na classificação de imagens de alta resolução espacial.* 210p. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR. (2005).

Assunção, M.G.T.; Botelho, M.F.; Centeno, J.A.S.; Pacheco, A.P. *Filtragem e classificação de pontos LIDAR para a geração de modelo digital do terreno.* In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), XIII.,2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007.

Bähr, H.-P. . *Von Platon bis Second Life: Anschauung steuert Erkenntnis.* Allgemeine Vermessungsnachrichten - AVN Vol. 11-12. pp. 369-374. (2007).

Baumgartner, A.; Hinz, S.; Wiedemann, C.; *Efficient methods and interfaces for road tracking.* In: Proc. ISPRS-Commission III Symp. Photogrammet. Comput. Vision, (PCV'02), Graz 2002Internat. Arch. Photogrammet. Remote Sensing 34 (Part 3-B), 28-31. (2002)

Botelho, M.F.; Centeno, J.A.S. *Identificação de edificações presentes em imagem de alta resolução utilizando redes neurais e dados do laser scanner.* In: I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - SIMGEO, 2004, Recife. Anais do I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação - SIMGEO. Recife, v. 1, p. 1-9. (2004)

Centeno, J.A.S.; Tedesco, A.; Landowski, G. *Análise multitemporal de imagens Landsat da região de Matinho-PR.* In: II Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba. Resumos do II Colóquio brasileiro de ciências geodésicas. 2001. p. 188-189. (2001)

Dal Poz, A.P.; Silva, M.A.O., *Active testing and edge analysis for road centerline extraction.* In: ISPRS Photogrammet. Comput. Vision, 9-13 September, Graz, Austria, B-44p. (2002)

Fosse, J.M., Centeno, J. A. S., Sluter, C.R. *Avaliação preliminar de variáveis de representação para a construção de um mapa tridimensional.* Revista Brasileira de Cartografia. , v.58, p.81 - 90, (2006).

Gülch, E., *Automatisierte Objektextraktion in Luft- und Satellitenbildern.* In: Gülch, E., Hepperle, J., (Eds) 1. Deutscher Verein für Vermessungswesen: Mitteilungen. Landesverein Baden-Württemberg e.V. Março 2007. ISSN 0940-2942. pp.33-67. (2007).

Kolbe, T. H.; Gröger G.; Plümer, L.; *CityGML - Interoperable Access to 3D City Models;* International Symposium on Geo-Information for Disaster Management. 21.-23. 3. Delft, Holanda. (2005).

Tommaselli, A.M.G. *Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3d a curta Distância.* GEODÉSIA online-4/2003. <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/2003/04.1/AT2003.htm>. (2003)

Wutke, J.D.; Fosse, J.M.; Centeno, J.A.S.; *Documentação e Modelagem 3D de Patrimônio Arquitetônico Através Do Uso De Técnica De Fotogrametria De Baixo Custo.* In: IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2005, Curitiba. Anais do IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. v. 1. (2005)