DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ALTERAÇÕES EM ÁREA URBANA POR MEIO DA COMPARAÇÃO DE NUVENS DE PONTOS LIDAR VIA TERRASCAN.

Luis Antônio Soares e Sousa [1], Fabiano Scheer Hainosz [2], Lázaro Filipe de Souza [3] e Peterson Deherend [4]

[1] Universidade Federal do Paraná UFPR, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas – PPGCG, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Curitiba - PR, 81530-000, luis.ssoares@hotmail.com; [2] Lactec, BR 116, km 98, 8.813, Cehpar, Jardim das Américas, 81530-180, Curitiba – PR, fabiano.h@lactec.org.br ; [3] Lactec, lazaro.sousa@lactec.org.br; e [3] Lactec, peterson.beherend@lactec.org.br.

RESUMO

A população brasileira enfrenta um crescimento progressivo de sua população impactando vários setores sociais. Levando em consideração que em regiões urbanizadas as edificações são elementos essenciais para composição da paisagem, a detecção de suas alterações é de grande utilidade em diversas áreas. A área de estudo se encontra na cidade de Curitiba e foram selecionadas duas amostras de nuvem de pontos LiDAR nos anos de 2002 e 2012, obtidas dos sistemas ATML2050 e PegasusHD500. A pirori, leu-se os pontos no MicroStation via TerraScan, utilizou-se o Classify Ground para classificação da nuvem e, a partir de então, executou-se uma macro para extração das áreas construídas. Assim, procedeu-se com a comparação dos resultados via validação por imagens GoogleEarth e o cálculo das novas áreas construídas. Verificou-se que os valores de parâmetros utilizados foram válidos para a área urbana, sendo possível a detecção e quantificação das alterações na área construída.

Palavras-chave — LiDAR, Detecção de alterações, área urbana, Smart Cities, TerraScan.

ABSTRACT

The Brazilian population faces a progressive increase of its population impacting several social sectors. Taking into account that in urbanized regions buildings are essential elements for landscape composition, the detection of their changes is of great use in several areas. The study area is located in the city of Curitiba and two cloud samples of LiDAR points were selected in the years 2002 and 2012, obtained from the ATML2050 and PegasusHD500 systems. A pirori, the points were read in the MicroStation via TerraScan, the Classify Ground was used for cloud classification and, from then on, a macro was executed to extract the constructed areas. Thus, the results were compared through validation by GoogleEarth images and the calculation of the new constructed areas. It was verified that the values of parameters used were valid for the urban area, being possible the detection and quantification of the changes in the constructed area.

Key words — *LiDAR, Change detection, urban area, Smart Cities, TerraScan.*

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira enfrenta um crescimento progressivo de sua população impactando de forma direta e indiretamente vários setores sociais. Sendo assim, o crescimento das cidades brasileiras, oriundo tanto do aumento da natalidade quanto dos movimentos migratórios, exige que haja uma infraestrutura que suporte tal demanda. Porém, tal realidade acaba se tornando distante levando em consideração os problemas estruturais enfrentados na maioria das cidades brasileiras, decorrentes do mal planejamento urbano e da ocupação irregular. Tais condições somadas à falta de ações governamentais para fiscalização e gestão territorial urbana, faz com que esse crescimento ocorra de forma desordenada e que o governo se torne alienado à real condição do município.

A falta de ferramentas para quantificar o crescimento urbano, faz com que haja uma considerável diferença entre a cidade legalizada, ou seja, apenas os imóveis que constam no cadastro, e a cidade real, que considera todos os imóveis existentes. Tal situação, conhecida como o déficit cadastral, influencia tanto na gestão quanto para a população como um todo, já que sem conhecimento da real situação da região torna-se difícil criar estratégias de planejamento urbano, tributação e melhorias de infraestrutura, e sem esses incentivos tributários o governo acaba perdendo parte de renda que poderia ser revertida em benefícios para a sociedade (PELEGRINA et al., 2007 apud SANTOS et al., 2015).

De acordo com Carneiro e Loch (2000), as informações disponíveis são, na sua grande maioria, deficientes por vários aspectos como a falta de atualização, a falta de controle geodésico e a inexistência da rede de referência cadastral municipal. Sendo assim, vê-se no uso de geossoluções como uma ferramenta com enorme potencial para auxiliar nos processos de obtenção de dados relativos às propriedades urbanas, podendo ser utilizada para sanar a carência de informações adequadas para a tomada de decisões.

Levando em consideração que em regiões urbanizadas as edificações são elementos essenciais para composição da paisagem, a detecção de suas alterações, utilizando dados multi-temporais, é de grande utilidade em áreas como

cadastro técnico, dinâmica imobiliária, expansão urbana, ou planejamento e política urbana. Para isso, a comunidade cientifica tem estudado a aplicabilidade do uso de dados LiDAR (*Light Detection And Ranging*) aerotransportado para identificação e extração de edificações.

O escaneamento LiDAR se trata de uma tecnologia de detecção remota que permite a determinação de informações georreferenciadas ou outras propriedades de um objeto pela sua iluminação com radiação laser, obtendo como resultado uma nuvem de pontos densas (PEREIRA, 2011). Para estudos com fins de planejamento urbano e projetos de mapeamento planialtimétricos, o ideal é que se utilize este sistema de forma embarcada, sendo denominado de ALS – *Airbone Laser Scanning*. Renslow, 2012 agrupou várias informações acerca dos fundamentos, componentes e funcionamento do LiDAR aerotransportado no Manual of Airbone Topographic.

O processo de atualização e comparação de uma mesma cena pode ser realizado manualmente seguindo a comparação simples com uso de ferramentas digitais que possibilitam a sobreposição como o dos sistemas fotogramétricos digitais. Porém, para simplificar e agilizar o processo, garantindo mais rapidez e confiabilidade, vê-se a necessidade de automatizar o processo de identificação e quantificação das regiões alteradas.

1.1. Gestão territorial em prol das Smarts Cities

A pluralidade dos diferentes conceitos de espaço urbano e processos relativos à sua construção, organização, estruturação e gerenciamento têm sido objeto de estudos a cerca do planejamento e gerenciamento de cidades. O espaço urbano é composto por fragmentações que se complementam e são representadas por todo movimento e fluxo de veículos e pessoas pelos ambientes urbanos, no qual a cidade é tratada como o resultado das ações promovidas pela sociedade que nela habita.

No que tange à legislação, em 2001, quando regulamentados os artigos 182 e 183 da Constituição, foi criado o Estatuto das Cidades objetivando trazer para a sociedade um conjunto de instrumentos urbanísticos e uma nova abordagem a cerca do processo de planejamento e gestão urbana e territorial, bem como desenvolvimento urbano, envolvendo aspectos urbanos, ambientais, orçamentários, econômicos e sociais. Ressalta-se ainda o direito do município intervir sobre a propriedade privada para garantir o cumprimento dessas políticas. Para nortear e normalizar tais medidas, foi criado o Plano Diretor que se trata de uma ferramenta essencial voltada para a política de desenvolvimento e expansão urbana, com o objetivo de viabilizar a contratação de consultorias e serviços, execução de cadastros e mapeamentos de diversos fins. Todas estas atividades necessitam do conhecimento da região a ser mapeada e isto se dá principalmente por técnicas manuais, logo, demandam um numero maior de profissionais e maior tempo de levantamento de campo. Como solução para tal conjuntura, mapeamentos aéreos vêm se tornando uma excelente opção para a aquisição de informações a cerca do territorial municipal, sendo base para diversos estudos e possibilitando o uso de diversos sensores de imageamento, como câmeras multiespectrais e sistemas LiDAR.

Como alternativa de conhecimento da atual situação municipal, bem como criar estratégias de crescimento demográfico sustentável, se faz necessário o uso de ferramentas ligadas ao cadastro técnico multifinalitário, a regularização fundiária e gestão territorial. Porém para que isso seja possível tem-se que haver um levantamento detalhado das informações cadastrais preexistentes no município, bem como todas as características físicas, às condições socioeconômicas e os aspectos jurídicas, como os limites de propriedades, uso do solo, registro, as áreas de ocupação irregular, entre outros.

A partir dessa visão, o cadastro se torna mais do que uma ferramenta de tributação, mas sim uma nova ferramenta de resolução de múltiplos problemas a partir do uso de informações de diferentes fontes, como da falta de infra-estrutura, dados de parcelamento do solo, entre outros.

Porém todos esses problemas encontrados na atualização cadastral são ainda mais expressivos quando se trata de uma área urbana, devido às constantes modificações sofridas no cenário urbano, como novas construções, novos loteamentos, canalização de cursos d'água, entre outros. Logo, é essencial a criação de metodologias que consigam lidar com as adversidades encontradas em meio urbano e que sejam capazes de verificar as alterações nesse meio de forma simples com o mínimo de esforços computacionais e humanos no processo de atualização cadastral.

De acordo com Neirotti et al. (2014) as *Smart Cities* estão baseadas em seis grandes vertentes: Recursos Naturais e Energia, Transporte e Mobilidade, Construção Civil, Vida/Convivência, Governança e Economia e pessoas. Sendo assim, começa-se a se pensar em um desenvolvimento urbano baseado no conhecimento, objetivando trazer prosperidade econômica, sustentabilidade ambiental, ordenamento socioespacial justo e boa governança para cidades; gerando uma cidade propositadamente planejada a fim de incentivar a produção e a circulação de conhecimentos pensando no ambiente, na segurança, na justiça social e na administração municipal.

Sendo assim, toda essa problemática exige atenção e representa um grande desafio aos governos, no que tange à expansão de forma racional e planejada sem que haja esgotamento de recursos naturais e se mantenha a qualidade de vida da população. Neste sentido, a utilização de ferramentas de análises de crescimento urbano serve como ferramenta no processo de tomada de decisões relativas à gestão territorial, possibilitando a prospecção de cenários, dando subsídios à condução de soluções e medidas assertivas perante a conjuntura municipal, garantindo a consolidação de um ordenamento planejado numa perspectiva de *Smart Cities*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo escolhida se encontra dentro da cidade de Curitiba, PR devido ao dinamismo já reconhecido da paisagem urbana. Foram selecionadas duas amostras de nuvem de pontos de uma mesma área em diferentes intervalos de tempo para que se fosse plausível realizar a verificação de uma possível alteração nesta área. Especificamente, a região cobre parte do Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná e uma parcela dos bairros Jardim das Américas e Jardim Botâncio.

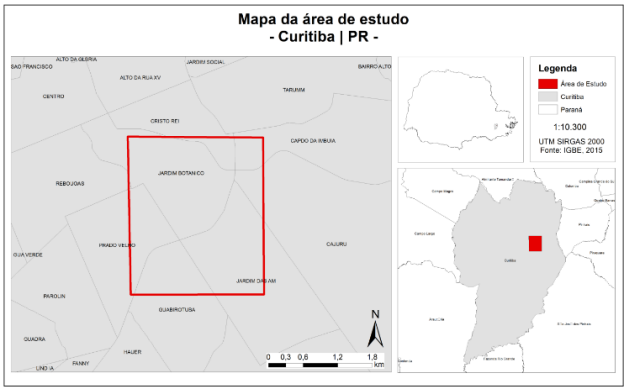

Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo.

Os dados foram obtidos por dois levantamentos aerofotogramétricos da cidade de Curitiba com sensores laser embarcados realizados e disponibilizados pelo Lactec, vinculados ao projeto do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPQ, pela Lei 8010/90, L. I. 12 / 1846474-1. O primeiro conjunto de dados se trata de nuvens de pontos obtidas com o sensor ALTM 2050 na data de 09/05/2003 e os segundo, outra nuvem de pontos coletada pelo sensor *Pegasus* HD500 em em 07/08/2012.

A metodologia do projeto envolve a comparação das nuvens de pontos de uma mesma área urbana mapeada com ambos os sistemas, em datas distintas, a fim de detectar e quantificar alterações de edificações e comparar a diferença dos sistemas. Todo o processo planejado para a execução deste trabalho, bem como a descrição de cada etapa que será desenvolvida, estão mostrados na Figura 2 abaixo.

Figura 2. Organograma do estudo.

Primeiramente, foi feita a leitura da nuvem de pontos do ATML 2050 no *MicroStation* via *TerraScan*, logo após utilizou-se a ferramenta *Classify Ground* para realizar a classificação da nuvem, obtendo duas classes: terreno e não-terreno. Os parâmetros utilizados no *Classify Ground* foram: *Max building size = 20,0m; Terrain angle = 88.00 degrees; Iteration angle = 8.00 degrees to plane; Iteration distance = 0.5 m; Reduce iteration angle when = Edge length < 0.5 m; Stop triangulation when = Edge length < 0.25 m*.

A partir de então, executou-se uma macro para extrair apenas as áreas relativas às edificações. Esse processo se repetiu para a nuvem de pontos do sistema *Pegasus* HD500. Ressalta-se que método proposto pela empresa finlandesa *Terrasolid* para geração de modelos é baseado na declividade e tem apresentado consistência em seu desempenho, tendo seu algoritmo de extração de modelos demonstrado por AXELSSON (2000). Os parâmetros utilizados na macro do *Building* foram: *FnScanClassifyBuilding(2,1,6,4,20.0, 0.15,0,0)*.

Ao final, com as duas nuvens de pontos já classificadas e selecionado apenas a área construída, pode-se proceder com a comparação dos resultados. Em primeira instância, analisou-se visualmente a qualidade dos resultados e a delimitação das edificações oriundos de dois sensores que possuíam características diferentes. Logo após, foi utilizada a ferramenta de desenho de polígonos *(Place Shape)* para delimitação de amostras de novas áreas que foram cosntruídas, bem como a ferramenta de cálculo de área *(Measure Area)* para quantificação das áreas das novas edificações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma primeira análise foi feita utilizando como bases imagens do Google Earth Pro de duas épocas distintas para que se validasse os resultados obtidos pela classificação e validasse o resultado obtido a partir da detecção das alterações. As imagens utilizadas datam do ano de 2004 e 2012, tendo em vista não haver imageamento disponível desta área no ano de 2002, mas que atendem as necessidades da pesquisa.

Figura 3. Parte da área de estudo no ano de 2004 com destaque em duas áreas de interesse.

Figura 4. Parte da área de estudo no ano de 2012 com destaque em duas áreas de interesse.

Ao executar a classificação via *Classify Ground* e a detecção da área construída das duas épocas via macro, ou seja, 2002 (com o sistema ATML 2050) e 2012 (com o sistema *Pegasus* HD500), obteve-se o resultado mostrado na Figura 5. Foram então escolhidas algumas amostras de áreas para que fosse mais evidente a demonstração das atualizações.

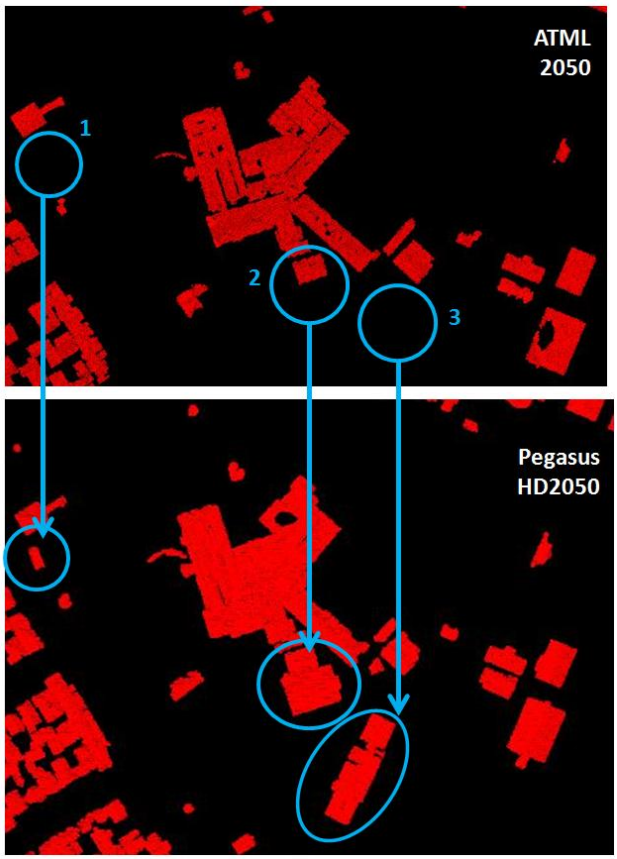

Figura 5. Resultado da detecção de área construída.

Sendo assim, pode-se perceber que o algoritmo do *TerraSolid*, bem como os parâmetros utilizados, foram válidos para a detecção da área construída no ambiente urbano. Além disso, vê-se que nas áreas de amostra teste, houve mudanças significativas, que foram detectadas e que podem ser validadas analisando as imagens do GoogleEarth Pro. Abaixo, tem-se um quadro com as áreas que foram acrescidas em cada seção após um espaço de tempo de 10 anos.

Valores em m² das novas edificações detectadas					
Área 1	101,433	Área 2	1127,201	Área 3	1698,584

Quadro 1. Áreas que foram construídas no espaço 2002-2012.

Além disso, ressalta-se que com a utilização do sensor *Pegasus* HD500, que possui tecnologia da fullwaveform, é possível captar todos os retornos de um pulso, bem como lançar outro pulso antes do retorno do anterior. Logo, isto garante uma densidade de pontos maior, bem como melhor delimitação dos limites das edificações. Isto pode ser comprovado verificando a densidade de pontos na nuvem que foi classificada, onde tem-se uma densidade de aproximadamente 0,5 pontos/m² para o sistema ATML e 6,0 pontos/m² para o Pegasus HD500.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com os parâmetros utilizados foram satisfatórios para detecção das edificações numa certa área sem grandes ruídos. Ficou clara a melhora da qualidade dos dados quando utilizado um sensor que coleta pontos com uma densidade maior, influenciando na delimitação dos limites das edificações. Ressalta-se que as áreas testes foram facilmente identificadas e validadas por imagens de satelites. Aconselha-se que para trabalhos futuros sejam utilizadas imagens aéreas do próprio levanamento ou coletadas com drones para conseguir uma melhor resolução espacial. Além disso, a detecção de alterações também pode ser feita a partir da subtração de imagens raster geradas pelas nuvens de pontos.

6. REFERÊNCIAS

[1] CARNEIRO, A. F. T.; LOCH, C. Análise do Cadastro Imobiliário de Algumas cidades brasileiras. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, 2000.
[2] NEIROTTI, P., DE MARCO, A., CAGLIANO, A. C., MANGANO, G., & SCORRANO, F.
Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. 2014.
[3] PEREIRA, L. G. Varrimento por laser: estado da arte e aplicações. Notas de aula. Universidade de Aveiro, 2011.
[4] RENSLOW, M. S. Manual of Airbone Topographic LiDAR. American Society Photogrammetry and Rempte Sensing, Bethesda, 2012.
[5] SANTOS, T.; PELEGRINA, M.; JULIAO, R. P. Atualização cadastral dirigida, utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial. Revista Brasileira de Cartografia, 2015.