



IDENTIFICAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE CURITIBA-PR POR MEIO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL – GEOEYE

Mayssa Mascarenhas Grise¹, Hideo Araki², Daniela Biondi³

1 Doutoranda em Engenharia Florestal na UFPR (mayssamonteiro@gmail.com)

2 Professor Doutor na UFPR (haraki@ufpr.br)

3 Professora Adjunta Doutora na UFPR (dbiondi@ufpr.br)

Universidade Federal do Paraná – UFPR

Av. Prof. Lothário Meissner, 900 - 80210-170 - Curitiba-PR

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

Em pouco tempo e de maneira extensa, ferramentas geoespaciais como o Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) podem fornecer, dados espaciais a partir dos quais a arborização urbana pode ser identificada, quantificada, qualificada e analisada quanto a sua distribuição espacial na cidade. O objetivo desta pesquisa foi verificar a viabilidade do uso de técnicas do sensoriamento remoto de alta resolução espacial integradas com os conceitos de arborização urbana, com a finalidade de gerar informações espaciais que sirvam de base para o planejamento de uso e ocupação do solo urbano. A área de estudo foi definida como o bairro Santo Inácio, localizado na Regional Santa Felicidade do Município de Curitiba. Foram utilizadas imagens do sensor GeoEye-1. Foram aplicadas técnicas de realce da imagem para a classificação por árvore de decisão em ambiente de programação (*software* Matlab). O Bairro apresentou uma área de cobertura de vegetação de 57% de sua área total. Cerca de 17% desta arborização localizada em áreas públicas e 40% em áreas particulares. Os dados demonstraram que é possível realizar a identificação da Arborização Urbana Pública e Privada através da classificação de uma imagem de alta resolução espacial – GeoEye-1.

PALAVRAS-CHAVES: árvore, árvore de decisão, cidade, sensoriamento remoto

IDENTIFICATION OF CURITIBA-PR URBAN FORESTRY BY HIGH SPATIAL RESOLUTION SATELLITE IMAGE - GEOEYE

ABSTRACT

Geospatial tools such as Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) can provide, in a short time, extensive spatial data information from which urban forestry can be identified, quantified, qualified and analyzed for their spatial distribution in the city. The objective of this study was to verify the availability of using remote sensing techniques in high spatial resolution integrated with the concepts and methodologies of landscape ecology, with the purpose to provide spatial information as a base for the land use planning in urban area. The study area was defined as the “Santo Inácio” district, located in the “Regional Santa Felicidade” in Curitiba City - Paraná state, Brazil. With GeoEye-1 sensor images, were applied techniques of image enhancement and decision tree classification technique in a programming

environment (Matlab software). The district had a 57% vegetation cover area. About 17% are in public areas and 40% in private areas. The results demonstrated that it is possible the urban forestry identification through a high-resolution satellite image - GeoEye-1 by creating decision rules and applying them in a programming environment. Results indicate that is possible to identify the urban public forestry and urban private forestry using decision trees classification in high-resolution satellite image.

KEYWORDS: city, decision tree, remote sensing, tree

INTRODUÇÃO

O mapeamento sistemático, realizado com o aporte das geotecnologias, é um importante instrumento para o entendimento da espacialidade dos componentes urbanos. A espacialização dos tipos de cobertura do solo e dos valores de densidade demográfica permite o entendimento das formas de ocupação do solo, e dos locais que carecem de infraestrutura e investimentos. A localização das áreas verdes indica quais lugares estão sendo beneficiados por suas funções (CAPORUSSO & MATIAS, 2008). Os avanços na aquisição, processamento e análise de imagens digitais da superfície terrestre, tem tornado possível quantificar os padrões e dinâmicas das paisagens urbanas permitindo uma compreensão do crescimento urbano, da evolução da paisagem e das mudanças ambientais (CHRISTOPHER, 2005).

Ferramentas geoespaciais como o Sensoriamento Remoto (SR) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) podem fornecer, em pouco tempo e de maneira extensa, dados espaciais a partir dos quais a arborização urbana pode ser identificada, quantificada, qualificada e analisada quanto a sua distribuição espacial na cidade. As imagens de satélite de alta resolução espacial, como IKONOS e WorldView tem se mostrado eficientes na extração de informações da cena, atingindo um alto nível de detalhamento (FERNANDES, 2005), sendo usadas na identificação e mapeamento das árvores e florestas urbanas (PU & LANDRY, 2012). O sensor GeoEye-1, lançado em setembro de 2008, possui resolução espacial nominal de 0,41 m no modo pancromático e de 1,65 m no modo multiespectral (DIGITAL GLOBE, 2012).

As áreas urbanas têm aumentado nas últimas décadas (UNFPA, 2007). Na medida em que as cidades crescem e tornam-se superpopulosas, multiplicam-se os problemas relacionados à falta de planejamento, estrutura e gestão para suportar tamanha demanda por espaço e recursos. Isto leva a uma deterioração ostensiva das condições urbano-ambientais (PNUMA/UN-HABITAT, 2004). Em contrapartida, amplia-se a consciência mundial a respeito da importância das áreas verdes na qualidade do meio ambiente e da vida urbana. Está crescendo o reconhecimento de que as áreas verdes são um componente social e economicamente importante na efetividade dos planejamentos urbanos (FAO, 2011), quer por seus benefícios ecológicos, sociais ou estéticos.

As áreas urbanas são denominadas paisagens antrópicas devido à predominância e influência de componentes humanos (BIONDI, 2008). São formadas basicamente por quadras e ruas entremeadas por áreas verdes, as quais são consideradas componentes centrais da estrutura da paisagem por proporcionar benefícios ecológicos, estéticos e sócio-psicológicos à população (LANG & BLASCHKE, 2009).

BIONDI (2008) caracteriza a vegetação em área urbana como arborização urbana podendo ser dividida em arborização de ruas e áreas verdes. Segundo a autora, toda a vegetação (independente do porte) que compõe o cenário da paisagem urbana, configura a Arborização Urbana.

A Arborização de Ruas é formada por árvores plantadas linearmente nas calçadas ao longo de ruas e avenidas, constituindo um patrimônio público, o qual deve ser planejado e mantido exclusivamente pelas prefeituras (BIONDI, 2008).

As Áreas Verdes são locais com vegetação de porte variado, geralmente acompanhado de outros elementos paisagísticos. Estas, por sua vez, podem ser públicas ou privadas. As públicas são áreas de propriedade pública como praças, parques, bosques, Áreas de Preservação Permanente - APP e Áreas de Proteção Ambiental - APA Municipal. As privadas são áreas de propriedade de particulares como jardins, quintais e Reservas do Patrimônio Natural Municipal - RPPNM (BIONDI, 2008).

Muitas questões sobre a vegetação urbana podem ser tratadas rapidamente e de forma eficaz usando métodos e ferramentas geoespaciais. Em pouco tempo e em larga escala são obtidos dados espaciais a partir dos quais os atributos da vegetação urbana podem ser identificados (WARD, 2007) e assim especializados e analisados nos mais diversos aspectos.

Um planejamento urbano baseado nos padrões espaciais de configuração da paisagem pode resultar na conservação da paisagem urbana, e conseqüentemente, em uma convivência equilibrada dos habitantes com os componentes urbanos. A arborização urbana, quando constituída de forma planejada pode melhorar, sobretudo, a qualidade de vida da população.

A análise da paisagem urbana combinada com o sensoriamento remoto de alta resolução espacial pode ser utilizada como uma ferramenta na compreensão de padrões da arborização urbana, bem como na avaliação da quantidade, distribuição e qualidade desta na cidade.

O objetivo desta pesquisa foi verificar a viabilidade do uso de técnicas do sensoriamento remoto de alta resolução espacial integradas com os conceitos da Arborização Urbana, com a finalidade de gerar informações espaciais que sirvam de base para o planejamento de uso e ocupação do solo urbano.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná, na região sul do Brasil. O Marco Zero da cidade, localizado na Praça Tiradentes, tem as coordenadas Latitude 25° 25' 41" S e Longitude 25° 25' 41" W. A cidade ocupa uma área de 432.170.000 m² do Primeiro Planalto Paranaense, com altitude média em relação ao nível do mar de 934,6 m (IPPUC, 2012).

Segundo dados do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC, 2012), a arborização urbana de Curitiba é composta por 22 parques, 16 bosques, 31 núcleos ambientais, 5 RPPNM, 2 jardins ambientais, 56 largos, 18 eixos de animação, 454 praças e 462 jardinetes, além de 300 mil árvores em suas vias públicas. A cobertura vegetal de todo o município, em 2004, foi estimada por VIEIRA (2006) em 129.940.000,00m² ou 30% do seu território. Segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA, 2012), Curitiba possui uma média de área verde de 64,5 m²/hab.

A área de estudo definida foi o bairro Santo Inácio, localizado na Regional Santa Felicidade do Município de Curitiba (Figura 1). A seleção deste bairro foi devido a proximidade do mais frequentado parque da cidade – Parque Barigui.

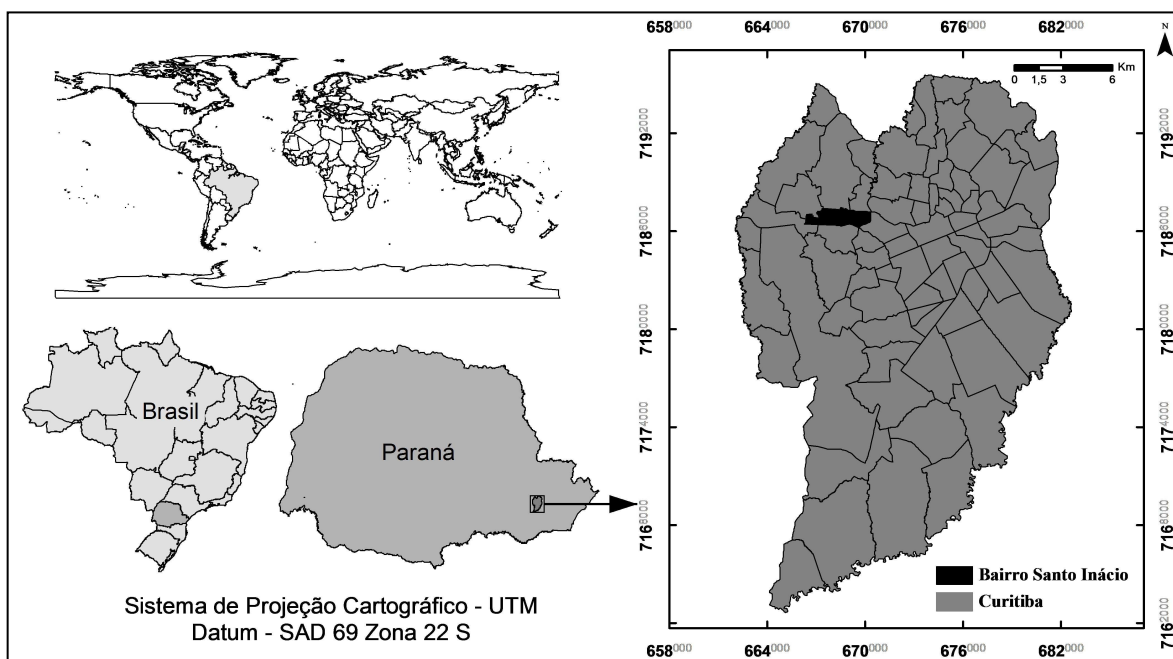


FIGURA 1 - Localização da área de estudo – Bairro Santo Inácio, Curitiba – PR.
Fonte: Os autores

Para realização desta pesquisa foram utilizadas imagens digitais de alta resolução espacial do Satélite GeoEye-1 cujas características são descritas na Quadro 1. As imagens datadas de janeiro de 2009 foram adquiridas da empresa Engesat.

QUADRO 1 - Características do satélite GeoEye-1

Instituição Responsável: GeoEye	
País/Região: Estados Unidos	Altitude: 684 Km
Lançamento: 06/09/08	Inclinação: 98°
Tempo de Vida: 7 anos	Duração da Órbita: 98 min
Local de Lançamento: Vandenberg Air Force Base	Período de Revisita: 3 dias
Veículo Lançador: Delta II	Instrumentos Sensores: PAN; MS
Órbita: Heliossíncrona	Resolução espacial: 0,5m fusionada

Fonte: Adaptado de Digital Globe (2014)

Para o processamento da imagem e dos dados obtidos, foram utilizados os seguintes softwares: ENVI 5 e MultiSpec para o processamento da imagem, MATLAB para a classificação e ArcGIS 10 para o pós-processamento da imagem.

Os dados ou imagens captadas pelos diferentes sensores devem passar pelo processamento digital de imagens a fim de melhorar a informação visual para a interpretação humana e também, para o processamento de dados de cenas para percepção automática através de máquinas (GONZALES & WOODS, 2010). As técnicas de processamento de imagens podem ser agrupadas em três conjuntos:

técnicas de pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação de imagens (NOVO, 2010).

As imagens utilizadas nesta pesquisa foram fornecidas já pré-processadas. Segundo a Engesat, a imagem passou pela ortorretificação utilizando-se o método da Reamostragem por Interpolação Bilinear.

As técnicas de realce de imagens têm a finalidade de melhorar a sua qualidade visual e facilitar o trabalho de interpretação. Entretanto, a aplicação de tais técnicas altera substancialmente os valores originais dos níveis de cinza existentes em uma imagem (NOVO, 2010; FLORENZANO, 2011). Nesta pesquisa foram utilizadas duas técnicas de realce de imagens, a razão entre bandas para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI e a transformação por Componentes Principais.

Os valores do NDVI estão no intervalo de -1 a +1, sendo que a vegetação fotossinteticamente ativa corresponde aos valores positivos; o limite inferior torna-se aproximadamente zero e o limite superior aproximadamente 0,8 (PONZONI & SHIMABUKURU, 2012). O Índice de Vegetação foi gerado no software ENVI.

A transformação em Componentes Principais gera a partir de "n" variáveis originais (como bandas das imagens multiespectrais) "n" novas variáveis (Componentes Principais), onde cada nova variável é uma combinação linear das variáveis originais (NOVO, 2010; FLORENZANO, 2011). A primeira componente caracteriza-se por estar orientada segundo a direção de maior variância dos dados originais e irá conter teoricamente a informação que é comum a todas as bandas originais, enquanto outras componentes terão informações espectrais específicas. O estudo realizado por MACIEL et al. (2007) indica que as Componentes Principais calculadas com as funções implementadas em softwares de processamento de imagens de sensores remotos não produzem resultados iguais. A transformação da imagem utilizada neste trabalho foi realizada no software MultiSpec.

Interpretar imagens é identificar os objetos nelas representados e atribuir a estes um significado (FLORENZANO, 2011). As técnicas de classificação de imagens digitais utilizam determinado critério de decisão, agrupando em classes os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais (JENSEN, 2009; NOVO, 2010). Imagens de satélite de alta resolução espacial são de difícil classificação devido a problemas relacionados com a mistura espectral e a sombra, dificultando o uso de técnicas tradicionais. Pixels mistos são aqueles que pertencem a mais de uma classe de cobertura do solo e, quanto maior a resolução espacial, maior será a variabilidade espectral. A posição do sol e o ângulo de visada do sensor fazem com que um mesmo alvo tenha na imagem comportamento ensolarados e sombreados.

Assim, para a classificação da imagem foi utilizado um conjunto de regras de decisão, processada no software Matlab. As árvores de decisão ou *decision trees* (DTs) surgiram recentemente como um método alternativo de classificação da cobertura do solo em imagens de alta resolução espacial, podendo fornecer precisões melhores do que a classificação por máxima verossimilhança ou por rede neural (MAHESH & MATHER, 2003). DTs oferecem vantagens sobre os outros métodos de classificação uma vez que podem processar dados medidos em escalas diferentes e não são feitas suposições sobre a distribuição de frequência dos dados. O processo básico de construção DTs envolve a divisão repetida de um conjunto de dados amostrais em subconjuntos cada vez mais distintos com base em testes para aferir os valores que caracterizam uma classe. Sendo um conjunto de regras

hierarquicamente estruturadas, produzidas com base em amostras de treinamento fornecidas, então essas regras podem ser aplicadas a uma imagem inteira, a fim de produzir mapas e inventários precisos para análise espacial da cobertura do solo (TOOKE et al., 2009).

Primeiramente foram separadas as áreas cobertas por vegetação daquelas não vegetadas, utilizando-se uma abordagem baseada em pixels, com um limite estabelecido do valor de NDVI. Foi utilizado um método de aproximação progressiva para determinar o limiar ideal de NDVI a partir dos dados de referência. O método quantitativo utiliza um histograma para achar um valor aproximado do limiar, e em seguida ajusta o valor a um intervalo determinado, que resulta na mais alta precisão, correspondente ao comparado com dados de referência. O valor limiar estabelecido no NDVI foi de 0,67, ou seja, os pixels de valor igual ou superior a 0,67 foram identificados como vegetação. Entretanto, quando comparada com a imagem original, observou-se que houve áreas sombreadas e de telhados azuis que foram consideradas como vegetação.

Assim, as bandas geradas pela transformação em Componentes Principais, devido à reorganização da informação espectral presente nas bandas originais, foram usadas a seguir, para eliminar possíveis áreas com sombra e telhados azuis que podem ter sido incluídas no valor limite do NDVI. A Componente Principal 1 foi utilizada para a criação de uma máscara para eliminar as áreas de sombra que eventualmente foram incluídas como área coberta por vegetação. A Componente Principal 4 foi utilizada para a criação de uma máscara para eliminar as áreas de telhados azuis que eventualmente foram incluídas como área coberta por vegetação.

Após a classificação da imagem, esta foi transformada do formato raster para o formato vetorial no software ENVI 5. O pós-processamento foi realizado em ambiente SIG no software ArcGIS 10. Através de um arquivo vetorial com os dados de arruamento da cidade, fornecido pelo IPPUC (2013), foram identificadas as Áreas Verdes presentes no bairro e estabelecidas pela Prefeitura Municipal de Curitiba - PMC, além de definida a área fora dos limites dos lotes particulares, ou seja, a área de calçamento e vias públicas. A qual será utilizada para estabelecer vegetação que compõem a Arborização de Ruas.

Assim, a Arborização Urbana de Curitiba foi dividida em:

- a) Arborização pública: contendo a área dos parques, praças, jardinetes, bosques e arborização de ruas;
- b) Arborização particular: Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal - RPPNM e a vegetação localizada no interior do perímetro dos lotes particulares, ou seja, quintais e jardins.

A partir da tabela de atributos dos dados obtidos, foi possível quantificar a área de cobertura de cada item acima citado e verificar a espacialização da arborização ao longo do bairro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O bairro Santo Inácio apresentou uma área total de 3.355.599,00 m² e um perímetro de 10.596,00 m². Estes dados corroboram com dados do IPPUC (2012) que apontam o bairro com uma área de 3.360.000,00 m².

A classificação da vegetação pelo método da árvore de decisão permitiu o controle sobre os procedimentos e as decisões definidas em todo o processo de classificação. A imagem obtida da vegetação se mostrou condizente com o

apresentado pela imagem original. Foi classificada uma área de cobertura de vegetação de 1.934.620,26 m², ou seja, 57,65% da área total do bairro (Figura 2).

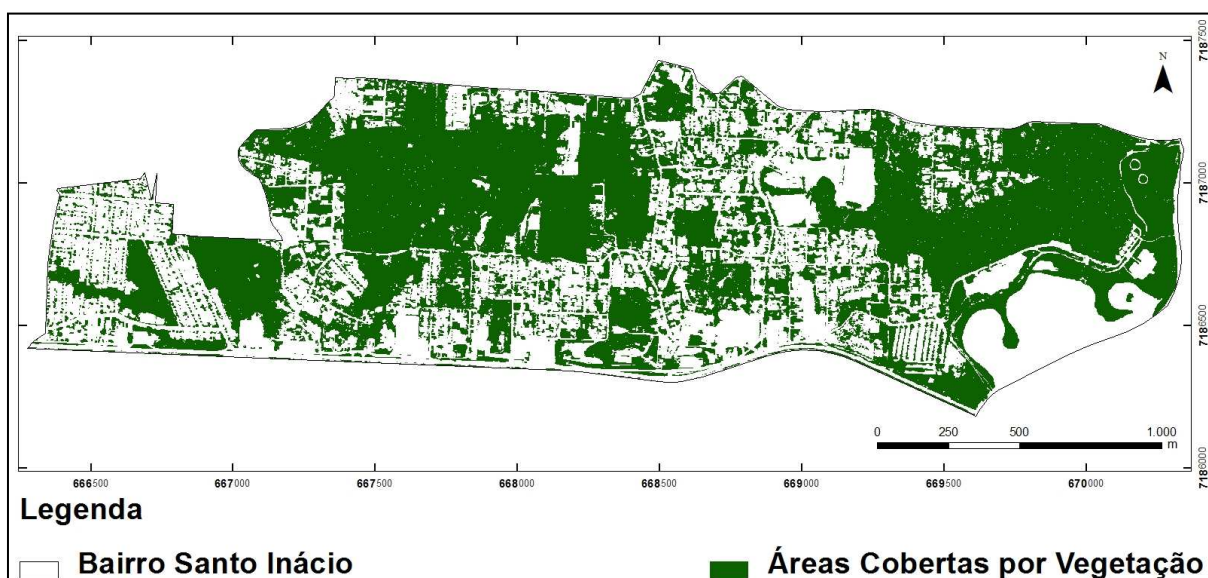


FIGURA 2 - Áreas cobertas por vegetação no Bairro Santo Inácio, Curitiba – PR.
Fonte: Os autores

Segundo o IPPUC (2012), o bairro apresenta 1.433.679,00 m² de áreas verdes estabelecidas pela PMC e distribuídas em: um bosque de preservação, cinco jardinsetes, um parque, duas praças e uma RPPNM. Esta pesquisa quantificou a porcentagem de cobertura de vegetação destas Áreas Verdes, conforme mostrado na Tabela 1.

TABELA 1 – Áreas verdes estabelecidas pela PMC no Bairro Santo Inácio, Curitiba-PR e suas respectivas áreas de cobertura de vegetação.

Tipologia de Área Verde	Nome da Área Verde	Área Total (m ²)	Área coberta de Vegetação (m ²)	Área coberta de vegetação (%)
Bosque de preservação	Biodiversidade Santa Paula	11.000,00	10.991,66	99,92%
Jardinete	Amsterdam	1.566,00	843,27	53,85%
Jardinete	Kelly Elizabette da Silva	1.221,00	*	
Jardinete	1065	900,00	*	
Jardinete	1066	250,00	243,26	97,30%
Jardinete	1305	500,00	344,04	68,81%
Parque	Parque Barigui	1.400.000,00	396.905,65	28,35%
Praça	Marco Aurélio Malucelli	9.193,00	3.489,85	37,96%
Praça		4.486,00	4.826,06	107,58%
RPPNM	RPPNM Barigui	4.563,00	3.080,34	67,51%
Área Total		1.433.679,00	420.724,13	29,35%

* Área não encontradas no arquivo vetorial da PMC.

Fonte: Os autores

O Parque Barigui apresentou uma área de cobertura de vegetação de 396.905,65 m². Segundo o IPPUC (2012), o Parque apresenta uma área total de 1.400.000,00 m². Tais dados tem elevada divergência porque a área do Parque extrapola os limites do bairro, além do Parque possuir uma grande porção coberta por água e uma área impermeável de estacionamento e construções. Retirando o Parque Barigui da análise, cerca de 70% da cobertura do solo das Áreas Verdes é vegetação, ou seja, cerca de 30% da cobertura do solo das áreas verdes não é coberto por vegetação.

Quando avaliada a Arborização de Ruas, ou seja, a cobertura de vegetação presente fora dos lotes particulares, esta cobriu uma área de 167.270,80 m². Quando somadas as áreas de cobertura do solo da Arborização Pública (áreas verdes e arborização de ruas) esta totaliza 585.000,00 m² cobertos por vegetação. A Arborização Particular (RPPNM e interior de lotes), por sua vez, totaliza uma área de cobertura do solo de 1.325.361,16 m² de vegetação (Figura 3 e Gráfico 1).

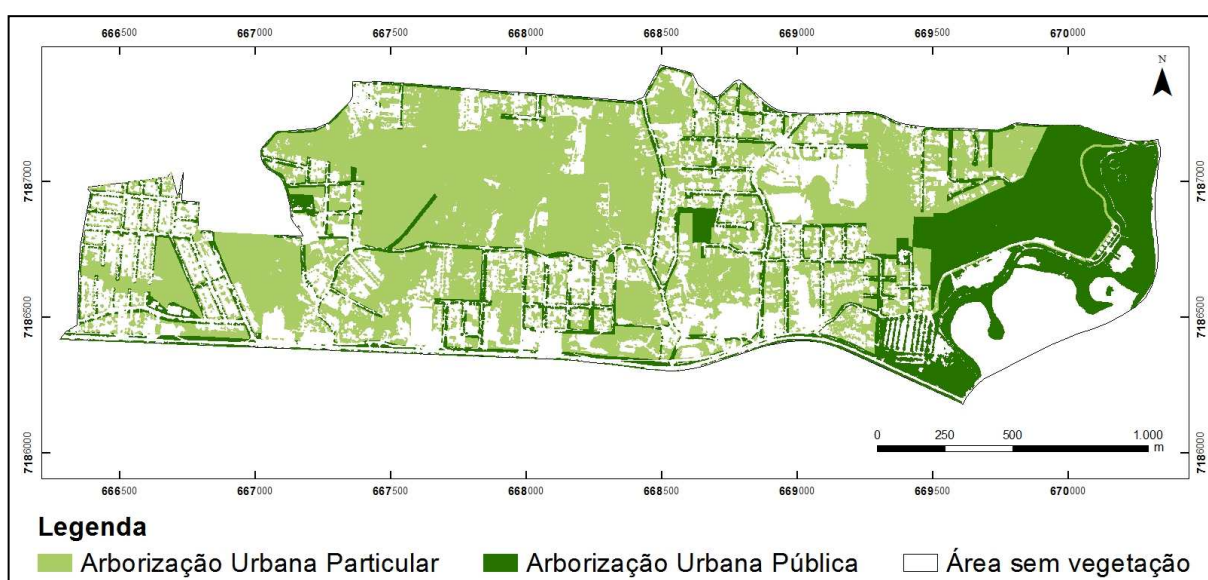


FIGURA 3 – Arborização pública, arborização particular e áreas sem vegetação do Bairro Santo Inácio, Curitiba – PR.

Fonte: Os autores

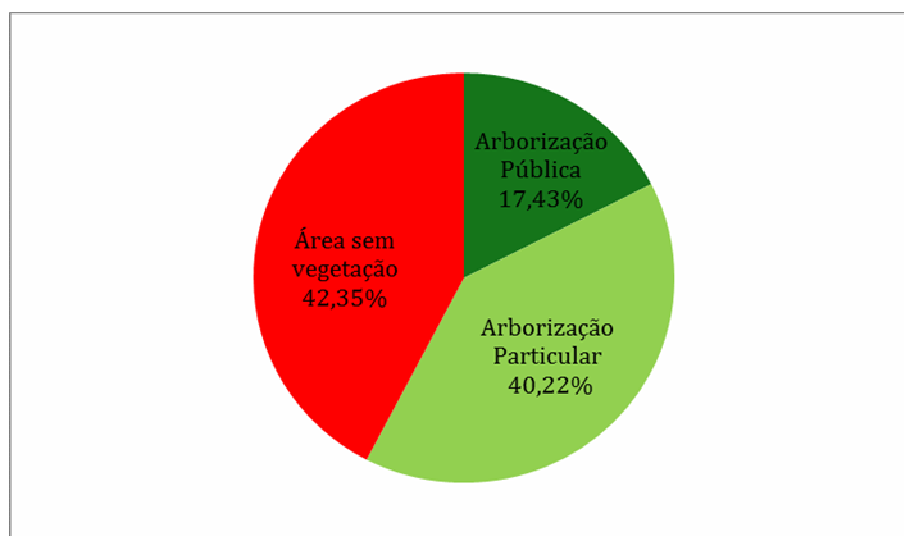


GRÁFICO 1 – Porcentagem de cobertura do solo das áreas de arborização pública, arborização particular e áreas sem vegetação do Bairro Santo Inácio, Curitiba-PR.

Fonte: Os autores

A classificação da imagem, em conjunto com dados vetoriais de arruamento da cidade, permitiu a identificação das diferentes tipologias da arborização urbana bem como de sua área de cobertura do solo de vegetação. Estes dados são fundamentais para entender os padrões de cobertura do solo, uma vez que na paisagem urbana, estes regulam a quantidade e o arranjo espacial da cobertura arbórea (NOWAK et al., 1996).

Pode-se observar uma extensa área de vegetação em áreas particulares, as quais integram a arborização pública. Assumindo a premissa de que o desenho ideal da vegetação exige um sistema de vegetação incorporado na área urbana, e que isto segrega as áreas construídas, aumenta o impacto paisagístico, e facilita as funções ambientais e ecológicas destas áreas (FORMAN & GODRON, 1986), a arborização presente no bairro Santo Inácio cumpre seu papel ecológico, estético e social, os quais se tornam cada vez mais importantes à qualidade de vida urbana.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que é possível realizar a identificação da arborização urbana através de uma imagem de alta resolução espacial - GeoEye-1 criando-se regras de decisão e aplicando-as em ambiente de programação. Estas informações, quando agregados a uma base de dados vetoriais de arruamento, permitiram a identificação da arborização pública e da arborização particular presente no bairro.

Com estes resultados é possível concluir que as áreas verdes instituídas pela prefeitura, podem conter áreas de cobertura do solo sem a presença de vegetação, chegando alcançar cerca de 30% de sua área de cobertura do solo. Esta

constatação é importante principalmente no estabelecimento de critérios para a elaboração de índices de vegetação em cidades.

Conclui-se ainda que, a arborização urbana presente no bairro Santo Inácio cumpre seu papel ecológico, estético e social, uma vez que são integrados na malha urbana e cobrem mais de 50% da área do bairro.

REFERÊNCIAS

BIONDI, D. **Arborização Urbana: aplicação à educação ambiental nas escolas**. Curitiba: do autor, 2008. 120p.

CAPORUSSO, D.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: avaliação e proposta conceitual. In: 1º Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do Estado de São Paulo, 1., 2008, Rio Claro. **Anais...**, Rio Claro: 2008.

CHRISTOPHER, S. Urban Remote Sensing: global comparisons. **Architectural Design**, v. 75, p. 18-23, 2005.

DIGITAL GLOBE. **GeoEye Satellites**. Herndon, 2012. Disponível em: <<http://www.geoeye.com/CorpSite/products/earth-imagery>>. Acesso em: ago. 2012.

DIGITAL GLOBE. **GeoEye Satellites: GeoEye-1**. Disponível em: <<http://www.geoeye.com/CorpSite/products/earth-imagery/geoeye-satellites.aspx>>. Acesso em: fev. 2014.

FAO - Food And Agriculture Organization. **State of the world's forests**. Rome: FAO, 2011.

FERNANDES, S. C. **Avaliação de imagens de satélite de alta e muito alta resolução espacial para a discriminação de classes de uso e ocupação do solo: aplicação ao caso da sub-bacia do córrego capão comprido no distrito federal**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – UNB, Brasília, 2005.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2011. 128p.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. USA: J. Wiley, 1986. 640p.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Curitiba em dados**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>>. Acesso em: ago. 2012.

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Curitiba em dados - mapas**. Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>>. Acesso em: ago. 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2009. 424p.

MACIEL, A. O; MARTINS, B. D.; ARAKI, H.; MEZINE, W. Fusão de imagens de alta resolução com o método de substituição da componente principal em diferentes softwares de processamento de imagens. In: V Simpósio Brasileiro de Geomática. **Anais...** UNESP: p. 915-921.2007.

MAHESH, P.; MATHER, P. M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 554-565, 2003.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4 ed. São Paulo, 2010. 308 p.

NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A.; MCPHERSON, E. G.; SISINNI, S. M.; KERKMANN, E. R.; STEVENS, J. C. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, p. 49-57, 1996.

PNUMA/UN-HABITAT. **Estratégia Urbano-Ambiental para a América Latina e o Caribe**. 2004.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURU, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. 2 ed. São José dos Campos: A. Silva Vieira, 2012.

PU, R.; LANDRY, S. A comparative analysis of high spatial resolution IKONOS and WorldView-2 imagery for mapping urban tree species. **Remote Sensing of Environment**. v. 124, p. 516-533, 2012.

SMMA. **Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/indice-de-area-verde-passa-para-645-m2-por-habitante/25525>. Acesso em: nov. 2012.

TOOKE, T.R.; COOPS, N.C.; GOODWIN, N.R.; VOOGT, J.A. Extracting urban vegetation characteristics using spectral mixture analysis and decision tree classifications. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p.398-407, 2009.

UNFPA - United Nations Population Found. **Relatório sobre a Situação da População Mundial 2007**. Disponível em: http://www.unfpa.org.br/relatorio2007/swp_mensagem.htm. Acesso em: jul. 2010.

VIEIRA, C. H. S. D. **Estudo da dinâmica da cobertura vegetal na paisagem de Curitiba, PR com uso de imagens digitais**. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - UFPR, Curitiba, 2006.

WARD, K. T.; J., G. R. Geospatial methods provide timely and comprehensive urban forest information. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 6, p. 15-22, 2007.