

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANIEL HUMBERTO SAAVEDRA ALVARADO

**ESTUDO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO VILA GUAÍRA DE
CURITIBA-PR A PARTIR DA ANÁLISE TEMPORAL COM IMAGENS DE ALTA
RESOLUÇÃO PARA O PERÍODO 2000 – 2010**

CURITIBA

2017

DANIEL HUMBERTO SAAVEDRA ALVARADO

**ESTUDO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO VILA GUAÍRA DE
CURITIBA-PR A PARTIR DA ANÁLISE TEMPORAL COM IMAGENS DE ALTA
RESOLUÇÃO PARA O PERÍODO 2000 – 2010**

Artigo apresentado ao curso de Pós-Graduação em Análise Ambiental, do Curso de Geografia, do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: Msc. Adriano Ávila Goulart

CURITIBA
2017

Resumo

O objetivo deste trabalho é avaliar a evolução da impermeabilização e estabelecer sua relação com a densidade habitacional da microbacia do Rio Vila Guaíra localizada na área central do município de Curitiba – PR, dentro de um período de dez anos, de 2000 a 2010. Para estabelecer tal relação, foi realizado o mapeamento das áreas permeáveis e impermeáveis de forma visual a partir de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto com uso de ortofoto para o ano 2000 e imagem de satélite de alta resolução para o ano 2010, padronizados para uma única escala. Áreas ocupadas por construções, asfaltos, piscinas e corpos d'água foram classificadas como áreas impermeáveis. Áreas cobertas por vegetação, gramados e solos expostos foram classificadas como áreas permeáveis. Seguidamente, as áreas foram quantificadas por hectare e comparadas com as densidades habitacionais de cada um dos setores censitários internos à área da microbacia, conforme as suas respectivas épocas. O método de mapeamento utilizado se mostrou válido pelo detalhamento das áreas na escala proposta. Os resultados indicaram um crescimento de 3,67% da área impermeabilizada, mostrando as curvas de tendência da relação densidade habitacional x área impermeabilizada entre os anos 2000 e 2010 como muito próximas.

Palavras-chave: microbacia do Rio Vila Guaíra; impermeabilização de superfície; mapeamento; sensoriamento remoto; densidade habitacional.

Summary

This research aims to estimate the increase of the impervious surface area and to establish its relation with the dwelling density of the Vila Guaíra watershed located in the central area of Curitiba - PR, within a period of ten years, from 2000 to 2010. For establishing this relationship, permeable and impermeable mapping areas was done by visual method using geoprocessing and remote sensing techniques with high resolution images of different sensors, standardized for a single scale, for the years 2000 and 2010. Occupied areas by buildings, paved streets, pools and water bodies were classified as impermeable areas. Areas covered by vegetation, lawns and sandy soils were classified as permeable areas. Subsequently, these areas were quantified per hectare and compared to the dwelling densities of each census tracts inside of watershed area, according to their respective seasons. The used mapping method proved to be valid in detailing areas in the proposed scale. The results indicated a growth of 3.67% of the waterproofed area, showing the trend curves of the relation dwelling density x waterproofed area between years 2000 and 2010 as very close. **Keywords:** Vila Guaíra River watershed; impervious surface; mapping, remote sensing; dwelling density.

1. INTRODUÇÃO

Na dinâmica das metrópoles, com a crescente urbanização e a disputa por espaço, áreas verdes e espaços abertos são suprimidos e rios, canalizados, quando não somente retificados. Tais mudanças implicam em alterações do regime hídrico, impermeabilização de solos e assoreamento nas áreas próximas às margens, impactando na qualidade de vida das populações residentes. A leitura de uma microbacia urbana é considerada uma unidade funcional para se mensurar a qualidade ambiental, da água e de vida da população lindeira.

O Rio Vila Guáira, tributário da Bacia do Rio Belém, é mais um exemplo desta dinâmica. Sua microbacia está a montante no Bairro Água Verde, região com maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Curitiba (0,956¹) e da Região Sul do Brasil, segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras para 2010, do Instituto de Pesquisas Econômicas aplicadas - IPEA. Nesta área, está canalizado em quase todo seu curso, e deságua no Rio Belém, delineando os bairros do Parolin (IDHM de 0,623, o mais baixo de Curitiba) e Guáira (IDHM de 0,866), onde o corpo hídrico encontra-se retificado e exposto, em áreas de vulnerabilidade social. O rio recebe o Córrego do Curtume e deságua no Córrego da Rua Henry Ford, antes de atingir o Belém, conforme mostra a Figura 1.

Nesta área, segundo o Mapa de Áreas Inundáveis elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC (2001), o rio está sujeito a inundações provocadas pelo volume escoado e pela impermeabilização crescente da cidade.

Diante disto, o objetivo geral deste estudo é avaliar a evolução da impermeabilização da microbacia hidrográfica do Rio Vila Guáira ao longo da ocupação do uso e cobertura da terra nos anos de 2000 e 2010, diferenciando os graus de impermeabilização conforme as alterações na paisagem e na forma de ocupação. Como objetivo específico, averiguar a taxa de impermeabilização ao longo de áreas com diferentes densidades habitacionais e rendas médias.

¹ O IDHM é um índice adimensional calculado multiplicando três pontuações: uma referente à condição de saúde, outra referente à educação, e outra à renda, extraída a raiz cúbica das três. Esta fórmula garante que haja equilíbrio entre as três variáveis e uma nota ruim em um item não compensa o outro. Por exemplo, um município ou localidade com baixa nota em educação não terá um índice compensado por possuir alta renda. IDHM de valor 0,800 ou maior é considerado alto. Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras (2014).

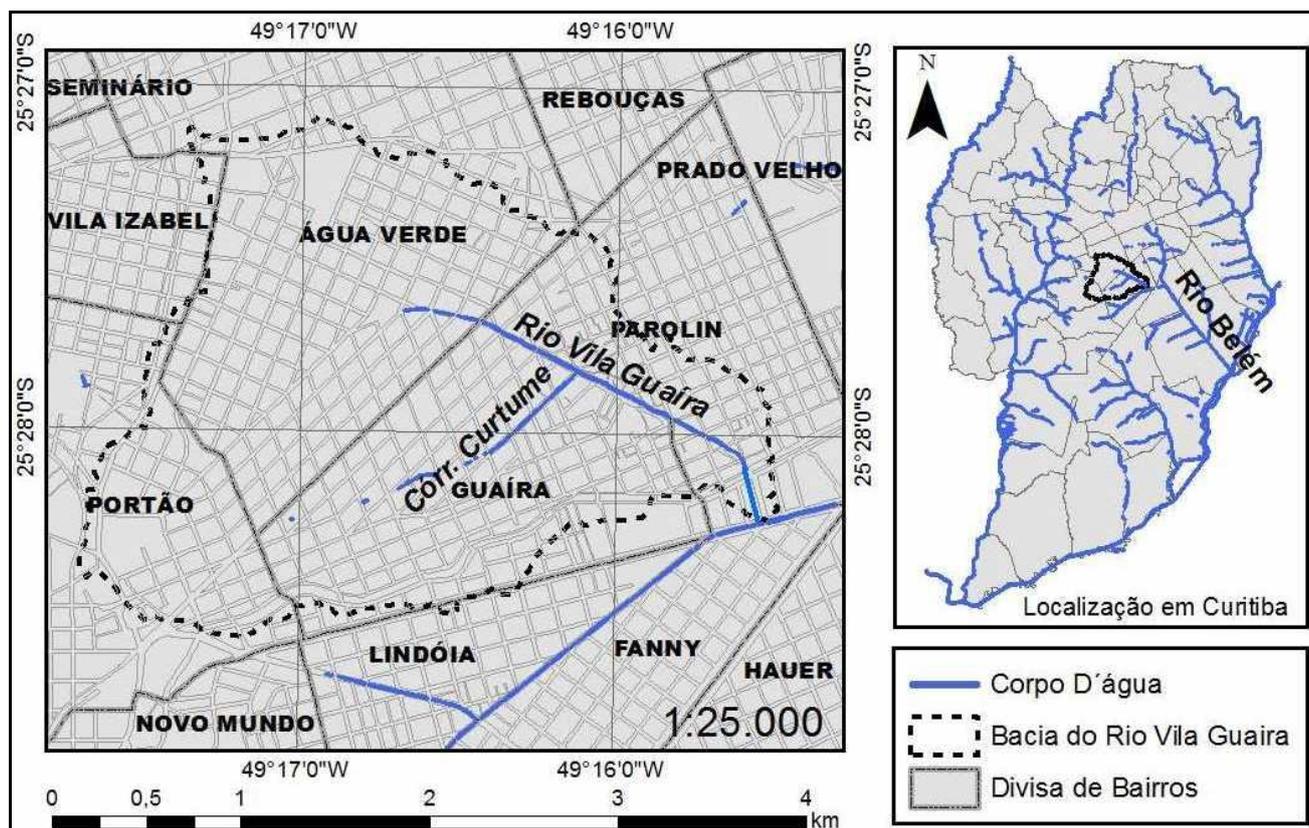


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Vila Guaira em relação à Bacia do Rio Belém e no município de Curitiba.

Fonte: o autor (2017).

2. REVISÃO DA LITERATURA

A geografia estuda enfaticamente a impermeabilização de bacias sob o enfoque do uso e cobertura do solo, pois identifica sob esta ótica, a avaliação do crescimento urbano. E um dos problemas na evolução da ocupação é a impermeabilização do solo pela invasão de espaços urbanos que poderiam atuar naturalmente no controle de cheias.

Fernandes *et al.* (2014) lista os problemas da drenagem urbana decorrentes do excesso de impermeabilização do solo urbano devido à explosão imobiliária somada à área ocupada pelas grandes vias de escoamento de trânsito, como a redução de infiltração da água da chuva no solo, a transferência do volume de água excedente não infiltrada no solo para a caixa dos rios, e a elevação dos níveis na jusante, dentre outros.

Impermeabilização, segundo Stankowski (1972), refere-se à incapacidade da água em penetrar nas áreas da superfície terrestre ocupada por estruturas artificiais. Mensurar somente a área impermeabilizada por si não traz muito significado. É interessante medir a taxa de impermeabilização quando esta se traduz em impacto que atinge uma determinada população.

Christofoletti (1993) explica que, conforme o crescimento urbano, a ampliação das áreas de impermeabilização reflete diretamente na capacidade de infiltração das águas no solo, possibilitando a ocorrência de enchentes e outros problemas relacionados.

Pereira (2013, apud Faustino, 1996) menciona que microbacia é área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, possuindo área inferior a 100 km².

No Brasil em geral, microbacias são pouco estudadas quando o assunto é impermeabilização. Em Curitiba, Carvalho e Oliveira (2014) elaboraram um estudo sobre a permeabilidade da microbacia do Córrego Aviário, para os anos de 1957 e 2013. Esta bacia se diferencia na densidade demográfica, pois integra paisagens naturais e culturais com diferentes intensidades de ocupação. Ribeiro (2007) avaliou a impermeabilização e a ocorrência de inundações na Bacia do Rio Bacacheri através de análise multitemporal por fotointerpretação e análise morfométrica. Nunes *et al.* (2011) estudaram a impermeabilização da Bacia do Rio Atuba pela estimativa de coeficientes de escoamento superficial com a aplicação de método do *Soil Conservation Service* (SCS), em Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Para o *New Jersey Department of Environmental Protection*, através da *Division of Water Resources*, Stankowski (1972) desenvolveu um método inédito de baixo custo para gerar índices quantitativos de condições de desenvolvimento para uso em estudos de projeções preliminares e hidrológicas gerais, conforme as características urbanas e suburbanas de uso do solo. Esta formulação está baseada na correlação entre a densidade de população e a proporção de área ocupada em seis categorias de classificação do uso do solo conforme a porcentagem de área impermeável.

Neste experimento, foi estudada a relação de impermeabilização de diferentes áreas em New Jersey. Foi produzido um gráfico indicando em uma equação de ajuste a relação entre o eixo da área impermeável e o eixo da densidade habitacional. À medida que a densidade habitacional aumentava, o incremento de ambas as variáveis se consolidavam regularmente. Stankowski (1972) aperfeiçoou a técnica desenvolvida por J. L. Martens, que em 1968 sobrepôs um *grid* reticulado sobre mapas topográficos da cidade de Charlotte, Estados Unidos, e calculou as áreas impermeabilizadas. Stankowski (1972) verificou que a impermeabilização atingia diferenças conforme o uso do solo e a densidade habitacional, mostrando comportamentos distintos entre áreas de conservação/recreação (parques e praças), residenciais (que mantinham áreas verdes misturadas a edificações unifamiliares e multifamiliares), comerciais e industriais – esta última, apresentando maior taxa de impermeabilização devido à dimensão das edificações, pátios e estacionamentos. Logo, Stankowski se preocupou em quantificar a

população atingida em cada área, sobrepondo os limites das áreas geográficas das unidades dos censos demográficos, os setores censitários produzidos pelo *U. S. Bureau of Census*, contendo dados populacionais.

Da mesma forma, Campana e Tucci (1994) propuseram o estudo em bacias de Porto Alegre, produzindo algoritmo baseado na lógica *fuzzy*. Com os dados resultantes, foi estabelecida uma relação entre a área impermeável de cada bairro estudado com a respectiva densidade habitacional. Como se pretendia utilizar métodos rápidos e de baixo custo, foi empregada técnica de classificação digital de imagens, utilizando a classificação pela máxima verossimilhança. A classificação foi definida para as classes vegetação, água, área construída e solo exposto. Para estimar a evolução da área impermeável, foram utilizadas imagens de satélite Landsat TM para área de 140 km² para as passagens referentes às datas de 20/12/1984 e 16/09/1990, pois próximos a estas datas havia a disponibilidade de dados populacionais, no caso, para os anos 1980 e 1991. Seguidamente, os autores se preocuparam com a escala geográfica: após a verificação na área de Porto Alegre, o mesmo método foi aplicado para verificar o desempenho nas áreas da região metropolitana de São Paulo (imagem Landsat de 16/06/1984 e dados de população de 1986 da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S. A. - EMLASA) e Curitiba (Landsat de 16/08/1985 e dados de população estimada para 1988 pelo IPPUC). O método verificou que o desempenho proposto para Porto Alegre foi confirmado para as áreas de São Paulo e Curitiba, conforme mostra a Figura 2. O estudo revelou o aumento direto da impermeabilidade em relação ao aumento da densidade habitacional, numa relação estabelecida em uma curva de tendência.

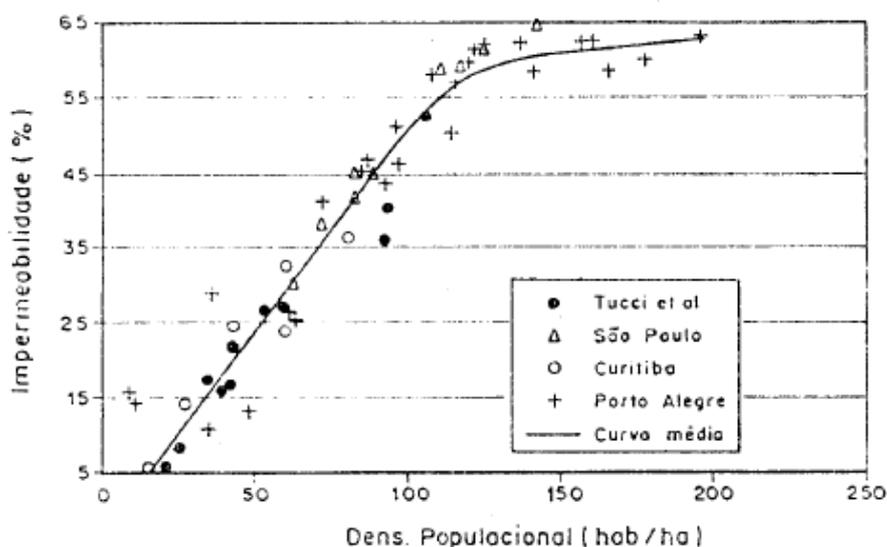


Figura 2. Representação do gráfico de tendência geral da relação população-impermeabilidade para Porto Alegre, São Paulo e Curitiba.

Fonte: Campana e Tucci (1994).

O método ainda apontou que o erro verificado pela classificação das imagens diminuiu consideravelmente para as bacias com área superior a 2 km². Parte do erro se deve aos insumos disponíveis na época, baseados em imagens Landsat com resolução espacial de 30 metros.

Campana e Tucci (1994) mostraram que a urbanização é um fator de desorganização da bacia, pois a impermeabilização provoca o aumento do escoamento, gerando inundações a jusante da bacia ou contribuindo para a geração nas bacias contribuintes.

Aproveitando a metodologia de Campana e Tucci (1994), Reis *et al.* (2011) relacionou a densidade habitacional com áreas impermeáveis na região urbana da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena em Santa Maria, no Rio Grande do Sul. O objetivo foi o de estimar a área impermeável em bairros com diferentes tipos de uso e ocupação, visualizando correlações através de uma curva de tendência. O estudo mostrou a variação da densidade habitacional conforme o comportamento do uso e ocupação do solo para com o meio. Para a estimativa, foram utilizadas duas técnicas de classificação de imagens do sensoriamento remoto partindo como fonte uma imagem de alta resolução do satélite Ikonos. Foram comparadas a classificação visual (ou manual) e a classificação supervisionada da mesma imagem. Para a definição da legenda, os autores se valeram de uma classificação simples e eficiente na identificação de áreas permeáveis ou não permeáveis: a vegetação e o solo exposto são as classes de áreas permeáveis, ao passo que as áreas públicas (compostas por passeios e ruas pavimentadas) e as áreas privadas (compostas por edificações, coberturas de concreto e metal, estacionamentos) formaram as classes de áreas impermeáveis. A classificação pelo método visual mostrou-se mais confiável porque os autores conhecem a região, e nesta forma de classificação, o método visual permite maior controle por parte do operador do sistema.

Referente ao aumento da densidade habitacional, Fernandes (2012) em pesquisa para o Sindicato da Indústria de Construção Civil do Paraná (SINDUSCON/PR) informa que no período entre 2000 e 2010, a variação de ofertas de unidades imobiliárias lançadas aumentou em 900%, refletindo o ânimo do crescimento da época. A Agência Curitiba de Desenvolvimento S. A., órgão da prefeitura para fomento do desenvolvimento econômico e tecnológico, indicou o total de área construída no período 2000 – 2010 para 13.603.318 m², totalizando um crescimento acumulado de 47,62% ao longo da década, como mostra a Tabela 1.

TABELA 1 – Ambiente de negócios do mercado imobiliário de Curitiba, em área construída

Ano	Área construída (m ²)	Crescimento (m ²)	Variação
2000	1.638.692		
2001	1.254.757	-383.935	-23,43%
2002	1.034.237	-220.520	-17,57%
2003	620.981	-413.256	-39,96%
2004	884.563	263.582	42,45%
2005	948.836	64.273	7,27%
2006	1.438.896	490.060	51,65%
2007	1.050.657	-388.239	-26,98%
2008	1.543.854	493.197	46,94%
2009	1.532.777	-11.077	-0,72%
2010	1.655.068	122.291	7,98%
Acumulado	13.603.318		47,62%

FONTE: Agência Curitiba de Desenvolvimento S. A.

O planejamento de Curitiba tem demonstrado preocupação na questão da permeabilidade, com a definição de taxas de permeabilidade para cada unidade do zoneamento municipal. A Lei nº 14.771 de 17 de dezembro de 2015 prenuncia a revisão do Plano Diretor de Curitiba. O Artigo 62 da referida lei, inciso VI anuncia: “adotar a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão e planejamento ambiental”. Os Artigos 9 – inciso XIII e 20 – inciso VI da Lei Municipal 9800/2000 ou Lei do Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo mencionam o estabelecimento de normas específicas para a proteção dos recursos hídricos, definidas em planos de uso e ocupação das bacias hidrográficas. Do mesmo diploma legal, o Artigo 42 - inciso VII, parágrafo 5º, define a redução da taxa de permeabilidade para cada zona ou setor conforme o tipo de atividade e atrelado à existência de mecanismos contra a cheia. O Decreto Municipal 212/2007 orienta a taxa de permeabilidade mínima de 25% da área do lote em construções unifamiliares, coletivas, comunitárias e transitórias. O Artigo 16 - Inciso IV do Projeto de Lei do Plano Diretor de Curitiba de 2014 prega o equilíbrio entre a densidade habitacional e a ocupação urbana.

Esteves (2006) identifica que a impermeabilização de superfícies está intimamente ligada ao processo de urbanização e à ocupação humana. Logo, os estudos de Campana e Tucci (1994) indicam que há uma correlação entre a porcentagem de área impermeável e a densidade habitacional.

No planejamento urbano, cada subdivisão da cidade é realizada a partir do conhecimento da densidade habitacional (TUCCI, 1997). O planejador estabelece duas relações de densidade: índice de ocupação e índice de aproveitamento. O índice de ocupação é definido pela área em planta da habitação. O índice de aproveitamento é

referido ao solo criado ou a relação entre a área construída da edificação e a área do terreno. Ou seja, quanto maior a área edificada no terreno, maior será a possibilidade de impermeabilização.

Fendrich (2002) determinou a taxa de impermeabilização do solo de Curitiba em 18,34% em 2000 e em 22,43% para 2010. Para a Bacia do Rio Belém, que tem a maior densidade habitacional de Curitiba e da qual a microbacia do Rio Vila Guaíra faz parte, ele determinou como 78,04% para 2000, e 82,92% para 2010.

Logo, pretende-se verificar que em função da evolução da ocupação e urbanização, houve um crescimento da impermeabilização da microbacia do Rio Vila Guaíra.

Características da Área de Estudo

A área de trabalho é o limite da microbacia do Rio Vila Guaíra, que ocupa extensão nos bairros Água Verde a montante a norte, fazendo divisa com a Vila Izabel, parte do bairro Portão a oeste, Guaíra ao sul e Parolin a leste a jusante da microbacia. O limite foi obtido junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Prefeitura de Curitiba - SMMA e abrange uma área de 5,9378 km². Está localizada a 2 km a sudoeste do centro de Curitiba – Paraná. O ponto central está na coordenada geográfica 25°27'50,49" latitude Sul e 49°16'33,69" longitude Oeste. O exutório está localizado na porção sudeste da microbacia, próximo ao final da Avenida Presidente Wenceslau Braz, no bairro Fanny e desaguando no Córrego da Rua Henry Ford. O relevo da microbacia varia de 935 metros acima do nível do mar na porção norte até a cota 882 metros no exutório.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Metodologia

O estudo foi promovido dentro de uma janela temporal de 10 anos. Estes períodos contemplam a existência de imagens aéreas e orbitais de Curitiba que permitam o mapeamento em grande escala, além da existência dos setores censitários do IBGE em formato digital incluindo informações sobre densidade habitacional. O período compreendido entre os anos 2000 e 2010 foi de crescimento econômico para o país e, portanto, deverá refletir esta dinâmica do espaço através do mapeamento.

A metodologia prevê o seguinte fluxo de trabalho:

- Definição das classes de áreas permeáveis e impermeáveis;
- Procedimentos de sensoriamento remoto para preparação das imagens e extração de dados do mapeamento da impermeabilização;

- Comparação dos dados relativos aos anos 2000 e 2010; e
- Sobreposição de polígonos dos setores censitários para comparação entre a densidade habitacional e o cálculo da taxa de impermeabilização.

Definição das classes de áreas permeáveis e impermeáveis

As áreas permeáveis, de grande interesse da hidrologia e do planejamento urbano, são as áreas com a presença de vegetação em diferentes gradientes ou de solo exposto, desde que não compactado, como pátios e áreas de estacionamento, terrenos de solos permeáveis (arenosos, húmidos e calcários), quadras de saibro, vias sem revestimento asfáltico ou com cascalho. Do contrário, as áreas impermeáveis são as superfícies tomadas por construções, lajes, revestimentos asfálticos e passeios.

A definição das áreas permeáveis e impermeáveis segue proposta similar à de Reis *et al.* (2011), que utilizou as classes “vegetação” (constituída pelas áreas cobertas por árvores, gramados, matas e campos, são as praças, bosques, jardins), “solo exposto” (constituída pelas áreas de terra e areia expostos, com ausência de vegetação, em que há permeabilidade), “área pública” (constituída pelas áreas de passeios, ruas pavimentadas e corpos d’água (drenagem), e “área construída” (ou área privada: constituída pelas áreas edificadas, estacionamentos, coberturas de concreto e metal, piscinas, varandas e pátios concretados) e. A definição dos autores permite que tal classificação possa ser trabalhada em diversos tipos de imagem, orbitais ou aerotransportadas, com diferentes resoluções espaciais, espectrais e radiométricas, e em diversas escalas.

Nos mapeamentos em questão, as áreas com presença de vegetação foram enquadradas como (a) “permeável”. Há a classe permeável do (b) solo exposto. A (c) “área pública” foi dividida nas classes “asfalto” (a microbacia é amplamente cortada por uma grande densidade de vias) e “drenagem” (a microbacia possui poucos, porém bem detectáveis corpos d’água). A (d) “área privada” foi denominada como área construída.

A aglutinação e combinação destas classes formaram o mapeamento das áreas permeáveis e impermeáveis na seguinte combinação:

- Classe Área Permeável: formada pelas classes (a) e (b);
- Classe Área Impermeável: formada pelas classes (c) e (d).

Procedimentos de sensoriamento remoto

Para a definição da área da microbacia, a SMMA forneceu o polígono limítrofe oficialmente utilizado, com área de 5,9378 km², em formato shapefile e datum SAD 69/96.

Para mapear o ano 2000, foram utilizadas as ortofotos com resolução espacial de 20 centímetros, disponibilizado pelo IPPUC, produzidas entre Novembro de 1999 e Março de 2000. As imagens estão em 1 banda em tons de cinza com resolução radiométrica de 8 bits. Cada ortofoto possui área de 1,92 km² e a microbacia do Rio Vila Guaira é coberta por 10 ortofotos. Para o total recobrimento, foi necessária a realização do mosaico do período 2000 das ortofotos no *software* de SIG *ArcGis Desktop Standard* com a extensão *Spatial Analyst*.

Para o ano de 2010, foi utilizada uma ortoimagem de satélite *Worldview-2*, colorida, 4 bandas (RGB e IR), com resolução radiométrica de 16 bits por banda. A resolução espacial é de 50 centímetros e o datum horizontal é SAD 69/96. A imagem foi fornecida pela SMMA e encontra-se ortorretificada, não necessitando de correção geométrica ou da geração do mosaico.

Como os insumos de imageamentos fornecidos são diferentes em termos de resolução espacial, radiométrica e espectral, não foi possível a aplicação de técnicas de classificação automática de imagens, pois os resultados seriam bastante diversificados. O mosaico de ortofotos de 2000 possui apenas 1 banda, e portanto não se aconselha a classificação automática. Logo, para a definição dos vetores das áreas permeáveis e impermeáveis, foi utilizada a técnica de interpretação visual das imagens em tela para os dois períodos, conhecida como vetorização, que permite maior controle pelo intérprete na formação da base de dados, ao passo que processos de classificação e segmentação de imagens poderão produzir elementos erroneamente interpretados, cabendo uma edição posterior, muitas vezes trabalhosa. Como grande desvantagem, tem-se o grande tempo para a construção de cada feição componente de cada época de mapeamento.

Para a vetorização foram utilizadas técnicas do sensoriamento remoto que têm funcionamento bastante apropriado quando da interpretação manual a olho nu. Florenzano (2002) lista os elementos para interpretação do sensoriamento remoto, que são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, também conhecidos como chaves de interpretação.

Comparação dos dados relativos aos anos 2000 e 2010

Para a interpretação das imagens, o *software* de trabalho foi o *ArcGis Desktop Standard*, versão 10.2, produzido pela *Esri*, de 2000 e 2010.

Em seguida à interpretação e edição dos dados, para cada camada foram calculados os valores de áreas permeáveis e impermeáveis, para efeito de comparação por ano.

Sobreposição de polígonos dos setores censitários para comparação entre a densidade habitacional e o cálculo da taxa de impermeabilização

Segundo o IBGE (2016), o setor censitário é a menor unidade territorial estabelecida para finalidade cadastral, com dimensão e quantidade de domicílios que permitam seu levantamento por um único recenseador. Nas áreas urbanas, normalmente são representados por conjuntos de quadras. Umbelino (2008) cita as dificuldades impostas pela incompatibilidade entre as unidades político-administrativas (setores censitários) e ambientais (microbacia). Paungarten (2013), ao compatibilizar setores censitários com a bacia hidrográfica do rio Benfica na Região Metropolitana de Belém, utilizou somente os setores totalmente internos à bacia, para preservar no estudo somente informações dentro da área física. Neste caso, como o universo de representação é a microbacia hidrográfica, para investigar a relação da impermeabilização com a densidade habitacional, foram utilizados os setores censitários totalmente contidos dentro da bacia.

Para efeito de comparação, a escolha dos dados relativos aos anos de 2000 e 2010 deve-se a dois fatos: inicialmente, que o censo de 2000 foi o primeiro a utilizar de uma estrutura de dados geográficos que permitisse espacializar, na forma de polígonos manipuláveis em SIG, as informações demográficas. Isto se repetiu para o período 2010. Segundo, de que nesta primeira década do século XXI, de acordo com Silva *et al.* (2012), a soma das unidades imobiliárias construídas com recursos do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE) e do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) quase dobrou, passando de 352731 unidades em 2000 para 693132 unidades em 2009, dentro de um cenário de prosperidade na economia nacional, em que o PIB do Brasil acumulou um crescimento de 32,7% no período, bem maior que os 23,3% acumulados na década anterior. Portanto, este período se mostra economicamente favorável ao crescimento da quantidade de unidades construídas e refletirá no impacto do aumento da impermeabilização das áreas ocupadas.

A comparação foi realizada na representação de gráficos entre a densidade habitacional e a área impermeabilizada, e através da correlação estatística com a definição do coeficiente de determinação (R^2) para estas duas variáveis independentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em função da crescente urbanização, o método utilizado permitiu verificar um

aumento de área impermeável na microbacia para a maioria das classes do tipo “impermeável”, à exceção da classe drenagem. É visível nas imagens o predomínio das áreas construídas.

O método obteve os seguintes resultados na geração dos mapas de impermeabilização da microbacia do Rio Vila Guaira, conforme as Tabelas 2 e 3:

- Para o ano 2000, utilizando a ortofoto com resolução de 20 cm, obteve-se 4796536 m² de área impermeável e 1141220 m² de área permeável.
- Para o período 2010, utilizando a ortoimagem com resolução de 50 cm, obteve-se 5014692 m² de área impermeável e 923064 m² de área permeável.

TABELA 2 – Resultados do mapeamento da área impermeabilizada em 2000

Mapeamento da área impermeabilizada - 2000					
Classe	Tipo	Contagem	Área (m²)	Área (m²)	Porcentagem
ASFALTO	ÁREA IMPERMEÁVEL	1	1644906	4796536	80,78%
DRENAGEM	ÁREA IMPERMEÁVEL	16	7527		
ÁREA CONSTRUÍDA	ÁREA IMPERMEÁVEL	752	3144103		
PERMEÁVEL	ÁREA PERMEÁVEL	1.392	1141220	1141220	19,22%
TOTAL			5937756		100,00%

TABELA 3 – Resultados do mapeamento da área impermeabilizada em 2010

Mapeamento da área impermeabilizada - 2010					
Classe	Tipo	Contagem	Área (m²)	Área (m²)	Porcentagem
ASFALTO	ÁREA IMPERMEÁVEL	1	1647144	5014692	84,45%
DRENAGEM	ÁREA IMPERMEÁVEL	16	7228		
ÁREA CONSTRUÍDA	ÁREA IMPERMEÁVEL	659	3360320		
PERMEÁVEL	ÁREA PERMEÁVEL	1.301	923064	923064	15,55%
TOTAL			5937756		100,00%

Dentro do período de 10 anos, houve um incremento 218156 m² de área impermeável, ou seja, aumento de 3,67% da área da microbacia que perdeu seu poder de absorção de água, conforme demonstra a Tabela 4.

TABELA 4 – Diferenças nos resultados do mapeamento da área impermeabilizada entre 2000 e 2010

Diferenças no mapeamento da área impermeabilizada – 2000-2010					
Classe	Tipo	Contagem	Área (m²)	Resultado (m²)	Porcentagem
ASFALTO	ÁREA IMPERMEÁVEL	0	2238	218156	3,67%
DRENAGEM	ÁREA IMPERMEÁVEL	0	-299		
ÁREA CONSTRUÍDA	ÁREA IMPERMEÁVEL	-93	216217		
PERMEÁVEL	ÁREA PERMEÁVEL	-91	-218156	-218156	-3,67%
TOTAL			0	0,00%	0,00%

Logo, verifica-se que o crescimento da área impermeável resultante do crescimento imobiliário da área construída em Curitiba em 47,62% no período 2000 – 2010 identificado por Fernandes (2012), não se aplica na microbacia do Rio Vila Guaíra.

Comparando a microbacia com a bacia do Rio Belém em relação às taxas calculadas por Fendrich (2002), os valores estão próximos: 80,78% para 2000 (Fendrich: taxa de 78,04%) e 84,45% para 2010 (Fendrich: taxa de 82,92%). Isto se deve ao fato de que ambas as bacias estão localizadas na porção central do município, com maior densidade populacional e área construída consolidada, enquanto o aumento da área construída deu-se nas áreas periféricas.

Verifica-se que o aumento de 3,67% de impermeabilização da microbacia do Rio Vila Guaíra é próximo, se comparado ao aumento de 4,88% calculado por Fendrich (2002) para a taxa da evolução da impermeabilização da Bacia do Rio Belém.

A microbacia não apresenta grandes áreas verdes. As áreas mais significativas são a Praça Guanabara, no bairro Água Verde, e a Praça Bento Munhoz da Rocha Neto, no bairro Guaíra, conforme a Figura 3. Enquanto a primeira se manteve sem variação, esta segunda apresentou perda de permeabilidade em função da instalação de equipamentos e construções pela prefeitura, conforme ilustra a Figura 4.

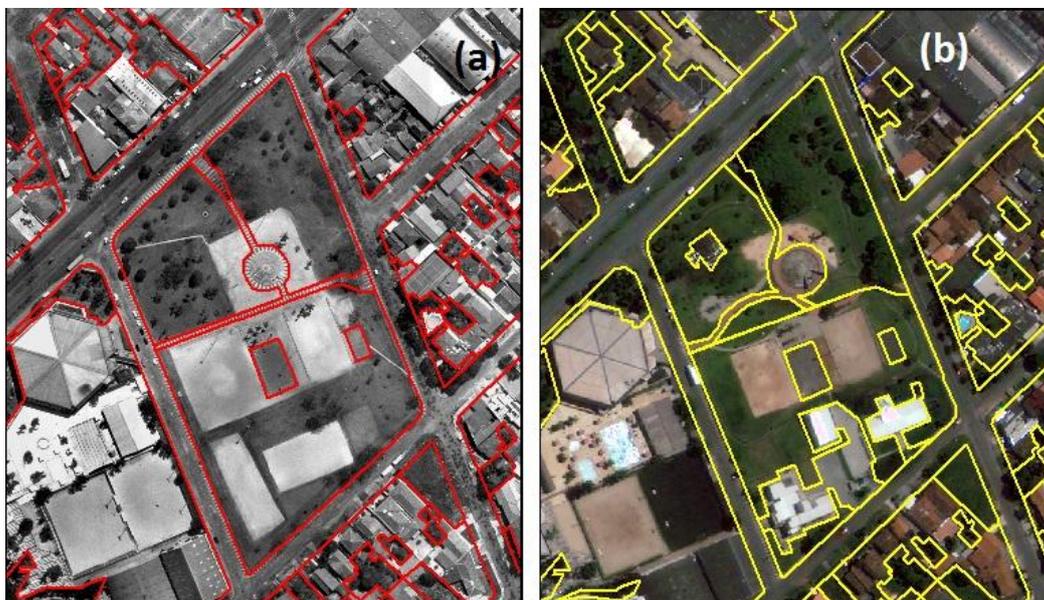


Figura 3. Sobreposição dos vetores do (a) mapeamento com a ortofoto de 2000 e (b) mapeamento com a ortofoto de 2010.
Fonte: o autor (2016).

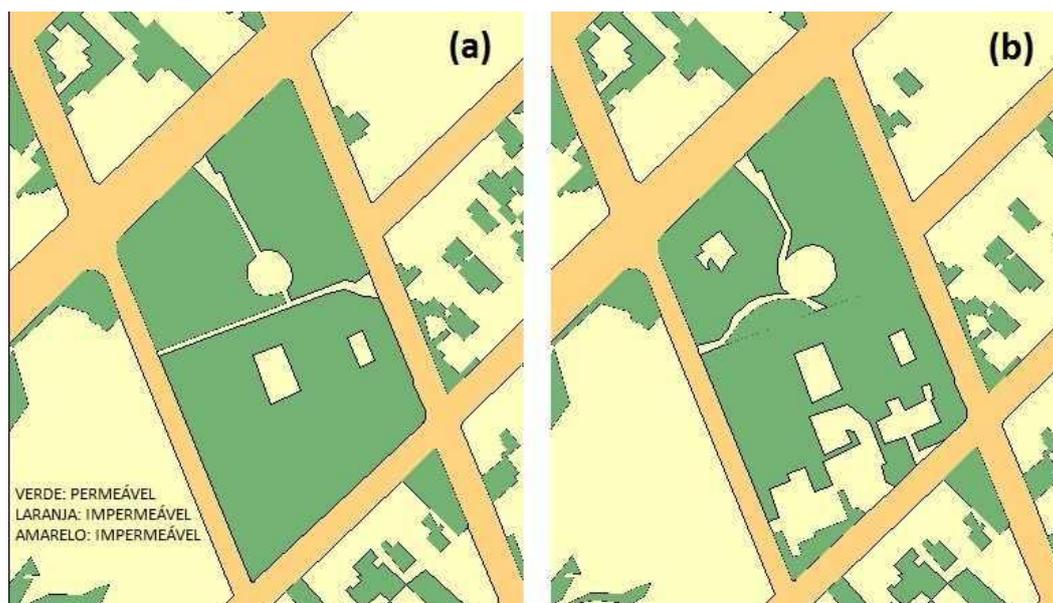


Figura 4. Mapeamento resultante para o (a) ano de 2000 e (b) ano de 2010.

Fonte: o autor (2016).

A quantidade de áreas permeáveis é quase o dobro da quantidade de áreas impermeáveis para o período de estudo (conforme campo Contagem nas Tabelas 2, 3 e 4), embora a dimensão média das áreas permeáveis seja bem menor.

O incremento de área verificado deve-se em que a região em boa parte encontra-se consolidada em termos de área ocupada: a densidade do bairro Água Verde em 2010, que ocupa a metade da microbacia é de 107,74 habitantes/ha, enquanto que a de Curitiba é de 40,30 habitantes/ha (IPPUC 2015). A área sul, no bairro Guaíra tem densidade de 64,48 habitantes/ha. A oeste, no bairro Portão, é de 72,82 habitantes/ha. Na área mais a leste da microbacia, no bairro Parolin (densidade de 51,16 habitantes/ha), muitos terrenos ociosos foram substituídos por novas construções, conforme a Figura 5. As gestões públicas no período de estudo promoveram uma intensa urbanização nesta região, substituindo vias de terra por asfalto e calçamento misto de grama e concreto.



Figura 5. Urbanização no Parolin, nas esquinas das ruas Professor Rubens Elke Braga e Padre Isaías de Andrade, para o (a) ano de 2000 e (b) ano de 2010.

Fonte: o autor (2016).

O Cemitério Municipal Água Verde representa a maior quadra e o maior espaço público dentro da microbacia. Ao longo dos dez anos, não houve mudança de área impermeabilizada, mesmo com uma reforma iniciada em 2007 pela Prefeitura, que promoveu melhorias nas instalações existentes.

A Praça Bento Munhoz da Rocha Neto possuía 2,585 ha em 2000 de área permeável composta por jardins, gramados e uma edificação da Polícia Militar. Em outubro de 2007 a Prefeitura inaugurou a Unidade de Saúde Vila Guaira, que impermeabilizou 0,368 ha da praça. Até 2010, a Prefeitura implantou mais dois novos edifícios e construiu novas lajes, além da alteração do traçado do corredor no centro da praça, reduzindo o espaço permeável para 2,183 ha, uma diminuição de 15,55%. Ainda se constitui a maior área verde pública dentro da microbacia.

A Praça Guanabara é um espaço de recreação e prática desportiva, composta na maior parte por gramados e parte com canchas de areia. O espaço se mantém com 1 ha de área permeável desde 2000, sem alterações.

Em 2000, o maior espaço permeável detectado é uma área privada composta por capão de vegetação e solo exposto ao sudoeste da microbacia, no bairro Portão, próximo à Av. República Argentina, com 2,607 ha. Com a derrubada de edificações e limpeza do terreno, até 2010 esta área foi ampliada para 2,903 há, um ganho de 11,35%.

O maior ganho de permeabilidade foi a quadra situada no sudoeste da bacia. Em 2000 esta área era de 0,491. As antigas construções foram demolidas e o terreno limpo, totalizando 0,985 ha de área permeável por solo exposto que durou até 2012 com a instalação de um condomínio de alto padrão. A Figura 6 ilustra as maiores áreas permeáveis e impermeáveis na cor verde escura.

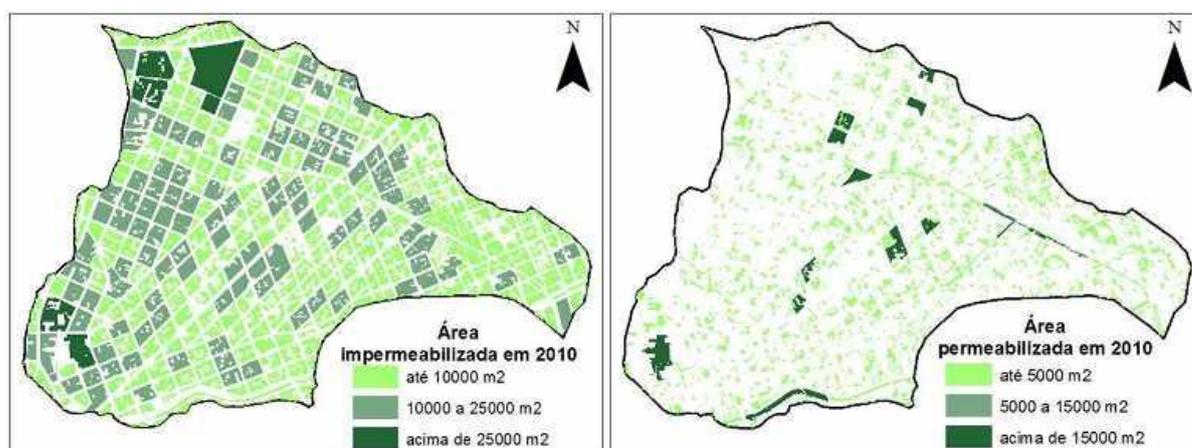


Figura 6. À esquerda, mapa mostrando as maiores áreas impermeabilizadas e à direita, as maiores áreas permeabilizadas em 2010. Fonte: o autor (2017).

Também no sudoeste consta o espaço que teve maior perda de permeabilidade, a quadra entre a rua Eduardo Carlos Pereira e Av. Pres. Kennedy, no Portão. A construção de uma concessionária e torres de conjuntos residenciais consumiu uma área de 1,097 ha em 2000, restando apenas 0,126 ha ou 11,49% do total anteriormente permeável.

Quanto aos cursos d'água originais, foi possível mapear uma faixa de 2015 metros do Rio Vila Guaira e de 645 metros do Córrego do Curtume na porção em que se encontram retificados e expostos, na região entre os bairros Água Verde (logo após a Praça Guanabara), Parolin e Guaira, até a Avenida da República. A partir da extração de dados de densidade habitacional dos setores internos à microbacia, comparando a relação entre a densidade habitacional X área impermeabilidade do mapeamento, têm-se os resultados ilustrados pelas figuras 7 e 8:

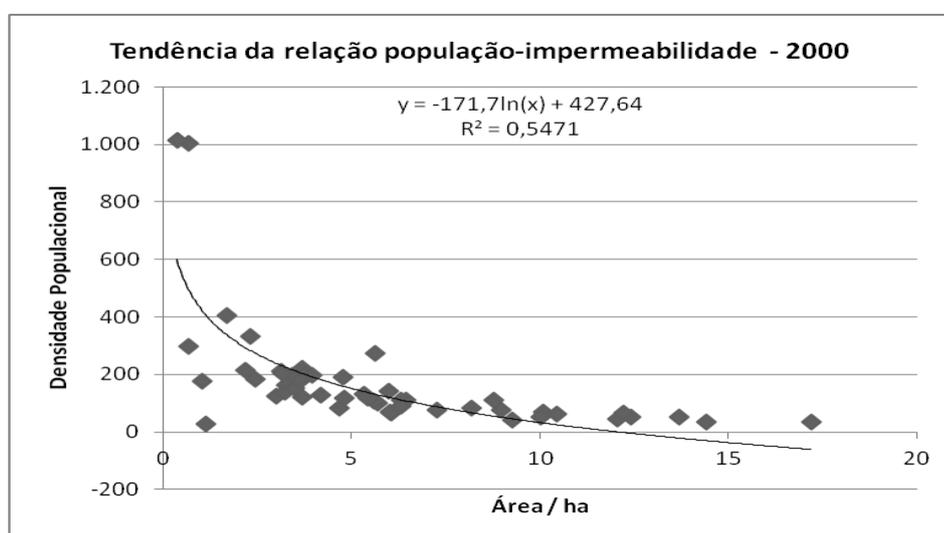


Figura 7. Relação entre a densidade habitacional e a área impermeabilizada em 2000.
 Fonte: o autor (2017).

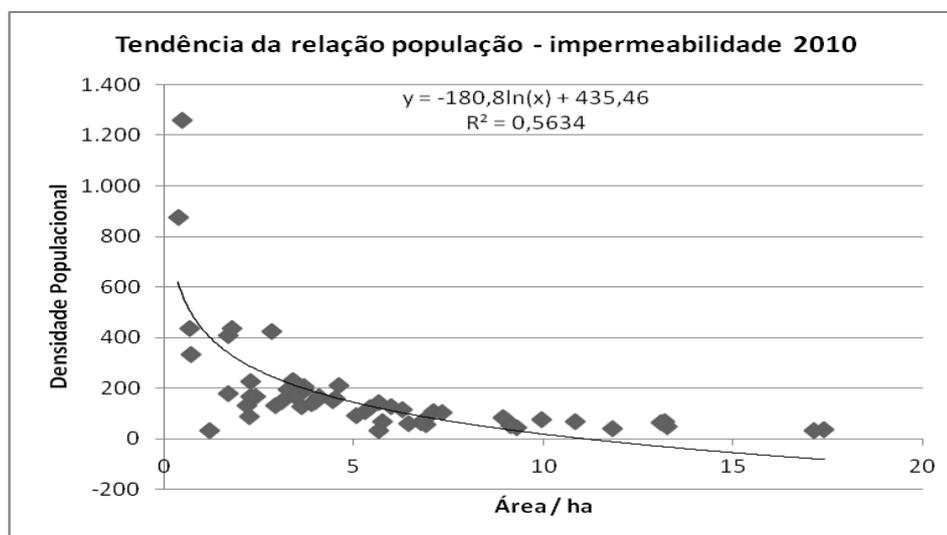


Figura 8. Relação entre a densidade habitacional e a área impermeabilizada em 2010.
 Fonte: o autor (2017).

Nos gráficos, a curva de tendência se ajusta majoritariamente próxima aos setores censitários de menor densidade habitacional e pequena área impermeabilizada, como mostram as figuras 6 e 7, onde se concentram a maioria das áreas impermeáveis, em setores que variam de 1 a 7 ha (hectares) de dimensão e densidade variando próxima do 0 a pouco mais de 200 habitantes/ha, ou seja, a urbanização acarretando a impermeabilização. Mesmo em se tratando de algumas das regiões mais densas do município, a tendência é a de que as áreas com maior grau de impermeabilização estão concentradas nos setores com menor densidade habitacional.

O Cemitério Água Verde, que possui grande área impermeabilizada por túmulos e pouca área verde, está localizado ao final da curva, na porção direita dos gráficos. No extremo oposto dos gráficos, que sinaliza as áreas de maior capacidade permeável, estão as praças Guanabara e Bento Munhoz da Rocha Neto, que com maior presença de áreas verde, cumprem o papel de parques locais, pela ausência deste equipamento na região.

Os mapas das Figuras 9 e 10 exibem os mapeamentos realizados de impermeabilização para os anos 2000 e 2010 respectivamente.

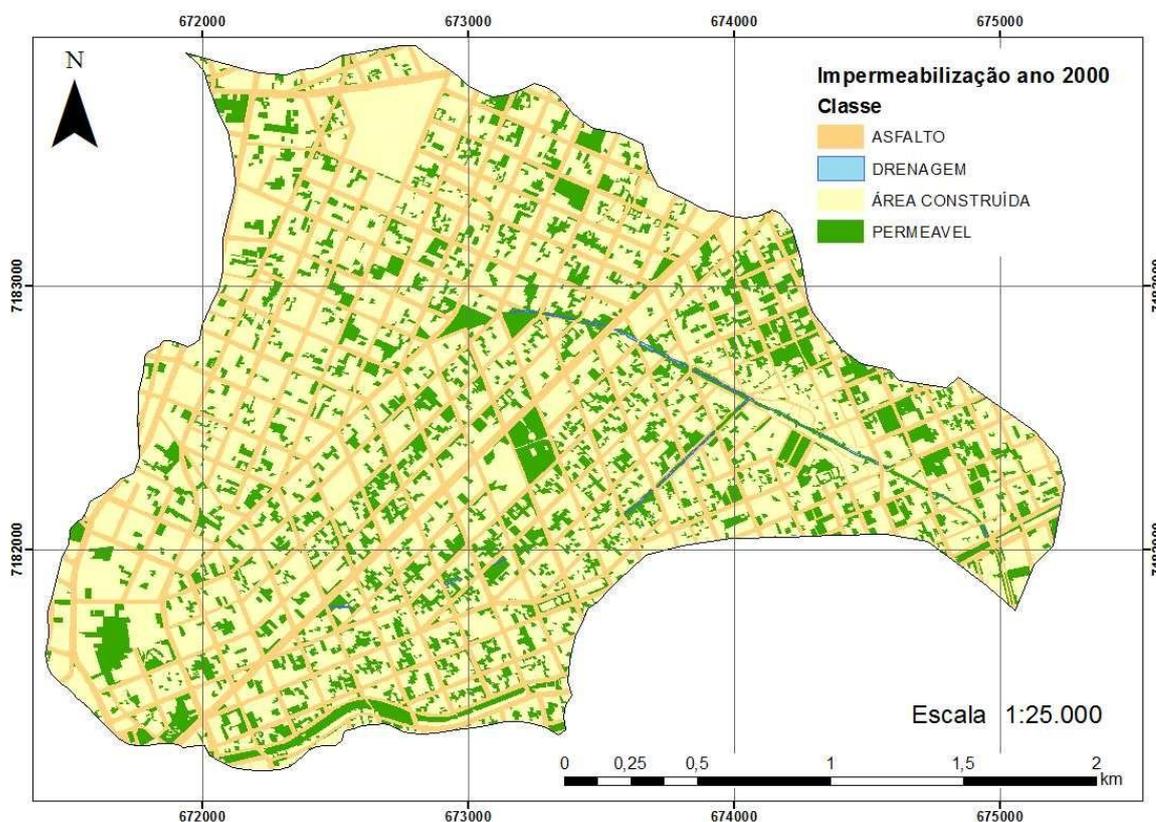


Figura 9 – Mapa da Impermeabilização da Microbacia do Rio Vila Guáira, para o ano 2000. Fonte: o autor (2016).

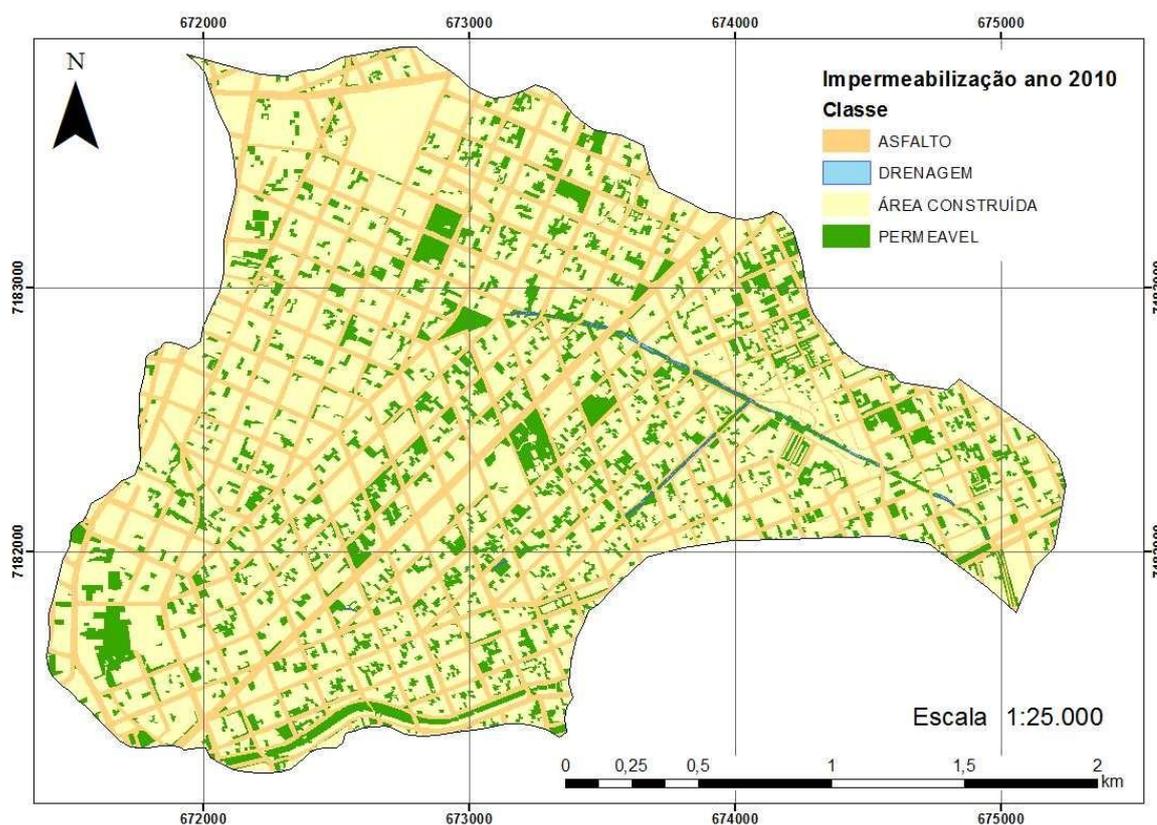


Figura 10 – Mapa da Impermeabilização da Microbacia do Rio Vila Guáira, para o ano 2000. Fonte: o autor (2016).

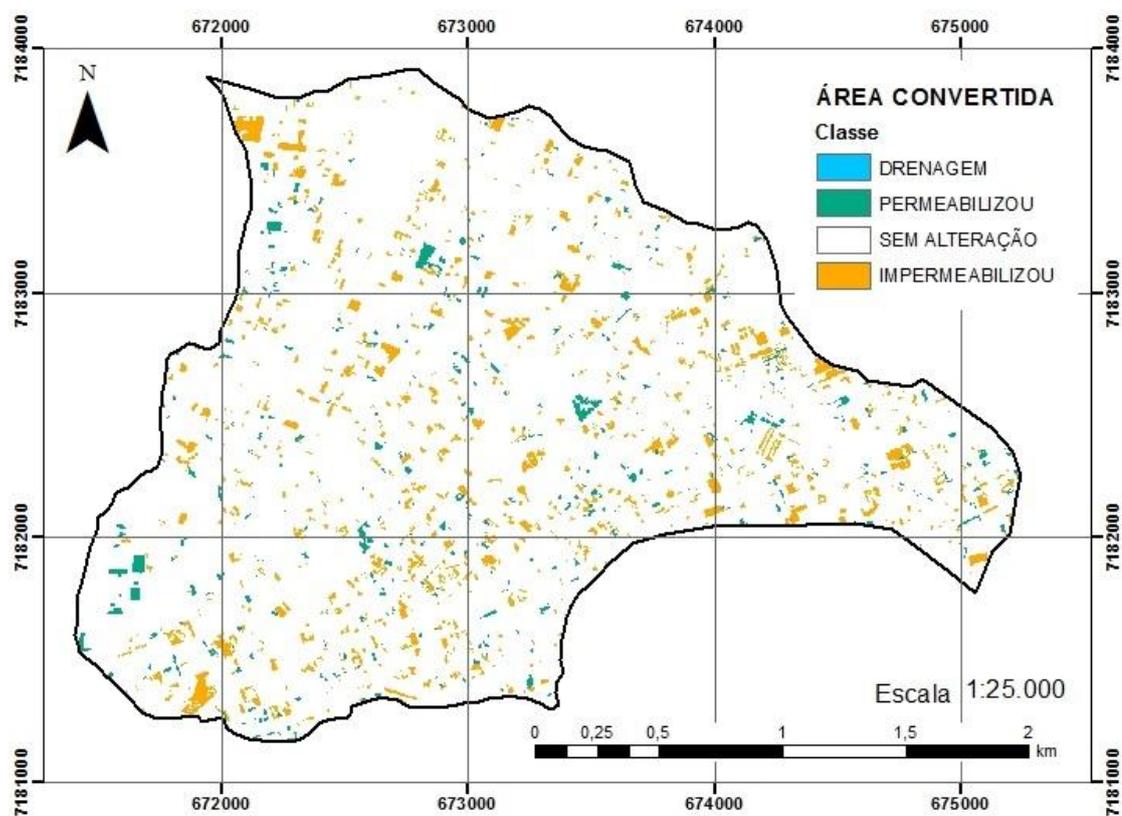


Figura 11 – Mapa mostrando a diferença de área permeáveis e impermeáveis entre os anos 2000 e 2010 da Microbacia do Rio Vila Guáira. Fonte: o autor (2017).

Para se obter o mapeamento das áreas convertidas em permeabilizadas ou

impermeabilizadas, primeiramente os mapeamentos referentes a cada ano (Figuras 9 e 10) foram convertidos do formato vetorial para o matricial, compondo um mosaico de células. No caso, cada unidade de mapeamento da camada matricial resultou com o tamanho de célula de 1 x 1 metro ou 1 m². Em seguida, foi utilizada a álgebra de mapas com a função de *overlay* em software SIG para se verificar as diferenças entre os anos 2000 e 2010 quanto às alterações. Com a sobreposição dos dois mapeamentos, as células de classe diferente apontaram as diferenças, resultando no mapa da Figura 11.

A microbacia também apresenta setores com grandes variações na distribuição de renda. A favela da Vila Parolin, o único bolsão de pobreza, está localizada no extremo leste da microbacia, na margem esquerda do rio, próximo ao exutório, ocupando os setores 410690205060128, 410690205060137, 410690205060138, 410690205060139 e 410690205060150, conforme a Figura 12.



Figura 12 – localização dos setores censitários de baixa renda na vila Parolin, para o ano 2000. Fonte: o autor (2016).

Possui renda média inferior a R\$ 385,00/mês por residência, ou 2,55 salários mínimos (R\$ 151,00 em 01/01/2000). A renda mensal nos demais setores dá um salto a partir de R\$ 1.320,00. A maior área permeável da Vila Parolin é uma área privada de 2.991 m² e as demais de maior dimensão, são as margens do Rio Vila Guaira ocupadas por árvores. A área média é de 459 m². Para 2010, a região se configura na mesma área, acrescido de mais um setor². A renda média é inferior a R\$ 740,00/mês ou 1,45 salário

² O setor 410690205060404 é uma divisão do 410690205060138 em função do crescimento populacional.

mínimo (R\$ 510,00 em 01/01/2010). A maior área permeável é a mesma localização de 2000, porém reduzida para 2.558 m². A área média baixou para 449 m² em 2010, porém ainda maior que a do setor com maior renda, de 425 m².

Como as variações de incremento de impermeabilização foram pequenas entre o período 2000 – 2010, os gráficos mostrando a tendência de relação x impermeabilidade se mostraram bastante semelhantes. Nota-se que ajustando os gráficos a um modelo de regressão linear logarítmico, o coeficiente de determinação R² possui valores bastante próximos, mostrando comportamentos semelhantes entre as épocas e, portanto, variações mínimas no que tange ao incremento de impermeabilização. Como o R² é um índice variando de 0 a 1 que determina a correlação entre as variáveis independentes densidade habitacional e áreas impermeabilizada, o resultado com valor maior que 0,5 para ambos os períodos indica que há uma razoável correlação, e que portanto, a densidade habitacional interfere na quantidade de área impermeabilizada.

A suave variação das curvas de tendência dos gráficos deve-se ao pequeno crescimento populacional, e portanto da pouca variação da densidade habitacional ao longo de dez anos, indicando que a urbanização da microbacia do Rio Vila Guáira é uma área consolidada, se comparado em relação à Figura 2, que mostra as dinâmicas metropolitanas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora as imagens utilizadas sejam oriundas de sensores diferentes, a definição do método visual de interpretação para ambos os períodos foi satisfatória, pois permitiu a quantificação da impermeabilização conforme metodologias utilizadas por Reis *et al.* (2011) e Campana e Tucci (1994), embora os métodos utilizados por estes autores foram classificações automáticas. Se por um lado a ortofoto de 2000 perde em resolução espectral, esta poderia compensar a etapa de interpretação com uma resolução espacial maior, porém tal potencial de qualidade de escala não pode ser utilizada porque a escala de trabalho escolhida foi a menos detalhada em razão da limitação da resolução espacial da ortoimagem de 2010. Em função da limitação do tamanho de área mínima cartografável da imagem de 2010, diversas áreas perceptíveis na ortofoto de 2000 não puderam ser mapeadas, perdendo-se o potencial de um cálculo mais real da taxa de impermeabilização.

A ortofoto de 2000, com resolução espacial de 20 cm, permitiu a extração de informações até a escala 1:2.000. Já a ortoimagem de 2010, com resolução de 50 cm, de

acordo com Silva (2015) teve seu limite de interpretação na qualidade da escala 1:5.000, para produto cartográfico na qualidade do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) – classe A. Como este trabalho não visa à qualificação do aspecto posicional das imagens-fonte, mas o mapeamento derivado destas, adotou-se como critério de qualidade o PEC classe A, conforme preconiza o Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, regulador das normas técnicas da cartografia nacional.

Logo, para um resultado mais aprimorado, recomenda-se um estudo mais detalhado em termo de área mínima mapeável, partindo-se do uso de imagens de precisão semelhantes, com resolução espacial de 20 cm ou melhor (pixel menor) e com maior resolução espectral.

Em função dos insumos utilizados de imageamento serem de época passada, não coube aqui uma averiguação em campo.

Dentre as variáveis utilizadas dos setores censitários, o relacionamento entre densidade habitacional e área impermeável mostrou-se constante ao longo do período estudado, porém não se pode dizer o mesmo ao testar a variável renda mensal.

O método utilizado no mapeamento, embora trabalhoso, é mais eficiente que processos automatizados, pois há participação direta do operador no processo de identificação de todas as áreas permeáveis a impermeáveis, ao contrário das classificações automáticas e semi-automáticas. Ao mapear áreas permeáveis através da metodologia orientada a regiões, Centeno *et al.* (2001) informa que no método da classificação, a altura do dossel das árvores é computada na cobertura do solo como área permeável, mesmo com copa das árvores sob áreas impermeáveis, gerando erros no mapeamento, ainda que considerando a fatia de interceptação da água do ar e da chuva pelas copas das árvores.

O uso de imagens de alta resolução, diferentemente das imagens Landsat utilizadas no estudo de Campana e Tucci (1994) que se concentrou em bacias a partir de 2 km², propiciou comparações até a dimensão dos menores setores censitários, com áreas inferiores a 3.000 m². Ao contrário das limitações dos estudos de Valério Filho, M *et al.* (2003) e Stankowski (1972), puderam ser interpretadas áreas permeáveis até a dimensão mínima de 30 m².

Ademais, o crescimento da área construída ou da área impermeável de Curitiba no decênio estudado não se aplica à microbacia do Rio Vila Guáira, em função de sua localização central, e por ser uma região de ocupação antiga e consolidada.

Em Curitiba e no Brasil, há uma ausência de informações por microbacia e uma falta de metodologia que possa conciliar a utilização de dados socioeconômicos dos

setores censitários do IBGE, em relação às unidades de bairros das prefeituras e dos limites das microbacias, por esta razão a limitação na comparação da densidade dos setores censitários totalmente internos à microbacia. Existe o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, elaborado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, atual Instituto das Águas (SUDERHSA) em 2002, que possui um tomo para a bacia do Rio Belém, porém há ausência de informações sobre impermeabilidade de suas microbacias.

A microbacia do Rio Vila Guaira não apresenta um histórico constante de inundações e alagamentos. Ela é contribuinte da Bacia do Rio Belém, a mais densamente ocupada de acordo com Fendrich (2002) e conforme Lohmann (2013), a que possui o maior número de dias com ocorrências de alagamentos e a segunda em quantidade de alagamentos. Logo, muitos dos problemas causados pela impermeabilização do solo se manifestarão nas outras bacias a jusante, contribuintes da Bacia do Rio Belém.

Deve-se atentar que em Curitiba, há mecanismos legais para se praticar a permeabilização dos solos originando-se do nível do lote individual, como unidade de leitura do plano diretor.

Conhecidos os problemas acarretados pela impermeabilização de solos e de metodologias de cálculo da impermeabilização de áreas em SIG, o acréscimo do estudo de impermeabilização em planos diretores é viável para a discussão de uma cidade mais salutar e na manutenção da qualidade de vida da população.

6. REFERÊNCIAS

CAMPANA, N. e TUCCI, C.E.M. **Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas**. Caderno de Recursos Hídricos. V12, nº2. 1994.

CARVALHO, Landolfi T. de; OLIVEIRA, J. W. **Impermeabilização e Uso do Solo Urbano: Estudo de Caso na micro-bacia Córrego do Aviário – Curitiba/PR**. Revista Geonorte. Edição Especial 4, Vol. 10: 504 – 509. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

CENTENO, J. A. S. et al. **Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 55, p. 48-56, 2001.

CHRISTOFOLETTI, Antônio, MORETTI, Edmar, TEIXEIRA, Amandio L. A. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro: Edição do autor, 80p. 1992.

CURITIBA. **Decreto nº 212 de 22 de março de 2007**. Aprova o Regulamento de Edificações do Município de Curitiba e dá outras providências. Disponível em < <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2007/21/212/decreto-n-212-2007-aprova-o-regulamento-de-edifica-es-do-munic-pio-de-curitiba-e-d-outras-provid-ncias>

2007-03-22.html >. Consulta em 2 de outubro de 2016.

CURITIBA. **Decreto nº 9.800 de 3 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Disponível em < <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00084664.pdf> >. Consulta em 9 de março de 2017.

CURITIBA. **Lei nº 14.771 de 17 de dezembro de 2015**. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor de Curitiba de acordo com o disposto no art. 40, § 3º, do Estatuto da Cidade, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do Município. Disponível em < <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2015/00175701.pdf> >. Consulta em 2 de outubro de 2016.

ESTEVES, R. L. **Quantificação das superfícies impermeáveis em áreas urbanas por meio de sensoriamento remoto**. 2006. 120p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.

FENDRICH, R. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese (Doutorado – Pós Graduação em Geologia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 2002.

FERNANDES, Hegel L. T. N. **O mercado imobiliário de Curitiba: ensaio sobre uma década de sucesso**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012.

FERNANDES, Maria de L. F., RAMOS, Marilene, TOLENTINO, Marcella, FOFONKA, Luciana. **Impermeabilização excessiva do solo: impactos ambientais negativos**. Artigo public. Setembro/2014 na Revista Educação Ambiental em Ação. Núm. 49, Ano XIII.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC. Site do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Seção de download de ortofotos de 2000**. Disponível em < <http://ippuc.org.br/geodownloads/ortofoto/Ortofotos%202000%20TIFF%20Original/Ortofotos%202000%20TIFF%20Original.html> >. Consulta em 22 de setembro de 2016.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC. **Nosso Bairro: Água Verde**. Lucimara Wons, Coord. Curitiba: IPPUC, 2015. Folheto. Disponível em < <http://www.ippuc.org.br/nossobairro/anexos/09-Agua%20Verde.pdf> >. Consulta em 06 de fevereiro de 2017.

IPEA. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. PNUD, FJP. Brasília, 2014.

LOHMANN, Marciel. **Análise dos alagamentos no município de Curitiba entre os anos de 2005 a 2010**. Artigo public. julho/2013, Ciência Geográfica, Bauru – XVII. Vol. XVII.

NUNES, Fabrizia G.; FIORI, Alberto Pio; FIRPO, Giacomo. **Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região**

metropolitana – Paraná / Brasil. Boletim Paranaense de Geociências. Vol. 64-65: 27 – 39. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PAUNGARTTEN, Sânela Patrícia Lima. **Subsídios ao planejamento ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Benfica, RMB – PA/Brasil.** 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2013. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará.

PEREIRA, Lucas A. **Caracterização de vazões em estações fluviométricas no Rio Negro.** Trabalho Final de curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

REIS, Janete Terezinha; FILHO, Waterloo Pereira; SILVEIRA, André L. L. da. **Estimativa entre densidade habitacional e áreas impermeáveis na região urbana da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena em Santa Maria, RS.** Revista Ciência e Natura. Vol. 33 (1): 145-160. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.

RIBEIRO, Neiva C. **Avaliação da Impermeabilização e Ocorrência de Inundações na Bacia do Rio Bacacheri.** Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

SILVA, Roberto C. E. O. et al. **As transformações do mercado imobiliário brasileiro nos anos 2000 - Uma análise do ponto de vista legal e econômico.** Revista da Ciência da Administração, Santa Catarina, v. 6, n. 1, p.1-20, ago. 2012. Disponível em: < <http://www.fcaph.br/wp-content/uploads/2014/07/RCA-V06-AS-TRANSFORMA%C3%87%C3%95ES-DO-MERCADO-IMOBILI%C3%81RIO-BRASILEIRO-NOS-ANOS-2000.pdf> >. Acesso em: 22 jan. 2015.

SILVA, T. R. P. C.; SANTOS, D. F.; CINTRA, D. P.; FERNANDES, M. C. **Processo de ortorretificação em imagem Worldview-II.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3479-3486. Internet. 2015.

STANKOWSKI, S. J. **Population Density as an Indirect Indicator of Urban and Suburban Land-Surface Modifications.** U.S. Geological Survey Professional Paper. Vol. 800-B. Pág.: B219-B224. 1972.

TUCCI, C. E. M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 2, n. 2, jul./dez. 1997.

UMBELINO, G. J. M.; BARBIERI, A. F. **Metodologia para a compatibilização de setores censitários e perímetros urbanos entre os censos de 1991, 2000 e 2010.** In: XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2008, Caxambu - MG. Anais do XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2008.

VALÉRIO FILHO, M; ALVES, M.; GARCIA, R.; FANTIN, M. **Caracterização de Bacias Hidrográficas Impermeabilizadas pelo Processo de Urbanização com Suporte das Geotecnologias.** In Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte, 2003. CD-ROM. 2003.