

CLASSIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DA PAISAGEM DE CURITIBA-PR COM A FERRAMENTA COLLECT EARTH

CLASSIFICATION OF LANDSCAPE COMPONENTS OF CURITIBA-PR WITH THE COLLECT EARTH TOOL

Tatiane Lima Ho¹, Gonzalo Javier Olivares Flores², Daniela Biondi³

RESUMO

O processo crescente de urbanização das cidades gera pressões e ameaças à floresta urbana e degradação ambiental. Uma forma de avaliar a influência da urbanização é a realização de um estudo da paisagem, para quantificar os componentes urbanos, tais como a floresta urbana, área construída, malha viária e água. Este trabalho teve como objetivo classificar os componentes da paisagem urbana para o município de Curitiba, PR e suas regionais administrativas, nos anos de 2006 e 2016, com o uso da ferramenta *Collect Earth*, identificar mudanças na paisagem e também os índices espaciais de floresta urbana (IEFU). Foi possível constatar uma conversão de 6% da componente floresta urbana para área construída no período, enquanto os componentes água e malha viária permaneceram estáveis. Dentre as regionais que obtiveram maior mudança na paisagem, a da Cidade Industrial de Curitiba foi aquela que obteve o maior percentual (2%). Quanto ao índice espacial de floresta urbana, foi possível calcular um total de 113,80 m²/habitante e a regional que apresentou o maior índice foi Tatuquara (324,72 m²/habitante). Conclui-se que foi possível caracterizar os componentes da paisagem com o método proposto (erro amostral menor que 0,09), pode ser uma alternativa para classificar os componentes da paisagem urbana e identificar IEFU de uma região.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; Áreas verdes; Open foris.

ABSTRACT

The cities increasing process of urbanization generates pressures and threats to urban forest and environmental degradation. A way to assess the influence of urbanization is to conduct a landscape study to quantify urban components such as urban forest, built-up area, road network and water. This study aimed to classify the components of the urban landscape for the municipality of Curitiba, PR and its administrative regions, in the years 2006 and 2016, using the *Collect Earth* tool, to identify changes in the landscape and also the urban forest index (UFI). It was possible to verify a conversion of 6% of the urban forest component to the built area in the period, while the water and road network components remained stable. Among the regional ones that obtained the greatest change in the landscape, the regional Industrial City of Curitiba obtained the highest percentage (2%). As for the urban forest index, it was possible to calculate a total of 113,80 m²/inhabitant and the regional one that had the highest index was Tatuquara (324,72 m²/inhabitant). It was concluded that it was possible to characterize the landscape components with the proposed method (sample error less than 0.09), which could be an alternative to classify the components of the urban landscape and to identify UFI of a region.

Keywords: Vegetal covering; Green area; Open foris.

Recebido em 15.02.2017 e aceito em 04.05.2017

1 Engenheira Florestal. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR. E-mail: tatiane.l.ho@gmail.com

2 Biólogo. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR. E-mail: golivaresflores@gmail.com

3 Engenheira Florestal. Doutora. Professora Titular da Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR. E-mail: dbiondi@ufpr.br

INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI, a temática ambiental ainda é pouco relevante nas pautas econômicas, tecnológicas, políticas e sociais, principalmente nos centros urbanos, o qual a produção é incompatível com a oferta de recursos naturais providos pelo planeta. A alteração da paisagem natural pelo homem vem como consequência do adensamento populacional e da industrialização, gerando uma crescente e alarmante degradação do meio ambiente (FERREIRA, 2014).

Segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016) estima-se que aproximadamente 84% da população vive em áreas urbanas, enquanto que em 1980 esse número não passava dos 67%. Logo, é fato que houve um processo acelerado de urbanização que muitas vezes promove modificações nas áreas naturais, nas condições microclimáticas, a qualidade do meio ambiente e consequentemente a qualidade de vida da população (FREIRE et al., 2012).

No âmbito da ecologia da paisagem, a cidade pode ser considerada uma unidade ecológica denominada de paisagem urbana que estruturalmente é composta por três componentes: a) matriz – parte mais extensa da estrutura e é o que controla a paisagem e sua dinâmica; b) corredores – estruturas lineares de ligação e ruptura entre os componentes da paisagem; e c) fragmentos – superfícies não lineares que diferem em aparência dos corredores (BIONDI, 2015).

As áreas verdes podem ser contextualizadas como "cobertura vegetal", ou seja, projeção do verde em cartas planimétricas, considerando os espaços livres de construção (praças, parques, etc.), os espaços construídos (canteiros e jardins junto a construções) e os espaços de integração (rotatórias e arborização viária), além das unidades de conservação e da zona rural (CAVALHEIRO et al., 1999). Já Biondi (2015) agrega o termo ao conceito de "floresta urbana" que abrange toda cobertura vegetal dentro do meio urbano, sejam elas públicas ou privadas, tais como a arborização de ruas (ou viária), áreas verdes e diversos tipos de vegetação como os encontrados em bosques e jardins residenciais.

A floresta urbana é um componente estratégico que proporciona diversos benefícios ecológicos, estéticos e sociais a população, assim uma quantidade significativa de vegetação no meio urbano é fundamental para a qualidade de vida nas cidades (LOMBARDO et al., 2012; MARTINI et al., 2015). Esse tipo de componente da paisagem urbana proporciona condições para manutenção da biodiversidade da flora e fauna urbana (BRUN; LINK; BRUN, 2007).

Historicamente, os espaços públicos das cidades eram projetados sem nenhum tipo de vegetação, estes localizam-se nas regiões periféricas, dado que poderiam atrapalhar na visibilidade dos povos inimigos. Aos poucos, essa tendência foi mudando por identificar os

aspectos benéficos da floresta urbana tanto para a questão ambiental, quanto para o lazer e cultura local (RIBEIRO; SILVEIRA, 2006; BIONDI, 2015).

Em Curitiba, a primeira floresta urbana foi criada em 1886 com o surgimento do Passeio Público, como uma opção de lazer para população, mas a criação efetiva de áreas arborizadas foi acontecer na década de 1970, com a criação de parques urbanos (RIBEIRO; SILVEIRA, 2006).

A espacialização e a quantificação do componente da paisagem podem ser realizadas rapidamente por meio de ferramentas geoespaciais como o Sensoriamento Remoto (SR) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), para tal é necessário obter imagens de alta resolução, muitas vezes de custo elevado, além de habilidade técnica de alto nível para o pré-processamento e análise das imagens (GRISE; ARAKI; BIONDI, 2014; BEY et al., 2016).

As tecnologias conhecidas por “*geoWeb*” surgiram como uma importante ferramenta para melhorar o acesso aos produtos de sensoriamento remoto, que anteriormente, ficava apenas sob o domínio de especialistas, permitindo uma avaliação de precisão visual, gerando informações que posteriormente são armazenadas em um banco de dados do servidor e que podem ser baixadas para uso em outros programas (CLARK; AIDE, 2011). Em 2005 o Google lançou o *software Google Earth* que disponibiliza acesso livre imagens de satélite prontas para a interpretação visual com imagens de resolução espacial média, alta e muito alta, no qual as melhores imagens do local são carregadas automaticamente no *Google Earth* (BEY et al., 2016).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo dos componentes da paisagem no município de Curitiba, PR e para as suas regionais administrativas nos anos de 2006 e 2016, através da ferramenta de análise visual de imagens de alta resolução do *software Open Foris*, chamada *Collect Earth*. Por meio dessa ferramenta é possível calcular o índice espacial de floresta urbana para o município, bem como identificar os índices nas diferentes componentes da paisagem urbana

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Curitiba, capital paranaense situada na latitude 25° 25' 47" S e longitude 49° 16' 29" W, com uma área total de 43.503,6 ha, localizada no primeiro planalto do Paraná, com uma altitude média de 934,6 m em relação ao nível do mar e segundo a classificação de Köppen a maior parte da área está no clima Cfb, clima temperado úmido, também está inserido na ecorregião da floresta com araucárias com fragmentos de campos naturais sendo que toda sua extensão é considerada urbana (GRISE; BIONDI; ARAKI, 2016b; IPPUC, 2016). Para melhorar a administração da cidade e aproximar

os serviços públicos da população o município está dividido em espaços (territórios) menores que são denominadas regionais administrativas, assim Curitiba está dividida em 10 regionais: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial de Curitiba (CIC), Matriz, Portão, Pinheirinho, Santa Felicidade e Tatuquara (IPPUC, 2016).

A estrutura para a coleta de dados incluiu o formulário de coleta, imagens de satélite, limites que delimitam a parcela e sub-parcelas de amostragem, gráficos que apresentam uma visão geral dos índices de vegetação atual e o histórico da área para verificar se houve mudança de uso do solo na parcela (BEY et al., 2016).

O formulário de coleta foi acondicionado no site da *Open Foris*, sua estrutura foi composta pelos dados de imagens dos anos de 2016 e de 2006 contendo as seguintes informações: ano base, satélite, os componentes da paisagem urbana (floresta urbana, área construída, malha viária e água), mudanças do uso do solo e o ano da mudança (Figura 1).

Nota: A1: Amostra 1, referente ao ano de 2016 e A2: Amostra 2, referente ao ano de 2006.

Figura 1. Exemplo de formulário de coleta

Figure 1. Sample of collection form.

Dos componentes da paisagem analisados, foram considerados as seguintes combinações: Floresta urbana (arborização de ruas, áreas verdes, bosques e jardins residenciais); Água (rios, lagos e reservatórios naturais e artificiais superficiais); Área construída (área com construções como habitação, indústria, comércio, hospitais e escolas) e Malha viária (os sistemas rodoviário, ferroviário e aeroviário) (CAVALHEIRO et al., 1999; CLARK; AIDE, 2011; BIONDI, 2015).

A paisagem foi interpretada através do *Google Earth* que contém imagens Landsat com resolução espacial de 15 metros, imagens SPOT de 2,5 metros e imagens de alta resolução de vários fornecedores como CNES, Digital Global (com resolução espacial que varia 3 m a 30 cm), EarthSat, Soluções de Primeira Base, GeoEye-1, GlobeExplorer, IKONOS, Pictometry International, Spot Imagem, Aerometrex e Sinclair Knight Merz (BEY et al., 2015).

As parcelas foram confeccionadas utilizando o software QGis, amostradas de forma sistemática com os pontos dispostos a uma grade de $0,01^\circ$ o equivalente a 1,0247 km de distância (FIGURA 2). BEY et al. (2015) indicam que para a análise a nível de país, muitas vezes é utilizado uma grade maior (1°), mas no caso de áreas administrativas menores, pode-se optar pelo uso de uma grade menor.

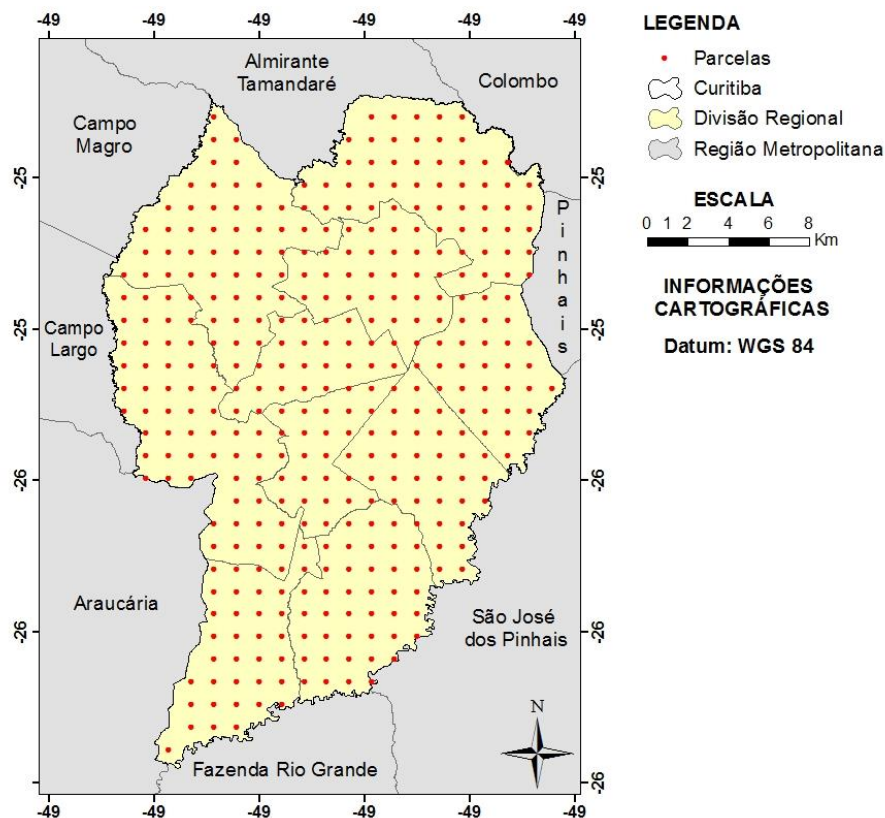


Figura 2. Localização das parcelas
Figure 2. Location of plots

O tamanho da parcela foi de 100 x 100 m (área de 1 ha) e cada parcela foi composta por 49 sub-parcelas. A classificação foi realizada visualmente, considerando qual componente da paisagem abrange cada sub-parcela e atribuído um valor de aproximadamente 2% para estes (FIGURA 3).

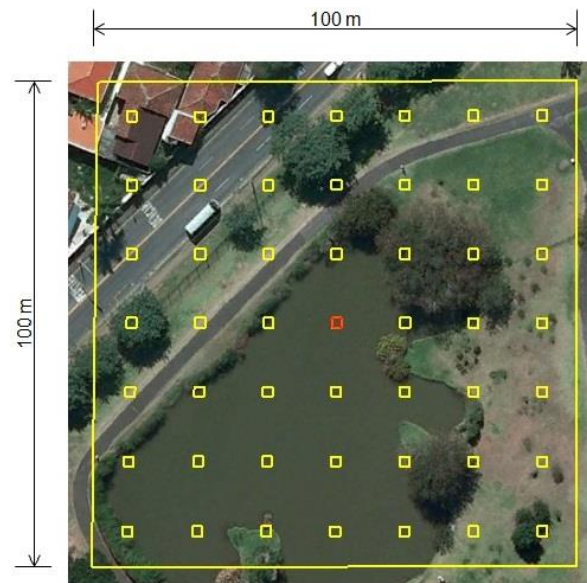
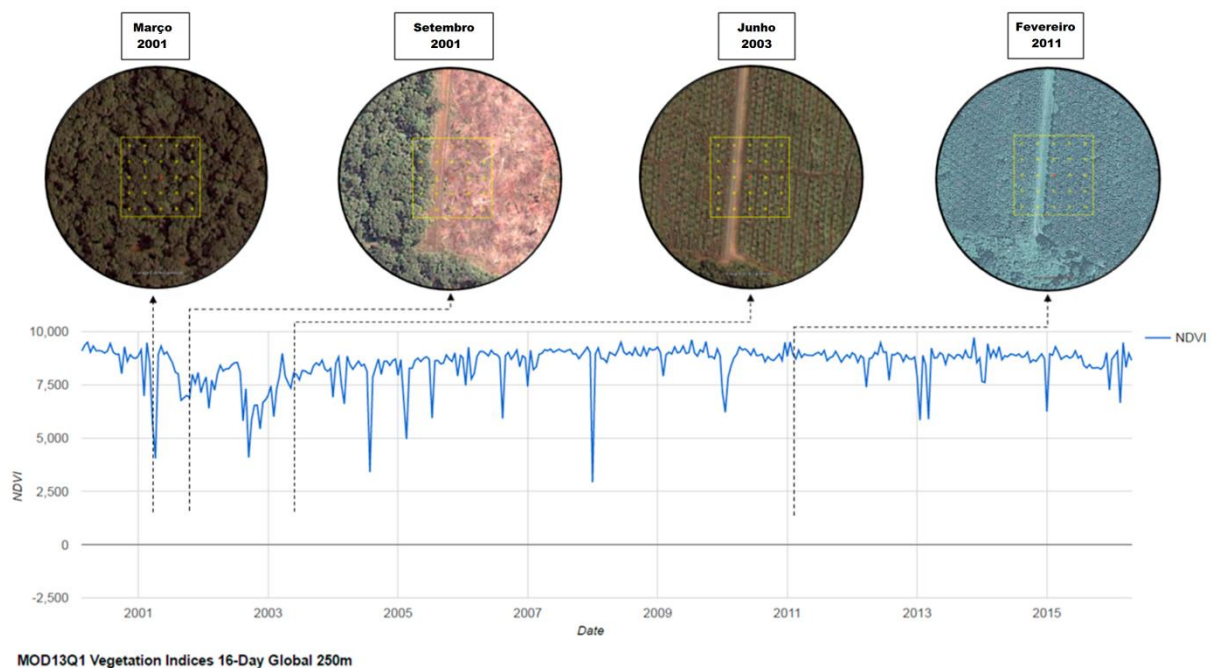


Figura 3. Modelo das parcelas e sub-parcelas amostrais
Figure 3. Model of sample plots and subplot

A ferramenta Collect Earth também exibe gráficos da parcela analisada contendo o índice de vegetação, como NDVI, NDWI e EVI derivados de imagens Landsat 7, Landsat 8 e MODIS (BEY et al., 2016). Esse recurso foi utilizado no trabalho para validar a mudança na paisagem constatada visualmente nas imagens do histórico do Google Earth, analisando apenas o comportamento do gráfico resultante do índice de vegetação (FIGURA 4).



Fonte: Bey et al. (2016)

Figura 4. Exemplo de mudança no uso da terra com imagens históricas do Google Earth e reforçada por uma análise do gráfico MODIS global
Figure 4. Example of land use change with historical images of Google Earth and reinforced by a global MODIS graph analysis

Os dados foram extraídos do *Collect Earth* em arquivo no formato “csv” e processados em planilhas do *Excel*. Os componentes da paisagem foram estimados para a área total de Curitiba e por regional para os anos de 2006 e 2016. Ao final da análise foi calculado o erro do intervalo de confiança da amostragem para cada componente da paisagem, devido ao possível erro de amostragem do projeto e ao erro de interpretação do solo, utilizado a fórmula adaptada por Bey et al. (2016):

$$CI = \frac{Atot \times \sqrt{\frac{pi \times (1 - pi)}{n - 1}} \times 1.96}{Ai}$$

Onde:

CI: Erro do intervalo de confiança;

Atot: área total amostral;

pi: proporção de um componente da paisagem;

n: número de parcelas;

Ai : área total do componente.

Sendo que o intervalo de confiança estipulado foi de 95% e calculado por:

$$IC = (p_i - CI, p_i + CI)$$

As estimativas encontradas para cada componente foram submetidas ao teste de comparação de proporções com aproximação normal, para os anos de 2006 e 2016 a um nível de significância de $\alpha=5\%$ e hipótese nula de igualdade de proporções ($H_0: p_1=p_2$).

Para o cálculo do índice espacial de floresta urbana foi utilizada a mesma metodologia que Grise (2015), que considerou a área total de toda cobertura de vegetação classificada na área como floresta urbana, dividido pelo número de habitantes de Curitiba disponível no último censo do IBGE (2016), assim como para o cálculo por regional, utilizando a última divisão regional do município (IPPUC, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da paisagem no período de 2006 a 2016

As parcelas analisadas somaram um total de 391 ha dentro dos 43.503,6 ha da área total de Curitiba (IBGE, 2016). Dos quatro componentes da paisagem analisados, tanto para o ano de 2006 quanto para o ano 2016, a floresta urbana apresentou o maior percentual, com 52% da área total em 2006 e 46% em 2016, seguidos da área construída com 36% em 2006 e

42% em 2016, já os componentes água e malha viária, permaneceram estáveis no período analisado, com 2% e 10%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Análise da paisagem para o período entre 2006 e 2016

Table 1. Analysis of the landscape by regionals for the year 2006 and 2016

Ano	2006			2016			Diferença
	Área amostral (ha)	Área estimada (ha)	%	Área amostral (ha)	Área estimada (ha)	%	%
Floresta urbana	202,68	22.550,66	52%	179,18	19.936,00	46%	-6%
Área construída	140,28	15.607,89	36%	162,78	18.111,29	42%	6%
Água	9,14	1.016,94	2%	8,86	985,78	2%	0%
Malha viária	38,9	4.328,11	10%	40,18	4.470,52	10%	0%
Total	391	43.503,60	100%	391	43.503,60	100%	

O município se destaca pela quantidade de floresta urbana existente, em estudo realizado por Grise, Biondi e Araki (2016a), a área calculada de floresta foi de 18.982,61 ha, o correspondente a 43,69% da área total de Curitiba, percentual bem próximo ao encontrado no presente trabalho para o ano de 2016, o que demonstraria a eficiência do método aplicado para a classificação desse tipo de componente da paisagem por meio de amostragem, utilizando a ferramenta *Collect Earth*, em comparação com as técnicas tradicionais de sensoriamento remoto.

Em relação aos períodos em análise, nota-se uma diminuição de 6% para a componente floresta urbana e um aumento de 6% em relação à área construída, o que poderia caracterizar a supressão da vegetação para posterior transformação em áreas construídas. Esse dado pode ser reforçado com base em dados do IBGE (2016) que indicam um aumento populacional de aproximadamente 1.797.408 em 2006 para uma estimativa de 1.893.997 habitantes em 2016.

De acordo com Vieira e Biondi (2008) houve diminuição da cobertura vegetal no período de 1986 a 2004 em função do grande crescimento urbano que ocorreu em todo o município de Curitiba com uma redução percentual de 39% para 30%. Já para o período analisado no presente estudo a diferença percentual apresenta-se mais discreta, com redução percentual de 52% de floresta urbana para 46%, no período de 2006 para 2016.

Outros centros urbanos também tiveram sua floresta urbana suprimida e a urbanização aumentada, como é o caso de Teresina-PI, obteve um decréscimo 29,7% de vegetação e um aumento de 60,4% da área urbanizada em um período de 20 anos (FEITOSA et al., 2011). Já municípios com características rurais, como Vacaria, no Rio Grande do Sul, teve uma redução de 41,5% dos campos naturais, o qual a maior parte foram convertidos em

lavoura (29,4%) e 11,4% foi convertido em área urbana, em um período de 40 anos (LOPES et al., 2010).

Para os componentes malha viária e água não foram encontradas modificações significativas, com uma diferença percentual de 0%, o que pode evidenciar que não houve crescimento significativo na construção de novas vias de acesso para veículos e não houve descaracterização de corpos hídricos (retificação ou canalização de rios). Em trabalho realizado por Vieira e Biondi (2008) encontraram uma queda de 3% para 1% no componente corpos hídricos em um período de 18 anos, percentual próximo ao encontrado nessa pesquisa (estabilidade de 2%), mas também mostra que a técnica utilizada pode ser falha para detectar pequenas variações.

No teste de comparação de proporções foi demonstrado que, para o componente água, a um nível de significância de 5% não foi rejeitada a hipótese nula de igualdade de proporções para os dois períodos considerados (p -valor=1). O mesmo aconteceu para o componente malha viária (p -valor=1). Entretanto, o componente floresta urbana apresentou proporções estatisticamente diferentes para os dois períodos considerados (p -valor= $2,55 \times 10^{-16}$) e o componente área construída também apresentou diferença estatística para os anos de 2006 e 2016 (p -valor= $8,2 \times 10^{-14}$).

A análise estatística mostrou que os percentuais encontrados em cada componente avaliada estavam dentro do intervalo de confiança de 95%. O intervalo de confiança para a proporção de floresta urbana de Curitiba referente ao ano de 2016 foi de (0,44; 0,47) com um erro do intervalo de confiança (CI) de 0,02. A proporção amostral para esse mesmo ano foi de 0,46 (Tabela 1), valor que se encontra dentro do intervalo de confiança. Para o ano de 2006 os valores do intervalo de confiança foram de (0,50; 0,53) com erro (CI) de 0,01 sendo que a proporção amostral encontrada para essa mesma data foi de 0,52 (Tabela 1), encontrando-se novamente dentro da estimativa intervalar. Para os 4 componentes, os dados encontrados na análise do erro de intervalo de confiança e seus intervalos de confiança são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise de intervalo de confiança para os componentes da paisagem

Table 2. Confidence interval analysis for landscape components

Componentes da paisagem	2006			2016		
	CI	Limite Inferior	Limite superior	CI	Limite inferior	Limite superior
Floresta urbana	0,01	0,50	0,53	0,02	0,44	0,47
Área construída	0,02	0,34	0,38	0,02	0,40	0,43
Água	0,09	0,00	0,11	0,09	0,00	0,12
Malha viária	0,04	0,06	0,14	0,04	0,06	0,14

Análise da paisagem das regionais administrativas

Na tabela 3 é apresentado a área estimada dos componentes floresta urbana (FU), área construída (AC), água (A), malha viária (MV) e o total (T), para cada regional administrativa de Curitiba, nos anos de 2006 e 2016 e na tabela 4 são encontradas as diferenças em hectares e percentuais entre os componentes da paisagem nas regionais avaliadas no período de 2006 para 2016.

Tabela 3. Análise da paisagem por regionais para o ano de 2006 e 2016

Table 3. Analysis of the landscape for the year 2006 and 2016

Regional	Área Estimada (ha)									
	2006					2016				
	FU	AC	A	MV	T	FU	AC	A	MV	T
Bairro Novo	2.846,1	970,2	249,2	273,7	4.339,2	2.550,1	1.241,7	240,3	307,1	4.339,2
Boa Vista	3.406,9	2.527,9	15,6	725,4	6.675,7	3.099,8	2.826,1	15,6	734,3	6.675,7
Boqueirão	1.646,7	1.860,3	26,7	471,8	4.005,4	1.364,1	2.131,8	37,8	471,8	4.005,4
Cajuru	1.108,2	1.753,5	17,8	458,4	3.337,9	999,1	1.847,0	17,8	474,0	3.337,9
CIC	4.094,5	1.615,5	427,2	649,8	6.787,0	3.331,2	2.356,5	427,2	672,0	6.787,0
Matriz	965,8	2.062,8	69,0	462,9	3.560,4	919,0	2.109,5	69,0	462,9	3.560,4
Pinheirinho	803,3	1.154,9	6,7	371,6	2.336,5	741,0	1.210,5	6,7	378,3	2.336,5
Portão	752,1	1.103,7	73,4	296,0	2.225,2	540,7	1.384,1	0,0	300,4	2.225,2
Santa Felicidade	4.007,7	1.778,0	35,6	409,4	6.230,7	3.729,5	2.022,8	31,2	447,3	6.230,7
Tatuquara	2.919,5	781,1	95,7	209,2	4.005,4	2.661,4	981,3	140,2	222,5	4.005,4
Total	22.550,7	15.607,9	1.016,9	4.328,1	43.503,6	19.936,0	18.111,3	985,8	4.470,5	43.503,6

Tabela 4. Variação de mudança na paisagem por regionais no período de 2006 para 2016

Table 4. Variation change in the landscape for regional in the period 2006 to 2016

Regional	Área Estimada (ha)				%			
	FU	AC	A	MV	FU	AC	A	MV
Bairro Novo	-296	271	-9	33	-1	1	0	0
Boa Vista	-307	298	0	9	-1	1	0	0
Boqueirão	-282	271	11	0	-1	1	0	0
Cajuru	-109	93	0	16	0	0	0	0
CIC	-762	740	0	22	-2	2	0	0
Matriz	-47	47	0	0	0	0	0	0
Pinheirinho	-62	56	0	7	0	0	0	0
Portão	-211	280	-73	4	0	1	0	0
Santa Felicidade	-278	244	-4	38	-1	1	0	0
Tatuquara	-258	200	44	13	-1	0	0	0
Total	-2.612	2.500	-31	142	-6	6	0	0

A regional que apresentou a maior área de floresta urbana foi a Cidade Industrial de Curitiba (CIC) com 4.094,5 ha, seguida de Santa Felicidade com 4.007,7 ha em 2006, já em 2016 o panorama se inverte, Santa Felicidade passa a ter a maior área desse componente com 3.729,5 ha, apresentando queda de 1% em relação ao ano de 2006 e CIC ficou com a segunda maior área de floresta urbana em 2016 (3.331,2 ha) devido a uma queda de 2% no período

analisado. A queda da regional CIC pode ser explicada através dos dados do IPPUC (2013), que evidenciou um aumento populacional de 12,12% na regional, no período de 2000 a 2010. Já a Regional Santa Felicidade recebeu alta valorização no mercado imobiliário, ocorrendo muitas vezes, a venda das propriedades para construtoras que realizam a supressão da vegetação e posterior construção de habitações (principalmente condomínios de alto padrão) e empresas, promovendo uma queda da qualidade ambiental (MOURA; NUCCI, 2008).

Em relação à componente área construída, a regional Boa Vista detém da maior área com aumento de 1% de 2006 a 2016, porém a regional que obteve maior aumento em um período de 10 anos, foi a regional CIC (2%). Um fator que pode ter influenciado nesse resultado foi o tamanho de cada regional, o qual as maiores áreas são compostas pelas regionais Santa Felicidade (15% do município), Boa Vista (com 14,4%) e CIC (com 13,80%) (VIEIRA; BIONDI, 2008). Embora Santa Felicidade (aumento de 1%) e CIC (aumento de 2%) não detenham das maiores áreas construídas, possuem um alto contingente florestal que pode ser requerida para conversão em área urbana.

Além das regionais citadas anteriormente, Bairro Novo, Boqueirão e Portão também tiveram aumento de 1% na área construída. A regional Bairro Novo possui, segundo o Censo 2016 do IBGE, 43.990 domicílios particulares permanentes correspondendo a 7,5% do total de domicílios da cidade. No período compreendido entre 2000 e 2012, essa regional teve autorização para construção de 11.306 novas unidades (3,9% do total do município) que explicaria o aumento de áreas construídas (IPPUC, 2013)

A regional do Tatuquara só foi decretada como tal no ano de 2015 (IPPUC, 2016), o que explica o decréscimo da floresta urbana em 1% e um percentual de 0% na área construída, isso poderia indicar que a região ainda está passando por um processo de urbanização recente.

Para as regionais de Matriz, Cajuru e Pinheirinho não ocorreram mudanças significativas da paisagem por já possuírem um alto índice de urbanização (IPPUC, 2013) ou uma urbanização consolidada.

Índice espacial de floresta urbana

O índice espacial de floresta urbana foi estimado a partir da área total de floresta urbana (199.359.976 m²) estimada para 2016 e o número total de habitantes do município de Curitiba (1.751.907 hab) segundo o último censo disponível no IBGE (2016), assim obteve-se um índice espacial de floresta urbana, considerando as áreas públicas e privadas, de 113,80 m² por habitante. Esse índice assim como os denominados índices de área verde ou índice de vegetação são utilizados para presumir a qualidade do espaço urbano medido pela cobertura

de floresta urbana em metros quadrados disponível ou potencial por habitante, mas há uma falta de padronização para tal, muitos autores adotam como parâmetro o índice de 12 a 15 m² de floresta urbana pública por habitante, mas não há uma referência ao certo dos autores e da metodologia utilizada (CAVALHEIRO et al., 1999; GRISE, 2015).

Grise (2015), também calculou o índice de floresta urbana para Curitiba, através de técnicas de sensoriamento remoto e obteve um valor de 108,35 m²/hab. Esse índice apresenta apenas uma informação quantitativa e não o estado de conservação das áreas verdes, como são utilizadas e como é sua distribuição na cidade (VIEIRA; BIONDI, 2008)

Em relação aos índices de floresta urbana de cada regional (Tabela 5), o que obteve o maior índice foi a regional do Tatuquara, com um total de 324,72 m² por habitante. Esse valor pode estar atrelado a habitação tardia do local, tendo em vista que o bairro Tatuquara, segundo Oliveira e Batista (2015) tiveram os primeiros loteamentos aprovados a partir de 1965.

Tabela 5. Índice de floresta urbana por regional para o ano de 2016

Table 5. Urban forest index by regional for the year 2016

Regionais	Área Floresta Urbana 2016 (m²)	nº Habitantes 2010*	IFU (m²/hab)
Bairro Novo	25.501.343	145.433	175,35
Boa Vista	30.997.706	248.698	124,64
Boqueirão	13.640.771	197.346	69,12
Cajuru	9.991.364	215.503	46,36
CIC	33.311.964	184.482	180,57
Matriz	9.190.275	205.722	44,67
Pinheirinho	7.410.076	147.528	50,23
Portão	5.407.353	179.155	30,18
Santa Felicidade	37.295.158	146.081	255,30
Tatuquara	26.613.967	81.959	324,72
Curitiba	199.359.976	1.751.907	113,80

Nota: último censo demográfico (IBGE, 2016); IFU: Índice de Floresta Urbana

Em contrapartida os resultados obtidos por Moura e Nucci (2008) e Grise (2015), a regional de Santa Felicidade possui o maior índice entre as regionais avaliadas, com 207,17 m² e 222,7 m² de floresta urbana por habitante, respectivamente. Essa regional apresenta o segundo maior índice de floresta urbana no presente estudo, tal diferença pode estar atrelada ao fato de não existir a regional Tatuquara no período de análise dos trabalhos citados, mas os mesmos apresentam valores semelhante ao encontrado nesse trabalho, cuja as diferenças percentuais são consequências dos critérios que cada estudo adotou.

A regional Cajuru apresentou o pior índice de floresta urbana entre todas as analisadas. Em trabalho realizado por Buccheri Filho (2012) os bairros dessa regional apresentaram um dos piores índices de parques em m² por habitante, no qual o bairro Cajuru alcançou o número de 5,0 m² de parque por habitante. Grise, Araki e Biondi (2016) em sua análise da cobertura de vegetação em áreas verdes e áreas particulares verificaram que as

regionais que apresentaram menor proporção de fragmentos por área foram Cajuru (7,87%), Portão (6,78%) e Matriz (6,73%), o que ratifica os resultados obtidos neste estudo. Provavelmente estes resultados se devem ao fato das regionais Cajuru e Matriz apresentarem respectivamente a segunda e terceira maiores densidades populacionais de Curitiba.

CONCLUSÕES

A metodologia utilizada neste trabalho para a análise dos componentes da paisagem foi satisfatória visto que estatisticamente apresentou um significativo grau de confiança na estimativa intervalar, podendo ser uma alternativa rápida e barata para classificar paisagens urbanas e identificar índices de floresta urbana de uma região.

Os componentes malha viária e água, não tiveram alterações significativas para o município no período de 10 anos, mas no mesmo período houve supressão de floresta urbana e crescimento da área urbana, sugerindo que o Município ainda está em crescimento e conseqüentemente expande-se para áreas de florestais como foi o caso da regional de Santa Felicidade e Cidade Industrial de Curitiba.

Na análise do índice espacial de floresta urbana, conclui-se que o município possui uma elevada área de vegetação por habitante, sendo similar ao encontrado por outros estudos, o que demonstra eficiência no método e que áreas localizadas na regional Tatuquara apresentam o maior IFU por ser uma região com menor adensamento populacional, diferentemente das regionais Matriz e Cajuru que apresentam os menores índices de floresta urbana e estão entre os maiores índices populacional de Curitiba.

REFERÊNCIAS

BEY, A.; SÁNCHEZ-PAUS DÍAZ, A.; MANIATIS, D.; MARCHI, G.; MOLLICONE, D.; RICCI, S.; BASTIN, J-F.; MOORE, R; FEDERICI, S.; REZENDE, M.; PATRIARCA, C.; TURIA, R.; GAMOGA, G.; ABE, H.; KAIKONG, E.; MICELI G. Collect Earth: Land Use and Land Cover Assessment through Augmented Visual Interpretation. **Remote Sensing**, Basileia, v. 8, n. 10, p. 1 - 24, 2016.

BEY, A.; SÁNCHEZ-PAUS DÍAZ, A.; PEKKARINEN, A.; PATRIARCA, C.; MANIATIS, D.; WEIL, D.; MOLLICONE, D.; MARCHI, G.; NISKALA, J.; REZENDE, M.; RICCI, S. **Collect Earth 1.1.1 User Manual A guide to monitoring land use change and deforestation with free and open-source software**. Roma: Open Foris. 2015, 121 p.

BIONDI, D. Floresta Urbana: Conceitos e Terminologias. In: BIONDI, D. **Floresta urbana**. Curitiba: O autor. 2015.

BRUN, F. G. K.; LINK, D.; BRUN, E. J. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 117 - 127, 2007.

BUCCHERI FILHO, A. T. O planejamento dos parques no município de Curitiba, PR: planejamento sistemático ou planejamento baseado em um modelo oportunista?. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 206 - 222, 2012.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C; GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo da SBAU (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana)**, ano VII, n. 3 - Jul/ago/set de 1999, Rio de Janeiro, p. 7.

CLARK, M. L.; AIDE, T. M. Virtual interpretation of Earth Web-Interface Tool (VIEW-IT) for collecting land-use/land-cover reference data. **Remote Sensing**, Basileia, v. 3, n. 3, p. 601 - 620, 2011.

FEITOSA, S. M. R.; GOMES, J. M. A.; MOITA, N. J.; ANDRADE, C. D. Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina-Piauí **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 2, p. 58 - 75, 2011.

FERREIRA, M. B. P.; NUCCI, J. C.; VALASKI, S. Classificação e avaliação da paisagem do bairro Rebouças, Curitiba-PR: subsídios ao planejamento da paisagem. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 181 - 199, 2014.

FREIRE, R. H. A.; CALEGARI, E. B.; CORREA, L. E.; ANGELIS, B. L. D. Índice de áreas verdes para macrozona de consolidação de Paranavaí - PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 01 - 22, 2012.

GRISE, M. M.; ARAKI, H. ; BIONDI, D. A paisagem da floresta urbana de Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 11, n. 3, p. 37 - 55, 2016.

GRISE, M. M.; ARAKI, H. ; BIONDI, D. Identificação da arborização urbana de Curitiba-PR por meio de imagens de satélite de alta resolução espacial - GEOEYE. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 3927 - 3937, 2014.

GRISE, M. M.; BIONDI, D; ARAKI, H. A floresta urbana da cidade de Curitiba - PR. **Floresta**, Curitiba, v.46, n.4, p.425 - 438, 2016a.

GRISE, M. M.; BIONDI, D; ARAKI, H. Distribuição espacial e cobertura de vegetação das tipologias de áreas verdes de Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 498 - 510, 2016b.

GRISE, M. M. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-Pr por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**. 2016. 147f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades@**. 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410690>> Acesso em: 02 set. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA - IPPUC. **Curitiba em dados**. Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>> Acesso em: 02 set. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA - IPPUC. **Pesquisas Secundárias: Retratos das Regionais**, 2013. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/>> Acesso em: 21 nov. 2016.

LOMBARDO, M. A.; SILVA FILHO, D. F.; FRUEHAUF, A. L.; PAVAN, D. C. O uso de geotecnologias na análise de da ilha de calor, índice de vegetação e uso da terra. **Revista Geonorte, Edição Especial 2**, Manaus, v. 2, n. 5, p. 520 - 529, 2012.

LOPES, F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLON, E. S. O.; TORNQUIST, C. G. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p. 1038 - 1044, 2010.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; SILVA FILHO, D. F. Microclima em diferentes tipologias de floresta urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 10, n. 4, p. 12 - 22, 2015.

MOURA, A. R.; NUCCI, J. C. Cobertura Vegetal em áreas urbanas - O caso do Bairro de Santa Felicidade - Curitiba - PR. **Geografia. Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 12, p. 1682 - 1698, 2008.

OLIVEIRA, M. M. F.; BAPTISTA, E. Bairro Tatuquara-Curitiba/PR: uma abordagem socioambiental. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 8 - 19, 2015.

RIBEIRO, R. M.; SILVEIRA, M. A. T. Planejamento Urbano, lazer e turismo: os Parques Públicos em Curitiba-PR. **Turismo-Visão e Ação**, Itajaí, v. 8, n. 2, p. 309 - 322, 2006.

VIEIRA, C. H. S. D.; BIONDI, D. Análise da dinâmica da cobertura vegetal de Curitiba, PR (de 1986 a 2004), utilizando imagens Landsat TM. **Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p.479 - 487, 2008.