

COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO CENTRAL DAS CAPITAIS BRASILEIRAS

Mariane Félix da Rocha*
Universidade Estadual do Paraná

João Carlos Nucci**
Universidade Federal do Paraná

Resumo: Várias capitais estaduais brasileiras possuem um título de cunho ambiental: "capital mais verde", "capital mais sustentável" ou "capital mais arborizada" do Brasil ou do mundo. Poucos desses títulos, no entanto, foram precedidos de estudos que explicassem a conceituação e a metodologia empregadas para se chegar a tal resultado. Tendo em vista essa lacuna, este trabalho teve como objetivo estabelecer um ranking entre capitais estaduais e distrital brasileiras com base na cobertura vegetal. Foram utilizadas imagens de satélite do software Google Earth e os polígonos de cobertura vegetal de todas as 27 capitais foram editados no software ArcGIS 10.2.2. Devido ao tempo determinado para a pesquisa, optou-se por mapear apenas as áreas centrais das capitais, em um raio de 500m em torno de alguns pontos de referência comumente encontrados no centro das cidades, como Igreja Matriz, sede da Prefeitura e Marco Zero. Brasília (DF) alcançou a primeira posição, com 31,83% de cobertura vegetal na área mapeada, e Aracaju (SE) ficou em último lugar, com 6,38% de cobertura vegetal em sua área central. Entretanto, constatou-se que não se tratou de um ranking válido, em função da dificuldade de localizar com precisão o centro das capitais, além de ter havido muita divergência nas imagens de satélite disponíveis para cada capital, com datas muito diferentes e resoluções e qualidade das imagens incompatíveis com a comparação que se pretendia fazer. Ademais, as capitais estaduais e distrital apresentam condições físicas, históricas e socioeconômicas muito diversas entre si, o que igualmente torna contestável a comparação entre elas.

Palavras-chave: Ranking. Capitais. Cobertura vegetal. Área Central. Planejamento da Paisagem.

VEGETATION COVER IN THE CITY CENTER OF THE BRAZILIAN CAPITALS

Abstract: Several Brazilian state capitals have an environmental title: "the greenest capital", "most sustainable capital" or "most wooded capital" of Brazil or of the world. Few of these titles, however, were preceded by studies that explained the conceptualization and methodology used to reach such a result. To address this gap, this study aimed to establish a ranking between Brazilian state and district capitals based on vegetation cover. In order to do that, we used satellite images of the Google Earth software and edited the vegetation cover polygons of all 27 Brazilian capitals in ArcGIS 10.2.2 software. Due to the time determined for the research, we decided to map only the central areas of the capitals, within a radius of 500m around some landmarks commonly located in the center of cities, such as Mother Church, City Hall and the zero milestone marker. Completed the mapping stage and established the ranking, Brasília (DF) reached the first position, with 31,83% of vegetation cover in the mapped area, and Aracaju (SE) was the last one, with 6,38% of vegetation cover in its central area. However, our findings showed that this could not be considered as a fair ranking due to the difficulty of locating the capital center with precision. Besides, there was a lot of divergence in the satellite images available for each city, as they presented very different dates, resolutions and image quality incompatible with the intended comparison. In addition, state and district capitals have very different physical, historical and socioeconomic conditions, which also makes the comparison among them unfair.

Keywords: Ranking. Capitals. Vegetation cover. City center. Landscape Planning.

CUBIERTA VEGETAL EN LA REGIÓN CENTRAL DE LAS CAPITALES BRASILEÑAS

Resumen: Varias capitales de los estados brasileños poseen un título de cuño ambiental: "capital más verde", "capital más sustentable" o "capital más arbolada" de Brasil o del mundo. Pocos de estos títulos, sin embargo, fueron precedidos de estudios que explicasen la conceptualización y metodología empleadas para llegar a tal resultado. En vista de esta laguna, este trabajo tuvo como objetivo establecer un ranking entre capitales de los estados y distritos brasileños con base en la cobertura vegetal. Se utilizaron imágenes satelitales del software Google Earth y los polígonos de cobertura vegetal de las 27 capitales fueron editados en el software ArcGIS 10.2.2. Debido al tiempo determinado para la investigación, se optó por mapear sólo las áreas centrales de las capitales, en un radio de 500m en torno a algunos puntos de referencia comúnmente encontrados en el centro de las ciudades, como Iglesia Matriz, sede del Ayuntamiento y Marco Cero. Brasília (DF) alcanzó la primera posición, con 31,83% de cobertura vegetal en el área mapeada, y Aracaju (SE) quedó en último lugar, con un 6,38% de cobertura vegetal en su área central. Sin embargo, se constató que no se trató de un ranking justo, en función de la dificultad de localizar con precisión el centro de las capitales, además de haber habido mucha divergencia en las imágenes de satélite disponibles para cada capital, con fechas muy diferentes y resoluciones y calidad de las imágenes incompatibles con la comparación que se pretendía hacer. Además, las capitales de los estados y distritos presentan condiciones físicas, históricas y socioeconómicas muy diversas entre sí, lo que también hace injusta la comparación entre ellas.

Palabras-clave: Ranking. Capital. Cubierta vegetal. Área Central. Planificación del paisaje.

*Professora da Universidade Estadual do Paraná (Unespar) de União da Vitória. Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Endereço: Unespar, Colegiado de Geografia. R. Cel. Amazonas, s/n – Centro, União da Vitória (PR), CEP 84600-000. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8454-734X>. E-mail: mfr1306@yahoo.com.br
**Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Biólogo e doutor em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Endereço: Centro Politécnico, Departamento de Geografia. R. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n – Jardim das Américas, Curitiba (PR), CEP 81530-001. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1130-925X>. Email: nucci@ufpr.br.

Introdução

Em 1950, segundo dados do relatório *World Urbanization Prospects*, da ONU, cerca de apenas um terço (30%) da população mundial residia em áreas urbanas. Tendências indicam que a população urbana em 2050 representará dois terços da população total, mostrando um quadro oposto ao encontrado no século anterior (ONU, 2015). Além dessa alta concentração humana nas cidades, nelas também se encontram vários problemas ambientais que são ainda muitas vezes negligenciados.

A degradação ambiental nas cidades traz malefícios à população, que se vê obrigada a viver em um ambiente de baixa qualidade. De acordo com Sukopp e Werner (1991), a poluição do ar nas cidades é causada principalmente pelas indústrias e usinas de energia que consomem combustíveis fósseis e pelo tráfego de automóveis, principal fonte de monóxido de carbono, enquanto as partículas sólidas são provenientes principalmente da incineração de resíduos. Já o aumento da concentração de dióxido de enxofre (SO₂) na atmosfera causa a chuva ácida, isto é, a redução do pH da chuva que atinge as cidades, chegando a um pH menor que 3, o que aumenta a acidez dos solos e das massas d'água (SUKOPP; WERNER, 1991).

Lombardo (1985) descreve o fenômeno da ilha de calor como uma das consequências do uso do solo urbano. A autora, estudando a cidade de São Paulo (SP), identificou que há uma tendência ao aumento da temperatura da periferia em direção ao centro da cidade, em função da redução da evaporação, da menor quantidade de vegetação, do aumento da rugosidade e da área construída, da poluição (que pode influenciar na absorção e remissão da radiação) e das características dos materiais que compõem as edificações e o pavimento. Lombardo (1985) ainda reitera que a ilha de calor pode causar um aumento da precipitação entre 5% a 10% nos centros urbanos, acompanhado de um aumento na incidência de granizos. Todos esses problemas são provenientes de uma visão de progresso a qualquer custo e de um planejamento e práticas de gestão urbana voltadas exclusivamente para os aspectos socioeconômicos, que negligenciam a questão ecológica nas cidades.

Todavia, novas áreas do conhecimento vêm surgindo, a partir da década de 1930, tais como a Ecologia da Paisagem, termo sugerido por Carl Troll em 1938 (TROLL, 2003), o Planejamento da Paisagem (HAAREN et al., 2008) e a Ecologia Urbana (SUKOPP, 1998, 2002; BREUSTE, 2002; FORMAN, 2014). Esses termos apresentam uma visão que também considera os aspectos naturais nos ambientes urbanizados.

Uma lei alemã sobre o Planejamento da Paisagem instituiu, segundo Nucci (2010), que a natureza e a paisagem, dentro e fora dos assentamentos humanos, devem ser conservadas, gerenciadas, desenvolvidas e, quando necessário, restauradas, a fim de salvaguardar o funcionamento dos ecossistemas, a capacidade de regeneração dos recursos naturais, os *habitats* da fauna e da flora, bem como a beleza da natureza e da paisagem e seu valor para a recreação humana. A aplicação desses paradigmas no planejamento urbano contribui na mitigação dos problemas ambientais, e um dos elementos que mais auxiliam nesse processo é a vegetação.

Na melhoria das condições ambientais urbanas, a vegetação contribui para controlar a radiação solar direta, fornecer sombra, regular a umidade relativa do ar e do solo, filtrar e redirecionar o vento, reduzir a poluição do ar, atenuar o ruído (barreira acústica), e proporcionar condições à existência da vida selvagem, dentre outras funções (HOUGH, 1998; MASCARÓ, 1996; SUKOPP; WERNER, 1991; WOOLLEY, 2003).

A vegetação também contribui para a melhora da saúde física dos habitantes da cidade. A capacidade de filtro de poluentes desempenhada pela vegetação ajuda a limitar os efeitos negativos da poluição no corpo humano, uma vez que as partículas finas de poluição podem penetrar profundamente nos pulmões e estão associadas a um risco maior de acidentes vasculares cerebrais (AVC), problemas cardíacos e respiratórios (BBC Brasil, 2016). Kardan et al. (2015) constataram que pessoas que moram em ruas com mais e/ou maiores árvores relatam uma melhor percepção da própria saúde, e os autores afirmam ainda que essa melhora na percepção da saúde é equivalente a um aumento anual na renda familiar de US\$ 10.200,00, ou o equivalente a estar sete anos mais jovem.

De modo geral, os ambientes naturais também favorecem a saúde psíquica humana ao serem mais efetivos na redução do estresse, em comparação com ambientes edificados e sem vegetação (ULRICH et al., 1991¹ apud WOOLLEY, 2003) conterem a tendência de "ruminar" criticamente sobre si mesmo ou sobre eventos do passado, comportamento relacionado à depressão (BBC Brasil, 2016), e melhorarem a capacidade de memória (SILVERSTONE, 2011). Os espaços vegetados, de acordo com Woolley (2003), também estimulam a prática de atividades físicas ao ar livre, permitem o descanso, a contemplação e o contato com a natureza, favorecem as relações de amizade e sociabilidade, atuam como válvula de escape para as situações adversas

¹ULRICH, R. S.; SIMONS, R. F.; LOSITO, B. D.; FIORITO, E.; MILES, M. A.; ZELSON, M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*. 11, p. 201-230, 1991.

vividas em casa e no trabalho e fornecem um espaço para as brincadeiras das crianças, cuja falta pode prejudicar o desenvolvimento das mesmas, como menor capacidade nas tarefas motoras e habilidades sociais mais pobres.

Outros benefícios trazidos pela vegetação são de ordem econômica, como a geração de empregos relacionados ao cuidado e ao planejamento de áreas verdes e arborização de ruas, a produção de alimentos e o aumento do valor das propriedades (WOOLLEY, 2003). Também as áreas verdes urbanas podem representar um ganho para o turismo, como no caso de Curitiba (PR), que, segundo Domareski-Ruiz (2015), apresenta como principais atrativos turísticos os parques, juntamente com os eventos e a gastronomia.

Devido à importância da vegetação no meio urbano e à força dessa preocupação ambiental das últimas décadas, deter um título de cunho ambiental tornou-se algo almejado pelas cidades. Basta uma busca em sites de pesquisa dos termos "cidade mais verde" ou "cidade mais arborizada" que mais de um nome certamente aparecerá. Nem sempre, no entanto, acompanhado da "lista" de nomes de cidades, se encontra o estudo que embasou tal título ou sequer a fonte de dados.

Tendo em vista essa lacuna, buscou-se nesse trabalho estabelecer um *ranking* entre as 27 capitais brasileiras com base nos índices de cobertura vegetal, em porcentagem, em um estudo que utilizasse produtos de sensoriamento remoto com resolução, escala e datas de tomada das imagens semelhantes entre uma cidade e outra e o mesmo método de mapeamento para que houvesse isonomia na análise, sem prejudicar ou favorecer nenhuma capital. Buscou-se também analisar a cobertura vegetal da área central das capitais com base em índices mínimos de cobertura vegetal propostos na literatura, pela distribuição da cobertura vegetal e seus benefícios à qualidade ambiental urbana. Por fim, refletiu-se sobre a relevância desse tipo de comparação entre cidades, sobretudo tendo em vista o contexto brasileiro: um país de proporções continentais e diversificado em seus aspectos socioeconômicos e naturais.

Materiais e métodos

Para mapear, comparar e elaborar o *ranking* das capitais com base na cobertura vegetal, optou-se por um círculo de 500m de raio na área central de cada capital. O tamanho do raio foi escolhido em função do nível de detalhamento que se quis dar ao trabalho, considerando inclusive árvores de pequeno porte isoladas, do tempo disponível e da apresentação final dos resultados, em escalas de 1:15.000.

A escolha pela área central deu-se em virtude de essas áreas concentrarem mais edificações e superfícies pavimentadas (SUKOPP; WERNER, 1991) e, assim, apresentarem estruturas paisagísticas semelhantes, com concentração de residências, comércio e serviços. As áreas centrais também apresentam uma maior verticalização e adensamento das edificações, possibilitando uma maior isonomia na comparação entre as capitais. Para delimitar essas áreas, buscou-se nos sites oficiais das prefeituras, em guias de ruas e bairros *on-line*, em sites de turismo, das arquidioceses e de horários de missa um bairro denominado "Centro" e a localização do Marco Zero, da sede da Prefeitura Municipal e/ou da Catedral/Igreja Matriz.

Onde foi possível, o círculo de 500m de raio abrangeu os três principais pontos de referência: o Marco Zero, a sede da Prefeitura Municipal e a Catedral/Igreja Matriz. Na maioria dos casos, porém, esses pontos estavam localizados em bairros diferentes ou muito distantes para caberem no mesmo raio, ou não foram localizados. Então, algumas áreas de estudo só abrangeram um ou dois dos pontos de referência mencionados. Em algumas capitais, ainda, outros pontos de referência mencionados como "centrais" foram considerados, como algumas praças.

Finalizada a etapa de escolha das áreas de estudo, iniciou-se a captura das imagens de satélite para vetorização dos polígonos de cobertura vegetal. Para isso, os *shapefiles* com os círculos de 500m de raio foram exportados para o *software* Google Earth e as imagens para cada capital foram escolhidas de acordo com os seguintes critérios: melhor qualidade da imagem para visualização de vegetação; poucas sombras e/ou nuvens; imagens mais recentes e preferencialmente tomadas entre a primavera e o verão, a fim de evitar as possíveis árvores caducifólias e sombras (Figura 1). No círculo de Porto Alegre (RS), foi necessário pegar imagens de dois períodos diferentes devido à imagem de melhor qualidade disponível para a área não abranger um trecho do círculo. Para esse trabalho, o conceito de cobertura vegetal foi adotado como descrito por Cavalheiro et al. (1999, p. 7), que corresponde à "projeção do verde em cartas planimétricas e pode ser identificada por meio de fotografias aéreas, sem o auxílio de estereoscopia", o que inclui a cobertura vegetal arbórea, arbustiva e a herbácea.

As imagens escolhidas, tomadas na escala aproximada de 1:600, foram georreferenciadas no programa ArcGIS 10.2.2 e então deu-se início à delimitação dos polígonos de cobertura vegetal. Para determinar a escala de vetorização dos polígonos e de tomada das imagens aéreas foi necessário escolher a menor área

Figura 1 – Exemplo da delimitação de uma área de estudo e amostras de algumas imagens de satélite utilizadas (escalas aproximadas).



Fonte: Google Earth (2016). Organização: os autores (2017).

de cobertura vegetal que se queria mapear, com base nas medidas descritas nos manuais de arborização urbana de algumas cidades correspondentes a árvores de pequeno porte (São Paulo, 2005; Recife, 2010; Belém, 2013; Aracruz, 2013), no caso, 4m de diâmetro de copa, portanto, a menor área mapeável considerada no trabalho foi de 12,56m².

A escala de 1:600 foi escolhida para que se pudesse ter uma visualização detalhada das árvores de pequeno porte isoladas e das pequenas áreas com vegetação. A escala de 1:600 também foi escolhida com base em Rocha (2013), que, ao mapear as mudanças na vegetação no interior dos lotes das quadras, utilizou também uma escala bastante detalhada, de 1:400, a fim de visualizar inclusive pequenas modificações na cobertura vegetal, como podas em árvores e impermeabilização de pequenos canteiros nas calçadas.

A soma das áreas dos polígonos de cada capital foi obtida pela tabela de atributos do ArcGIS e relacionadas à área do círculo em forma de porcentagem de cobertura vegetal, em uma tabela do Excel. Com base no dado de porcentagem de cobertura vegetal de cada capital foi estabelecido o *ranking* entre elas. Os resultados foram comparados com o índice mínimo de cobertura vegetal recomendado por Oke (1973 apud LOMBARDO, 1985). Quanto à distribuição da cobertura vegetal, foi utilizado o método proposto por Jim (1989), que pode ser observado na Figura 2, comparando-se visualmente a distribuição da vegetação em cada capital com as

classes apresentadas pelo autor, escolhendo aquela que melhor representa a distribuição da vegetação da capital.

Resultados e discussões

Análise dos resultados

Obteve-se como resultado o *ranking* de cobertura vegetal das áreas centrais das capitais estaduais brasileiras e do Distrito Federal apresentado no Quadro 1.

Conforme a recomendação de Oke (1973² apud LOMBARDO, 1985), um índice de 30% de cobertura vegetal seria indicado para a manutenção de um adequado balanço térmico das áreas urbanas. A única capital a alcançar esse índice foi Brasília (DF), com 31,83% de cobertura vegetal na área de estudo. As duas últimas posições do *ranking*, as áreas centrais de Curitiba (PR) e Aracaju (SE), estão muito próximas do índice de 5% alertado por Oke (1973) como áreas com características vegetacionais e, por conseguinte, microclimáticas semelhantes às de um deserto.

²OKE, T. R. City size and the urban heat island. Conference on Urban Environment and Second Conference on Biometeorology, American Meteorological Society, Philadelphia, p. 144-146, 1972. Nas referências de Lombardo (1985) não foi encontrada uma obra referente a Oke (1973), sendo essa de 1972 a mais próxima cronologicamente.

Figura 2 – Configuração espacial da cobertura vegetal.



Fonte: Google Earth (2016). Organização: os autores (2017).

Quanto à configuração espacial da vegetação, baseada na classificação proposta por Jim (1989), as cinco primeiras posições do *ranking* apresentaram pelo menos um trecho do tipo Conectada (Ramificada ou Contínua),

Quadro 1 – *Ranking* de cobertura vegetal das áreas centrais das capitais brasileiras.

Posição	Capital (área central estudada)	Cobertura vegetal (%)	Configuração espacial predominante
1º	Brasília (DF)	31,83	Conectada – Ramificada e Contínua Isolada – Agrupada
2º	Rio Branco (AC)	27,96	Isolada – Unida Conectada – Contínua
3º	Boa Vista (RR)	25,68	Isolada – Unida Conectada – Contínua

4º	Palmas (TO)	25,12	Linear – Retilínea Conectada – Contínua
5º	João Pessoa (PB)	23,47	Conectada – Ramificada e Contínua
6º	Macapá (AP)	22,73	Isolada – Unida
7º	Vitória (ES)	19,44	Isolada – Unida
8º	Recife (PE)	18,13	Isolada – Dispersa e Unida
9º	Cuiabá (MT)	17,41	Isolada – Unida e Dispersa Conectada – Contínua
10º	Rio de Janeiro (RJ)	16,92	Linear – Retilínea
11º	Teresina (PI)	15,48	Isolada – Unida e Dispersa
12º	Campo Grande (MS)	14,17	Isolada – Agrupada e Unida
13º	São Paulo (SP)	12,77	Isolada – Dispersa Conectada – Ramificada
14º	Fortaleza (CE)	12,42	Dispersa – Agrupada e Isolada
15º	Belo Horizonte (MG)	11,88	Linear – Retilínea
16º	Belém (PA)	11,36	Isolada – Dispersa e Unida
17º	Porto Velho (RO)	10,11	Isolada – Dispersa e Agrupada
18º	Florianópolis (SC)	9,89	Isolada – Dispersa e Agrupada
19º	Porto Alegre (RS)	9,87	Isolada – Agrupada e Unida
20º	Goiânia (GO)	9,57	Isolada – Agrupada
21º	Manaus (AM)	9,30	Isolada – Unida e Dispersa
22º	Natal (RN)	8,78	Isolada – Agrupada e Dispersa
23º	Maceió (AL)	8,64	Isolada – Unida e Dispersa
24º	Salvador (BA)	8,55	Isolada – Agrupada e Unida
25º	São Luís (MA)	7,88	Isolada – Unida e Dispersa
26º	Curitiba (PR)	6,73	Isolada – Unida e Dispersa
27º	Aracaju (SE)	6,38	Isolada – Unida e Dispersa

Fonte: os autores (2017).

cujo principal exemplo é o círculo de Brasília (DF), na Figura 3-1, enquanto todas as demais apresentaram pelo menos um trecho de Isolada (Dispersa, Agrupada ou Unida), como a área de estudo de São Luís (MA), na Figura 7-25, tornando essa a configuração espacial predominante. O tipo Linear – Retilínea foi observado em apenas três áreas centrais de capitais: Palmas (TO), Rio de Janeiro (RJ) e Belo Horizonte (MG), representadas nas Figuras 3-4, 4-10 e 5-15, respectivamente, devido principalmente às árvores do acompanhamento viário.

As áreas em que grande parte da vegetação apresenta-se como Conectada por concentrar-se em fragmentos com vegetação contínua podem favorecer a biodiversidade local, pois, de acordo com Forman e Godron (1986) e Forman (2014), em uma paisagem, normalmente esses fragmentos seriam constituídos por comunidades de plantas e animais. O círculo de João Pessoa (PB), representado na Figura 3-5, é um

bom exemplo devido aos fragmentos de vegetação localizados no centro do recorte espacial analisado.

Algumas capitais, como São Paulo (SP), Manaus (AM) e Curitiba (PR), concentram grande parte da vegetação das áreas estudadas em praças, configurando o restante da área com pouca ou nenhuma vegetação (Figura 5-13, Figura 6-21 e Figura 7-26, respectivamente). Aracaju (SE) concentra 50,41% da cobertura vegetal de sua área estudada na Praça Olímpio Campos, ao sul da área de estudo, enquanto o restante da área apresenta vegetação dispersa ou inexistente (Figura 7-27).

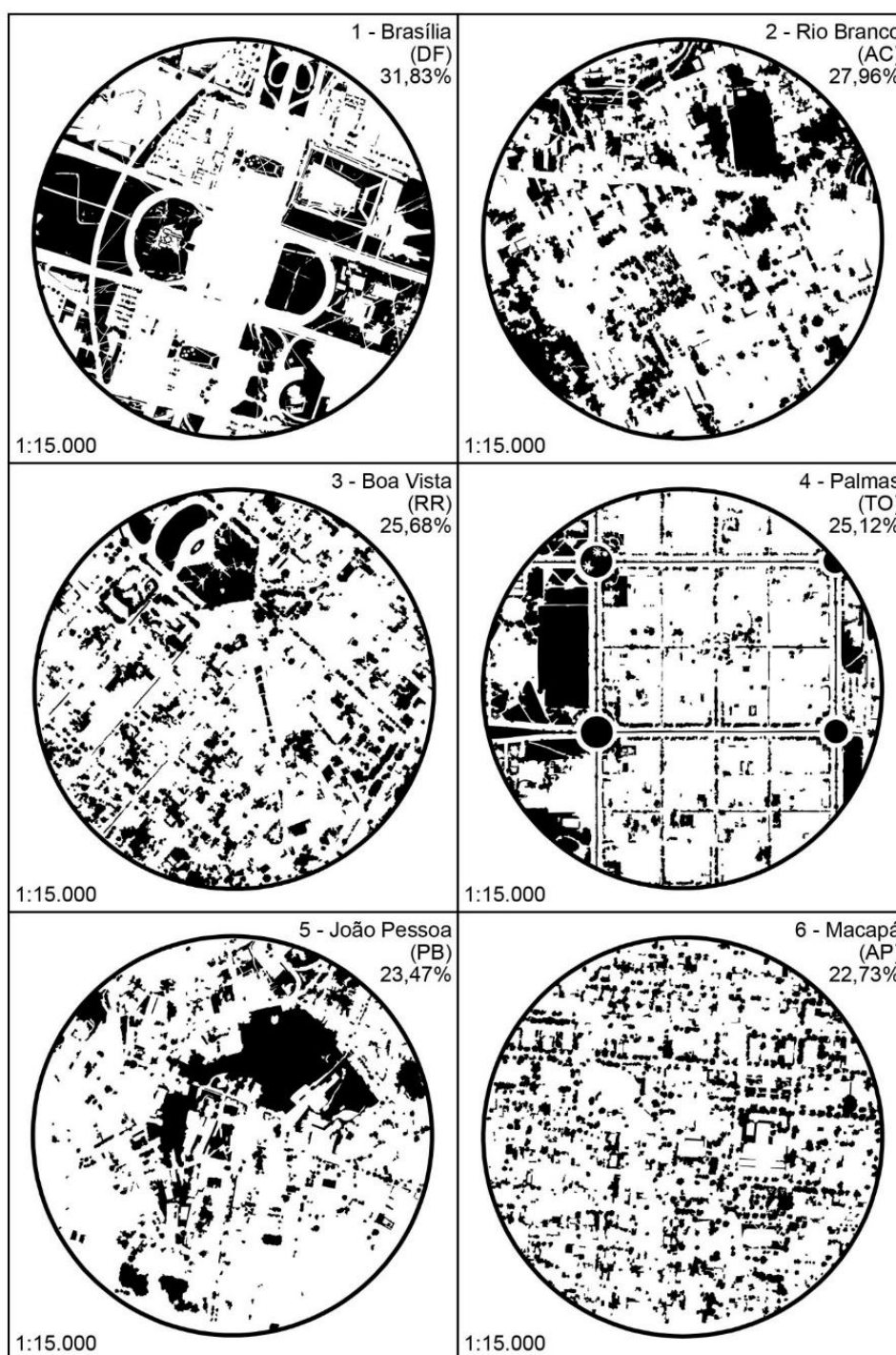
Sobre o porte da vegetação, a área estudada em Brasília (DF), a despeito de ter alcançado a primeira colocação no *ranking*, apresentou, em grande parte, vegetação de porte herbáceo, diferentemente das demais capitais, nas quais o porte predominante nos recortes espaciais adotados foi o arbóreo. Além de Brasília, Palmas (TO) também chamou a atenção pela presença

de herbáceas na área de estudo.

A predominância de herbáceas pode não contribuir para o conforto térmico que a região poderia ter caso fosse implantada mais vegetação de porte arbóreo. Isso porque as árvores, devido à evapotranspiração,

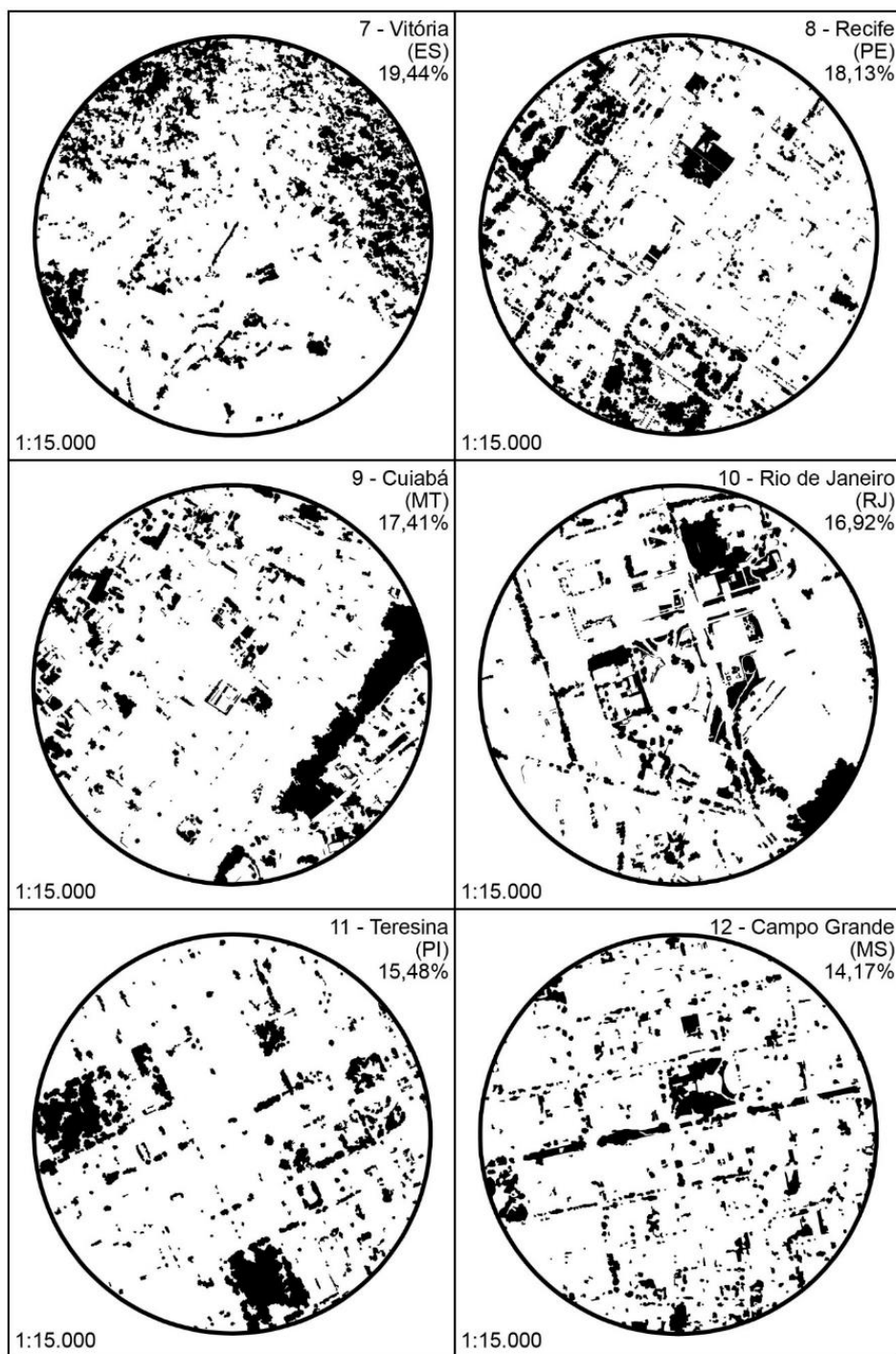
podem contribuir com um aumento da umidade relativa do ar em comparação aos espaços sem elas, além de favorecer o conforto ambiental humano devido à sombra e à refrigeração, à redução de material particulado na atmosfera e à redução de ruídos (ARMSON et al., 2012;

Figura 3 – Cobertura vegetal das áreas estudadas (1ª a 6ª posições).



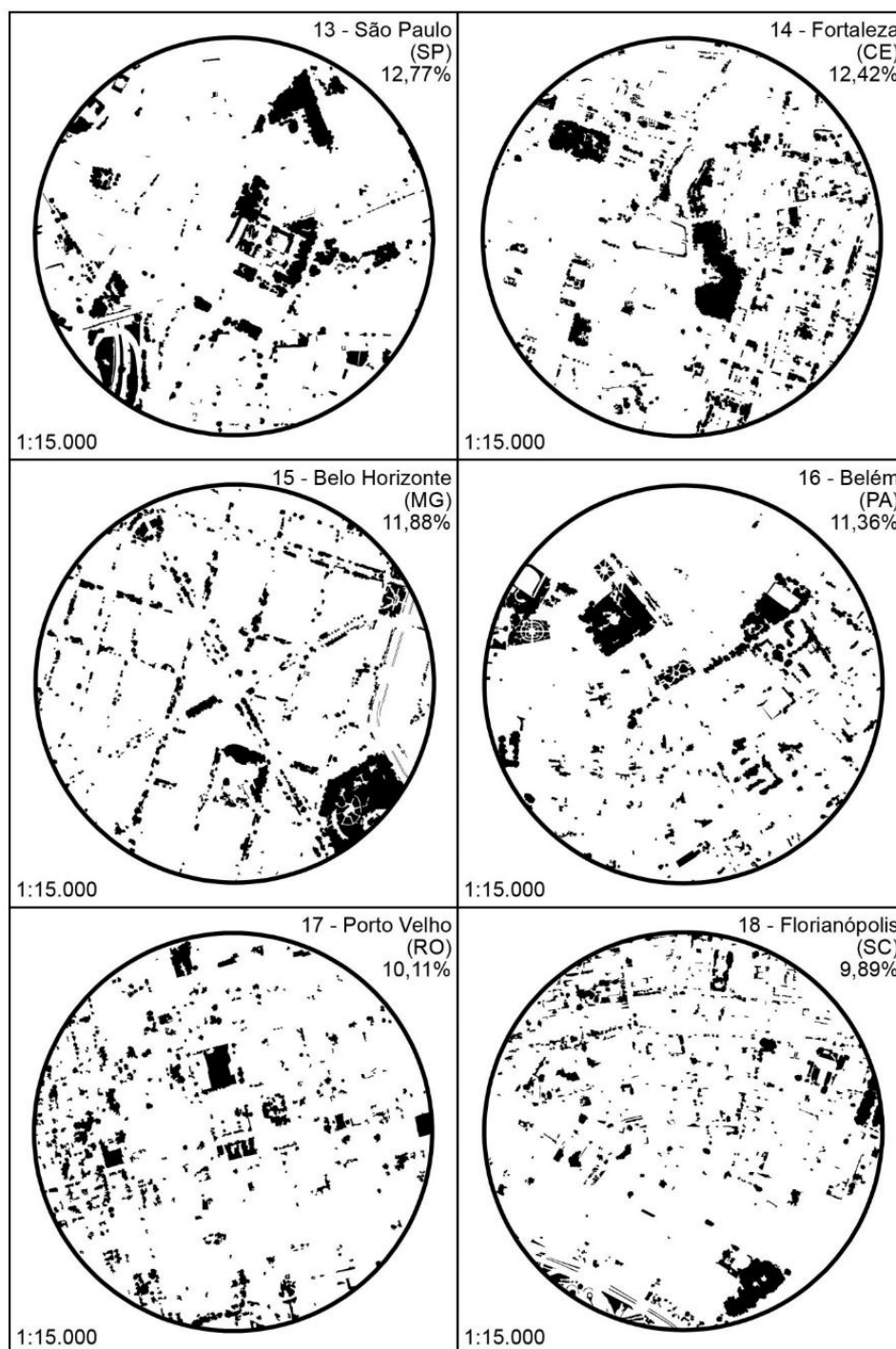
Organização: os autores (2017).

Figura 4 – Cobertura vegetal das áreas estudadas (7ª a 12ª posições).



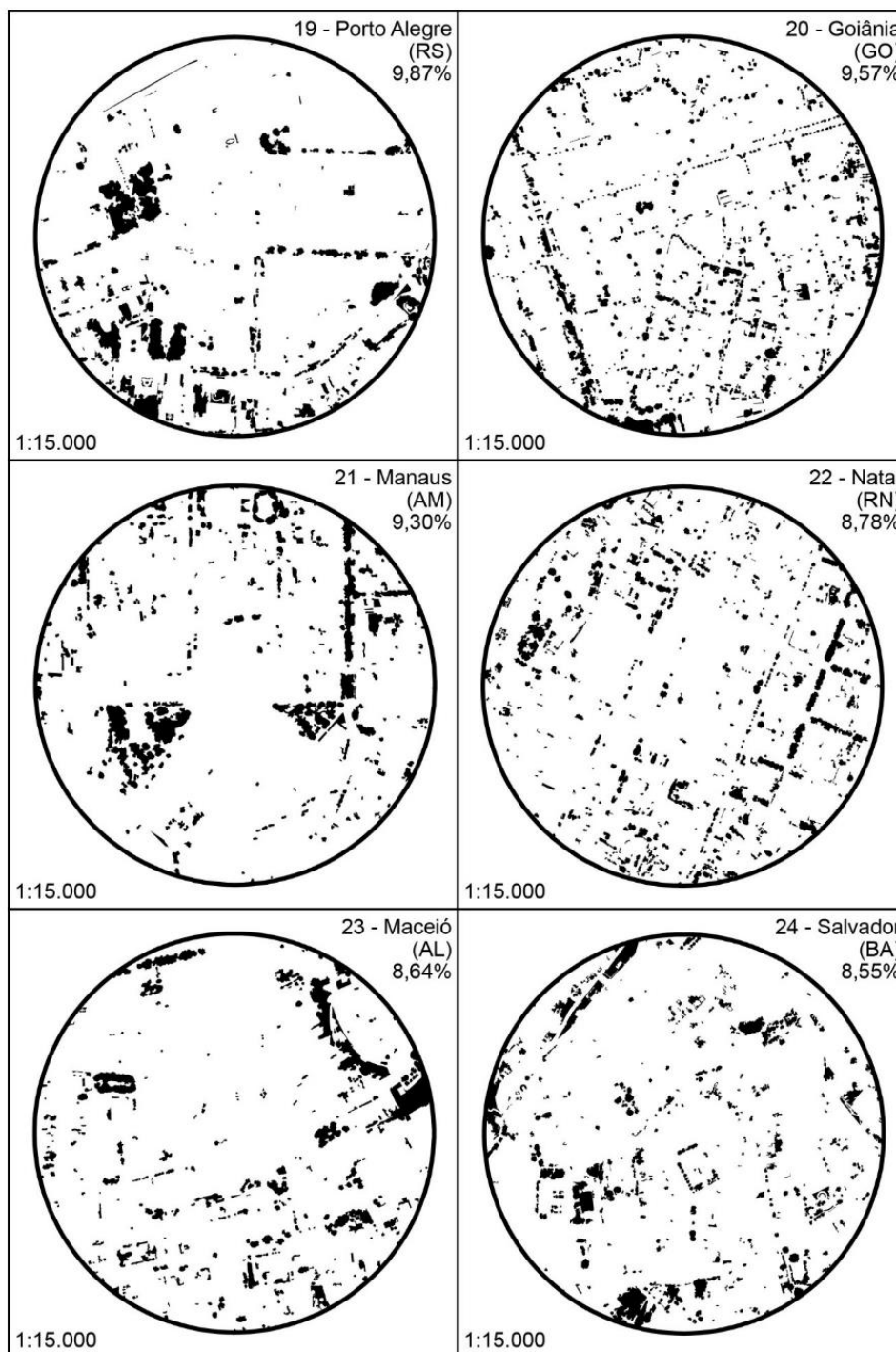
Organização: os autores (2017).

Figura 5 – Cobertura vegetal das áreas estudadas (13ª a 18ª posições).



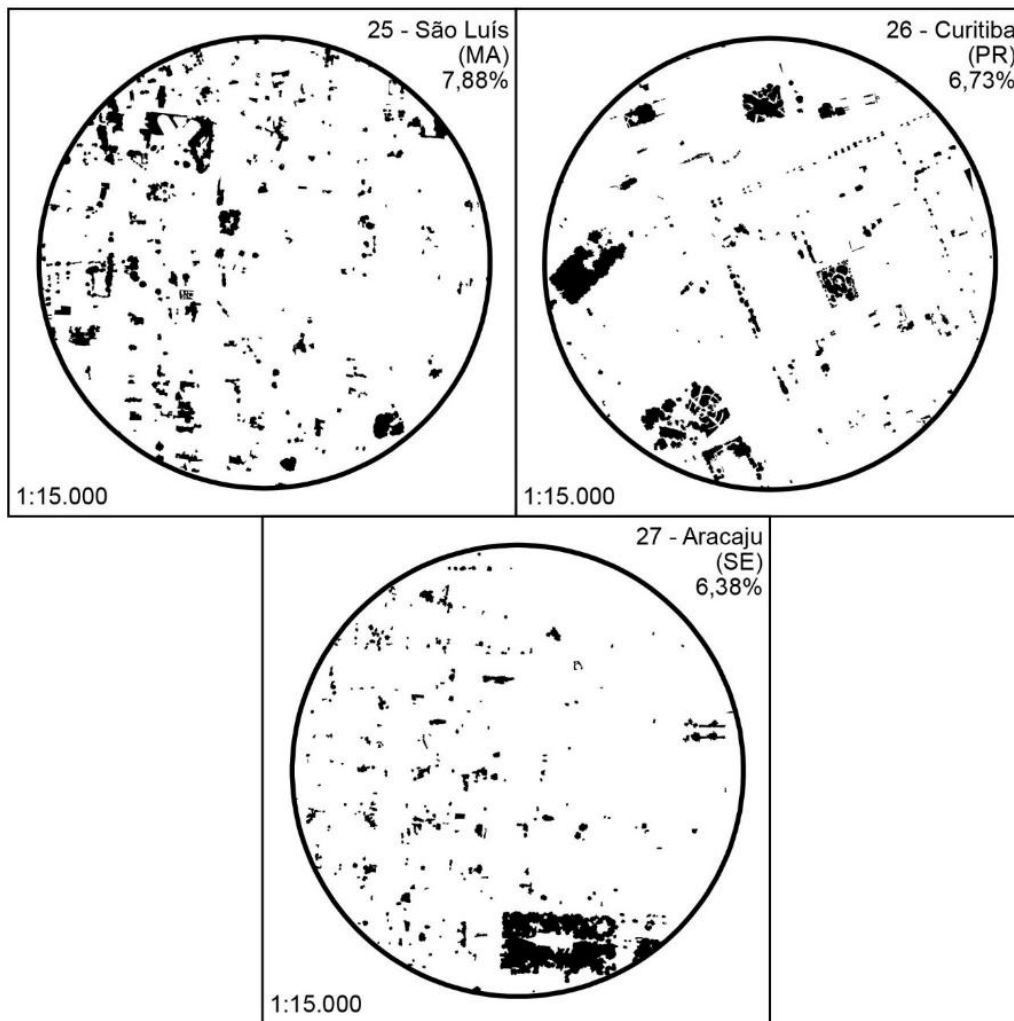
Organização: os autores (2017).

Figura 6 – Cobertura vegetal das áreas estudadas (19ª a 24ª posições).



Organização: os autores (2017).

Figura 7 – Cobertura vegetal das áreas estudadas (25ª a 27ª posições).



Organização: os autores (2017).

NOWAK; HEISLER, 2010; MASCARÓ; MASCARÓ, 2010; MASCARÓ, 1996). Segundo Mascaró (2006), a redução da temperatura na superfície do solo no verão chega a 38% sob árvores com elevada densidade foliar, contra apenas 12% de redução pela grama densa. Com relação à presença de vegetação e ao microclima das cidades, Mascaró (1996, p. 60) afirma que

um recurso eficiente contra o calor é o uso da vegetação, a qual, além de oferecer sombreamento, permite a passagem da brisa local e absorve de maneira eficaz a radiação de onda longa sobre suas folhas refrescadas pela evaporação. A arborização substitui com vantagem qualquer sistema de sombreamento, sendo recomendado seu uso em microclimas secos (próprios da cidade seca e compacta), já que nos microclimas úmidos aumentam a temperatura úmida do recinto e a necessidade de ventilação dos ambientes.

Isto é, o uso de vegetação pode ser ainda mais útil em termos de conforto térmico em cidades de climas secos e quentes.

Essas cidades de clima mais seco se beneficiam grandemente com o aumento da umidade relativa do ar proporcionada pela vegetação, que aumenta à medida que aumenta a densidade foliar das plantas e também com a utilização de espécies com folhas pequenas, lisas e claras, que possuem um processo de evapotranspiração acelerado, produzindo mais umidade no ar. Já em locais de clima úmido, indicam-se espécies com folhas grandes, rugosas e escuras, que dificultam o processo de evapotranspiração, evitando o aumento da umidade relativa do ar (MASCARÓ, 2010).

Nos climas subtropicais úmidos, como os da Região

Sul do Brasil, em termos de conforto climático, as capitais correspondem a exemplos de cidades que possivelmente pouco se beneficiariam no inverno com a abundância de vegetação. Uma solução para esse impasse seria o uso de árvores caducifólias, que permitem a transmitância de luz natural de aproximadamente 40% no inverno, quando as árvores estão desfolhadas (MASCARÓ, 1996). As árvores perenes, nessas cidades, são recomendadas em parques, jardins e vias de ampla largura (MASCARÓ, 2006). Salienta-se que no verão as temperaturas e a insolação nessas capitais podem ocasionar grande desconforto aos pedestres, assim, uma eficiente cobertura vegetal arbórea, principalmente nas calçadas, é de fundamental importância.

Considerações sobre o método e sobre o ranking

A utilização de imagens de satélite fornecidas gratuitamente pelo *software* Google Earth (que também pode ser adquirido gratuitamente) torna esse método acessível a outras pesquisas semelhantes em outras áreas de estudo. A boa resolução das imagens, que permite a tomada das mesmas em escalas de detalhe (no caso deste trabalho, 1:600), viabilizaram o mapeamento de árvores de pequeno porte isoladas e pequenas áreas de vegetação herbácea e/ou arbustiva, que em outras escalas poderiam não ser contabilizadas. Dessa forma, o método empregado pode ser útil em outros estudos acerca da vegetação urbana, mas apresentou alguns problemas com relação à comparabilidade entre as capitais analisadas, principalmente no que tange ao recorte espacial adotado e às diferenças de resolução e datas disponíveis de imagens de satélite para cada área de estudo.

Por exemplo, o recorte espacial delimitado em Vitória, capital do Espírito Santo, abrangeu alguns trechos de morros, que, devido à baixa atratividade para construções e empreendimentos em terrenos declivosos, mantêm sua cobertura vegetal, o que não ocorreu em outras capitais. Ademais, encontrar o “verdadeiro” centro da cidade, o círculo de 500m de raio onde realmente se concentram comércio, serviços, maior adensamento/impermeabilização do solo e circulação de pessoas e veículos com base na localização da Catedral, da sede da Prefeitura Municipal e do Marco Zero, em informações encontradas na internet e na visualização de imagens de satélite, é uma tarefa difícil e sujeita a erros. Por isso, o ideal seria que, no mapeamento, tivesse sido considerada toda a zona urbana das capitais, pois, além de evitar essas discrepâncias na comparação entre elas, também não excluiria da análise importantes áreas de cobertura

vegetal, como parques e unidades de conservação, que se localizam comumente fora da área central e mais adensada das cidades. A deficiência no recorte espacial escolhido para este estudo, que deixou de incluir no ranking quantidades expressivas de vegetação que se encontram em outros bairros fora da área central das cidades, é perceptível quando se analisam outros estudos sobre a cobertura vegetal que utilizaram outros métodos de análise.

Belo Horizonte, por exemplo, tendo sua cobertura vegetal mapeada com a classificação automática, pelo método da Máxima Verossimilhança (MaxVer) a partir de imagens de satélite TM/Landsat 5, com 30m de resolução espacial, datadas de 1/8/2010, apresentou uma área vegetada correspondente a 25% da área urbana do município (GUIMARÃES, 2010), em contraste com a porcentagem de 11,88% encontrada nesta pesquisa, que colocou a capital de Minas Gerais na 15ª posição do ranking. Isso demonstra como a escolha do recorte espacial, metodologia e materiais influencia diretamente nos resultados alcançados.

Além do recorte espacial, outro fator determinante na confecção do *ranking* foi a qualidade das imagens de satélite utilizadas. Enquanto algumas capitais, como Curitiba (PR), foram favorecidas com imagens de boa qualidade, boa visualização da vegetação e poucas sombras e nuvens, outras, como São Luís (MA) e Vitória (ES), foram prejudicadas com imagens de qualidade baixa e sombras, respectivamente. Outro problema encontrado foi a variedade de datas das imagens: algumas capitais dispunham de imagens atuais, do ano de 2015, enquanto outras foram mapeadas com base em imagens mais antigas, até do ano de 2008, o que corresponde a sete anos de diferença entre a tomada das imagens mais atuais à mais antiga. Isso significa que foram comparados cenários de épocas diferentes, isto é, enquanto algumas capitais obtiveram um retrato mais próximo da cobertura vegetal do ano de 2016, outras podem apresentar para o ano de 2016 um panorama diferente do que foi mapeado com base nas imagens antigas, não sendo adequada a comparação nesses termos.

Tendo em vista a alta heterogeneidade e a variabilidade espaçotemporal das imagens estudadas, conclui-se ser incompleta uma comparação direta da cobertura vegetal apenas baseada na porcentagem ou na distribuição de vegetação nos recortes estudados. O presente estudo identifica que para elaboração de um *ranking* comparativo entre as cidades outras variáveis devem ser avaliadas, como tipo de vegetação (arbórea ou arbustiva) e disponibilidade e qualidade das imagens analisadas.

De qualquer forma, no caso das áreas de estudo das

capitais analisadas, apenas uma (Brasília/DF) atingiu o índice mínimo proposto por Oke (1973 apud Lombardo, 1985), de 30%. Assim, o estudo evidenciou a baixa quantidade de cobertura vegetal existente nas regiões centrais das capitais brasileiras.

O Brasil, devido às suas proporções continentais, apresenta capitais espalhadas pelos mais diversos cenários físicos (com diferenças climáticas, biogeográficas, geomorfológicas etc.), bem como históricos de ocupação e atributos socioeconômicos igualmente diversos. Do ponto de vista físico, as capitais brasileiras se estendem por seis dos sete domínios de natureza brasileiros descritos por Ab'Sáber (2003): o Domínio Amazônico (Terras Baixas Florestadas Equatoriais), o Domínio dos Sertões Secos: Caatingas (Depressões Intermontanas e Interplanálticas Semiáridas), o Domínio Tropical Atlântico ("Mares de Morros" – Áreas Mamelonares Florestadas), o Domínio dos Planaltos Subtropicais com Araucárias, o Domínio dos Cerrados (Chapadões Tropicais Interiores com Cerrados e Floresta-galeria) e o das Faixas de Transição (não diferenciadas). Como os próprios nomes indicam, esses domínios apresentam atributos geomorfológicos, climáticos e biogeográficos bastante diferentes entre si, embora a intensa urbanização possa ter modificado em parte essas características naturais encontradas em algumas capitais.

Já com relação aos aspectos socioeconômicos e históricos, há capitais brasileiras que iniciaram seus povoamentos entre os séculos XVI e XVII, no período colonial, até algumas que foram planejadas já no século XX, entre os anos de 1933 e 1990 (IBGE, 2016). Quanto ao tamanho da população, a maior capital do país, São Paulo (SP), possuía 11.253.503 habitantes em 2010, enquanto a menor, Palmas (TO), contava com 228.332 habitantes em 2010 (IBGE, 2016). A densidade demográfica também varia consideravelmente: de 7.786,44 habitantes por km² em Fortaleza (CE) a 12,57hab/km² em Porto Velho (RO), em 2010 (IBGE, 2016). Ainda segundo dados do IBGE (2016), havia capitais, em 2013, com um PIB de mais de 430 bilhões (São Paulo/SP) a menos de 4 bilhões (Boa Vista/RR), bem como valores de IDH-M que variam de 0,847, em Florianópolis (SC), a 0,721, em Maceió (AL).

As capitais brasileiras, portanto, são diferentes entre si, o que dificulta as comparações de qualquer natureza. Há cidades planejadas e inauguradas recentemente, como Palmas (TO), cuja fundação ocorreu em 1990, com cidades que tem se desenvolvido anteriormente às modernas ideias de planejamento urbano, desde os tempos coloniais do Brasil, como Salvador (BA), que iniciou sua colonização no século XVI (IBGE, 2016). Também é pretensioso comparar metrópoles com

cidades menores, assim como exigir de uma cidade encontrada no domínio das caatingas os mesmos índices de vegetação das cidades localizadas em domínios compostos por florestas.

Dessa forma, sugere-se que, em vez de buscar um título de "cidade mais verde" ou "capital mais arborizada", as prefeituras deveriam concentrar esforços em estudar quais seriam o seu índice e a sua distribuição da cobertura vegetal ideal, individualmente, considerando as características de seu clima e sua vegetação e de suas características urbanísticas, inserindo vegetação nativa (quando viável), a fim de evitar gastos desnecessários na manutenção da vegetação, procurando melhorar sua qualidade do ar e mitigando os efeitos da poluição, favorecendo o conforto térmico e fazendo estudos de percepção junto à população, para que esta participe do planejamento e da implantação de arborização de ruas e áreas verdes na sua cidade. Além disso, a realização de inventários e diagnósticos da vegetação atual e estudos de locais passíveis de receber mais plantio e reconstrução de vegetação são fundamentais para a manutenção e o aumento da cobertura vegetal das cidades.

Conclusão

O objetivo principal deste trabalho foi o de elaborar um *ranking* das capitais estaduais brasileiras e do Distrito Federal pela cobertura vegetal que utilizasse os mesmos materiais e métodos, de modo a não favorecer nem prejudicar nenhuma capital. A despeito de o recorte espacial ter buscado isonomia para a comparação, abrangendo as áreas centrais, que geralmente apresentam uma estrutura paisagística semelhante, de terem sido utilizadas imagens do Google Earth com escalas semelhantes para todas as capitais, e de terem sido editados os polígonos de cobertura vegetal da mesma forma, concluiu-se que não foi possível elaborar um *ranking* neutro, em função da diferença das imagens encontradas no *software* Google Earth para cada capital e das deficiências oferecidas pelo recorte espacial adotado. Dessa forma, percebeu-se que a única maneira de se elaborar um *ranking* neutro seria mapeando toda a zona urbana dos municípios e utilizando a mesma imagem de satélite para todas as capitais: uma imagem tomada em datas próximas, com a mesma resolução, a mesma escala, sem nuvens e em horários que dificultem a formação de sombras.

Porém, sendo o Brasil um país de proporções continentais, cujas capitais estaduais e nacional apresentam características climáticas, biogeográficas, geomorfológicas, socioeconômicas, populacionais,

históricas, culturais e de infraestrutura tão diversas, a contribuição de um **ranking** de cobertura vegetal não seria de grande valia. Assim, em vez de as cidades perseguirem títulos ambientais, deveriam buscar oferecer uma boa qualidade ambiental e de vida para seus habitantes, aplicando medidas que efetivamente aumentariam a quantidade de vegetação no meio urbano, como o plantio de novas mudas, criação e ampliação de novas áreas verdes e reverdecimento de fachadas e telhados, aproveitando o máximo potencial fornecido por cada trecho da cidade.

Agradecimento

Os autores agradecem o apoio financeiro da Capes pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa para o coautor.

Os dois autores fizeram contribuições equivalentes na concepção, coleta e interpretação de dados, redação e revisão do trabalho e assumem a responsabilidade conjunta por todo o seu conteúdo.

Referências

- AB'SÁBER, A. N. (2003) *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.
- ARACRUZ. (2013) Prefeitura do Município de Aracruz. *Manual de recomendações técnicas para projetos de arborização urbana e procedimentos de poda*. Disponível em: <http://www.pma.es.gov.br/arquivos/downloads/Manual_Arborizacao.pdf>. Acessado em: 6 abr. 2015.
- ARMSON, D.; STRINGERB, P.; ENNOSA, A. R. (2012) The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban área. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 11, n. 3, p. 245-255.
- BBC Brasil. (2016) *Três benefícios desconhecidos de viver perto de uma árvore*. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/geral-37868027>>. Acessado em: 8 nov. 2016.
- BELÉM. (2013) Prefeitura do Município de Belém. *Manual de orientação técnica da arborização urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos*. Disponível em: <<http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/Manual-de-Arboriza%C3%A7%C3%A3o-de-Bel%C3%A9m.pdf>>. Acessado em: 6 abr. 2015.
- BREUSTE, J. (2002) Urban Ecology. In: BASTIAN, O.; STEINHARDT, U. (orgs.). *Development and perspectives of landscape ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; GUZZO, P.; ROCHA, Y. T. (1999) Proposição de terminologia para o verde urbano. *Boletim Informativo da SBAU* (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana), Rio de Janeiro, ano VII, n. 3, p. 7.
- DOMARESKI-RUIZ, T. C. (2015) *A dinâmica evolutiva da competitividade do destino turístico Curitiba*. 353 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. (1986) *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons.
- FORMAN, Richard T. T. (2014) *Urban Ecology. Science of Cities*. New York: Cambridge University Press. 462p.
- G1. (2014) *Maior cheia do rio Madeira completa um mês, e rio continua a subir em RO*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/03/maior-cheia-do-rio-madeira-completa-um-mes-e-rio-continua-subir-em-ro.html>>. Acessado em: 18 jul. 2016.
- GUIMARÃES, C. R. (2010) *Evolução e índice de proteção das áreas vegetadas de Belo Horizonte*. 47 f. Monografia de Especialização (Especialização em Geoprocessamento) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- HAAREN, C. V.; GALLER, C.; OTT, S. (2008) *Landscape planning: The basis of sustainable landscape development*. Leipzig: Gebr. Klingenberg Buchkunst – GmbH. Federal Agency for Nature Conservation. Federal Agency for Nature Conservation, Field Office Leipzig. Disponível em: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landschaftsplanung/landscape_planning_basis.pdf>. Acessado em: 7 out. 2012.
- HOUGH, M. (1998) *Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- IBGE. (2016) Cidades. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acessado em: 7 jun. 2016.
- JIM, C. Y. (1989) Tree-canopy characteristics and urban development in Hong Kong. *Geographical Review*, New York, v. 79, n. 2, p. 210-225.
- KARDAN, O.; GOZDYRA, P.; MISIC, B.; MOOLA, F.; PALMER, L. J.; PAUS, T.; BERMAN, M. G. (2015) Neighborhood greenspace and health in a large urban center. *Scientific Reports*, London, v. 5, n. 11610, p. 1-14.
- LOMBARDO, M. A. (1985) *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec.
- MASCARÓ, L. (1996) *Ambiência urbana*. Porto Alegre: Sagra: DC Luzzatto.

- MASCARÓ, L. E. A. R. (2006) Desenho da cidade e iluminação natural. *Revista de Urbanismo e Arquitetura*, v. 7, n. 1, p. 38-43.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. (2010) *Vegetação urbana*. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro.
- NOWAK, D. J.; HEISLER, G. M. (2010) *Air Quality Effects of Urban Trees and Parks*. National Recreation and Park Association. Disponível em: <http://www.nrpa.org/uploadedFiles/nrpa.org/Publications_and_Research/Research/Papers/Nowak-Heisler-Research-Paper.pdf>. Acessado em: 10 jun. 2016.
- NUCCI, J. C. (2010) Aspectos teóricos do Planejamento da Paisagem. In: NUCCI, J. C. (org.). *Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano. Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR*. Curitiba: LABS/DGEOG/UFPR. e-book. Disponível em: <<http://www.labs.ufpr.br/site/livros-e-e-books/>>. Acessado em: 3 ago. 2012.
- ONU. (2015) *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. New York: ONU.
- RECIFE. (2010) Prefeitura do Município de Recife. *Plano de arborização da cidade do Recife*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/CADERNO_PLANO.pdf>. Acessado em: 6 abr. 2015.
- ROCHA, M. F. (2013) Evolução da cobertura vegetal nos lotes residenciais particulares dos bairros Sítio Cercado e Jardim Social, Curitiba/PR. *Cidades Verdes*, Tupã/SP, v. 1, n. 1, p. 140-173.
- SÃO PAULO. (2005) Prefeitura do Município de São Paulo. *Manual técnico de arborização urbana*. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/files/2011/11/ManualArborizacaoUrbanaPrefeituraSP.pdf>>. Acessado em: 16 mar. 2015.
- SILVERSTONE, M. (2011) *Blinded by Science*. London: Lloyd's World Publishing.
- SUKOPP, H. (2002) *On the early history of urban ecology in Europe*. *Preslia*, v. 74, p. 373-393.
- _____. (1998) Urban Ecology – scientific and practical aspects. In: BREUSTE, J.; FELDMANN, H.; UHLMANN, O. (eds.) *Urban Ecology*. Berlim: Springer. 714p.
- SUKOPP, H.; WERNER, P. (1991) *Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas*. Monografías de la Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Madrid: Ministério de Obras Públicas y Transportes (MOPT).
- TROLL, C. (2003) Ecología del Paisaje. *Gaceta ecológica*, Instituto Nacional de Ecología, Distrito Federal, México, 68.
- WOOLLEY, H. (2003) *Urban open spaces*. London: Spon Press.