GEOTECNOLOGIA APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS VERDES DO MUNICÍPIO DE BELÉM/PA

Fernanda Viana Ramos da Silva [1], Clístenes Pamplona Catete [2], Alessandra Rodrigues Gomes [3], Laise Santos Azevedo [2], Ricardo José de Paula Souza e Guimarães [2]

[1] Faculdade Estácio de Belém - IESAM, Av. Gov. José Malcher, 1148, Nazaré, 66055-260, Belém/Pará/Brasil, {fernandavianaeng@gmail.com}; [2] Instituto Evandro Chagas - Laboratório de Geoprocessamento, Rodovia BR-316 km 7 s/n, Levilândia, 67030-000, Ananindeua/Pará/Brasil, {ccatete@gmail.com, laisester@gmail.com, ricardojpsg@gmail.com}; [3] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Coordenação Espacial da Amazônia - INPE/COEAM, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá, Av. Perimetral, 2651, 66077-830, Belém/Pará/Brasil, {alessandra.gomes@inpe.br}.

RESUMO

As áreas verdes são responsáveis por promover melhorias e bem-estar. O objetivo deste estudo foi identificar as áreas verdes do município de Belém/PA no período entre 2017-2021. As bases cartográficas foram obtidas do IBGE. As análises realizadas no Google Earth Engine foram: obtenção de imagens Sentinel-2, aplicação de correção atmosférica, cálculo e média do NDVI. Os resultados mostram que houve um aumento do NDVI entre o ano de 2020-2021, porém o aumento não foi significativo e, provavelmente está relacionado com a pandemia de COVID-19. Os menores valores médios de NDVI foram nos distritos administrativos (Guamá = 0,14; Belém = 0,15; Sacramenta = 0,20; Benguí = 0,31) e os maiores valores (Mosqueiro = 0,74; Outeiro = 0,72; Entrocamento = 0,58; Icoaraci = 0,43). A identificação das áreas verdes demonstrou ser de grande importância para a detecção das regiões arborizadas e críticas do município.

Palavras-chave **—** Geotecnologia, Análise Espacial, Sensoriamento Remoto, Meio Ambiente, Saúde.

ABSTRACT

Green areas are responsible for promoting improvements and well-being. The objective of this study was to identify the green areas of the municipality of Belém/PA in the period between 2017-2021. The cartographic bases were obtained from the IBGE. The analyzes carried out in Google Earth Engine were: obtaining Sentinel-2 images, applying atmospheric correction, calculating and averaging the NDVI. The results show that there was an increase in NDVI between the year 2020-2021, but the increase was not significant and is probably related to the COVID-19 pandemic. The lowest mean values of NDVI were in the administrative districts (Guamá = 0.14; Belém = 0.15; Sacramenta = 0.20; Benguí = 0.31) and the highest values (Mosqueiro = 0.74; Outeiro = 0. 72; Interchange = 0.58; Icoaraci = 0.43). The identification of green areas proved to be of great importance for the detection of wooded and critical regions of the municipality.

Key words **—** *Geotechnology, Spatial Analysis, Remote Sensing, Environment, Health.*

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Belém do Pará, conhecida como “Cidades das Mangueiras”, ao longo dos anos vem apresentando alterações na paisagem devido à expansão urbana. Essas modificações se devem a expansão horizontal da cidade, com o aumento das áreas construídas, pavimentação asfáltica, crescimento da verticalização na área central, aumento da frota de veículos com congestionamento das vias públicas, poluição do ar, poluição sonora e retração da vegetação urbana [1]. A retração da vegetação apresenta um impacto significativo na vida dos habitantes e ecossistemas em geral e, além disso, a perda da cobertura vegetal e a umidade relativa do ar diminui consideravelmente, elevando a temperatura da cidade [2].

Alguns empreendimentos que compõe a infraestrutura urbana das cidades podem causar degradação da paisagem e dos recursos naturais que ainda resistem às ações humanas. Neste direcionamento, a cobertura vegetal tem grande relevância em termos ambientais, pois promovem equilíbrio térmico as zonas urbanas [3]. Além disso, os papéis desempenhados pela arborização urbana (áreas verdes) são fundamentais pois reduzem a poluição do ar, retém água da chuva, promovem o sombreamento e estabilização da temperatura, redução do ruído e promoção de melhorias no bem-estar psicológico e físico [4].

As áreas verdes podem ser definidas como qualquer área provida de vegetação na área urbana, compreendendo a vegetação herbácea, arbustiva e arbórea. Os jardins, os quintais, as praças, os cemitérios, os parques, os canteiros em vias de circulação e as áreas preservadas desempenhem funções de melhoria do clima urbano, aumento da sociabilidade e conforto ambiental [3].

Neste sentido, para que haja integração de informações ambientais e antrópicas, destaca-se o geoprocessamento que realiza análises espaciais como aporte tecnológico ao tratamento de variáveis. Estas aplicações são viabilizadas a partir da implementação em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que são utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos [5].

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [6], cerca de 22,3% dos domicílios urbanos em Belém/PA apresenta vias públicas com arborização e 36,1% com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar as áreas verdes do município de Belém/PA, utilizando geotecnologias, no período de 2017-2021.

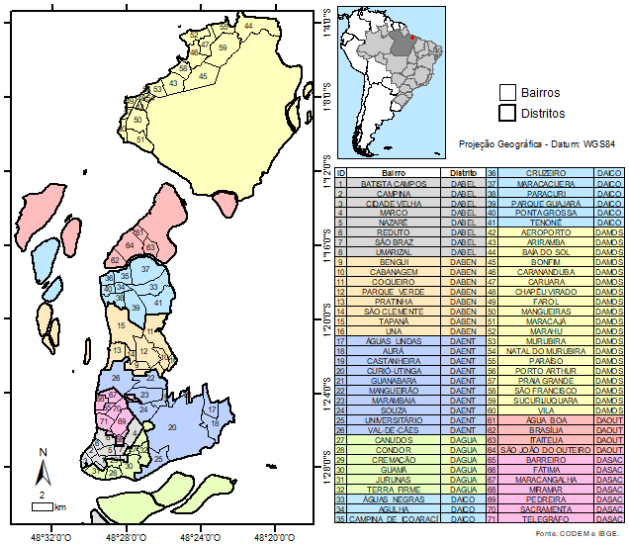
2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Belém/PA tem uma população estimada para 2020 de 1.499.641 habitantes, área territorial de 1.059,46 km^2 e densidade demográfica (2010) de 1.315,26 hab/km^2 [6].

Belém está dividida em oito Distritos Administrativos (DAs): DA de Belém (DABEL), DA do Benguí (DABEN), DA do Entroncamento (DAENT), DA do Guamá (DAGUA), DA de Icoaraci (DAICO), DA de Mosqueiro (DAMOS), DA de Outeiro (DAOUT) e DA da Sacramenta (DASAC). Todos os bairros pertencentes aos distritos estão ilustrados na Figura 1.

As bases cartográficas (limites de municipios, distritos, setores censitários e bairros) e dados socioeconômicos foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM).

As áreas de proteção ambiental foram obtidas do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC - https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/areasprotegidasecoturismo/plataforma-cnuc-1).



ID	Bairro	Distrito
1	BATISTA CAMPOS	DABEL
2	CAMPINA	DABEL
3	CIDADE VELHA	DABEL
4	MARCO	DABEL
5	NAZARÉ	DABEL
6	REDUTO	DABEL
7	SÃO BRAZ	DABEL
8	UMARIZAL	DABEL
9	BENGUI	DABEN
10	CABANAGEM	DABEN
11	COQUEIRO	DABEN
12	PARQUE VERDE	DABEN
13	PRATINHA	DABEN
14	SÃO CLEMENTE	DABEN
15	TAPANÃ	DABEN
16	UNA	DABEN
17	ÁGUAS LINDAS	DAENT
18	AURÁ	DAENT
19	CASTANHEIRA	DAENT
20	CURIO-UTINGA	DAENT
21	GUANABARA	DAENT
22	MANGUEIRÃO	DAENT
23	MARAMBAIA	DAENT
24	SOUZA	DAENT
25	UNIVERSITÁRIO	DAENT
26	VAL-DE-CÃES	DAENT
27	CANUDOS	DAGUA
28	CONDOR	DAGUA
29	CREMAÇÃO	DAGUA
30	GUAMÁ	DAGUA
31	JURUNAS	DAGUA
32	TERRA FIRME	DAGUA
33	ÁGUAS NEGRAS	DAICO
34	AGULHA	DAICO
35	CAMPINA DE ICOARACI	DAICO
36	CRUZEIRO	DAICO
37	MARACACUERA	DAICO
38	PARAQUIRI	DAICO
39	PARQUE GUAJARÁ	DAICO
40	PONTA GROSSA	DAICO
41	TENONÉ	DAICO
42	AEROPORTO	DAMOS
43	ARIRAMBA	DAMOS
44	BAIA DO SOL	DAMOS
45	BONFIM	DAMOS
46	CARANANDUBA	DAMOS
47	CARUARÁ	DAMOS
48	CHAPEU VIRADO	DAMOS
49	FAROL	DAMOS
50	MANGUEIRAS	DAMOS
51	MARACAJÁ	DAMOS
52	MARAHU	DAMOS
53	MURUBIRA	DAMOS
54	NATAL DO MURUBIRA	DAMOS
55	PARABO	DAMOS
56	PORTO ARTHUR	DAMOS
57	PRAIA GRANDE	DAMOS
58	SÃO FRANCISCO	DAMOS
59	SUCURUJUQUARA	DAMOS
60	VILA	DAMOS
61	ÁGUA BOA	DAOUT
62	BRASÍLIA	DAOUT
63	ITATEUIA	DAOUT
64	SÃO JOÃO DO OUTEIRO	DAOUT
65	BARREIRO	DASAC
66	FÁTIMA	DASAC
67	MARACANGALHA	DASAC
68	MIRAMAR	DASAC
69	PEDREIRA	DASAC
70	SACRAMENTA	DASAC
71	TELEGRAFO	DASAC

Figura 1: Distritos e bairros da área de estudo; Base CODEM e IBGE; Belém/PA.

As imagens do satélite Sentinel-2, correção atmosférica utilizando o modelo SIAC [7], cálculo do índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI), obtenção da média do NDVI por distrito e por bairro no formato CSV, e o recorte das imagens no formato Geotiff foram realizadas no Google Earth Engine (GEE) usando o script (https://code.earthengine.google.com/b4566481695aa09876e30a221ff654fa). As datas das imagens Sentinel-2 obtidas com a menor cobertura de nuvens foram: 20/07/2017, 31/05/2018, 20/07/2019, 08/08/2020 e 24/07/2021.

A análise de variância foi realizada nos valores de NDVI para verificar se houve diferença significativa entre os anos.

Foi utilizada a classificação de áreas verdes baseado na definição do Atlas Urbano Europeu [8], onde: “As áreas verdes urbanas incluem áreas verdes públicas usadas predominantemente para recreação como jardins, zoológicos, parques, cemitérios, áreas naturais urbanas e florestas ou áreas verdes delimitadas por áreas urbanas que são administradas ou usadas para fins recreativos”. As áreas verdes urbanas foram classificadas utilizando o valor do NDVI em: Água (NDVI < -0,18), Antropização (-0,18 a 0,22), Solo Exposto (0,23 a 0,45), Vegetação Rasteira (0,46 a 0,64) e Vegetação de Grande Porte (> 0,64). O processamento, interpretação, visualização e análise dos dados foram realizados nos programas ArcGIS Desktop 10.4 (http://www.arcgis.com/).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Belém apresenta uma variedade de formas de áreas verdes, entre elas podemos citar a ilha de Mosqueiro (DAMOS), a ilha de Outeiro e a Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu (DAOUT). Essas regiões são mais distantes do grande centro urbano de Belém e, por isso, possui menor densidade populacional e maiores índices de áreas verdes. Também, o DAENT apresentou um bom índice de áreas verdes, mesmo localizado mais próximo ao centro urbano, o distrito apresenta em sua área o Parque Estadual do Utinga Camillo Viana localizado na Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém.

Nesse estudo foi possível observar um aumento nos valores de NDVI no período que compreende os anos de 2020-2021, sendo até melhores que o ano de 2017, porém esse aumento não foi significativo. Esse aumento pode estar relacionado com a pandemia de COVID-19, onde ocorreu a paralisação de obras e consequente desaceleração do avanço urbano no período de 2020-2021. Desta forma, as áreas verdes voltaram a aumentar e ganhar espaço em grande parte da cidade de Belém.

A evolução de áreas verdes nos distritos do município de Belém pode ser constatada no gráfico da média do NDVI apresentado na Figura 2. Ao analisar o gráfico, os distritos DAGUA, DABEL, DASAC e DABEN foram os que apresentaram os menores valores, respectivamente com 0,14; 0,15; 0,20 e 0,31. Estes distritos estão localizados na região central onde se concentram o maior quantitativo populacional. DAMOS, DAOUT, DAENT e DAICO foram os distritos que apresentam os maiores valores de NDVI, respectivamente com 0,74; 0,72; 0,58 e 0,43. Eles podem ser considerados áreas rurais, de recreação e composto por ilhas, onde há predomínio de áreas verdes. Os distritos com

os menores valores de NDVI foram os mesmos citados por Luz e Rodrigues [1] ao analisar o índice de cobertura vegetal de Belém/PA em 2006.

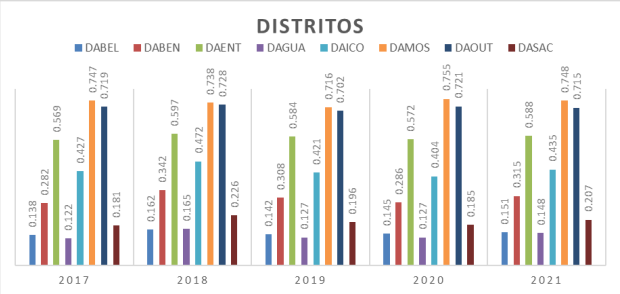


Figura 2: Gráfico referente à média do NDVI dos distritos de Belém/ PA no período de 2017-2021.

Acredita-se que a paralisação das obras de infraestrutura do *Bus Rapid Transit* (BTR) tenha sido um fator contributivo para o aumento no NDVI dos distritos (DABEN e DASAC). O BRT abrange os municípios de Belém, Ananindeua e Marituba. A Figura 3 mostra a extensão da obra, que possui 42,5 km e, a maior parte do empreendimento, encontra-se no município de Belém. De acordo com o jornal local "O Liberal" [9], o engenheiro responsável declarou que as obras seriam entregues em agosto de 2020. Porém, por causa da pandemia ocorreu um atraso e, por isso, o prazo de conclusão seria alterado para dezembro de 2021. Com a segunda onda de COVID-19 e as novas restrições de circulação de pessoas na região, a obra atrasou mais uma vez e está sem previsão de finalização.

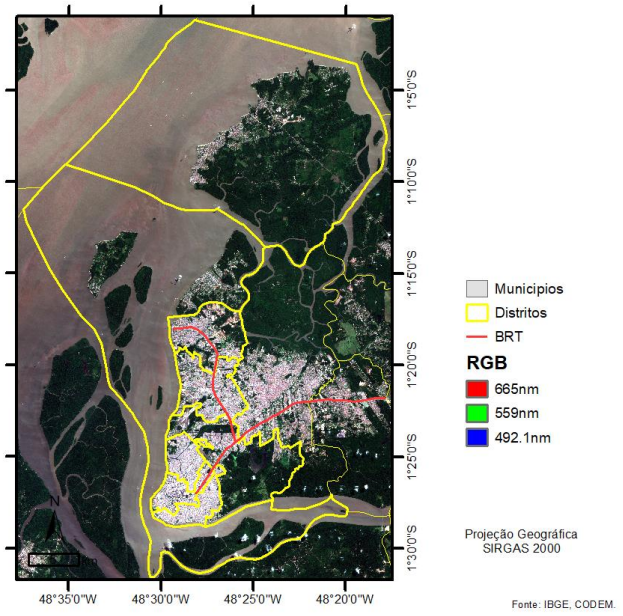


Figura 3: Extensão total Bus Rapid Transit (BTR) nos municípios Belém, Ananindeua e Marituba.

A Figura 4 mostra a classificação das áreas verdes (vegetação rasteira e vegetação grande porte), áreas críticas (antropização e solo exposto) e água da área de estudo. As classificações foram realizadas por ano.

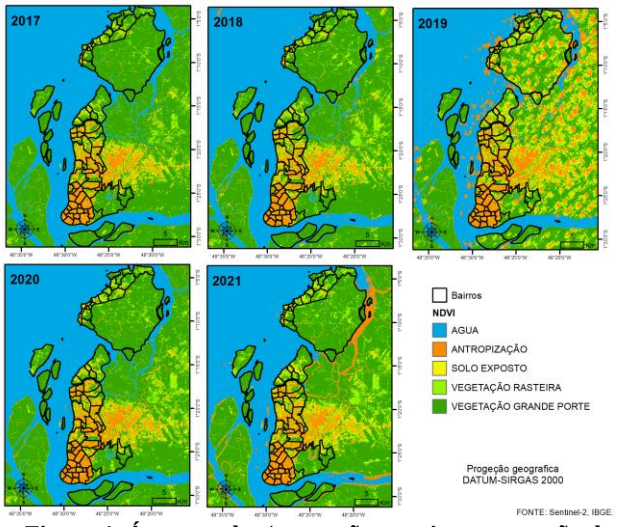


Figura 4: Áreas verdes (vegetação rasteira e vegetação de grande porte), críticas (antropização e solo exposto) e água da área de estudo, dividida por bairro do município de Belém/PA, no período de 2017-2021.

Podemos observar na Figura 4 que os bairros pertencentes aos distritos DAMOS, DAOUT, DAICO e DAENT apresentam as maiores quantidades de áreas verdes.

As áreas verdes, enquanto locais de lazer e recreação, tem a capacidade de neutralizar por meio do relaxamento, os fatores urbanos estressantes, como ruído, calor e poluição do ar. Essa capacidade é exercida sobre os frequentadores, quando esses entram em contato com os elementos naturais dessas áreas [10]. Nos distritos DAGUA e DABEL as áreas verdes são escassas e quase inexistentes. A inexistência das áreas verdes urbanas demonstra a falta de planejamento, a ausência de uma visão ampliada do futuro e a fragilidade do planejamento urbano e das políticas públicas [11].

O Plano Diretor do Município de Belém foi instituído pela Lei Municipal nº 8.655, de 30 de julho de 2008, que dentre outras medidas, instituía diretrizes para o sistema municipal de áreas verdes e de lazer, como a criação e a implementação do Plano Municipal de Arborização Urbana (http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/paginas/planodiretoratual.php). Esse plano foi criado apenas quatro anos após a implementação do plano diretor, em 29 de março de 2012, pela lei ordinária nº 8909. Entretanto, o plano não define quais são os indicadores utilizados no planejamento e quais são os locais mais necessitados para atuação. Nesse sentido, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) faz recomendações para o índice de área verde, ela preconiza um mínimo de 15 m²/habitante [12]. Nesse sentido, Belém necessitaria de 22,5 km² de áreas verdes e apresenta 363,3 km² (2021). Contudo, o município apresenta uma má distribuição dessas áreas: DAGUA = 0,37 km², DABEL = 0,82 km², DASAC = 1,41 km², DABEN = 6,74 km² e DAICO = 13,60 km² estão abaixo do recomendado; DAENT

= 47,17 km², DAOUT = 96,15 km² e DAMOS = 197,09 km² estão acima.

Deve ser levado em consideração que no ano de 2019, ilustrado na Figura 4, teve seu resultado variado, devido a falta de uma imagem sem cobertura de nuvens do satélite Sentinel-2. Dessa forma, as nuvens e as sombras das nuvens foram classificadas como áreas de antropização e solo exposto, alterando assim os resultados do ano citado. Contudo, não houve prejuízo para a conclusão deste projeto, visto que a maioria dos casos de nuvens e sombras estavam fora dos limites dos bairros/distritos de Belém.

4. CONCLUSÕES

As principais áreas verdes identificadas em Belém foram: Ilha de Mosqueiro, Ilha de Outeiro, Área de Proteção Ambiental da Ilha do Combu, Parque Estadual do Utinga Camillo Viana, Bosque Rodrigues Alves e Parque Zoobotânico Mangal das Garças.

Observa-se que as áreas verdes identificadas estão mais concentradas nos distritos mais afastados das áreas construídas, ou seja, longe dos grandes centros urbanos de Belém.

Conclui-se que a utilização de geotecnologias, via Google Earth Engine, para o mapeamento das áreas verdes facilitou a obtenção de imagens, processamento e a análise dos resultados. Dessa forma, o estudo poderá auxiliar no planejamento da urbanização e implementação de mais áreas verdes urbanas, principalmente em vias públicas nos distritos do DAGUA, DABEL e DASAC.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de bolsa de PIBIC do IEC/CNPq (Fernanda VR Silva - processo n° 118219/2021-9).

5. REFERÊNCIAS

[1] L. M. Luz, and J. E. C. Rodrigues. Análise do Índice da Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas: Estudo de Caso da Cidade de Belém-PA, *Boletim Amazônico de Geografia*, 1:43-57, 2014.

[2] J. E. C. Rodrigues. *Análise das características socioambientais na cidade de Belém/PA: um estudo da vegetação e clima urbano*, Tese, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia Presidente Prudente, 2017.

[3] M. C. Calijuri, and D. G. F. Cunha. *Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão*, Elsevier, Rio de janeiro, 2013.

[4] D. C. Bargos, and L. F. Matias. Áreas verdes urbanas: Um estudo de revisão e propostas conceituais, *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 6:172-188, 2011.

[5] G. Câmara, M. A. Casanova, A. Hemerly, G. C. Magalhães, and C. M. B. M. Medeiros. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. 1ª ed. São Paulo: UNICAMP IX Escola de Computação, 1996. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf. Acesso em: 05 de junho de 2022.

[6] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama. Acesso em: 05 de junho de 2022.

[7] F. Yin, P. E. Lewis, J. Gomez-Dans, and Q. Wu, *A sensor-invariant atmospheric correction method: application to Sentinel-2/MSI and Landsat 8/OLI*, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.31223/osf.io/ps957. Acesso em: 05 de junho de 2022.

[8] European Commission. *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, European Environment, Agency, EEA, Copenhagen, Denmark, 2012. Disponível em: https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/urban-atlas-mapping-guide/view. Acesso em: 05 de junho de 2022.

[9] O Liberal. *Helder promete conclusão das obras do BRT Metropolitano até fim de 2021*. Disponível em: https://www.oliberal.com/belem/helder-promete-conclsao-das-obras-do-brt-metropolitano-ate-fim-de-2021-1.283302 Acesso em: 09 de setembro de 2022.

[10] C. S. Costa. Áreas Verdes: um elemento chave para a sustentabilidade urbana. A abordagem do Projeto GreenKeys, *Vitruvius*, 2010. Disponível em: http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.126/3672. Acesso em: 05 de junho de 2022.

[11] P. R. Londe, and P. C. Mendes. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana, *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 10:264–272, 2014.

[12] SBAU - Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Carta a Londrina e Ibiporã, *Boletim Informativo*,.3:3, 2016.