

INDICADOR DE EXPANSÃO URBANA PARA AVALIAR TENDÊNCIA DE REDUÇÃO DE ESPAÇOS LIVRES

AMBACK, Beatriz Cruz¹ (beatriz.amback@fau.ufrj.br); TUFFANI, Gabrielly da Silva¹ (gabrielly.tuffani@fau.ufrj.br); FERREIRA, Melina Cesar¹ (melina.ferreira@fau.ufrj.br); MIGUEZ, Marcelo Gomes¹ (marcelomiguez@poli.ufrj.br); VERÓL, Aline Pires¹ (alineverol@fau.ufrj.br)

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

Palavras-chave: Sistema de Espaços Livres, Expansão Urbana, Vulnerabilidade Ambiental, Drenagem Urbana, Indicador de Expansão Urbana

Resumo

O processo de expansão urbana tende a intensificar a degradação ambiental e as desigualdades sociais e, conseqüentemente, reduzir a disponibilidade de espaços livres. Esses espaços, aqui entendidos como áreas não ocupadas por um volume edificado, acumulam múltiplas funções sociais e ecológicas no ambiente urbano. Em áreas de alta susceptibilidade a inundações, a drenagem urbana deve ser um elemento estruturante para o planejamento urbano, o que torna crucial a preservação de espaços livres. O objetivo deste trabalho é avaliar as alterações na disponibilidade de espaços livres, em um determinado período, em uma área de expansão urbana da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Como estudo de caso, foi escolhida a Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê-Cabuçu (RJ), por ser uma área marcada por vulnerabilidade social e ambiental. Os procedimentos metodológicos envolvem a identificação e a comparação de espaços livres de edificação de dois anos distintos na região de interesse. É feito um cruzamento entre a grade censitária do IBGE e as informações de espaços livres de ambos os anos analisados, para que se obtenha a variação na disponibilidade de espaços livres. Esse resultado é normalizado, dando origem ao Indicador de Expansão Urbana (IEU), que pode ser sobreposto a outros indicadores ambientais e sociais existentes. Como resultado, são elaborados mapas com a hierarquização de trechos da bacia hidrográfica conforme a alteração na disponibilidade de espaços livres e a sobreposição das áreas com maior valor com outros indicadores. Esse indicador pode auxiliar na identificação de áreas com maior prioridade de intervenção no contexto de planejamento urbano estruturado pela drenagem urbana, visto que apresenta uma perspectiva da tendência de agravamento dos impactos gerados pela urbanização. Espera-se, também, que este método possa ser replicado a outros locais e combinado a outros indicadores no processo de tomada de decisão.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional está geralmente associado a grandes taxas de migração de áreas rurais para áreas urbanas, sendo, portanto, um dos principais motores da expansão urbana (Paiva et al., 2020). Com o aumento da população e da urbanização, o padrão de uso do solo e a paisagem são severamente alterados, o que desencadeia uma série de questões sociais e ambientais, que ameaçam o desenvolvimento socioeconômico sustentável (Al Jarrah et al., 2019). A urbanização e as mudanças demográficas resultantes deste processo geram uma maior demanda de recursos naturais, o que pode acelerar o processo de degradação ambiental, gerar perdas ecossistêmicas ou levar a carências por parte da população, a exemplo da escassez hídrica ou da insegurança alimentar (Abu Hatab et al., 2019; Lourenço et al., 2020b).

Nesse contexto, a preservação de espaços livres na cidade é fundamental. Para o trabalho, foi adotada a definição proposta por Magnoli (2006), que entende os espaços livres urbanos como aqueles não ocupados por um volume edificado. Esses espaços formam um tecido que permeia todo o meio urbano, apresentando relações de conectividade, mesmo que esta, eventualmente, não seja proposital, no planejamento da cidade. Dessa forma, os espaços livres de uma cidade podem ser analisados como fragmentos de um todo, mas em termos de gestão, é necessário reconhecê-los como um sistema (Queiroga; Benfatti, 2007).

Toda cidade apresenta um sistema de espaços livres, que se mostra fundamental para o desempenho da vida cotidiana e para a construção da paisagem urbana, além de participar da constituição da vida pública e privada, por reunir uma série de atividades (Queiroga, 2012). Nota-se que, uma vez que as paisagens têm como característica a mutabilidade, os espaços livres também acompanham esse processo e podem ser catalisadores de projetos de revitalização urbana.

Os espaços livres exercem diversas funções, portanto é essencial que uma cidade não apenas conte com esses espaços em quantidade, mas também garanta a sua qualidade (Şenik; Osman Uzun, 2022). Dentre suas funções sociais, podem ser mencionados recreação, prática de exercícios físicos e interação social, o que melhora a saúde física e psicológica da população (De Bell et al., 2017). Já entre as funções ambientais estão a conectividade, a manutenção da biodiversidade, o aumento da permeabilidade do solo, a redução da poluição do ar e a amenização da temperatura (Mangopa Malik, 2018).

As inundações estão fortemente associadas à insuficiência de espaços livres na cidade. Além disso, problemas na drenagem urbana afetam outros sistemas na cidade, o que aponta para a drenagem urbana como um elemento estruturante no processo de planejamento territorial (Lourenço et al., 2020a). Nesse contexto, os espaços livres são fundamentais para garantir espaço para armazenamento e infiltração de águas pluviais enquanto ainda podem manter paralelamente outros benefícios ecológicos e sociais.

Áreas urbanas já consolidadas, muitas vezes, carecem desses espaços, o que prejudica o escoamento da água e limita a perspectiva de reverter essa situação, visto que não há espaço disponível para criar medidas de armazenamento e infiltração de água (De Oliveira et al., 2022). Áreas em processo de expansão urbana, por outro lado, apresentam maior disponibilidade de espaços livres, o que representa um potencial de intervenção. Entretanto, elas também apresentam grande tendência de diminuição desses espaços, caso não haja um planejamento adequado. Dessa forma, é crucial considerar o fator temporal na análise de áreas de expansão de modo a priorizar intervenções em locais que apresentam maior taxa de crescimento.

A expansão do tecido urbano pode adquirir diferentes configurações. Ao mesmo tempo em que pode se manifestar no adensamento de uma área, por meio da verticalização, ela também pode se dar de forma espalhada, com uma ocupação de baixa densidade em grandes áreas (Guan et al., 2020). Enquanto uma cidade muito densa e compacta pode acumular problemas como formação de ilhas de calor, carência de espaços livres e falta de higiene, uma ocupação espalhada também não é desejada. A expansão horizontal aumenta o movimento pendular, dificulta o acesso à infraestrutura e aos serviços públicos, aumenta o consumo de energia e danifica ecossistemas locais, além de intensificar as cheias urbanas (Aurambout; Barranco; Lavalle, 2018; Nithila Devi; Sridharan; Kuiry, 2019).

Atualmente, observa-se, no município do Rio de Janeiro, uma taxa de crescimento populacional menor que a de expansão urbana, o que representa o espraiamento (indesejável) da mancha urbana. Esse padrão de ocupação aumenta o déficit de infraestrutura e dificulta a qualificação do território, podendo também atingir áreas de fragilidade ambiental, como acontece com a ocupação da Zona Oeste (PEDUI/RMRJ, 2018). Adicionalmente, persiste um significativo déficit de habitações de qualidade: em 2019, o IBGE (2020) estimou que 19,28% dos domicílios do município do Rio de Janeiro estão localizados em aglomerados subnormais.

Neste trabalho, assume-se como premissa que a tendência de crescimento de uma cidade deve ser levada em consideração no processo de priorização de áreas de intervenção urbana focadas na drenagem urbana. Uma área em processo de expansão apresenta um grande potencial de intervenção, devido à sua grande disponibilidade de espaços livres, enquanto também apresenta também uma forte tendência a reproduzir a mesma situação encontrada em áreas de ocupação consolidada, tomadas como referência, caso não haja um planejamento urbano adequado.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar as alterações na disponibilidade de espaços livres, em um determinado período, em uma área de expansão urbana da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

2 ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAQUÊ-CABUÇU

A Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê Cabuçu, na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro foi escolhida como estudo de caso. Trata-se de uma planície costeira marcada pela fragilidade ambiental devido às suas cotas absolutas, ao seu tipo de solo e às suas superfícies alagáveis. O Rio Piraquê-Cabuçu nasce na Serra do Limeirão, no Parque Estadual da Pedra Branca, apresentando uma área de drenagem de 108km² e um talvegue de 12 km (PDMAP, [s.d.]). A bacia está inserida na Região Hidrográfica II, correspondente ao Rio Guandu, e drena para a Baía de Sepetiba. Ela está inserida na Área de Planejamento 5 e abrange parte das Regiões Administrativas XVIII (Campo Grande) e XXVI (Guaratiba). Dentre os bairros englobados pelo recorte destacam-se Campo Grande, Senador Vasconcelos, Guaratiba e Pedra de Guaratiba. A Figura 1 apresenta sua localização e delimitação, assim como a rede hidrográfica e os limites de bairros e de regiões administrativas.

Até o século XX, a Zona Oeste da cidade manteve-se pouco habitada, com o predomínio da atividade agrícola e a presença de indústrias, passando por um aumento populacional considerável a partir da década de 1970 (Barros, 2020). Os principais eixos de expansão para a região se deram, ao norte, pelo eixo ferroviário, e, ao sul, pelo litoral. O segundo, mais recente, foi estimulado pela abertura do Túnel Vice-Presidente da República José Alencar, conhecido como Túnel da Grota Funda, e pela implantação do BRT TransOeste, ambos em 2012, facilitando o acesso a Guaratiba e a seus bairros adjacentes.

Atualmente, a região mais a montante na bacia hidrográfica, representada por Campo Grande e Senador Vasconcelos, apresenta uma ocupação consolidada com maior densidade demográfica – 2759 e 4750 hab/km², respectivamente, segundo o IBGE (2010). Já a área a jusante apresenta uma ocupação menos densa, com exceção de Pedra de Guaratiba. Enquanto Pedra de Guaratiba se assemelha a Campo Grande, com 2609 hab/km², Guaratiba chega apenas a 789 hab/km². Apesar de a densidade ser maior na porção norte da bacia hidrográfica, o bairro que apresenta

maior crescimento populacional é Guaratiba, que chegou a 26% de aumento entre 2000 e 2010 (IBGE, 2000, 2010), enquanto Campo Grande cresceu apenas 10,3%.

A bacia é uma região marcada pela fragilidade ambiental, o que coloca em risco a qualidade de vida dos seus habitantes (Morgado, 2020). Dentre os problemas ambientais identificados, destacam-se a poluição das suas águas e as inundações. Além do desmatamento das encostas da Serra de Cantagalo, diversos canais na área encontram-se assoreados, devido ao despejo de resíduos provenientes das ocupações irregulares, o que reduz a qualidade da água e aumenta o volume de escoamento (PDMAP, [s.d.]).

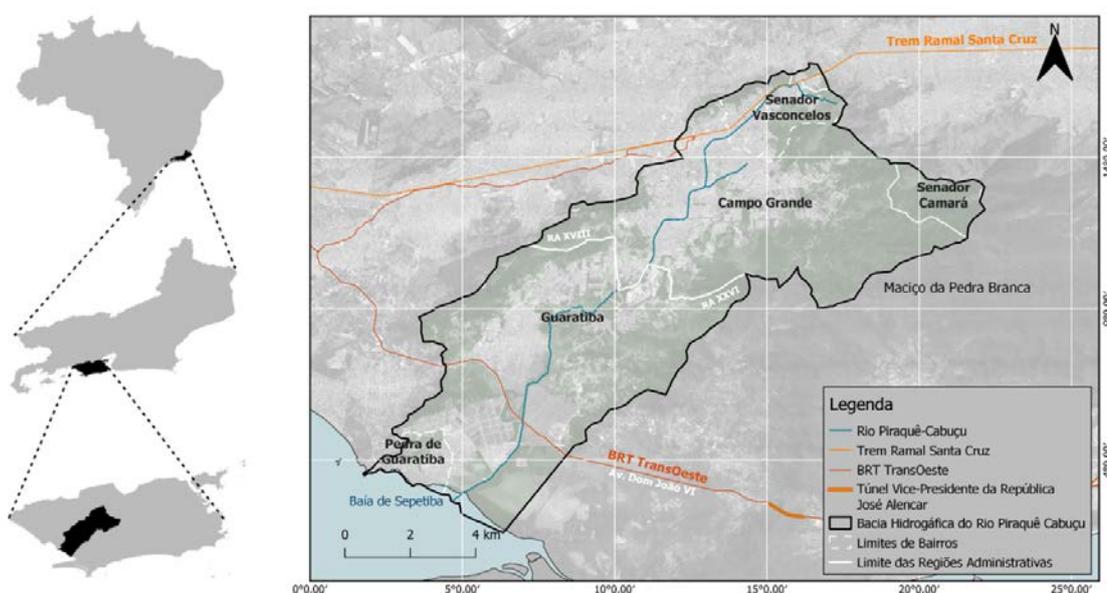


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piraguê-Cabuçu (RJ).

3 METODOLOGIA

Foram coletadas informações relativas à área construída na Bacia Hidrográfica de estudo em dois anos diferentes – 2000 e 2013. Esses dados foram obtidos na forma de arquivo do tipo *shapefile* no site Data Rio (2023), e a escolha dos anos analisados se deu pela disponibilidade de dados na plataforma. A área construída de ambos os anos foi acessada na forma de mapa e sobreposta à grade censitária do IBGE, que divide o território urbanizado em quadrículas de 200m x 200m. Considerou-se como área livre toda aquela que não é ocupada por edificações. Dessa forma, seu cálculo se dará pela diferença entre a área total de cada quadrícula e a área construída. Foi possível, com isso, calcular a área livre em cada quadrícula para ambos os anos, bem como a variação dessa área no intervalo de tempo analisado (2000 e 2013). Esse indicador, denominado Indicador de Expansão Urbana (IEU), faz a diferença no crescimento da área urbana (entre as datas de referência) dividida pela área total da quadrícula. Maiores valores deste indicador

representam uma maior redução das áreas livres, o que, conseqüentemente, pode representar uma maior tendência de contínua perda de áreas livres no futuro.

A normalização desse indicador leva a um número entre 0 e 1. Porém, considerando que a ONU-Habitat sugere que cerca de 45% do solo urbano deve ser alocado para ruas e espaços públicos, o IEU usa, como referência de teto para sua escala, o valor de 30% de diminuição da área da quadrícula disponível para abrigar os espaços livres, representando 66% da área que deveria permanecer livre ao final do desenvolvimento urbano potencial de toda a quadrícula. Deste modo, qualquer quadrícula com um avanço de urbanização igual ou superior a esse teto, assume o valor 1 no indicador. Já as quadrículas nas quais houve, eventualmente, aumento dos espaços livres receberam valor nulo, visto que a ênfase do estudo é na análise da diminuição dos espaços livres. Esse valor de 30%, tomado como referência, foi atribuído de forma arbitrária e pode ser revisto, conforme o caso em estudo e características da região, de modo a melhor “aproveitar” a escala entre 0 e 1, evitando o “achatamento” de resultados por locais isolados, com variações exacerbadas (*outliers*).

Nota-se que, no contexto dessa análise, os espaços construídos são entendidos como aqueles ocupados por um volume edificado. Por conseqüência, toda a área não edificada é considerada como espaço livre, independente do seu uso ou cobertura do solo. Espaços livres, portanto, podem reunir ruas, praças, corpos d’água, áreas verdes, entre outros. Dessa forma, a ênfase deste trabalho é avaliar a variação na disponibilidade de espaços livres, e não a qualidade desses espaços.

A partir do resultado do IEU, foram apontadas regiões onde obteve-se resultado mais elevado. Com o intuito de associar o crescimento urbano às vulnerabilidades presentes no local, esse resultado foi sobreposto a dois índices existentes, sendo um relacionado à fragilidade ambiental e, o outro, à social.

Para avaliar a vulnerabilidade ambiental, foi escolhido o Índice de Susceptibilidade do Meio Físico a Inundações (ISMFI) (Miranda, 2016), que usa informações referentes à impermeabilização, à declividade e à proximidade dos corpos hídricos para avaliar a predisposição do terreno a sofrer inundações. Ao cruzar o resultado do indicador de diminuição de espaços livres com o ISMFI, é possível observar, dentre as áreas com maior crescimento, quais estão localizadas em locais mais sensíveis às cheias urbanas.

Já para a avaliação da vulnerabilidade social foi escolhido o Índice de Desenvolvimento Social (IDS), calculado a partir de dados do censo do IBGE (2010). O IDS é composto por oito indicadores: domicílios com água adequada, domicílios com esgoto adequado, domicílios com coleta de lixo adequada, número médio de banheiros por pessoa, analfabetismo de 10 a 14 anos, rendimento médio do responsável em Salários-Mínimos, porcentagem de domicílios com rendimento do responsável até dois salários-mínimos e porcentagem de domicílios com rendimento do responsável até 10 salários-mínimos. O cruzamento desse índice com o indicador de diminuição de espaços livres permite a identificação de áreas que tiveram um crescimento desacompanhado de infraestrutura urbana e serviços. No contexto das inundações, uma maior fragilidade social pode representar perdas mais graves para a população afetada.

4 RESULTADOS

A sobreposição de dados de 2000 e 2013 relativos ao espaço construído evidenciou o surgimento de diversas novas edificações dentro desse intervalo de tempo. A Figura 2a apresenta, em preto, as construções existentes em 2000 e, em cinza, as de 2013. Na Figura 2b, pode ser vista uma aproximação desse mapa com maiores detalhes. Inicialmente, já é possível observar que a área a montante na Bacia Hidrográfica, relativa aos bairros de Campo Grande e Senador Vasconcelos, reúnem mais edificações e, portanto, maior área construída. Já a área a jusante, especialmente Guaratiba, apresenta maior disponibilidade de espaços livres.

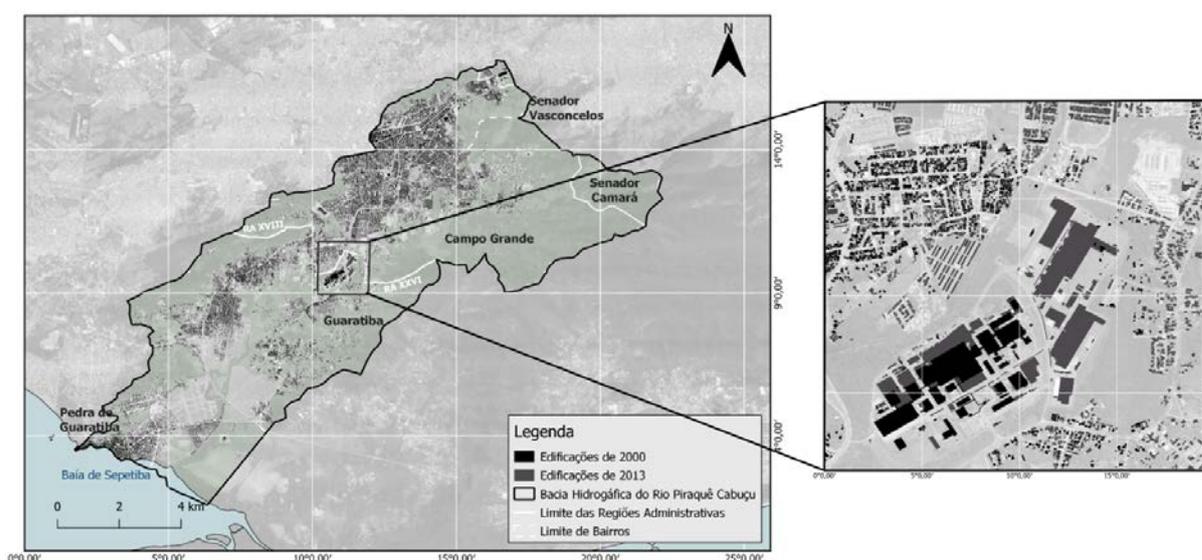


Figura 2. (a) Sobreposição das áreas construídas de 2000 e 2013, com base em Data Rio; (b) Trecho de Guaratiba em detalhe

4.1 Resultado do Indicador

A Figura 3 apresenta o resultado do IEU disposto na grade censitária do IBGE, de modo que as quadrículas com maior nota são as que tiveram maior redução de área livre ao longo do tempo. Percebe-se que o crescimento urbano em Campo Grande e em Senador Vasconcelos foi maior nas áreas mais próximas às encostas e ao Sul, em direção a Guaratiba, mantendo-se baixo nas áreas mais a montante, por já apresentarem uma ocupação mais consolidada. Já em na Região Administrativa XXVI, nota-se uma alta expansão urbana em diversos pontos de Guaratiba, enquanto Pedra de Guaratiba cresceu em menor escala. Nota-se ainda que o crescimento urbano de Guaratiba se deu em comunidades já existentes, de modo que algumas apresentaram adensamento e outras uma expansão horizontal. Ainda assim, o bairro apresenta uma grande disponibilidade de áreas livres. Foram destacadas quatro áreas onde o resultado do indicador mostrou-se mais elevado (todas assinaladas na Figura 3): Jardim Moricaba (A), Área Industrial (B), Jardim Maravilha (C), e Comunidade do Piraquê (D).

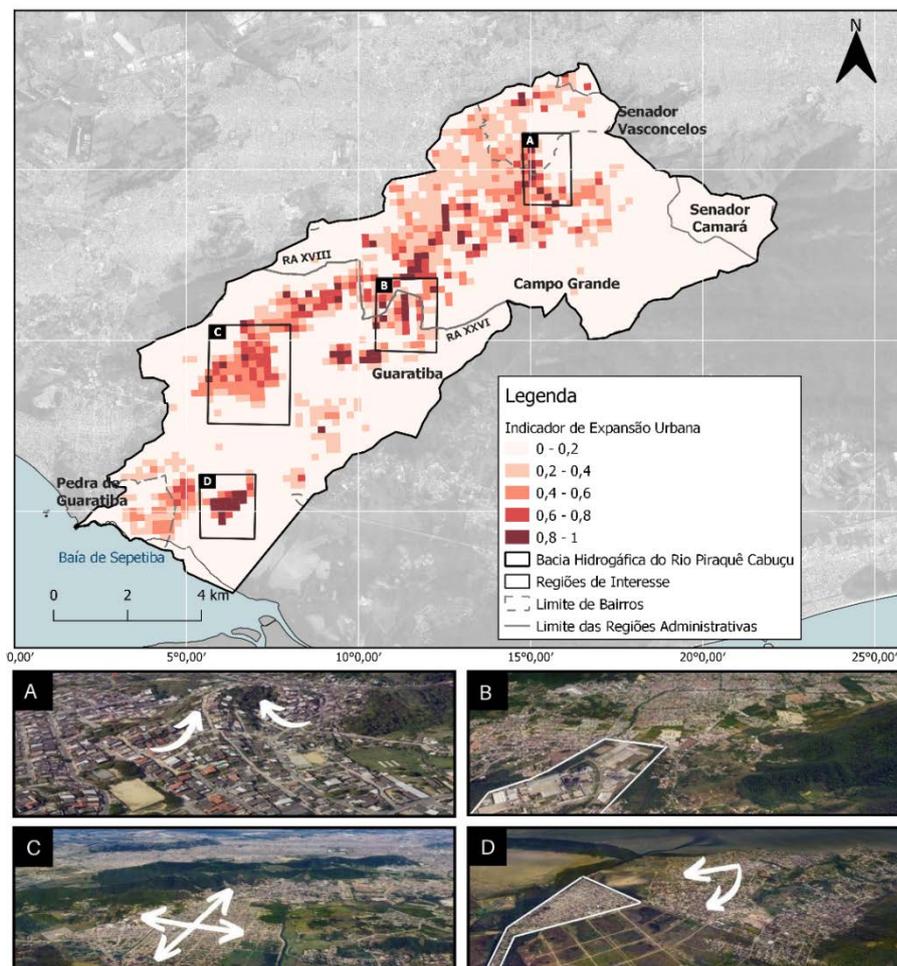


Figura 3. Resultado do Indicador de Expansão Urbana (IEU).

O Jardim Morichaba, considerado uma ex-favela no bairro de Senador Vasconcelos, expandiu-se em direção à encosta do Maciço da Pedra Branca. Já a área industrial, localizada no limite entre Campo Grande e Guaratiba, também sofreu uma grande expansão, bem como a área residencial no seu entorno. O Jardim Maravilha, mais a jusante, expandiu-se horizontalmente, criando novos loteamentos em áreas que antes eram livres. Já a Comunidade do Piraquê sofreu um grande adensamento, mas sem expandir seus limites.

4.2 Comparação com o Indicador Ambiental

A Figura 4 apresenta a sobreposição das áreas destacadas anteriormente com o ISMFI. Percebe-se que, dentre as áreas com maior diminuição de espaços livres, as mais suscetíveis são o Jardim Maravilha e o Piraquê, ambas no bairro de Guaratiba, localizadas mais a jusante e apresentando

cotas e declividade mais baixas. Já a área a montante, que abrange Campo Grande e Senador Vasconcelos, apresenta uma susceptibilidade a inundações mais baixa. Dessa forma, as áreas A e B apresentam um alto crescimento urbano com uma baixa susceptibilidade a inundações, enquanto as áreas C e D, em Guaratiba, combinam altas taxas de crescimento urbano com uma alta vulnerabilidade ambiental.

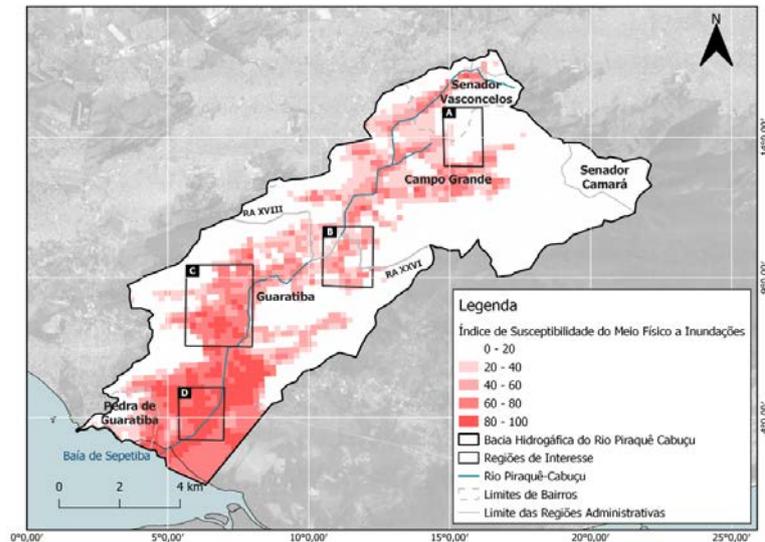


Figura 4. Sobreposição das áreas de interesse com o ISMFI, com dados de Miranda (2016).

4.3 Comparação com Indicador Social

A Figura 5 apresenta o resultado do IDS na bacia sobreposto às quatro áreas com maior taxa de expansão urbana. Nota-se que a região de Campo Grande apresenta melhores indicadores sociais, enquanto em Guaratiba eles se encontram mais baixos. Na área do Jardim Moricaba e nas proximidades da área industrial de Campo Grande (áreas A e B, respectivamente), o IDS encontra-se entre 0,50 e 0,60, estando um pouco abaixo da média do Município do Rio de Janeiro, que é de 0,61. Ainda que a vulnerabilidade social avaliada nas áreas A e B seja alta, observa-se que, no Jardim Maravilha e no Piraquê (áreas C e D, respectivamente), os valores de IDS são ainda mais baixos. No Jardim Maravilha, o valor varia entre 0,40 e 0,60 enquanto no Piraquê os valores mais baixos chegam a 0,20.

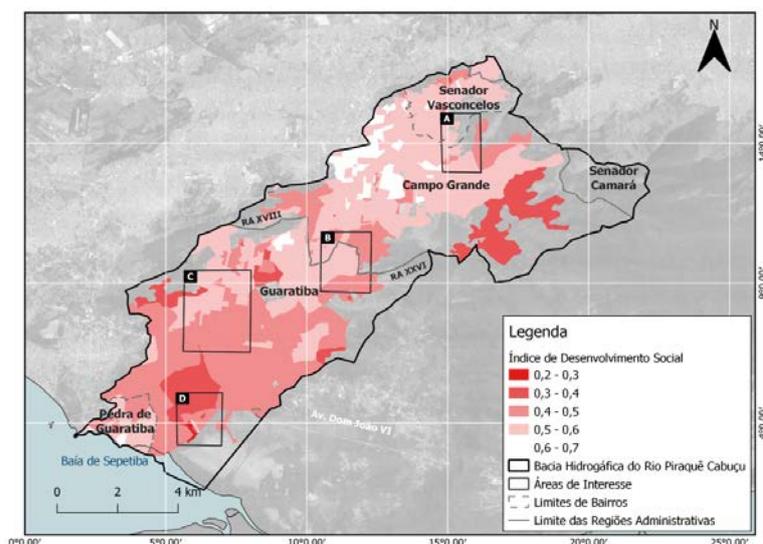


Figura 5. Sobreposição das áreas de interesse com o IDS, com dados de IBGE(2010)

4.4 Discussão

O resultado do IEU na Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê-Cabuçu mostrou maior crescimento urbano tanto nas áreas mais próximas à encosta quanto nas áreas mais a jusante. O cruzamento dessa análise com o indicador ambiental mostrou que, dentre as quatro áreas com maior crescimento, as localizadas mais a jusante na bacia apresentam maior susceptibilidade a inundações. Dessa forma, por mais que algumas áreas a montante também apresentem altas taxas de expansão urbana, os pontos mais críticos, sob o ponto de vista de drenagem urbana, são as áreas a jusante. Essas áreas apresentam grande susceptibilidade a inundações, portanto, diante de fortes precipitações, a gravidade das inundações geradas é maior. A comparação com indicadores sociais mostrou que, nos quatro pontos destacados, a vulnerabilidade social é alta. Entretanto, comparativamente, destaca-se que a área mais a jusante na bacia, representada pelas áreas C e D apresenta indicadores sociais mais baixos, especialmente a área D. No contexto das inundações, uma maior vulnerabilidade social representa uma menor capacidade de recuperação diante desses eventos.

Dessa forma, o cruzamento dos três indicadores analisados mostra que a região de Guaratiba, com destaque para o Jardim Maravilha e para a Comunidade do Piraquê, apresenta uma grande taxa de expansão urbana, combinada a uma grande susceptibilidade a inundações e a uma alta vulnerabilidade social. Isso indica que, além dos eventos de inundações apresentarem grande gravidade pela conformação física do terreno, a população exposta ao risco apresenta uma baixa capacidade de recuperação. Já os grandes níveis de expansão urbana apontam para uma forte tendência de agravamento da situação, visto que o crescimento urbano leva a um aumento da população exposta e a consequente diminuição de espaços livres indica um aumento da impermeabilização do solo enquanto, paralelamente, consome espaços livres que poderiam ser utilizados em composições multifuncionais para o amortecimento de vazões de cheia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi elaborado um indicador para avaliar a tendência de diminuição dos espaços livres de uma bacia hidrográfica, como forma de identificar possíveis locais prioritários para intervenções, com foco na drenagem urbana. Esse indicador foi aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Piraquê-Cabuçu, indicando uma grande expansão em diferentes trechos da região. O IEU traz uma perspectiva de quais são as áreas que cresceram mais, podendo ainda apontar para as tendências de crescimento urbano na bacia. A sua análise combinada com outros indicadores traz a possibilidade de investigar quais dessas áreas encontram-se mais vulneráveis, tanto ambientalmente quanto socialmente. O indicador mostrou-se eficiente em avaliar a tendência de crescimento em diferentes pontos da bacia, enquanto as demais análises permitiram um entendimento mais aprofundado das condições de expansão de cada local e as possíveis consequências geradas por possíveis eventos de inundações. Como limitação, destaca-se a insuficiência de informação referente à ocupação atual da área da bacia, visto que só foram obtidos dados dos anos de 2000 e 2013. Como etapa futura, esse indicador será incorporado a um índice multicritério com objetivo de definir áreas prioritárias para intervenções urbanas com foco na drenagem urbana.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abu Hatab, Assem; Cavinato, Maria Eduarda Rigo; Lindemer, August; Lagerkvist, Carl Johan. Urban sprawl, food security and agricultural systems in developing countries: A systematic review of the literature. *Cities*, [S. l.], v. 94, 2019. DOI: 10.1016/j.cities.2019.06.001.

Al Jarah, Sivan Hisham; Zhou, Bo; Abdullah, Rebaz Jalil; Lu, Yawen; Yu, Wenting. Urbanization and urban sprawl issues in city structure: A case of the Sulaymaniah Iraqi Kurdistan region. *Sustainability (Switzerland)*, [S. l.], v. 11, n. 2, 2019. DOI: 10.3390/su11020485.

Aurambout, Jean Philippe; Barranco, Ricardo; Lavallo, Carlo. Towards a simpler characterization of urban sprawl across urban areas in europe. *Land*, [S. l.], v. 7, n. 1, 2018. DOI: 10.3390/LAND7010033.

Barros, Fabrizio da Costa. Análise das dinâmicas socioambientais da bacia hidrográfica do rio Piraquê-Cabuçu, Zona Oeste do município do Rio de Janeiro. 2020. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia, [S. l.], 2020.

Data Rio. 2023. Disponível em: <https://www.data.rio/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

De Bell, Siân; Graham, Hilary; Jarvis, Stuart; White, Piran. The importance of nature in mediating social and psychological benefits associated with visits to freshwater blue space. *Landscape and Urban Planning*, [S. l.], v. 167, 2017. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.06.003.

De Oliveira, Antonio Krishnamurti Beleño et al. Evaluating the Role of Urban Drainage Flaws in Triggering Cascading Effects on Critical Infrastructure, Affecting Urban Resilience. *Infrastructures*, [S. l.], v. 7, n. 11, 2022. DOI: 10.3390/infrastructures7110153.

Guan, Dongjie; He, Xiujuan; He, Chunyang; Cheng, Lidan; Qu, Sijia. Does the urban sprawl matter in Yangtze River Economic Belt, China? An integrated analysis with urban sprawl index and one scenario analysis model. *Cities*, [S. l.], v. 99, 2020. DOI: 10.1016/j.cities.2020.102611.

IBGE. Censo IBGE 2000, 2000.

IBGE. Censo IBGE 2010, 2010.

IBGE. Aglomerados Subnormais 2019: Classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19 Rio de Janeiro, 2020.

Lourenço, Ianic Bigate; Beleño De Oliveira, Antonio Krishnamurti; Marques, Luisa Santana; Quintanilha Barrosa, Amanda Andrade; Veról, Aline Pires; Magalhães, Paulo Canedo; Miguez, Marcelo Gomes. A framework to support flood prevention and mitigation in the landscape and urban planning process regarding water dynamics. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 277, 2020. a. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122983.

Lourenço, Ianic Bigate; Guimarães, Luciana Fernandes; Alves, Marina Barroso; Miguez, Marcelo Gomes. Land as a sustainable resource in city planning: The use of open spaces and drainage systems to structure environmental and urban needs. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 276, 2020. b. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123096.

Magnoli, Miranda Martinelli. Espaço livre - objeto de trabalho. *Paisagem e Ambiente*, [S. l.], n. 21, 2006. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.v0i21p175-197.

Mangopa Malik, Andy Anton. The Role of Stakeholders Related to the Management of Ecological Function of Urban Green Open Space. Case Study: City of Depok, Indonesia. *In: IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE 2018, Anais [...]*. [s.l.: s.n.] DOI: 10.1088/1755-1315/99/1/012001.

Miranda, Francis M. Índice de susceptibilidade do meio físico a inundações como ferramenta para o planejamento urbano. 2016. COPPE-UFRJ, [S. l.], 2016.

Morgado, Vânia Nunes. A PRODUÇÃO DO ESPAÇO DE GUARATIBA, RIO DE JANEIRO (RJ), NA PASSAGEM PARA O SÉCULO XXI, E AS REPERCUSSÕES NA VIDA COTIDIANA DE SEUS HABITANTES. *GeoPUC*, [S. l.], v. 13, n. 25, p. 223–242, 2020.

Nithila Devi, N.; Sridharan, B.; Kuiry, Soumendra Nath. Impact of urban sprawl on future flooding in Chennai city, India. *Journal of Hydrology*, [S. l.], v. 574, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.04.041.

Paiva, Ana Carolina da Encarnação; Nascimento, Nathália; Rodriguez, Daniel Andres; Tomasella, Javier; Carriello, Felix; Rezende, Fernanda Silva. Urban expansion and its impact on water security: The case of the Paraíba do Sul River Basin, São Paulo, Brazil. *Science of the Total Environment*, [S. l.], v. 720, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137509.

PDMAP. Relatório Síntese. Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, [s.d.].

PEDUI/RMRJ. Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro Rio de Janeiro Consórcio Quanta-Lerner, , 2018.

Queiroga, Eugênio Fernandes. Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras. *Resgate: Revista Interdisciplinar de Cultura*, [S. l.], v. 19, n. 1, 2012. DOI: 10.20396/resgate.v19i21.8645703.

Queiroga, Eugênio Fernandes; Benfatti, Denio Munia. Sistemas de espaços livre urbanos: construindo um referencial teórico. *Paisagem e Ambiente*, [S. l.], n. 24, 2007. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.v0i24p81-87.

Şenik, Berfin; Osman Uzun, -. A process approach to the open green space system planning. [S. l.], v. 18, p. 203–219, 2022. DOI: 10.1007/s11355-021-00492-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00492-5>.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) [Código de Financiamento 001], pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, códigos E-26/201.404/2021 e E-26/202.417/2022 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo 303862/2020-3). Os autores agradecem, ainda, a Cátedra UNESCO “Drenagem Urbana em Regiões Costeiras”, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, à qual esta pesquisa está vinculada.