MAPEAMENTO DA INTERFACE ENTRE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E POTENCIAL DE EXPANSÃO URBANA EM UMA REGIÃO COSTEIRO-ESTUARINA DO SUL DO BRASIL

Luiza Goulart Giovanni, Nikolas Keizo Toma, Anna Caroline Vanzin, Marcelo Henrique Schmitz, Eduardo Gentil

INTRODUÇÃO

As regiões costeiro-estuarinas caracterizam-se pela interação entre processos ecológicos, usos produtivos do solo, ocupação urbana e infraestrutura. Sustentam serviços ecossistêmicos ligados à regulação hidrológica, à manutenção de habitats e à pesca, ao mesmo tempo em que concentram portos, indústrias e áreas urbanas em expansão (BARBIER et al., 2011; CLOERN et al., 2016), do que resulta exposição crescente a pressões antrópicas cumulativas (LOTZE et al., 2006; WALTHAM et al., 2020).

A baía Babitonga, no litoral norte de Santa Catarina, exemplifica essa condição. Abriga manguezais, campos alagados, restingas, remanescentes florestais e áreas agrícolas distribuídos por seis municípios (KILCA et al., 2019), sob influência da dinâmica urbano-industrial de Joinville e dos portos de São Francisco do Sul e Itapoá, que ampliam as pressões de expansão logística e de mudança de uso do solo.

O planejamento costeiro costuma enfatizar a proteção de habitats legalmente restritos e dedicar menor atenção à matriz circundante, onde se concentram as pressões futuras. Estudos que integram aptidão à expansão e distribuição de serviços nessas regiões permanecem limitados.

Este estudo avaliou a relação espacial entre potencial de expansão urbana e oferta de serviços ecossistêmicos na baía Babitonga, desenvolvendo um Índice de Potencial de Expansão Urbana (UGPI) a partir de restrições ambientais, infraestruturais e legais, caracterizando a distribuição dos serviços segundo a CICES V5.2 e identificando as interfaces em que ambos se sobrepõem.

DESENVOLVIMENTO

A área de estudo abrange 2.865,16 km² em seis municípios do litoral norte catarinense, incluindo o espelho d'água e o entorno terrestre. Foram utilizados dados de infraestrutura viária, linhas de transmissão, gasodutos, corpos d'água, unidades de conservação, terras indígenas, Modelo Digital de Terreno (MDT) e uso e cobertura da terra do MapBiomas, Coleção 9 (MAPBIOMAS, 2024), padronizados em SIRGAS 2000 / UTM 22S (EPSG:31982) e reamostrados para 30 m.

O UGPI foi desenvolvido por abordagem multicritério em SIG, integrando declividade, uso e cobertura da terra e camadas de restrição. A camada de restrição incorporou unidades de conservação de proteção integral, terras indígenas, corpos d'água, gasodutos, linhas de transmissão, vias e Áreas de Preservação Permanente, com afastamentos definidos por critérios legais e técnicos, rasterizada em esquema binário.

A declividade, derivada do MDT, entrou como variável contínua, com maior aptidão em terrenos planos (BATHRELLOS et al., 2012). As classes do MapBiomas foram reclassificadas por ordenamento ordinal: as sob proteção legal estrita receberam valores baixos e as antropizadas, valores mais altos (GAUR; SINGH, 2023), considerando legislação ambiental, vulnerabilidade ecológica e viabilidade de conversão (STEINER; MCSHERRY;

COHEN, 2000). Os rasters foram padronizados de 0 a 1, submetidos a filtro de mediana 3x3, e o índice resultou da média aritmética das variáveis, multiplicada pela camada de restrição.

Os serviços foram classificados segundo a CICES V5.2 (HAINES-YOUNG; POTSCHIN-YOUNG, 2018), considerando apenas serviços biofísicos das seções de Provisão e de Regulação e Manutenção. As associações basearam-se nas características ecológicas e funções predominantes de cada categoria, expressando capacidade potencial, não medidas de fluxo (BURKHARD et al., 2012). Riqueza de serviços foi definida como o número de classes da CICES associadas a cada classe de cobertura. As camadas de serviços foram sobrepostas ao raster do UGPI, e estatísticas zonais extraíram médias ponderadas pela área. O processamento foi feito no QGIS e as análises estatísticas, em R.

RESULTADOS

A Formação Florestal foi a classe dominante (1.066,52 km²), seguida por Restinga Arbórea (619,24 km²) e Mosaico de Usos (417,90 km²). Áreas urbanizadas, sistemas hídricos e pastagens também foram relevantes, enquanto manguezais, campos alagados e apicuns ocorreram em setores menores (Tabela 1).

Mosaicos de usos e formações florestais apresentaram a maior riqueza de serviços (22 e 21 classes), seguidos por silvicultura (21) e restinga arbórea (18). Paisagens produtivas associaram-se a serviços de Provisão, enquanto ecossistemas naturais concentraram serviços de Regulação e Manutenção (Figura 1).

As áreas de soja apresentaram o maior valor médio do índice (0,80), seguidas por pastagens (0,74), lavouras temporárias (0,72) e arroz irrigado (0,71). Manguezais (0,01), sistemas hídricos (0,00) e restingas arbóreas (0,04) apresentaram os menores valores, refletindo restrições legais e ambientais, e não menor importância ecológica.

O padrão indica que a expansão tende a avançar sobre usos produtivos e modificados, não sobre os ecossistemas costeiros mais restritos (FOLEY et al., 2005; SETO et al., 2011). Isso desloca a interpretação do conflito ambiental: a pressão principal recai sobre a matriz que circunda os ecossistemas protegidos.

A sobreposição entre alta aptidão e elevada oferta de serviços concentrou-se nas margens estuarinas, onde pastagens, lavouras e silvicultura fazem limite com manguezais, campos alagados e restingas. Ainda que estes dificilmente sofram ocupação direta, as paisagens produtivas adjacentes podem atuar como vetores indiretos de pressão (KENNISH, 2002; CLOERN et al., 2016).

O conceito de coastal squeeze ajuda a interpretar esse risco: manguezais e áreas úmidas requerem espaço para acompanhar a elevação do nível do mar (NICHOLLS; CAZENAVE, 2010; MURRAY et al., 2022). Ocupadas as áreas adjacentes, podem ser impedidos de migrar, e a baixa aptidão torna-se um alerta de planejamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial de expansão urbana concentrou-se em classes produtivas e já modificadas, sobretudo soja, pastagem e lavouras temporárias, enquanto ecossistemas costeiros e aquáticos apresentaram menor aptidão à ocupação. O desafio de planejamento não se limita a evitar a conversão direta de manguezais, campos alagados e corpos d'água: envolve gerir a matriz produtiva e periurbana do entorno, onde a mudança de uso do solo pode afetar a conectividade hidrológica e o funcionamento estuarino.

A menor exposição direta dos serviços de regulação e manutenção não significa menor vulnerabilidade, pois dependem da integridade das paisagens adjacentes. Tratar essa interface

como zona prioritária permite antecipar conflitos de uso do solo e tornar visíveis as perdas de serviços antes que se tornem irreversíveis.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos; expansão urbana; uso e cobertura da terra; CICES.

ANEXOS

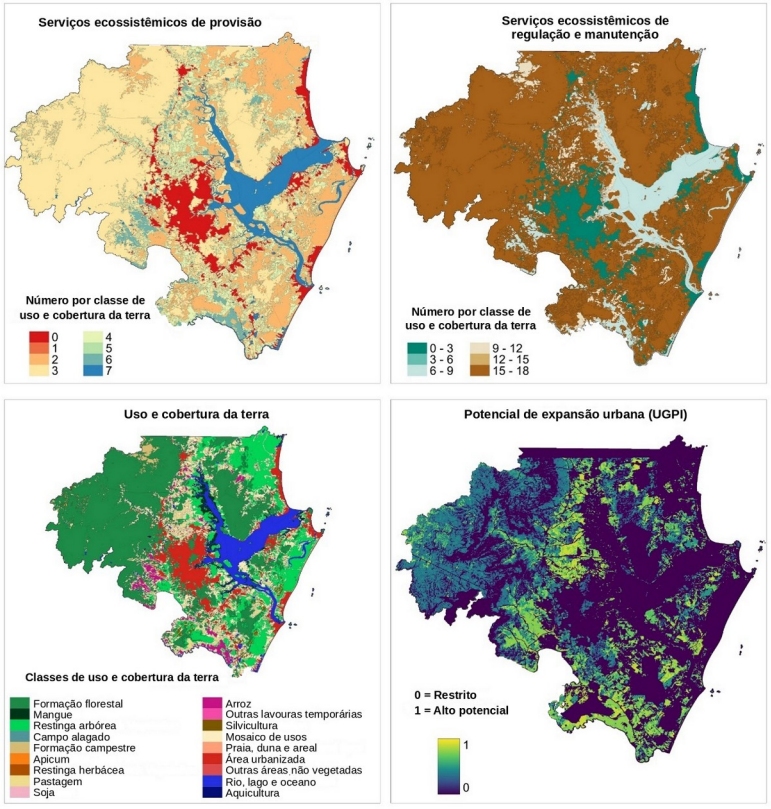


Figura 1. *Distribuição espacial integrada dos serviços ecossistêmicos de provisão, dos serviços de regulação e manutenção, das classes de uso e cobertura da terra e do índice de potencial de expansão urbana, baía Babitonga, Santa Catarina.*

Tabela 1. *Área ocupada, riqueza de serviços ecossistêmicos (SE) e índice médio ponderado de potencial de expansão urbana (UGPI), por classe de uso e cobertura da terra, baía Babitonga, Santa Catarina.*

Classe de uso e cobertura da terra	Área (km²)	Riqueza de SE	UGPI médio
Apicum	1,41	8	0,32
Aquicultura	0,69	10	0,07
Área Urbanizada	228,12	1	0,02
Arroz (irrigado)	63,45	15	0,71
Campo Alagado e Área Pantanosa	2,47	17	0,28
Formação Campestre	26,29	14	0,31
Formação Florestal	1.066,52	21	0,20
Mangue	51,18	15	0,01
Área de Mineração	1,62	3	0,36
Mosaico de Usos	417,90	22	0,48
Outras Áreas não Vegetadas	7,22	1	0,64
Outras Lavouras Temporárias	6,37	12	0,72
Pastagem	124,92	16	0,74
Praia, Duna e Areal	2,47	8	0,01
Restinga Arbórea	619,24	18	0,04
Restinga Herbácea	0,81	11	0,14
Rio, Lago e Oceano	198,67	14	0,00
Silvicultura	45,53	21	0,69
Soja	0,28	15	0,80

Fonte: elaborada pelos autores, com base em MAPBIOMAS (2024).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIER, E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological Monographs, v. 81, n. 2, p. 169-193, 2011.

BATHRELLOS, G. D. et al. Potential suitability for urban planning and industry development using natural hazard maps and geological-geomorphological parameters. Environmental Earth Sciences, v. 66, n. 2, p. 537-548, 2012.

BURKHARD, B. et al. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators, v. 21, p. 17-29, 2012.

CLOERN, J. E. et al. Human activities and climate variability drive fast-paced change across the world's estuarine-coastal ecosystems. Global Change Biology, v. 22, n. 2, p. 513-529, 2016.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. Science, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

GAUR, S.; SINGH, R. A comprehensive review on land use/land cover change modeling for urban development. Sustainability, v. 15, n. 2, artigo 903, 2023.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN-YOUNG, M. Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): a policy brief. One Ecosystem, v. 3, e27108, 2018.

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. Environmental Conservation, v. 29, n. 1, p. 78-107, 2002.

KILCA, R. V. et al. Os manguezais e marismas da Baía Babitonga: uma síntese. Revista CEPSUL: Biodiversidade e Conservação Marinha, v. 8, e2019002, 2019.

LOTZE, H. K. et al. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. Science, v. 312, n. 5781, p. 1806-1809, 2006.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas: Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. São Paulo: MapBiomas, 2024.

MURRAY, N. J. et al. High-resolution mapping of losses and gains of Earth's tidal wetlands. Science, v. 376, n. 6594, p. 744-749, 2022.

NICHOLLS, R. J.; CAZENAVE, A. Sea-level rise and its impact on coastal zones. Science, v. 328, n. 5985, p. 1517-1520, 2010.

SETO, K. C. et al. A meta-analysis of global urban land expansion. PLOS ONE, v. 6, n. 8, e23777, 2011.

STEINER, F.; MCSHERRY, L.; COHEN, J. Land suitability analysis for the upper Gila River watershed. Landscape and Urban Planning, v. 50, n. 4, p. 199-214, 2000.

WALTHAM, N. J. et al. UN Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030: what chance for success in restoring coastal ecosystems? Frontiers in Marine Science, v. 7, artigo 71, 2020.