



ANÁLISE DIACRÔNICA DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO BORJA (RS) NOS ANOS DE 2002 E 2022

Diachronic analysis of environmental quality in the municipality of São Borja (Rio Grande do Sul - Brazil) in the years 2002 and 2022

Análisis diacrónico de la calidad ambiental en el municipio de São Borja (Rio Grande do Sul - Brasil) en los años 2002 y 2022

RESUMO

As mudanças que ocorrem nas cidades podem concorrer para diminuição na qualidade ambiental. Assim, o monitoramento do espaço urbano por meio de estudos evolutivos (diacrônicos) se torna importante. Com base no levantamento da cobertura da terra em escala de detalhe para os anos de 2002 e 2022, buscou-se avaliar a qualidade ambiental urbana no município de São Borja (Rio Grande do Sul). Constatou-se que houve redução na qualidade ambiental, o que foi verificado com o aumento dos espaços edificados em detrimento aos espaços não edificados. Foi possível identificar adensamento, principalmente, nas áreas centrais que apresentam grandes edificações, edificações com mais de quatro pavimentos e, mesmo, edificações abaixo de quatro pavimentos, porém com entorno impermeabilizado, em 2022. Todavia, a qualidade ambiental no ano de 2022 pode ser considerada boa tendo em vista a quantidade de espaços não edificados com presença de vegetação. Ressalta-se que se o adensamento e a expansão urbana se mantiverem nos mesmos moldes do que foi verificado entre 2002 e 2022, o município de São Borja continuará a reduzir sua qualidade ambiental urbana. Sendo assim, medidas de planejamento, que consideram a cobertura da terra como um importante fator para a qualidade ambiental, devem ser providenciadas.

Palavras-chave: planejamento da paisagem; monitoramento ambiental; cobertura da terra.

* Geógrafo. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

** Biólogo. Doutor em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Docente no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR.

ABSTRACT

Changes that occur in urban areas over the years can contribute to a decrease in environmental quality. Therefore, systematic environmental monitoring through evolutionary (diachronic) studies is essential. Based on a detailed survey of land cover for the years 2002 and 2022, this study assessed the urban environmental quality in the municipality of São Borja, Brazil. The analysis revealed an overall reduction in environmental quality, characterized by an increase in built-up areas at the expense of natural, unbuilt spaces. A process of densification was identified, particularly in central areas where the presence of large buildings—those with more than four floors, as well as smaller buildings with impermeable surroundings—became more frequent in 2022. Despite this, the environmental quality in 2022 remains relatively good due to the abundance of unbuilt spaces with vegetation. However, the findings suggest that if urban densification and expansion continue at the same rate observed between 2002 and 2022, São Borja is likely to experience a decline in its urban environmental quality. Consequently, it is crucial to organize planning measures that consider land cover as a key determinant of environmental quality.

Keywords: landscape planning; environmental monitoring; land cover.

RESUMEN

Los cambios que ocurren en las áreas urbanas a lo largo de los años pueden contribuir a una disminución de la calidad ambiental. Por lo tanto, la monitorización ambiental sistemática mediante estudios evolutivos (diacrónicos) es esencial. A partir de un levantamiento detallado de la cobertura del suelo para los años 2002 y 2022, este estudio evaluó la calidad ambiental urbana en el municipio de São Borja, Brasil. El análisis reveló una reducción general de la calidad ambiental, caracterizada por un aumento de las zonas construidas en detrimento de los espacios naturales no edificados. Se identificó un proceso de densificación, particularmente en las áreas centrales, donde la presencia de grandes edificios —aquellos con más de cuatro plantas, así como edificios más pequeños con entornos impermeables— se volvió más frecuente en 2022. A pesar de ello, la calidad ambiental en 2022 se mantiene relativamente buena debido a la abundancia de espacios no edificados con vegetación. No obstante, los hallazgos sugieren que si la densificación y expansión urbana continúan al mismo ritmo observado entre 2002 y 2022, es probable que São Borja experimente un deterioro de su calidad ambiental urbana. En consecuencia, es crucial organizar medidas de planificación que consideren la cobertura del suelo como un factor determinante de la calidad ambiental.

Palabras-clave: planificación del paisaje; monitoreo ambiental; cobertura del suelo.

INTRODUÇÃO

A expansão urbana iniciada na segunda metade do século XX e que se mantém em grande parte dos países em desenvolvimento (Organização das Nações Unidas, 2023a) se caracteriza pelo déficit de planejamento que considere os elementos físicos da paisagem. Deste modo, problemas relacionados a redução na qualidade do ar, da água, falta de saneamento básico, redução da vegetação derivadas de alterações no uso e cobertura da terra, propiciam redução na qualidade ambiental e tornam as cidades insustentáveis (Foley *et al.*, 2005; Roy *et al.*, 2022).

Nesse sentido a Organização das Nações Unidas (ONU), ao propor os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, dedicou o Objetivo 11 – Cidades e Comunidade Sustentáveis – para as tratativas sobre o espaço urbano (Organização das Nações Unidas, 2023b). Dessas discussões surge, então, a “Nova Agenda Urbana” que busca integrar e aproximar soluções dos diferentes países em busca do desenvolvimento sustentável. Na “Nova Agenda Urbana” estão inclusos temas como desastres ambientais, adaptação às mudanças climáticas, planejamento e gestão integrada, e, participativa, dentre outros aspectos econômicos, sociais e ambientais. Deste modo estudos de qualidade ambiental urbana podem estar atrelados a tais objetivos (Bezerra *et al.*, 2020).

O efetivo desenvolvimento sustentável de qualquer ambiente irá requerer um monitoramento sistemático ao longo do tempo. Nesse contexto, Macedo (2017) destaca a importância de séries históricas capazes de fornecer dados passíveis de comparação. Sánchez afirma que “[...] a eficácia dos programas de gestão e sua capacidade de garantir o nível de proteção ambiental pretendido somente podem ser comprovadas mediante um programa adequado de monitoramento” (Sánchez, 2013, p. 655).

No âmbito do desenvolvimento de cidades ambientalmente viáveis, é fundamental o uso de métodos que permitam comparar diagnósticos da paisagem urbana ao longo do tempo, caracterizando sua evolução. Essas informações são essenciais para a tomada de decisão no âmbito do planejamento urbano (Espíndola; Ribeiro, 2020; Guilherme *et al.*, 2024; Moura, 2010).

No caso de estudos urbanos, Moura (2010) em pesquisa que comparou a qualidade ambiental do bairro Santa Cecília (São Paulo-SP) nos anos de 1992 e 2008, conclui que houve diminuição na qualidade ambiental. Kröker (2008) e Nucci, Belem e Kröker (2016) identificaram aumento na dependência energética e tecnológica no bairro de Santa Felicidade (Curitiba-PR) analisando os anos de 1957, 1972, 2007 e 2009.

Em pesquisa sobre o bairro Cachoeira, em Curitiba-PR, Berto, Nucci e Valaski destacam que “a análise diacrônica de seis décadas [...] evidenciou que partes da paisagem do bairro Cachoeira evoluíram para um estado de sustentabilidade ambiental [...]” (Berto; Nucci; Valaski, 2023, p. 144).

Uma questão fundamental que se desenvolve com as diferentes propostas de planejamento e de monitoramento da qualidade ambiental urbana é a da escala. Uchida *et al.* (2021) destacam a importância de estudos em múltiplas escalas para a melhor compreensão dos processos relacionados a biodiversidade na paisagem urbana, afirmam que compreender a relação entre as escalas é determinante para o manejo correto. Nucci (1996, 2008) discute a questão da escala sob o viés do planejamento urbano e reconhece a importância de estudos em múltiplas escalas, destaca que o pesquisador ao definir a escala ideal de seu estudo deve atentar às escalas adjacentes sob o risco de não compreender a relação entre o homogêneo e o heterogêneo.

Algumas redes transnacionais como Cities Climate Leadership Group (C40) ou o ICLEI (Governos Locais pela Sustentabilidade) demonstram como as cidades têm buscado soluções em escalas locais. Por meio de instituições como estas, iniciativas relativas às questões ambientais são propostas na esfera política, econômica, social e ambiental, como: metodologias para elaboração de inventário de gases do efeito estufa, planos de ação climática, normas setoriais (resíduos sólidos, mobilidade urbana, outros), dentre outros (Croese; Green; Morgan, 2020; Espíndola; Ribeiro, 2020; Macedo, 2017).

Para os estudos de qualidade ambiental urbana é imprescindível a utilização de escalas de detalhe, da ordem de 1:2.000 a 1:10.000, pois os tipos de cobertura da terra existentes dentro de cada lote (tipos de edificações e de coberturas vegetais, superfícies permeáveis ou não, etc.) influenciarão o conforto térmico, a dinâmica hídrica, as possibilidades de relaxamento em contato com a natureza, a biodiversidade, entre outros elementos importantes para a qualidade do ambiente (Haase; Jänicke; Wellmann, 2019; Nucci, 1996, 2008; Nucci; Ferreira; Valaski, 2014).

Sob as premissas consideradas anteriormente, o Planejamento da Paisagem pode subsidiar a busca pela qualidade ambiental em áreas urbanas ou não (Kiemstedt *et al.*, 1998). Na Alemanha, o desenvolvimento deste campo do saber, inclusive como um instrumento jurídico, fornece o escopo teórico para os estudos de qualidade ambiental em distintas paisagens.

Pesquisas em Planejamento da Paisagem são encontradas, ainda, em diferentes países, seja na esfera da pesquisa científica ou da regulamentação jurídica com destaque para Países Baixos e Eslováquia (Yu; Wang; Li, 2022). Dentre as temáticas associadas, encontram-se qualidade ambiental, serviços ecossistêmicos, infraestrutura verde e sustentabilidade ambiental (Haaren; Lovett; Albert, 2019; Matos, 2022).

No Brasil, por sua vez, o Planejamento da Paisagem tem sido utilizado como fundamentação para diferentes pesquisas sobre as paisagens urbanas e a qualidade ambiental, dentre outras propostas vinculadas ao planejamento (Bilmayer; Mezzomo, 2020; Furuzawa; Pires; Tonetti, 2022; Nucci, 2008; Nucci; Ferreira; Valaski, 2014).

Nesse âmbito, com base no Planejamento da Paisagem, Nucci (1996, 2008) propôs uma metodologia de avaliação da qualidade ambiental urbana que se estrutura na espacialização de diferentes atributos ambientais em escalas de detalhe utilizando-se da abordagem sistêmica e, desta maneira, realizando sínteses parciais dos diferentes atributos mapeados, tais quais, o uso do solo, verticalidade das edificações, poluição, densidade demográfica, cobertura vegetal, enchentes e espaços livres de edificação.

Com base nos trabalhos de Nucci (1996, 2008), Valaski (2013) elaborou uma proposta metodológica que busca, por meio da caracterização da estrutura da paisagem, inferir sobre a sua dinâmica. Dentre os resultados das discussões, obteve-se o aprimoramento do método, materializado no desenvolvimento de uma chave de interpretação e classificação da paisagem urbana que funciona como ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental urbana.

Nucci, Ferreira e Valaski (2014), por sua vez, organizaram uma concepção distinta que separa a cobertura da terra e o uso da terra, desenvolvendo, deste modo, uma proposta de classificação que funciona como legenda no mapeamento da qualidade ambiental urbana. Para os autores a praticidade da proposta configura uma maneira acessível e pedagógica para cidadãos interessados, bem como, educadores terem acesso a informações sobre qualidade ambiental urbana (Nucci; Ferreira; Valaski, 2014).

Alterações na cobertura da terra afetam diretamente a biodiversidade, a qualidade dos solos, o escoamento superficial, o clima urbano, aumentando a dependência energética e tecnológica das paisagens e afetando a sustentabilidade das cidades (Alberti, 2005; Berto; Nucci; Valaski, 2023; Guilherme *et al.*, 2024). Portanto, estudos sobre a cobertura da terra auxiliam na caracterização da estrutura da paisagem o que pode auxiliar a compreensão da sua dinâmica, sendo importantes para o diagnóstico e planejamento de ações concretas visando melhorias na qualidade ambiental (Valaski, 2013).

Pesquisas desenvolvidas com base no método proposto por Nucci (1996, 2008) foram preferencialmente realizadas em bairros, distritos, bacias hidrográficas e outras unidades, mas não em municípios inteiros em função da demanda por tempo e recursos humanos para o levantamento de dados em escalas de detalhe. Algumas exceções são o estudo realizado em Curitiba por Ferreira (2015) e na cidade de Peabiru-PR por Bilmayer e Mezzomo (2019). No que tange a análise diacrônica da qualidade ambiental, apenas o caso do distrito de Santa Cecília, em São Paulo capital, em que Moura (2010) comparou a qualidade ambiental dos anos de 1992 e 2008, pode ser citado.

Outra constatação em relação ao uso do método é que foram estudadas principalmente cidades de grande porte. Entretanto a complexidade de municípios grandes dificulta a proposição de soluções, pois, o tamanho é uma das causas de problemas ambientais. Existe, ainda, a dificuldade

de atender a todas as demandas e interesses de distintos grupos econômicos e sociais fazendo com que a questão ambiental não tenha a mesma relevância na tomada de decisões.

As pequenas cidades, por sua vez, podem oferecer oportunidades singulares para o planejamento: Dinâmica de alteração do uso do solo mais lenta, espaços livres e áreas verdes com baixo grau de interferência, soluções de mobilidade efetivas, participação popular mais intensa, dada a coesão da comunidade (Mendonça *et al.*, 2023; Santos; Almeida, 2021). Essas características, somadas a demandas energéticas menores, criam um ambiente propício para a implementação de infraestrutura verde e a renaturalização de espaços, fortalecendo a compreensão da relação entre sociedade e natureza (Botero; Álvarez, 2010; Branković *et al.*, 2022; Fioretti *et al.*, 2023; Fraga *et al.*, 2025).

Nesse contexto, portanto, os estudos sobre qualidade ambiental urbana em municípios pequenos e médios se tornam relevantes e necessários, tanto por oportunidade de um planejamento real, quanto pela perspectiva da melhoria na qualidade de vida derivada na qualidade ambiental. Considerando o exposto, essa pesquisa se desenvolveu avaliando a paisagem urbana de São Borja-RS, município que apresenta em torno de 59 mil habitantes (IBGE, 2022) e possui área urbana de 19 km², localizando-se à margem do rio Uruguai na fronteira entre Brasil e Argentina.

Destaca-se, ainda, o atual conjuntura de mudanças climáticas, cujas projeções para o Rio Grande do Sul mostram cenários de aumento na temperatura, alterações nos ciclos de chuvas, aumento na vazão dos rios, mudanças no nível do mar (Naitzel; Bravo; Ruhoff, 2021; Scaglioni *et al.*, 2023; Trentim, 2023).

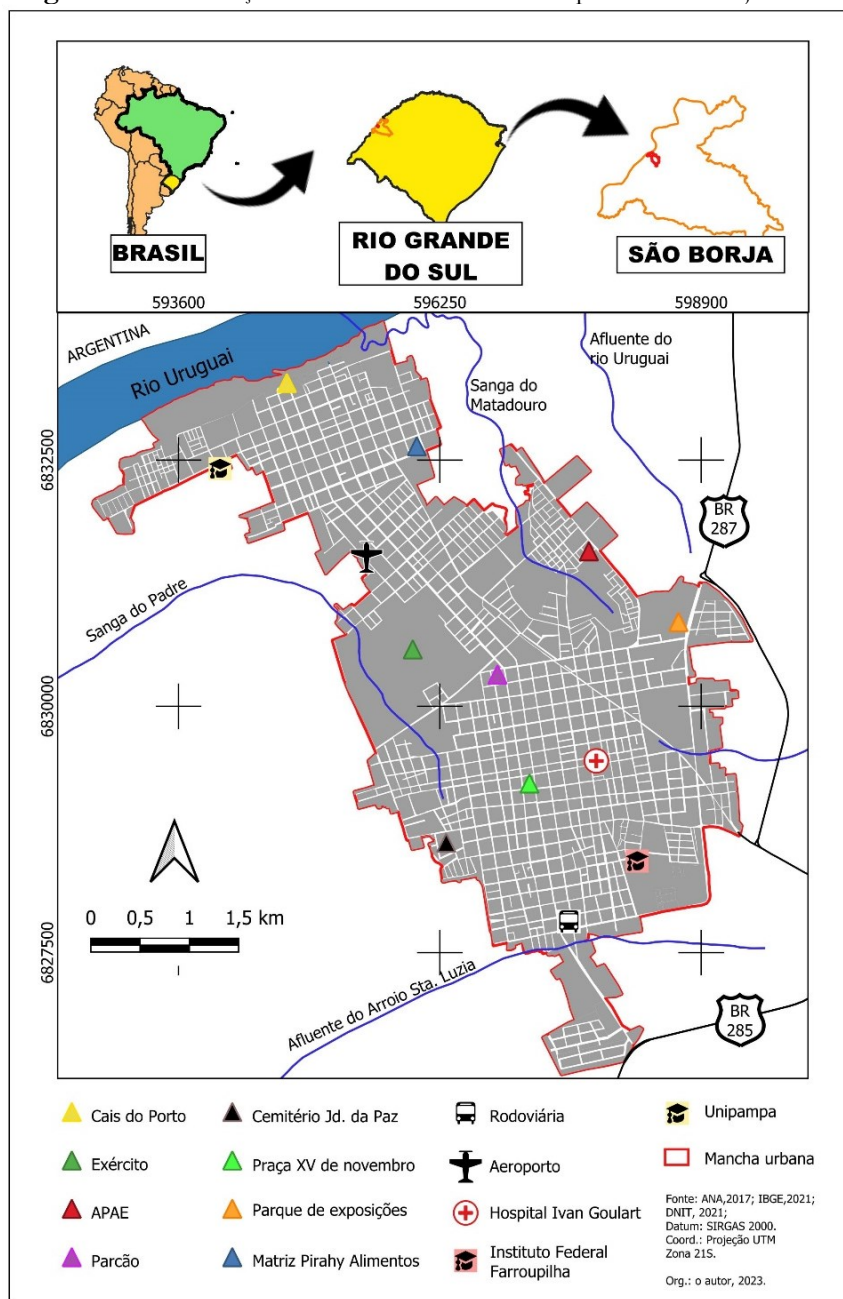
Sendo assim, medidas visando a adaptação no espaço urbano são latentes. No caso de São Borja, avaliar a qualidade ambiental pode indicar necessidade maior ou menor de cuidados com áreas verdes, arborização de rua, proteção das áreas de preservação permanente, entre outras.

Diante do exposto, o estudo analisou a qualidade ambiental da área urbana de São Borja-RS mediante a comparação da cobertura da terra entre 2002 e 2022. Com base nisso, foram identificadas as classes de cobertura mais e menos afetadas pelas transformações, bem como as implicações dessas mudanças para a qualidade ambiental municipal.

MATERIAIS E MÉTODO

São Borja é um município brasileiro localizado no Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira entre Brasil e Argentina, a cerca de 590 km de Porto Alegre, capital do Estado. Possui população em torno de 59 mil habitantes (IBGE, 2022) e uma área urbana de aproximadamente 19 km² (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área urbana do município de São Borja-RS



Fonte: os autores (2023).

Todos os processos relativos à cartografia digital e geoprocessamento ocorreram por meio do software Qgis 3.28.4 Firenze e com base em imagens de satélite. Para o ano de 2002 foi organizado um mosaico de imagens retiradas do Google Earth Pro e georreferenciadas, enquanto as imagens de 2022 foram captadas por meio do plug-in Quick Map Service no próprio Qgis.

A base cartográfica foi organizada com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017) e do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (Brasil, 2021).

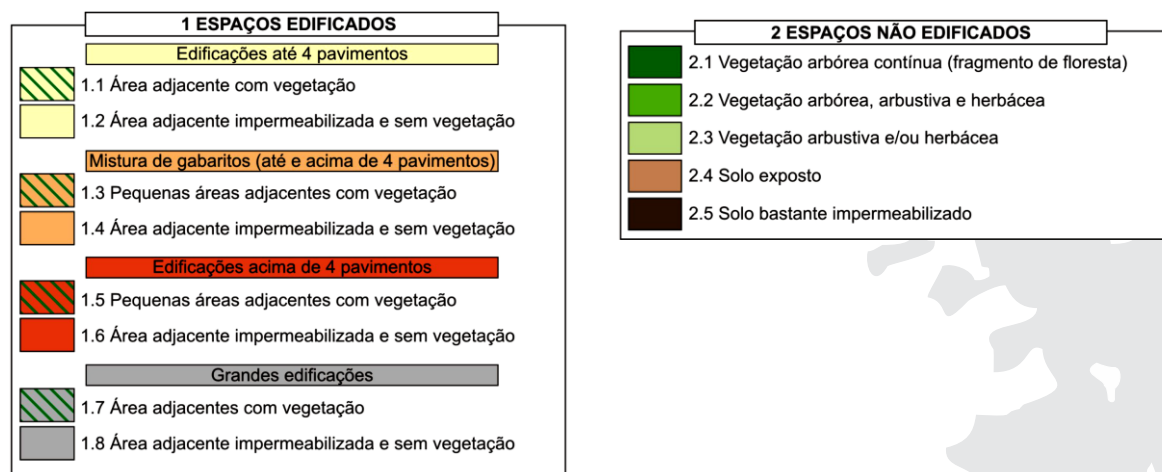
Quanto aos dados relativos ao arruamento, em função na inexistência de uma base de dados de acesso público e da defasagem dos dados adquiridos junto à Prefeitura de São Borja, foram utilizadas bases provenientes do Open Street Maps (sem data) e corrigida pelos autores. A cobertura da terra e as classes de qualidade ambiental foram mapeadas de modo não automático por meio da interpretação das imagens e vetorização.

A área de estudos foi delimitada considerando a mancha urbana de 2022 uma vez que esta é maior do que a visualizada em 2002, servindo assim de base para a comparação da evolução na cobertura da terra e qualidade ambiental. A escala utilizada na interpretação das imagens foi 1:3.500, devido à necessidade que estudos sobre qualidade ambiental em meio urbano demandam em relação ao detalhamento nas informações de cobertura da terra (Nucci, 1996, 2008).

A qualidade ambiental foi mapeada por meio da proposta de Nucci, Ferreira e Valaski (2014), derivada de avanços na discussão sobre o método desenvolvido por Nucci (1996) e aprimorado por Valaski (2013).

A metodologia considera a cobertura da terra para identificar a estrutura e inferir a dinâmica da paisagem. Para tanto, são mapeados os espaços edificados e espaços não edificados, analisando-se a presença e o porte da vegetação, o número de pavimentos das edificações, bem como, a presença de áreas com solo exposto ou impermeabilizados, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 – Legenda para classificação da cobertura da terra



Fonte: Valaski (2013) e Nucci, Ferreira e Valaski (2014).

A espacialização da cobertura da terra foi seguida pela reclassificação dos dados (Quadro 1) e pela elaboração de um cartograma. A gradação de cores, do verde (melhor qualidade) ao preto (pior qualidade), representa as variações na qualidade ambiental. O cartograma final permitiu calcular e espacializar a área de cada classe.

Para a análise diacrônica, compararam-se qualitativamente os mapeamentos de 2002 e 2022, examinando a espacialização das classes e a dinâmica da paisagem, conforme Valaski (2013). Quantitativamente, os dados foram sintetizados em um diagrama de Sankey (Schmidt, 2008), ilustrando as transições entre as principais classes de qualidade ambiental ao longo do período.

Quadro 1 – Qualidade ambiental com base na classificação da cobertura da terra

QUALIDADE AMBIENTAL	MELHOR	1	2.1+2.2 – Áreas cobertas por vegetação arbórea, arbustiva e herbácea.
		2	2.3+2.4 – Áreas cobertas por vegetação arbustiva e/ou herbácea; solo exposto.
		3	1.1 – Edificações de até 4 pavimentos e áreas adjacentes com vegetação.
		4	1.2+1.3 – Edificações de até 4 pavimentos, com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação ou mistura de gabaritos com edificações acima de 4 pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação.
		5	2.5 – Áreas com solos bastante impermeabilizados.
		6	1.4 – Edificações até ou acima de 4 pavimentos e com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação.
		7	1.5 – Edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes com vegetação.
		8	1.6 – Edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.
		9	1.7 – Grandes edificações com vegetação nas áreas adjacentes.
	PIOR	10	1.8 – Grandes edificações com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.

Fonte: Valaski (2013) e Nucci, Ferreira e Valaski (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O debate em torno da quantidade ideal de espaços edificados e não edificados varia em função de objetivos que vão de questões ambientais até econômicas, deste modo, não existem valores consensuais em relação a proporção de cada categoria, entretanto, setores de planejamento da Alemanha sugerem como referência uma proporção de 40% para espaços não edificados, 40% para espaços edificados e 20% de espaços de integração viária (Berlim, 1995).

Por meio de dados do Atlas Ambiental de Berlim (1995), Gouvea, Nucci e Liberti (2021) mostram que a média da proporção em importantes cidades alemãs é de 47% para espaços não edificados, 39% de espaços edificados e 14% para espaços de integração viária. No Brasil, Ferreira (2015) aponta uma proporção de 49% para espaços edificados, 38% de espaços não edificados e 13% de espaços de integração viária para o município de Curitiba-PR.

Em São Borja, a comparação da cobertura da terra entre os anos de 2002 e 2022 mostra que os espaços edificados passaram de 28,9% para 43,1%, enquanto que os espaços não edificados foram reduzidos de 57% para 39,5% (Tabela 1). Tal variação implica diretamente na qualidade ambiental uma vez que as classes associadas à espaços não edificados são desejáveis na paisagem urbana, pois, apresentam características como a presença de vegetação ou solos permeáveis,

coberturas estas que promovem qualidade do ar, regulação térmica, alta biodiversidade, baixo escoamento superficial dentre outras funções ambientais (Valaski, 2013).

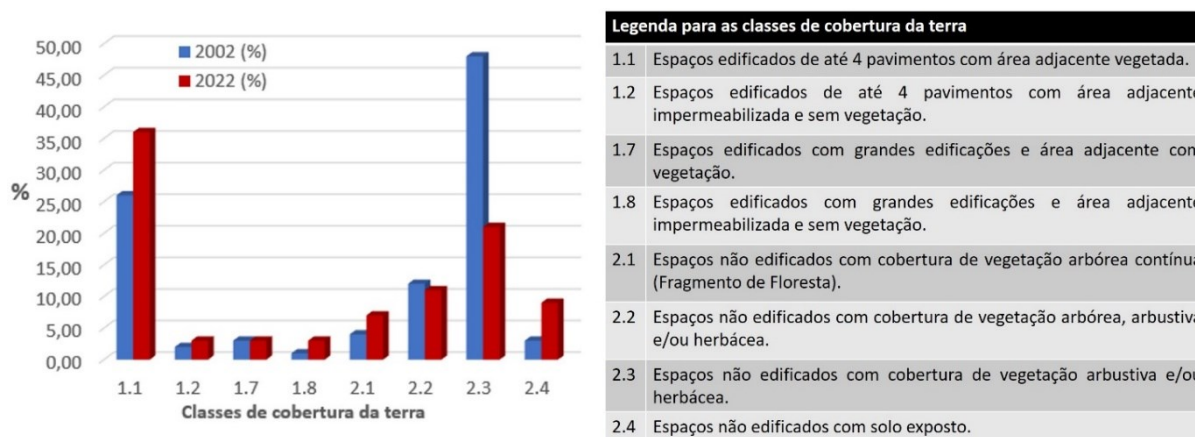
Deste modo, com a redução de 17,5 pontos percentuais (3,3 km²) na quantidade de espaços não edificados, e no aumento das áreas com espaços edificados e de integração viária (Tabela 1), constatou-se piora na qualidade ambiental de São Borja. Todavia, os valores aproximam-se da sugestão derivada dos organismos de planejamento alemães o que indica que a qualidade ambiental urbana de São Borja-RS não pode ser considerada ruim. Perspectivas futuras de planejamento que considerem as questões ambientais podem auxiliar a melhoraria na proporção entre estas categorias privilegiando a qualidade ambiental urbana.

Tabela 1 – Cobertura da terra nos anos de 2002 e 2022, São Borja-RS

Categoria	2002		2022	
	Área (km ²)	Proporção (%)	Área (km ²)	Proporção (%)
Espaços edificados	5,5	28,9	8,2	43,1
Espaços não edificados	10,8	57,0	7,5	39,5
Espaços de integração viária	2,7	14,1	3,3	17,4
Total	19	100	19	100

Fonte: os autores (2023).

Ao detalhar a cobertura da terra considerando os espaços não edificados, a classe composta por vegetação herbácea e/ou arbustiva (2.3) foi a que sofreu maior redução: em torno de 4,4 km² a menos. A segunda classe a perder mais área foi a 2.2, caracterizada por vegetação arbórea, arbustiva e/ou herbácea com redução de 0,21 km² (21 hectares). Em contrapartida as classes 2.1 (vegetação arbórea contínua – fragmentos florestais) e 2.4 (solo exposto), obtiveram aumento, contudo, não na mesma proporção da diminuição sofrida pela classe com vegetação herbácea e/ou arbustiva (2.3) (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Comparação entre as classes de cobertura da terra em 2002 e 2022

Fonte: os autores (2023).

Dentre os espaços edificadas destaca-se a classe 1.1 (edificações de até quatro pavimentos e com vegetação nas áreas adjacentes) que obteve aumento de 1,6 km² ou 10 pontos percentuais (Gráfico 1). Dentre as classes de espaços edificadas essa é a que apresenta melhor qualidade ambiental. A estrutura da paisagem, identificada por meio das imagens de satélite e que caracteriza a classe 1.1, implica em uma dinâmica que permite a infiltração da água das chuvas, escoamento superficial relativamente baixo, regulação térmica por meio da presença de vegetação, conforme evidencia a figura 3.

Figura 3 – Inferência da dinâmica com base na estrutura da paisagem na classe 1.1

Fonte: Valaski (2013), Google Earth Pro (2023) e Freepik (2023).

Destaca-se, ainda, a classe 1.2 (espaços edificadas compostos por edificações de até quatro pavimentos com adjacência impermeabilizada e sem vegetação) que aumentou cerca de 1 km². Em relação às demais classes de espaços edificadas propostas por Nucci, Ferreira e Valaski (2014), todas obtiveram algum aumento no período. Ainda, a classe 1.6 (edificações acima de quatro

pavimentos com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação) que não havia sido registrada em 2002 na escala de estudo, passou a estar representada em 2022, mesmo que em pequena proporção.

Considerando as coberturas da terra que representam as piores condições de qualidade ambiental, a classe 1.8 se destaca na paisagem (Figura 4), tratam-se de edificações de grande porte com entorno impermeabilizado e sem vegetação. Tal estrutura da paisagem implica em uma dinâmica associada a pouca ou nenhuma infiltração da água e consequente escoamento superficial elevado retirando a água do ambiente o que afeta o clima urbano e pode piorar condições de saúde respiratória e bem estar. Essa categoria de cobertura da terra está associada a diferentes usos que, em grande parte, envolvem alto fluxo de veículos e/ou veículos de grande porte muito poluidores, além de serem estruturas grandes e que demandam grande gasto de energia para sua manutenção o que configura um cenário de insustentabilidade.

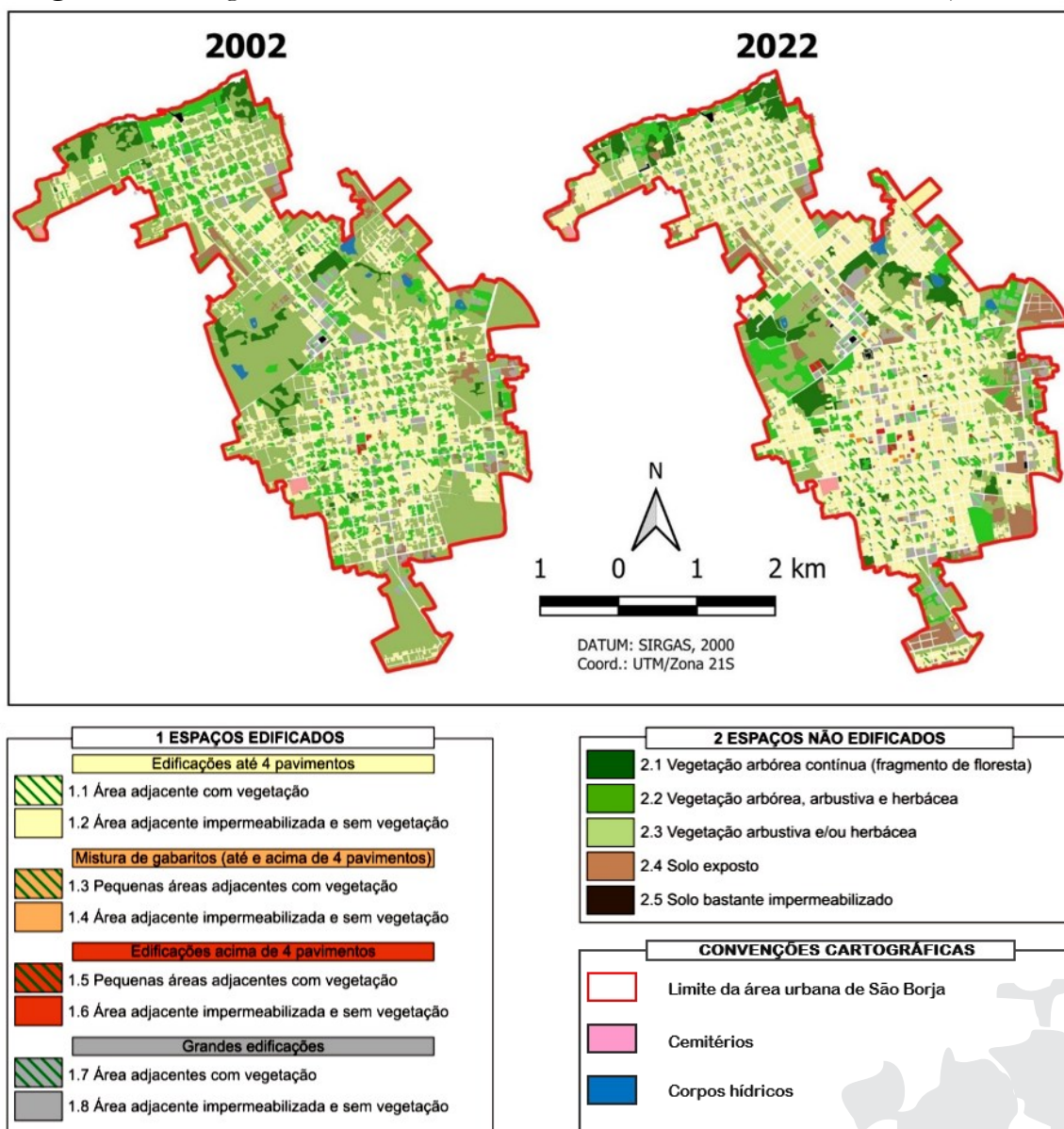
Figura 4 – Inferência da dinâmica com base na estrutura da paisagem na classe 1.8

 1.8 – Espaços edificados com grandes edificações e áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.		
		
Estrutura: Terreno sem edificações, permeável, com predomínio de vegetação arbórea. Fragmentos florestais.		
Dinâmica: Alta infiltração da água da chuva, alta taxa de evapotranspiração, escoamento superficial muito baixo, baixa amplitude térmica, baixa emissão de poluentes na atmosfera, grande variedade de espécies.		

Fonte: Valaski (2013), Google Earth Pro (2023) e Freepik (2023).

O mapeamento das classes de cobertura da terra no período pode ser visualizado na Figura 5 e corroboram com os dados apresentados no gráfico 1. É possível identificar que houve um adensamento nas edificações dos bairros por toda a cidade, bem como, expansão da área ocupada por novas edificações (Figura 5).

Figura 5 – Cartograma de cobertura da terra nos anos de 2002 e 2022, São Borja-RS



Fonte: os autores (2023).

No âmbito da expansão e do adensamento urbano verificado em São Borja, destacam-se algumas situações positivas, em relação à cobertura da terra, que fomentam a qualidade ambiental, como o aumento de três pontos percentuais na classe 2.1 (vegetação arbórea contínua), que ocorreu em algumas áreas de várzea nas margens do rio Uruguai ao norte e nas nascentes da sanga do Matadouro (Figuras 1 e 5). Ainda, dois grandes fragmentos florestais se expandiram na área pertencente ao exército enquanto nas proximidades da rodoviária e do cemitério Jardim da Paz foi constatado que alguns bairros passaram a uma cobertura arbórea significativa (Figuras 1 e 5).

Por sua vez, a classe 2.2, representada por vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, que praticamente se manteve estável em quantidade, mudou sua característica para grandes fragmentos

ao sul, oeste (área militar), ao leste e com importante aumento nas margens do rio Uruguai (Figuras 1 e 5). Entretanto, tal classe, que fazia parte da estrutura da paisagem dos bairros por toda a área urbana em 2002, foi substituída nessas áreas, preferencialmente, pela classe 1.1 (edificações de até quatro pavimentos e com vegetação no entorno) e 2.3 composta por vegetação arbustiva e/ou herbácea (Figura 5 e 7).

A importância dessas duas classes, associadas a espaços não edificados e com presença de vegetação, para a qualidade ambiental urbana é exemplificada por meio das figuras 6 e 7 em que são inferidas as dinâmicas de cada unidade de paisagem. Ambas as classes possuem grande função para a drenagem urbana, regulação térmica, presença de biodiversidade, benefícios ao bem estar, dentre outras.

Figura 6 - Inferência da dinâmica com base na estrutura da paisagem na classe 2.1

2.1 – Espaços não edificados com vegetação arbórea contínua		
		
Estrutura: Terreno sem edificações, permeável, com predominância de vegetação arbórea. Fragmentos florestais.	Dinâmica: Alta infiltração da água da chuva, alta taxa de evapotranspiração, escoamento superficial muito baixo, baixa amplitude térmica, baixa emissão de poluentes na atmosfera, grande variedade de espécies.	

Fonte: Valaski (2013), Google Earth Pro (2023) e Freepik (2023).

Figura 7 - Inferência da dinâmica com base na estrutura da paisagem na classe 2.2

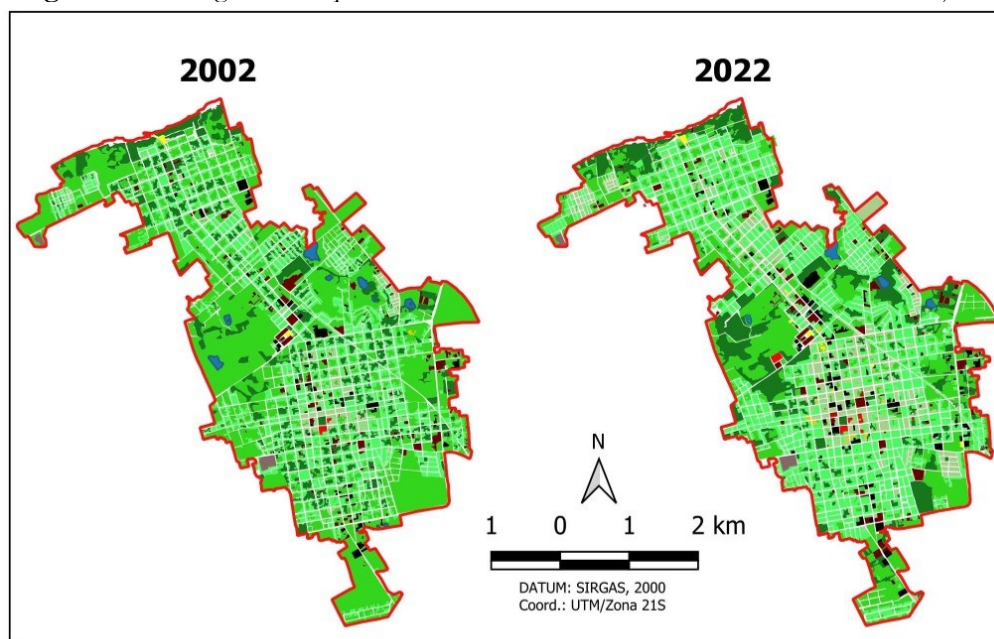
2.2 – Espaços não edificados com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea.		
		
Estrutura: Terreno sem edificações, permeável, com vegetação nos três estratos. A vegetação arbórea é mais esparsa, não formando fragmentos densos.	Dinâmica: Redução do escoamento superficial em relação à classe 2.1, escoamento superficial baixo, baixa emissão de poluentes na atmosfera, redução na variedade de espécies da flora e da fauna, diminuição da evapotranspiração.	

Fonte: Valaski (2013), Google Earth Pro (2023) e Freepik (2023).

Por fim, a classe relativa a solo exposto (2.4) aumentou em quantidade passando de 3% para 9% da área urbana de São Borja (Gráfico 1). Por mais que tal classe seja relacionada à boa qualidade ambiental principalmente por sua relação com o ciclo hidrológico, fica evidente nas imagens de 2022 que grande parte dessas áreas são lotes preparados para receber novas edificações, ou seja, há uma tendência à diminuição da qualidade ambiental.

Portanto, considerando a área urbana do município, houve um aumento significativo de 47,3% nos espaços edificados, que passaram de 5,5 km² em 2002, para 8,1 km² em 2022 (Tabela 1). Considerando um cenário em que essa tendência permanece, os espaços edificados poderão atingir 11,9 km² o que representaria mais de 60% da área urbana de São Borja, ficando bem acima dos 40% recomendados pelos órgãos de planejamento alemães (Berlim, 1995).

Com base nos levantamentos da cobertura da terra foi possível organizar as cartas de qualidade ambiental de São Borja para 2002 e 2022 (Figura 8), as quais indicam que de modo geral houve redução na qualidade ambiental urbana. Porém, a qualidade ambiental encontrada ainda pode ser considerada boa.

Figura 8 – Cartograma de qualidade ambiental nos anos de 2002 e 2022, São Borja-RS

Varição	Qualidade Ambiental	Cobertura da terra
MELHOR	1	2.1+2.2 – Áreas cobertas por vegetação arbórea, arbustiva e herbácea.
	2	2.3+2.4 – Áreas cobertas por vegetação arbustiva e/ou herbácea; solo exposto.
	3	1.1 – Edificações de até 4 pavimentos e áreas adjacentes com vegetação.
	4	1.2+1.3 – Edificações de até 4 pavimentos, com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação ou mistura de gabaritos com edificações acima de 4 pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação.
	5	2.5 – Áreas com solos bastante impermeabilizados.
	6	1.4 – Edificações até ou acima de 4 pavimentos e com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação.
	7	1.5 – Edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes com vegetação.
	8	1.6 – Edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.
	9	1.7 – Grandes edificações com vegetação nas áreas adjacentes.
PIOR	10	1.8 – Grandes edificações com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.

Fonte: os autores (2023).

Entretanto, constatou-se redução na presença de áreas com as melhores classes de qualidade ambiental (Classes 1 e 2) no interior dos bairros (Figura 8). A classe 1, composta por espaços não edificados e com cobertura vegetal (arbórea, arbustiva e/ou herbácea – Fragmentos Florestais), cede lugar à classe 2 com vegetação arbustiva e/ou herbácea e solo exposto, e à classe 3 com edificações de até quatro pavimentos com áreas adjacentes vegetadas (Figura 8).

A classe 4, composta pelas coberturas que envolvem edificações de até quatro pavimentos, com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação ou mistura de gabaritos com edificações acima de quatro pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação, também apresentou aumento como verificado na área central do município, bem como, nas proximidades da Unipampa, do Instituto Federal Farroupilha e da APAE (Figuras 1 e 8).

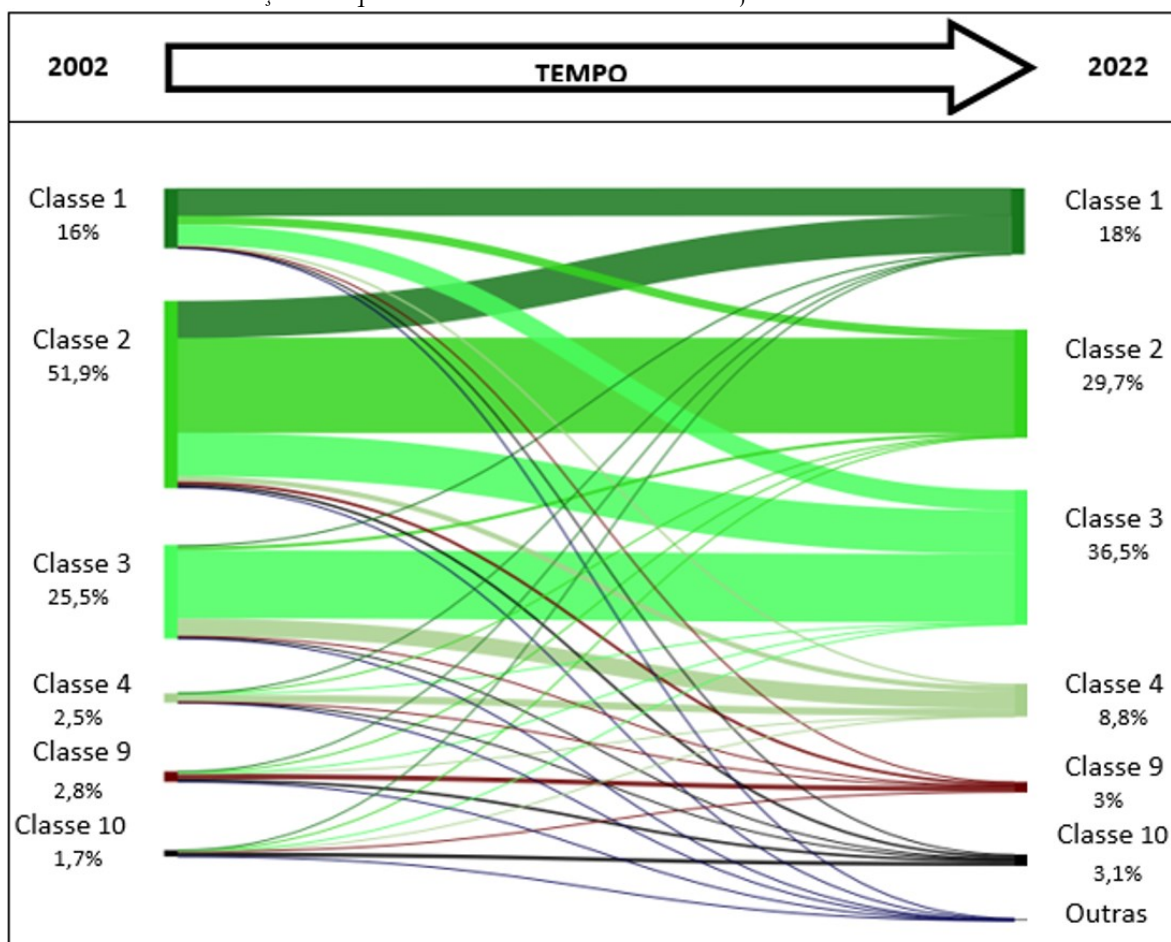
Em relação às classes de pior qualidade ambiental (7, 8, 9 e 10) não houve um significativo avanço em proporção. Tais classes envolvem áreas com edificações acima de quatro pavimentos ou edificações de grande porte (galpões, silos, outras), áreas impermeabilizadas e com pouca ou nenhuma vegetação. No entanto, a comparação entre a qualidade ambiental de 2002 e 2022 evidencia um aumento na presença de tais classes no entorno da rodoviária e também do Parcão (Figuras 1 e 8).

Na área que envolve o centro da cidade (arredores da Praça XV de novembro, Figura 1) houve, além do aumento na quantidade, uma diversificação das coberturas associadas à baixa qualidade ambiental, inclusive com o registro de cobertura da terra composta por edificações acima de quatro pavimentos com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação que está associada à classe de qualidade ambiental 8 (Figura 8).

É possível constatar que as áreas cobertas por vegetação arbórea, arbustiva e herbácea mesmo ganhando área no cômputo geral (Gráfico 2), tornaram-se áreas cobertas por vegetação arbustiva e/ou herbácea ou solo exposto e, principalmente, deixaram de ser espaços não edificados com vegetação, para se tornar espaços edificados (Figura 8; Gráfico 2). Contudo, a classe 1 aumenta de 16% para 18% no período analisado e esse processo pode ser explicado pelos aportes de área provenientes de cobertura vegetal arbustiva e/ou herbácea e/ou solo exposto (Classe 2).

A classe composta por vegetação arbustiva e/ou herbácea, bem como, solo exposto (Classe 2), foi a que mais perdeu área 2002 e 2022, uma diminuição de 22,2 pontos percentuais. Dentre a área perdida, 1,5 km² tornaram-se áreas não edificadas com presença de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, melhorando a qualidade ambiental nesses locais. Todavia, outra grande parcela (1,8 km²) tornou-se áreas com edificações de até quatro pavimentos e adjacências com vegetação (Classe 3) e, nesse caso, há uma diminuição da qualidade ambiental (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Evolução da qualidade ambiental de São Borja entre 2002 e 2022.



Legenda:

Variação	Qualidade Ambiental	Cobertura da terra
<div> <div>MELHOR</div> <div>QUALIDADE AMBIENTAL</div> <div>PIOR</div> </div>	1	2.1+2.2 – Áreas cobertas por vegetação arbórea, arbustiva e herbácea.
	2	2.3+2.4 – Áreas cobertas por vegetação arbustiva e/ou herbácea; solo exposto.
	3	1.1 – Edificações de até 4 pavimentos e áreas adjacentes com vegetação.
	4	1.2+1.3 – Edificações de até 4 pavimentos, com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação ou mistura de gabaritos com edificações acima de 4 pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação.
	5	2.5 – Áreas com solos bastante impermeabilizados.
	6	1.4 – Edificações até ou acima de 4 pavimentos e com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação.
	7	1.5 – Edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes com vegetação.
	8	1.6 – Edificações acima de 4 pavimentos com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.
	9	1.7 – Grandes edificações com vegetação nas áreas adjacentes.
	10	1.8 – Grandes edificações com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação.

Fonte: os autores (2023).

pavimentos e adjacências impermeabilizadas e sem vegetação, ou, mistura de gabaritos com edificações acima de quatro pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação (Classe 4), sendo esta a segunda que mais aumentou em quantidade, foram 6,3 pontos percentuais.

Portanto, considerando classes de qualidade ambiental, as áreas classificadas com as três melhores classes (Classes 1, 2 e 3) totalizavam 17,7 km² (93,4%) da área urbana de São Borja em 2002. Porém, em 2022 a área coberta por tais classes passou a compreender 16 km², uma redução de 1,7 km² o que corresponde a uma perda de cerca de 10% no período de 20 anos.

Tendo em vista o exposto, se a tendência identificada entre 2002 e 2022 se mantiver pelos próximos 20 anos, a perspectiva é a de que a os espaços edificados passem a preponderar, ocupando mais de 60% da área urbana, ultrapassando os 40% sugeridos pelos organismos de planejamento da Alemanha como ideal para uma boa qualidade ambiental urbana. Da mesma maneira, demonstrou-se que as três classes de melhor qualidade ambiental, consideradas em conjunto, passaram por uma redução em torno de 10%, tendência que a longo prazo também representa prejuízo à qualidade ambiental do município.

Deste modo, a fiscalização efetiva sobre o processo de adensamento das edificações nos bairros, ou mesmo, o processo de expansão urbana identificado por meio de novas edificações ao norte e ao sul e pela grande quantidade de novos loteamentos são medidas importantes. Ainda, seria fundamental o desenvolvimento do plano de arborização urbana previsto na Lei orgânica do município (São Borja, 2001), além do cumprimento das leis ambientais existentes, por parte do poder executivo.

CONCLUSÃO

O levantamento e comparação da cobertura da terra na área urbana do município de São Borja e, posteriormente, de sua qualidade ambiental, para os anos de 2002 e 2022, indicam que, apesar da boa qualidade ambiental encontrada no município tanto em 2002 quanto em 2022, houve mudanças na cobertura da terra preferencialmente no sentido da redução da qualidade ambiental.

Nesse âmbito, os espaços edificados passaram de 28,9% para 43,1%, enquanto os espaços não edificados foram reduzidos de 57% para 39,5% do total da área urbana de São Borja.

Em relação aos espaços não edificados, houve diminuição de 21 ha nas áreas cobertas por vegetação arbustiva e/ou herbácea (classe 2.2), que passaram a ser preferencialmente áreas de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea (classe 2.1), o que é positivo considerando a qualidade ambiental. As alterações positivas ocorreram preferencialmente nas margens do rio Uruguai, na área militar e em algumas grandes propriedades privadas na proximidade da APAE.

Porém, em relação a classe 2.3 (vegetação herbácea e/ou arbustiva), foram perdidos 4,4 km² que, por sua vez, tornaram-se espaços com edificações de até quatro pavimentos e áreas adjacentes com vegetação (Classe 1.1), o que confere redução na qualidade ambiental. A classe composta por solos expostos (2.4), que aumentou de 3% para 9%, no ano de 2022 apresentou características de novos loteamentos, o que pode vir a ser negativo para a qualidade ambiental.

A classe 1.1 foi a categoria de espaços edificados que passou a ocupar maior área considerando o perímetro urbano de São Borja, com mais de 36% do todo. É possível identificar sua presença de modo contínuo por todo o município. Destaca-se, ainda, a classe 1.6 (edificações acima de 4 pavimentos e com áreas adjacentes impermeabilizadas), que não havia sido identificada em 2002, bem como a maior dispersão da classe 1.8, composta por grandes edificações e áreas adjacentes sem vegetação e impermeabilizadas.

Considerando as classes de qualidade ambiental, houve redução de 1,7 km² (10%) no conjunto das três melhores classes (1, 2 e 3), que correspondem a áreas com vegetação e edificações de até quatro pavimentos com entorno vegetado.

A espacialização da qualidade ambiental mostrou que houve adensamento das áreas que já estavam edificadas em 2002, principalmente na área central, mas também no entorno do Parcão, da Rodoviária, da Unipampa, do Instituto Federal e da APAE. A classe 4, composta pelas coberturas que envolvem edificações de até quatro pavimentos, com áreas adjacentes impermeabilizadas e sem vegetação ou mistura de gabaritos com edificações acima de quatro pavimentos e pequenas áreas adjacentes com vegetação, passa a se destacar nesse contexto tendo uma variação de 2,5% para 8,8% do total da área urbana.

Portanto, conclui-se que houve redução na qualidade ambiental urbana em São Borja entre 2002 e 2022. Entretanto a qualidade ambiental ainda pode ser considerada boa em função da presença de espaços não edificados e com vegetação. Deve-se, todavia, haver preocupação com o modelo de planejamento urbano pensado para o município, uma vez que se mantiver as alterações da cobertura da terra semelhante à dos 20 anos analisados, a tendência é o comprometimento da qualidade ambiental urbana.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, Marina. The Effects of urban patterns on ecosystem function. **International Regional Science Review**, Thousand Oaks, v. 28, n. 2, p. 168–192, 2005.

ANA -AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Catálogo de metadados da ANA**. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c>. Acesso em: 27 jun. 2023.

BERLIM. Senate Department of Urban Development. **Environmental atlas**. Actual use of built-up áreas. Berlin: SDUD, 1995. Disponível em: https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ed601_05.htm#Abb1. Acesso em: 14 fev. 2024.

BERTO, Vagner Zamboni; NUCCI, João Carlos; VALASKI, Simone. Hemerobia como indicador de sustentabilidade ambiental urbana: estudo de evolução da paisagem do bairro Cachoeira, Curitiba, Paraná, Brasil. **Geografar**, Curitiba, v. 18, p. 129–148, 2023.

BEZERRA, Letícia G. da Silva; SILVA, Márcia R. Farias da; GRIGIO, Alfredo M.; PESSOA, Zoraide S. Contribuições dos estudos sobre a qualidade ambiental urbana na implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, Tupã, v. 8, n. 21, p. 2020, 2020.

BILMAYER, Ana Flávia; MEZZOMO, Maristela Denise Moresco. Cobertura da terra e qualidade ambiental: o caso de Peabiru-PR. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau, v. 7, n. 1, p. 165–186, 2019.

BOTERO, María Victoria P.; ÁLVAREZ, Isabel Cristina E. La tendencia ambiental urbana en ciudades intermedias. Una propuesta metodológica. **Gestión y Ambiente**, Bogotá, v. 13, n. 1, p. 37-52, 2010.

BRANKOVIĆ, Milena D.; ĐEKIĆ, Jelena; IGIĆ, Milica; MARKOVIĆ, Milica. Small urban streams in enhancing city resilience – theoretical perspective and the possibilities of use in the city of Niš, Serbia. **STEPGRAD**, Banja Luka, v. 1, n. 15, p. 419-434, Sep. 2022. DOI: <https://doi.org/10.7251/STP2215419D>

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. **BIT mapas**. Brasília, DF: DNIT, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bit-mapas>. Acesso em: 2 set. 2022.

CROESE, Sylvia; GREEN, Cayley; MORGAN, Gareth. Localizing the sustainable development goals through the lens of urban resilience: lessons and learnings from 100 resilient cities and Cape Town. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 2, p. 550, 2020.

ESPÍNDOLA, Isabela Battistello; RIBEIRO, Wagner Costa. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 22, n. 48, p. 365–396, 2020.

FERREIRA, Manoella Barros Pedreira. **Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana**: estudo aplicado ao município de Curitiba-PR. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FIORETTI, Carlotta; SARACENO, Pier; PERPIÑA CASTILLO, Carolina; TESTORI, Giulia. **Policy atlas of sustainable urban development for small urban areas**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023.

FOLEY, Jonathan A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, Carol; BONAN, Gordan; CARPENTER, Stephen R.; CHAPIN, F. Stuart; COE, Michael T.; DAILY, Gretchen C.; GIBBS, Holly K.; SNYDER, Peter K. Global consequences of land use. **Science**, Washington, DC, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005.

FRAGA, Brendow de Oliveira; EMMENDOERFER, Magnus Luiz; MEDIOTTE, Elias José; ALMEIDA-PINTO, Neide Maria de. Planejamento estratégico e slow movement: reflexões a partir de um pequeno município brasileiro sob a ótica sociológica de Norbert Elias. **Territórios**, São Paulo, v. 52, p. 1-24. 2025.

FREEPIK. **Free illustrations**. Malaga imagens. Disponível em: <https://www.freepik.com/illustrations>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FURUZAWA, Marcos; PIRES, Christian; TONETTI, Emerson Luís. Mudanças no uso do solo (2008-2018) na Avenida Prefeito Roque Vernalha, Paranaguá, Paraná. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, Tupã, v. 10, n. 26, p. 85-95, 2022.

GOOGLE EARTH PRO. Estados Unidos: Google LLC, 2023.

GOUVEA, Gabriela Muller; NUCCI, João Carlos; LIBERTI, Eduardo. Cobertura da terra e qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Vila Pinheiros, Curitiba, Paraná. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 80, p. 153-168, 2021.

GUILHERME, Filipa; GONÇALVES, José Alberto; CARRETERO, Miguel A.; FARINHA-MARQUES, Paulo. Assessment of land cover trajectories as an indicator of urban habitat temporal continuity. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 242, p. 104932, 2024.

HAAREN, Christina Von; LOVETT, Andrew A.; ALBERT, Christian. Theories and Methods for Ecosystem Services Assessment in Landscape Planning. In: HAAREN, Christina Von; LOVETT, Andrew A.; ALBERT, Christian (ed.). **Landscape planning with ecosystem services: theories and methods for application in Europe**. Dordrecht: Springer, 2019. p. 19-42.

HAASE, Dagmar; JÄNICKE, Clemens; WELLMANN, Thilo. Front and back yard green analysis with subpixel vegetation fractions from earth observation data in a city. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 182, p. 44-54, 2019.

IBGE. Cidades. **São Borja**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sao-borja/panorama>. Acesso em: 25 fev. 2022.

KIEMSTEDT, Hans, HAAREN, Christina Von; MÖNNECKE, Margit; OTT, Stefan. **Landscape planning**. Bonn: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 1998.

KRÖKER, Rudolf. **Transformação da paisagem e estado hemerobiótico do bairro Santa Felicidade**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MACEDO, Laura Silvia Valente. **Participação das cidades brasileiras na governança multinível das mudanças climáticas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017.

MATOS, Amanda Carolina Santos de. **Qualidade ambiental urbana**. O caso de Almada e Pragal. Lisboa, 2022. Dissertação (Mestrado em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Portugal, Lisboa, 2022.

MENDONÇA, Viviane Ferreira; FACCO, Gabriela Rossatto; MARQUES, Luiza Barbosa; BIALVO, Nathalia Lowyze Heintze; STALL-FILHO, Renato; ROCHA, Ana Paula de Almeida.

Abordagem de certificações ambientais e ODS 11 para a concepção de uma cidade sustentável. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas, RS. **Anais eletrônicos** [...]. Pelotas: UFPEL, 2023. DOI <https://doi.org/10.46421/sbqp.v3i.4071>

MOURA, Angelita Rolim de. **Qualidade ambiental urbana no bairro de Santa Cecília (centro de São Paulo -SP)**: estudo comparativo e de monitoramento dos anos de 1992 a 2008. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

NAITZEL, Leticia Tábita; BRAVO, Juan Martín; RUHOFF, Anderson Luís. Validação de modelos climáticos globais para o Rio Grande do Sul. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte, MG. **Anais eletrônicos** [...]. Porto Alegre: ABRHidro, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/233963>. Acesso em: 20 dez. 2023.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. 2. ed. Curitiba: Edição do autor, 2008.

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 1996. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, SP, São Paulo, 1996.

NUCCI, João Carlos; BELEM, Anderson Luís Godinho; KRÖKER, Rudolf. Evolução da paisagem no bairro de Santa Felicidade (Curitiba-PR) com base no conceito de hemerobia. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 31, p. 58–71, 2016.

NUCCI, João Carlos; FERREIRA, Manoella Barros Pedreira; VALASKI, Simone. Cobertura do solo e qualidade ambiental urbana como subsídios ao planejamento da paisagem. *In*: CONGRESO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES, 6., 2014, São Paulo, SP. **Anais** [...]. São Paulo: USP, 2014. p. 2886-2902.

OPENSTREETMAP FOUNDATION. Data Base. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=14/-28.6591/-56.0012>. Acesso em: 2 set 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **The world's cities in 2018**. Disponível em: [the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf](https://www.un.org/development/desa/pubs/2018/the-worlds-cities-in-2018-data-booklet.pdf). Acesso em: 27 jul. 2023a.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Nações Unidas Brasil. **Os objetivos do desenvolvimento sustentável no Brasil**. Cidades e comunidades sustentáveis. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 23 dez. 2023b.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. *QGIS*: Versão 3.28.4 'Firenze'. [S. l.: s. n.], 2022. Geographic Information System.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Arquitetura Cidade e Contemporaneidade, Pelotas, v. 5, n. 19, 2021. DOI:
<https://doi.org/10.15210/pixo.v5i19.20906>

SÃO BORJA. Prefeitura Municipal. Legislação Municipal. **Lei orgânica de São Borja-RS**. São Borja, RS: Câmara Municipal, 2001. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/lei-organica-sao-borja-rs>. Acesso em: 20 dez. 2023.

SCAGLIONI, Taís Pegoraro; BRESSAN, Leandra Martin; FERNANDES, Renata Knorr Ungaretti; NUNES, André Becker. Oscilações climáticas e a relação com os eventos extremos de precipitação na bacia hidrográfica do Camaquã/RS. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 33, p. 260–277, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55761/abclima.v33i19.16649>

SCHMIDT, Mario. The sankey diagram in energy and material flow management – part II: methodology and current applications. **Journal of Industrial Ecology**, Malden, v. 12, n. 2, p. 173–185, 2008.

TRENTIM, Iran Carlos Lovis. A crise da agropecuária e as mudanças climáticas no Rio Grande Do Sul-Brasil. **Revista Foco**, Curitiba, v. 16, n. 11, p. e3361, 2023.

UCHIDA, Kenta; BLAKEY, Rachel V.; BURGER, Joseph Robert; COOPER, Daniel S.; NIESNER, Chase A.; BLUMSTEIN, Daniel T. Urban biodiversity and the importance of scale. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, MA, v. 36, n. 2, p. 123–131, 2021. DOI: [10.1016/j.tree.2020.10.011](https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.10.011)

VALASKI, Simone. **Estrutura e dinâmica da paisagem subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba-PR**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

YU, Bao; WANG, Jianmei; LI, Ya. Environmental aspects of the european experience in landscape planning. **Problemy Ekorozwoju**, Lublin, Poland, v. 17, n. 1, p. 301–309, 2022.

Recebido em: fevereiro de 2024
Aceito em: outubro de 2025