

Capítulo VI

TRANSFORMAÇÕES ANTRÓPICAS EM AMBIENTES COSTEIROS: UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA LAGUNAR DE PIRATININGA (NITERÓI-RJ) À LUZ DO ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA).





TRANSFORMAÇÕES ANTRÓPICAS EM AMBIENTES COSTEIROS: UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA LAGUNAR DE PIRATININGA (NITERÓI-RJ) À LUZ DO ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA).

Minércia Job Macamo¹, Camila Américo dos Santos², Ruan Vargas³, Fábio Ferreira Dias⁴

¹Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossistema, minerciajob@id.uff.br (autora correspondente)

²Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros, camilaamerico@id.uff.br

³Universidade Federal Fluminense, ruanvargas@id.uff.br

⁴Universidade Fluminense, Departamento de Análise Geoambiental, fabioferreiradias@id.uff.br

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do sistema lagunar de Piratininga entre os anos de 1985, 2000 e 2023, e o cálculo Índice de Transformação Antrópica (ITA) como ferramenta de quantificação das pressões antrópicas. A metodologia empregou dados da plataforma MapBiomias (Coleção 8) para a classificação de uso e ocupação do solo, e aplica o Índice de Transformação Antrópica (ITA) como instrumento de diagnóstico da degradação ambiental decorrente da ocupação humana, esses dados foram processados no software QGIS. Os resultados indicam uma expansão significativa da área urbanizada (de 2,309 km² em 1985 para 5,915 km² em 2023), acompanhado da redução de áreas naturais sensíveis, como campos alagados (0,038 km² em 2023) e mosaicos de usos. Por outro lado, registou-se um aumento da formação florestal (de 9,251 km² para 10,642 km²). O ITA indicou degradação “regular” (de 4,080 em 1985; 4,892 em 2000; 4,985 em 2023). Portanto, o ITA mostrou intensificação das pressões antrópicas. Além disso, limitações metodológicas do MapBiomias, especialmente na classe “Mosaico de Usos”, indicam desafios para a precisão do índice. A conservação do sistema lagunar exige ações de saneamento básico e proteção de áreas frágeis, acompanhadas de políticas públicas que conciliem desenvolvimento e preservação.

Palavras-Chave: Transformação antrópica; uso e ocupação do solo e Economia azul.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the evolution of land use and occupation in the Piratininga lagoon system watershed between 1985, 2000, and 2023, and to calculate the Anthropogenic Transformation Index (ATI) as a tool for quantifying anthropogenic pressures. The methodology used data from the MapBiomias platform (Collection 8) for the classification of land use and occupation, and applied the Anthropogenic Transformation Index (ATI) as a diagnostic

tool for environmental degradation resulting from human occupation. These data were processed using QGIS software. The results indicate a significant expansion of the urbanized area (from 2,309 km² in 1985 to 5,915 km² in 2023), accompanied by a reduction in sensitive natural areas, such as wetlands (0.038 km² in 2023) and mosaics of uses. On the other hand, there was an increase in forest formation (from 9,251 km² to 10,642 km²). The ITA indicated “regular” degradation (from 4.080 in 1985; 4.892 in 2000; 4.985 in 2023). Therefore, the ITA showed an intensification of anthropogenic pressures. In addition, methodological limitations of MapBiomias, especially in the “Mosaic of Uses” class, indicate challenges for the accuracy of the index. The conservation of the lagoon system requires basic sanitation and protection of fragile areas, accompanied by public policies that reconcile development and preservation.

Keywords: Anthropogenic transformation; Land use and occupation and Blue economy.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros e lagunares possuem papel fundamental na regulação ambiental, fornecimento de serviços ecossistêmicos e sustentação da biodiversidade. No entanto, vêm sendo severamente degradados pelas atividades humanas, principalmente em contextos urbanos. A ocupação desordenada do solo, o despejo de efluentes sem tratamento e a fragmentação da vegetação nativa são apenas alguns dos fatores que intensificam a pressão sobre esses sistemas frágeis, reduzindo sua capacidade de resiliência ambiental.

A bacia hidrográfica do sistema lagunar de Piratininga, localizada na região oceânica de Niterói (RJ), representa um exemplo emblemático dessa realidade. Historicamente composta por vegetação de restinga e remanescentes de Mata Atlântica, além de áreas alagadas e uso

multifuncional do solo, a região passou por profundas transformações antrópicas nas últimas décadas, principalmente associadas ao crescimento urbano e à ausência de saneamento básico. Como observou MELO (2016), em estudo sobre a sub-bacia do rio Itamirim-SE, atividades econômicas como a pecuária e a extração de recursos naturais influenciam diretamente a degradação da paisagem – dinâmica também evidente na bacia de Piratininga.

De forma semelhante, um estudo conduzido no estado de Sergipe detectou uma perda de 40% da cobertura florestal natural devido à ocupação humana, apontando uma ameaça real à biodiversidade regional (GALINA, ILHA & PAGOTTO, 2022). Tais cenários destacam a importância da análise multitemporal da ocupação do solo como forma de compreender os vetores da transformação antrópica. Nesse sentido, o Índice de Transformação Antrópica (ITA) tem se mostrado uma ferramenta eficiente para quantificar os impactos humanos sobre paisagens naturais ao longo do tempo (GOUVEIA et al., 2013; PERIM & COCCO, 2016).

Em paralelo a essa degradação, cresce a adoção do conceito de economia azul, um modelo de desenvolvimento que busca integrar o crescimento econômico com a conservação dos oceanos e zonas costeiras. Para SANTOS et al. (2022), a economia azul engloba atividades tradicionais e emergentes que geram riqueza e promovem a valorização dos recursos hídricos e marinhos de maneira sustentável. Essa visão está alinhada ao que propõe o Banco Mundial (2017), ao considerar a economia azul como caminho para garantir sustentabilidade ambiental e inclusão social em territórios costeiros.

No Brasil, iniciativas aplicadas ao gerenciamento ambiental urbano, como discutido por ALMEIDA et al. (2024) no contexto da Baía de Guanabara, têm adotado essa perspectiva azul, relacionando saneamento básico, manejo de resíduos e preservação da vida marinha. Para além dos aspectos ambientais, autores como CARVALHO (2019) destacam que o desenvolvimento sustentável, para ser efetivo, deve integrar dimensões econômicas, sociais e

ecológicas, respeitando os limites da natureza e promovendo justiça territorial.

Nesse sentido, a Agenda 2030 da ONU apresenta dois Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) particularmente relevantes para este estudo: o ODS 6 – Água Potável e Saneamento, que destaca a necessidade do monitoramento e da gestão adequada da qualidade da água; e o ODS 14 – Vida na Água, que foca na proteção de ecossistemas aquáticos. A Resolução CONAMA nº 001/1986 reforça a obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental em zonas frágeis, como lagunas e áreas alagadas, reforçando a urgência de ações integradas e preventivas.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a evolução do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do sistema lagunar de Piratininga entre os anos de 1985, 2000 e 2023, aplicando o ITA como indicador sintético de degradação ambiental. A proposta é fornecer subsídios técnicos e científicos para a gestão territorial sustentável, em consonância com os princípios da economia azul e os compromissos assumidos pelo Brasil na Agenda 2030.

Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende o sistema lagunar de Piratininga, localizado na região oceânica de Niterói, Rio de Janeiro. Este apresenta-se de forma alongada com eixo principal paralelo à linha de costa. Está localizado nas seguintes coordenadas: Latitude -22.947511 e Longitude -42.4964. Apresenta uma extensão de aproximadamente 10 km na direção leste - oeste e largura de 1,3 km, com área de aproximadamente 2,87 km². Ela possui três ilhas: a do Pontal, localizada ao Norte; a do Modesto, a Leste; e uma terceira ilha a oeste, denominada de Tibau, onde antigamente havia uma ligação intermitente com o mar. Sua profundidade média é inferior a 0,6 m, atingindo em alguns trechos até 1,5 m.

A vegetação ao redor da laguna é composta por fragmentos de Mata Atlântica e formações típicas de restinga, mas vem sendo gradativamente substituída por áreas urbanizadas. A expansão desordenada das ocupações humanas tem resultado no desmatamento e no lançamento de esgoto sem

tratamento na laguna, contribuindo para sua degradação ambiental.

O uso do solo na região é caracterizado pela presença de bairros residenciais e comerciais, além de áreas destinadas ao turismo e lazer. A falta de infraestrutura de saneamento básico, principalmente nas décadas passadas, agravou o problema da poluição hídrica, intensificando processos como o assoreamento e a eutrofização.

Histórico e Transformações da Região

As alterações na paisagem, aceleradas pela urbanização devido ao lançamento de esgoto doméstico, resíduos sólidos no sistema, bem como aterros e ocupações irregulares têm causado uma influência significativa na dinâmica hídrica dos corpos d'água que deságuam na laguna de Piratininga. Esse impacto é evidenciado por dados históricos que mostram mudanças substanciais no espelho d'água da laguna da laguna ao longo do tempo.

Em 1933 a Laguna de Piratininga apresentava uma extensão de 4,17 km por 1,70 km de largura. Em 1958 suas dimensões reduziram para 3,75 km de extensão mantendo a largura de 1,70 km, o que representou uma diminuição de

aproximadamente 13% de sua área. Em 1982, de acordo com Resende (1995), o sistema lagunar já havia encolhido para 3,50 km de extensão por 1,60 de largura, com uma profundidade máxima inferior a 2m. E por último, um estudo preliminar de 2001, elaborado pela empresa ENGEVIX, indicou que a profundidade média da laguna havia diminuído para 0,6m com alguns trechos atingindo pouco mais de 1,5m.

Essas modificações foram provocadas principalmente devido ao aumento do aporte de sedimentos trazidos pelos rios, compostos em grande parte por esgoto doméstico lançado diretamente nos corpos d'água. Até os primeiros anos de 2000, a Região Oceânica do município de Niterói carecia de um sistema de esgotamento sanitário em grande parte das residências, agravando a situação da laguna.

O assoreamento do sistema lagunar tem sido um problema recorrente. O aporte excessivo de sedimentos oriundos da erosão urbana e o crescimento de macrófitas aquáticas comprometem a profundidade da lagoa e reduzem sua capacidade de renovação hídrica. Esse fenômeno está associado ao aumento da carga orgânica, promovendo a eutrofização.

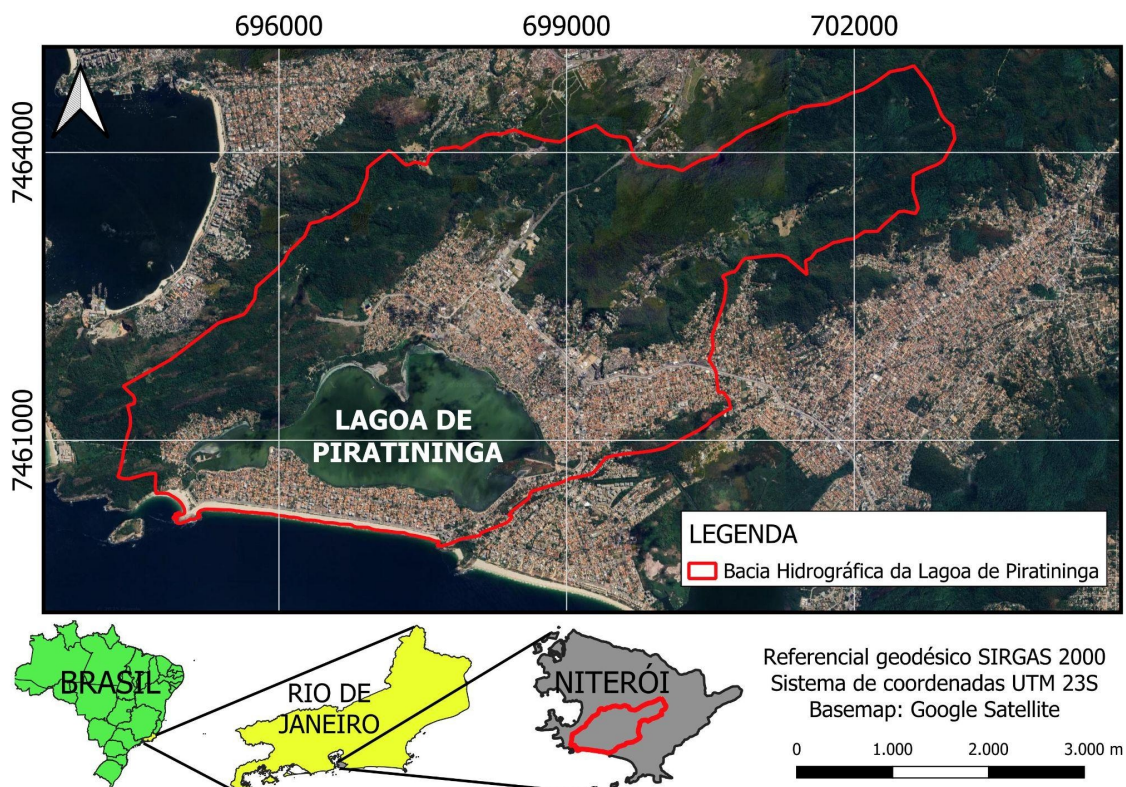


Figura 1. Localização geográfica do sistema lagunar de Piratininga.

METODOLOGIA

Aquisição dos dados do MapBiomias e

Elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo

O estudo adotou uma abordagem baseada no uso de dados da plataforma MapBiomias, processados no software QGIS Versão 3.34.9-Prizren por meio do plugin MapBiomias. Para a análise da série temporal do uso da terra na bacia do sistema lagunar de Piratininga, foram utilizados os mapas de ocupação para os anos de 1985, 2000 e 2023. O objetivo foi mapear e analisar a evolução do uso e cobertura do solo no Sistema Lagunar de Piratininga, identificando tendências de alteração ambiental ao longo do tempo.

A primeira etapa do estudo consistiu na aquisição de dados de uso e cobertura do solo. Para isso, utilizou-se o plugin MapBiomias diretamente no QGIS, garantindo a extração rápida e eficiente dos dados da Coleção 8 do MapBiomias, que oferece informações detalhadas com resolução espacial de 30 metros. Em seguida foi baixado o arquivo shapefile de delimitação da Bacia hidrográfica no site Sistema de Gestão de Informação de Niterói (SIGeo), este arquivo foi exportado para o QGIS, onde selecionou-se a bacia hidrográfica de interesse exportou-se e as outras foram removidas.

A região de estudo foi recortada conforme a localização da área da bacia hidrográfica do sistema lagunar de Piratininga, utilizando a ferramenta vetor, recortar: o mapa de uso do solo foi a camada de entrada, e o limite da bacia do Sistema Lagunar de Piratininga foi a camada utilizada para o recorte. O resultado foi a obtenção do arquivo de uso da terra para cada período dentro do limite da bacia.

O processo de interpretação e classificação do uso e ocupação do solo foi pela Coleção 8 do MapBiomias ajustando as classes fornecidas pela plataforma (como áreas urbanas, Praia, Duna e Areal, Pastagem, Formação Florestal, e Lago) de acordo com os objetivos do estudo. Os dados foram integrados para identificar padrões de mudança, como desmatamento e expansão urbana, permitindo a elaboração de mapas temáticos que destacam essas alterações ao longo do tempo. Foram extraídos os mapas anuais de uso e cobertura do solo para os anos de 1985, 2000 e 2023, gerando

arquivos no formato raster.

Para garantir que a classificação adotada atendesse de forma otimizada ao objetivo deste estudo, foram definidas nove classes de uso e ocupação do solo no Quadro 1.

Mudança temporal

Após a elaboração dos mapas, se deu a análise quantitativa, foi necessário realizar o cálculo da área de abrangência de cada classe. O cálculo das áreas de ocupação das classes foi feito utilizando calculadora da tabela de atributos do QGIS. Os valores das áreas permitiram uma análise multitemporal das mudanças nos ganhos e perdas das classes na bacia do Sistema Lagunar de Piratininga.

Índice de Transformação Antrópica (ITA)

Feito a classificação do uso e ocupação do solo, foi calculado o Índice de Transformação Antrópica (ITA), desenvolvido por Lèmechev e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1997), Teixeira (2003), Richter (2004) entre outros autores que aplicam estudos que objetivam quantificar as pressões sofridas num componente da paisagem. Segundo PERIM & COCCO (2016), o Índice de Transformações Antrópicas (ITA) é comprovadamente eficiente para análises espaço-temporais em bacias hidrográficas. O ITA foi calculado utilizando-se os pesos atribuídos às classes de uso de solo, a área de cada classe do mapeamento e a área total da bacia hidrográfica, como descrito na fórmula:

$$ITA = \sum Pi \times (Ai/AT)$$

Onde:


Ai- é a área de cada classe de uso do solo,

Pi- é o peso atribuído à classe,

AT- é a área total da bacia hidrográfica.

Neste trabalho optou-se pela atribuição de pesos diferenciados para cada classe em cada ano analisado (1985, 2000 e 2023). O peso indica o grau de impacto que a classe exerce sobre o ambiente: quanto maior o peso atribuído, maior o impacto negativo causado pela classe;

Quadro 1. Classes de uso e cobertura do solo do sistema Lagunar de Piratininga, Niterói, Rio de Janeiro-Brasil. (continua)

Classe	Descrição	Imagem
Campo Alagado e Área Pantanosa	Área sujeita a alagamentos periódicos, com solo saturado e vegetação adaptada a condições de alta umidade.	
Praia, Duna e Areal	Áreas de deposição de sedimentos arenosos, incluindo praias, dunas móveis e fixas, geralmente associadas ao ambiente costeiro.	
Pastagem	Área coberta por gramíneas e vegetação rasteira, podendo ser utilizada para a criação de gado ou outras atividades agropecuárias.	
Restinga Arbórea	Formação vegetal característica de regiões litorâneas, composta por árvores e arbustos adaptados a solos arenosos e condições salinas.	
Outras Áreas não vegetadas	Áreas sem cobertura vegetal significativa, incluindo terrenos baldios, áreas expostas por erosão ou infraestrutura humana sem vegetação associada.	

inversamente, pesos menores indicam que a classe tem menor influência na degradação ambiental.




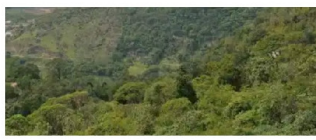
Por exemplo, em 1985, a área da bacia hidrográfica do sistema lagunar de Piratininga apresentava predomínio de vegetação natural preservada, com urbanização inicial e dispersa. Já em 2023, observa-se uma densidade populacional significativamente maior, acompanhada de urbanização intensa. Isso não significa apenas o aumento do número de residências, mas também o lançamento crescente de esgotos, descarte de resíduos e maior impermeabilização do solo, fatores que resultam em inundações, impedem a recarga dos lençóis freáticos e acarretam a poluição do sistema lagunar.

Diante dessas diferenças, atribuir o mesmo peso para as classes nos diferentes anos seria inadequado, pois o impacto ambiental é radicalmente distinto ao longo do período. As justificativas detalhadas para essa diferenciação podem ser consultadas na Tabela 1.

Além disso, a definição dos pesos considerou outros critérios, tais como a análise da evolução das práticas de uso da terra; consideração do desenvolvimento urbano e infraestrutura; avaliação da degradação e recuperação ambiental e consulta a literatura especializada e dados secundários.

De acordo com Galvanin et al. (2019), ao analisarem o Pantanal mato-grossense, apontam

Quadro 1. Classes de uso e cobertura do solo do sistema Lagunar de Piratininga, Niterói, Rio de Janeiro-Brasil. (continuação)

Classe	Descrição	Imagem
Área Urbanizada	Regiões ocupadas por edificações, infraestrutura urbana, vias pavimentadas e outras modificações antrópicas permanentes.	
Rio, Lago e Oceano	Corpos d'água naturais, como rios, lagos, lagoas e oceanos, essenciais para o equilíbrio ecológico e os ciclos hidrológicos.	
Mosaico de Usos	Áreas com diferentes usos e ocupações do solo em pequena escala, como zonas rurais fragmentadas entre agricultura, vegetação e áreas residenciais dispersas.	
Formação Florestal	Vegetação densa, fechada e de médio a grande porte, geralmente associada a ecossistemas preservados ou em recuperação.	

que áreas classificadas como mosaico de uso passaram a abrigar práticas de agricultura intensiva e pecuária mecanizada, exigindo reclassificação dos pesos atribuídos a essas áreas para representar melhor o impacto ambiental. Segundo, GOUVEIA et al. (2013) demonstram que áreas urbanas, mesmo mantendo o mesmo tipo de cobertura, sofrem intensificação da densidade e da impermeabilização, justificando o aumento do peso atribuído ao longo do tempo.

A tabela 1 tem as classes com pesos variáveis e a respectiva justificativa da variação.

Para avaliar o estágio de antropização da bacia, adotou-se uma classificação que varia de 1 (pouco degradado) a 10 (muito degradado), conforme apresentado na Tabela 2, permitindo a interpretação dos dados e a identificação do grau de transformação antrópica na área de estudo (ROCHA, 2019 & NOGUEIRA DA SILVA et al. 2023).

RESULTADOS

Uso do solo da bacia hidrográfica do sistema lagunar de Piratininga

A análise temporal dos gráficos de uso e cobertura do solo para os anos de 1985, 2000 e 2023 revela uma dinâmica de transformação significativa na bacia hidrográfica de Piratininga, refletindo mudanças no padrão de urbanização, conservação ambiental e uso multifuncional do território. As Figuras 2 e 3 apresentam o mapeamento dessas alterações ao longo de três décadas, enquanto a Tabela 3 quantifica a área e a porcentagem ocupada por cada classe de uso do solo em cada ano, evidenciando as mudanças significativas na ocupação do território e na composição dessas classes. Cada um desses períodos ilustra um estágio distinto do processo de ocupação e preservação da região, fornecendo uma visão abrangente sobre as pressões antrópicas e as respostas ambientais ao longo do tempo.

Os resultados do mapeamento de uso do solo ilustrados, mostram que em 1985, a ocupação da Bacia Hidrográfica de Piratininga era predominantemente natural e preservada. As áreas em verde, representando formações florestais, ocupavam a maior parte do território (9,251 km² da área total), evidenciando a presença de vegetação

Tabela 1. Classes de uso e cobertura da Terra e respectivos pesos e justificativa em relação ao grau de transformação antrópica, utilizados na análise da bacia hidrográfica do Sistema Lagunar de Piratininga, Niterói-RJ. (continua)

Classes	Peso 1985	Peso 2000	Peso 2023	Justificativa
Campo Alagado e Área Pantanosa	2	2	3	Ambientes úmidos são extremamente vulneráveis e possuem alta importância ecológica. Estudos em bacias costeiras (Targa et al., 2018; Seabra et al., 2018) atribuem pesos não tão altos para refletir sua fragilidade.
Praia, Duna e Areal	2	2	3	A praia, as dunas e areal de Piratininga são constantemente pressionados pelo uso de lazer, a expansão urbana e turismo. A degradação de dunas compromete a proteção natural contra erosão (Perim & Cocco, 2016). Justificável aumentar o peso.
Pastagem	6	7	7	No início (1985), parte da bacia ainda tinha uso agropecuário, mas essa classe praticamente desapareceu em 2023. As pastagens, contribuem para erosão, compactação do solo (Galvanin et al. 2019). O peso variado reflete esse impacto.
Restinga Arbórea	2	2	1	Classe natural, ecossistemas costeiros de restinga são muito frágeis. Parte da literatura sugere peso 2 (Seabra et al., 2018), mas como ainda são coberturas vegetais nativas, optou-se por manter 1.
Outras Áreas não vegetadas	5	5	5	Nesta bacia, representam solos expostos, solos descobertos e terrenos preparados para construção. Esses locais favorecem processos erosivos e carreamento de sedimentos para a laguna. Justifica-se o peso.

nativa. Essa cobertura vegetal provavelmente correspondia a remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas de restinga, característicos de regiões costeiras. A classe Mosaico de usos ocupava 5,425km², enquanto a área urbanizada representava apenas 2,309 km², refletindo uma baixa pressão antrópica, mantendo-se próxima de seu estado natural. Esse período era caracterizado por uma baixa taxa de urbanização. As classes como Campo Alagado e Área Pantanosa (0,199 km²) e Pastagem (0,202 km²) também estavam presentes, compondo um cenário mais rural e ambientalmente equilibrado.

No intervalo de 15 anos, entre 1985 e 2000, observou-se uma mudança acentuada na configuração territorial, caracterizada por um período de crescimento urbano acelerado,

principalmente a área urbanizada que se expandiu de 2,309 para 5,271 km², mais que dobrando sua extensão (2,962km²). Esse crescimento reflete a intensificação da ocupação do solo impulsionada por fatores como especulação imobiliária e turismo, comuns em regiões costeiras do Brasil.

A classe Mosaico de Usos sofreu significativa redução (de 5,425 km² para 3,405 km²), refletindo sua conversão em áreas urbanas mais consolidadas. Classes naturais sensíveis, como Campo Alagado e Pastagem, também encolheram, evidenciando uma transição do uso agropecuário e de áreas alagadas para usos urbanos ou infraestruturais. A Formação Florestal, por outro lado, teve leve expansão para 9,486 km², possivelmente reflexo de processos de regeneração em áreas menos acessíveis ou em encostas,

Tabela 1. Classes de uso e cobertura da Terra e respectivos pesos e justificativa em relação ao grau de transformação antrópica, utilizados na análise da bacia hidrográfica do Sistema Lagunar de Piratininga, Niterói-RJ. (continuação)

Classes	Peso 1985	Peso 2000	Peso 2023	Justificativa
Área Urbanizada	5	8	9	O aumento contínuo do peso para esta classe ao longo do tempo reflete a intensificação da densidade populacional (Gouveia et al., 2013; Oliveira et al., 2023) e o aumento dos impactos associados à infraestrutura e efluentes.
Rio, Lago e Oceano	2	3	3	Corpos hídricos não são agentes de impacto, mas receptores. Em outros trabalhos (Rocha, 2019; Silva et al., 2024) recebem pesos baixos (1 ou 2), pois o efeito vem do entorno, não do uso direto.
Mosaico de Usos	4	5	6	Classe heterogênea podendo agrupar uma variedade de paisagens rurais e periurbanas, que pode evoluir de práticas de baixo impacto (como agricultura de subsistência) para atividades mais intensivas (como agricultura intensiva e pecuária mecanizada), aumentando o impacto ambiental ao longo do tempo. Literatura (Galvanin et al., 2019) recomenda aumento progressivo, refletindo a intensificação.
Formação Florestal	1	1	1	Esta classe representa um ecossistema natural. Ela é essencial para a regulação ambiental, proteção do solo, refletindo um estado de mínima ou nenhuma degradação. Estudos (Rodrigues et al., 2014; Silva et al., 2019) utilizam peso mínimo (1) para ecossistemas preservados.

Tabela 2. Peso para classificação do ITA.

Estado de conservação	Intervalos do ITA
Pouco degradado	1-2.5
Regular	2.5-5
Degradado	5-7.5
Muito degradado	7.5-10

conforme se observa em faixas verdes mais densas na porção norte da bacia.

Em 2023, o crescimento urbano persistiu. As áreas urbanizadas, representadas em vermelho, expandiram-se de forma drástica atingindo 5,915 km² do território, ocupando praticamente toda a porção sul da bacia hidrográfica e avançando

consideravelmente centrais e marginais. Essa transformação reflete o ápice de um processo de ocupação desordenada que caracteriza as últimas décadas. O crescimento urbano maciço compromete seriamente a qualidade ambiental da região, resultando na perda de áreas naturais e na fragmentação de ecossistemas naturais. A classe

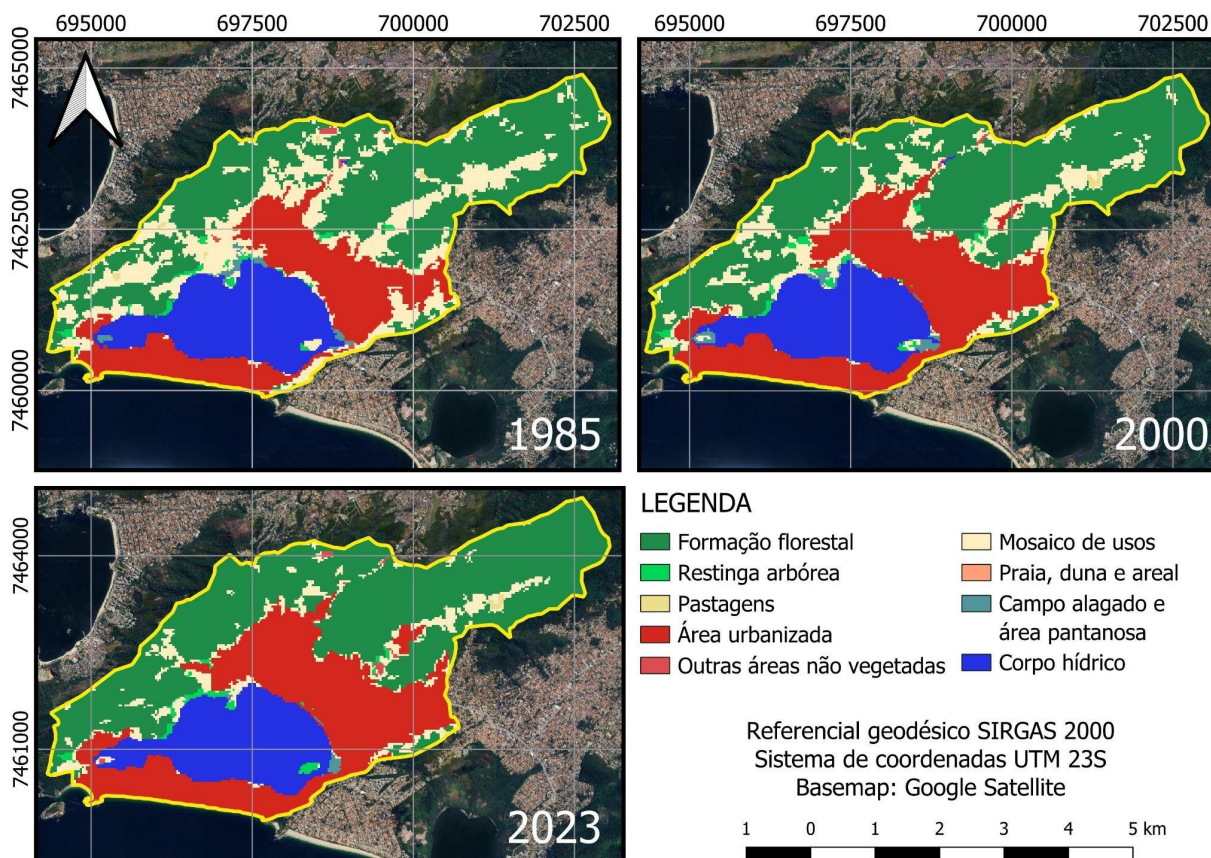


Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do sistema Lagunar de Piratininga-Niterói- Rio de Janeiro, nos anos de 1985, 2000 e 2023.

Tabela 3. Dados das classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica de Piratininga para os anos de 1985, 2000 e 2023.

Classes de cobertura e uso do solo	1985 (km²)	% 1985	2000 (km²)	% 2000	2023 (km²)	% 2023
Outras Áreas não vegetadas	0,726	3,283	0,08	0,353	0,091	0,411
Área Urbanizada	2,309	10,441	5,271	23,241	5,915	26,715
Praia, Duna e Areal	0,205	0,927	0,189	0,833	0,196	0,885
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,199	0,9	0,133	0,586	0,038	0,172
Restinga Arbórea	0,255	1,153	0,238	1,049	0,242	1,093
Formação Florestal	9,251	41,831	9,486	41,825	10,642	48,065
Rio, Lago e Oceano	3,543	16,021	3,230	14,242	3,414	15,419
Pastagem	0,202	0,913	0,036	0,159	0,028	0,126
Mosaico de Usos	5,425	24,531	3,405	15,013	1,575	7,113
TOTAL	29,119	100	29,119	100	29,119	100

Mosaico de Usos continua sua trajetória de retração, alcançando apenas 1,575 km², uma redução de mais de 70% desde 1985. De maneira crítica, as áreas de Campo Alagado e Pantanosa são quase extintas (0,038 km²), revelando a eliminação desses ambientes úmidos de alta importância ecológica. Em contraste, destaca-se a expansão da Formação Florestal, que atingiu 10,642 km² da área total. Esse resultado está associado a ações de revegetação ou reflorestamento.

Índice de transformação antrópica

Para evidenciar de forma mais clara a evolução da antropização na bacia hidrográfica, apresenta-se o Índice de Transformação Antrópica (ITA) respectivamente Tabela 4, para os anos de 1985, 2000 e 2023.

Em 1985, a bacia apresentava um ITA total de 4,080, indicando um grau moderado de alteração, apesar da predominância de formações naturais. A Formação Florestal liderava a ocupação

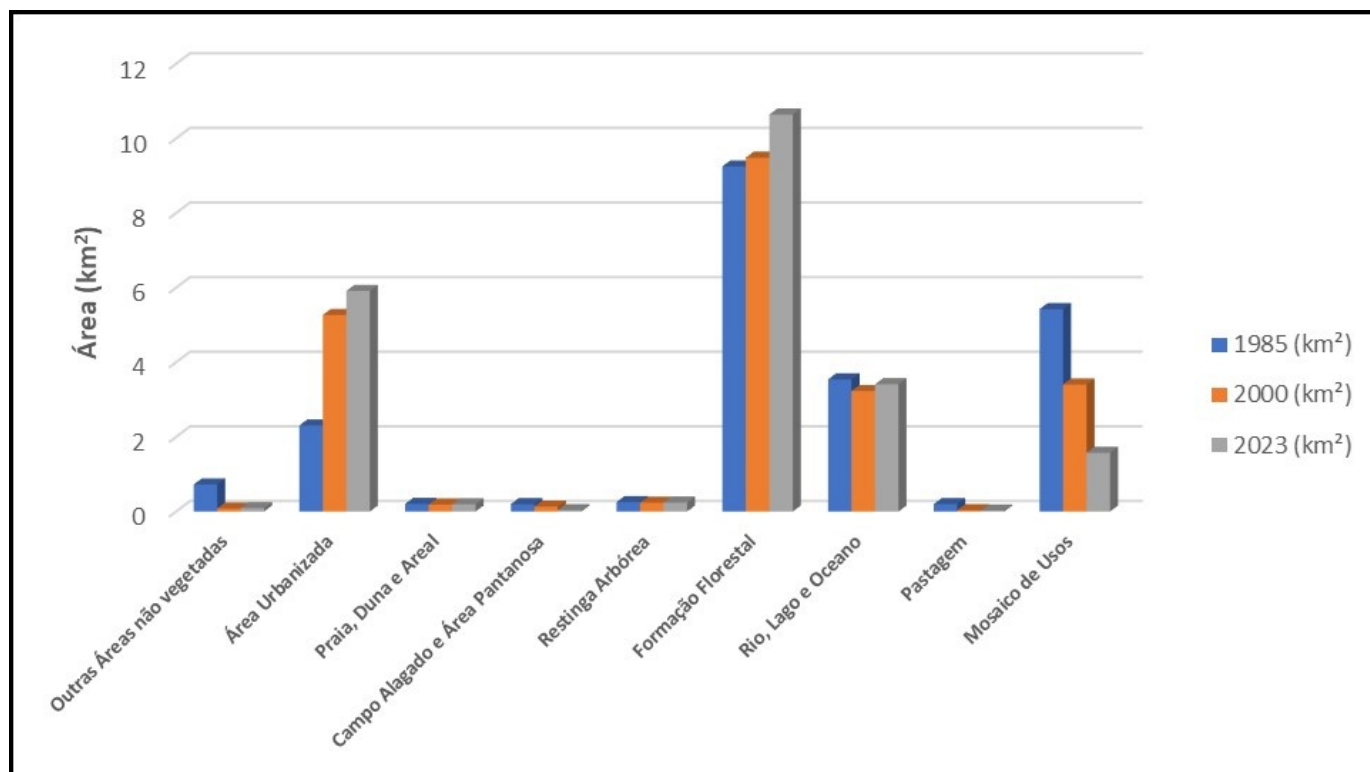


Figura 3. Gráfico de evolução das classes ao longo do tempo.

Tabela 4. Índice de transformação antrópica para o ano de 1985, 2000 e 2023.

Classes de cobertura e uso do solo	1985 (km²)	% 1985	2000 (km²)	% 2000	2023 (km²)	% 2023
Outras Áreas não vegetadas	0,726	3,283	0,08	0,353	0,091	0,411
Área Urbanizada	2,309	10,441	5,271	23,241	5,915	26,715
Praia, Duna e Areal	0,205	0,927	0,189	0,833	0,196	0,885
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,199	0,9	0,133	0,586	0,038	0,172
Restinga Arbórea	0,255	1,153	0,238	1,049	0,242	1,093
Formação Florestal	9,251	41,831	9,486	41,825	10,642	48,065
Rio, Lago e Oceano	3,543	16,021	3,230	14,242	3,414	15,419
Pastagem	0,202	0,913	0,036	0,159	0,028	0,126
Mosaico de Usos	5,425	24,531	3,405	15,013	1,575	7,113
TOTAL	29,119	100	29,119	100	29,119	100

(ITA parcial de 0,418), enquanto o Mosaico de Usos (ITA parcial de 1,962) já exercia considerável pressão antrópica. A Área Urbanizada (ITA parcial de 0,940) representava um impacto incipiente, condizente com a urbanização da Região Oceânica de Niterói. Ambientes aquáticos (ITA de 0,481) mostravam influências indiretas do uso do solo. Outras classes, como Pastagem (0,055), Praia, Duna e Areal (0,019), Campo Alagado e Área Pantanosa (0,018), Restinga Arbórea (0,023) e Outras Áreas não vegetadas (0,164), possuíam

ITAs parciais baixos, mas relevantes em termos ambientais.

No ano 2000, o ITA total elevou-se para 4,892, sinalizando uma acentuação da transformação da paisagem. A Área Urbanizada expandiu significativamente (ITA parcial de 2,389), tornando-se a principal contribuinte para o aumento do índice. O Mosaico de Usos reduziu sua área e reduziu o seu ITA também (ITA de 1,389), possivelmente convertendo-se em áreas urbanizadas. A Formação Florestal manteve a maior

cobertura (ITA parcial de 0,43), mas sua representatividade relativa diminuiu frente ao avanço antrópico. A classe Rio, Lago e Oceano apresentou um leve aumento no ITA (ITA de 0,585), sugerindo maior pressão no entorno. As classes de ecossistemas sensíveis apresentaram pequena redução, enquanto a Pastagem (ITA de 0,011) diminuiu drasticamente.

Em 2023, o ITA atingiu o maior valor (4,985), confirmando a tendência de intensificação da pressão antrópica. A Área Urbanizada continuou sua expansão (ITA parcial de 2,672). Surpreendentemente, a Formação Florestal aumentou sua área (ITA parcial de 0,961), indicando possíveis esforços de preservação ou regeneração. O Mosaico de Usos sofreu uma redução expressiva (ITA de 0,640), possivelmente convertido em áreas urbanas ou reflorestadas. Os ecossistemas frágeis mantiveram baixa representatividade, com tendência de diminuição. A classe Rio, Lago e Oceano apresentou leve aumento (ITA de 0,617). A Pastagem praticamente desapareceu (ITA de 0,009).

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise multitemporal da bacia hidrográfica de Piratininga evidencia um padrão de intensificação das pressões antrópicas ao longo das últimas décadas, sendo a urbanização o principal vetor de transformação. O crescimento da área urbanizada de 2,309 km² (1985) para 5,915 km² (2023) está em consonância com os achados de GOUVEIA et al. (2013) e PERIM & COCCO (2016), que identificaram a expansão urbana como fator dominante na modificação da paisagem em bacias hidrográficas brasileiras. Da mesma forma, PEREIRA & VIEIRA (2019), ao analisarem a bacia do rio Gurupi, relataram o avanço urbano sobre áreas naturais e multifuncionais, resultando na fragmentação de ecossistemas e substituição de paisagens resilientes por estruturas artificiais. Esse processo também foi descrito por GALVANIN et al. (2019) no Pantanal de Cáceres, reforçando a tendência nacional de urbanização sobre ambientes sensíveis.

Paralelamente, observou-se um crescimento da Formação Florestal, que atingiu 10,642 km² em 2023, o que poderia sugerir uma recuperação

ecológica. No entanto, autores como da SILVA (2024) e AGUIAR et al. (2023) advertem que o aumento da cobertura florestal nem sempre representa efetiva restauração ecológica, podendo corresponder a reflorestamentos homogêneos ou áreas não aptas à urbanização. Da mesma forma, PEREIRA et al. (2023) e da COSTA RODRIGUES et al. (2014) reforçam que o ITA, embora útil, possui limitações para distinguir entre florestas ecologicamente restauradas e meras coberturas vegetais recentes.

A quase extinção da classe de Campos Alagados (0,038 km² em 2023) e a drástica redução do Mosaico de Usos (de 5,425 km² para 1,575 km²) confirmam a fragilidade dessas categorias frente à expansão urbana. TARGA et al. (2018) observaram comportamento similar no rio Una, apontando a supressão das zonas de transição em favor de usos urbanos. Seabra et al. (2018) e BERWANGER et al. (2024) também relataram a perda sistemática de áreas multifuncionais e alagadas como uma constante nas regiões de crescimento desordenado.

A aplicação do Índice de Transformação Antrópica (ITA) na bacia de Piratininga apresentou valores crescentes (de 4,080 em 1985 para 4,985 em 2023), mas todos enquadrados na categoria de “degradação regular”. Esse comportamento foi igualmente observado por Gomes Sobrinho et al. (2019) em Jardim de Piranhas e por OLIVEIRA et al. (2023) na bacia do rio Urussanga, sugerindo uma limitação do índice em captar a degradação qualitativa da paisagem. Conforme sugerem da SILVA et al. (2024) e ALMEIDA & GOUVEIA (2024), é recomendável o uso de indicadores complementares ao ITA para avaliar aspectos funcionais e ecológicos da paisagem que não são plenamente refletidos por métricas de cobertura.

Implicações das transformações e políticas públicas

A expansão urbana, acompanhado do desaparecimento quase que total de áreas naturais sensíveis como campos alagados e mosaicos de usos, evidencia falhas históricas no ordenamento territorial e na fiscalização do uso e ocupação do solo, associado à ausência de políticas públicas eficazes de saneamento apontada pela contínua descarga de esgoto doméstico e resíduos sólidos na

laguna, intensificando processos de assoreamento e eutrofização, comprometendo a qualidade ambiental e a saúde pública local.

O município de Niterói possui um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) que orienta a universalização dos serviços de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e resíduos sólidos, com alto índice de cobertura, mas enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e à poluição dos corpos hídricos lagunares, prejudicados por ligações clandestinas de esgoto e o impacto da urbanização.

A gestão dos resíduos sólidos em Niterói é também prevista no Plano Diretor por meio da Política Municipal de Resíduos Sólidos e o Plano Municipal de Gestão Integrada, que estabelecem estratégias para coleta, reciclagem, tratamento e destinação ambientalmente adequada dos resíduos, alinhado com a sustentabilidade e a proteção ambiental.

A persistência do estado de “degradação regular” indica a necessidade de integração de políticas que vão além da mera fiscalização, mas que considerem os princípios da economia azul e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente os ODS 6 (Água Potável e Saneamento) e o ODS 14 (Vida na Água), conciliando ações que conectem o crescimento econômico com a preservação de recursos hídricos e marinhos, valorizando os serviços ecossistêmicos da laguna e promovendo o desenvolvimento urbano sustentável e equilibrado.

CONCLUSÃO

A análise multitemporal revelou transformações expressivas na paisagem, destacando o crescimento acelerado da área urbanizada, a redução drástica de ecossistemas naturais, como os campos alagados e os mosaicos de uso, e a ampliação da cobertura florestal. O resultado do ITA indica uma intensificação da transformação da paisagem, mas também revela a limitação do índice em captar alterações qualitativas profundas, como a extinção quase total de áreas úmidas e a substituição de usos multifuncionais por ocupações consolidadas. Embora a formação florestal tenha apresentado

crescimento, este fenômeno pode estar mais relacionado à regeneração passiva ou restrições à urbanização do que à restauração ecológica efetiva. Essa tendência, longe de compensar a degradação de outros ambientes, reforça a necessidade de uma abordagem crítica à leitura superficial de dados de vegetação. O uso de dados do MapBiomas, apesar de sua ampla cobertura temporal e espacial, apresenta desafios metodológicos: a classe "Mosaico de Usos" reúne uma diversidade de paisagens rurais e periurbanas que poderiam ser separadas, o que compromete a precisão na atribuição de pesos no ITA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, B. V., & DE GOUVEIA, R. G. L. (2024). Uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Frutal de 1990 até 2020, 22(1), 39-45. DOI:<https://doi.org/10.30681/rcaa.v22i1.12364>
- AGUIAR, J. C., NEVES, S. S. M. A., & RODRIGUES, C. L. (2023). Antropização da paisagem do município matogrossense de Colíder–Amazônia brasileira. 12(3), 156–177.
- BERWANGER, D., SCCOTI, A. A. V., & ROBAINA, L. E. D. S. (2024). Dinâmica espaço-temporal da cobertura e uso da terra e as modificações no ambiente no município de São Gabriel, RS. *Geopauta*, 8, e15586. DOI:<https://doi.org/10.22481/rg.v8.e2024.e15586>
- GALVANIN, Dos S.E. A., NEVES, S. M. A. CRUZ, C. B. M., VICENS, R. S., DA COSTA LIMA, R. R., DE FRANCE, V., & de Janeiro, C. U. R. Pantanal de Cáceres (Mato Grosso): uma análise temporal das pressões antrópicas do uso da terra. DOI:<https://www.researchgate.net/publication/337772779>
- GALINA, A. B.; ILHA, D. B.; PAGOTTO, M. A. Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe. *Scientia Plena*, v. 18, n. 6, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.065301>
- GOUVEIA, R. G. L. D., GALVANIN, E. A. D. S., & NEVES, S. M. A. D. S. (2013). Application of anthropic transformation index for multitemporal analysis of the córrego do Bezerro Vermelho basin Tangará da Serra-MT. 37, 1045-1054. DOI:<https://doi.org/10.1007/s13593-013-0030-0>

doi.org/10.1590/S0100-67622013000600006

MELO, I. S. Atividades antrópicas e degradação ambiental na sub-bacia hidrográfica do rio Itamirim-SE. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 2, p. 435–442, 2016. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10485>.

OLIVEIRA, A. J. M., LADWIG, N. I., SILVA, J. G. S., & SUTIL, T. (2023). Índice de transformação antrópica da bacia hidrográfica do rio Urussanga, Santa Catarina, Brasil. *Revista Geotemas*, 13, e02321. DOI:<https://doi.org/10.33237/2236-255X.2023.4710>

PEREIRA, S. J., DA NEVES, S. S. M. A., & SILVA, J. D. S. V. (2023). Antropização da paisagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Jacobina em Cáceres/MT, Brasil. 12(2), 48-71. DOI:<https://doi.org/10.26694/equador.v12i2.14050>

PEREIRA, F. S., & VIEIRA, I. C. G. (2019). Transformação antrópica na bacia hidrográfica do rio Gurupi, Amazônia oriental. 10(3), 224-35. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v12i2.14050>

PEREIRA, S. F., & VIEIRA, G. I. C. (2019). Anthropogenic transformation in the Gurupi river basin, eastern Amazon. *Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate*, 10(3). DOI:10.18472/SustDeb.v10n3.2019.23799

PERIM, M. A., & COCCO, M. D. A. (2016). Efeito das transformações antrópicas às margens do rio Una, Taubaté, São Paulo, Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11, 1163-1171. DOI:10.4136/ambi-
agua.1918

RODRIGUES, C. L., NEVES, S. S. M. A., NEVES, R. J., GALVANIN, S. E. A., & SILVA, J. D. S. V. (2014). Avaliação do grau de transformação antrópica da paisagem da bacia do rio Queima-Pé, Mato Grosso, Brasil, (32), 52-64.

SANTOS, T., BEIRÃO, A. P., ARAÚJO FILHO, M. C., & CARVALHO, A. B. (Eds.) (2022). *Economia Azul: vetor para o desenvolvimento do Brasil*, 411p. Essencial Ideal Editora, São Paulo, SP.

SEABRA, V. S., XAVIER, R. A., DORNELLAS, P. C., & DAMASCENO, J. (2018). Índice de transformação antrópica por bacias de primeira ordem nas bacias do rio Taperoá e Alto Paraíba-PB. 10, 1-13.

SILVA, L. F., SOUZA, B. I., & BACANI, V. M. (2019). Intensidade da ação antrópica na área de

proteção ambiental do Cariri paraibano. DOI:<https://doi.org/10.14393/RCG207145788>

SILVA, J. G. S., LADWIG, N. I., & BACK, Á. J. (2024). Índice de transformação antrópica (ITA) aplicado à bacia hidrográfica do rio Araranguá, Santa Catarina, entre os anos de 1985, 2005 e 2019, 10(2), 51-65. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n2ID33545>

SILVA, P. J., DA SILVA NEVES, S. M. A., & DA SILVA, J. D. S. V. (2023). Antropização da paisagem da bacia hidrográfica do córrego Jacobina em Cáceres/MT, Brasil. *Revista Equador*, 12(2), 48–71. DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v12i2.14050>

SOBRINHO, J. M. G., VITAL, O. S. R., SOUZA, F. S., & SANTOS, L. C. (2019). Índice de transformação antrópica (ITA) como suporte para análise da degradação da paisagem no município de Jardim de Piranhas/RN. 13(2).

TARGA, M. S., MATOS MARTINS, H. T., MÉLEGA, J. C., & COCCO, M. D. A. (2018). Caracterização das ações antrópicas na bacia do rio Una: estudo de caso no bairro Serrinha, no município de Taubaté/SP. *Revista Técnica Ciências Ambientais*, 1(1), 1-14.

