RGe ISSN: 2177-3246

DINÂMICA DA ESTRUTURA ESPACIAL DA APA DO LAGO DE PEDRA DO CAVALO: QUANTIFICAÇÃO DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA ENTRE 1985 E 2019

DYNAMICS OF THE SPATIAL STRUCTURE OF THE APA PEDRA DO CAVALO LAKE: QUANTIFICATION OF LAND USE AND LAND COVER CHANGES BETWEEN 1985 AND 2019

DINÁMICA DE LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL APA LAGO PEDRA DO CAVALO: CUANTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL USO Y COBERTURA DE LA TIERRA ENTRE 1985 Y 2019

10.56238/revgeov17n4-136

Lizza Adrielle Nascimento Santos
Mestre em Ciências Ambientais
Instituição: Universidade Estadual Feira de Santana
E-mail: lizza21adrielle@gmail.com

Rodrigo Nogueira Vasconcelos
Doutor em Ecologia
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: rnv@uefs.br

Jocimara Souza Britto Lobão
Doutora em Geografia
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: juci.lobao@uefs.br

Mariana Martins Medeiros de Santana
Doutora em Ecologia
Instituição: Universidade do Estado do Amapá
E-mail: mariana.medeiros@ueap.edu.br

Deorgia Tayane Mendes de Souza
Doutora em Geociências Aplicadas e Geodinâmica
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: dtmsouza@uefs.br

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha
Doutor em Geologia
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: wrocha@uefs.br

RGe
ISSN: 2177-3246

Carolina Oliveira de Santana
Doutora em Geoquímica
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: cosantana@uefs.br

Luanna Maia Carneiro
Doutora em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente
Instituição: Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: lmcarneiro@uefs.br

RESUMO
Este estudo analisa a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Pedra do Cavalo, Bahia, no período de 1985 a 2019, com o objetivo de compreender as transformações nos padrões estruturais da paisagem e suas implicações ambientais. A abordagem metodológica baseou-se na aplicação de métricas de ecologia da paisagem (CA, PLAND, LPI e NP) associadas a séries temporais do projeto MapBiomas. Os resultados evidenciam o predomínio contínuo da agropecuária ao longo de todo o período analisado, acompanhado pela redução expressiva e crescente fragmentação da vegetação nativa. Observou-se aumento das áreas não vegetadas e redução das formações campestres, enquanto as superfícies aquáticas mantiveram elevada estabilidade espacial, refletindo a consolidação do reservatório. A floresta nativa apresentou forte retração e intensificação do processo de fragmentação, com aumento no número de manchas e redução do tamanho dos fragmentos dominantes. Esses padrões indicam uma trajetória consistente de degradação ambiental em uma unidade de conservação estratégica para o abastecimento hídrico regional. Os resultados reforçam a necessidade urgente de implementação efetiva do plano de manejo, restauração da conectividade ecológica e ordenamento das atividades antrópicas, contribuindo para o planejamento ambiental e a conservação dos recursos naturais na região.

Palavras-chave: Ecologia da Paisagem. Métricas da Paisagem. Conservação Ambiental. Unidade de Conservação. Análise Espacial. Mudança da Cobertura da Terra.

ABSTRACT
This study investigates the spatiotemporal dynamics of land use and land cover in the Pedra do Cavalo Lake Environmental Protection Area (APA), Bahia, Brazil, from 1985 to 2019, aiming to understand changes in landscape structural patterns and their environmental implications. The methodological framework integrates landscape ecology metrics (CA, PLAND, LPI, and NP) with MapBiomas time-series data. The results reveal the persistent dominance of agricultural land use throughout the study period, accompanied by a significant reduction and increasing fragmentation of native vegetation. An expansion of non-vegetated areas and a decline in grassland formations were observed, while water bodies remained spatially stable, reflecting the consolidation of the reservoir. Native forests exhibited marked contraction and intensified fragmentation, characterized by an increase in patch number and a reduction in the size of dominant fragments. These patterns indicate a consistent trajectory of environmental degradation within a conservation unit of strategic importance for regional water supply. The findings highlight the urgent need for effective implementation of management plans, ecological connectivity restoration, and regulation of anthropogenic activities, supporting environmental planning and conservation strategies.

ISSN: 2177-3246

Keywords: Landscape Ecology. Landscape Metrics. Environmental Conservation. Conservation Unit. Spatial Analysis. Land Use. Land Cover Change.

RESUMEN
Este estudio analiza la dinámica espacio-temporal del uso y cobertura de la tierra en el Área de Protección Ambiental (APA) del Lago de Pedra do Cavalo, Bahía, Brasil, entre 1985 y 2019, con el objetivo de comprender los cambios en los patrones estructurales del paisaje y sus implicaciones ambientales. La metodología se basó en la aplicación de métricas de ecología del paisaje (CA, PLAND, LPI y NP) combinadas con series temporales del proyecto MapBiomas. Los resultados evidencian el predominio continuo de la actividad agropecuaria durante todo el período analizado, acompañado de una reducción significativa y una creciente fragmentación de la vegetación nativa. Se observó la expansión de áreas no vegetadas y la disminución de las formaciones campestres, mientras que las superficies acuáticas se mantuvieron espacialmente estables, reflejando la consolidación del embalse. Los bosques nativos presentaron una fuerte retracción y un proceso intensificado de fragmentación, con aumento en el número de parches y reducción del tamaño de los fragmentos dominantes. Estos patrones indican una trayectoria consistente de degradación ambiental en una unidad de conservación de importancia estratégica para el abastecimiento hídrico regional. Los resultados subrayan la necesidad urgente de implementar planes de manejo efectivos, restaurar la conectividad ecológica y regular las actividades antrópicas, contribuyendo a la planificación ambiental y la conservación de los recursos naturales.

Palabras clave: Ecología del Paisaje. Métricas del Paisaje. Conservación Ambiental. Unidad de Conservación. Análisis Espacial. Uso de la Tierra. Cambio de Cobertura del Suelo.

1 INTRODUÇÃO

O campo de estudos sobre mudanças no uso e cobertura da terra ganhou proeminência a partir da década de 1980, impulsionado pela crescente preocupação com o processo de degradação das florestas tropicais (Alves, 2004). Em 1994, foi lançado o projeto Land-use and Land-cover Change (LUCC), desenvolvido pela International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) em parceria com o International Human Dimensions Programme (IHDP), com o propósito de investigar como as forças humanas e biofísicas influenciam o uso e a cobertura da terra, e quais os impactos ambientais e sociais decorrentes dessas alterações, a partir de análises comparativas, observações empíricas e modelos integrados regionais e globais (Sherbinin, 2002).

O uso da terra é definido, em termos gerais, como uma série de práticas sobre a terra, implementadas por indivíduos a fim de obter benefícios de seus recursos acumulados, indicando como as pessoas estão administrando e utilizando o terreno (Giri; Qiu, 2016). Os efeitos globais de mudanças de uso e cobertura da terra incluem: diminuição da biodiversidade; ruptura do regime hidrológico; e mudanças no balanço de CO2 e outros gases de efeito estufa. Já os efeitos em níveis locais e regionais incluem: degradação do solo e perda de recursos extrativistas (Frohn et al., 1996).

Com o avanço das técnicas de sensoriamento remoto, tornou-se possível estudar sistematicamente a dinâmica de uso e cobertura da terra, acompanhando a evolução temporal das paisagens e compreendendo os padrões de organização espacial e o grau de alteração da dinâmica natural dos sistemas ambientais (Turner et al., 2007; Li et al., 2017). As atividades humanas emergem como o principal vetor das transformações paisagísticas contemporâneas, alterando profundamente a cobertura vegetal, os processos hidrológicos do solo e os ciclos biogeoquímicos. Tais transformações resultam em impactos como a fragmentação de ecossistemas, a perda de biodiversidade, a degradação da fertilidade dos solos e a redução da disponibilidade de recursos hídricos (Forman; Godron, 1986; Gustafson; Gardner, 1996; Collinge, 1998).

A intensificação das atividades humanas tem ampliado as pressões sobre a biodiversidade, ao mesmo tempo em que cresce a consciência sobre a importância de equilibrar áreas naturais preservadas e espaços densamente habitados. Esse contexto impulsionou a criação das chamadas Unidades de Conservação (UCs) (Oliveira, 2000; Kurasz et al., 2008). No Brasil, as UCs são classificadas em dois grupos: unidades de proteção integral, orientadas à preservação da natureza com uso restrito aos fins indiretos dos recursos naturais; e unidades de uso sustentável, que visam conciliar a conservação da natureza com a utilização responsável de parte de seus recursos. Ambas as categorias são regidas pela Lei Federal n.º 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) integram o grupo das unidades de conservação de uso sustentável. Tratam-se geralmente de áreas extensas, com algum grau de ocupação humana, compostas por terras públicas e privadas, dotadas de atributos naturais relevantes para a qualidade de vida e o

bem-estar da população (Brasil, 2000). Entretanto, a criação formal das APAs não tem se revelado suficiente para proteger a diversidade biológica e os recursos naturais. Esteves e Souza (2014) apontam que a distinção prática entre uma APA e uma área sem proteção reside, essencialmente, na elaboração e implementação do Plano de Manejo.

O presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica das mudanças de uso e cobertura da terra na APA do Lago de Pedra do Cavalo entre 1985 e 2019, investigando seus efeitos sobre os padrões estruturais da paisagem. Para alcançar o objetivo proposto, recorreu-se à ecologia da paisagem, disciplina fundamentada na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam de modo determinante os processos ecológicos (Pereira et al., 2001), fornecendo base técnica e científica para o planejamento, a formulação de políticas públicas e a implementação de projetos de conservação e restauração florestal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ecologia da paisagem constitui a base teórica fundamental deste estudo. Segundo McGarigal e Marks (1994), essa disciplina dedica-se ao estudo dos padrões paisagísticos, das interações entre suas unidades no contexto do mosaico espacial e das transformações que essas relações sofrem ao longo do tempo. A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem constitui um pré-requisito indispensável para a análise de sua função e de suas mudanças. Forman e Godron (1986) estabeleceram que a paisagem pode ser compreendida como um mosaico heterogêneo de manchas interativas, cujas transformações refletem diretamente processos ecológicos e antrópicos subjacentes.

As métricas da paisagem, como sistematizado por McGarigal e Marks (1994) e posteriormente por Lang et al. (2008), permitem quantificar a estrutura e as transformações da paisagem em diferentes níveis hierárquicos: no nível das manchas individuais (métricas de área, borda, forma e núcleo), no nível das classes de uso (métricas de vizinhança, proximidade e fragmentação) e no nível da paisagem como um todo (medidas de diversidade, contágio e subdivisão). Essa abordagem multi-escalar é especialmente valiosa para estudos de longa duração, como o presente, que abrange 35 anos de monitoramento da APA.

A fragmentação de habitats é um dos efeitos mais graves das mudanças no uso e cobertura da terra. Pires, Fernandez e Barros (2006) descrevem como habitats originalmente contínuos são progressivamente desmembrados em fragmentos cada vez menores, isolados e imersos em matrizes antrópicas. Esse processo denominado fragmentação de habitats é reconhecido como uma das maiores ameaças à biodiversidade global, resultando na subdivisão de populações, interrupção de padrões de dispersão e migração, e redução do fluxo gênico entre espécies (Barros, 2006). Collinge (1998) demonstrou que o arranjo espacial dos fragmentos e corredores é determinante para a persistência de espécies em paisagens fragmentadas.

O projeto MapBiomas representa um marco para o monitoramento do uso e cobertura da terra no Brasil. Utilizando imagens multitemporais do satélite Landsat (30 m de resolução) e algoritmos de classificação Random Forest na plataforma Google Earth Engine, o projeto gera séries históricas anuais para todos os biomas brasileiros (Mapbiomas, 2020). A Coleção 5.0, empregada neste estudo, incorpora melhorias metodológicas significativas e estende a série até 2019, permitindo análises robustas das dinâmicas de uso e cobertura da terra na APA do Lago de Pedra do Cavalo.

A análise da relação entre uso da terra e qualidade dos recursos hídricos é um tema central para estudos em APAs com mananciais estratégicos. Giri e Qiu (2016) revisaram a literatura sobre o assunto e concluíram que mudanças no uso da terra especialmente a expansão agrícola e a urbanização são determinantes para a deterioração da qualidade e quantidade de água disponível. Lee et al. (2009) demonstraram que abordagens de ecologia da paisagem são particularmente eficazes para compreender as relações entre padrões de uso da terra em bacias hidrográficas e características de qualidade da água, reforçando a pertinência da metodologia adotada neste estudo.

2.1 A APA DO LAGO DE PEDRA DO CAVALO: CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL

A Área de Proteção Ambiental do Lago de Pedra do Cavalo foi criada em 1997 pelo governo do estado da Bahia, com o objetivo central de preservar a qualidade das águas do reservatório que abastece aproximadamente quatro milhões de pessoas na Região Metropolitana de Salvador e entorno (INEMA, 2020). Situada no Planalto do Recôncavo Baiano, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, a APA enfrenta pressões crescentes decorrentes de atividades agropecuárias, industriais e da expansão urbana, em um contexto marcado pela ausência de Plano de Manejo (Palma, 2007).

Teixeira et al. (2009), ao analisarem a cobertura da terra na APA com imagens CBERS-2, identificaram o predomínio da Caatinga de baixa densidade, seguida pela superfície do lago, vegetação densa e solo exposto, evidenciando um cenário de pressão sobre a vegetação nativa já no início dos anos 2000. A pecuária extensiva é a principal atividade econômica dos municípios que compõem a APA (Souza et al., 2021), o que explica a dominância histórica da agropecuária na paisagem e os desafios para a implementação de práticas de uso sustentável do território.

Esteves e Souza (2014) apontam que a diferença prática entre uma APA e uma área desprotegida reside na elaboração e implementação efetiva do Plano de Manejo, instrumento que deve estabelecer zonas de uso, regular as atividades produtivas e prever ações de restauração florestal. A ausência desse instrumento na APA do Lago de Pedra do Cavalo é um dos fatores que contribuem para a continuidade dos processos de degradação ambiental documentados neste estudo.

3 METODOLOGIA

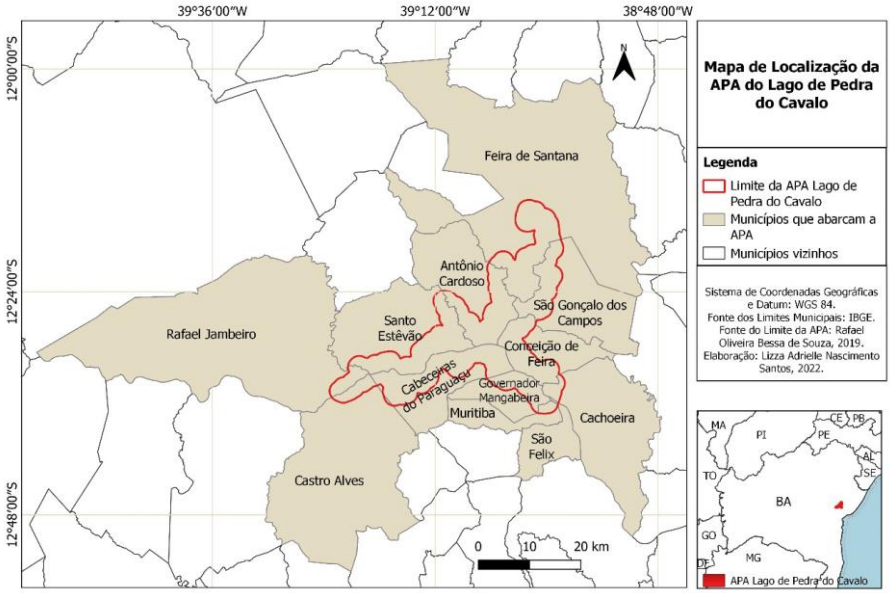
3.1 ÁREA DE ESTUDO

A barragem de Pedra do Cavalo está localizada no Planalto do Recôncavo Baiano, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, tendo sido uma das seis grandes barragens construídas no Brasil entre as décadas de 1970 e 1980. As obras tiveram início em 1979 e foram concluídas em 1985 (Germani, 1993). Concebida desde o princípio como uma obra de usos múltiplos, destina-se ao abastecimento hídrico de Salvador e da Região Metropolitana, ao controle dos níveis do Rio Paraguaçu, à irrigação, ao lazer, ao turismo e à geração de energia elétrica. A formação do reservatório provocou o alagamento de áreas em nove municípios Feira de Santana, São Gonçalo dos Campos, Antônio Cardoso, Rafael Jambeiro, Conceição de Feira, Santo Estevão, Muritiba, Governador Mangabeira e Cabaceiras do Paraguaçu , dando origem ao Lago de Pedra do Cavalo (Vidal, 2012).

Diante da necessidade de preservar a qualidade das águas do lago, o governo estadual instituiu, por meio do Decreto n.º 6.548, de 18 de julho de 1997, a Área de Proteção Ambiental – APA do Lago de Pedra do Cavalo, abrangendo porções dos municípios de Conceição de Feira, Cachoeira, Antônio Cardoso, Santo Estevão, Governador Mangabeira, Castro Alves, Cruz das Almas, Feira de Santana, Muritiba, São Félix e São Gonçalo dos Campos (Bahia, 1997). O clima predominante é o tropical com verão seco, com temperatura média anual e precipitação variando entre 700 e 1.000 mm (Alvares et al., 2013).

A APA não dispõe de Plano de Manejo, o que fragiliza significativamente sua governança e amplifica os conflitos entre os diferentes atores que coexistem no interior da unidade, onde coexistem as indústrias do polo avícola de São Gonçalo dos Campos e Conceição de Feira, além do Centro Industrial do Subaé, em Feira de Santana (Palma, 2007).

Figura 1. Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental do Lago de Pedra do Cavalo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 DADOS E RECLASSIFICAÇÃO

Os mapas de uso e cobertura da terra foram obtidos a partir da Coleção 5.0 do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas), abrangendo a série histórica de 1985 a 2019 (Mapbiomas, 2020). A Coleção 5.0 incorporou o ano de 2019 à série temporal e introduziu aprimoramentos metodológicos significativos: mapeamento mais preciso das áreas úmidas do Pantanal; inclusão de novas classes de Savana e Formação de Pastagens na Amazônia; mapeamento de áreas de várzea na Mata Atlântica; e separação entre safras perenes e temporárias na agricultura (Mapbiomas, 2020).

A geração dos mapas pelo MapBiomas baseia-se em imagens multitemporais do satélite Landsat, combinadas com dados de referência de campo, utilizados para treinar um classificador Random Forest. O fluxo metodológico compreende: (1) definição das classes; (2) geração do espaço de atributos espectrais; (3) coleta de amostras de treinamento; (4) classificação supervisionada; (5) filtragem temporal e espacial; e (6) validação. Após a obtenção dos dados, os mapas foram recortados para os limites da APA e reclassificados conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Reclassificação das classes de cobertura da terra com base na Coleção 5.0 do MapBiomas.

Classe	Descrição
Agropecuária	Engloba áreas de pastagem e agricultura: pastagens naturais ou plantadas vinculadas à atividade agropecuária; culturas anuais e perenes; mosaico de agricultura e pastagem onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
Água	Representa rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água, incluindo lagos artificiais com predomínio de atividade aquícola e/ou salicultura.
Campo	Engloba as áreas de formação natural não florestal, como campos alagados e áreas pantanosas, formações campestres, apicum e afloramento rochoso.
Floresta	Abrange formação florestal, formação savânica e mangue.
Floresta Plantada	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais.
Não Vegetada	Abrange praia e duna, infraestrutura urbana, mineração e outras áreas não vegetadas compostas por superfícies impermeáveis.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 MÉTRICAS DA PAISAGEM

A paisagem constitui uma unidade espacial moldada pela interação de fenômenos naturais e sociais. As métricas da paisagem permitem quantificar sua estrutura e suas transformações em diferentes níveis hierárquicos (Soares-Filho, 1998; Carrão et al., 2001; Lang et al., 2008).

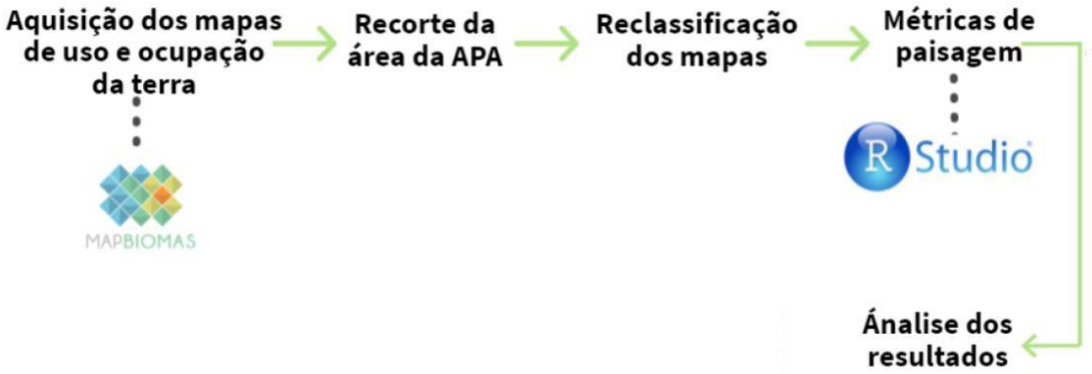
Quadro 2. Métricas da paisagem utilizadas para quantificar as classes de uso e cobertura da terra da APA do Lago de Pedra do Cavalo.

Métrica	Unidade	Descrição
PLAND	%	Porcentagem da paisagem correspondente à mesma classe.
CA	Ha	Área total da classe.
LPI	%	Índice do maior fragmento: percentagem da paisagem ocupada pela maior mancha da classe.
NP	Un	Número de fragmentos por classe.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O PLAND representa a proporção da paisagem ocupada por uma determinada classe valores elevados indicam dominância dessa classe sobre o mosaico. A área total da classe (CA) permite dimensionar a magnitude espacial de cada categoria. O Índice de Maior Mancha (LPI) corresponde à percentagem da paisagem ocupada pela maior mancha de cada classe, refletindo o grau de dominância espacial (Wu; Hobbs, 2007). O NP indica o número total de manchas por classe e é indicador do grau de fragmentação (Farina, 1998). O cálculo das métricas foi realizado por meio do pacote SDMTools no ambiente RStudio, utilizando a função ClassStat (Menezes, 2015). A síntese metodológica é apresentada na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma do procedimento metodológico utilizado para alcançar os objetivos da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo empregou métricas de área e de densidade de fragmentos para analisar e quantificar a configuração da paisagem da APA do Lago de Pedra do Cavalo ao longo da série temporal 1985–2019. A composição da paisagem diz respeito às proporções relativas de cada categoria de uso e cobertura no conjunto da área estudada; a configuração, por sua vez, refere-se à distribuição física e ao arranjo espacial dos fragmentos que integram o mosaico (Lee et al., 2009; Liu et al., 2012; Zhou et al., 2012; Clément et al., 2017).

4.1 ANÁLISE DAS MÉTRICAS DA PAISAGEM

A análise integrada da área total (CA) e da proporção de área por classe na paisagem (PLAND) (Tabela 1) revela que a agropecuária é o uso dominante na área de estudo, com aproximadamente 543,3 ha em 2019, equivalentes a 72,2% da área total da APA. Em termos de cobertura, a floresta nativa era a classe mais representativa em 1985, ocupando 194 ha (25,8% da APA), enquanto em 2019 a classe água assumiu maior destaque, com 115 ha (15,3% da área). As coberturas de campo e as áreas não vegetadas, somadas, representam menos de 1% da área de estudo. As florestas plantadas estiveram ausentes tanto em 1985 quanto em 2019.

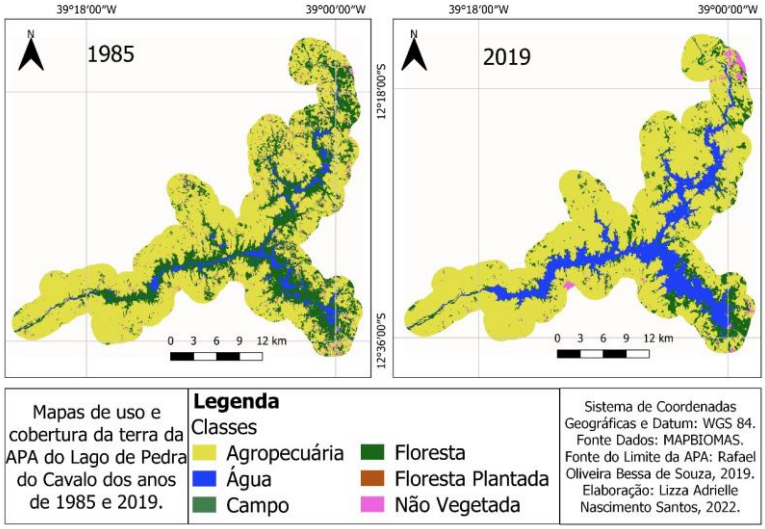
Tabela 1. Resultado das métricas da paisagem para as classes de uso e cobertura da terra da APA do Lago de Pedra do Cavalo nos anos de 1985 e 2019.

Classes	PLAND (%)	CA (ha)	LPI (%)	NP (Un.)	PLAND (%)	CA (ha)	LPI (%)	NP (Un.)
	1985				2019			
Agropecuária	69,7	524	32	331	72,2	543,3	58,9	229
Água	4,3	32	0,9	194	15,3	115	15	58
Campo	0,4	1	0,2	50	–	0,2	0,4	19
Floresta	25,8	194	14	1010	11,5	86,8	2	1143
Floresta Plantada	–	–	–	–	–	–	–	–
Não Vegetada	0,1	0,8	0,2	27	0,9	7	0,4	35

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise conjunta do Número de Manchas (NP) e do Índice de Maior Mancha (LPI) indica que, ao longo dos 35 anos analisados, houve redução no NP da agropecuária, da água e do campo, concomitantemente ao aumento no NP da floresta. Em ambos os anos extremos (1985 e 2019), o maior LPI correspondeu à agropecuária, reafirmando sua dominância estrutural na paisagem.

Figura 3. Mapas de uso e cobertura da terra da APA do Lago de Pedra do Cavalo referentes aos anos de 1985 e 2019.

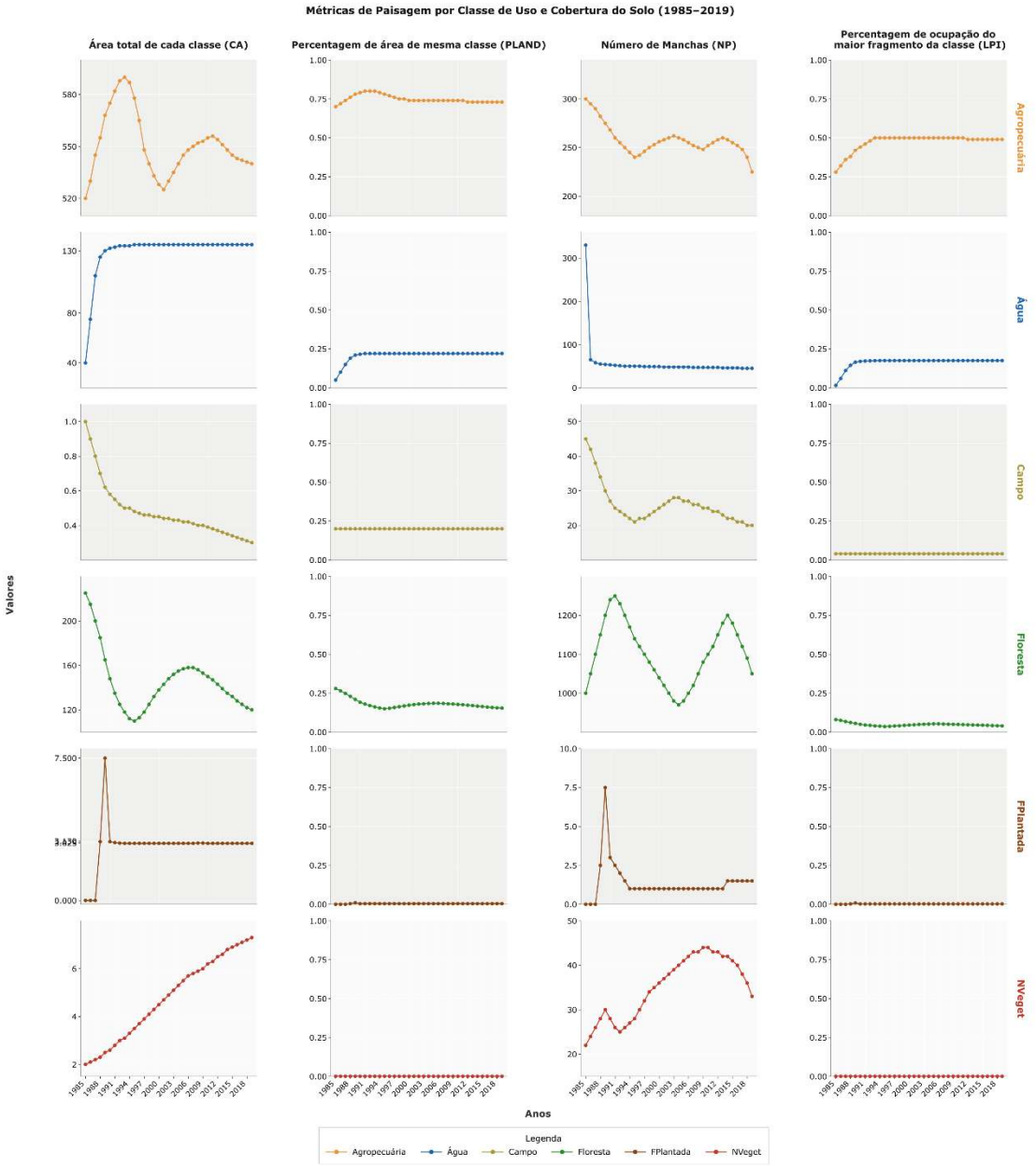


Fonte: Elaborado pelos autores.

ISSN: 2177-3246

A trajetória da agropecuária ao longo da série temporal pode ser observada na Figura 3. A classe apresentou crescimento expressivo entre 1985 e 1993, quando atingiu seu pico histórico, ocupando 95,7% da APA (569,3 ha). A partir de 1994, registrou-se um recuo gradual até 2001 (66,4%, 500 ha), seguido de nova retomada no ano subsequente, culminando em 561,3 ha em 2008, com declínio gradual até 2019 (543,3 ha). O LPI agropecuário alcançou seu menor valor no período 1985–1987 (32,2%), com elevação consistente a partir de 1988, quando se estabilizou entre 52% e 59%.

Figura 4. Gráficos relacionando os valores das métricas da paisagem CA, PLAND, LPI e NP ao longo da série temporal (1985–2019) para a APA Lago de Pedra do Cavalo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As superfícies aquáticas representavam 4,3% da APA em 1985, ampliando-se para 11% em 1986 e estabilizando-se entre 14% e 15% a partir de 1997. Ao longo dos 35 anos analisados, essas

áreas mais que triplicaram em extensão de 32 ha para 115 ha , reflexo direto da consolidação do Lago de Pedra do Cavalo.

As áreas de floresta nativa atingiram sua maior extensão em 1985 (194 ha, equivalentes a 25,8% da APA). A partir de 1986, registrou-se declínio acentuado, com a cobertura florestal reduzindo-se a apenas 9,2% (69 ha) em 1993. Em 2019, a floresta cobria apenas 11,5% da APA (86,8 ha). O NP florestal apresentou oscilações expressivas, com pico em 1992 (1.281 manchas) e crescimento até 1.143 manchas em 2019. O LPI florestal declinou de 14% em 1985 para apenas 2% em 2019, evidenciando a drástica redução da maior mancha florestal contínua.

As áreas não vegetadas apresentaram crescimento contínuo de 0,8 ha em 1985 para 7 ha em 2019, tendência associada à urbanização crescente da região e ao aumento das superfícies impermeáveis.

4.2 DISCUSSÃO

A análise da evolução do uso e cobertura da terra na APA do Lago de Pedra do Cavalo entre 1985 e 2019 evidencia, em primeiro lugar, o predomínio ininterrupto da agropecuária em todo o período estudado. Cabe destacar que essa classe abrange tanto as pastagens quanto as áreas agrícolas, e sua expressividade decorre do fato de que a maioria dos municípios integrantes da APA tem na pecuária extensiva uma de suas principais atividades econômicas (Souza et al., 2021).

A expansão da agropecuária entre 1985 e 1993 pode estar associada ao processo de alagamento provocado pela formação do Lago de Pedra do Cavalo, que impulsionou a conversão de uso nas áreas adjacentes. O recuo posterior pode refletir os efeitos do Decreto Estadual n.º 6.548/1997, que instituiu formalmente a APA. Entretanto, a criação da unidade de conservação mostrou-se insuficiente para conter o avanço agropecuário de forma permanente, dado que a classe voltou a crescer nos anos seguintes evidenciando as limitações da proteção legal sem instrumentos de gestão efetivos.

Merece destaque o fato de que a agropecuária vem se tornando progressivamente menos fragmentada na APA: em 2019, o maior fragmento desta classe correspondia a 58,9% da área total, indicando tendência de homogeneização e consolidação espacial (Cavalcante, 2011).

As áreas florestais, em contraste com a agropecuária, registraram declínio expressivo ao longo do período estudado. Em 1985, a floresta já era a cobertura mais fragmentada na APA, e o número de fragmentos continuou crescendo ao longo das décadas: em 2019, o maior fragmento florestal correspondia a apenas 2% da área total da unidade. O processo de fragmentação produz consequências ecológicas imediatas e de longo prazo: a subdivisão do habitat originalmente contínuo, o isolamento de populações, a redução das áreas disponíveis e a perda progressiva de espécies (Pires et al., 2006; Barros, 2006).

Desde o início do processo de inundação até 2019, as superfícies aquáticas dentro da APA ampliaram-se de 32 ha para 115 ha, tornando-se espacialmente homogêneas (LPI de 15%), correspondendo ao Lago de Pedra do Cavalo. O manancial é responsável pelo abastecimento hídrico de aproximadamente quatro milhões de pessoas, e as implicações do avanço agropecuário e da retração florestal sobre a qualidade e a quantidade de água disponível são numerosas e preocupantes incluindo o aporte crescente de sedimentos, nutrientes e agroquímicos ao reservatório.

5 CONCLUSÃO

Com a conclusão das obras de barramento do Rio Paraguaçu surgiu o Lago de Pedra do Cavalo, cuja principal função é o abastecimento hídrico de parte expressiva da população baiana. Em 1997, as áreas ao entorno do lago foram formalmente transformadas em Área de Proteção Ambiental, com vistas à preservação do manancial. Entretanto, a análise das métricas da paisagem evidencia que a instauração da UC não foi acompanhada de mudanças estruturais significativas nos padrões de uso e cobertura da terra.

A agropecuária manteve-se como o uso dominante da região ao longo de todo o período analisado, enquanto as áreas urbanizadas apresentaram crescimento contínuo. Em sentido oposto, as áreas de floresta nativa tornaram-se progressivamente mais reduzidas e fragmentadas. O avanço agropecuário e o declínio da vegetação nativa, na ausência de mudanças efetivas nas práticas de uso e gestão do território, representam um legado de degradação ambiental em uma região de relevância estratégica para a Bahia colocando em risco a biodiversidade e comprometendo a qualidade dos solos e do manancial.

Torna-se, portanto, urgente a elaboração e implementação do Plano de Manejo da APA do Lago de Pedra do Cavalo. Esse instrumento deverá contemplar, entre suas diretrizes prioritárias: a restauração da floresta nativa, com ampliação das áreas florestadas e promoção da conectividade entre fragmentos; o controle e ordenamento da atividade agropecuária; e a gestão integrada das áreas no entorno da unidade. O manejo adequado dos fragmentos florestais remanescentes é decisivo para sua persistência e para a manutenção de suas funções ecológicas (Metzger, 2003; Viana; Pinheiro, 1998). Reconhece-se que os desafios são numerosos, mas a urgência da situação exige a aceleração das ações de proteção e recuperação ambiental (Cavalcante, 2011).

A abordagem metodológica adotada mostrou-se adequada para alcançar os objetivos propostos, reafirmando a relevância do projeto MapBiomas como plataforma de mapeamento sistemático do uso e cobertura da terra no Brasil e possibilitando uma análise temporal robusta da APA. Este estudo representa um avanço no entendimento da dinâmica espaço-temporal da APA do Lago de Pedra do Cavalo, fornecendo base técnica e científica para novas discussões e futuras decisões sobre a região.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio do edital CNPq/MCTI nº 441271/2023-5 – Presente, Passado e Futuro da Biodiversidade do Semiárido: Inventários, Monitoramento, Impactos das Mudanças Climáticas e Implicações para o Uso e Conservação da Flora, Fauna e Fungos. W.J.F.R. foi apoiado por bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (processo nº 314954/2021-0), Projeto Prospecta 4.0 – CNPq (processo nº 407907/2022-0) e pelo projeto 30202010010121001 – CTBIO – FINEP, associada ao Centro Temático de Bioeconomia do Semiárido (UEFS – CTBio-CIMATEC SERTÃO). Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE), financiado pelo CNPq (408930/2024-1), pela CAPES (88887.195651/2025-00) e pela FAPESP. Financiamento adicional foi fornecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), por meio do programa Bioeconomia, Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental na Bahia, no âmbito da Chamada nº 38/2022, Acordo de Cooperação Técnica nº 294/2023 e Termo de Outorga nº PPF0003/2023. Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM/UEFS) pelo apoio institucional, bem como ao SENAI CIMATEC pela contribuição no desenvolvimento científico e tecnológico voltado à inovação aplicada. R.N.V. foi apoiado pelo INCT IN-TREE e agradece a bolsa SET-G 30202010010121001 – CTBIO – FINEP, associada ao Centro Temático de Bioeconomia do Semiárido (UEFS – CTBio-CIMATEC SERTÃO), vinculado a Projetos Especiais.

.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

ALVES, H. P. F. Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira. Textos Nepo, v. 47, 2004.

BAHIA. Decreto n.º 6.548, de 18 de julho de 1997. Cria a Área de Proteção Ambiental – APA do Lago de Pedra do Cavalo. Diário Oficial do Estado da Bahia, Salvador, 19 jul. 1997.

BARROS, F. A. Efeito de borda em fragmentos de floresta montana, Nova Friburgo – RJ. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

BRASIL. Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, DF: Presidência da República, 2000.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: ENCONTRO DE UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – ESIG, 6., 2001. Anais [...]. p. 1–10, 2001.

CAVALCANTE, F. R. C.; GÓES, B. S. O desafio da gestão ambiental em Rondônia: um estudo sobre a pressão agropecuária nos municípios com e sem Unidades de Conservação da Natureza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2011. Anais [...]. p. 1–14, 2011.

CLÉMENT, F. et al. Landscape diversity and forest edge density regulate stream water quality in agricultural catchments. Ecological Indicators, v. 72, p. 627–639, 2017. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.049

COLLINGE, S. K. Spatial arrangement of habitat patches and corridors: clues from ecological field experiments. Landscape and Urban Planning, v. 42, p. 157–168, 1998.

ESTEVES, A. O.; SOUZA, M. P. Avaliação ambiental estratégica e as áreas de proteção ambiental. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. especial, p. 77–86, 2014.

FARINA, A. Principles and methods in landscape ecology. London: Chapman & Hall, 1998.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FROHN, R. C. et al. Using satellite remote sensing analysis to evaluate a socio-economic and ecological model of deforestation in Rondônia, Brazil. International Journal of Remote Sensing, v. 17, n. 16, p. 3233–3255, 1996.

GERMANI, G. I. Cuestión agraria y asentamiento de población en el área rural: la nueva cara de la lucha por la tierra. Bahia, Brasil (1964–1990). 1993. Tese (Doutorado) – Universidad de Barcelona, Barcelona, 1993.

GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: a review. Journal of Environmental Management, v. 173, p. 41–48, 2016. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.045

GUSTAFSON, E. J.; GARDNER, R. H. The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. Ecology, v. 77, p. 94–107, 1996.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). APA Lago de Pedra do Cavalo. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br. Acesso em: 10 out. 2020.

KURASZ, G. et al. Caracterização do entorno da reserva florestal EMBRAPA/EPAGRI de Caçador (SC) usando imagem Ikonos. Floresta, v. 38, n. 4, p. 641–649, 2008.

LANG, S. et al. Métricas da paisagem – uma caixa de ferramentas para avaliar as estruturas da paisagem passadas, presentes e futuras. Tecnologias de geoinformação para paisagens geoculturais: perspectivas europeias, v. 207, 2008.

LEE, S. W. et al. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. Landscape and Urban Planning, v. 92, p. 80–89, 2009.

LI, S. H. et al. Analysis of the spatiotemporal land-use/land-cover change and its driving forces in Fuxian Lake watershed, 1974 to 2014. Polish Journal of Environmental Studies, v. 26, n. 2, p. 671–681, 2017.

LIU, W.; ZHANG, Q.; LIU, G. Influences of watershed landscape composition and configuration on lake-water quality in the Yangtze River basin of China. Hydrological Processes, v. 26, p. 570–578, 2012.

MAC KINNON, J. et al. Managing protected areas in the tropics. Gland: IUCN; Cambridge: UK, 1986.

MAPBIOMAS. MapBiomas General Handbook: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). 2020. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: out. 2020.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Corvallis: Oregon State University, 1994.

MENEZES, R. C. C. Implementação em interface Web do processo de aquisição e estruturação de dados multitemporais obtidos pelo programa Landsat. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JUNIOR, L.; PÁDUA, C. V.; RUDRAN, R. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba: Fundação O Boticário, 2003.

OLIVEIRA, Y. M. M. Investigation of remote sensing for assessing and monitoring the araucaria forest of Brazil. 2000. Tese (Doutorado) – University of Oxford, Oxford, 2000.

PALMA, E. G. A. Aplicação da legislação ambiental no território da APA do Lago de Pedra do Cavalo. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado) – UFBA, Salvador, 2007.

PEREIRA, J. L. G. et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. Geografia, v. 26, n. 1, p. 59–90, 2001.

PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S.; BARROS, C. S. Vivendo em um mundo em pedaços. In: Biologia da conservação: essências. São Carlos: Rima, 2006. p. 231–260.

SHERBININ, A. A CIESIN thematic guide to land-use and land-cover change (LUCC). Palisades: CIESIN, 2002.

SOARES FILHO, B. S. Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica. 1998. Tese (Doutorado) – USP, São Paulo, 1998.

SOUZA, R. O. B. et al. Análise da evolução temporal do uso e cobertura do solo da APP e da APA Lago de Pedra do Cavalo–BA. In: Ambiente & Sociedade: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza. 2021. p. 220–232.

TEIXEIRA, C. U.; SILVA, A. B.; LIMA, C. C. U. Utilização das imagens CBERS-2 na predição de perdas de solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2249–2254.

TURNER, K. et al. Examining the global environmental impact of regional consumption activities – Part 1. Ecological Economics, v. 62, p. 37–44, 2007.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 25–42, 1998.

VIDAL, F. B. Saudade sim, tristeza não: memória do deslocamento compulsório e da reconstrução da vida dos atingidos pela barragem de Pedra do Cavalo em Santo Estevão (Bahia). 2012.

WU, J.; HOBBS, R. J. (ed.). Key topics in landscape ecology. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

ZHOU, T.; WU, J.; PENG, S. Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: a case study of the Dongjiang River watershed, China. Ecological Indicators, v. 23, p. 166–175, 2012.