



Análise espaço-temporal da mudança do uso e cobertura da terra nas reservas extrativistas da costa paraense, amazônia oriental

Spatio-temporal analysis of land use and land cover change in the extractive reserves on the coast of Pará, eastern amazon

Euller Pimentel Teixeira¹, Sanae Nogueira Hayashi²

1. Universidade Federal Rural Da Amazônia, E-mail: engamb.euller@gmail.com;
2. Universidade Federal Rural da Amazônia, E-mail: sanae.hayashi@ufra.edu.br

RESUMO – A costa amazônica paraense apresenta a maior distribuição de Reservas Extrativistas com áreas de manguezais, demonstrando assim, a importância de realizar o monitoramento e fiscalização deste ecossistema. O objetivo deste trabalho consiste em analisar a mudança espacial e temporal do uso e cobertura do solo em sete Reservas Extrativistas da Costa Atlântica do Salgado Paraense, com o intuito de gerar dados que auxiliam no monitoramento da costa amazônica brasileira. Para alcançar os objetivos, foram utilizadas imagens *Landsat* dos anos 2001 e 2021. Para a confecção dos mapas e a classificação das imagens, foi utilizado o classificador *Random Forest* no *software* QGIS 3.16. Os resultados encontrados demonstram uma predominância inicial de vegetação (33,18%) e floresta de mangue (26,35%) em 2001. Ao longo dos 20 anos, houve um aumento de 34,25% da classe cidades/solo, indicando um acelerado processo de crescimento da área urbana e de áreas expostas à degradação ambiental. Foi constatado que na distância de um quilômetro das UCs estão contidos os maiores valores da classe que compõem as áreas de cidades e solo exposto. O uso de imagens *Landsat* aliada à classificação supervisionada mostrou-se eficaz para o mapeamento do uso e cobertura do solo das Reservas Extrativistas da costa Atlântica do Salgado Paraense, demonstrando a importância de desenvolver técnicas e ferramentas para estudos ambientais e monitoramento das UCs da Amazônia.

Palavras-chave: Unidade de Conservação. Geotecnologias. Meio ambiente.

ABSTRACT - The Amazonian coast of Pará presents the largest distribution of Extractive Reserves with mangrove areas, demonstrating, therefore, the importance of performing the monitoring and inspection of this ecosystem. The objective of this work consists in analyzing the spatial and temporal change of land use and cover in seven Extractive Reserves of the Atlantic Coast of the Salgado Paraense, with the intent of generating data that assist in the monitoring of the Brazilian Amazonian coast. To reach the objectives, Landsat images from the years 2001 and 2021 were used. To produce the maps and the classification of the images, the Random Forest classifier was used in the QGIS 3.16 software. The results found demonstrate an initial predominance of vegetation (33.18%) and mangrove forest (26.35%) in 2001. Throughout the 20 years, there was an increase of 34.25% in the cities/soil class, indicating an accelerated process of urban area growth and areas exposed to environmental degradation. It was found that within the distance of one kilometer from the UCs are contained the largest values of the class that compose the areas of cities and bare soil. The use of Landsat images allied to supervised classification showed to be effective for the mapping of land use and cover



of the Extractive Reserves of the Atlantic coast of the Salgado Paraense, demonstrating the importance of developing techniques and tools for environmental studies and monitoring of the UCs of the Amazon.

Keywords: Conservation Unit. Geotechnologies. Environment.

INTRODUÇÃO

A forma que as ações antrópicas influenciaram significativamente nos impactos negativos ao meio ambiente (Malaquias *et al.*, 2021), evidentemente tornaram essas transformações uma problemática a nível global (Moreira *et al.*, 2022). Trabalhar novas abordagens, técnicas e legislações específicas baseado na sustentabilidade é a base primordial para compreender e monitorar a dinâmica ambiental (Freitas, 2019).

O funcionamento de diversos ecossistemas está sendo fortemente impactado pelas alterações climáticas, não apenas a nível mundial, mas também regional e local (Artaxo, 2020). O ecossistema de manguezal, presente na costa amazônica brasileira, é considerado um dos mais produtivos do planeta, sendo essencial para a manutenção de funções socioeconômicas e o equilíbrio ecológico da região (Thiers *et al.*, 2016).

O estado do Pará concentra a maior extensão de RESEXs com áreas de mangue no Brasil, o que torna um território importante para o monitoramento ambiental, visto que esses espaços são a base da subsistência de comunidades tradicionais que utilizam seus recursos naturais (Filho *et al.*, 2020). Contudo, esses territórios enfrentam problemas como a falta de fiscalização, de planos de manejo e de gerenciamento eficientes (Azevedo; Coelho, 2025).

Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto (SR) é uma ferramenta utilizada em vários ramos da ciência como fonte de dados para o monitoramento dos recursos naturais e essencial no apoio de diversas problemáticas ambientais (Vasconcellos, 2024). Os produtos do SR são fundamentais para acompanhar as mudanças de ambientes extensos, de difícil acesso e em constante mudança (Santos *et al.*, 2024), o que auxilia no processo de monitoramento de zonas costeiras com destaque para áreas de manguezais do litoral da Amazônia brasileira.

Baseado nisso, o mapeamento do uso e cobertura da terra das RESEXs surge como um caminho para analisar as mudanças ocorridas na região e, através disso, produzir dados representativos que possam ser utilizados para a gestão territorial e ambiental das RESEXs e suas zonas de amortecimento. O objetivo deste trabalho consiste em analisar a mudança espacial e temporal do uso e cobertura do solo nas RESEXs da Costa Atlântica do Salgado Paraense no período de 2001 e 2021, com o intuito de gerar dados que auxiliem no monitoramento da costa amazônica brasileira.

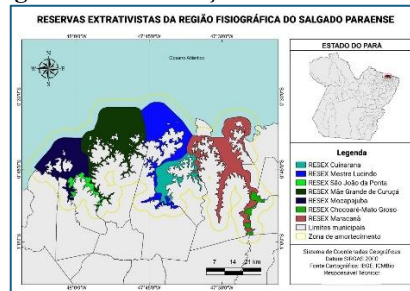
MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A pesquisa tem como foco as áreas de sete RESEXs, localizadas na região fisiográfica do Salgado Paraense, mesorregião Nordeste Paraense, denominadas: Chocoaré-Mato Grosso, localizada no município de Santarém Novo; RESEX Maracanã, situada no município de Maracanã; Mestre Lucindo no município de Marapanim; Mãe Grande de Curuçá no município de Curuçá; RESEX São João da Ponta no município de São João da Ponta; Mocapajuba,

estabelecida em São Caetano de Odivelas e Cuinarana, localizada no município de Magalhães Barata. Também foi utilizada uma zona de amortecimento de 3 km a partir dos limites territoriais das RESEXs para composição da área de análise da pesquisa (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Acervo da pesquisa (2026).

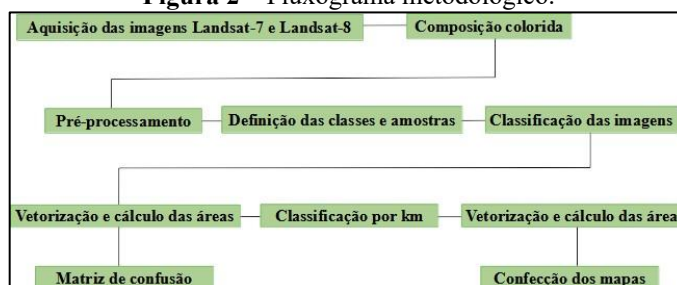
A Zona Costeira Paraense possui 3 setores: Costa Atlântica do Salgado; Insular Estuarino e Continental Estuarino (El-Robrini *et al.*, 2006). A área de estudo está inserida na Costa Atlântica do Salgado Paraense, sendo uma região bastante recortada, caracterizada por um conjunto de reentrâncias da região litorânea (Rolnic *et al.*, 2020).

Para delimitação da zona de amortecimento da área de estudo utilizou-se como critério a resolução CONAMA 428 de 2010, da Lei nº 9.985, que trata sobre o Licenciamento ambiental de atividades com significativo impacto ambiental e determina a obrigatoriedade do licenciamento de atividade de grande impacto ambiental localizados a uma faixa de 3 quilômetros a partir dos limítrofes das Unidades de Conservação que não possuam Zona de Amortecimento (BRASIL, 2010).

Aquisição dos dados

Para o mapeamento dos manguezais, perquirição da mudança de uso e conservação do solo e para atingir os objetivos propostos, foram adotados os seguintes procedimentos, conforme o fluxograma (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma metodológico.



Fonte: Acervo da pesquisa (2026).

Para este estudo foram utilizados dados vetoriais fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ambos disponíveis de forma gratuita nos bancos de dados das suas plataformas digitais. Foram utilizados dados *raster* do *United States Geological Survey* - USGS (Tabela 1), provenientes de imagens *Landsat-7* (sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* – ETM+), referente a data 03/08/2001 e *Landsat-8* (sensor *Operational Land Imager* – OLI),



referente a data 02/08/2021, localizadas nas órbita-ponto 223/61 e 223/60, disponibilizadas de forma gratuita.

Tabela 1 - Características dos satélites Landsat disponibilizado pelo USGS.

Resolução espacial	Resolução temporal	Bandas espectrais Landsat 7 (RGB)	Comprimentos de ondas	Bandas espectrais Landsat 8 (RGB)	Comprimentos de ondas
30 metros	16 dias	Azul (B)	0,63 – 0,69 μm	Azul (B)	0,64 – 0,67 μm
		3 – Vermelha		4 – Vermelha	
		Verde (G)		Verde (G)	
		4 – Infravermelho Próximo	0,77 – 0,90 μm	5 – Infravermelho Próximo	0,85 – 0,88 μm
		Vermelho (R)	1,55 – 1,75 μm	Vermelho (R)	1,57 – 1,65 μm
		5 - Infravermelho de ondas curtas		6 – SWIR 1	

Fonte: USGS (2026).

Os dados *raster* selecionados foram da Coleção 1 e nível 1 do *Landsat* disponibilizados pelo USGS, onde são encontradas as cenas com a mais alta qualidade de dados do *Landsat* e são consideradas adequadas para análise de séries temporais a nível pixel. Nesse sentido, o nível 1 inclui dados corrigidos de precisão e terreno de nível 1, que possuem radiometria bem caracterizada e são calibrados entre os diferentes instrumentos *Landsat* (USGS, 2022).

Para realizar a pesquisa foram considerados dois períodos temporais a fim de fazer a análise histórica da cobertura vegetal e usos da terra, de maneira que, a escolha das cenas seguiu os determinados critérios: a) disponibilidade da imagem no ano de 2021 e 2001; b) menor cobertura de nuvens; c) melhor qualidade visual e espectral (Hayashi, 2018).

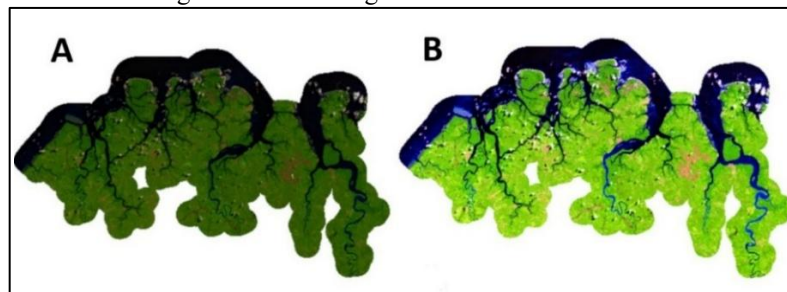
É importante ressaltar as limitações que a pesquisa encontrou, uma delas está relacionada com a dificuldade de encontrar imagens com boa qualidade espectral e visual para a área de estudo, devido à grande presença de nuvens na região amazônica, principalmente na zona costeira.

Processamento Digital da imagem

O processamento das imagens e a confecção dos mapas foi executado através da versão mais estável do *software* livre QGIS (versão 3.16). As principais etapas do processamento e análise de imagem de satélite para o mapeamento do uso e cobertura da terra envolveu, primeiramente, em realizar a composição colorida, sendo escolhidas as bandas R6G5B4 (composição colorida falsa cor) para a imagem *Landsat-8* e R5G4B3 para a imagem *Landsat-7*, visto que esta composição de bandas proporciona uma boa distinção visual dos alvos, possibilitando, de forma lógica, a identificação dos padrões de uso da terra (Gonçalves *et al.*, 2015).

Posteriormente, as imagens foram reprojetaadas para o hemisfério sul, definindo como sistema de referência de coordenadas a projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e o *Datum* SIRGAS 2000. Em seguida, foi realizada a criação de mosaico das cenas através da ferramenta *mesclar* e o recorte da área de estudo utilizando o arquivo vetorial da zona de amortecimento das Reservas Extrativistas em estudo, por meio da ferramenta de recorte de *raster* através da camada de máscara (Figura 3).

Figura 3 – Imagem com realce padrão em comparação com o principal realce usado neste trabalho. A) Composição colorida R6G5B4 realce padrão; B) Composição colorida com realce de contraste gerado pelo Histograma raster. Imagem Landsat-8 de 02/08/2021.



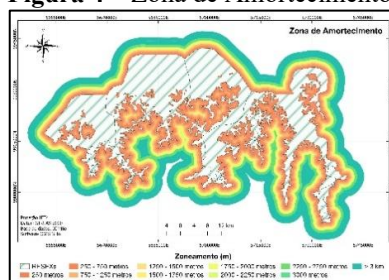
Fonte: Acervo da pesquisa (2026).

Para a análise dos fatores que impulsionam a pressão antrópica no entorno das Reservas Extrativistas, optou-se em trabalhar com distâncias em quilômetros pensando, principalmente na melhor forma de apresentar os resultados das classificações, em virtude da delimitação da ZA ser em 3 km.

Nesse sentido, foi criado 3 *buffers* com distâncias de 1 km, partindo dos limites territoriais das RESEXs, a fim de verificar através da classificação supervisionada, o número de ocorrências de usos da terra dentro de cada km, principalmente as áreas de solo exposto e agricultura que foram usadas para identificar e localizar a maior pressão antrópica com relação as regiões protegidas ambientalmente.

Dentro deste contexto, foi gerado o mapa da zona de amortecimento (Figura 4), partindo de 250 metros até uma distância superior a 3000 metros, como forma de representação do zoneamento da área de estudo.

Figura 4 – Zona de Amortecimento.



Fonte: Acervo da pesquisa (2026).

É importante destacar que este método foi utilizado apenas para a imagem Landsat-8 do ano de 2021, visto que esta análise visou demonstrar o estado mais atual da situação que a região encontra-se frente a ação do homem sobre a natureza.

Classificação Supervisionada

A classificação ocorreu por meio da metodologia supervisionada, utilizando o classificador *Random Forest* do plugin *Dzetsaka: Classification tools*. As escolhas das classes de interesse foram baseadas em fotointerpretação, utilizando 60 amostras de treinamento para cada classe, tendo em vista que o total das amostras se mostraram representativas em toda área de estudo, baseando-se na chave de interpretação (Quadro 1).



Quadro 1- Chave de interpretação do mapeamento na área estudada. Escala de visualização 1:40000.

Classes	Dado matricial	Classificação	Definição
Floresta de Mangue			Apresenta coloração verde escura e textura rugosa. Refere-se as florestas de mangue, encontrado nas margens de rios, baías e igapós.
Vegetação			Apresenta coloração verde médio/claro e textura rugosa. Refere-se aos remanescentes florestais, capoeiras e florestas secundárias.
Agricultura/ Pastagem			Apresenta coloração verde-claro textura lisa e formas regulares e/ou irregulares. Refere-se às áreas agrícolas e pastos de ciclo curto e longo.
Cidades/ Solo exposto			Apresenta coloração magenta claro, com textura lisa. Refere-se às áreas urbanas, áreas de solo exposto devido ao recente desmatamento.
Água			Apresenta coloração azul, com textura lisa e homogênea. Refere-se a todo corpo de água existente como represas, rios, igarapés, igapós e várzeas.
Campos naturais/ Apicum			Apresenta coloração roxa escura e formas irregulares. Refere-se a áreas de formação herbácea e rasteira, encharcada, com solos mais arenosos e apicum.
Savana			Apresenta coloração rosa menos intensa, rugosidade média, refere-se a áreas de menor densidade de árvores, sendo possível visualizar o solo.

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

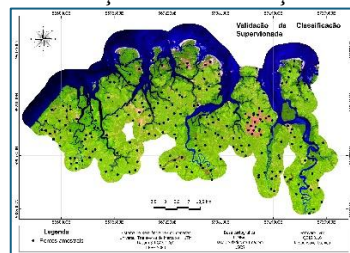
Alguns padrões espaciais apresentaram assinaturas espectrais muito semelhantes o que resultava em confusão durante os testes da classificação supervisionada e por esse motivo ocorreu a união de algumas classes, foi o caso das classes de interesse agricultura/pastagem, cidades/solo exposto e campos naturais/apicum que, desta forma, foram obtidos resultados melhores da classificação supervisionada.

O classificador *Random Forest*, proposto por Breiman (2001), é uma ferramenta particular no cenário de aprendizado de máquina, baseada na criação iterativa e aleatória de decisões de árvores que utiliza um conjunto de regras e condições que definem uma classe, criando várias árvores de decisão aleatoriamente, pautadas em um modelo criado a partir destas árvores e utilizado para classificar todos os pixels (Congedo, 2020).

Neste aspecto, as classificações resultantes foram vetorizadas para que fosse possível calcular e analisar a área de cada padrão de uso e cobertura da terra, para isso, utilizou-se a calculadora de campo do *software* QGIS 3.16. Dessa forma, através dos dados estatísticos gerados foi possível analisar as mudanças ocorridas na área de estudo no período de 2001 e 2021.

Avaliação da Acurácia da Classificação

Para verificar a qualidade dos dados obtidos com as classificações, foi conduzida a validação da classificação das imagens *Landsat*, a fim de avaliar a acurácia da classificação (Figura 5). A matriz de confusão é a maneira de representação da qualidade obtida de uma classificação digital de imagem, uma das formas de expressá-la é mediante a análise das amostras de treinamento em conjunto com os dados classificados (Prina; Trentin, 2015).

Figura 5 – Pontos amostrais para validação da classificação. Imagem Landsat-7 de 03/08/2001.**Fonte:** Acervo da pesquisa (2026).

A validação da classificação foi determinada a partir interpretação visual utilizando imagem de satélite de alta resolução junto a distribuição manual de pontos aleatórios de amostragem. Para avaliar a acurácia dos dados obtidos para o ano de 2021 foram utilizadas imagens do PlanetScope sobre a área de estudo, com resolução de 4,77 m do mês de agosto de 2021, de maneira que, foram distribuídas 30 amostras para cada classe temática. Para avaliar a acurácia da classificação de 2001, foi utilizada a imagem *Landsat-7* na sua composição natural (R3G2B1) sobre a área de estudo, bem como foi usado o software *Google Earth Pro* como ferramenta auxiliar para validação da representação.

Em seguida, esses dados foram utilizados para construir a matriz de confusão e estimar Acurácia Global, Acurácia do Usuário, Acurácia do Produtor e o Coeficiente *Kappa*. Os valores obtidos pelo índice *Kappa*, para cada imagem classificada, foram analisados (Tabela 2), conforme os intervalos e níveis de concordância estabelecidos por Fonseca (2000).

Tabela 2 – Intervalo de qualidade de classificação segundo o índice *Kappa*.

Valor do índice <i>Kappa</i>	Qualidade da Classificação
0,00-0,20	Ruim
0,21-0,40	Razoável
0,41-0,60	Boa
0,61-0,80	Muito boa
0,81-1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Fonseca (2000).

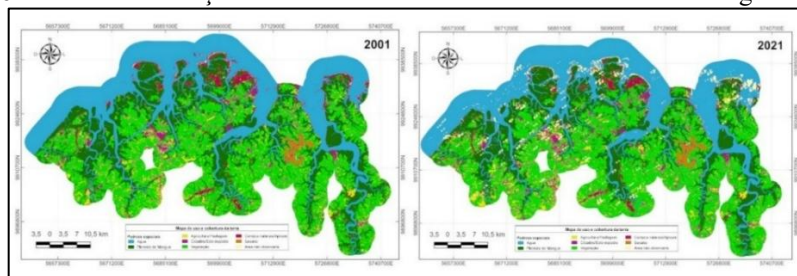
O índice *Kappa* tem sido bastante utilizado em outros estudos e pesquisa, pois possibilita comparações com outros trabalhos, além de ser o mais sensível para estimar variações de erros de omissão e inclusão (Abdalla; Volotão, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação e a mudança de uso e cobertura da terra

Através dos resultados das classificações supervisionadas, foi obtido o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra, para os anos de 2001 e 2021 (Figura 6), o que permitiu compreender a dinâmica espacial e temporal das classes na área de estudo.

Figura 6 – Uso e conservação do solo nas RESEXs da costa Atlântica do Salgado Paraense.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Neste contexto, a caracterização permitiu identificar oito classes de uso e cobertura do solo, denominadas: Água, Floresta de mangue, Vegetação, Agricultura/Pecuária, Cidades/Solo exposto, Campos naturais/Apicum, Savana e Área não observada (Nuvens e sombras). As imagens classificadas, apresentaram boa separação entre as classes, em ambos os processos de classificação foram obtidos mapas com classes bem individualizadas e coerentes tanto com as imagens *Landsat*, como com as observações feitas com as imagens *PlanetScope*. No entanto, na classificação de 2001, a exceção ficou por conta da classe floresta de mangue que apresentou diferentes assinaturas espectrais em algumas regiões o que gerou confusão, principalmente com a classe vegetação.

Neste aspecto, as representações resultantes mostram o avanço das áreas com solo exposto e pastagem sobre as os limites territoriais das RESEXs, sendo uma informação indispensável quanto a fiscalização dessas áreas, pois são fatores antrópicos que permitem que as áreas de manguezais fiquem vulneráveis aos impactos ambientais negativos sobre a biodiversidade.

A Tabela 3 apresenta a evolução das classes analisadas e a comparação dos cenários e mudanças ocorridos durante o período. A análise temporal das classes, ao longo dos 20 anos, evidencia uma predominância da vegetação (1044,69 km²) e floresta de mangue (829,57 km²), representando 33,18% e 26,35%, respectivamente no ano de 2001. No período de 2021, apesar de apresentarem diminuição das áreas, as classes vegetação (30,94%) e floresta de mangue (25,34%) ainda são predominantes no território.

Tabela 3 - Área em (km²) e porcentagem das classes de uso e cobertura do solo na área de estudo.

Classes	2001		2021		Diferença	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Água	896,32	28,46	874,41	28,21	21,91	- 2,43
Floresta de mangue	829,57	26,35	785,57	25,34	44,00	- 5,30
Vegetação	1044,69	33,18	959,08	30,94	85,60	- 8,19
Agricultura/Pastagem	136,19	4,32	142,34	4,59	6,15	+ 4,52
Cidade/Solo exposto	114,25	3,62	153,39	4,94	39,138	+ 34,25
Campos naturais/Apicum	100,55	3,19	103,87	3,35	3,31	+ 3,29
Savana	22,75	0,72	23,00	0,74	0,26	+ 1,12
Área não observada	3,95	0,12	57,71	1,86	53,76	-

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Ao realizar a análise comparativa dos resultados da classificação dos anos 2001 e 2021, foi possível inferir que houve um aumento de 34,25% da classe que envolve as áreas de solo exposto e centros urbanos, passando de 114,25 km² para 153,39 km², respectivamente. Os dados obtidos mostram o acelerado processo de crescimento da área urbana e de áreas expostas à degradação ambiental, haja vista que a composição dessa classe é consequência das atividades



antrópicas, bem como do crescimento produtivo que causam uma série de efeitos danosos sobre o ambiente natural (Lopes *et al.*, 2007).

A classe agricultura e pastagem também apresentou aumento significativo (quando comparada as outras classes), um crescimento corresponde a 6,15 km² (4,52 %). Por outro lado, as classes Água, floresta de mangue e vegetação, apresentaram redução da área mapeada com perdas de 21,91 km², 5,30km² e 85,60 km², respectivamente. A perda de Floresta de mangue pode estar relacionada a fatores naturais, ligado a dinâmica das marés nesses ambientes. Estudo realizado por Leão, Araújo e Oliveira (2020), analisaram os manguezais da RESEX Caeté-Taperaçu, onde apresentaram perdas das florestas de mangue, o que segundo Fernandes *et al.* (2005), esse fenômeno de perda e ganho do manguezal é bastante comum na região das reentrâncias maranhenses e paraense.

As classes campos naturais/apicum e as áreas de savana apresentaram valores próximo, em outras palavras, foram regiões que não tiveram mudanças severas na paisagem obtendo, dessa forma, resultados que demonstram a conservação desses territórios, especificamente as áreas de campos naturais e apicum pois uma a maior parte dessas feições encontram-se dentro dos limites territoriais das RESEXs da costa Atlântica do Salgado Paraense.

Avaliação da exatidão da representação

A Tabela 4 apresenta a matriz de confusão resultante das classificações. Foram distribuídos manualmente 210 pontos aleatórios de amostragem no *software* livre Qgis 3.16 (Figura 8), dos quais 168 foram classificados corretamente para o ano de 2001 e 173 pontos corretamente classificados para 2021.

Dentre as classes avaliadas, a água não apresentou erro de omissão em 2021, com o maior valor de acurácia do produtor (100%), por outro lado, a classe cidades/solo exposto foi a que apresentou menor valor de acurácia do produtor (66,7%), ou seja, maior erro de omissão na matriz de 2001. Na matriz de confusão para o período de 2021, as classes de campos naturais/apicum e savana apresentaram menor acurácia do produtor, ambas com 73,3 %, tendo em vista que houve maior confusão com os pixels da classe cidades/solo exposto (Tabela 4).

Tabela 4 – Acurácia do Usuário (AU) e Acurácia do Produtor (AP).

Classes	2001		2021	
	AU	AP	AU	AP
Água	93,5	96,7	100	100
Floresta de mangue	88,9	80	76,5	86,7
Vegetação	81,5	73,3	83,9	86,7
Agricultura/Pastagem	71,4	66,7	67,6	76,7
Cidade/Solo exposto	64,9	80	72,7	80
Campos naturais/Apicum	80,6	83,3	91,7	73,3
Savana	82,8	80	91,7	73,3
Acurácia Global	0,80		0,82	
Índice Kappa	0,77		0,79	

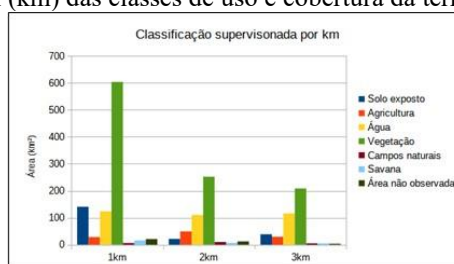
Fonte: Dados da pesquisa (2026).

A análise da matriz de confusão permitiu avaliar os resultados estatísticos das classificações nas áreas das RESEXs e na zona de amortecimento, obtendo resultados positivos de acordo com Fonseca (2000), de maneira que, gerou resultados considerados “muito bom” tanto para o ano 2001 quanto para 2021.

Análise da classificação e da pressão antrópica por km

Com os resultados da classificação supervisionada (Figura 7) em cada km da zona de amortecimento, foi possível observar, de forma específica, os padrões espaciais nas diferentes distâncias e verificar os fatores ambientais que se destacam para a área de estudo no período de 2021. Neste aspecto, na zona de amortecimento destaca-se, entre as classes predominantes, a vegetação, cidades/solo exposto e as áreas de agricultura/pastagem.

Figura 7 – Área em (km) das classes de uso e cobertura da terra em cada km da ZA.

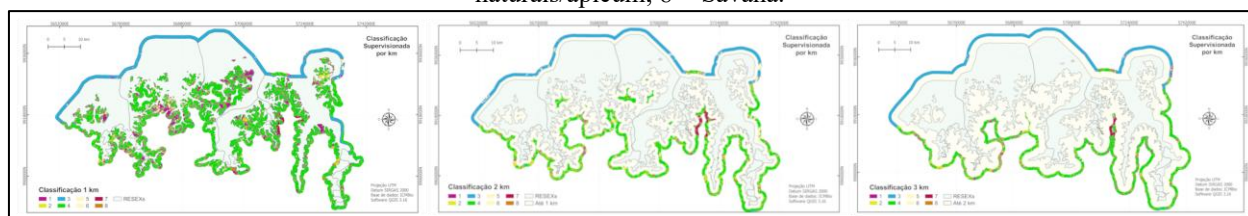


Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Os resultados confirmam a predominância da vegetação como uma das principais classes formadoras da paisagem da região, devido a costa amazônica brasileira ser pouco povoada, com vastas regiões ainda não ocupadas, o que reflete ao alto nível de conservação dos habitats da região, apresentando menores níveis de exploração (Hayashi *et al*, 2019).

A figura 8 apresenta os resultados das classificações em cada 1 km da zona de amortecimento, demonstrando de forma representativa, a distribuição espacial das classes de uso e conservação do solo, o que possibilitou uma investigação mais específica e pontual da área de estudo, obtendo resultados melhores para a pesquisa.

Figura 8 – Classificação de uso e cobertura da terra por km para área de estudo – 2021. 1 = Cidades/solo exposto; 2 = Agricultura/pastagem; 3 = Água; 4 = Floresta; 5 = nuvem; 6 = sombreamento; 7 = Campos naturais/apicum; 8 = Savana.



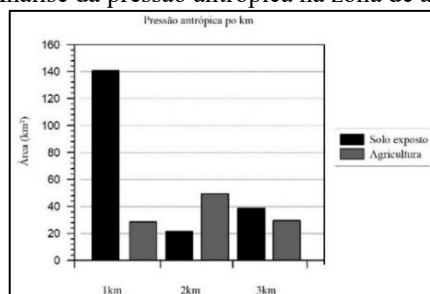
Fonte: Dados da pesquisa (2026).

De acordo com Stanganini *et al* (2019), ao analisar diferentes fatores que interagem no meio ambiente, requer uma visão multidisciplinar para compreender e diagnosticar, bem como utilizar instrumentos, ferramentas e mecanismos novos na identificação dos possíveis problemas ambientais. Dessa forma, os dados gerados permitiram identificar e quantificar os principais usos da terra que podem impulsionar os impactos ambientais e a pressão antrópica nas áreas das RESEXs. Foi constatado que na distância de um quilômetro das UCs estão contidos os maiores valores da classe que compõem as áreas de cidades e solo exposto, com



um quantitativo de 140,91 km². Por outro lado, a classe Agricultura/pastagem apresentou valores mais elevados na distância de dois quilômetros, com um total de 49,27 km² (Figura 9).

Figura 9 – Análise da pressão antrópica na zona de amortecimento.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Baseado nessas informações, é possível perceber que a pressão antrópica se encontra nos primeiros km de distância, sobretudo, em 1 km da zona de amortecimento visto que é nessa região que está presente a maior quantidade de centros urbanos, conglomerado populacional e diversos usos do solo, os quais podem ocasionar áreas de solo exposto. Esses dados corroboram com Hayashi *et al* (2023), que relata na região do Salgado Paraense se concentra o maior uso dos manguezais no estado do Pará, sendo uma das microrregiões que juntas foram responsáveis por 70% dos registros de impacto antropogênico nas áreas de manguezais da região costeira da Amazônia.

CONCLUSÕES

O uso de imagens *Landsat* aliada à classificação supervisionada mostrou-se eficaz para o mapeamento do uso e cobertura do solo das RESEXs da costa Atlântica do Salgado Paraense, demonstrando a necessidade de desenvolver técnicas e ferramentas para estudos ambientais e monitoramento das UCs da Amazônia, visto que os dados da pesquisa mostraram que as áreas de manguezais são uma das principais classes formadoras da paisagem da região, apresentando variações ocasionadas por fatores ambientais naturais. Contudo, em algumas áreas próximas aos manguezais foi possível constatar forte pressão antrópica no período de 2021, em virtude da presença de centros urbanos já consolidados no entorno das RESEXs da costa amazônica, se tornando um dos aspectos preocupantes em relação as questões ambientais.

A análise realizada evidenciou as mudanças ocorridas neste território no decorrer de vinte anos, a principal mudança do uso e cobertura do solo foi em virtude do aumento do solo exposto e dos centros urbanos, fruto das ações ocasionadas pelo ser humano durante seu processo de ocupação e exploração do meio ambiente. Através da metodologia proposta foi possível verificar a pressão antrópica na zona de amortecimento das UCs, demonstrando a importância do monitoramento e fiscalização neste território, com a finalidade de evitar impactos ambientais sobre as áreas de proteção ambiental.

Por fim, ressalta-se a importância de desenvolver pesquisas futuras que visem entender melhor a dinâmica do uso da terra nas zonas de amortecimento das RESEXs da costa amazônica brasileira, visto que uma das limitações encontradas está relacionada com a dificuldade de discriminar detalhadamente as classes de interesse com imagens *Landsat*. Logo, alguns dados podem estar superestimados, haja vista que foram trabalhados apenas informações geoespaciais, além da presença significativa de nuvens na imagem de 2021.



REFERÊNCIAS

- ABDALLA, L. S.; VOLOTÃO, C. F. S. Estudo da configuração de diferentes arquiteturas de redes neurais artificiais para a classificação de imagens ópticas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 8200-8207. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.24.56/doc/p1102>. Acesso em: 6 fev. 2026.
- ARTAXO, P. **As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas.** *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 34, n. 100, p. 53-66, set./dez. 2020. DOI: 10.1590/s0103-4014.2020.34100.005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>. Acesso em: 22 dez. 2025.
- AZEVEDO, T. R. de; COELHO, R. de F. R. **Reservas extrativistas marinhas do Pará: desafios e perspectivas de sustentabilidade.** *Revista Caderno Pedagógico*, Curitiba, v. 22, n. 5, p. 1-15, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n5-070. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/14701/8228>. Acesso em: 23 dez. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010.** Dispõe sobre, no âmbito do licenciamento ambiental, a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC). Brasília, DF: CONAMA, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res10/res42810.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2025.
- BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, v. 45, n. 1, p. 5-32, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>. Acesso em: 06 fev. 2025.
- CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation.** Release 7.0.0.1. Documento técnico, 197 f, 2020. Disponível em: https://enauczanie.pg.edu.pl/moodle/mod_resource/content/1/semiautomaticclassificationmanual.pdf. Acesso em: 5 fev. 2025.
- EL-ROBRINI, M. *et al.* Pará. In: Dieter Muehe. (org.). **Erosão e progradação no litoral brasileiro.** Brasília, DF, Ministério do Meio Ambiente, p. 41 - 86, 2006. Disponível em: https://erosioncostera.furg.br/images/PDFs/livro_dieter_2006.pdf. Acesso em: 05 fev. 2026.
- FERNANDES, M. E. B. *et al.* Distribuição espacial das macroalgas associadas às florestas de mangue na península de Ajuruteua, Bragança-Pará. **Boletim do laboratório de Hidrobiologia**, v. 18, n. 1, p. 11-17, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.18764/>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- FILHO, E. A.; TOGNELLA, M. M. P.; LIMA, K. O. Panorama da conservação dos manguezais brasileiros: distribuição das reservas extrativistas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17, n.33, p. 324-338, 2020. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2020C/panorama.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2025.
- FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.
- Vulnerabilidade ambiental no contexto do monitoramento de ambiente úmido costeiro em Tracuateua-Pa.** 2019. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Universidade Federal Rural de Amazônia, Capanema, 2019. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1283>. Acesso em: 6 fev. 2026.
- GONÇALVES, A. K. *et al.* Métodos de classificação supervisionada de imagens de satélite aplicadas no mapeamento do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, São Manoel/SP. **Geosaberes**, v. 6, n. 1, p. 52-62, 2015. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/364>. Acesso em: 02 jan 2025.
- HAYASHI, S.N. **Uso e conservação dos manguezais na costa amazônica brasileira:** uma abordagem a partir de sensoriamento remoto. 147f. Tese (Doutorado em Biologia Ambiental) - Instituto de Estudos Costeiros,



Universidade Federal do Pará, Bragança-Pará, 2018. Disponível em:

<https://ppba.propesp.ufpa.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses/335-2018>. Acesso em: 01 fev. 2025.

HAYASHI, S. N. *et al.* The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 14, n. 6, e0217754, 2019. Disponível em:

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217754>. Acesso em: 5 fev. 2025.

HAYASHI, S. N. *et al.* Status of mangroves land use on the Brazilian Amazon coast from RapidEye imagery and GEOBIA approach. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 2, e20210468, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/vcswV7jTXn5ZpRWsmDLdMn/>. Acesso em: 5 fev. 2025.

LEÃO, S.S.; ARAÚJO, A. N.; OLIVEIRA, L. M. M. Análise Espaço-Temporal da Cobertura Vegetal e Uso da Terra na Reserva Extrativista Marinha Caeté- Taperaçu, Bragança, Pará. **Revista de Geografia e Etnociência**, n. 2, v. 2, 2020. Disponível em: <https://revistamares.com.br/index.php/files/article/view/94>. Acesso em: 02 jan. 2026.

LOPES, F. W. A. Avaliação da influência de áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2007, Florianópolis. **Anais...**

Florianópolis: INPE, p. 3421 – 3428. Disponível em:

<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.23.58/doc/3421-3428.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2025.

MALAQUIAS, J. O. S. *et al.* Degradação ambiental pelo fator antrópico: uma breve análise da agropecuária, seus impactos ao meio ambiente e formas de mitigação. *In*: SOUZA, Maurício Novaes (org.). **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**: volume II. [S. l.]: Mérida Publishers, 2021. cap. 4, p. 167-186. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-2-9.c4>. Acesso em: 20 dez. 2025.

MOREIRA, Aline Thayna Ribeiro *et al.* O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global.

Revista Educação em Foco, Amparo, SP, n. 14, p. 22-27, 2022. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

PRINA, B. Z.; TRENTIN, R. GMC: Geração de Matriz de Confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGIS®. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** João

Pessoa: INPE, p. 131 – 139. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0031.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2025.

ROLLNIC, M. *et al.* Áreas de Estudo. *In*: **Projeto Costa Norte**: desenvolvimento de metodologias para o entendimento de processos costeiros e estuarinos e da vulnerabilidade de florestas de mangue na Margem Equatorial Brasileira. Rio de Janeiro: [s. n.], 2020. v. 1, cap. 2, p. 22-41. Disponível em:

http://projetcostanorte.eco.br/public/final_report/VOLUME%201/PCN_Vol1_Cap2_Area_de_Estudo_rev01.pdf. Acesso em: 21 dez. 2025.

SANTOS, V. F. *et al.* O papel do sensoriamento remoto como catalisador da participação cidadã na criação de um observatório da foz do Amazonas. **Revista Presença Geográfica**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 56-65, 2024.

Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/RPGeo/article/view/7792/1688>. Acesso em: 21 dez. 2025.

STANGANINI, F.N.; MELANDA, E. A.; LOLLO, J. A. O uso de imagens multitemporais na reconstrução do processo de crescimento urbano. estudo de caso: sub-bacia do córrego do chibarro em São Carlos – SP. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. **Anais...**São José dos Campos: INPE. 2019. P. 1799 – 1802. Disponível em:

<http://mar.te2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.31.12.07/doc/97994.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2025.

THIERS, R. L.; MEIRELES, A. J. A.; SANTOS, J. O. **Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Coleções Landsat**: Coleção Landsat 1. 2022.

Disponível em: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-1?qt-science_support_page_related_con=1#qt-science_support_page_related_con. Acesso em: 29 abr. 2022.



Revista Ambientale

Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL
e-ISSN 2318-454X, Ano 18 Vol. 18 (nº 1), janeiro - abril (2026)
DOI <https://doi.org/10.48180/ambientale.v18i1.696>

VASCONCELLOS, B. N. **Sensoriamento remoto como ferramenta para análise e monitoramento de unidades de conservação no Brasil.** In: *Desenvolvimento Rural Sustentável: novas perspectivas*. São Paulo: Editora Científica, 2024. v. 1, cap. 9, p. 146-154. DOI: 10.37885/241118170. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/241118170.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2025.