



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITARIO DE CASTANHAL
FACULDADE DE MATEMÁTICA**

JOSIANE MARTINS DE QUEIROZ XAVIER SILVEIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO NO
BAIRRO APEÚ – CASTANHAL-PA**

**CASTANHAL – PA
2022**

JOSIANE MARTINS DE QUEIROZ XAVIER SILVEIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO NO
BAIRRO APEÚ – CASTANHAL-PA**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Licenciada em Matemática, Faculdade de Matemática do Campus Universitário de Castanhal, Universidade Federal do Pará.
Orientador: Dr. Arthur da Costa Almeida.

**CASTANHAL-PA
2022**

Josiane Martins de Queiroz Xavier Silveira

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO NO BAIRRO APEÚ – CASTANHAL-PA

Trabalho de conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Licenciada em Matemática, Faculdade de Matemática do Campus Universitário de Castanhal, Universidade Federal do Pará.
Orientador: Dr. Arthur da Costa Almeida

Data da Apresentação:

Conceito: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Arthur da Costa Almeida
Faculdade de Matemática/ UFPA-Orientador

Prof. Dr. Nildsen Fernando Lisboa da Silva
Faculdade de Matemática/ UFPA- Membro

Prof. Me. Marcos Vinicius Orguen Gouvea
Faculdade de Matemática/ UFPA- Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me abençoou dando-me muita força e coragem para trilhar meu caminho, ajudando-me a realizar meus objetivos e a obter minhas conquistas.

A minha mãe Joilza Lemos e minha irmã Nilza Xavier Brasil, por todo amor, carinho, compreensão e apoio, muito obrigada por tudo, por sempre encorajar-me diante das dificuldades, por acreditarem em mim e terem me dado toda a ajuda necessária e todo suporte emocional para que eu conseguisse concluir essa grande etapa da minha vida.

Ao meu esposo Pedro Silveira por toda sua compreensão, amor, suporte, dedicação, esforço e paciência.

Ao meu cunhado Alberto Bentes Brasil Neto, por todo apoio e incentivo. Sua motivação foi essencial para a conclusão da monografia.

Ao professor Dr. Arthur da Costa Almeida pela excelente orientação, companheirismo e amizade durante todo o trabalho.

À Universidade Federal do Pará e a todos os professores e colegas de turma, os quais me proporcionaram momentos de muita aprendizagem.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em especial à minha Mãe Joilza por todo apoio incondicional; ao meu esposo Pedro, minhas filhas Maria Valentina e Maria Emília, a minha irmã Nilza, ao meu pai Jocimar e meu “paidrasto” Laureno por toda compreensão, amor e suporte que sempre me deram. Sem vocês não conseguiria chegar até aqui.

RESUMO

O monitoramento da dinâmica do uso e cobertura do solo é fundamental para o planejamento territorial, qualidade de vida e controle de impactos ambientais. Objetivou-se fazer uma análise multitemporal da cobertura do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA nos anos 1989, 1999, 2008, 2018 e 2021 por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. Para isso foram obtidas imagens orbitais digitais obtidas pelo sensor TM, bandas 3, 4 e 5, do Satélite Landsat-5 para os anos de 1989, 1999 e 2008, e imagens do Satélite Landsat-8, bandas 6, 5 e 4, para os anos de 2018 e 2021, as quais foram submetidas à classificação supervisionada por máxima verossimilhança. Posteriormente, obteve-se um mapa com as seguintes classes de uso do solo: Área Urbana; Solo Exposto; Vegetação Rasteira; Vegetação Regenerante; Vegetação Densa e Núvens. No período entre 1999 e 2008 houve um crescimento de 29,1% da área urbana do bairro apeú. No ano de 2021 houve um aumento considerável nas áreas de solo exposto e redução da vegetação densa, indicando necessidade de planejamento e fiscalização do solo do solo no bairro. O sensoriamento remoto por meio do Algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança permitiu avaliar a dinâmica do solo no Bairro do Apeú.

PALAVRAS-CHAVE: planejamento territorial, urbanização e sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Monitoring the dynamics of land use and land cover is fundamental for territorial planning, quality of life and control of environmental impacts. The objective was to make a multitemporal analysis of the soil cover of the Apeú neighborhood, Castanhal-PA in the years 1989, 1999, 2008, 2018 and 2021 through Remote Sensing techniques. Digital orbital images obtained by the TM sensor, bands 3, 4 and 5, from the Landsat-5 Satellite for the years 1989, 1999 and 2008, and images from the Landsat-8 Satellite, bands 6, 5 and 4, for the years from 2018 and 2021, which were submitted to supervised classification by maximum likelihood. Subsequently, a map was obtained with the following land use classes: Urban Area; Exposed Soil; Vegetation pothole; Regenerating Vegetation; Dense Vegetation and Clouds. In the period between 1999 and 2008 there was a growth of 29.1% in the urban area of the apeú neighborhood. In 2021, there was a considerable increase in the areas of exposed soil and a reduction in dense vegetation, indicating the need for planning and soil inspection in the neighborhood. Remote sensing using the Maximum Likelihood Mathematical Algorithm allowed the assessment of soil dynamics in Bairro do Apeú.

KEY WORDS: Territorial planning, urbanization and remote sensing.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REFERENCIAS.....	13
3.1	BAIRRO APEÚ.....	13
3.2	PROCESSAMENTO DE IMAGENS.....	17
3.3	SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAMENTO DO TERRITÓRIO	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	22
4.2	PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6	CONCLUSÕES.....	29
7	REFERÊNCIAS.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Orla principal do Bairro. Fonte: Portal Banco da Amazônia (http://portalparamazonia.blogspot.com/2016/01/apeu-castanhal.html).....	13
Figura 2: Prança central do bairro. Fonte: Facebook “Vila de Apeú - Castanhal – PA” (https://www.facebook.com/photo/?fbid=5401199716584720&set=pb.100063893359732.-2207520000 .).....	14
Figura 3: CRAS Apeú. Fonte: Site Guia de Castanhal (https://guiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/318).....	15
Figura 4: Escola Estadual de ensino Fundamental e Médio Prof. Maria Pia dos Santos Amaral. Fonte: Site Guia de Castanhal (https://guiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/160).....	15
Figura 5: Sub Prefeitura do distrito Apeú. Fonte: Site Guia de Castanhal (https://guiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/307).....	16
Figura 6: Delegacia de polícia do bairro Apeú. Fonte: Site Guia de Castanhal (https://guiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/207).....	16
Figura 7: Etapas do processamento digital de imagens. Fonte: Site Adenilson Giovanini (https://adenilsongiovanini.com.br/blog/processamento-digital-de-imagens/).....	19
Figura 8: Localização do bairro Apeú, com destaque para o Brasil e o Estado do Pará (A), município de Castanhal (B) e o bairro Apeú (C), com imagem de satélite obtida do site Google Earth.....	22
Figura 9: Classes de uso do solo no bairro Apeú, Castanhal-PA.....	26
Figura 10: Imagens RGB brutas utilizadas na classificação do uso do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA.....	27
Figura 11: Mapa de Classificação do uso do solo em diferentes classes temáticas no bairro Apeú, Castanhal-PA.....	28

1 INTRODUÇÃO

O bairro do Apeú, no município de Castanhal, Estado do Pará, completou 139 anos em 2022, sendo um local de referência em aspectos culturais, religiosos e gastronômicos. O bairro também é um importante balneário em virtude de igarapés e matas, atraindo sempre visitantes e novos moradores (CASTANHAL, 2018).

A atratividade da vila e a facilidade de acesso com o centro do município de Castanhal fez com que muitos moradores de Castanhal e outros municípios próximos viessem morar ou construíssem chácaras no bairro Apeú. Isto ocasionou um aumento na urbanização do bairro nas últimas décadas e também diversos problemas ambientais e sociais (SOMBRA et al., 2018).

Atualmente o balneário é pouco frequentado, seja por moradores ou visitantes, devido principalmente à poluição dos igarapés por esgotos domésticos, assoreamento do rio e a falta de segurança, fazendo com que sejam preferidas outras áreas mais propícias para lazer (FERREIRA, 2019).

As questões associadas ao crescimento urbano da vila e a organização do uso do solo é fundamental para o planejamento urbano e a identificação de possíveis danos ambientais, no entanto o tamanho e a quantidade de locais que necessitam de monitoramento dificulta o diagnóstico presencial. Alternativas para monitorar o uso do solo visando fornecer subsídios para o ordenamento territorial são fundamentais (SOUZA et al., 2012).

Para tanto, a utilização do sensoriamento remoto para monitoramento da cobertura do solo tem sido bastante eficaz, permitindo o monitoramento de áreas extensas com rapidez, precisão e baixo custo na obtenção de informações digitais (BRASIL et al., 2021). Um dos algoritmos matemáticos/estatísticos mais utilizados em técnicas de sensoriamento remoto e classificação de imagens de satélite é o da Máxima Verossimilhança, o qual considera a proximidade de resposta espectral dos pixels de uma mesma classe temática (CRÓSTA, 1993; FLORENZANO, 2007).

Neste contexto, o uso do sensoriamento remoto tem sido uma importante ferramenta de planejamento e monitoramento territorial em todo o mundo, sendo

tecnologia chave para o monitoramento de áreas extensas, como no caso da Amazônia, na qual a visita in-loco é dificultada pelo acesso difícil a muitos locais, carência de recursos humanos e logísticos. Portanto estudos que visem avaliar a dinâmica do uso do solo na Amazônia são de grande valia para diversos agentes responsáveis pela administração e planejamento territorial.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise multitemporal da cobertura do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA nos anos 1989, 1999, 2008, 2018 e 2021 por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as alterações temporais nas classes temáticas: Floresta Densa, Vegetação Regenerantes, Vegetação Rasteira, Area Urbana e solo exposto.
- Associar as alterações na cobertura do solo com aspectos históricos/políticos.
- Contribuir com o ordenamento territorial do bairro Apeú.
- Utilizar o algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança para avaliação do uso do solo.

3 REFERENCIAS

3.1 BAIRRO APEÚ.

A Bairro Apeú, popularmente conhecido como vila do Apeú possui 139 anos e surgiu com a construção da Estrada de Ferro Belém-Bragança. Atualmente a vila possui cerca de 12.000 habitantes (CASTANHAL, 2018). O bairro possui 65 km de distância de Belém, capital do Estado do Pará, e 8 km de distância do centro do município de Castanhal.

O bairro possui aspectos culturais próprios, bem como tradição em aspectos religiosos, gastronômicos e turísticos. O bairro dispõe de cresches, escolas de ensino fundamental e médio, Unidade Básica de Saúde, Centro de Referência da Assistência Social (CRAS), Supermercados, panificadoras, Caixas de autoatendimento bancário e diversos serviços públicos e privados de atendimento aos moradores. (Figuras 1 a 6).

Figura 1: Orla principal do Bairro. Fonte: Portal Banco da Amazônia (<http://portalparamazonia.blogspot.com/2016/01/apeu-castanhal.html>).



Figura 2: Prança central do bairro. Fonte: Facebook “Vila de Apeú - Castanhal – PA” (<https://www.facebook.com/photo/?fbid=5401199716584720&set=pb.100063893359732.-2207520000>).



Figura 3: CRAS Apeú. Fonte: Site Guia de Castanhal (<https://quiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/318>).



Figura 4: Escola Estadual de ensino Fundamental e Médio Prof. Maria Pia dos Santos Amaral. Fonte: Site Guia de Castanhal (<https://quiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/160>).



Figura 5: Sub Prefeitura do distrito Apeú. Fonte: Site Guia de Castanhal (<https://guiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/307>).



Figura 6: Delegacia de polícia do bairro Apeú. Fonte: Site Guia de Castanhal (<https://guiadecastanhal.com.br/servicos/detalhes/207>).



A característica de balneário e a grande influência cultural do bairro sempre foi um grande atrativo para visitantes e novos moradores, fazendo com que houvesse um aumento do número de moradores nas últimas décadas e investimentos em obras de infraestrutura como pavimentação asfáltica de ruas, construção de uma orla na área central do bairro, bem como melhoria em serviços básicos como saúde, segurança e educação. Todos estes fatores contribuíram para a valorização imobiliária e expansão da área urbana, bem como impactos ambientais.

O aumento populacional também está associado ao aumento da poluição do rio Apeú, fazendo com que haja atualmente uma considerável redução do uso do balneário pela população local e visitantes (FERREIRA, 2019). No bairro também tem sido verificado o depósito irregular de lixo e lançamento de esgoto doméstico sem tratamento no rio apeú. Outro fator que tem reduzido a utilização dos igarapés para lazer é a falta de segurança (FERREIRA, 2019), com a ocorrência de diversos roubos e furtos.

3.2 PROCESSAMENTO DE IMAGENS.

A classificação de Imagens consiste em associar cada pixel da imagem a uma classe temática, como Vegetação densa, vegetação rasteira, Solo exposto, Área urbana, etc. e são definidos pela reflectância dos objetos que foram a cena (FLORENZANO, 2007). A chave utilizada na classificação considerou aspectos com base nas feições dos objetos conforme o quadro 1:

OBJETO	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO
Área Urbana	Cor magenta (Rosa); textura ligeiramente rugosa; forma irregular; localização junto de rodovias/ruas.
Solo Exposto	Cor magenta (Dependendo do tipo de solo, pode ser bem claro tendendo a branco; textura lisa; forma regular;

	localização junto de áreas urbanas ou agrícolas.
Vegetação Rasteira	Cor amarela claro
Vegetação Densa	Cor verde escuro
Vegetação Regenerante	Cor verde claro
Água	Cor azul (material em suspensão) ou preta (água limpa).
Núvens	Cor branca com bordas irregulares.

Fonte: FLORENZANO (2007), com adaptações.

A classificação de imagens pode ser do tipo supervisionada ou não supervisionada. Na primeira, o usuário identifica alguns pixels e o software, com base em parâmetros matemáticos e estatísticos, identifica os demais pixels na imagem conforme o critério estabelecido pelo usuário (FIGURA 7). Na segunda, o software separa e classifica a imagem (FLORENZANO, 2007).

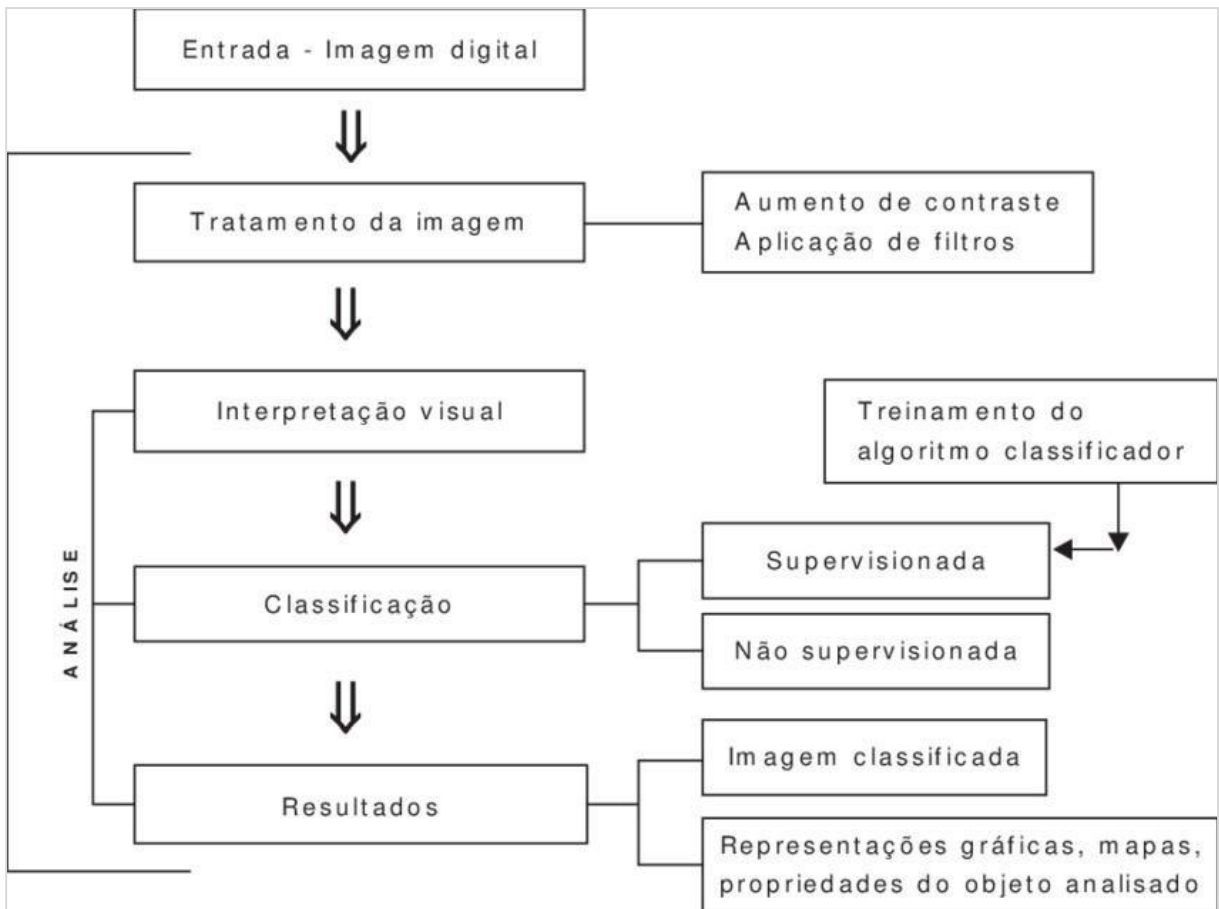


Figura 7: Etapas do processamento digital de imagens. Fonte: Site Adenilson Giovanini (<https://adenilsongiovanini.com.br/blog/processamento-digital-de-imagens/>).

Dentro da classificação supervisionada de imagens um dos métodos mais utilizados é o da Máxima Verossimilhança (MaxVer), o qual considera a ponderação das distâncias das médias em uma base estatística complexa (FLORENZANO, 2007). Nesse método são usadas a média e a covariância dos pixels amostrados, sendo calculada a probabilidade de um pixel que não foi amostrado pertencer ao pixel indicado em uma determinada classe pre-estabelecida (FITZ, 2008). O método considera como normal ou gaussiana de mesma classe temática os pixels que apresentarem resposta spectral próxima à media de valores de reflectância para uma determinada classe temática (CRÓSTA, 1993).

Uma boa classificação de imagens pelo método da Máxima Verossimilhança depende da escolha de um número razoavelmente elevado de pixels para cada classe temática do estudo e que os pixels identificados pelo operante possuam

distribuição estatística aproximada da distribuição normal (CRÓSTA, 1993). Ressalta-se que a qualidade e a precisão da classificação dependerá também da experiência do operante em conhecer a área analisada em suas diferentes classes, com conhecimentos sobre comportamento espectral dos alvos.

O acesso gratuito a imagens atualizadas de satélites e a disponibilização de softwares gratuitos para o processamento digital de imagens tem facilitado o uso de modelos matemáticos para o processamento digital em larga escala, alta precisão e baixo custo, sendo instrumentos de grande necessidade e eficiência para a gestão territorial.

3.3 SENSORIAMENTO REMOTO PARA MONITORAMENTO DO TERRITÓRIO.

A alteração antrópica do espaço, seja em qualquer nível, tende a promover problemas ambientais (MOURA *et al.*, 2009), principalmente quando envolve uma deficiência no planejamento territorial (GOUVEIA *et al.*, 2013). Na Amazônia os problemas ambientais oriundos do processo de ocupação antrópica são mais expressivos em virtude do processo de ocupação desordenada e exploração intensa dos recursos naturais (LAURANCE *et al.*, 2001).

Um exemplo desta problemática é a região nordeste do Estado do Pará, na qual a prática tradicional de corte e queima da vegetação nativa para conversão da floresta em lavouras, pastos e o crescimento desordenado de núcleos urbanos tem gerado inúmeros problemas ambientais na região.

O planejamento territorial na Amazônia tem sido dificultado pela grande extensão territorial e a carência de infra-estrutura como estradas e mão de obra qualificada, promovendo dificuldades no controle e fiscalização do território pelos agentes públicos.

Neste contexto, ressaltase a importância do monitoramento territorial para planejamento e subsídio de ações públicas. Para tanto, deve-se buscar ferramentas que possibilitem o monitoramento para garantir a maior segurança nas decisões quanto à conservação e ao uso do solo e da vegetação (FORMIGONI *et al.*, 2011).

Dessa forma, o sensoriamento remoto tem sido fundamental para avaliar essas alterações na cobertura do solo (TRABAQUINI et al., 2011; VIEGA et al., 2020), principalmente por não precisar ir a campo para coleta de informações (BRASIL et al., 2021).

Considerando a disponibilidade de imagens de satélites gratuitas de diferentes anos, como o caso de imagens dos satélites Landsat 5 e 8, bem como a existência de Softwares de livre acesso como o Quantum Gis, tem sido possível o aumento na utilização do sensoriamento remoto em projetos de planejamento territorial, monitoramento ambiental, como situações de desmatamento ilegal na Amazônia, etc.

Diversos estudos foram executados utilizando técnicas de sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica da cobertura do solo, a exemplo de FUJACO et al. (2010); PINAGÉ et al. (2011); GUIDOLINI et al. (2013); LIMA et al. (2017); BENTES et al. (2018); BRASIL et al. (2021).

Ao utilizar o sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica do uso do solo no entorno do parque estadual do Utinga, localizado no município de Belém, Estado do Pará, Brasil Neto et al. (2014) observaram que a área dominada por ocupações urbanas cresceu continuamente entre 1984 a 2013, bem como uma quantidade elevada de áreas degradadas em volta dos núcleos urbanos e dentro da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém – APA, necessitando de intervenção contante para evitar danos ambientais.

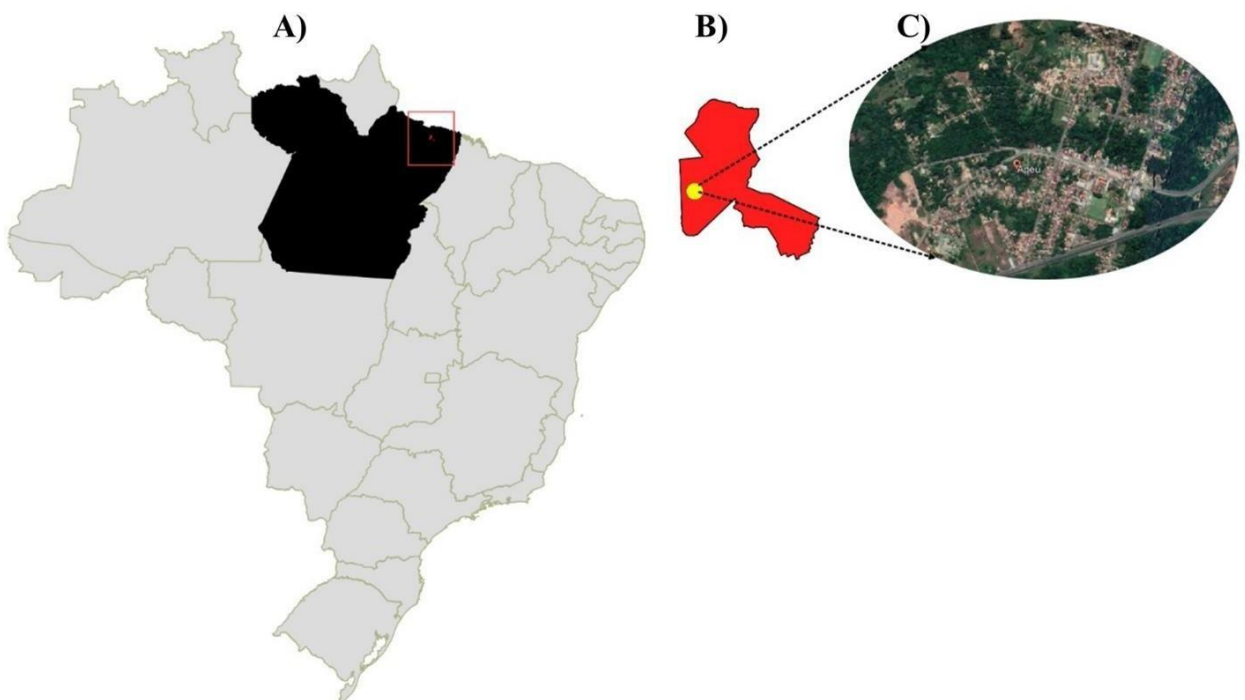
Ao avaliar a dinâmica do uso do solo na ilha de Caratateua, localizada no município de Belém, Pará, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, Bentes et al. (2018) constataram que no período entre 1984 a 1989 houve uma falha na gestão ambiental e urbanística que resultou no aumento desordenado de áreas urbanas, gerando impactos sociais e ambientais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo é referente ao bairro do Apeú, município de Castanhal, Nordeste do Estado do Pará (Figura 8), situado nas coordenadas 1°17'54" S e 47°59'32" W). O município de Castanhal apresenta clima do tipo Af (classificação de Köppen) com temperaturas médias anuais de 26°C (VALENTE et al., 2001).

Figura 8: Localização do bairro Apeú, com destaque para o Brasil e o Estado do Pará (A), município de Castanhal (B) e o bairro Apeú (C), com imagem de satélite obtida do site Google Earth.



4.2 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Para o levantamento da cobertura vegetal e uso do solo no bairro do Apeú, foram adquiridas imagens do satélite LANDSAT-5 da órbita/ponto 223/61, bandas 3, 4 e 5, do sensor TM (Thematic Mapper) dos anos 1989, 1999 e 2008. As imagens dos anos de 2018 e 2021 são correspondentes do satélite Landsat 8, sensor Operacional Terra Imager (OLI), órbita/ponto 223/61, com resolução espacial de 30 m, composição Colorida RGB das bandas 6-5-4, as quais correspondem à composição Landsat-5 RGB 5-4-3. As imagens foram obtidas gratuitamente no site EARTH EXPLORER (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Posteriormente foram aplicados os procedimentos referentes ao pré-processamento das imagens obtidas: recorte, correção radiométrica e georreferenciamento.

A etapa de processamento das imagens foi realizada por meio da classificação supervisionada pelo algoritmo da Máxima Verossimilhança (MaxVer), na qual definiu-se as seguintes classes de cobertura vegetal e uso do solo: Vegetação densa (Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme ou áreas com sucessão secundária superior a 25 anos); Vegetação regenerante (processo de sucessão florestal secundária entre 5 a 25 anos), Solo exposto (áreas em fase de preparo para implantação agropecuária e áreas degradadas), Vegetação rasteira (cultivo agrícola, áreas de pastagens ou áreas com plantas herbáceas), Área Urbana (instalações residenciais e industriais e áreas com pavimentação asfáltica), núvens e Outras (corpos d'água e, em menor proporção, pixels não classificados).

Com o tratamento e a classificação das imagens dos diferentes anos, foi realizada a pós-classificação das mesmas, nas quais foram computadas a área ocupada por cada classe pré-determinada. O software utilizado no pré-tratamento e tratamento das imagens orbitais da pesquisa foi o Qgis (2.1.2).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes à quantificação das categorias Área Urbana, Solo Exposto, Vegetação Densa, Vegetação Regenerante, Vegetação Rasteira, núvens e água, assim como o a imagem de classificação das classes temáticas do bairro Apeú, podem ser observados na tabela 01 e figuras 9 e 11, respectivamente. Na figura 10 são apresentadas as imagens brutas recortadas que foram utilizadas na classificação do uso do solo, utilizando a chave de critérios apresentados no quadro 1. A precisão da classificação (Índice Kappa) foi superior a 90% em todos os anos avaliados.

O intervalo entre os anos de 1999 e 2008 foi o de maior crescimento da área urbana no bairro apeú, passando de 1,122 km² para 1,448 km², um crescimento de 29,1%. Nos demais períodos observados houve uma tendência de leve crescimento no tamanho da área urbana com o passar dos anos, com exceção do ano de 2021, no qual foi observado uma pequena redução da área urbana em comparação com o ano de 2018, o que pode ser explicado pelo surgimento da classe nuvem, a qual se sobrepôs principalmente com um fragmento de área urbana. Esse resultado indica que a área urbana tendeu a se manter próxima à quantidade observada no ano de 2018.

Tabela 1: Quantificação das classes temáticas do bairro Apeú, Castanhal-PA.

Classes	1989		1999		2008		2018		2021	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Área Urbana	1,121	8,17%	1,122	8,18%	1,448	10,56%	1,481	10,80%	1,341	9,78%
Solo exposto	4,218	30,75%	4,205	30,66%	4,036	29,43%	2,891	21,08%	3,329	24,27%
Veg. Rasteira	2,163	15,77%	1,769	12,90%	1,77	12,91%	1,334	9,73%	1,215	8,86%
Veg. Regenerante	3,94	28,73%	4,062	29,62%	3,932	28,67%	4,15	30,26%	4,245	30,95%
Veg. Densa	1,765	12,87%	2,19	15,97%	2,231	16,27%	3,602	26,26%	3,084	22,49%
Núvens	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0,455	3,32%
Outros	0,508	3,70%	0,367	2,68%	0,298	2,17%	0,257	1,87%	0,046	0,34%
TOTAL	13,715	100,00%	13,715	100,00%	13,715	100,00%	13,715	100,00%	13,715	100,00%

Figura 9: Classes de uso do solo no bairro Apeú, Castanhal-PA.

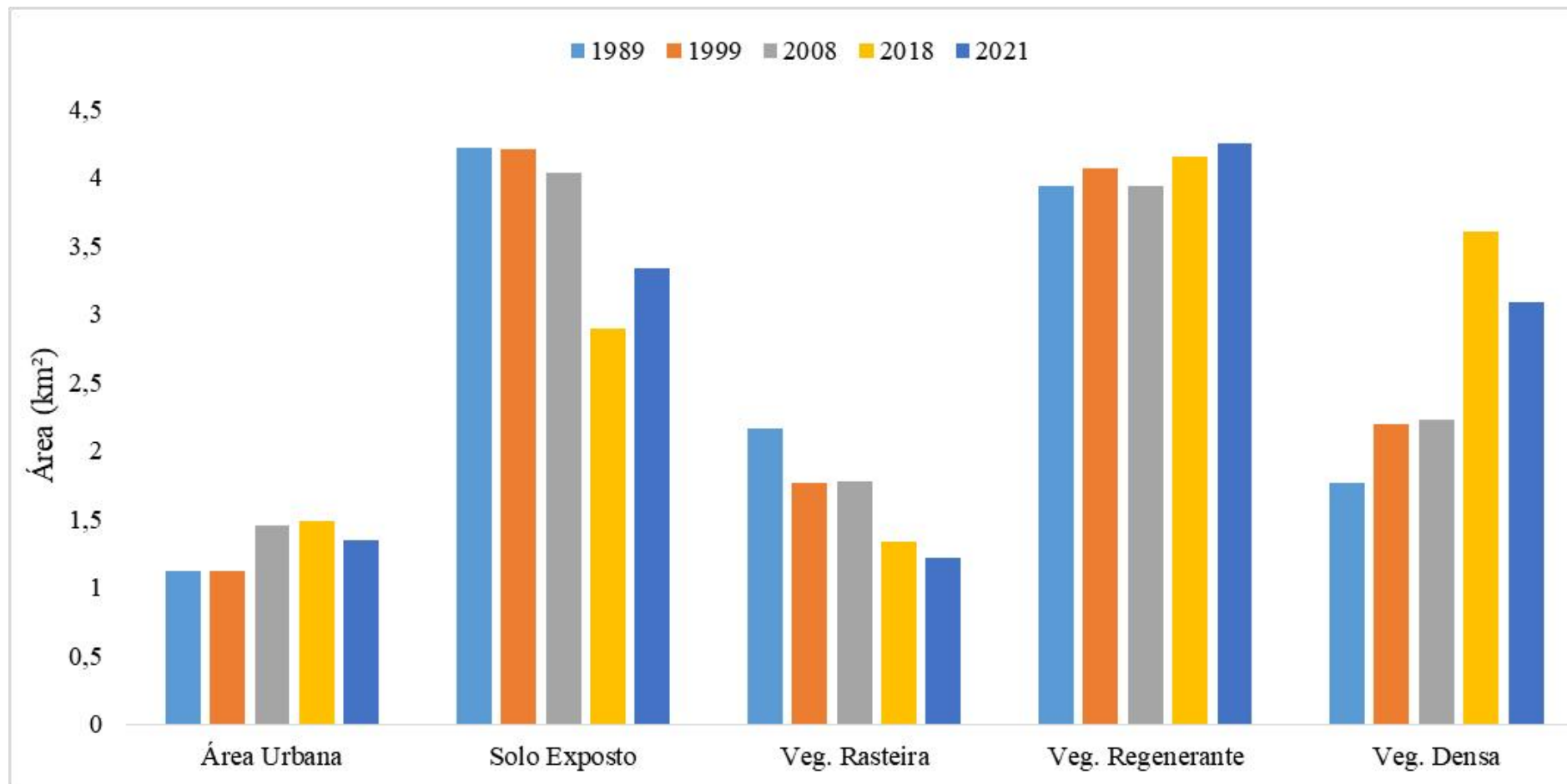


Figura 1: Imagens RGB brutas utilizadas na classificação do uso do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA.

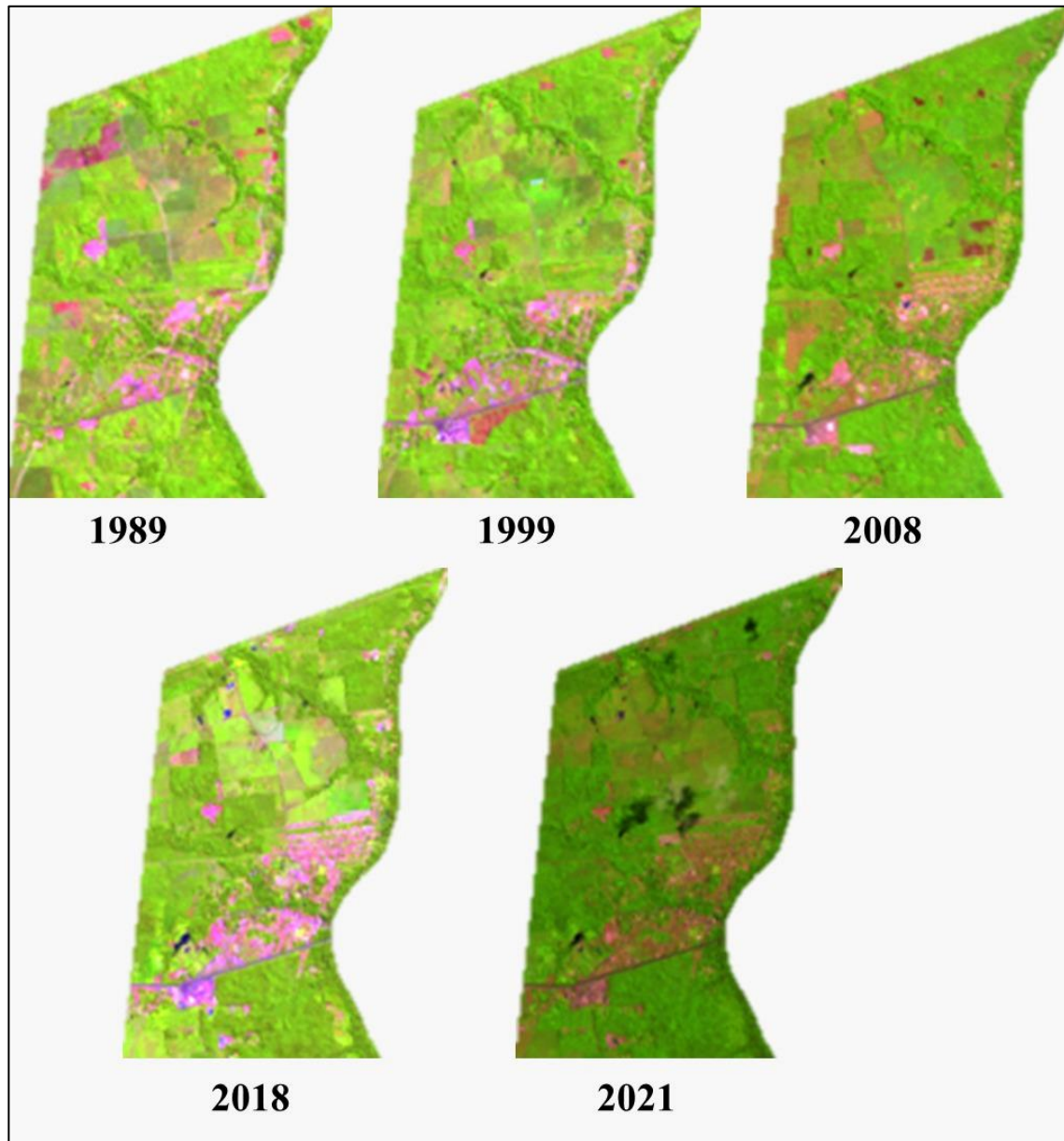
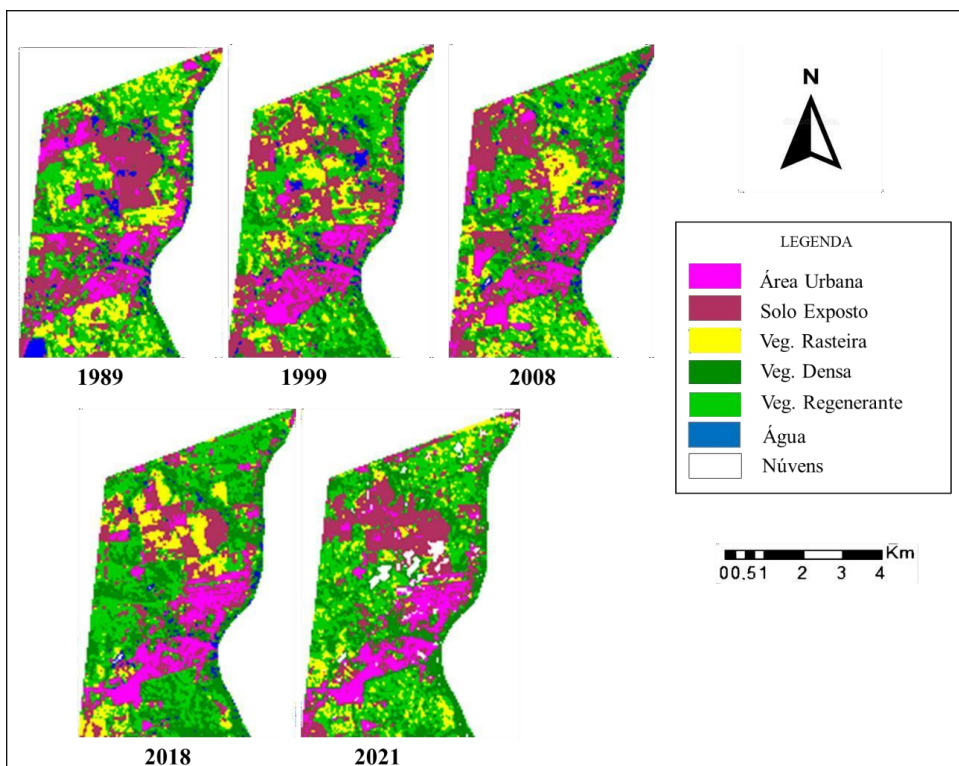


Figura 11: Mapa de Classificação do uso do solo em diferentes classes temáticas no bairro Apeú, Castanhal-PA.



Ao observar as demais classes de uso do solo na figura 5 e 6, verifica-se que o crescimento da área urbana, especialmente entre os anos de 1999 e 2008 ocorreu especialmente em áreas anteriormente ocupadas por solo exposto (principalmente) e vegetação rasteira, indicando pouca ocorrência de novos desmatamentos para ampliação da área urbana do bairro no período indicado.

O aumento da área urbana entre os anos de 1999 e 2008 pode ser explicado principalmente com o aumento de obras de infra-estrutura no bairro. De acordo com Sombra et al. (2018), a Prefeitura de Castanhal realizou nos anos 2000 uma obra para ampliar a concepção de espaço turístico da vila do Apeú, atraindo novos moradores e investidores para o local.

As classes solo exposto e vegetação regenerante são as duas maiores classes do bairro Apeú no período estudado, sendo que o solo exposto teve tendência de redução até o ano de 2018 para ser ocupada principalmente por área urbana. A classe vegetação secundária representa a recuperação de áreas alteradas/degradadas pelo avanço do processo sucessional da vegetação.

Em relação à classe vegetação densa, ou seja, fragmentos de vegetação com idade superior a 25 anos, houve tendência de aumento até o ano de 2018, o que pode ser explicado pelo avanço sucessional de áreas de vegetação secundária inicial para avançada. No entanto, no ano de 2021 foi observada uma redução de 0,14 km² desta classe, o que ser explicado pelas núvens da imagem e também por possíveis desmatamentos para conversão em outras classes, principalmente solo exposto, tendo em vista que neste ano houve um aumento considerável nesta classe.

Ao mapear e identificar o conflito de uso e ocupação nas áreas de preservação permanente da bacia do Rio Apeú em diversos municípios com base em técnicas de sensoriamento remoto, Souza et al. (2012) verificaram que, de modo geral, a largura das áreas de preservação permanentes estão sendo eventualmente respeitadas e a função hidrológica das matas estão sendo preservadas e que as classes temáticas de pastagem e solo exposto foram as que mais contribuíram para o processo de supressão da vegetação nas áreas de APP estudadas.

As variações observadas entre os anos para a classe água podem ser atribuídas à variação na vegetação que cercam as áreas, bem como para alterações na largura dos corpos hídricos nos diferentes meses do ano.

Os dados de sensoriamento remoto mostram que a partir do ano de 2008 o crescimento urbano teve um menor crescimento e classes como solo exposto tiveram tendência de redução, assim como classes como vegetação secundária e vegetação densa tenderam a crescer. Estes resultados podem estar associados ao aumento da violência, bem como maior controle dos agentes públicos para conversão de novas áreas em núcleos urbanos sem planejamento. No entanto, observa-se uma tendência de mudança nesse padrão no ano de 2021, necessitando de maior planejamento e fiscalização para evitar problemas ambientais e sociais, bem como estudos futuros para avaliar a dinâmica de uso do solo no bairro.

6 CONCLUSÃO

O monitoramento da dinâmica do uso e cobertura do solo permitiu informações sobre a ocupação territorial no Bairro Apeú por meio de técnicas de sensoriamento remoto tendo precisão acima de 90%. No período entre 1999 e 2008 houve um crescimento de 29,1% da área urbana do bairro apeú. No ano de 2021 houve um aumento considerável nas áreas de solo exposto e redução da vegetação densa, indicando necessidade de planejamento e fiscalização do solo do solo no bairro. O sensoriamento remoto por meio do Algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança permitiu avaliar a dinâmica do solo no Bairro do Apeú.

7 REFERÊNCIAS

BENTES, A. L. S.; BRASIL NETO, A. B. B.; ANDRADE, P. C.; BRAGA, A. N.; PERES, V. C.; SANTOS JÚNIOR, R. A. T.; FRANCO, M. J. B.; SANTOS, A. B. S. Dinâmica do uso do solo na ilha de Caratateua, Belém, Pará. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 360 – 369, 2017.

BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. E. A.; BRAGA, A. N.; MACIEL, M. N. M.; SILVA, P. T. E. Dinâmica da cobertura vegetal e uso do solo no entorno do parque estadual do Utinga (PEUt), Belém-PA. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, p. 2120-2128, 2014.

BRASIL, NILZA MARTINS DE QUEIROZ XAVIER ; BRASIL NETO, ALBERTO BENTES ; PAUMGARTTEN, A. E. A. ; SILVEIRA, J. M. Q. X. ; SILVA, A. A. . Multitemporal analysis of the soil coverage of the Utinga State Park, Belém, Pará. *Brazilian Journal of development*, v. 7, p. 36109-36118, 2021.

CASTANHAL, 2018. Apeú completa 135 anos com serviços e programação cultural. Disponível em: <http://www.castanhhal.pa.gov.br/apeu-completa-135-anos-com-servicos-e-programacao-cultural/>.

CRÓSTA, A. P, *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*, Campinas, SP, UNICAMP, ed. rev., 1993.

EARTH EXPLORER. Imagem LandSat. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/07/2022.

FITZ, Paulo Roberto. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto, 2ª edição. 2 edição. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 97 p.

FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, 63(4): 695-701, 2010.

Formigoni, M. de H., Xavier, A. C., & Lima, J. S. D. S. (2011). Análise temporal da vegetação na região do nordeste através de dados EVI do MODIS. *Ciência Florestal*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.5902/198050982740>.

GUIDOLINI, J. F.; PEDROSO, L. B.; ARAÚJO, M. V. N. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos - SP, entre os anos de 2005 e 2011. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.

LIMA, L. C. ; BRASIL NETO, A. B. ; SANTOS, C. R. C. ; BRAGA, A. N. ; NUNES, S. C. T. . Longterm temporal analysis of vegetation cover and soil use on Ilha de Mosqueiro, Belém, Pará, Amazonian Brazil. *agro@mbiente on-line*, v. 12, p. 80, 2017.

PINAGÉ, E. R.; GENOVEZ, P. C.; OSAKO, L.S.; SANTOS, A.H.H.; RIBEIRO, R. C.; NEVES, R. V. Análise multi-temporal do antropismo na Floresta Nacional do Crepori (PA) a partir de imagens Landsat 5 TM. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6341-6348.

SOMBRA, D.; CASTRO, C.; MENDES, R.; MORAES, S.; PINHO, D.; MERGULHÃO, L. Território usado e recursos hídricos na Amazônia Brasileira: os múltiplos usos do território na bacia hidrográfica do Rio Apeú (Pará/Brasil). *Revista Austral de Ciencias Sociales*. 7. 1-24, 2018.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Rio Apeú, Nordeste do Pará. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 701 - 710, 2012.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, E.; FRANÇA, V.; PEREIRA NETO, O. C. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no Município de Umuarama – PR. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 35-44, 2011.

VEIGA, A. J. P.; MATTA, J. M. B.; VEIGA, D. A. M.; BOMFIM, C. S. S. Análise do uso e cobertura da terra em Itapetinga no estado da Bahia, Brasil, com uso de Sensoriamento Remoto e SIG. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.9, p. 73928- 73947, 2020.

Análise multitemporal da cobertura do solo no bairro Apeú, Castanhal-PA

Multitemporal analysis of land cover in Apeú neighborhood, Castanhal-PA

Josiane Martins de Queiroz Xavier Silveira

Graduada em Tecnologia de Alimentos e graduanda em Licenciatura em Matemática
Universidade Federal do Pará, Campus Castanhal. Av. dos Universitários, s/n -Jaderlândia,
Castanhal -PA, 68746-630
E-mail:josianemqx@yahoo.com.br

Arthur da Costa Almeida

Bacharel e mestre em Matemática pela Universidade Federal do Pará e Doutor em Engenharia
Elétrica pela UFPA.
Universidade Federal do Pará, Campus Castanhal. Av. dos Universitários, s/n -Jaderlândia,
Castanhal -PA, 68746-630.
E-mail: arthur@ufpa.br

Nilza Martins de Queiroz Xavier Brasil

Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável e Gestão de Empreendimentos
Agroalimentares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Santarém. Av. Mal.
Castelo Branco, 621 -Interventória, Santarém -PA, 68020-820
E-mail: nilza.xavier@ifpa.edu.br

Alberto Bentes Brasil Neto

Mestre em Ciências Florestais
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Santarém. Av. Mal.
Castelo Branco, 621 -Interventória, Santarém -PA, 68020-820.
E-mail: alberto.neto@ifpa.edu.br

RESUMO

O monitoramento da dinâmica do uso e cobertura do solo é fundamental para o planejamento territorial, qualidade de vida e controle de impactos ambientais. Objetivou-se fazer uma análise multitemporal da cobertura do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA nos anos 1989, 1999, 2008, 2018 e 2021 por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. Para isso foram obtidas imagens orbitais digitais obtidas pelo sensor TM, bandas 3, 4 e 5, do Satélite Landsat-5 para os anos de 1989, 1999 e 2008, e imagens do Satélite Landsat-8, bandas 6, 5 e 4, para os anos de 2018 e 2021, as quais foram submetidas à classificação supervisionada por máxima verossimilhança. Posteriormente, obteve-se um mapa com as seguintes classes de uso do solo: Área Urbana; Solo Exposto; Vegetação Rasteira; Vegetação Regenerante; Vegetação Densa e Núvens. No período entre 1999 e 2008 houve um crescimento de 29,1% da área urbana do bairro apeú. No ano de 2021 houve um aumento considerável nas áreas de solo exposto e redução da vegetação densa, indicando necessidade de planejamento e fiscalização do solo do solo no bairro. O sensoriamento remoto por meio do Algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança permitiu avaliar a dinâmica do solo no Bairro do Apeú.

PALAVRAS-CHAVE: planejamento territorial, urbanização e sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Monitoring the dynamics of land use and land cover is fundamental for territorial planning, quality of life and control of environmental impacts. The objective was to make a multitemporal analysis of the soil cover of the Apeú neighborhood, Castanhal-PA in the years 1989, 1999, 2008, 2018 and 2021 through Remote Sensing techniques. Digital orbital images obtained by the TM sensor, bands 3, 4 and 5, from the Landsat-5 Satellite for the years 1989, 1999 and 2008, and images from the Landsat-8 Satellite, bands 6, 5 and 4, for the years from 2018 and 2021, which were submitted to supervised classification by maximum likelihood. Subsequently, a map was obtained with the following land use classes: Urban Area; Exposed Soil; Vegetation pothole; Regenerating Vegetation; Dense Vegetation and Clouds. In the period between 1999 and 2008 there was a growth of 29.1% in the urban area of the apeú neighborhood. In 2021, there was a considerable increase in the areas of exposed soil and a reduction in dense vegetation, indicating the need for planning and soil inspection in the neighborhood. Remote sensing using the Maximum Likelihood Mathematical Algorithm allowed the assessment of soil dynamics in Bairro do Apeú.

KEY WORDS: Territorial planning, urbanization and remote sensing.

1 INTRODUÇÃO

O bairro do Apeú, no município de Castanhal, Estado do Pará, completou 139 anos em 2022, sendo um local de referência em aspectos culturais, religiosos e gastronômicos. O bairro também é um importante balneário em virtude de igarapés e matas, atraindo sempre visitantes e novos moradores (CASTANHAL, 2018).

A atratividade da vila e a facilidade de acesso com o centro do município de Castanhal fez com que muitos moradores de Castanhal e outros municípios próximos viessem morar ou construíssem chácaras no bairro Apeú. Isto ocasionou um aumento na urbanização do bairro nas últimas décadas e também diversos problemas ambientais e sociais (SOMBRA et al., 2018). Atualmente o balneário é pouco frequentado, seja por moradores ou visitantes, devido principalmente à poluição dos igarapés por esgotos domésticos, assoreamento do rio e a falta de segurança, fazendo com que sejam preferidas outras áreas mais propícias para lazer (FERREIRA, 2019).

As questões associadas ao crescimento urbano da vila e a organização do uso do solo é fundamental para o planejamento urbano e a identificação de possíveis danos ambientais, no entanto o tamanho e a quantidade de locais que necessitam de monitoramento dificulta o diagnóstico presencial. Alternativas para monitorar o uso do solo visando fornecer subsídios para o ordenamento territorial são fundamentais (SOUZA et al., 2012). Para tanto, a utilização

do sensoriamento remoto para monitoramento da cobertura do solo tem sido bastante eficaz, permitindo o monitoramento de áreas extensas com rapidez, precisão e baixo custo na obtenção de informações digitais (BRASIL et al., 2021). Um dos algoritmos matemáticos/estatísticos mais utilizados em técnicas de sensoriamento remoto e classificação de imagens de satélite é o da Máxima Verossimilhança, o qual considera a proximidade de resposta espectral de dois pixels de uma mesma classe temática (CRÓSTA, 1993; FLORENZANO, 2007).

Neste contexto, o uso do sensoriamento remoto tem sido uma importante ferramenta de planejamento e monitoramento territorial em todo o mundo, sendo tecnologia chave para o monitoramento de áreas extensas, como no caso da Amazônia, na qual a visita in-loco é dificultada pelo acesso difícil a muitos locais, carência de recursos humanos e logísticos.

Diversos estudos foram executados utilizando técnicas de sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica da cobertura do solo, a exemplo de FUJACO et al. (2010); PINAGÉ et al. (2011); GUIDOLINI et al. (2013); LIMA et al. (2017); BENTES et al. (2018); BRASIL et al. (2021). Ao utilizar o sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica do uso do solo no entorno do parque estadual do Utinga, localizado no município de Belém, Estado do Pará, Brasil Neto et al. (2014) observaram que a área dominada por ocupações urbanas cresceu continuamente entre 1984 a 2013, bem como uma quantidade elevada de áreas degradadas em volta dos núcleos urbanos e dentro da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém – APA, necessitando de intervenção contante para evitar danos ambientais. Ao avaliar a dinâmica do uso do solo na ilha de Caratateua, localizada no município de Belém, Pará, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, Bentes et al. (2018) constataram que no período entre 1984 a 1989 houve uma falha na gestão ambiental e urbanística que resultou no aumento desordenado de áreas urbanas, gerando impactos sociais e ambientais.

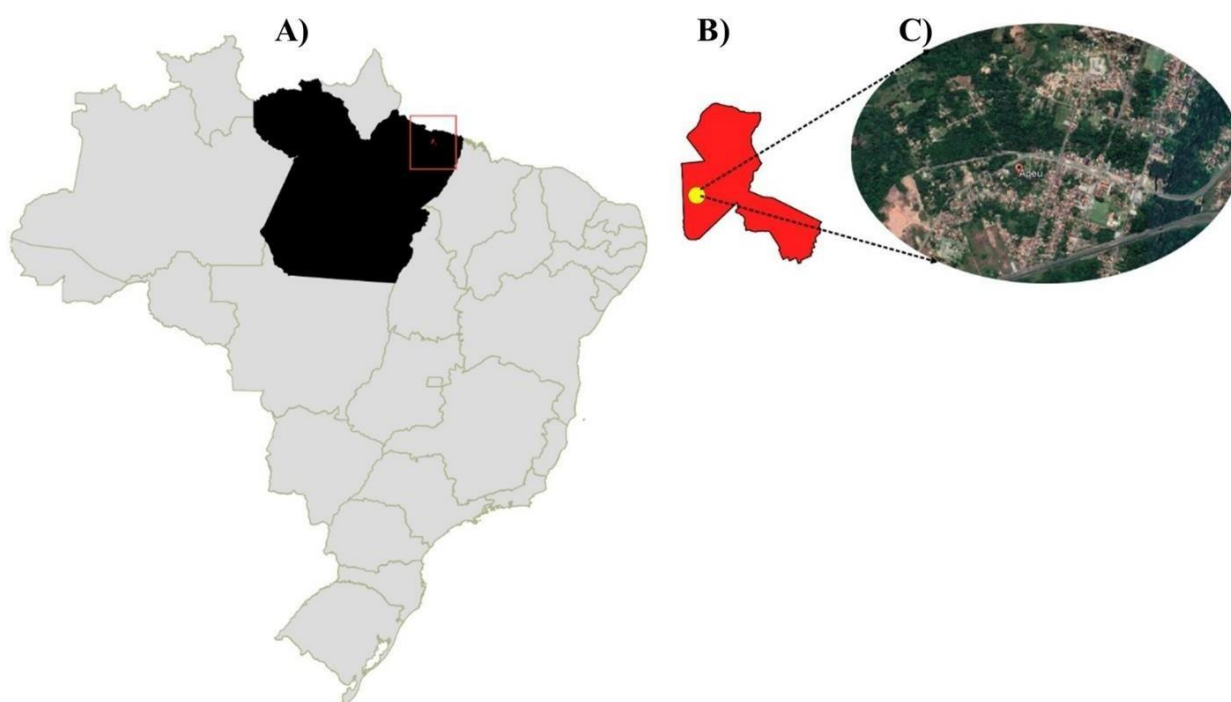
Portanto estudos que visem avaliar a dinâmica do uso do solo na Amazônia são de grande valia para diversos agentes responsáveis pela administração e planejamento territorial. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise multitemporal da cobertura do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA nos anos 1989, 1999, 2008, 2018 e 2021 por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo é referente ao bairro do Apeú, município de Castanhal, Nordeste do Estado do Pará (Figura 1), situado nas coordenadas 1°17'54" S e 47°59'32" W). O município de Castanhal apresenta clima do tipo Af (classificação de Köppen) com temperaturas médias anuais de 26°C (VALENTE et al., 2001).

Figura 1: Localização do bairro Apeú, com destaque para o Brasil e o Estado do Pará (A), município de Castanhal (B) e o bairro Apeú (C), com imagem de satélite obtida do site Google Earth.



2.2 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Para o levantamento da cobertura vegetal e uso do solo no bairro do Apeú, foram adquiridas imagens do satélite LANDSAT-5 da órbita/ponto 223/61, bandas 3, 4 e 5, do sensor TM (Thematic Mapper) dos anos 1989, 1999 e 2008. As imagens dos anos de 2018 e 2021 são correspondentes do satélite Landsat 8, sensor Operacional Terra Imager (OLI), órbita/ponto 223/61, com resolução espacial de 30 m, composição Colorida RGB das bandas 6-5-4, as quais correspondem à composição Landsat-5 RGB 5-4-3. As imagens foram obtidas gratuitamente no site EARTH EXPLORER (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Posteriormente foram aplicados

os procedimentos referentes ao pré-processamento das imagens obtidas: recorte, correção radiométrica e georreferenciamento. Os contornos da área de estudo foram obtidos por meio da criação de um polígono do contorno da área urbana do bairro Apeú de imagem do mês de Agosto de 2021 no programa Google Earth Pro (<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>). O polígono foi salvo no formato KML e posteriormente transformado em arquivo Shapefile.

A etapa de processamento das imagens foi realizada por meio da classificação supervisionada pelo algoritmo da Máxima Verossimilhança (MaxVer), na qual definiu-se as seguintes classes de cobertura vegetal e uso do solo: Vegetação densa (Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme ou áreas com sucessão secundária superior a 25 anos); Vegetação regenerante (processo de sucessão florestal secundária entre 5 a 25 anos), Solo exposto (áreas em fase de preparo para implantação agropecuária e áreas degradadas), Vegetação rasteira (cultivo agrícola, áreas de pastagens ou áreas com plantas herbáceas), Área Urbana (instalações residenciais e industriais e áreas com pavimentação asfáltica), núvens e Outras (corpos d'água e, em menor proporção, pixels não classificados).

Com o tratamento e a classificação das imagens dos diferentes anos, foi realizada a pós-classificação das mesmas, nas quais foram computadas a área ocupada por cada classe pré-determinada. O software utilizado no pré-tratamento e tratamento das imagens orbitais da pesquisa foi o Qgis (2.1.2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes à quantificação das categorias Área Urbana, Solo Exposto, Vegetação Densa, Vegetação Regenerante, Vegetação Rasteira e núvens, assim como o a imagem de classificação das classes temáticas do bairro Apeú, podem ser observados na tabela 01 e figuras 2 e 3, respectivamente.

O intervalo entre os anos de 1999 e 2008 foi o de maior crescimento da área urbana no bairro apeú, passando de 1,122 km² para 1,448 km², um crescimento de 29,1%. Nos demais períodos observados houve uma tendência de leve crescimento no tamanho da área urbana com o passar dos anos, com exceção do ano de 2021, no qual foi observado uma pequena redução da área urbana em comparação com o ano de 2018, o que pode ser explicado pelo surgimento da classe nuvem, a qual se sobrepôs principalmente com um fragmento de área urbana. Esse resultado indica que a área urbana tendeu a se manter próxima à quantidade observada no ano de 2018.

Tabela 1: Quantificação das classes temáticas do bairro Apeú, Castanhal-PA.

Classes	1989		1999		2008		2018		2021	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Área Urbana	1,12	8,2	1,12	8,18	1,45	10,56	1,48	10,8	1,34	9,78
Solo exposto	4,22	30,8	4,21	30,66	4,04	29,43	2,89	21,08	3,33	24,27
Veg. Rasteira	2,16	15,8	1,77	12,9	1,77	12,91	1,33	9,73	1,22	8,86
Veg. Regenerante	3,94	28,7	4,06	29,62	3,93	28,67	4,15	30,26	4,25	30,95
Veg. Densa	1,77	12,9	2,19	15,97	2,23	16,27	3,6	26,26	3,08	22,49
Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	3,32
TOTAL	0,51	3,7	0,37	2,68	0,3	2,17	0,26	1,87	0,05	0,34
	13,72	100	13,72	100	13,72	100	13,72	100	13,72	100

Figura 2: Classes de uso do solo no bairro Apeú, Castanhal-PA.

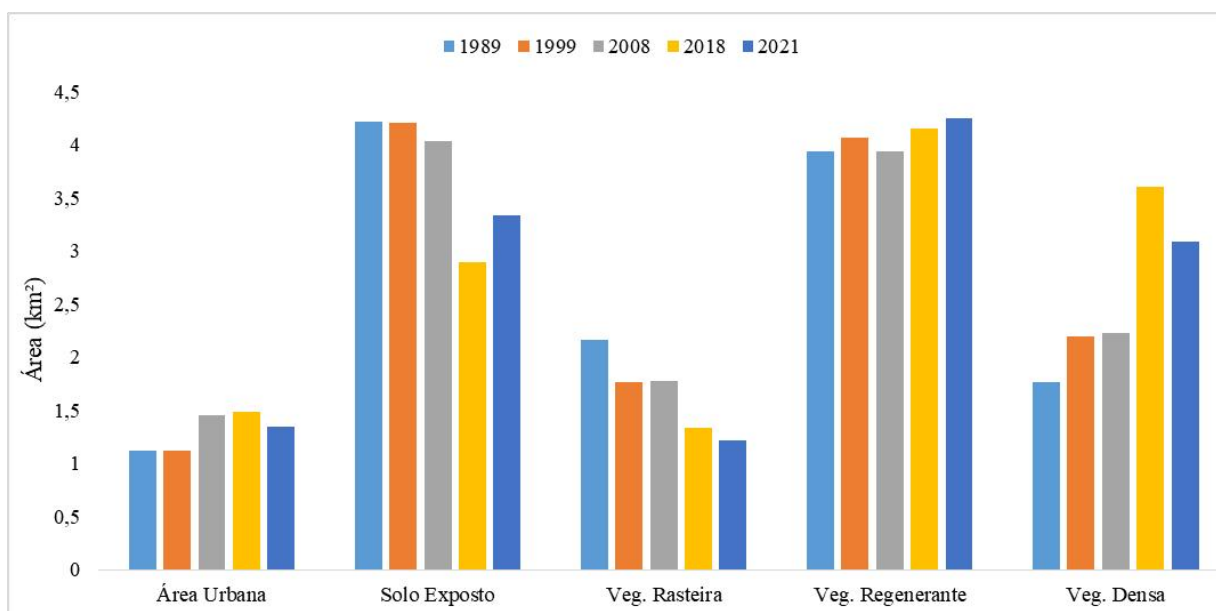
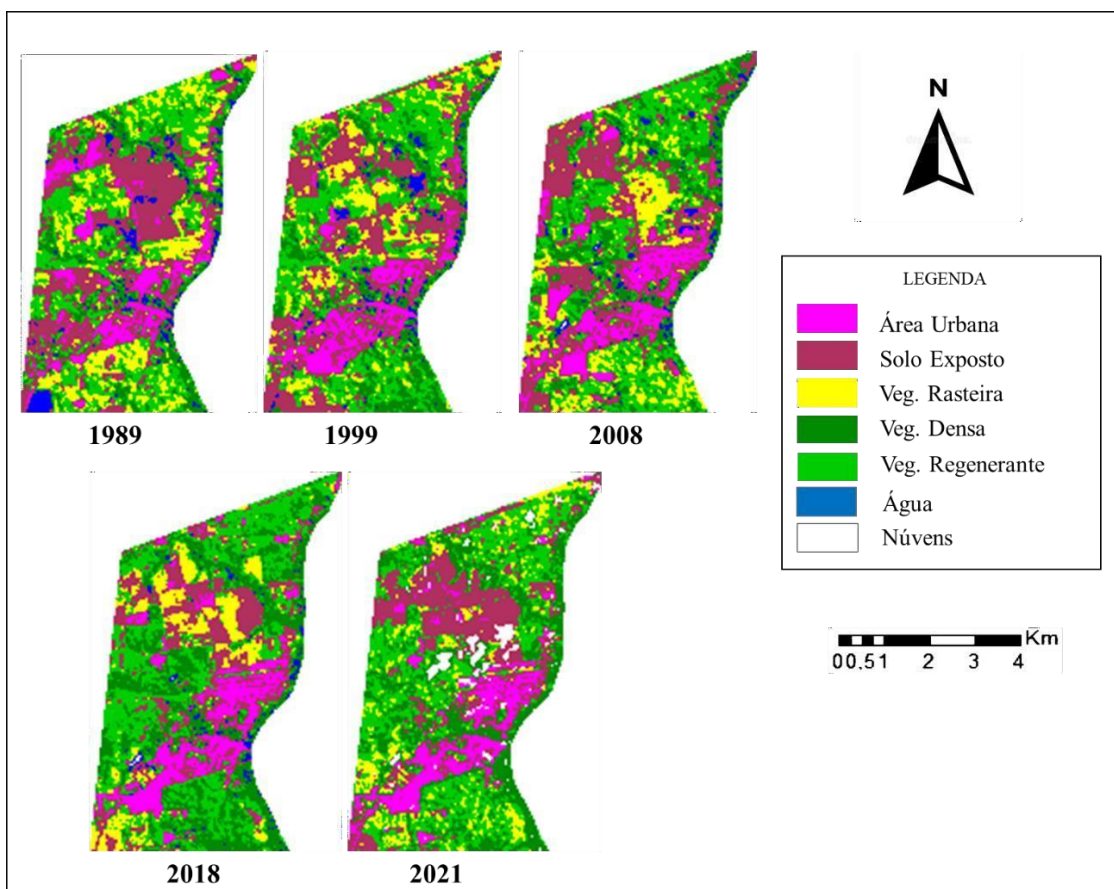


Figura 3: Mapa de Classificação do uso do solo em diferentes classes temáticas no bairro Apeú, Castanhal-PA.



Ao observar as demais classes de uso do solo nas figuras 2 e 3, verifica-se que o crescimento da área urbana, especialmente entre os anos de 1999 e 2008 ocorreu especialmente em áreas anteriormente ocupadas por solo exposto (principalmente) e vegetação rasteira, indicando pouca ocorrência de novos desmatamentos para ampliação da área urbana do bairro no período indicado.

O aumento da área urbana entre os anos de 1999 e 2008 pode ser explicado principalmente com o aumento de obras de infra-estrutura no bairro. De acordo com Sombra et al. (2018), a Prefeitura de Castanhal realizou nos anos 2000 uma obra para ampliar a concepção de espaço turístico da vila do Apeú, atraindo novos moradores e investidores para o local.

As classes solo exposto e vegetação regenerante são as duas maiores classes do bairro Apeú no período estudado, sendo que o solo exposto teve tendência de redução até o ano de 2018 para ser ocupada principalmente por área urbana. A classe vegetação secundária representa a recuperação de áreas alteradas/degradadas pelo avanço do

processo sucessional da vegetação.

Em relação à classe vegetação densa, ou seja, fragmentos de vegetação com idade superior a 25 anos, houve tendência de aumento até o ano de 2018, o que pode ser explicado pelo avanço sucessional de áreas de vegetação secundária inicial para avançada. No entanto, no ano de 2021 foi observada uma redução de 0,14 km² desta classe, o que ser explicado pelas núvens da imagem e também por possíveis desmatamentos para conversão em outras classes, principalmente solo exposto, tendo em vista que neste ano houve um aumento considerável nesta classe.

Ao mapear e identificar o conflito de uso e ocupação nas áreas de preservação permanente da bacia do Rio Apeú em diversos municípios com base em técnicas de sensoriamento remoto, Souza et al. (2012) verificaram que, de modo geral, a largura das áreas de preservação permanentes estão sendo eventualmente respeitadas e a função hidrológica das matas estão sendo preservadas e que as classes temáticas de pastagem e solo exposto foram as que mais contribuíram para o processo de supressão da vegetação nas áreas de APP estudadas.

Os dados de sensoriamento remoto mostram que a partir do ano de 2008 o crescimento urbano teve um menor crescimento e classes como solo exposto tiveram tendência de redução, assim como classes como vegetação secundária e vegetação densa tenderam a crescer. Estes resultados podem estar associados ao aumento da violência, bem como maior controle dos agentes públicos para conversão de novas áreas em núcleos urbanos sem planejamento. No entanto, observa-se uma tendência de mudança nesse padrão no ano de 2021, necessitando de maior planejamento e fiscalização para evitar problemas ambientais e sociais, bem como estudos futuros para avaliar a dinâmica de uso do solo no bairro.

4 CONCLUSÃO

No período entre 1999 e 2008 houve um crescimento de 29,1% da área urbana do bairro apeú.

No ano de 2021 houve um aumento considerável nas áreas de solo exposto e redução da vegetação densa, indicando necessidade de planejamento e fiscalização do solo do solo no bairro.

O sensoriamento remoto por meio do Algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança permitiu avaliar a dinâmica do solo no Bairro do Apeú.

5 REFERÊNCIAS

BENTES, A. L. S.; BRASIL NETO, A. B. B.; ANDRADE, P. C.; BRAGA, A. N.; PERES, V. C.; SANTOS JÚNIOR, R. A. T.; FRANCO, M. J. B.; SANTOS, A. B. S. Dinâmica do uso do solo na ilha de Caratateua, Belém, Pará. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 360 – 369, 2017.

BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. E. A.; BRAGA, A. N.; MACIEL, M. N. M.; SILVA, P. T. E. Dinâmica da cobertura vegetal e uso do solo no entorno do parque estadual do Utinga (PEUt), Belém-PA. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, p. 2120-2128, 2014.

BRASIL, NILZA MARTINS DE QUEIROZ XAVIER ; BRASIL NETO, ALBERTO BENTES ; PAUMGARTTEN, A. E. A. ; SILVEIRA, J. M. Q. X. ; SILVA, A. A. . Multitemporal analysis of the soil coverage of the Utinga State Park, Belém, Pará. *Brazilian Journal of development*, v. 7, p. 36109-36118, 2021.

CASTANHAL, 2018. Apeú completa 135 anos com serviços e programação cultural. Disponível em: <http://www.castanhal.pa.gov.br/apeu-completa-135-anos-com-servicos-e-programacao-cultural/>.

CRÓSTA, A. P, Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto, Campinas, SP, UNICAMP, ed. rev., 1993.

EARTH EXPLORER. Imagem LandSat. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/07/2022.

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto, 2ª edição. 2 edição. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 97 p.

FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, 63(4): 695-701, 2010.

Formigoni, M. de H., Xavier, A. C., & Lima, J. S. D. S. (2011). Análise temporal da

vegetação na região do nordeste através de dados EVI do MODIS. *Ciência Florestal*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.5902/198050982740>.

GUIDOLINI, J. F.; PEDROSO, L. B.; ARAÚJO, M. V. N. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos - SP, entre os anos de 2005 e 2011. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.

LIMA, L. C. ; BRASIL NETO, A. B. ; SANTOS, C. R. C. ; BRAGA, A. N. ; NUNES, S. C. T. . Longterm temporal analysis of vegetation cover and soil use on Ilha de Mosqueiro, Belém, Pará, Amazonian Brazil. *agro@mbiente on-line*, v. 12, p. 80, 2017.

PINAGÉ, E. R.; GENOVEZ, P. C.; OSAKO, L.S.; SANTOS, A.H.H.; RIBEIRO, R. C.; NEVES, R. V. Análise multi-temporal do antropismo na Floresta Nacional do Crepori (PA) a partir de imagens Landsat 5 TM. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6341-6348.

SOMBRA, D.; CASTRO, C.; MENDES, R.; MORAES, S.; PINHO, D.; MERGULHÃO, L. Território usado e recursos hídricos na Amazônia Brasileira: os múltiplos usos do território na bacia hidrográfica do Rio Apeú (Pará/Brasil). *Revista Austral de Ciencias Sociales*. 7. 1-24, 2018.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Rio Apeú, Nordeste do Pará. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 701 - 710, 2012.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, E.; FRANÇA, V.; PEREIRA NETO, O. C. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no Município de Umuarama – PR. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 35-44, 2011.

VEIGA, A. J. P.; MATTA, J. M. B.; VEIGA, D. A. M.; BOMFIM, C. S. S. Análise do uso e cobertura da terra em Itapetinga no estado da Bahia, Brasil, com uso de Sensoriamento Remoto e SIG. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.9, p. 73928-73947, 2020.

Análise multitemporal da cobertura do solo no bairro Apeú, Castanhal-PA

Multitemporal analysis of land cover in Apeú neighborhood, Castanhal-PA

DOI:10.34117/bjdv9n1-353

Recebimento dos originais: 23/12/2022

Aceitação para publicação: 26/01/2023

Josiane Martins de Queiroz Xavier Silveira

Graduada em Tecnologia de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Castanhal

Endereço: Av. dos Universitários, s/n -Jaderlândia, Castanhal -PA, CEP: 68746-630

E-mail: josianemqx@yahoo.com.br

Arthur da Costa Almeida

Doutor em Engenharia Elétrica pela UFPA

Instituição: Universidade Federal do Pará - Campus Castanhal

Endereço: Av. dos Universitários, s/n -Jaderlândia, Castanhal -PA, CEP: 68746-630

E-mail: arthur@ufpa.br

Nilza Martins de Queiroz Xavier Brasil

Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável e Gestão de Empreendimentos

Agroalimentares

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Santarém

Endereço: Av. Mal. Castelo Branco, 621, Interventória, Santarém -PA,
CEP: 68020-820

E-mail: nilza.xavier@ifpa.edu.br

Alberto Bentes Brasil Neto

Mestre em Ciências Florestais

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Santarém

Endereço: Av. Mal. Castelo Branco, 621, Interventória, Santarém -PA,
CEP: 68020-820

E-mail: alberto.neto@ifpa.edu.br

RESUMO

O monitoramento da dinâmica do uso e cobertura do solo é fundamental para o planejamento territorial, qualidade de vida e controle de impactos ambientais. Objetivou-se fazer uma análise multitemporal da cobertura do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA nos anos 1989, 1999, 2008, 2018 e 2021 por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. Para isso foram obtidas imagens orbitais digitais obtidas pelo sensor TM, bandas 3, 4 e 5, do Satélite Landsat-5 para os anos de 1989, 1999 e 2008, e imagens do Satélite Landsat-8, bandas 6, 5 e 4, para os anos de 2018 e 2021, as quais foram submetidas à classificação supervisionada por máxima verossimilhança. Posteriormente, obteve-se um mapa com as seguintes classes de uso do solo: Área Urbana; Solo Exposto; Vegetação Rasteira;

Vegetação Regenerante; Vegetação Densa e Núvens. No período entre 1999 e 2008 houve um crescimento de 29,1% da área urbana do bairro apeú. No ano de 2021 houve um aumento considerável nas áreas de solo exposto e redução da vegetação densa, indicando necessidade de planejamento e fiscalização do solo do solo no bairro. O sensoriamento remoto por meio do Algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança permitiu avaliar a dinâmica do solo no Bairro do Apeú.

Palavras-chave: planejamento territorial, urbanização, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Monitoring the dynamics of land use and land cover is fundamental for territorial planning, quality of life and control of environmental impacts. The objective was to make a multitemporal analysis of the soil cover of the Apeú neighborhood, Castanhal-PA in the years 1989, 1999, 2008, 2018 and 2021 through Remote Sensing techniques. Digital orbital images obtained by the TM sensor, bands 3, 4 and 5, from the Landsat-5 Satellite for the years 1989, 1999 and 2008, and images from the Landsat-8 Satellite, bands 6, 5 and 4, for the years from 2018 and 2021, which were submitted to supervised classification by maximum likelihood. Subsequently, a map was obtained with the following land use classes: Urban Area; Exposed Soil; Vegetation pothole; Regenerating Vegetation; Dense Vegetation and Clouds. In the period between 1999 and 2008 there was a growth of 29.1% in the urban area of the apeú neighborhood. In 2021, there was a considerable increase in the areas of exposed soil and a reduction in dense vegetation, indicating the need for planning and soil inspection in the neighborhood. Remote sensing using the Maximum Likelihood Mathematical Algorithm allowed the assessment of soil dynamics in Bairro do Apeú.

Keywords: territorial planning, urbanization, remote sensing.

1 INTRODUÇÃO

O bairro do Apeú, no município de Castanhal, Estado do Pará, completou 139 anos em 2022, sendo um local de referência em aspectos culturais, religiosos e gastronômicos. O bairro também é um importante balneário em virtude de igarapés e matas, atraindo sempre visitantes e novos moradores (CASTANHAL, 2018).

A atratividade da vila e a facilidade de acesso com o centro do município de Castanhal fez com que muitos moradores de Castanhal e outros municípios próximos viessem morar ou construíssem chácaras no bairro Apeú. Isto ocasionou um aumento na urbanização do bairro nas últimas décadas e também diversos problemas ambientais e sociais (SOMBRA et al., 2018). Atualmente o balneário é pouco frequentado, seja por moradores ou visitantes, devido principalmente à poluição dos igarapés por esgotos domésticos, assoreamento do rio e a falta de segurança, fazendo com que sejam preferidas outras áreas mais propícias para lazer (FERREIRA, 2019).

As questões associadas ao crescimento urbano da vila e a organização do uso do solo é fundamental para o planejamento urbano e a identificação de possíveis danos ambientais, no entanto o tamanho e a quantidade de locais que necessitam de monitoramento dificulta o diagnóstico presencial. Alternativas para monitorar o uso do solo visando fornecer subsídios para o ordenamento territorial são fundamentais (SOUZA et al., 2012). Para tanto, a utilização do sensoriamento remoto para monitoramento da cobertura do solo tem sido bastante eficaz, permitindo o monitoramento de áreas extensas com rapidez, precisão e baixo custo na obtenção de informações digitais (BRASIL et al., 2021). Um dos algoritmos matemáticos/estatísticos mais utilizados em técnicas de sensoriamento remoto e classificação de imagens de satélite é o da Máxima Verossimilhança, o qual considera a proximidade de resposta espectral dos pixels de uma mesma classe temática (CRÓSTA, 1993; FLORENZANO, 2007).

Neste contexto, o uso do sensoriamento remoto tem sido uma importante ferramenta de planejamento e monitoramento territorial em todo o mundo, sendo tecnologia chave para o monitoramento de áreas extensas, como no caso da Amazônia, na qual a visita in-loco é dificultada pelo acesso difícil a muitos locais, carência de recursos humanos e logísticos.

Diversos estudos foram executados utilizando técnicas de sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica da cobertura do solo, a exemplo de FUJACO et al. (2010); PINAGÉ et al. (2011); GUIDOLINI et al. (2013); LIMA et al. (2017); BENTES et al. (2018); BRASIL et al. (2021). Ao utilizar o sensoriamento remoto para avaliar a dinâmica do uso do solo no entorno do parque estadual do Utinga, localizado no município de Belém, Estado do Pará, Brasil Neto et al. (2014) observaram que a área dominada por ocupações urbanas cresceu continuamente entre 1984 a 2013, bem como uma quantidade elevada de áreas degradadas em volta dos núcleos urbanos e dentro da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém – APA, necessitando de intervenção contante para evitar danos ambientais. Ao avaliar a dinâmica do uso do solo na ilha de Caratateua, localizada no município de Belém, Pará, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, Bentes et al. (2018) constataram que no período entre 1984 a 1989 houve uma falha na gestão ambiental e urbanística que resultou no aumento desordenado de áreas urbanas, gerando impactos sociais e ambientais.

Portanto estudos que visem avaliar a dinâmica do uso do solo na Amazônia são de grande valia para diversos agentes responsáveis pela administração e planejamento

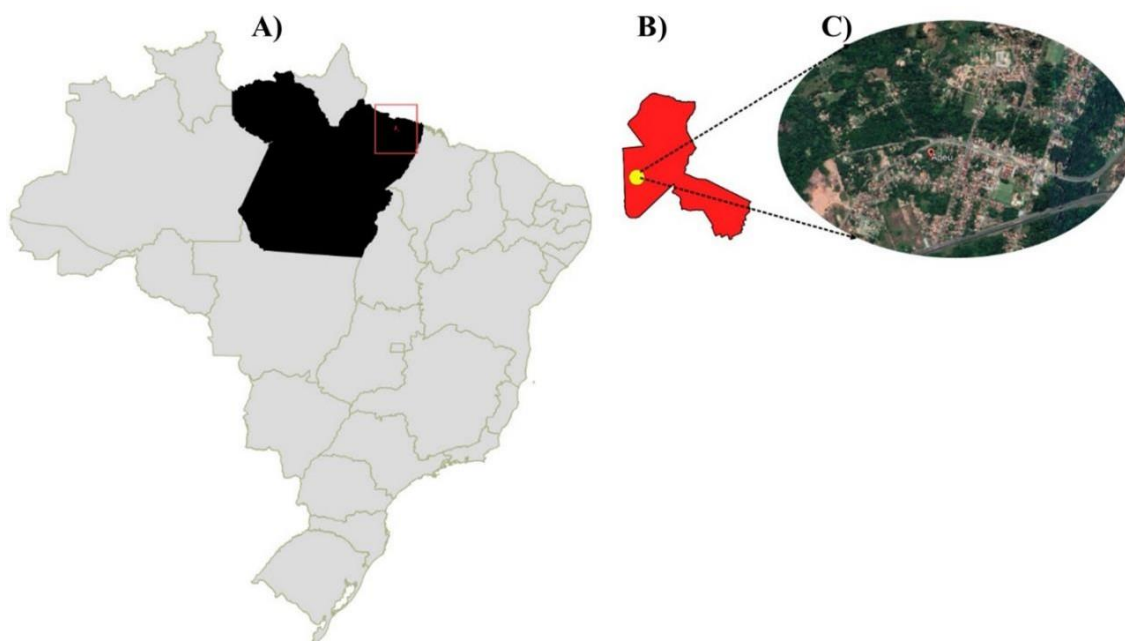
territorial. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise multitemporal da cobertura do solo do bairro Apeú, Castanhal-PA nos anos 1989, 1999, 2008, 2018 e 2021 por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo é referente ao bairro do Apeú, município de Castanhal, Nordeste do Estado do Pará (Figura 1), situado nas coordenadas $1^{\circ}17'54''$ S e $47^{\circ}59'32''$ W). O município de Castanhal apresenta clima do tipo Af (classificação de Köppen) com temperaturas médias anuais de 26°C (VALENTE et al., 2001).

Figura 1: Localização do bairro Apeú, com destaque para o Brasil e o Estado do Pará (A), município de Castanhal (B) e o bairro Apeú (C), com imagem de satélite obtida do site Google Earth.



2.2 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Para o levantamento da cobertura vegetal e uso do solo no bairro do Apeú, foram adquiridas imagens do satélite LANDSAT-5 da órbita/ponto 223/61, bandas 3, 4 e 5, do sensor TM (Thematic Mapper) dos anos 1989, 1999 e 2008. As imagens dos anos de 2018 e 2021 são correspondentes do satélite Landsat 8, sensor Operacional Terra Imager (OLI), órbita/ponto 223/61, com resolução espacial de 30 m, composição Colorida RGB das

bandas 6-5-4, as quais correspondem à composição Landsat-5 RGB 5-4-3. As imagens foram obtidas gratuitamente no site EARTH EXPLORER (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Posteriormente foram aplicados os procedimentos referentes ao pré-processamento das imagens obtidas: recorte, correção radiométrica e georreferenciamento. Os contornos da área de estudo foram obtidos por meio da criação de um polígono do contorno da área urbana do bairro Apeú de imagem do mês de Agosto de 2021 no programa Google Earth Pro (<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>). O polígono foi salvo no formato KML e posteriormente transformado em arquivo Shapefile.

A etapa de processamento das imagens foi realizada por meio da classificação supervisionada pelo algoritmo da Máxima Verossimilhança (MaxVer), na qual definiu-se as seguintes classes de cobertura vegetal e uso do solo: Vegetação densa (Fragmentos de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme ou áreas com sucessão secundária superior a 25 anos); Vegetação regenerante (processo de sucessão florestal secundária entre 5 a 25 anos), Solo exposto (áreas em fase de preparo para implantação agropecuária e áreas degradadas), Vegetação rasteira (cultivo agrícola, áreas de pastagens ou áreas com plantas herbáceas), Área Urbana (instalações residenciais e industriais e áreas com pavimentação asfáltica), núvens e Outras (corpos d'água e, em menor proporção, pixels não classificados).

Com o tratamento e a classificação das imagens dos diferentes anos, foi realizada a pós-classificação das mesmas, nas quais foram computadas a área ocupada por cada classe pré-determinada. O software utilizado no pré-tratamento e tratamento das imagens orbitais da pesquisa foi o Qgis (2.1.2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes à quantificação das categorias Área Urbana, Solo Exposto, Vegetação Densa, Vegetação Regenerante, Vegetação Rasteira e núvens, assim como o a imagem de classificação das classes temáticas do bairro Apeú, podem ser observados na tabela 01 e figuras 2 e 3, respectivamente.

O intervalo entre os anos de 1999 e 2008 foi o de maior crescimento da área urbana no bairro apeú, passando de 1,122 km² para 1,448 km², um crescimento de 29,1%. Nos demais períodos observados houve uma tendência de leve crescimento no tamanho da área urbana com o passar dos anos, com exceção do ano de 2021, no qual foi observado uma pequena redução da área urbana em comparação com o ano de 2018, o que pode ser

explicado pelo surgimento da classe nuvem, a qual se sobrepôs principalmente com um fragmento de área urbana. Esse resultado indica que a área urbana tendeu a se manter próxima à quantidade observada no ano de 2018.

Tabela 1: Quantificação das classes temáticas do bairro Apeú, Castanhal-PA.

Classes	1989		1999		2008		2018		2021	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Área Urbana	1,12	8,2	1,12	8,18	1,45	10,56	1,48	10,8	1,34	9,78
Solo exposto	4,22	30,8	4,21	30,66	4,04	29,43	2,89	21,08	3,33	24,27
Veg. Rasteira	2,16	15,8	1,77	12,9	1,77	12,91	1,33	9,73	1,22	8,86
Veg. Regenerante	3,94	28,7	4,06	29,62	3,93	28,67	4,15	30,26	4,25	30,95
Veg. Densa	1,77	12,9	2,19	15,97	2,23	16,27	3,6	26,26	3,08	22,49
Núvens	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	3,32
Outros	0,51	3,7	0,37	2,68	0,3	2,17	0,26	1,87	0,05	0,34
TOTAL	13,72	100	13,72	100	13,72	100	13,72	100	13,72	100

Figura 2: Classes de uso do solo no bairro Apeú, Castanhal-PA.

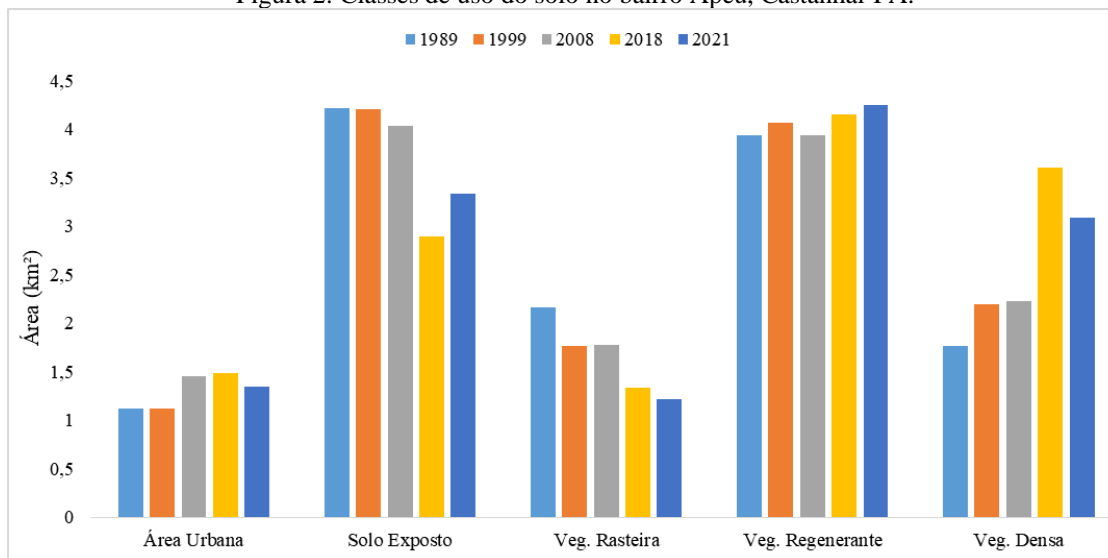
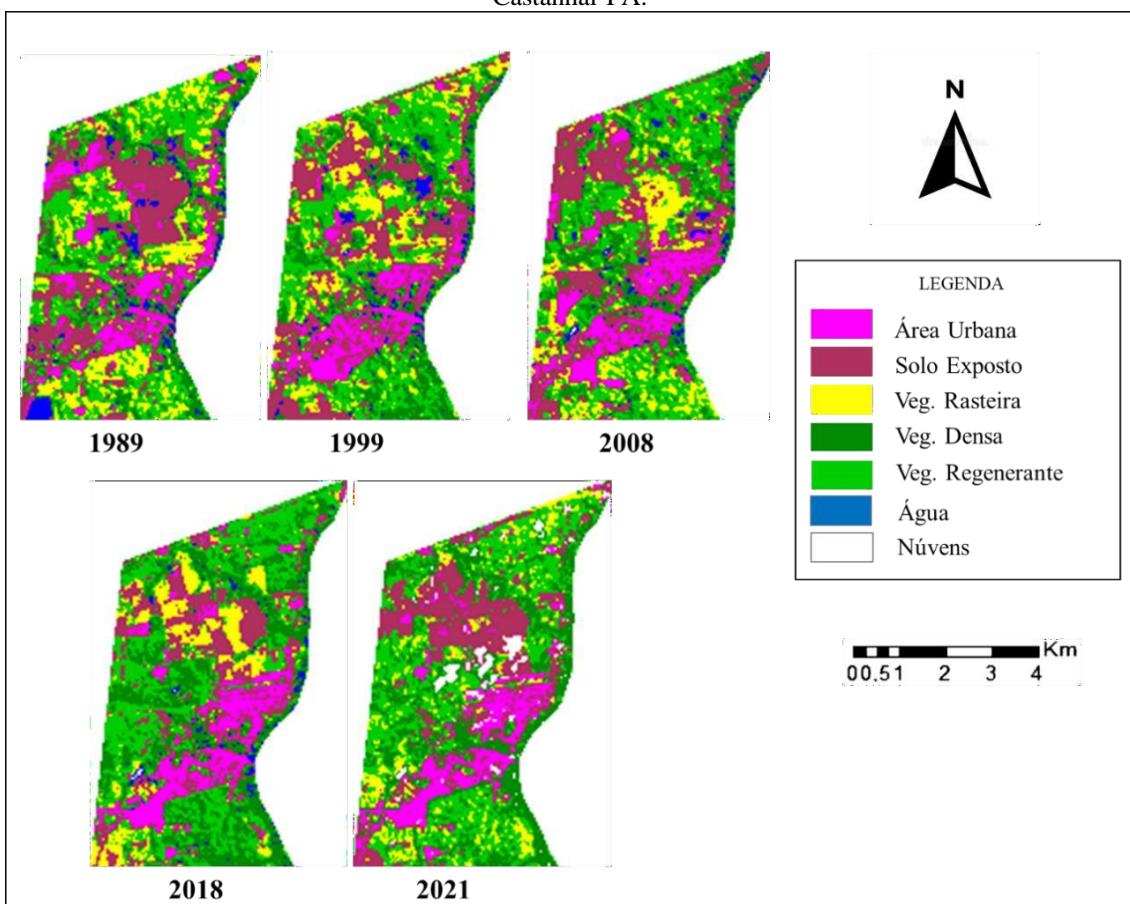


Figura 3: Mapa de Classificação do uso do solo em diferentes classes temáticas no bairro Apeú, Castanhal-PA.



Ao observar as demais classes de uso do solo nas figuras 2 e 3, verifica-se que o crescimento da área urbana, especialmente entre os anos de 1999 e 2008 ocorreu especialmente em áreas anteriormente ocupadas por solo exposto (principalmente) e vegetação rasteira, indicando pouca ocorrência de novos desmatamentos para ampliação da área urbana do bairro no período indicado.

O aumento da área urbana entre os anos de 1999 e 2008 pode ser explicado principalmente com o aumento de obras de infra-estrutura no bairro. De acordo com Sombra et al. (2018), a Prefeitura de Castanhal realizou nos anos 2000 uma obra para ampliar a concepção de espaço turístico da vila do Apeú, atraindo novos moradores e investidores para o local.

As classes solo exposto e vegetação regenerante são as duas maiores classes do bairro Apeú no período estudado, sendo que o solo exposto teve tendência de redução até o ano de 2018 para ser ocupada principalmente por área urbana. A classe vegetação secundária representa a recuperação de áreas alteradas/degradadas pelo avanço do processo sucessional da vegetação.

Em relação à classe vegetação densa, ou seja, fragmentos de vegetação com idade superior a 25 anos, houve tendência de aumento até o ano de 2018, o que pode ser explicado pelo avanço sucessional de áreas de vegetação secundária inicial para avançada. No entanto, no ano de 2021 foi observada uma redução de 0,14 km² desta classe, o que ser explicado pelas núvens da imagem e também por possíveis desmatamentos para conversão em outras classes, principalmente solo exposto, tendo em vista que neste ano houve um aumento considerável nesta classe.

Ao mapear e identificar o conflito de uso e ocupação nas áreas de preservação permanente da bacia do Rio Apeú em diversos municípios com base em técnicas de sensoriamento remoto, Souza et al. (2012) verificaram que, de modo geral, a largura das áreas de preservação permanentes estão sendo eventualmente respeitadas e a função hidrológica das matas estão sendo preservadas e que as classes temáticas de pastagem e solo exposto foram as que mais contribuíram para o processo de supressão da vegetação nas áreas de APP estudadas.

Os dados de sensoriamento remoto mostram que a partir do ano de 2008 o crescimento urbano teve um menor crescimento e classes como solo exposto tiveram tendência de redução, assim como classes como vegetação secundária e vegetação densa tenderam a crescer. Estes resultados podem estar associados ao aumento da violência, bem como maior controle dos agentes públicos para conversão de novas áreas em núcleos urbanos sem planejamento. No entanto, observa-se uma tendência de mudança nesse padrão no ano de 2021, necessitando de maior planejamento e fiscalização para evitar problemas ambientais e sociais, bem como estudos futuros para avaliar a dinâmica de uso do solo no bairro.

4 CONCLUSÕES

No período entre 1999 e 2008 houve um crescimento de 29,1% da área urbana do bairro apeú.

No ano de 2021 houve um aumento considerável nas áreas de solo exposto e redução da vegetação densa, indicando necessidade de planejamento e fiscalização do solo do solo no bairro.

O sensoriamento remoto por meio do Algoritmo matemático da Máxima Verossimilhança permitiu avaliar a dinâmica do solo no Bairro do Apeú.

REFERÊNCIAS

BENTES, A. L. S.; BRASIL NETO, A. B. B.; ANDRADE, P. C.; BRAGA, A. N.; PERES, V. C.; SANTOS JÚNIOR, R. A. T.; FRANCO, M. J. B.; SANTOS, A. B. S. Dinâmica do uso do solo na ilha de Caratateua, Belém, Pará. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 360 – 369, 2017.

BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. E. A.; BRAGA, A. N.; MACIEL, M. N. M.; SILVA, P. T. E. Dinâmica da cobertura vegetal e uso do solo no entorno do parque estadual do Utinga (PEUt), Belém-PA. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, p. 2120-2128, 2014.

BRASIL, NILZA MARTINS DE QUEIROZ XAVIER ; BRASIL NETO, ALBERTO BENTES ; PAUMGARTTEN, A. E. A. ; SILVEIRA, J. M. Q. X. ; SILVA, A. A. . Multitemporal analysis of the soil coverage of the Utinga State Park, Belém, Pará. *Brazilian Journal of development*, v. 7, p. 36109-36118, 2021.

CASTANHAL, 2018. Apeú completa 135 anos com serviços e programação cultural. Disponível em: <http://www.castanhal.pa.gov.br/ap eu-completa-135-anos-com-servicos-e-programacao-cultural/>.

CRÓSTA, A. P, Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto, Campinas, SP, UNICAMP, ed. rev., 1993.

EARTH EXPLORER. Imagem Landsat. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13/07/2022.

FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto, 2ª edição. 2 edição. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 97 p.

FUJACO, M. A. G.; LEITE, M. G. P.; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, 63(4): 695-701, 2010.

Formigoni, M. de H., Xavier, A. C., & Lima, J. S. D. S. (2011). Análise temporal da vegetação na região do nordeste através de dados EVI do MODIS. *Ciência Florestal*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.5902/198050982740>.

GUIDOLINI, J. F.; PEDROSO, L. B.; ARAÚJO, M. V. N. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos - SP, entre os anos de 2005 e 2011. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE.

LIMA, L. C. ; BRASIL NETO, A. B. ; SANTOS, C. R. C. ; BRAGA, A. N. ; NUNES, S. C. T. . Longterm temporal analysis of vegetation cover and soil use on Ilha de Mosqueiro, Belém, Pará, Amazonian Brazil. *agro@mbiente on-line*, v. 12, p. 80, 2017.

PINAGÉ, E. R.; GENOVEZ, P. C.; OSAKO, L.S.; SANTOS, A.H.H.; RIBEIRO, R. C.; NEVES, R. V. Análise multi-temporal do antropismo na Floresta Nacional do Crepori (PA) a partir de imagens Landsat 5 TM. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento

Remoto, 2011, Curitiba. Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6341-6348.

SOMBRA, D.; CASTRO, C.; MENDES, R.; MORAES, S.; PINHO, D.; MERGULHÃO, L. Território usado e recursos hídricos na Amazônia Brasileira: os múltiplos usos do território na bacia hidrográfica do Rio Apeú (Pará/Brasil). *Revista Austral de Ciências Sociales*. 7. 1-24, 2018.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Rio Apeú, Nordeste do Pará. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 701 - 710, 2012.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, E.; FRANÇA, V.; PEREIRA NETO, O. C. Caracterização de lavouras cafeeiras, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no Município de Umuarama – PR. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 35-44, 2011.

VEIGA, A. J. P.; MATTA, J. M. B.; VEIGA, D. A. M.; BOMFIM, C. S. S. Análise do uso e cobertura da terra em Itapetinga no estado da Bahia, Brasil, com uso de Sensoriamento Remoto e SIG. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.9, p. 73928-73947, 2020.