

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SERRINHA DOS PINTOS-RN.

Francisco Jiliardo de Queiroz¹

Ramiro Gustavo Valera Camacho²

Jacimária Fonseca de Medeiros³

RESUMO

As geotecnologias englobam tecnologias para coleta e análise de dados geoespaciais, sendo fundamentais em diversas áreas. No estudo da vegetação, os mapas de uso e cobertura do solo têm se mostrado eficazes, auxiliando na conservação ambiental. Este trabalho analisou mudanças na cobertura da terra em Serrinha dos Pintos-RN nos anos de 1992, 2003, 2013 e 2022. Foram usadas imagens dos satélites LANDSAT 5 (sensor TM) e LANDSAT 8 (sensor OLI), processadas no software QGIS 3.10 com o plugin SCP e o algoritmo Minimum Distance. O mapeamento identificou seis classes, incluindo savanas, áreas agrícolas e urbanas. Os resultados ajudam a compreender as transformações na paisagem e orientam ações de recuperação e conservação ambiental.

Palavras-chave: Caatinga; classificação supervisionada; uso e cobertura.

ANALYSIS OF THE SPATIAL-TEMPORAL EVOLUTION OF LAND USE AND COVER IN THE MUNICIPALITY OF SERRINHA DOS PINTOS-RN.

ABSTRACT

Geotechnologies encompass technologies for collecting and analyzing geospatial data, and are essential in a number of areas. In the study of vegetation, land use and land cover maps have proved to be effective, helping in environmental conservation. This work analyzed changes in

¹Mestre em Geografia, Secretaria de Estado da Educação e da Cultura do Rio Grande do Norte (SEEC/RN), Email: jiliardoqz@gmail.com

²Doutor em Ciências - Botânica, Departamento de Ciências Biológicas-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus Central, Email: ramirogustavo@uern.br

³Doutora em Geografia, Departamento de Geografia-Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Campus de Pau dos Ferros, Email: jacimariamedeiros@uern.br

land cover in Serrinha dos Pintos-RN in the years 1992, 2003, 2013 and 2022. Images from the LANDSAT 5 (TM sensor) and LANDSAT 8 (OLI sensor) satellites were used, processed in QGIS 3.10 software with the SCP plugin and the Minimum Distance algorithm. The mapping identified six classes, including savannas, agricultural and urban areas. The results help to understand landscape transformations and guide environmental recovery and conservation actions.

Keywords: Caatinga; supervised classification; use and cover.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE SERRINHA DOS PINTOS-RN.

RESUMEN

Las geotecnologías engloban las tecnologías de recogida y análisis de datos geoespaciales, y son fundamentales en diversos ámbitos. En el estudio de la vegetación, los mapas de uso y cobertura del suelo han demostrado su eficacia, ayudando a la conservación del medio ambiente. Este estudio analizó los cambios en la cobertura del suelo en Serrinha dos Pintos-RN en 1992, 2003, 2013 y 2022. Se utilizaron imágenes de los satélites LANDSAT 5 (sensor TM) y LANDSAT 8 (sensor OLI), procesadas en el software QGIS 3.10 con el plugin SCP y el algoritmo de Distancia Mínima. La cartografía identificó seis clases, incluidas sabanas, zonas agrícolas y urbanas. Los resultados ayudan a comprender las transformaciones del paisaje y a orientar las acciones de recuperación y conservación del medio ambiente.

Palabras clave: Caatinga; clasificación supervisada; uso y cobertura.

INTRODUÇÃO

O uso acentuado dos recursos naturais pelo homem alterou de forma significativa as paisagens naturais e danificou os ecossistemas ao longo dos anos. Devido a esses fatores agravantes, a realização de estudos e monitoramentos por intermédio de instrumentos tecnológicos é eficaz e vem se intensificando, trazendo melhores informações ambientais sobre determinados biomas (FACCO *et al.*, 2017).

Nesse sentido, o uso das geotecnologias, em especial do sensoriamento remoto em conjunto com o sistema de informações geográficas (SIG), empregando técnicas de

geoprocessamento e processamentos de imagem fornecem dados acerca da superfície terrestre com precisão e eficiência, proporcionando o reconhecimento das transformações ocorridas.

As geotecnologias são definidas como um conjunto de tecnologias que fornecem coletas, processamentos, estudos e ofertas de informações como referência geográfica. Além do mais, as mesmas são desenvolvidas por unidades que são responsáveis pelo processamento dos dados como o *hardware*, *software* e *peopleware*. Destacam-se entre as geotecnologias: os sistemas de informação geográfica (SIG), cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia (ROSA, 2011).

Por sua vez, o geoprocessamento pode ser assinalado como uma atividade especializada e definido como um agrupamento de técnicas e métodos científicos e computacionais associados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, com o intuito de constituir dados novos ou informações georreferenciadas, sendo estas informações ligadas a informações sobre localização e posição específica no globo terrestre por meio de coordenadas geográficas (ZAIDAN, 2017).

Florenzano (2011) descreve o sensoriamento remoto como uma tecnologia capaz de obter e captar imagens da superfície terrestre por meio das energias refletidas ou emitidas pelos elementos existentes. Para a autora, o termo sensoriamento está relacionado à aquisição dos dados, já remoto que quer dizer longe, é usado para esclarecer que não existe aproximação física entre o sensor e a Terra.

O sensoriamento remoto vem se mostrando uma ferramenta de suma importância para o acompanhamento de acontecimentos tanto meteorológicos, quanto ambientais, proporcionando uma melhor análise, manuseio, coordenação e controle dos recursos naturais (BEZERRA; SILVA; BEZERRA, 2011). Diante disso, com o passar dos anos, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto vêm sendo bastante empregadas em mapeamentos de uso e cobertura da terra.

De acordo com Aquino, Almeida e Oliveira (2012), desde a década de 1970 que a utilização das técnicas de sensoriamento remoto nos levantamentos do uso da terra e da evolução da cobertura vegetal vem se destacando, pois, esses métodos concedem estudos de grandezas expressivas do espaço geográfico e de forma temporal.

Dentre as técnicas, o processamento digital de imagens (PDI) seria a que mais se destaca, especialmente em trabalhos ligados a mapeamentos de uso e cobertura da Terra, a mesma trata do processamento e análise de imagens digitais usando métodos computacionais para melhorar a qualidade das imagens e extrair informações úteis para uma variedade de finalidades.

Os mapas de uso e cobertura da terra são ferramentas relevantes, pois o uso inadequado e não planejado dos solos, faz com que o meio ambiente sofra possíveis danos irreparáveis. Com isso, este tipo de mapeamento auxilia na descoberta de áreas que são exploradas de forma inadequada, com uma localização de determinada exatidão, propiciando aos órgãos responsáveis de fiscalização tomar inúmeras decisões (LOPES, 2008).

Dentro desse contexto, considerando a relevância da temática e a expressiva problemática relacionada às mudanças no uso e ocupação da terra no semiárido nordestino, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar as transformações no uso e cobertura da terra no município de Serrinha dos Pintos-RN, nos anos de 1992, 2003, 2013 e 2022. A escolha desses períodos justifica-se tanto pela disponibilidade de imagens de sensoriamento remoto quanto pela qualidade das mesmas, uma vez que, em determinados anos, a presença de nuvens comprometeu a visibilidade e dificultou a utilização das cenas. Assim, os recortes temporais selecionados possibilitam uma análise comparativa consistente das diferentes fases do processo de ocupação e dinâmica territorial local.

Neste sentido, sabendo da necessidade de estudos locais e da falta de informações sobre o uso e a cobertura da terra em um período de 30 anos da área de estudo, a presente pesquisa se justifica na finalidade de realizar uma análise espaço-temporal detalhada sobre as transformações na paisagem ocorridas no município em questão, pois o Ministério do Meio Ambiente, em 21 de junho de 2016 através da sua Portaria nº 223, considera as áreas serranas como área de importância biológica extremamente alta e prioridade de conservação alta.

Com isso, é fundamental compreender em que condições a paisagem se encontra, de maneira a viabilizar maior conhecimento acerca dos problemas ambientais existentes, pois o presente estudo visa contribuir com dados atualizados que auxiliarão na tomada de decisões, no

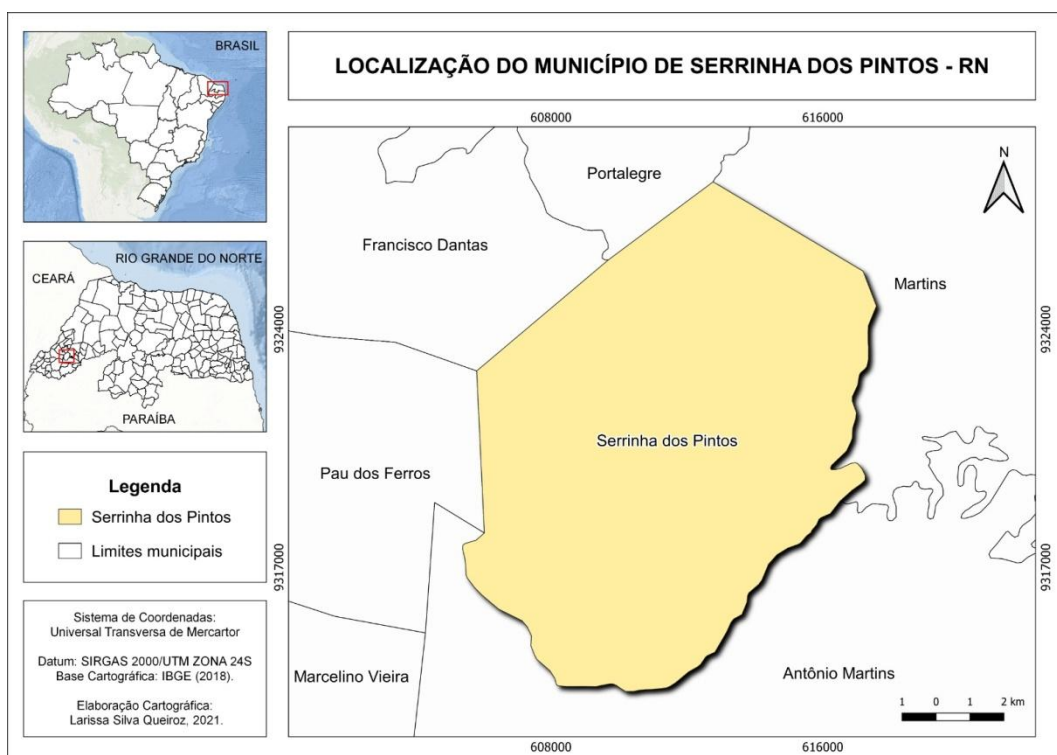
suporte de planejamentos ambientais e na elaboração de políticas de preservação e conservação de áreas para o equilíbrio sistêmico do espaço estudado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de Serrinha dos Pintos-RN encontra-se situado no Semiárido nordestino, na Região Geográfica Intermediária de Mossoró, mais precisamente na Região Geográfica Imediata de Pau dos Ferros, compreendendo uma área de 122,375 km². Limita-se ao Norte com os municípios de Francisco Dantas e Portalegre, ao Sul com Antônio Martins, ao Leste com Martins e a Oeste com Pau dos Ferros (Figura 01). A sede municipal se encontra em altitude média de 615 m e coordenadas geográficas de 06°06'36,0" de latitude sul e 37°57'21,6" de longitude oeste, distante 391 km da capital Natal (IBGE, 2021; CPRM, 2005).

Figura 01 - Mapa de localização da área de estudo: Serrinha dos Pintos-RN



Fonte: elaborado por Larissa Silva Queiroz, 2021.

De acordo com Queiroz, Medeiros e Queiroz (2017), o município de Serrinha dos Pintos-RN possui um clima tipo Megatérmico Subúmido Seco, com pequeno ou nenhum excedente hídrico. No que se refere aos dados pluviométricos, estrutura-se em duas estações: uma seca e uma chuvosa, com precipitação média de 903 mm, sendo a quadra chuvosa situada entre os meses de janeiro a junho. Já em relação à temperatura, possui média anual de 23°C, fator este resultante da sua altitude (QUEIROZ, MEDEIROS E QUEIROZ, 2017).

O município encontra-se, em contexto geológico regional, inserido na Província Borborema, situado em terrenos de embasamento cristalino, com exceção de uma pequena porção ao norte que apresenta terreno sedimentar, representado pela Formação Serra do Martins. São constituídos pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Complexo Caicó, Suítes Poço da Cruz, Depósitos Colúvio-eluviais, Suíte Itaporanga, formação Serra do Martins e Granitóides indiscriminados (CPRM, 2005).

Na área de estudo em questão, predominam os solos Latossolos Amarelo, Neossolos Litólico, Planossolo Nátrico e Luvisolo Crômico (JACOMINE *et al.*, 1971).

De acordo com a CPRM (2005), Serrinha dos Pintos-RN encontra-se totalmente inserida na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, tendo como riachos principais: Curral Novo, Comissário, Impertinência, Pedra do Navio e Vertentes. O município também possui reservatórios artificiais que contribuem para o abastecimento de água, dentre os quais se destacam: Açude Walter Magno, Açude do Camarão, Açude das Lages, Açude do Ribeiro, Açude Comissário e Açude do Alívio.

Quanto a sua hidrogeologia, o município possui Aquífero Cristalino que compreende as rochas cristalinas, onde o armazenamento de águas subterrâneas só se torna possível quando a geologia local exibir fraturas associadas a uma cobertura de solos residuais significativos. Os poços perfurados apresentam uma vazão média baixa e uma profundidade de até 60 m, com água comumente apresentando alto teor salino de 480 a 1.400 mg/l (IDEMA, 2008).

Procedimentos técnico-metodológicos

Com o objetivo de facilitar o entendimento da metodologia empregada, pretende-se descrevê-la por etapas. Assim, como primeira fase, foi realizada a caracterização da área de

estudo e o levantamento bibliográfico e de dados secundários, a fim de construir a base teórica, utilizando-se além de teóricos e pesquisadores que se evidenciam como pertinentes na temática.

Como segunda etapa, foram adquiridas as imagens correspondentes aos períodos selecionados para análise (Quadro 01). A escolha dos anos buscou contemplar diferentes momentos históricos e recentes, de modo a evidenciar a evolução do uso e cobertura da terra. Assim, 1992 e 2003 representam fases de intensificação das atividades humanas e de mudanças expressivas na paisagem, enquanto 2013 e 2022 permitem avaliar a continuidade ou alteração dessas tendências. Esse intervalo garante uma investigação consistente das transformações ocorridas nas últimas décadas, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da dinâmica de uso e ocupação do solo na área de estudo.

Dessa forma, para a análise dos anos de 1992 e 2003 foram utilizadas imagens do satélite *Landsat (Land Remote Sensing Satellite) 5 TM (Thematic Mapper)* e *Landsat 8 OLI/TIRS (Operational Terra Imager/ Thermal Infrared Sensor)* para o ano de 2013 e 2022, órbita 216, ponto 064, ambas com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas gratuitamente pelo *States Geological Survey (USGS)*, disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Quadro 01 - Metadados das imagens dos Satélite Landsat 5 e 8 para os anos de 1992, 2003, 2013 e 2022

Mês/ano	Satélite/sensor	Resolução espectral	Órbita/ponto	Bandas Espectrais
Outubro/1992	Landsat 5 /TM C1 Level 2	30 metros	216-064	B5-B4-B3
Novembro/2003	Landsat 5 /TM C1 Level 1	30 metros	216-064	B5-B4-B3
Setembro/2013	Landsat 8/ OLI/TRS C1 Level 1	30 metros	216-064	B6-B5-B4
Setembro/2022	Landsat 8/ OLI/TRS C2 Level 1	30 metros	216-064	B6-B5-B4

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para uma melhor classificação, as imagens foram selecionadas criteriosamente, buscando priorizar as que não apresentassem falhas e uma grande quantidade de nuvens. Os meses escolhidos de setembro a novembro são pertencentes ao período pós-quadra chuvosa, facilitando no processo de identificação das classes. Na estação chuvosa, em região semiárida, a cobertura vegetal tende a mascarar a paisagem, apresentando uma homogeneidade em sua composição, que não condiz com as reais condições ecológicas (SOUSA, 2019).

De posse das imagens, em ambiente SIG, no *Software QGIS* versão 3.10 codinome “A Coruña”, as imagens foram reprojetaadas para o Sistema de Projeção Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 24 Sul, *Datum* SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), a fim de iniciar as técnicas de processamento digital de imagens (PDI).

Nesse processo de PDI, realizaram-se as correções radiométricas e atmosféricas, com o objetivo de aprimorar os dados brutos para que pudessem ser melhor explorados. Para concluir o pré-processamento, foi realizada a composição colorida, como estratégia para facilitar a visualização das imagens, uma vez que, originalmente, são representadas em escala de cinza, por meio da ferramenta *raster* na miscelânea para gerar o mosaico das bandas. Após essas correções, as imagens foram recortadas utilizando uma máscara em formato *shapefile* (*.shp) correspondente aos limites da área de estudo.

Após essas etapas, iniciou-se o processo de classificação propriamente dito. Para tanto, foi realizada a classificação supervisionada, técnica de processamento digital de imagens que possibilita a identificação de alvos em função de suas assinaturas espectrais (CONGEDO, 2020). O procedimento foi conduzido no *Plugin Semi-automatic Classification* (SCP), utilizando o algoritmo *Minimum Distance*, que calcula a distância euclidiana $d(x, y)$ entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e aquelas previamente definidas como amostras de treinamento (CONGEDO, 2020).

Desse modo, foi necessário, inicialmente, criar um arquivo de treinamento para a identificação, por parte do usuário, de áreas consideradas representativas da realidade de campo. Nesse processo, foram delimitados polígonos sobre a imagem, gerando amostras que evidenciaram as assinaturas espectrais dos alvos identificados. Posteriormente, essas amostras

foram processadas pelo algoritmo, resultando na definição das classes temáticas (Quadro 02), conforme o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), Nível II.

Quadro 02 – Classes de uso e cobertura da terra: descrição e exemplos visuais

<i>Classes</i>	<i>Descrição</i>	<i>Imagens de Campo</i>
Savana Estépica Florestada	Formação composta por dois estratos: o superior, com predominância de arbustos espinhosos e decíduos; e o inferior, formado por vegetação gramíneo-lenhosa, geralmente rala e de baixa expressão fisionômica.	
Savana Estépica Arborizada	Apresenta dois estratos bem definidos: um superior, arbustivo-arbóreo e esparsos, semelhante ao da Savana-Estépica Florestada; e um inferior, gramíneo-lenhoso, com destacada importância fitofisionômica.	
Agricultura Temporária e Permanente	Terras utilizadas para a produção de alimentos e fibras, categorizadas como lavouras temporárias e permanentes, pastagens plantadas e silvicultura.	
Áreas Descobertas	Áreas caracterizadas como ambientes naturais com a presença de rochas expostas, como também por superfícies antropizadas.	

Área Urbana	Corresponde às áreas urbanizadas, abrangendo cidades (sedes municipais) e vilas classificadas como sedes distritais.	
Corpos D'água	Engloba corpos d'água naturais e artificiais de origem continental, como rios, riachos, canais, lagos, lagoas, represas e açudes.	

Fonte: Adaptado de IBGE (2012). Imagens: Acervo pessoal (2023)

A terceira etapa consistiu na visita de campo, destinada ao levantamento dos pontos amostrais representativos de cada classe identificada, com o objetivo de verificar a veracidade dos dados obtidos por meio da classificação supervisionada referente ao uso e cobertura da terra mais recentes.

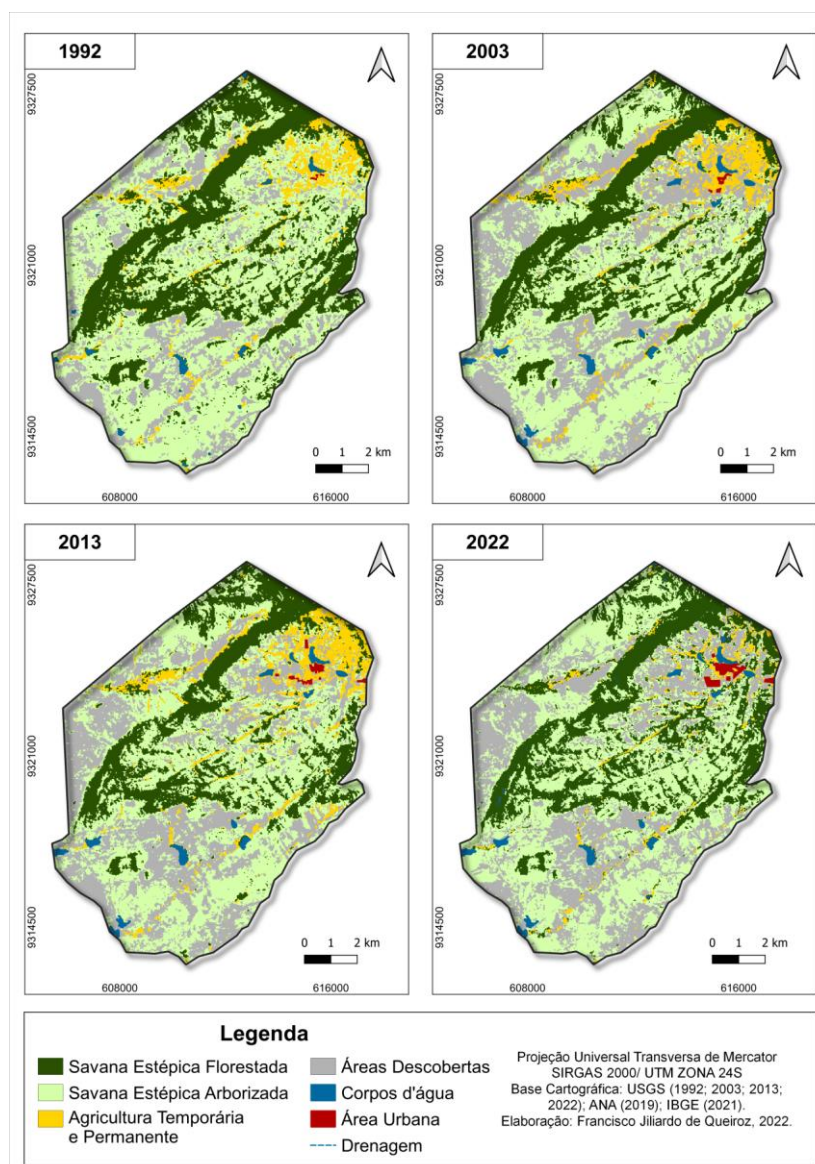
Com os mapas classificados e validados, foram calculadas as áreas das classes para os anos estudados, bem como a porcentagem de cada uma delas, para que, dessa forma, pudesse discutir e realizar o diagnóstico da área, visando comparar a evolução do uso da terra na área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos processos empregados por esse trabalho, foi possível responder às questões de pesquisa e alcançar o objetivo central do trabalho de apresentar as principais mudanças de uso e cobertura terra do município de Serrinha dos Pintos-RN ocorridas entre os anos de 1992, 2003, 2013 e 2022. A seleção desses períodos, já justificada em seção anterior, possibilitou analisar diferentes momentos históricos e recentes, favorecendo a compreensão da dinâmica espaço-temporal do município.

Foram identificadas seis classes de uso e cobertura da terra: Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Arborizada, Agricultura (temporária e permanente), Áreas Descobertas, Corpos d'água e Área Urbana. A classificação seguiu a nomenclatura proposta no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013, Nível II). As variações observadas nas classes de uso e cobertura da terra refletem a influência de fatores naturais, sociais e econômicos, com destaque para a ação humana.

Figura 02 - Mapas de Uso e Cobertura da Terra da área de estudo dos anos 1992, 2003, 2013 e 2022



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

A Figura 02 apresenta a distribuição das seis classes de uso e cobertura da terra no município de Serrinha dos Pintos-RN nos anos de 1992, 2003, 2013 e 2022. Observou-se que as áreas de Savana Estépica Florestada mantiveram certa continuidade espacial ao longo do período, concentrando-se principalmente nas regiões centrais e oeste do município, em áreas íngremes situadas nas bordas da serra, embora tenham apresentado uma redução gradual nas últimas décadas. As áreas de Savana Estépica Arborizada também diminuíram especialmente em zonas adjacentes às áreas de Agricultura Temporária e Permanente, que, por sua vez, apresentaram uma expansão visível, indicando a substituição da vegetação nativa por atividades agrícolas.

As Áreas Descobertas mostraram variações ao longo do tempo, refletindo tanto processos de degradação do solo quanto a preparação de novas áreas para uso agrícola. Os Corpos d'água mantiveram relativa estabilidade, com pequenas alterações localizadas, possivelmente associadas à gestão hídrica ou a variações sazonais. Já a Área Urbana apresentou expansão significativa, refletindo o crescimento populacional e o desenvolvimento do município ao longo dos anos analisados.

Na Tabela 01, encontram-se as classes trabalhadas, com os respectivos os valores em área e a porcentagem de ocupação das classes de cobertura e uso da terra na área de estudo.

Tabela 01 - Uso e cobertura da terra nos anos de 1992, 2003, 2013 e 2022

Classes	1992		2003		2013		2022	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
Savana Estépica Florestada	33,64	27,6	26,5	21,6	24,3	19,9	27,7	23,1
Savana Estépica Arborizada	60,44	49,5	52,9	43,1	50,4	41,5	54,6	44,1
Agricultura temporária e permanente	7,21	5,9	8,1	7,0	10,1	8,2	3,7	3,1
Área urbana	0,03	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,7	0,5
Áreas descobertas	20,5	16,8	33,9	27,7	35,9	29,3	34,2	28,3

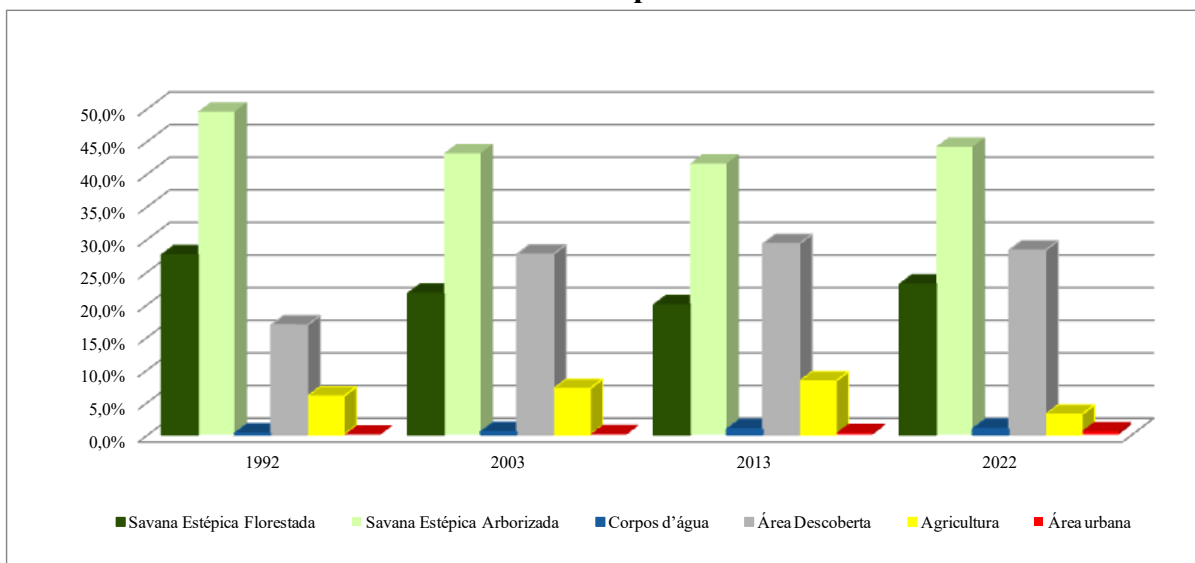
Corpos d'água	0,3	0,2	0,6	0,5	1,1	0,9	1,2	0,9
Total	122,1	100	122,1	100	122,1	100	122,1	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A Tabela 01 reforça as tendências observadas nos mapas, evidenciando a redução das classes de Savana Estépica Florestada e Arborizada, que, somadas, representavam a maior parte da cobertura em 1992, mas sofreram compressão contínua até 2022. Em contrapartida, a Agricultura Temporária e Permanente apresentou acréscimos consideráveis, confirmando o avanço das áreas destinadas ao uso agrícola sobre a vegetação nativa. A Área Urbana, embora proporcionalmente menor, demonstrou crescimento constante ao longo dos anos, refletindo o processo de expansão da malha urbana. Já as Áreas Descobertas oscilaram de forma irregular, sugerindo momentos de abertura de novas áreas e posterior uso agrícola ou regeneração. Os Corpos d'água permaneceram relativamente estáveis, sem alterações expressivas em termos percentuais. Essas variações percentuais e absolutas permitem compreender a intensificação do uso antrópico sobre a paisagem do município e a consequente redução da vegetação nativa.

O gráfico 01 apresenta, em termos percentuais, a distribuição das classes de uso e cobertura da terra ao longo dos anos analisados. Segundo Lima (2022), as alterações observadas nessas classes resultam tanto de fatores naturais, como variações na precipitação anual e na temperatura, quanto de fatores antrópicos, relacionados ao crescimento populacional e à intensificação da produção agropecuária. Esses elementos configuram-se como os principais modificadores da paisagem, promovendo a fragmentação dos ambientes naturais.

Gráfico 01 – Variação nas porcentagens das classes mapeadas ao longo da série multitemporal



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Na análise do uso e cobertura da terra para o ano de 1992, o gráfico evidencia que grande parte da área de estudo correspondia à classe Savana Estépica Arborizada, com 60,44 km² de extensão, o que representa 49,5% da área total do município. Em contrapartida, a área urbana apresentava a menor proporção, com apenas 0,03 km², equivalente a 0,025% da área. Esse reduzido percentual pode ser compreendido pelo contexto histórico: à época, Serrinha dos Pintos ainda era um distrito vinculado a Martins-RN, com baixa densidade populacional e infraestrutura urbana incipiente. As poucas ruas e residências existentes concentravam-se nas proximidades da Capela de Nossa Senhora da Salette, erguida em 1942, que funcionava como referência central para a comunidade.

No ano de 2003, a classe Savana Estépica Arborizada continuou predominando, ocupando 43,1% da área do município. As áreas descobertas representaram 27,7%, seguidas pela Savana Estépica Florestada com 21,6%, a agricultura com 7%, os corpos d'água com 0,5% e a área urbana com 0,1%. Observa-se, portanto, uma redução da participação da Savana Estépica Arborizada em relação a 1992, indicando possíveis mudanças no uso e ocupação do solo ao longo do período analisado.

Essas alterações estão relacionadas às práticas de utilização da Caatinga, ainda fundamentadas em atividades extrativistas, como a produção de lenha e carvão vegetal. A agricultura itinerante, caracterizada pelo desmatamento e queimada desordenada, bem como a exploração madeireira, contribuem para a modificação e degradação da vegetação.

Em 2013, a classe Savana Estépica Arborizada continuou predominando, ocupando 41,5% da área do município, apresentando uma redução de quase 8% em relação a 1992 e mantendo a tendência de diminuição observada desde 2003. As Áreas Descobertas aumentaram gradativamente, representando 29,3% do território, um crescimento de 12,5% desde 1992. A Savana Estépica Florestada ocupou 19,9%, enquanto a Agricultura avançou para 8,2%. Os Corpos d'Água e a Área Urbana permaneceram praticamente estáveis, com 0,9% e 0,2%, respectivamente.

As Áreas Descobertas, em parte, são antropizadas, refletindo o uso do solo pelo homem na agricultura de sequeiro, que envolve corte e queima do terreno e depende da disponibilidade de chuvas, em anos de pluviosidade abaixo da média, a produção torna-se limitada. Outra parcela dessas áreas é de caráter natural, decorrente da grande ocorrência de afloramentos rochosos no município.

No mapeamento realizado em 2022, a classe Savana Estépica Arborizada continuou predominando, ocupando 44,1% da área do município, mantendo um valor próximo ao registrado em 2013, mas ainda abaixo do observado em 1992. As Áreas Descobertas representaram 28,3%, seguindo o crescimento observado ao longo dos anos. A Savana Estépica Florestada ocupou 23,1%, mostrando leve recuperação em relação a 2013, enquanto a Agricultura diminuiu para 3,1%. Os Corpos d'Água e a Área Urbana permaneceram praticamente estáveis, com 0,9% e 0,5%, respectivamente, evidenciando mudanças graduais na composição da cobertura do solo ao longo das últimas décadas.

Para todos os anos analisados, a classe Savana Estépica Arborizada manteve-se como a fisionomia dominante. Apesar de apresentar uma diminuição progressiva entre 2003 e 2013, em 2022 ela voltou a se restabelecer, ocupando atualmente 44,1% da área total do município, distribuindo-se desde as áreas mais elevadas até a depressão sertaneja. De acordo com Queiroz et al. (2022), por ocorrer em cotas altimétricas mais baixas, o fator climático exerce papel

primordial na sua delimitação ambiental, já que a região apresenta elevados índices de evapotranspiração e, conseqüentemente, maior estresse hídrico.

A pesquisa de campo (Figura 03) evidenciou que grande parte dessa classe foi, em períodos anteriores, utilizada para a agricultura, mas hoje se encontra recoberta por uma vegetação de porte mais baixo, em processo de regeneração natural. Por estar presente em grande parte da área de estudo, a Savana Estépica Arborizada representa um importante potencial para conservação, visto que sua flora apresenta elevada diversidade e endemismo. Além disso, as espécies existentes possuem valor para usos medicinais e alimentícios, reforçando a necessidade de estratégias voltadas à preservação e ao uso sustentável de seus recursos.

Figura 03 - Savana Estépica Arborizada em processo de regeneração



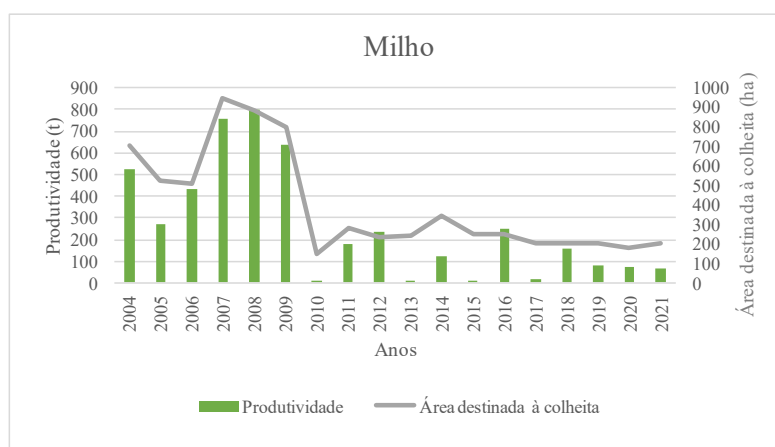
Fonte: Acervo do autor, 2023.

Barbosa (2007), ao analisar a distribuição da cobertura vegetal da região serrana de Martins-Portalegre, identificou seis classes de uso e cobertura da terra, sendo a Savana Estépica Arborizada a mais expressiva, com 49,24% da área, seguida pelas áreas antropizadas (33,16%). Posteriormente, Queiroz et al. (2022), em estudo sobre o estado atual da cobertura da terra e a vegetação natural no Complexo Serrano Martins-Portalegre, também apontaram essa fitofisionomia como dominante, com 44,1%. Embora os percentuais variem em função das áreas investigadas, os dois trabalhos convergem em demonstrar a importância e a ampla distribuição da Savana Estépica Arborizada, o que reforça seu papel central na paisagem local e a necessidade de ações voltadas à sua conservação.

No que se refere à classe de agricultura temporária e permanente, observou-se expansão entre 2003 e 2013, seguida de retração em 2022. De acordo com o IBGE (2022), no município, as lavouras temporárias, são compostas por culturas como feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar. Já as lavouras permanentes, são representadas por banana, coco-da-baía, manga e castanha de caju.

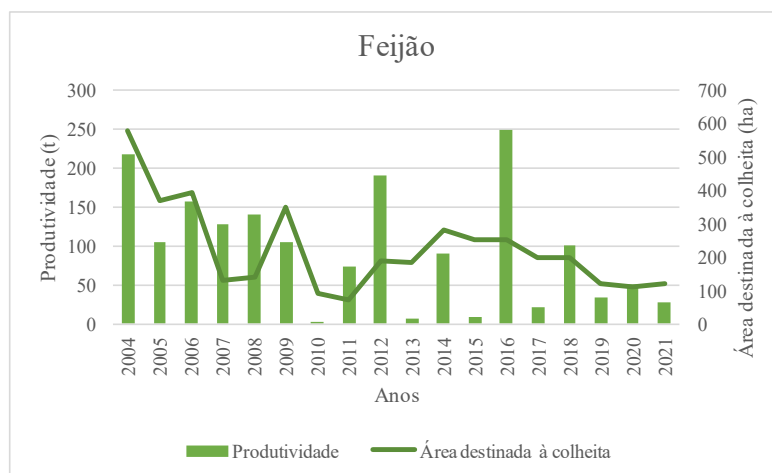
A partir dos gráficos 02 e 03, observa-se que a produtividade do feijão e do milho no município apresentou oscilações distintas ao longo da série histórica. No caso do feijão, observa-se maior irregularidade na relação entre área destinada ao cultivo e produtividade, com quedas acentuadas em determinados anos, o que revela a maior vulnerabilidade da cultura às condições climáticas. Já o milho apresentou picos expressivos de produtividade até 2008, seguidos por forte declínio e manutenção em patamares baixos nos anos seguintes, mesmo quando a área de cultivo se manteve relativamente estável. Essas variações podem estar associadas, conforme Campos (2010), às alterações nos regimes de temperatura e precipitação, que impactam diretamente o desempenho de culturas de sequeiro no Nordeste brasileiro, como o feijão e o milho.

Gráfico 02 - Produtividade (t) e área destinada à colheita (ha) do milho



Fonte: IBGE, elaborado pelo autor.

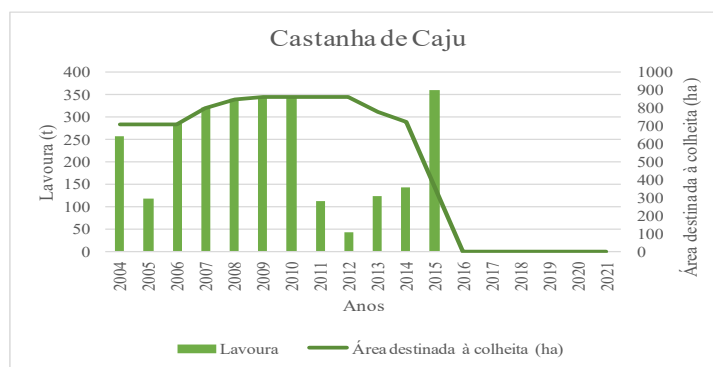
Gráfico 03 - Produtividade (t) e área destinada à colheita (ha) do feijão



Fonte: IBGE, elaborado pelo autor.

As lavouras permanentes, diferentemente das lavouras temporárias, caracterizam-se pelo cultivo fixo de espécies frutíferas de porte arbóreo, como bananeiras, cajueiros, coqueiros e mangueiras. Uma das principais atividades econômicas do município foi a produção de castanha de caju, conforme apresentado no Gráfico 04. Observa-se que a produtividade manteve certa estabilidade até 2014, mas sofreu estagnação a partir de 2015, acompanhada de forte declínio na área destinada à colheita. Embora a área cultivada ainda se mantivesse entre 2011 e 2014, a produção já apresentava tendência de queda, possivelmente associada aos longos períodos de estiagem. Essa condição levou à mortalidade de muitos cajueiros e ao corte de outros, reduzindo drasticamente a produção.

Gráfico 04 - Produção (t) e área destinada à colheita (ha) da castanha de caju



Fonte: IBGE, elaborado pelo autor.

Apesar de o IBGE não disponibilizar dados atualizados para os últimos anos, ainda é possível identificar extensas áreas com cajueiros no município, o que indica a persistência da atividade em escala reduzida. Segundo Alencar et al. (2018), a diminuição da produção e da área cultivada com castanha de caju está relacionada, além das secas prolongadas, à ausência de incentivos fiscais aos pequenos produtores, à idade avançada das plantações e à assimetria existente na cadeia de valor do produto.

A classe Savana Estépica Florestada, predominantemente presente nos topos e encostas da chapada, apresenta maior preservação em áreas de difícil acesso. Para Oliveira e Costa (2013), esse padrão de distribuição está associado à sucessão ecológica tardia, em que as espécies tiveram tempo para alcançar o porte arbóreo, aliada à ausência de corte seletivo. No entanto, a análise temporal entre 1992 e 2022 revela uma retração progressiva dessa fitofisionomia, sobretudo em áreas próximas à expansão agrícola e urbana, com destaque para a substituição por Agricultura Temporária e Permanente no setor centro-norte da área estudada. Esses dados indicam que, apesar da proteção conferida pela topografia, há uma pressão antrópica crescente, comprometendo sua conservação ao longo do tempo.

A análise multitemporal evidencia um crescimento expressivo da classe Áreas Descobertas, que engloba tanto elementos naturais, como os afloramentos rochosos, quanto superfícies antrópicas resultantes de desmatamento e solo exposto. Esta sobreposição conceitual requer atenção, pois o aumento observado pode refletir tanto processos naturais (como erosão) quanto ações humanas, especialmente relacionadas à expansão agrícola e à formação de pastagens. Entre 1992 e 2022, essa classe apresentou um aumento de 11,5%, indicando um processo de substituição principalmente sobre áreas de Savana Estépica

Arborizada e Agricultura Temporária e Permanente. A ampliação dessas áreas (Figura 04) configura um fator de preocupação ambiental, visto que está associada à degradação do solo, perda de cobertura vegetal e intensificação do uso antrópico do território.

Figura 04 – Preparação do solo para agricultura



Fonte: Acervo dos autor, 2023.

Fernandes *et al.* (2015), ao realizarem uma análise temporal do uso e cobertura da terra na região semiárida de Sergipe (1992-2003) constataram que houve um aumento de mais de 26% de desmatamento da vegetação nativa, sendo que a Caatinga, em sua grande maioria, foi convertida em novas pastagens. Resultados semelhantes puderam ser vistos por Silva *et al.* (2013), ao realizarem o mapeamento da dinâmica de mudança do uso e cobertura do solo no município de Floresta-PE em um período de 21 anos (1987-2008), em que constataram um recuo de 14,83% de cobertura florestal e um aumento de solo exposto de 8,61%. Tais padrões também se repetem, em parte, na área deste estudo, onde se verificou uma redução de 10,3 pontos percentuais na Savana Estépica Florestada (de 27,6% em 1992 para 19,9% em 2013) e um aumento de 11,5 pontos percentuais nas Áreas Descobertas no mesmo período analisado (1992–2022).

Ao longo da série multitemporal, o município teve um aumento significativo da área urbana. Atualmente, de acordo com a estimativa realizada pelo IBGE (2021), 52,32% da população do município residem na zona urbana e 47,07% na zona rural. Apesar de não se

apresentarem no mapa, no município há várias comunidades rurais, comumente chamadas de sítio: Sítio Velho, Sítio Sampaio, Sítio Serrinha dos Beneditos, Sítio Gurgéia, Sítio Barro Vermelho, Sítio Parieiro, Sítio Lagoinha, Comunidade de Lajes I e II, Sítio Boa Vista, Sítio Varginha, Sítio Comissário, Sítio Morcego, Sítio Pintada e Comunidade Bica

A cidade é formada pelos bairros Centro, Camarão, Chã e Serrinha do Canto, que reúnem tanto moradias quanto serviços importantes, como praças, igrejas, escolas, comércios e espaços de lazer. A expansão desses bairros mostra como a urbanização transforma o território, já que muitas vezes exige abrir novas áreas, substituindo a vegetação nativa por construções e ruas.

Na série multitemporal da classe Corpos d'água, observa-se um aumento progressivo da área entre 1992 (0,2%) e 2022 (0,9%). Esse crescimento está diretamente associado à construção de novos reservatórios, como o Açude do Camarão, inaugurado em 2002. No contexto dos municípios do Semiárido, tais reservatórios representam estratégias essenciais para o acúmulo de águas pluviais, desempenhando papel fundamental no abastecimento da população e em outros usos sociais e econômicos locais.

De acordo com Santos (2021), os problemas enfrentados no Semiárido nordestino, como desertificação, perda de espécies endêmicas e redução da vegetação nativa, também se manifestam em Serrinha dos Pintos-RN. Os dados da série multitemporal confirmam essa tendência: entre 1992 e 2022, a Savana Estépica Florestada reduziu de 27,6% para 23,1% e a Savana Estépica Arborizada de 49,5% para 44,1%, enquanto áreas descobertas cresceram de 16,8% para 28,3%. Essas variações revelam o avanço das pressões antrópicas locais, ligadas principalmente à expansão da agricultura, à abertura de novas áreas e ao uso intensivo dos recursos naturais, corroborando os processos descritos por Santos (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise da dinâmica espaço-temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Serrinha dos Pintos-RN, pode-se concluir que, no intervalo de 30 anos (1992-2022), ocorreram mudanças significativas, como a redução da Savana Estépica Florestada (de

27,6% para 23,1%) e da Savana Estépica Arborizada (de 49,5% para 44,1%), acompanhada pelo aumento das áreas descobertas (de 16,8% para 28,3%) e pela expansão da área urbana (de 0,03% para 0,5%).

As imagens de satélite foram fundamentais para compreender essas transformações e confirmam a hipótese de que atividades humanas associadas ao crescimento populacional, ao uso inadequado dos recursos naturais e aos longos períodos de estiagem, estão entre os principais responsáveis pela fragmentação ambiental. Os dados multitemporais evidenciam que tais pressões se materializam na paisagem, reduzindo a cobertura vegetal nativa e ampliando áreas degradadas.

As áreas descobertas, por sua vez, relacionam-se não apenas à presença de afloramentos rochosos, mas também ao avanço da urbanização nas comunidades rurais e à substituição da vegetação da Caatinga e de áreas agrícolas por superfícies desnudas. Esse processo representa uma perda gradual de cobertura protetora do solo, tornando o ambiente mais vulnerável à erosão e à desertificação.

Os resultados obtidos são preocupantes e reforçam a necessidade de estratégias de preservação e conservação. A proposta de elaboração de um Plano de Manejo Florestal se torna especialmente relevante à luz desses dados, pois permitiria planejar o uso sustentável dos recursos naturais locais, integrando reflorestamento com espécies nativas, manejo adequado do solo e práticas agrícolas mais resilientes.

Diante disso, torna-se imprescindível que órgãos municipais, como a secretaria de meio ambiente e comitês de educação ambiental, desenvolvam ações voltadas ao reflorestamento, ao incentivo de práticas agrícolas sustentáveis e à conscientização da população. A preservação da vegetação nativa é fundamental para a proteção dos solos, o equilíbrio climático e a manutenção da biodiversidade. Por abrigar características físico-naturais peculiares, o município necessita de medidas que assegurem a conservação de seus recursos para as gerações futuras.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, N. dos S. *et al.* Produção da Castanha de Caju nas microrregiões do Ceará no período de 1993 a 2016. **Recodaf**: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura

Familiar, [s. l], v. 4, n. 1, p. 103-116, 2018. Disponível em:
<https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/72>. Acesso em: 02 jun. 2023.

AQUINO, C. M. S. de; ALMEIDA, J. A. P.; OLIVEIRA, J. G. B. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 25, p. 252-278, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/28013>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BARBOSA, A. H. da S. **Estudo da distribuição da cobertura vegetal na região serrana de Martins e Portalegre/RN por meio de sensoriamento remoto**. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró-Rn, 2017. Disponível em:
https://www.uern.br/controledepaginas/mestrado-dissertacoes-defendidas/arquivos/2212helton_da_silva.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. da; BEZERRA, B. G. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 709-717, 2011. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/SyNTdBXbP4Y634Vt9xb5Q5Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 223 de 21 de Junho de 2016**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 118, p. 81, 21 junho 2016. Disponível em:
<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=81&data=22/06/2016>. Acesso em: 23 mar. 2022.

CAMPOS, J. H. B. da C. **Impactos das alterações climáticas sobre a área de cultivo e produtividade de milho e feijão no nordeste do Brasil usando modelagem agrometeorológica**. 2010. 93 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2010. Disponível em:
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1876>. Acesso em: 22 maio 2023.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin**. 2017. Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5302121/mod_resource/content/1/SCP_manual.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Serrinha dos Pintos, Estado do Rio Grande do Norte**. CPRM/Prodeem, Recife, 2005. 20 p. Disponível em:
https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17181/rel_serrinha_pintos.pdf?sequence=1. Acesso em: 25 out. 2020.

FACCO, D. S. *et al.* Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Faxinal do Soturno no estado do Rio Grande do Sul. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, p. 6846-6855, 2017.. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1876>. Acesso em: 03 abr. 2023.

FERNANDES, M. R. M. *et al.* Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 472-482, 23 out. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/cHP7srFFcKSbVSVCwRwqV8c/?lang=pt>. Acesso em: 19 dez. 2022.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de textos, São Paulo-SP, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/serrinha-dos-pintos/panorama>. Acesso em 07 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 05 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Uso da Terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE – IDEMA. **Perfil do Seu Município: Serrinha dos Pintos**. v.10 p.1-22, 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013818.PDF> >. Acesso em 03 mar. de 2022.

JACOMINE, P.K.T. *et al.* **Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: SUDENE/Divisão de Pesquisa Pedológica, v.1, 531 p. (sér. Boletim Técnico, n. 21; sér. Pedologia, n. 9). Recife/PE, 1971.

LIMA, S. S. **Dinâmica do uso do solo e cobertura vegetal da Ibiapaba, uma área prioritária para conservação da Caatinga, e seu entorno entre os anos de 2005 à 2020**. 2022. 97 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza-Ce, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66348>. Acesso em: 22 maio 2023.

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/Landsat e técnica de classificação não-supervisionada. **Engevista**, Fluminense, v. 10, n.

2, p. 126-132, dez. 2008. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8830>. Acesso em: 02 jul. 2022.

OLIVEIRA, A. M. DE; COSTA, D. F. DA S. Classificação de unidades fitoecológicas na paisagem de um maciço residual na região semiárida do Brasil (Serra de João do Vale – RN/PB). **Geographia**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 54, 13 fev. 2023. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/28643>. Acesso em: 02 mai. 2023.

QUEIROZ, L. S. *et al.* Cobertura da Terra e a vegetação natural no Complexo Serrano Martins-Portalegre, RN. **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n. 83, p. 92-116, 18 out. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/84124>. Acesso em: 02 set. 2022.

QUEIROZ, L. S.; MEDEIROS, J. F. de; QUEIROZ, A. F. de. Caracterização dos aspectos climáticos de Serrinha dos Pintos-RN. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2017, Campina Grande-PB. **Anais [...]** Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017, p. 1-12. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33262>. Acesso em: 23 jun. 2021

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 27 jun. 2022.

SANTOS, G. de J. **Bioma Caatinga: do estudo à desmistificação dos mitos acerca da sua biodiversidade**. 2021. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro Universitário, Paripiranga, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/21295>. Acesso em: 02 dez. 2022

SILVA, E. A. *et al.* Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta, PE. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 611-620, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/27931>. Acesso em: 13 dez. 2022.

SOUSA, A. K. de O. **Dinâmica espaço-temporal do uso e da cobertura vegetal do maciço de Uruburetama – Ceará no período de 1987 a 2017**. 2019. 272 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/48568>. Acesso em: 23 maio 2023.

USGS. **United States Geological Survey**. Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 22 jan. 2023.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 7, n. 2, p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073/9359>. Acesso em: 12 jul. 2022.