



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO BIOCÊNCIAS
CURSO DE ECOLOGIA

MURIANNY KATAMARA SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO
SOLO NO ENTORNO DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO LAJEDO DE SOLEDADE,
APODI, RN**

MOSSORÓ
2019

MURIANNY KATAMARA SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO
SOLO NO ENTORNO DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO LAJEDO DE SOLEDADE,
APODI, RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Eveline de Almeida Ferreira

Co-orientador (a): Prof^a. Dr^a. Nadjacleia Vilar Almeida

MOSSORÓ

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

O48a Oliveira, Murianny Katamara Silva de.
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS MUDANÇAS NO USO E
COBERTURA DO SOLO NO ENTORNO DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO
LAJEDO DE SOLEDADE, APODI, RN / Murianny Katamara
Silva de Oliveira. - 2019.
46 f. : il.

Orientadora: Eveline de Almeida Ferreira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2019.

1. Ecologia da Paisagem. 2. Geoprocessamento.
3. Landsat. 4. Sensoriamento Remoto. I. Ferreira,
Eveline de Almeida, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

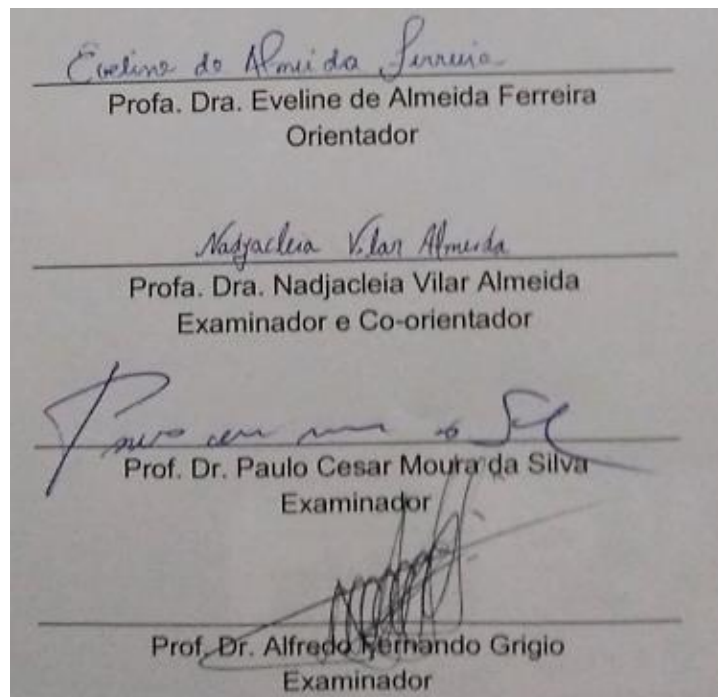
MURIANNY KATAMARA SILVA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO
SOLO NO ENTORNO DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO LAJEDO DE SOLEDADE,
APODI, RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ecologia.

Defendida em: 28 / 02 / 2019.

BANCA EXAMINADORA



*Dedico a minha bisavó paterna Nadir Alves
Queiroz e a minha avó materna Cosma Laura
da Silva
(In Memoriam).*

*Aos meus pais, Geruza e Nailson,
a minha vó Nizadir Queiroz e
a minha prima Kézia Silmara*

AGRADECIMENTOS

“Sou um pouco de todos que conheci, um pouco dos lugares que fui, um pouco das saudades que deixei e sou muito das coisas que gostei” - Antoine de Saint-Exupéry

Todos que aqui se encontram são fragmentos de epifanias que cruzaram o meu caminho trazendo consigo ferramentas que me auxiliaram a se tornar uma pessoa melhor a cada dia. Contudo descrevo a minha graduação em apenas uma palavra **Gratidão!** Por tudo e por todos sou grata.

A Deus por todas as graças e bênçãos que me foram concedidas durante esta trajetória.

Aos meus pais Geruza Francisca e Nailson Queiroz pelos ensinamentos, amor, carinho de toda a vida e por todo apoio moral e financeiro que me ajudaram na realização desse sonho. Sou grata por tê-los como meus pais.

A minha prima/irmã Kézia Silva por sempre cuidar de mim como uma filha, ou melhor, dizendo uma irmã mais nova, por ter acompanhado e se dedicado na minha educação durante toda minha infância, por ter me ensinado a tabuada (embora tenha me deixado com trauma, nunca esquecerei que 9x9 é igual a 81). Sou grata por tê-la comigo sempre.

A minha avó paterna Nizadir Queiroz por todo amor e cuidado comigo, por sempre me socorrer com suas comidas, principalmente nas semanas mais agitadas desta trajetória, seu lar e sua presença são minha valvula de escape nos momentos mais tensos. Sou grata por tudo.

A minha orientadora Dra. Eveline Ferreira “Tia Eve” por me aceitar como orientanda, por se aventurar e caminhar comigo nesta trajetória dando a mim todo apoio, por contribuir com meu crescimento profissional e pessoal, por me conceder a oportunidade de ingressar na iniciação científica, pela oportunidade de ser monitora da disciplina da Ecologia da Paisagem, pela confiança depositada em mim, por todos os ensinamentos, conselhos, conversas e puxões de orelhas, por toda a paciência e tempo dedicado a mim. Sou grata pelas exigências e por cada palavra tua, no quais ambas me estimularam a sempre dar o meu melhor. Foram dois anos de muito aprendizado e de uma bagagem inestimável de coisas boas que carregarei com prazer durante toda a vida. Meu muitíssimo obrigado!

A Dra. Nadjacleia Almeida por aceitar ser minha co-orientadora, por depositar confiança na minha pessoa sem nem me conhecer pessoalmente, por todo acompanhamento (mesmo à distância), por todo tempo e atenção dedicado a mim e ao nosso projeto. Meu muito obrigado!

As minhas primas/irmãs Samira Silva e Kédma Silva por me aturarem e por fazerem parte da minha criação, por me perturbarem noite e dia, dia e noite, durante todos os dias neste final de graduação.

A toda a minha família paterna (que não é nada pequena), em especial a minha tia Janice Queiroz por todo carinho e atenção comigo, a minha bisavó Nadir Queiroz (In Memória) pelo exemplo de força, garra e coragem, pela mulher batalhadora que sempre foi, pelos contos e histórias que adentravam todas as tardes na calçada de sua casa e por sempre transmitir sabedoria a todos ao seu redor, principalmente aos filhos, netos, bisnetos e tataranetos. Muito obrigada Família Queiroz.

A minha família materna, em especial a minha tia Kilza Janaina por todo seu apoio, suas loucuras e conversas, a tia Almerizina Silva por tudo, as minhas primas Karen Jéssika, Brenda Estefany, Raissa Anielly e a Kathleen Viviany que agora é “das grandes” por todas as descontrações, conversas com e sem nexos, brigas e por todas as memórias até então construídas.

Aos amigos que fiz nesta trajetória, Renata Keli, Carla Ticiane, Cleiton Duarte, Caio Oliveira que me acolheram de uma forma tremenda que se torna inexplicável por meio de palavras o quanto sou grata e o quanto são importantes em minha vida. Meu muitíssimo obrigado!

Aos colegas que conquistei durante toda esta minha trajetória, obrigada a cada um de vocês pela convivência diária, pelo companheirismo, pelas experiências e lanches compartilhados, em especial a Ana Paula (Paulinha), Maria Gabriela (Gabi), Lidiano, Carlos Sombra e a Kevyn Rodrigues, por todas as conversas, loucuras e bolos. Muito obrigado!

Aos companheiros e colegas do Laboratório de Ecologia de Comunidades e de Paisagens (LECOMP), em especial Rodolfo Rafael, Jéssica Regiane, Paulo Henrique e a caçulinha Sara Hanany, por toda ajuda e carinho, por enxugarem as minhas lágrimas, por todos os abraços e sorrisos arrancados do meu rosto, pelas palavras de conforto nas horas mais tensas, pelos momentos de descontração, pelos momentos que me suportaram e me encorajaram.

Ao Rodrigo Sousa, motorista da UFERSA, por nos acompanhar nos campos, por sempre se mostrar disposto, curioso e atencioso a cada detalhe de nossas idas a campo e por compartilhar suas vivências através seu bom humor tornando tudo mais prazeroso.

A todo corpo docente do curso de Ecologia, obrigada pelo ensino transferido e por todas as experiências vivenciadas e compartilhadas, obrigada a todos que contribuíram para minha formação acadêmica e como pessoa, em especial ao Dr. Leonardo França, no qual sou extremamente agradecida por proporcionar minha primeira experiência de estágio em laboratório e em campo.

A coordenadora do Curso de Ecologia da UFERSA- campus Mossoró, Dra. Luciana Paiva por ser sempre tão amável e por toda sua competência, paciência e dedicação com os discentes e com o curso.

Aos professores Drs. Paulo Cesar e Alfredo Marcelo Grigio por aceitarem fazer parte da banca examinadora, e pelos conhecimentos fornecidos.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo apoio financeiro durante parte do projeto e pela estrutura disponibilizada.

Liberte a sua criatividade. Sonhe com as estrelas, para poder pisar a Lua. Sonhe com a Lua, para poder pisar as montanhas. Sonhe com as montanhas, para pisar sem medo os vales das suas perdas e frustrações. Apesar dos nossos defeitos, precisamos ver que somos pérolas únicas no teatro da vida e compreender que não existem pessoas de sucesso ou pessoas fracassadas. O que existe são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.

Augusto Cury

RESUMO

A cobertura vegetal, em qualquer paisagem, é um dos elementos mais importantes para proteção e conservação dos ecossistemas naturais, como também é uma das unidades de cobertura do solo mais sensíveis às mudanças, seja ela antrópica ou natural. A Caatinga, por exemplo, está sofrendo intensamente com o avanço da agropecuária. Logo este trabalho tem como objetivo analisar as mudanças da paisagem no entorno do Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade, ao longo de uma série temporal de três décadas. Para as análises de geoprocessamento foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5/TM para os anos de 1984, 1989, 1994, 1999, 2004 e 2009 e do satélite Landsat 8/OLI para os anos de 2014 e 2018. Para realizar as classificações supervisionadas das imagens, foi utilizado o plugin SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*), no software gratuito QGIS, versão 2.18.13. As classes de uso e cobertura do solo identificadas foram: veg. densa, veg. semidensa, veg. aberta, solo exposto e corpos aquáticos. Os dados pluviométricos, para o intervalo de tempo compreendido entre 1983 e 2018, foram adquiridos através do INMET. Ao longo dos 34 anos analisados, observou-se principalmente mudanças na cobertura da veg. densa, inicialmente a retração dessa classe de 28% a 9% de área de cobertura, entre 1984 e 1995, coincidindo com o auge e queda da cotonicultura, seguido de uma expansão dessa classe de 14% a 29%, entre 1999 e 2009, período que compreendeu a instalação da reforma agrária no município de Apodi, posteriormente uma diminuição drástica em 2014 (5%) coincidindo com as instalações das empresas de fruticulturas, e uma possível recuperação em 2018 (35%), ano considerado chuvoso na região estudada. Por outro lado, a área de uso da classe solo exposto aumentou gradativamente de 1984 a 2014, de 23% a 43%. A urbanização dobrou a sua área de cobertura entre os anos de 1984 a 2018, de 0,40% a 0,87%. A precipitação parece ter influenciado tanto negativamente a paisagem, como nos anos muito secos (1984, 1995, 1999 e 2014), que corresponderam com a expansão das classes solo exposto e veg. aberta, como positivamente, em anos chuvosos (2004, 2009 e 2018), que corresponderam com a expansão das classes veg. densa e semidensa. Contudo foi possível observar o quão dinâmica é a paisagem analisada e como a variação das áreas de uso e cobertura respondeu ao tipo de uso da terra e variações na precipitação, ao longo dos anos de estudos. Conclui-se que qualquer interferência seja ela antrópica ou natural, ocasionam mudanças nos padrões comportamentais dos componentes de todo o ecossistema.

Palavras-chave: Ecologia da paisagem. Geoprocessamento. Landsat. Sensoriamento Remoto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da Área de Estudo	15
Figura 2	– Registros fotográficos das classes do uso e cobertura identificados em campo: Vegetação densa (A e B), Vegetação semidensa (C e D) Vegetação aberta (E e F), Solo exposto (G e H) e Corpos aquáticos (E).....	21
Figura 3	– Normal climatológica, representada por precipitação média histórica mensal (PMHM - barras) e anual (PMHA - linha), para 34 anos e 11 meses de dados de chuvas no Município de Apodi.....	23
Figura 4	– Percentual de cobertura das classes de uso e cobertura do solo na paisagem do entorno do Lajedo de Soledade	24
Figura 5	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1984.....	25
Figura 6	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 1984, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	25
Figura 7	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1989.....	26
Figura 8	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1995.....	27
Figura 9	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 1995, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	28
Figura 10	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1999.....	29
Figura 1	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 1999, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	30
Figura 12	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2004.....	31

Figura 13	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2004, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	32
Figura 14	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2009.....	33
Figura 15	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2009, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	34
Figura 16	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2014.....	35
Figura 17	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2014, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	36
Figura 18	– Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2018.....	37
Figura 19	– Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2018, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDMET	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
INCRA	Instituto Nacional de Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
PA	Precipitação Acumulada
PMA	Precipitação Mensal Acumulada
PMHA	Precipitação Média Histórica Anual
PMHM	Precipitação Média Histórica Mensal
RN	Rio Grande do Norte
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UC	Unidade de Conservação
ZA	Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAS E MÉTODOS.....	15
2.1 ÁREA DE ESTUDO	15
2.1.1 Solo e Geologia	16
2.1.2 Vegetação	16
2.1.3 Histórico do Uso da Terra	16
2.1.4 Definição da Área de Entorno	17
2.2 COLETAS DE DADOS	17
2.3 ANÁLISE DE DADOS	19
3. RESULTADOS.....	22
3.1. GEOTECNOLOGIAS	22
3.2. NORMAL CLIMATOLÓGICA PARA O MUNICÍPIO DE APODI	22
3.3. ANÁLISE DA DINÂMICA TEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO.....	23
4. DISCUSSÃO.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

As mudanças no uso do solo narram o passado e um possível futuro da história da humanidade, ambos interligados ao desenvolvimento econômico, crescimento populacional, tecnológico e as mudanças ambientais (HOUGHTON, 1994). As formas e modificações adversas no uso do solo tornaram o tipo de uso e cobertura do solo importantes indicadores para analisar o aumento, a redução e a fragmentação dos ecossistemas mundiais (BAJOCCO et al., 2012; ACCIOLY et al., 2016). No semiárido nordestino brasileiro, por exemplo, as mudanças no uso do solo são profundas e antigas, marcadas principalmente pela extração da cobertura vegetal nativa, e conversão de áreas naturais para explorações agrícolas e áreas de pastejo (MALVEZZI, 2007). Essas alterações no uso e cobertura do solo causam impactos ambientais em escala local podendo chegar até nível global de acordo com a sua proporção, contribuindo com as mudanças climáticas globais (HOUGHTON, 1994; ANDRADE; OLIVEIRA, 2004; ACCIOLY, et al., 2016).

O bioma Caatinga é considerado como o único bioma do Brasil restrito ao território nacional, ocupando aproximadamente 844.453 km², predominando na região semiárida, e tem sofrido intensamente com o avanço da agropecuária (FERNANDES, et al., 2015). Esse bioma é caracterizado por apresentar temperaturas elevadas, e altas taxas de luminosidade, características essas que não limitam o crescimento da vegetação. Por outro lado, outra característica marcante deste bioma é a irregularidade da precipitação, que varia no tempo e no espaço, o que ao longo de milhares de anos modelou às características adaptativas da vegetação caatinga (PRADO, 2003; NASCIMENTO, 2017).

De origem Tupi-Guarani a palavra caatinga significa “Mata Branca” decorrente da queda das folhas para reduzir a perda d’água pela transpiração, restando apenas os troncos brancos e brilhosos na época da seca. Possuindo uma rica biodiversidade de fauna e flora, a vegetação caatinga vem há séculos sofrendo com as ações antrópicas, que utilizam suas áreas com a agropecuária, retirada de lenha e madeira, e para a expansão dos perímetros urbanos. Essas ações antrópicas juntamente com os processos erosivos decorrentes da exposição do solo nu, são os principais contribuintes para o processo de desertificação na Caatinga. (PRADO, 2003; SANTANA, et al., 2017).

Em regiões onde a maior parte da economia depende da exploração agrícola, é possível observar o empobrecimento dos solos decorrente da utilização inapropriada da terra, como o uso excessivo da terra (longos períodos de atividade) e a redução do período de pousio, o que pode reduzir a fertilidade do solo, limitando assim o crescimento da vegetação (SÁ, et al.,

2010). De acordo com a Convenção das Nações Unidas, a desertificação é o processo de degradação de terras em regiões áridas, semiáridas e subúmidas do planeta, decorrente de diversos fatores, entre eles as ações antrópicas e os fenômenos naturais, como as variações climáticas. As causas climáticas que estão relacionadas com a desertificação são decorrentes de secas prolongadas e o aumento da temperatura, o que faz com que a vegetação nativa cresça com dificuldade, provocando também desequilíbrios hidrológicos que afetam a produção agrícola (MMA, 2004; SÁ, et al., 2010).

A variação no regime de precipitações, na região semiárida, é um dos principais agentes modeladores da dinâmica vegetal, mesmo apresentando uma grande variabilidade espacial e temporal (MARENGO, 2011). A variação na precipitação exerce influência direta na cobertura vegetal da caatinga, uma vez que é possível observar que quando se inicia o período chuvoso, a vegetação nativa recupera suas folhas (NASCIMENTO, 2017). Além disso, a precipitação é um dos principais fatores relacionados à produção de biomassa vegetal nas regiões semiáridas. Por exemplo, mudanças na precipitação podem influenciar os diversos setores da economia, afetando as produções agrícolas e as populações locais (CUNHA, et al., 2012; LIMA, et al., 2016).

Com a intensão de fazer com que a população rural permaneça residente na região do semiárido e no setor agrícola, o Governo Federal tem desenvolvido diversas políticas, entre elas a reforma agrária, também conhecida como a política de assentamento rural, que visa à redistribuição e a reorganização do uso da terra, que originalmente pertencia a um único proprietário. Esta política revolucionou o setor agropecuário, transformando as áreas de latifúndio em áreas de agricultura familiar, no qual cada família recebe uma unidade (parcela) para desenvolver suas práticas agrícolas. (SANTANA JÚNIOR, 2010; VALE; BARBOSA, 2016).

O Estado do Rio Grande do Norte se insere nesse contexto, em especial a cidade de Apodi, que em consequência de um processo histórico-político de reforma agrária, passou por diversas mudanças no uso e cobertura do solo, pelo fato de apresentar solos férteis juntamente com as reservas hídricas abundantes. Originalmente, a cidade de Apodi, tinha suas terras divididas em poucos proprietários (latifúndios), porém devido à política da reforma agrária na década de 1990, suas terras foram redistribuídas para a população rural local, os quais desenvolveram assentamentos agroecológicos. Essa atividade de agricultura ecológica durou cerca de duas décadas, e atualmente encontra-se ameaçada com a chegada das grandes empresas de fruticultura na região, no qual 13.855 hectares foram desapropriados para as instalações das mesmas (SANTANA JÚNIOR, 2010; PINTO, et al., 2015).

Além de ser reconhecida pelos seus solos férteis, Apodi também é caracterizada por abrigar a maior área de afloramento de rochas calcárias no Estado do RN e um dos maiores sítios arqueológicos do país, o Lajedo de Soledade, que conta com mais de 1km² de área de rochas calcárias e inúmeros fósseis. Esse importante patrimônio histórico apresenta grande vulnerabilidade decorrente do crescimento da população humana e das atividades econômica como a agricultura, pecuária e construção de poços artesianos, desenvolvidas no seu entorno. Outra atividade que também ameaça esta região é a atividade caieira, de maneira direta (implosões) e indireta (extração ilegal de madeira e fuligem expelida no processo de moagem) (GURGEL; LUIZ FILHO 2012; FREIRE, 2014; JÚNIOR; SILVA 2014;).

Compreender a paisagem no entorno dos sítios arqueológicos é indispensável à pesquisa arqueológica, decorrente da sua condição simbólica e perspectiva natural. Os sítios arqueológicos são locais de grande importância para a humanidade, com eles podemos conhecer e compreender nossa história e as espécies que viviam em um passado distante, pois estes tipos de sítios abrigam diversos registros fósseis, marcas, objetos e desenhos rupestres que retratam o passado da região no qual estão inseridos.

Devido a essa importância foi promulgada a Lei nº 3.924 de 26 de julho de 1961, que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos, no qual o seu principal foco é a preservação desses locais. Os artigos 2º e 29º respectivamente desta lei, estabelecem o que é considerado um monumento arqueológico ou pré-histórico e quais as aplicações deveriam ser tomadas em caso de infração desta lei (IPHAN, 1961; FAGUNDES, 2009; MEDEIROS, et al., 2010). Em muitos desses sítios, esta lei só existe no papel, como é o caso do Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade, que apesar de sua importância ainda não foi reconhecido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN (MEDEIROS, 2010). Este grande monumento está cada vez mais vulnerável a todos os tipos de degradação, correndo assim o risco de toda história desaparecer, por puro descaso do Poder Público (BAGNOLI, 1994).

Diante do exposto, este trabalho objetiva por meio das geotecnologias, analisar as mudanças da paisagem no entorno do Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade, ao longo de uma série temporal de três décadas, tendo como objetivo específico avaliar a eficiência do uso de geotecnologias livres e gratuitas como uma nova ferramenta para mapear áreas de entorno de sítios arqueológicos. Analisar as paisagens do entorno deste sítio arqueológico é de grande relevância para identificar os principais agentes modeladores sobre esta paisagem. Em vista disso, testou-se a hipótese de que as mudanças na paisagem do Sítio Arqueológico Lajedo de

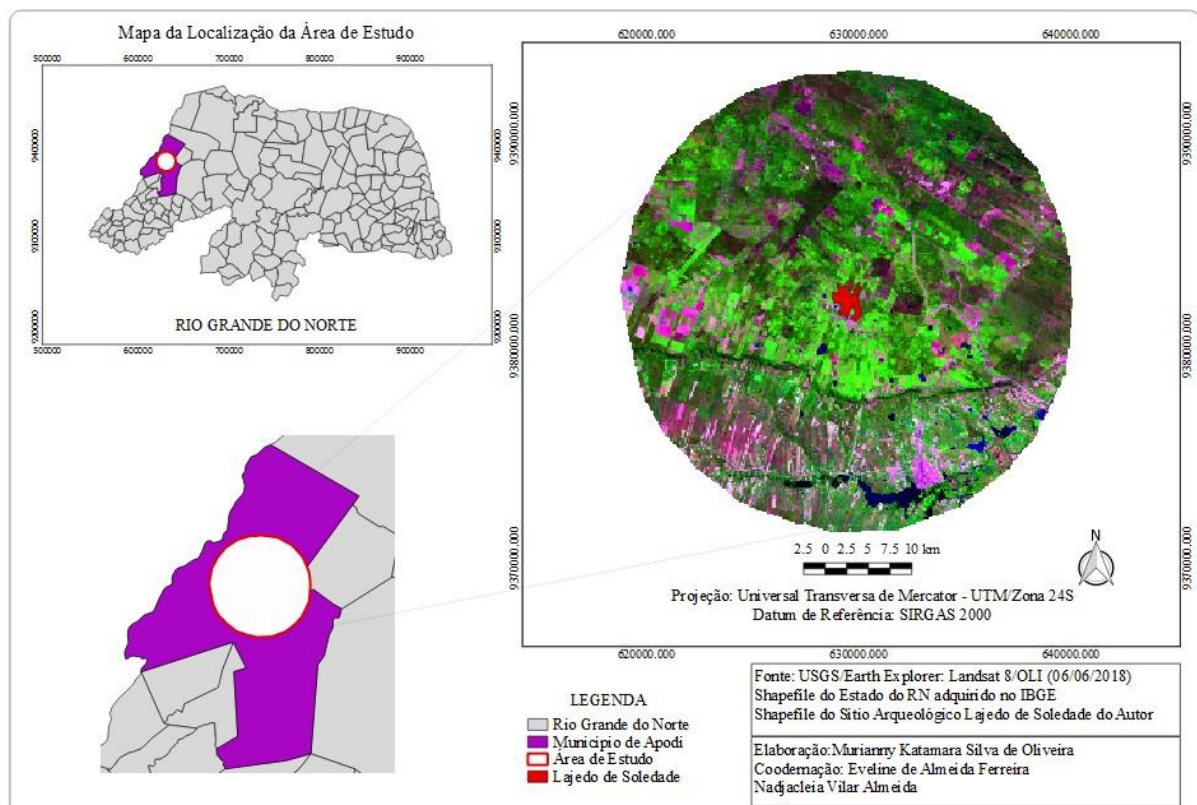
Soledade são ocasionadas principalmente por ações antrópicas e secundariamente pela variabilidade na precipitação.

2 MATERIAS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Situado no distrito de Soledade ($05^{\circ}35' S$ e $037^{\circ} 48' W$), o Lajedo de Soledade como é popularmente conhecido, pertence ao município de Apodi, Oeste Potiguar do Estado do Rio Grande do Norte (SPENCER, 2005), cerca de 420 km de Natal, a capital do Estado. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é semiárido quente, tipo BSw'h', com as chuvas de verão se retardando para o outono, com temperatura média anual de aproximadamente $28^{\circ}C$ e precipitação média anual de 500 a 800 mm, distribuídos geralmente em um período de três a seis meses (VELLOSO et al. 2002; JÚNIOR, 2014) (Figura 1).

Figura 1: Localização da Área de Estudo



Fonte: AUTOR, 2018

2.1.1 Solo e Geologia

A região do Oeste Potiguar é composta por materiais pertencentes a dois períodos geológicos distintos, a região sedimentar e a região de áreas do cristalino. A região sedimentar data das eras mesozoica e cenozoica, onde se encontram o calcário da formação Jandaíra e o Arenito-Açu, que apresentam minérios economicamente importantes para a região, como o calcário e a argila, os quais são destinados para a fabricação de telhas, tijolos e cimento. Além disso, são encontradas nesta formação geológica fósseis de pequenas conchas de moluscos e ossos de vertebrados quaternários que habitaram a região, lajeados e arenitos calcíferos. Na região de áreas do cristalino encontram-se formações da era pré-cambrianas, com rochas metamórficas e magmáticas intrusivas (PORPINO, 2004; SANTANA JÚNIOR, 2010). Os solos predominantes na região do município de Apodi são mais profundos e de alta fertilidade natural e com mananciais hídricos abundantes. São encontrados os solos Argissolos (Podzólicos vermelho-amarelos), Cambissolos e Latossolos Eutróficos.

2.1.2 Vegetação

A vegetação característica desta região é a Caatinga arbórea arbustiva, a qual tem sofrido grandes influências antrópicas em decorrência principalmente do desmatamento para campos de cultivo administrado por grandes empresas agrícolas. Os exemplares da flora que podem ser encontrados nesta região são popularmente conhecidos como jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), favela (*Cnidoscolus quercifolius Pohl*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), mandacaru (*Cereus jamacaru*) e em alguns lugares ainda hoje se encontram remanescentes ciliares dominados pela espécie de palmeira *Copernicia prunifera*, popularmente conhecida como carnaúba, muito utilizada na região para a fabricação de artesanato e extração de cera. (VELLOSO *et al.* 2002; PRADO, 2003).

2.1.3 Histórico do Uso da Terra

O Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade foi escolhido como o ponto central da paisagem estudada, pois é a maior afloração de rocha calcária do RN e um dos maiores sítios arqueológicos do Brasil, com cerca de 1 km² de extensão. Infelizmente, esse rico patrimônio vem sofrendo intensas pressões antrópicas em decorrência de atividades como a urbanização,

agricultura, pecuária e construção de poços artesianos no seu entorno (FREIRE, 2014, JÚNIOR, 2014).

Há algumas décadas, grande parte da área da Chapada do Apodi/RN estava dividida em poucos latifúndios que plantavam algodão. No entanto, a partir da década de 1990, ocorreram mudanças significativas no contexto rural desse município, decorrente da crise do algodão, que acabou por enfraquecer os grandes proprietários de terras. Neste período, vários assentamentos foram criados por meio da desapropriação de terras realizadas pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA). No período compreendido entre 1990 e 2010, Apodi era caracterizada por vários assentamentos e comunidades tradicionais rurais baseadas na agricultura familiar agroecológica (PINTO, 2015). O solo fértil despertou o interesse do agronegócio na região. Desde 2013, algumas empresas de agronegócio têm se estabelecido na região, no perímetro irrigado, o que tem gerado conflitos com os agricultores familiares da região devido à desapropriação de mais 600 famílias de suas terras, estas destinadas para quatro empresas de agronegócio.

2.1.4 Definição da Área de Entorno

Devido à ausência de legislação, até o presente momento, que defina o tamanho da zona de amortecimento (ZA, corresponde a uma área delimitada no entorno de uma Unidade de Conservação (UC) que tem como principais objetivos prevenir a fragmentação e filtrar os impactos gerados pelas atividades antrópicas tais como ruídos e poluição) para sítios arqueológicos, utilizamos como referência o raio de 10 km (*buffer*) gerado ao redor dos limites do Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade. O limite de 10 km era definido para a ZA de uma UC de acordo com a Resolução CONAMA de N°13/90, que apesar de ter sido revogada pela Resolução CONAMA de N° 428/2010 e de ter diminuído a ZA para UC sem plano de manejo, optou-se pelo maior valor deste parâmetro por ser mais conservativo. A área total compreendida dentro desse *buffer* de 10 km de raio foi 364,8 km².

2.2 COLETAS DE DADOS

Para analisar e interpretar as mudanças espaço temporais na paisagem foram selecionadas oito imagens da cena 216/064 dos satélites Landsat, sendo seis dessas imagens pertencente ao Landsat 5 (L5) e duas imagens ao Landsat 8 (L8) disponibilizadas gratuitamente pelo banco de dados da *United States Geological Survey* (USGS, 2017) através da página

<https://earthexplorer.usgs.gov>. As imagens foram selecionadas utilizando como critérios a presença de no máximo 10% de nebulosidade na cena, e que a mesma tenha sido capturada nos meses de transição entre a estação chuvosa e a seca (Tabela 1).

Tabela 1 - Características das imagens de satélite utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Resolução Espacial	Resolução Espectral	Resolução Radiométrica	Data de Aquisição	Fonte de Aquisição
Landsat 5	TM	216/064	30m	8 Bits	7 Bandas	26/07/1984	USGS
						09/08/1989	
						26/08/1995	
						04/07/1999	
						02/08/2004	
Landsat 8	OLI	216/064	30m	16 Bits	11 Bandas	01/09/2009	
						14/08/2014	
						06/06/2018	

Org.: A autora (2018)

Para o cálculo da série temporal histórica da precipitação da região estudada, foram utilizados os dados da precipitação acumulada de cada mês, compreendidos entre janeiro de 1983 e novembro de 2018. Com essas informações, foi calculada a normal climatológica, representada com a **precipitação média histórica anual (PMHA)**, no qual todos os valores de precipitação acumulada, em todos os meses do intervalo, foram somados e divididos por 419, que é o total de meses composto nos 34 anos e 11 meses de análise. Além disso, foi possível calcular a **precipitação média histórica mensal (PMHM)**, somando-se todos os valores de precipitação acumulada para um determinado mês, seguido da divisão por trinta e cinco. Foi calculada também a **precipitação média anual (PMA)**, para cada ano estudado (ver anos estudados na Tabela 1), somando-se todos os valores de precipitação acumulados do mês no referido ano, seguido da divisão por 12. Adotou-se como meses chuvosos aqueles que tiveram a **PMHM** acima da **PMHA**.

Consideraram-se meses de transição entre a estação chuvosa e seca aqueles que apresentaram **PMHM** abaixo da **PMHA**. No entanto, meses que apresentaram **PMHM** abaixo de 13 mm, foram considerados meses secos. Da mesma forma, anos que apresentaram valores de **PMA** acima do valor da **PMHA** foram considerados anos chuvosos, e anos com o valor de precipitação média anual abaixo do valor histórico foram considerados anos secos.

Todos os dados de precipitação mensais acumulados foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), para a Estação Climatológica de Apodi, localizada na comunidade de Soledade, apresentando altitude de 148m e número sinótico 82590.

Foram realizadas duas expedições à área de estudo, em 28 de setembro de 2017 e 8 de março de 2018, ambas visando, realizar o registro fotográfico e capturar as coordenadas geográficas das unidades que compõem a paisagem delimitada dentro do *buffer* de 10 km. Esse procedimento foi necessário para auxiliar e esclarecer possíveis dificuldades quanto à distinção das unidades da paisagem na etapa de classificação supervisionada. As coordenadas foram obtidas através do GPS de navegação Garmim GPSMAP 78s com precisão de 4 m.

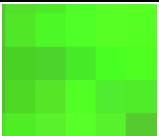
2.3 ANÁLISE DE DADOS

Todos os procedimentos e elaboração de mapas descritos a seguir foram realizados no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) do software QGIS 2.18.13 ‘Las Palmas’. Inicialmente, todas as imagens foram reprojetadas para o hemisfério sul e convertidas para o *datum* SIRGAS 2000 e zona 24S (EPSG: 31984). Esse procedimento foi necessário, pois as imagens são de origens norte-americana e consequentemente projetadas para o hemisfério norte (*datum* de origem WGS84). Para identificar as unidades da paisagem da área, foi utilizada a composição falsa cor (RGB). Para isso foram empilhadas as bandas 5 4 3 do L5 e as bandas 6 4 3 do L8, no qual cada banda representa uma resolução radiométrica distinta sendo as bandas 5 e 6 infravermelho médio, as bandas 4 infravermelho próximo e as bandas 3 vermelho. A escolha dessa composição justifica-se pela facilidade de visualizar as diferenças entre formações vegetais, solos, corpos aquáticos e áreas urbanas (INPE 2001).

A classificação supervisionada foi realizada com o uso do plugin *SCP (Semi-Automatic Classification Plugin)*, utilizando o algoritmo *Minimum Distance*. Para facilitar a análise e a interpretação das imagens nessa etapa de classificação foram utilizados os seguintes elementos de interpretação: padrões da coloração e forma dos objetos representados nas imagens (Quadro 1). Através desses critérios foi possível distinguir cinco classes de uso e cobertura do solo: vegetação densa, semidensa e aberta, solo exposto e corpos aquáticos. Com os dados validados em campo foi possível inferir que vegetação densa corresponde principalmente à caatinga arbórea arbustiva e a plantação de mamoeiros (Figuras 2A e 2B). A vegetação semidensa corresponde à caatinga arbustiva e aos carnaubais (Figuras 2C e 2D). A vegetação aberta corresponde à caatinga herbácea e a áreas com plantios de melancia, melão,

feijão (Figuras 2E e 2F). O solo exposto corresponde às áreas em pousios, aos afloramentos rochosos e a urbanização (Figuras 2G e 2H). E por fim, os corpos aquáticos correspondem à lagoa do Apodi e a áreas que alagam no período chuvoso (Figura 2E).

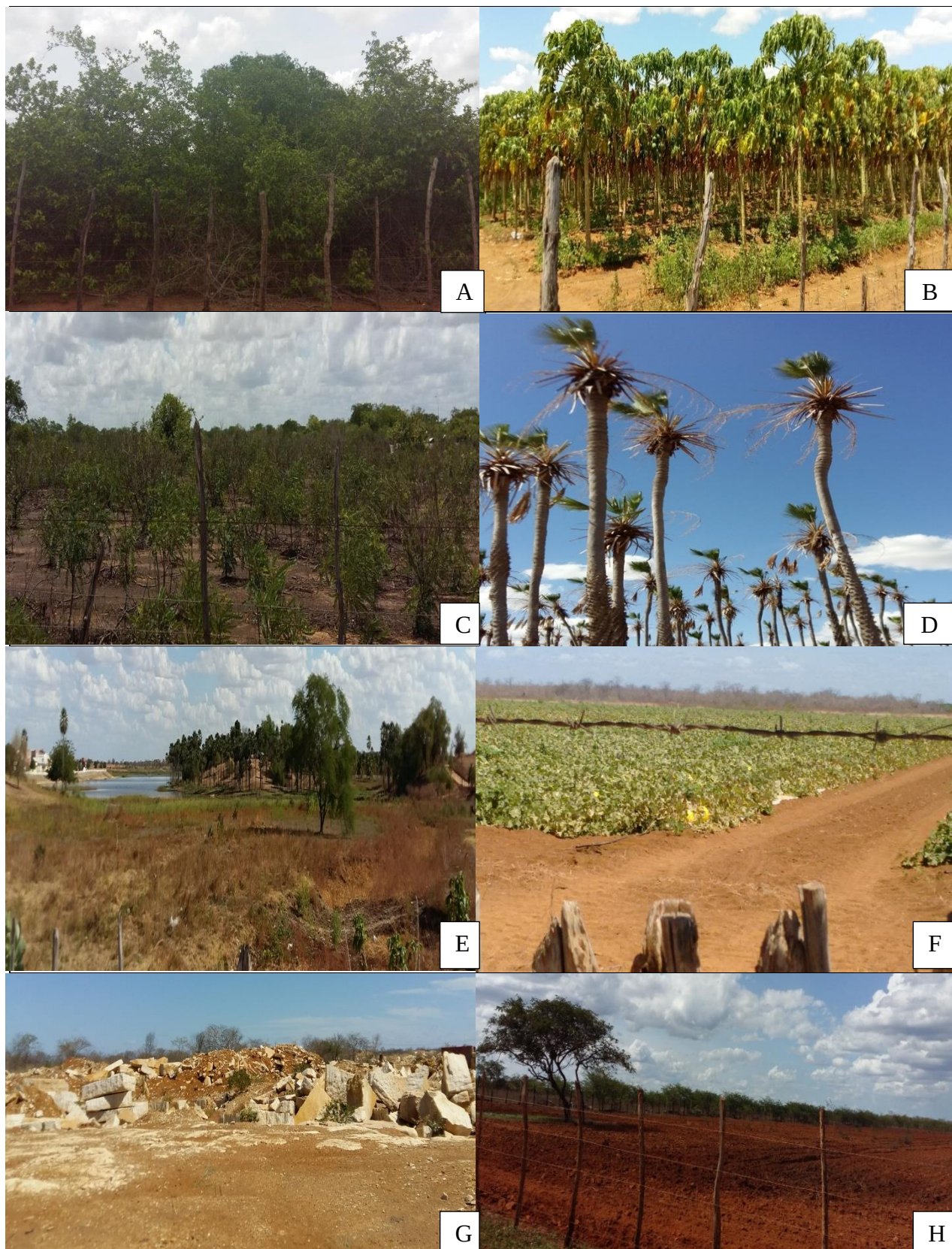
Quadro 1: Objetos e feições ambientais representados em composição colorida (falsa cor) 6 (R), 4 (G) e 3 (B) em imagem Landsat 8 e respectivas chaves de interpretação.

Composição colorida	Objeto	Chave de interpretação*
	Vegetação Densa	Cor verde-escuro
	Vegetação Semidensa	Cor verde-limão.
	Vegetação Aberta	Cor verde- musgo com pontos magenta (solo exposto).
	Solo Exposto (solo, afloramentos rochosos).	Cor magenta (rosa), podendo ser bem claro, tendendo ao branco.
	Água (corpo d'água, reservatórios e lagos).	Cor azul

* amostras retiradas da imagem OLI/Landsat 8 imageada em 06/06/2018 em composição falsa cor R6G4B3.

Fonte: Baseado em Florenzano (2011, p. 62).

Figura 2: Registros fotográficos das classes do uso e cobertura identificados em campo: Vegetação densa (A e B), Vegetação semidensa (C e D) Vegetação aberta (E e F), Solo exposto (G e H) e Corpos aquáticos (E).



Fonte: AUTOR; 2018

Os dados numéricos da área de cobertura de cada classe foram adquiridos com a ferramenta *tabela de atributos*. Para separar a área correspondente à urbanização da classificada como solo exposto, foram criados oito arquivos *shapefile* (sendo um arquivo de cada ano do estudo) com os limites da cidade de Apodi. Cada arquivo *shapefile* foi plotado sobre o arquivo vetorial da classificação supervisionada, correspondente ao seu ano de estudo, com os *shapefile* plotados sobre seus respectivos anos, e contabilizada a área de cobertura de cada *shapefile* da cidade de Apodi com a calculadora de campo, e o valor obtido foi subtraído do valor total da classe solo exposto. Os cálculos de porcentagem da área de cobertura de cada classe e os cálculos de precipitação, assim como os gráficos, foram gerados no Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS

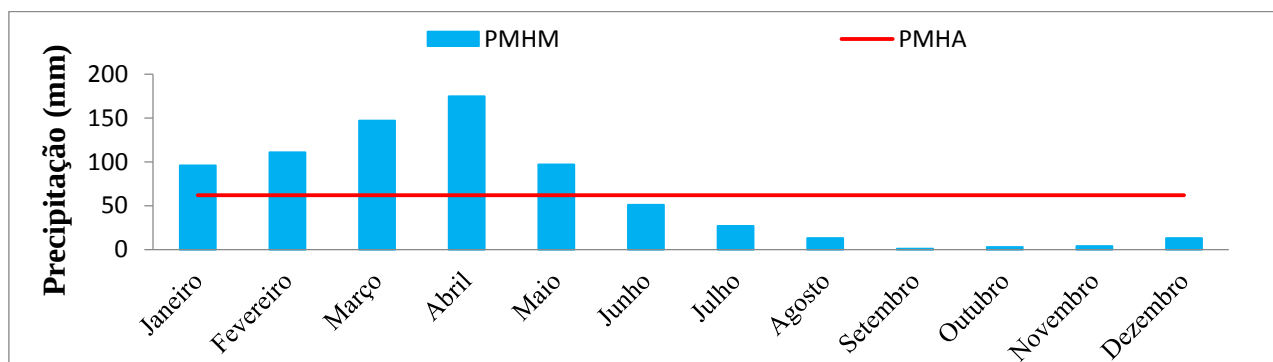
3.1. GEOTECNOLOGIAS

O uso do ambiente SIG por meio do software QGIS 2.18.13 (livre e gratuito) mostrou-se uma ferramenta eficaz para o mapeamento das áreas do entorno do Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade.

3.2. NORMAL CLIMATOLÓGICA PARA O MUNICÍPIO DE APODI

Com o cálculo da PMHA e PMHM, compreendida entre 1983 e 2018, observa-se que o período chuvoso na região inicia-se em janeiro, estendendo-se até maio, com picos nos meses de março e abril. De acordo com essa mesma série temporal, observa-se que os meses de transição entre a estação chuvosa e seca são junho, julho e agosto, que marca o final do período chuvoso e o início do período de seca. Os meses de seca são setembro, outubro, novembro e dezembro (Figura 3).

Figura 3: Normal climatológica, representada por precipitação média histórica mensal (PMHM - barras) e anual (PMHA - linha), para 34 anos e 11 meses de dados de chuvas no Município de Apodi.



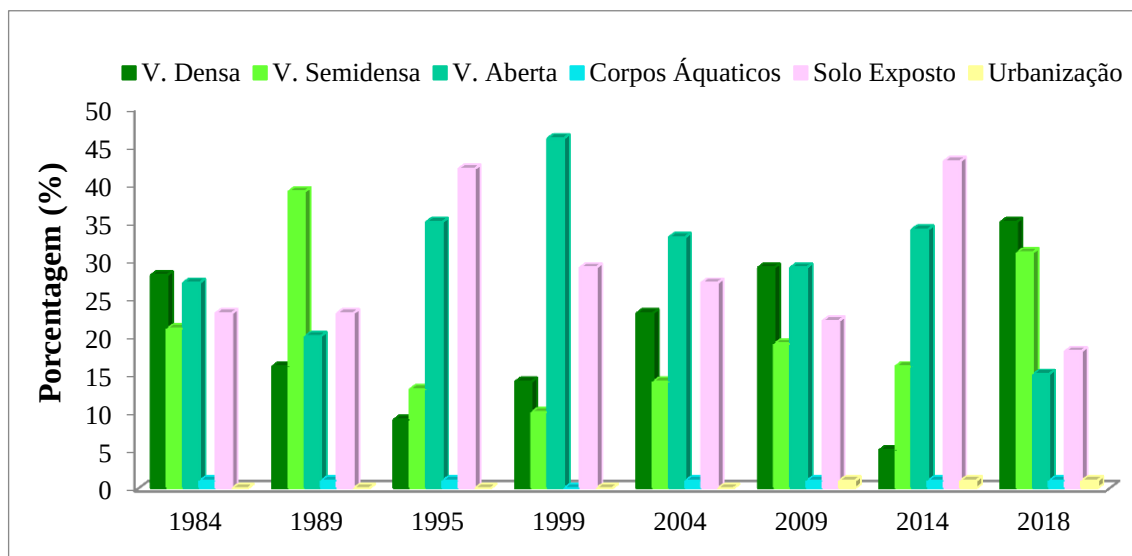
Fonte: AUTOR, 2018

3.3. ANÁLISE DA DINÂMICA TEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

De maneira geral, a paisagem do entorno do Lajedo de Soledade apresentou-se bastante dinâmica, com alternância entre períodos de retração e expansão das classes de vegetação densa e semidensa e do solo exposto. Pode-se observar, a exemplo desse padrão, a retração da vegetação densa entre 1984 e 1995 e expansão dessa classe entre 1999 e 2009, seguidos de uma diminuição drástica em 2014, e uma possível recuperação em 2018. Os corpos aquáticos e a urbanização apresentaram os menores valores de extensão na paisagem, em comparação com as demais classes.

Ao longo dos 34 anos analisados, a porcentagem da área da classe solo exposto aumentou gradativamente de 1989 a 2014, com picos em 1995 e 2014. Foi possível observar para o perímetro urbano que, apesar de apresentar uma área comparativamente pequena, essa classe dobrou de área nas últimas décadas, passando de 0,40% em 1984 para 0,87% em 2018. (Figura 4).

Figura 4: Percentual das classes de uso e cobertura do solo na paisagem do entorno do Lajedo de Soledade, obtidas com a classificação supervisionada no período entre 1984 e 2018. V. Densa = vegetação densa; V. Semidensa = vegetação semidensa; V. Aberta = vegetação aberta.

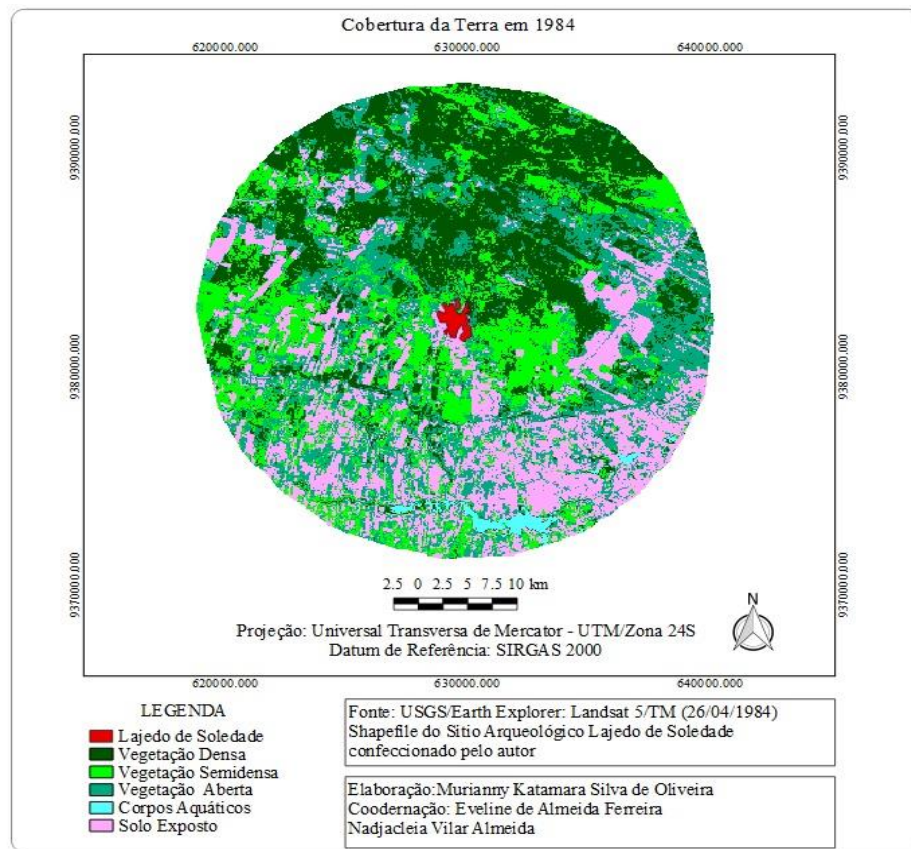


Fonte: AUTOR, 2018

Ao analisar a imagem classificada de 1984, percebe-se que as classes ocupavam proporções semelhantes de cobertura e uso do solo, com exceção das classes corpos aquáticos e urbanização, que apresentaram baixa representatividade (menos que 2% da área total). As classes de vegetação densa, semidensa e aberta juntas representaram 75,82% da área total da paisagem estudada (Figura 5).

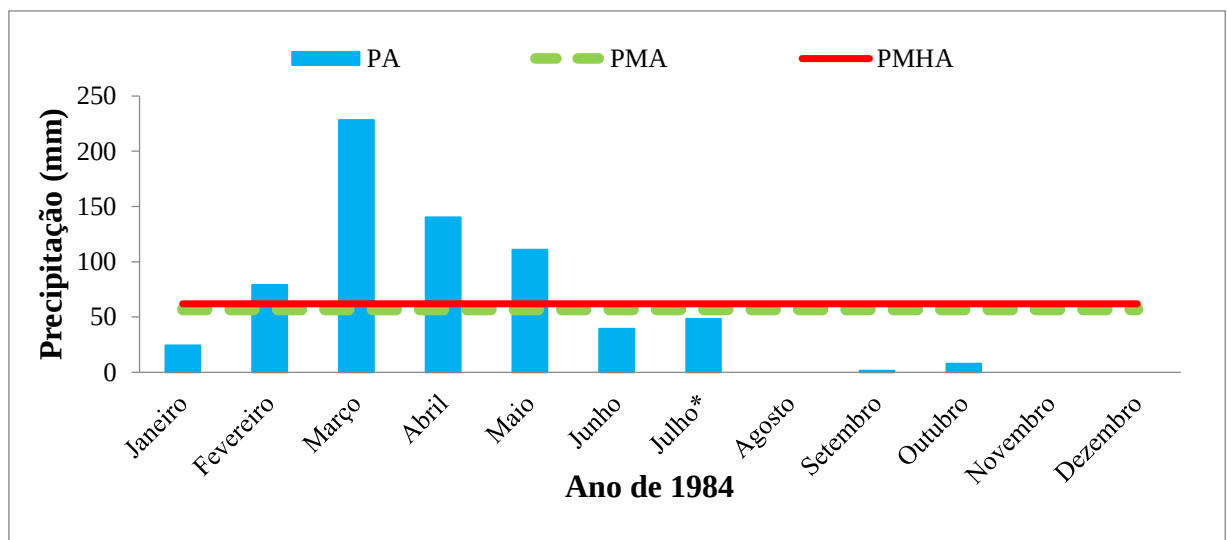
A precipitação para 1984 mostrou que na data da captura da imagem a região já estava no período de transição entre o período chuvoso e seco, sendo que os dois meses anteriores apresentaram valores de precipitação baixos e moderados. O ano de 1984 foi considerado seco com apenas quatros meses chuvosos com concentração nos meses de março, abril e maio (Figura 6).

Figura 5: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1984.



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 6: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 1984, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem)

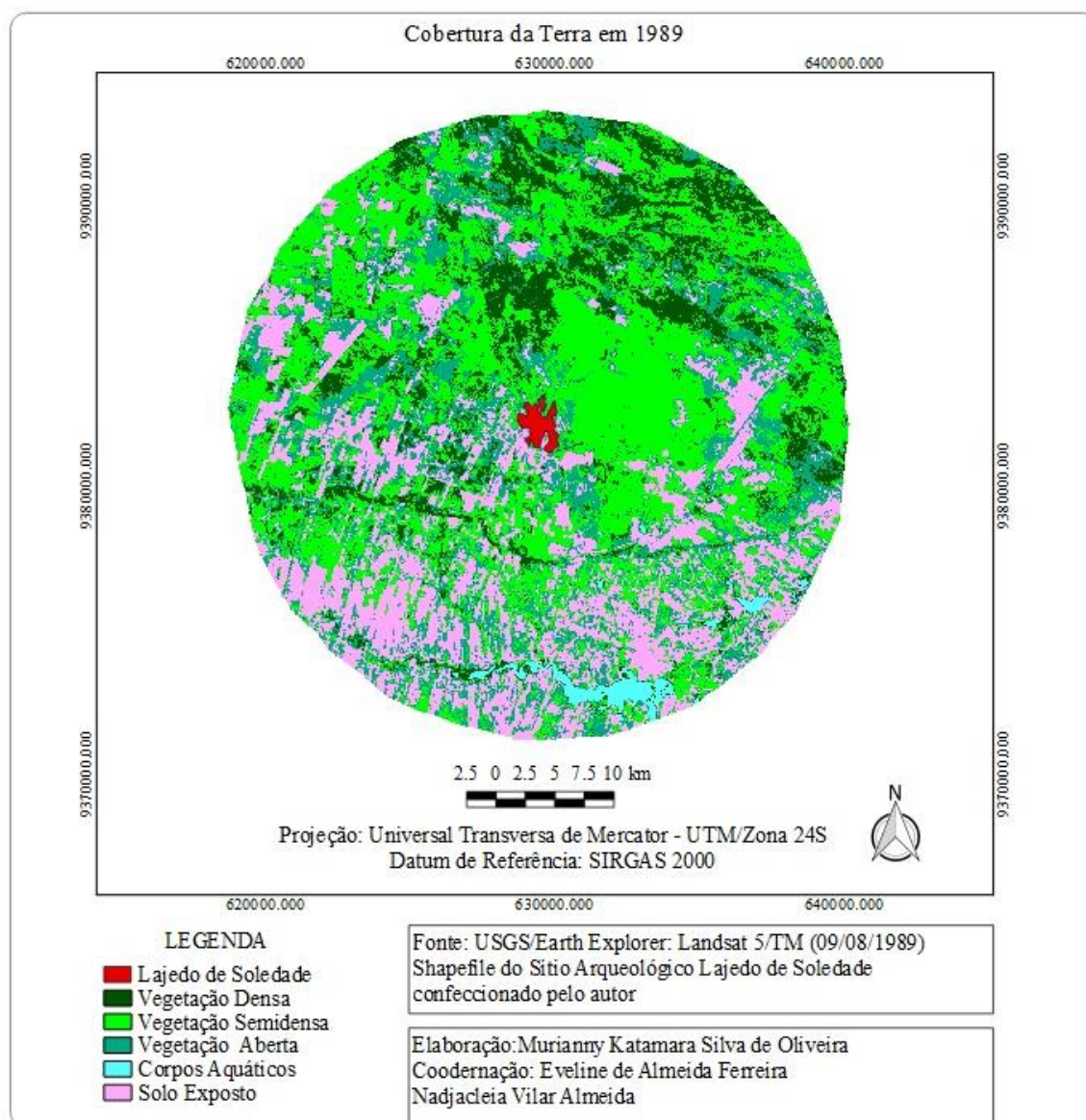


Fonte: AUTOR, 2018

Cinco anos depois (1989) observou-se que as classes de vegetação densa e vegetação aberta reduziram suas áreas de cobertura, ao passo que a classe vegetação semidensa apresentou expansão. Por outro lado, a área de uso da classe solo exposto não apresentou variação em comparação com 1984 (Figura 7).

Para o ano de 1989, não foi possível observar a variação da precipitação mensal, devido a ausências de dados pluviométricos para este ano. No entanto, de acordo com a série histórica a imagem foi capturada no período de transição.

Figura 7: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1989.



Ao contrário das imagens da década de 1980 analisadas, a classificação da imagem de 1995 revelou que as classes de solo exposto e vegetação aberta aumentaram drasticamente suas áreas de cobertura, enquanto que as classes de vegetação densa e semidensa diminuíram significativamente. (Fig. 4; Fig. 8).

A precipitação para a área de estudo para o ano de 1995 mostrou que no mês de captura da imagem não foi registrada precipitação, e que os meses que a antecederam tiveram valores de precipitação baixos (julho) e moderados (junho) (Fig. 9). O ano de 1995 foi considerado seco para a região.

Figura 8: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1995.

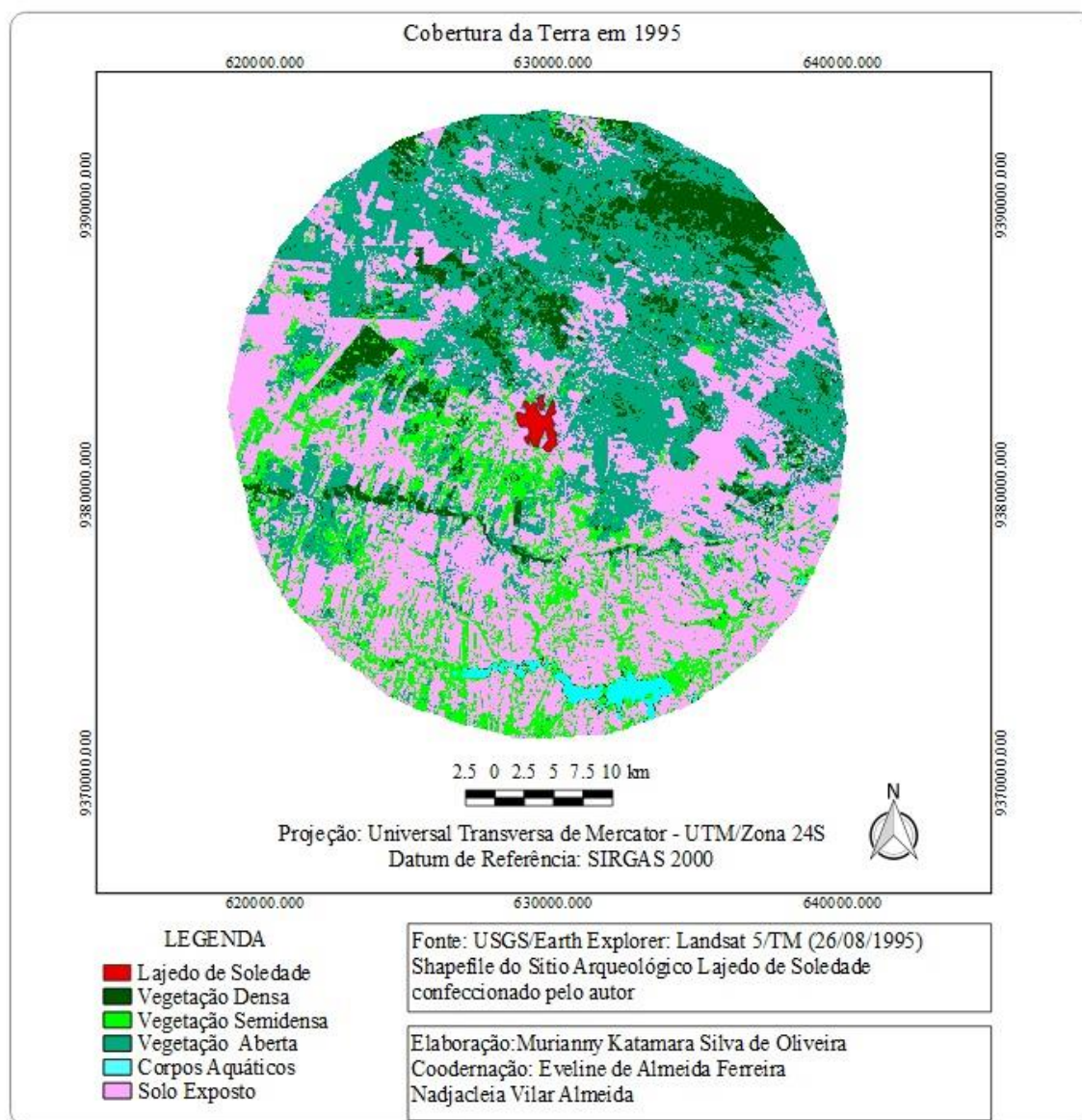
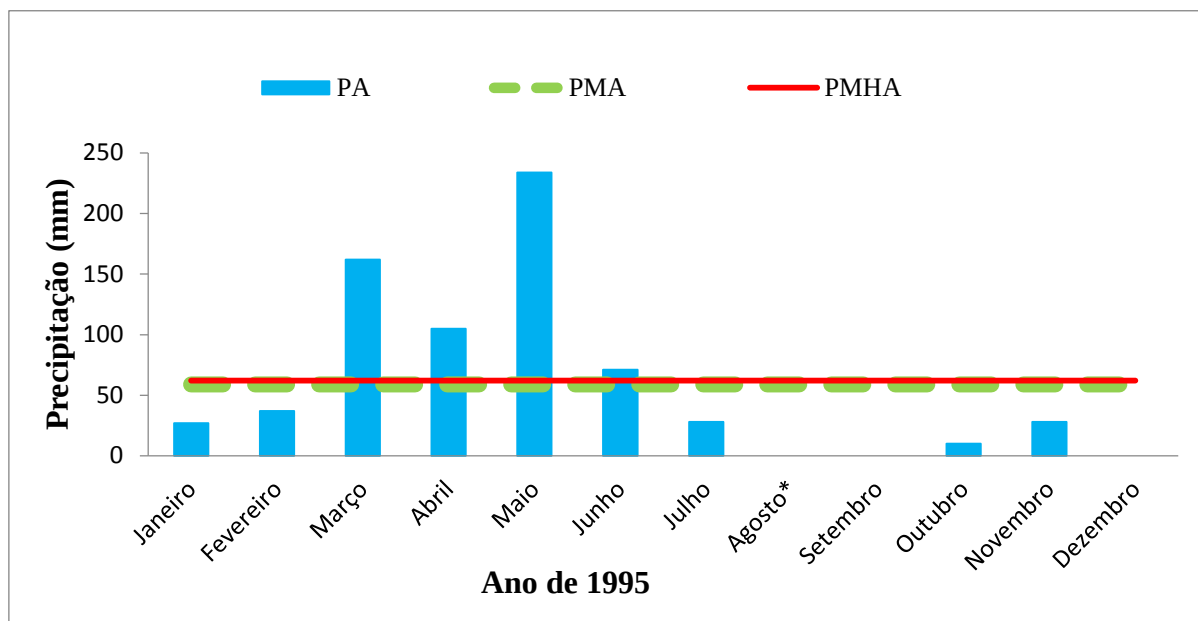


Figura 9: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 1995, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem).

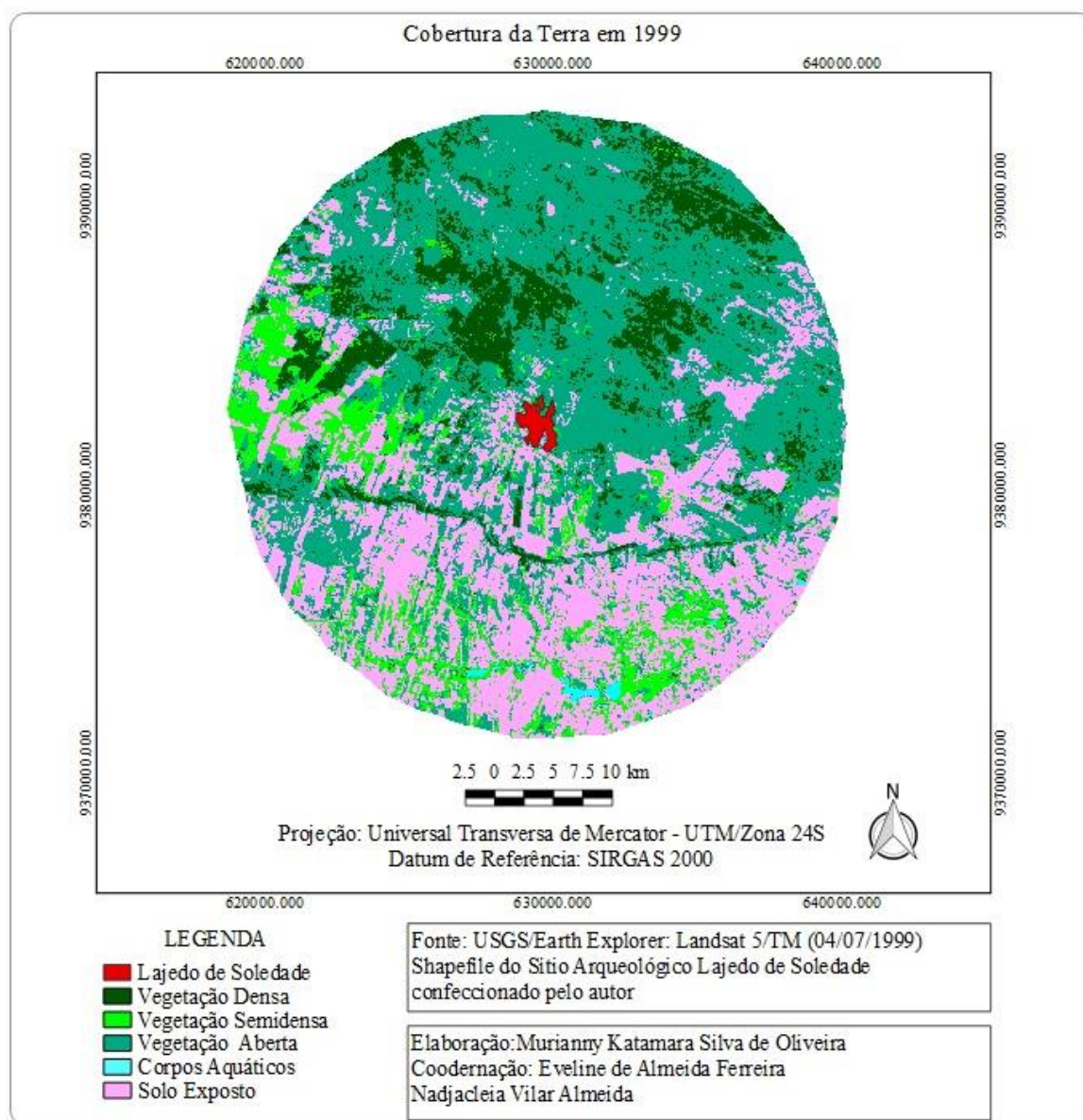


Fonte: AUTOR, 2018

No ano de 1999 observou-se que a classe vegetação aberta aumentou sua área de cobertura predominando praticamente em toda porção norte da área de estudo. Por outro lado, as classes de vegetação densa e semidensa, semelhante ao ano de 1995, tiveram suas áreas de cobertura reduzidas, representando juntas apenas 23,78% da área total de estudo (Figura 4). A classe solo exposto também apresentou uma redução na sua área de uso, quando comparado ao ano de 1995 (Figura 10).

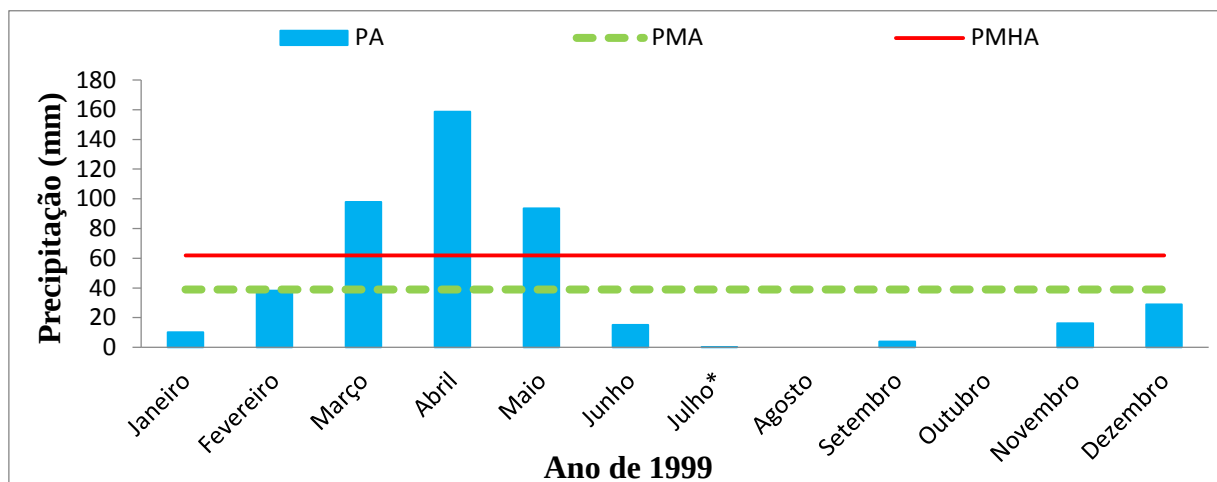
A precipitação para o ano de 1999 mostrou que a imagem foi capturada no mês de transição (julho) (Figura 11), e o ano foi mais seco dentre os estudados, visto que o valor de precipitação anual foi quase metade do valor histórico.

Figura 10: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 1999.



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 11: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 1999, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem)

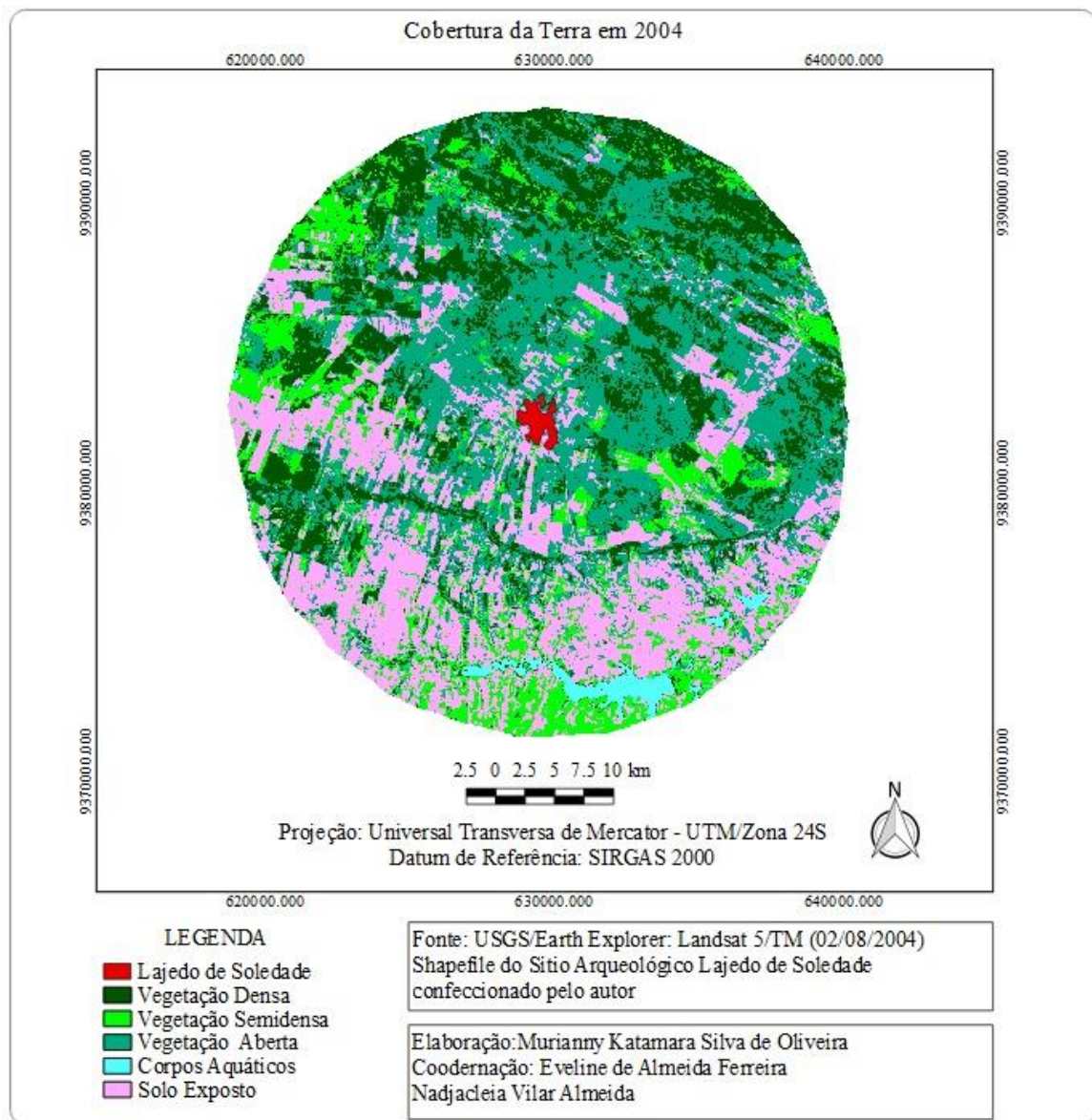


Fonte: AUTOR, 2018

No ano de 2004, as classes vegetação aberta e solo exposto continuaram apresentando as maiores áreas de cobertura e uso, respectivamente, mais ao compará-las aos anos de 1995 e 1999, nas quais correspondiam às classes de cobertura dominantes, observa-se uma diminuição em ambas, consequentemente as classes de vegetação densa e semidensa aumentaram suas áreas de abrangência na paisagem estudada (Figura 12).

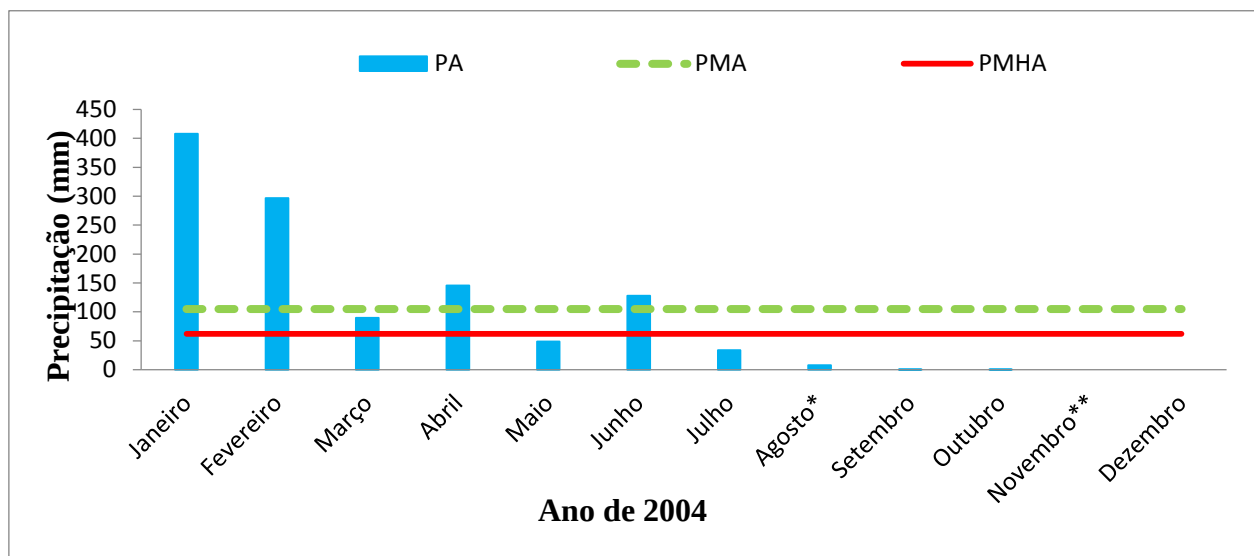
A precipitação para o ano de 2004 mostrou que a imagem foi capturada no mês de transição (agosto) logo após um mês de junho chuvoso, o que é atípico para a área de estudo (Figura 13). O ano de 2004 foi considerado bastante chuvoso, visto que a média anual foi quase o dobro do valor histórico da região.

Figura 12: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2004.



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 13: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2004, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem)

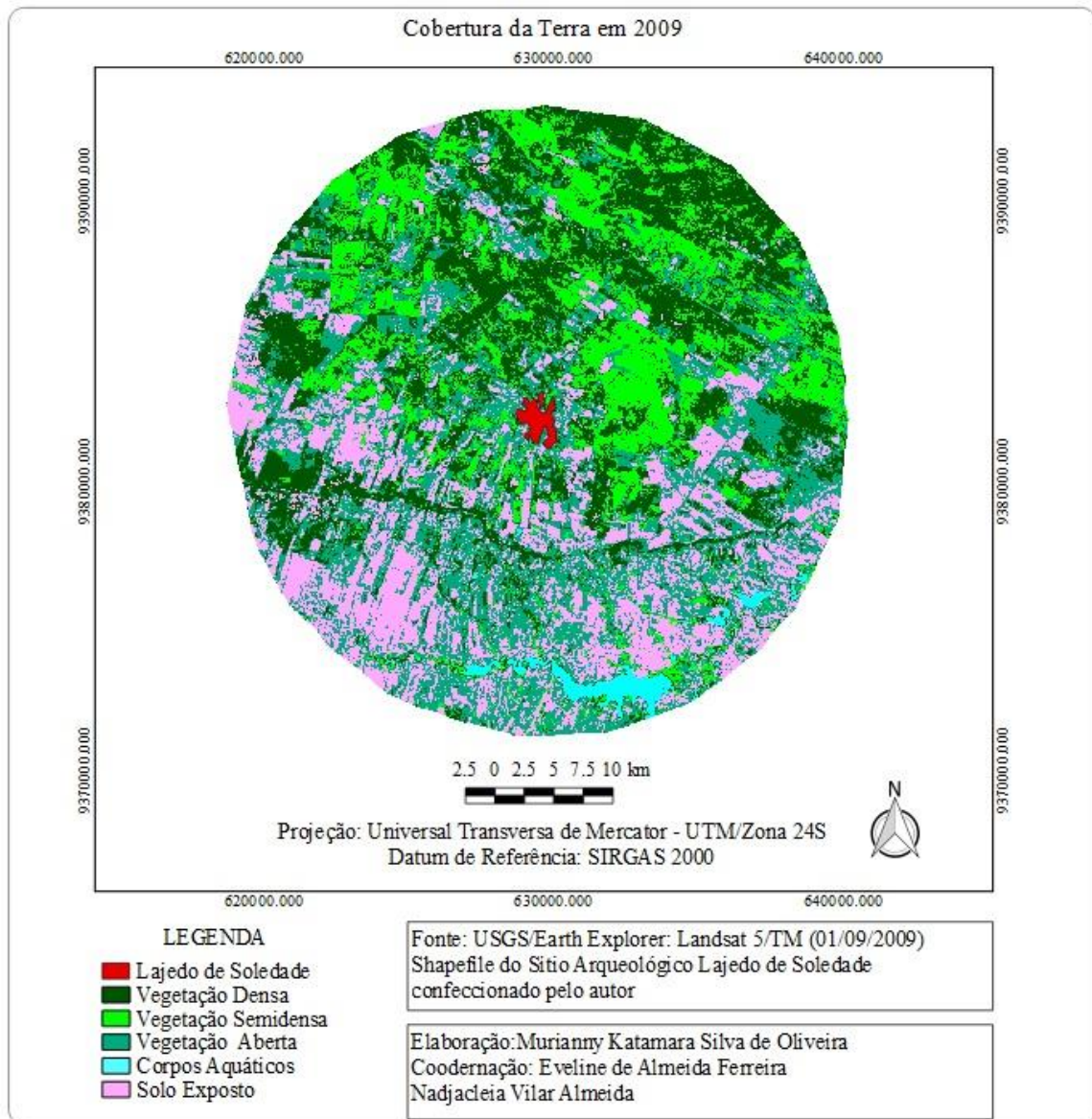


Fonte: AUTOR, 2018

No ano de 2009 a classe vegetação densa e aberta apresentaram áreas de coberturas semelhantes. No entanto, em comparação a 2004, a classe vegetação densa e semidensa aumentaram sua área de cobertura, enquanto que a classe solo exposto reduziu sua área de uso (Figuras 3 e 14).

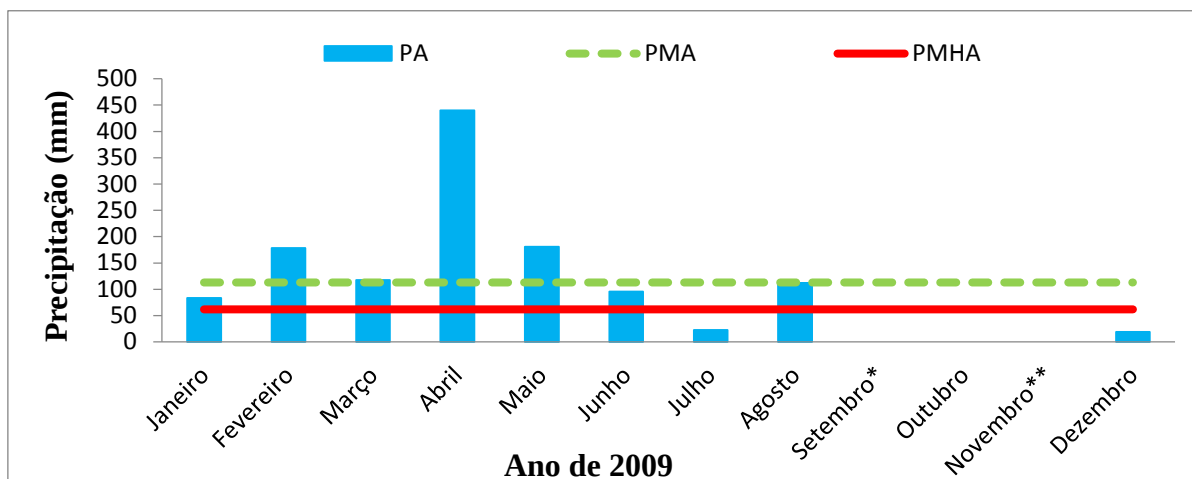
A precipitação para o ano de 2009 mostrou que a imagem foi capturada no primeiro mês do período de seca (setembro), porém a imagem foi capturada no primeiro dia do mês e logo após um mês de agosto chuvoso, atípico para a região (Figura 15). O ano de 2009 foi considerado bastante chuvoso, visto que a média anual foi quase o dobro do valor histórico da região.

Figura 14: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2009.



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 15: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2009, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem; **sem dados).

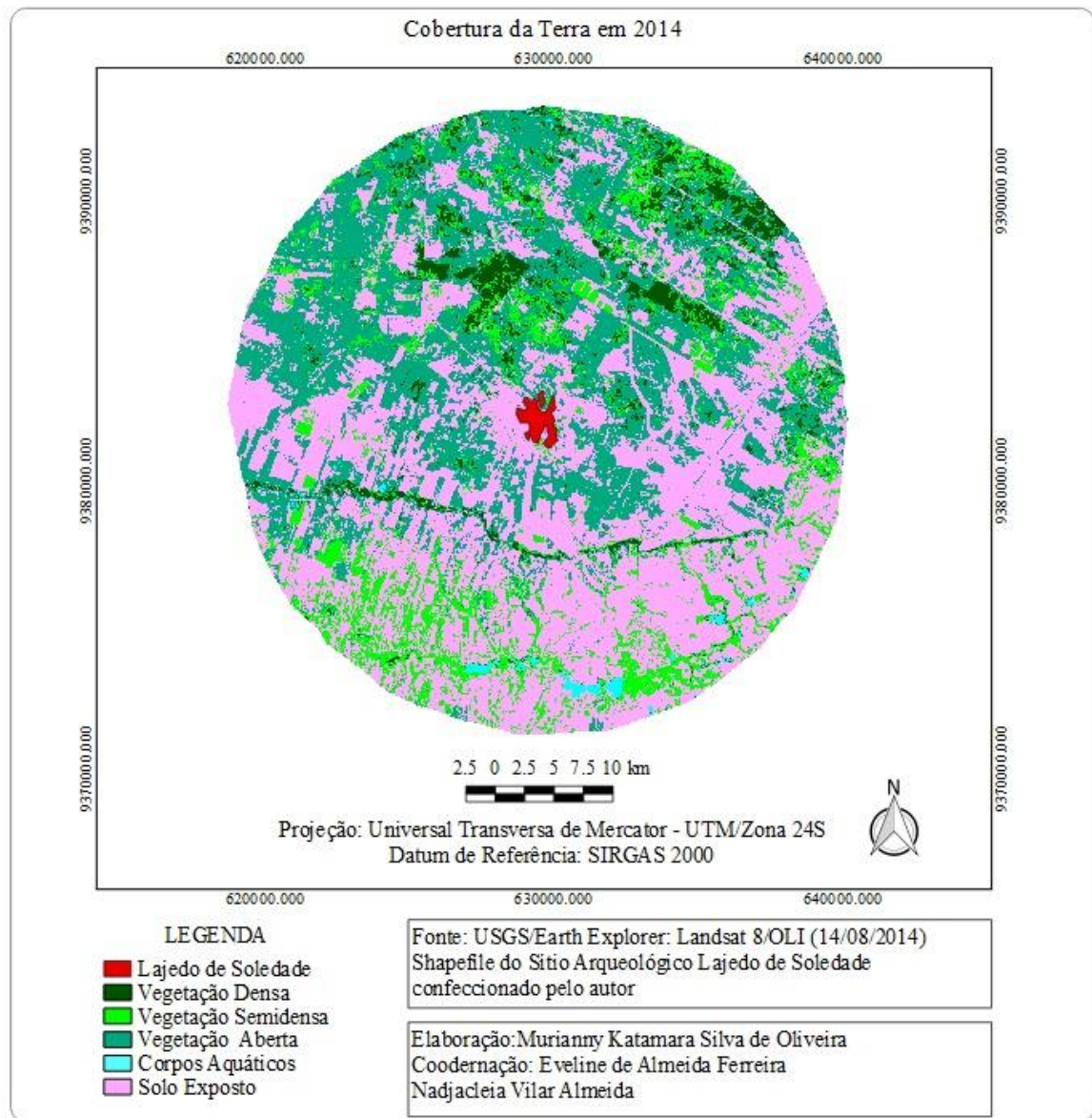


Fonte: AUTOR, 2018

Já em 2014, as classes vegetação densa e solo exposto apresentaram, respectivamente, a menor e a maior área de cobertura e de uso de todos os anos já analisados. Em comparação com 2004, a classe vegetação aberta aumentou sua área de cobertura, enquanto a classe vegetação semidensa reduziu (Figura 4 e 16).

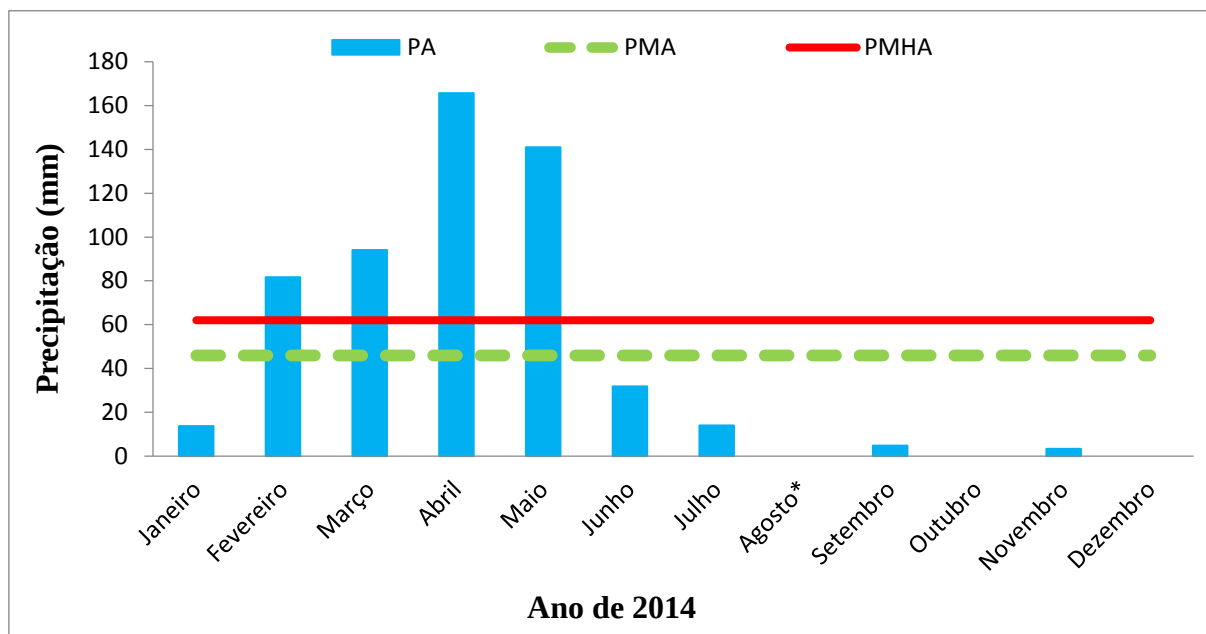
A precipitação para este ano mostrou que a imagem foi capturada no mês seco (agosto) para esse ano, porém os meses que antecederam a captura da imagem foram meses com baixas precipitações. (Figura 17). O ano de 2014 foi considerado um ano seco.

Figura 16: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2014.



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 17: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2014, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem)

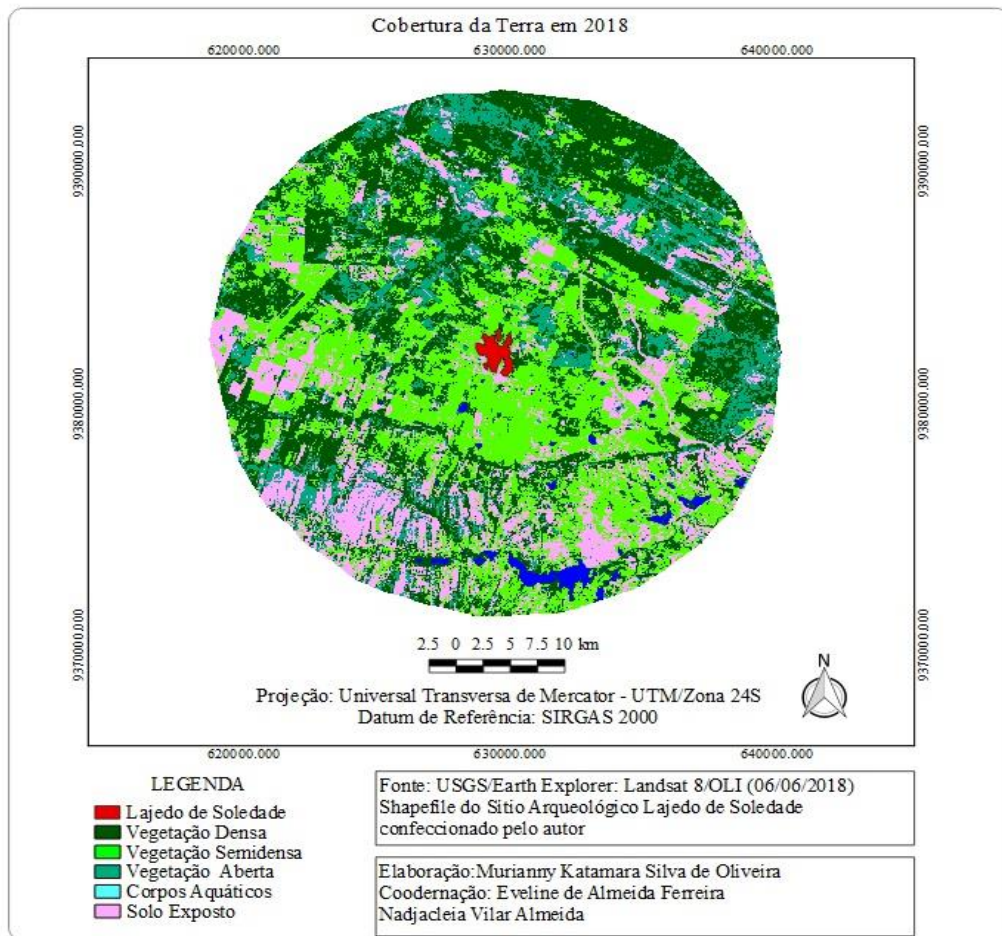


Fonte: AUTOR, 2018

No ano de 2018 as classes vegetação densa e semidensa tiveram um aumento nas suas áreas de cobertura em comparação com o ano de 2014. As classes solo exposto e vegetação aberta e apresentaram as suas menores áreas de uso e de cobertura, quando comparados com todos os anos analisados anteriormente (Figura 18).

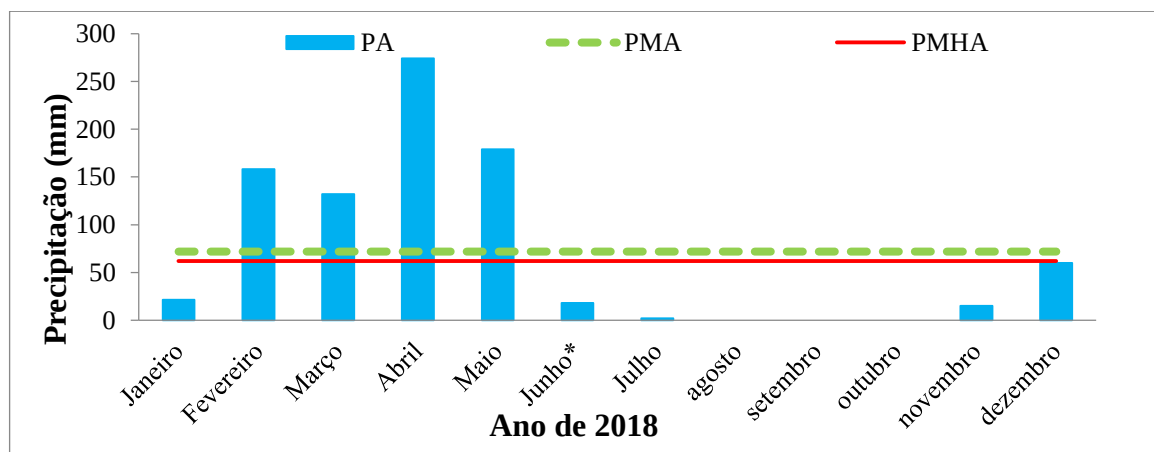
A precipitação para o ano de 2018 mostrou que a imagem foi capturada no mês de transição (julho), logo após uma estação chuvosa com precipitações acima da média histórica para a área de estudo. O ano de 2018 foi considerado bastante chuvoso, visto que a média anual foi quase o dobro do valor histórico da região (Figura 19).

Figura 18: Paisagem do entorno do Lajedo de Soledade classificada quanto às classes de uso e cobertura do solo, para o ano de 2018.



Fonte: AUTOR, 2018

Figura 19: Histograma com os valores de precipitação acumulada mensal (PA - barras), precipitação média anual (PMA - linha tracejada), calculada para 2018, e precipitação média histórica anual (PMHA - linha vermelha), para o Município de Apodi. (*mês de captura da imagem)



Fonte: AUTOR, 2018

4. DISCUSSÃO

Por meio dos resultados obtidos foi possível inferir que empregar uma ferramenta livre e gratuita de geoprocessamento como o software QGIS. 2.18.13, é uma ferramenta eficaz para mapear o uso e cobertura do solo em áreas de entornos de sítios arqueológicos, proporcionando e potencializando o monitoramento dos recursos naturais, como também promovendo uma avaliação mais abrangente da história do manejo e uso e ocupação do solo (MARTINS; SILVA, 2007).

Com tudo através dos resultados obtidos por meio deste software livre é possível concluir que as paisagens, nos anos considerados, parece responder ao perfil histórico do uso da terra juntamente com as variações na precipitação anual na região. A região passou por três grandes formas de manejo do uso da terra, em três décadas de estudo. Na primeira década estudada (1984 a 1995) a cotonicultura dominava na região, estabelecida em grandes latifúndios. Na década seguinte, no período compreendido entre 1999 e 2009, a terra estava subdividida em pequenas propriedades, que praticavam agricultura ecológica, e deixavam uma parte de mata nativa, e faziam rodízio entre áreas plantadas e de descanso. Já em 2014 e 2018 entra o agronegócio na região, utilizando a irrigação, em grandes propriedades, e utilizando-se de mão de obra mecanizada. Essas formas de manejo, juntamente com a alternância entre anos secos e chuvosos, parecem ter modelado as classes de cobertura do solo que se destacaram entre as décadas estudadas.

No ano de 1984 a classe vegetação aberta apresentou uma área de cobertura semelhante a da classe vegetação densa. A classe de vegetação aberta nesse período era composta pelos cultivos de algodão, que até o início da década de 1980 estava em auge, sendo considerado como o principal produto agrícola do Nordeste Brasileiro, principalmente na região da Chapada do Apodi (BEZERRA, 2011; PINTO, 2015). A elevada cobertura da vegetação densa pode estar relacionada à precipitação desse ano, que apesar de a média anual ter sido próxima do valor de precipitação histórico (ou seja, não foi nem um ano muito seco nem muito chuvoso), apresentou-se bem distribuída ao longo do período chuvoso. Esse padrão de resposta rápida das vegetações da Caatinga (tanto herbáceas como arbóreas) à ausência/presença da precipitação confirma o que alguns autores relatam para esse bioma, que a vegetação caatinga possui uma resposta imediata logo após os primeiros registros de precipitação (LEAL et. al 2005).

Ao longo da década de 1980 a cotonicultura entrou em decadência, sendo praticamente dizimada nos anos subsequentes (PINTO, 2015). A decadência dessa atividade

pode estar relacionada com o que se observou na imagem de 1989: a redução da área de cobertura da classe vegetação aberta e o aumento significativo da classe vegetação semidensa, indicando a possível sucessão ecológica que ocorreu com o abandono dos campos de algodão. Ainda, a sucessão ecológica pode ter sido favorecida com o alto índice de precipitação registrado nesse ano (EMPARN, 2010), visto que a vegetação da caatinga apresenta uma resposta muito rápida à precipitação (LEAL et. al 2005).

Após o declínio da cotonicultura, na década de 1990, as terras outrora pertencentes aos grandes latifundiários passaram pela reforma agrária, tendo sido desapropriadas pelo INCRA e entregues aos pequenos agricultores familiares (PONTES, 2012). Essas mudanças no uso da terra são notoriamente observadas no ano de 1995, no qual as classes vegetação aberta e solo exposto apresentaram um crescimento significativo em suas áreas de cobertura. Em 1995, a classe de solo exposto apresentou maior extensão considerando os 30 anos estudados. Isso reflete a magnitude da mudança no uso e manejo da terra vivenciado nessa década. As vastas áreas de solo exposto provavelmente são derivadas das áreas de cultivo de algodão abandonadas, das áreas destinadas para a instalação da agricultura familiar e das áreas destinadas a reservas legais do assentamento, como determina a resolução do CONAMA nº 289/2001 (PINTO, 2015). A grande quantidade de solo exposto e vegetação aberta podem estar relacionadas também ao regime de precipitação desse ano, que quando comparado à média histórica da região, foi classificado como um ano muito seco.

Nos anos seguintes à reforma agrária (1999 a 2000) observou-se que as áreas outrora com o solo exposto, passaram a ser recobertas pelas outras classes, principalmente pela classe vegetação aberta. Esse padrão de diminuição de solo exposto e aumento de vegetação aberta podem representar tanto a sucessão ecológica (regeneração) que campos abandonados passaram como os primeiros cultivos dos pequenos agricultores. Esses resultados podem também ser explicados pelo fim da passagem do evento de escala global (El Niño), o qual apresenta uma forte influência negativa nas precipitações na região do semiárido brasileiro (SILVA, 2009). A influência negativa do El Nino sobre a vegetação da Caatinga já foi documentada por alguns autores entre eles, Marengo et al., em 2011, o qual sugere que até o final do Século XXI a vegetação caatinga dará espaço para uma vegetação semelhante a de zonas áridas ou de deserto decorrente das elevações na temperatura e da redução na precipitação. Já o pequeno aumento da classe vegetação densa nesse ano em relação ao ano de 1995 é possivelmente um reflexo da redistribuição das terras, uma vez que todos os assentamentos devem possuir uma área de Reserva Legal (PINTO, 2015), e da precipitação

bem distribuída ao longo do período chuvoso, embora tenha sido um ano seco com precipitações abaixo da média histórica.

Com o sucesso das distribuições de terras para os assentados, os dados do IBGE mostraram que 50% da população (17.232 habitantes) residem na zona rural do município (IBGE, 2010) refletindo a grande aptidão agrícola da região. A reforma agrária na região pode ser observado nas imagens do período compreendido entre 1999 e 2009. Nessa década observou-se a redução das classes vegetação aberta e solo exposto e o aumento das classes de vegetação densa e semidensa. Os valores elevados de precipitação em 2004 e 2009 devem ter contribuído para esses padrões também. Isso se reflete nos dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) em 2009, os quais observaram que a cidade de Apodi se destacou na produção agrícola e pecuária no estado do Rio Grande do Norte e ficou em terceiro lugar entre os cinco municípios que se destacaram nessas atividades (PINTO, 2015). Esses resultados corroboram com outros trabalhos realizados na Caatinga os quais mostraram que a precipitação é um fator chave na modelagem da dinâmica da paisagem (BARBOSA et. al, 2011).

No ano de 2011 foi decretado a Desapropriação das Terras da Chapada do Apodi/RN, pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, no qual decretou que as terras eram de “utilidade pública”, para a instalação do projeto do perímetro irrigado, atingindo cerca de trinta e cinco propriedades, tirando aproximadamente 14.000 hectares das pequenas propriedades e destinando essas áreas a cinco grandes empresas (PINTO, 2015). Com este decreto as grandes empresas chegaram e se instalaram na região entre os anos de 2013 e 2014. O reflexo dessa medida pode ser observado na imagem classificada de 2014, na qual se observa que as áreas recobertas com as classes vegetações densas e semidensas apresentaram uma drástica redução. Em contrapartida, as áreas das classes de solo exposto e vegetação aberta tiveram um aumento significativo. Nesse ano, os dados da precipitação anual mostraram que foi um ano seco. Esse fator pode ter contribuído com os valores elevados de solo exposto e vegetação aberta em 2014.

Quatro anos depois das instalações das empresas na região (2018) é possível observar os resultados das análises de cobertura se comportaram inversamente ao ano de 2014, onde as classes vegetações densa e semidensa apresentaram um aumento em suas áreas de cobertura e as classes solos exposto e vegetação aberta tiveram suas áreas de uso e cobertura reduzidas. Uma explicação para o aumento da classe vegetação densa pode ser o aumento nas áreas de cultivos de mamoeiros na região que por terem porte arbóreo podem facilmente ser confundidos com a vegetação nativa em uma imagem de satélite, pois possuem reflectâncias

semelhantes (ver Figura 2). O aumento da classe vegetação semidensa também pode estar relacionado com os tipos de cultivos da região, como o sorgo e o milho, que também possuem reflectâncias semelhantes às espécies das herbáceas nativas. Outra explicação para este comportamento inverso entre anos de 2014 e 2018 pode ser à precipitação, pois 2014 foi um ano seco, com isso teve uma baixa representatividade nas coberturas das classes vegetações densa e semidensa, ao contrário de 2018, que foi um ano com a precipitação média acima da média histórica, nos quais ambas as classes apresentaram um aumento em suas áreas de coberturas, ressaltando mais uma vez que as mudanças fenológicas da vegetação da Caatinga são susceptíveis à variação climática, especificamente a precipitação (OLIVEIRA 2013).

O perímetro urbano do município de Apodi está localizado na parte de baixo da Chapada do Apodi, mais conhecida como Vale do Apodi, o mesmo aumentou gradativamente ao longo dos anos estudados, dando apenas um salto significativo do ano de 2014 para 2018, no qual este salto pode ser o reflexo da retomada da cadeia produtiva pelo agronegócio na região, juntamente com o crescimento da construção civil no município decorrente de programas sociais fornecidos pelos bancos (MORAIS, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a metodologia utilizada para esta pesquisa foi bem sucedida, no momento em que a fixação das classes conseguiu definir e diferenciar os alvos selecionados, contudo as geotecnologias são ferramentas eficientes para mapear as áreas circundantes de sítios arqueológicos. Com isto é possível concluir que qualquer interferência seja ela antrópica ou natural, ocasionam mudanças no padrão comportamental dos componentes de todo um ecossistema. Um desses componentes é a cobertura vegetal, que é um dos elementos mais sensíveis aos tipos de mudanças do meio. Com este estudo foi possível observar o quão dinâmica é a paisagem analisada e como a variação das áreas de cobertura respondeu ao tipo de uso da terra e variações na precipitação, ao longo dos anos de estudos na região da Chapada do Apodi. Um dos principais padrões observados foi à expansão da classe vegetação aberta nos anos posteriores a alguma mudança histórica no uso da terra, juntamente com os períodos de secas prolongadas, evidenciando o que diversos estudos e autores relatam, de que os ambientes não são estáticos e possuem ou buscam por um retorno após um distúrbio. Com isto, tanto as ações antrópicas quanto as variações na precipitação são agentes que modelam as paisagens no entorno do Sítio Arqueológico Lajedo de Soledade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, L. J. de O. et al. **Mapeamento do uso e cobertura das terras do Semiárido pernambucano**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes>>. Acesso em: 20 out. 2018.
- ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA, T. S.. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 28, n. 2, p.393-402, abr. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832004000200018>.
- BAGNOLI, E. O Lajedo de Soledade, Apodi (RN). Um exemplo de preservação do patrimônio cultural brasileiro. *Revista de Arqueologia*, São Paulo, 8(1): 239-253,1994.
- BAJOCCO, S. et al. The Impact of Land Use/Land Cover Changes on Land Degradation Dynamics: A Mediterranean Case Study. **Environmental Management**, [s.l.], v. 49, n. 5, p.980-989, 15 mar. 2012. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-012-9831-8>.
- BARBOSA, H. A; KUMAR, T.V. L; SILVA JUNIOR, I. W. Analysis of the NDVI temporal dynamics in semi-arid ecosystems: Brazilian Caatinga and African Western Sahel. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15. 2011, Curitiba, Pr. Anais. Curitiba, Pr: Inpe, 2011. p 6496 - 6500.
- BEZERRA, G. B. Avaliação da Eficiência de uso da Água no Algodoeiro irrigado na Chapada do Apodi sendo Simulações do Modela SWAP. 2011. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.
- CUNHA, J. E. B. L. et. al. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB. v.16, n. 5 p 539-548, 2012.
- EMPARN. Análise pluviométrica do Rio Grande do Norte. Período: 1963 – 2009. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Natal / 2010. p 71 (Documentos 39).
- FAGUNDES, M. O conceito de paisagem em arqueologia os lugares persistentes. *HOLOS Environment*, v.9 n.2, p 302, 2009.

FERNANDES, M. R. de M. et al. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.472-482, 23 out. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.121514>.

FLORENZANO, T. G., 2011. Iniciação em sensoriamento remoto. 3 ed. Oficina de Textos, São Paulo.

FREIRE, L. C.C. et al. Resíduos oriundos das indústrias na cidade de Apodi - RN: caracterização do descarte e seu uso na prática da reciclagem pela comunidade escolar. *Revista Eletrônica em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*, Santa Maria, v. 18, p. 944-954, mai./ago. 2014.

GURGEL, L. L; LUIS FILHO, J. Impactos socioambientais das indústrias da cal, no distrito de soledade do município de APODI – RN. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.87-101, 13 ago. 2012.

HOUGHTON, R. A.. The Worldwide Extent of Land-Use Change. **Bioscience**, [s.l.], v. 44, n. 5, p.305-313, maio 1994. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2307/1312380>.

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, Lei nº 3.924 de 26 de Junho de 1961.

INPE. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. Jun. 2001

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. *Censo Demográfico 2010*. Apodi/RN. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 9 mar 2018.

JÚNIOR, R.M.L.; SILVA, S.M.P. Mapeamento da cobertura da terra através de imagens LANDSAT5/TM em assentamentos rurais do município de Apodi/RN, para fins de estudos de ocupação e transformação do território. *Sociedade de Território*, Natal, v. 26, p. 17, jul./dez. 2014.

LEAL, I. R. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, Recife, v. 1, n. 1, p.139-146, jul. 2005.

LIMA, T.E.R.; COSTA, J.C.; PEREIRA, G.; Influência da variabilidade da precipitação na resposta da vegetação em São João Del-Rei. 4º Jornada Científica da Geografia. UNIFAL – MG. Alfenas – MG. Anais, 2016.

MALVEZZI, Roberto. Semiárido, uma visão holística. Brasília: Confea, 2007. p.140.

MARENGO, José A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 13. p. 383-416.

MARTINS, M. H. B.; SILVA, S. F. Uso de Imagens dos satélites CBERS-2 e Landsat V para mapeamento do Desflorestamento no Município de Ipixuna – AM – Uma proposta metodológica para a Fiscalização Ambiental na região Amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13 (SBSR), 21-26 abr. 2007, Florianópolis, SC. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.09.50/doc/4021-4028.pdf> Acesso em: 15 mar. 2019.

MEDEIROS, P.C.; PAULINO, T.; NO

GUEIRA, N.C.S. Preservando a arte do passado: Preservação das pinturas rupestres do Sítio Arqueológico Fumaça do Estrago segundo as leis patrimoniais. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, IV Colóquio De História, Nov. 2010.

MMA. Secretaria de recursos hídricos. Programa de ação nacional de combate á desertificação e mitigação dos efeitos da seca: PAN-BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 2004. p 213.

MORAIS, Marcio. **Crescimento da construção civil gera mais emprego.** Disponível em: <<http://apodiforte.blogspot.com/2011/03/crescimento-da-construcao-civil-gera.html>>. Acesso em: 02 out. 2018.

NASCIMENTO, J. J. S.. **Análise espaçotemporal da cobertura vegetal e da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Picuí.** 2017. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Picuí, Picuí, 2017.

OLIVEIRA, J. S. S. Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da reserva biológica de Saltinho, Pernambuco. Recife, p 91, 2013.

PINTO, M. S. D. et al. O Conflito Sociambiental da Chapada do Apodi: uma análise sobre as violações de direitos do Projeto da Morte. Revista Insurgência, Brasília, v. 1, n. 2, p.237-276, abr. 2015.

PONTES, A. G. V. Saúde do Trabalhador e saúde ambiental: articulando universidade, SUS e movimentos sociais em território rural. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva). Universidade Federal do Ceará – UFC, 2012, 263 f.

PORPINO, K. O. Registros de mamíferos fósseis no Lajedo de Soledade, Apodi, Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Paleontologia, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p.349-358, set. 2004.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R; TABARELLI, M; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2003. p. 3-73.

SÁ, I. B. et. al. Desertificação no Semiárido Brasileiro. 2º Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas. Fortaleza, CE, 2010.

SANTANA, J. A. da S. et al. Estrutura e distribuição espacial da vegetação da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s.l.], v. 36, n. 88, p.355-361, 11 jan. 2017. Embrapa Florestas. <http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1002>.

SANTANA JÚNIOR, H E. Zoneamento agroecológico do município de Apodi (RN). 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SILVA, A. P. N. et al. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no Semi-árido de Pernambuco. Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 4, p.195-205, Out/Dez 2009.

SPENCER, W.B. O patrimônio cultural desconsiderado: o Lajedo de Soledade. Revista de Humanidades. Publicação do Departamento de História e Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ensino Superior do Seridó – Campus de Caicó. v.6, dez.2004/jan.2005. – Semestral. Disponível em Disponível em www.cerescaico.ufrn.br/mneme

VALE, T. M. C.; BARBOSA, L.M. Agricultura e pecuária no semiárido nordestino e suas adversidades em relação ao clima alterando a atual dinâmica demográfica do município de Caraúbas/RN. In: VII Congreso de la Asociación latino-americana da Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2016, Foz do Iguaçu. Anais, 2016.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S.; PAREYN, F. S G. C. Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga. Recife: Recife: APNE - Associação Plantas do Nordeste, TNC. p 76. 2002.