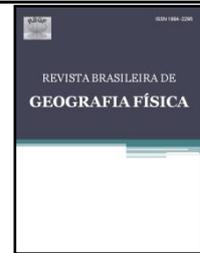




ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil

Fabiana Silva de Lima<sup>1</sup>, Nadjacleia Vilar Almeida<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecóloga pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Rio Tinto, Paraíba, Brasil. Autor correspondente: e-mail: limafabiana@gmail.com, <sup>2</sup>Profa. Dra. do Departamento de Engenharia e Meio Ambiente - DEMA, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Rio Tinto, Paraíba, Brasil. E-mail: nadjacleia@ccae.ufpb.br

Artigo recebido em 22/11/2016 e aceito em 24/04/2017

### RESUMO

O comportamento dinâmico da vegetação ao longo do tempo pode ser espacializado com auxílio das ferramentas de Geoprocessamento e técnicas de Sensoriamento Remoto ancoradas à utilização de imagens captadas por sensores remotos. A presente pesquisa objetivou analisar a dinâmica espacial da cobertura vegetal presente na APA do Cariri-PB no intervalo temporal de 24 anos. Utilizando-se para tal, imagens orbitais multitemporais capturadas pelos sensores *Thematic Mapper* (18/06/1990 e 22/04/2010), *Enhanced Thematic Mapper* (13/07/2002) e *Operational Land Imager* (20/06/2014), acoplados aos satélites da série Landsat 5, 7 e 8, respectivamente. As imagens foram processadas segundo as etapas do Processamento Digital de Imagens - PDI. O método da classificação supervisionada com o algoritmo da Máxima Verossimilhança - MAXVER possibilitou espacializar a dinâmica da vegetação no período analisado (1990-2014). Os principais resultados mostraram que em 1990 a vegetação densa recobria 31,4 km<sup>2</sup> (19,92%) da APA, sendo registrada, no mapeamento seguinte (2002), uma redução significativa das áreas cobertas por essa classe apresentando 8,35 km<sup>2</sup> (5,3%). Em 2010, período posterior à transformação da área em uma UC, foi registrado um decréscimo da classe solo exposto (8,9%) e aumento das classes caatinga densa (17,3%) e semidensa (34,11%). Em 2014 houve redução das classes caatinga densa (7,14%) e aberta (27,28%) enquanto as áreas com solo exposto aumentaram, com 47,91 km<sup>2</sup> (30,39%). Conclui-se que a cobertura vegetal da APA foi reduzida ao longo do período analisado e que a vegetação da caatinga tem relações significativas com os fatores físicos (precipitações e relevo) os quais influenciam na distribuição espacial e temporal da vegetação.

Palavras-chave: Caatinga, Chuva, Semiárido, Desmatamento, Sensoriamento Remoto.

## Spatial and temporal dynamic of the vegetation cover in the environmental protection area (E.P.A.) of Cariri, Paraíba-PB, Brasil

### ABSTRACT

The dynamic behavior of the vegetation over time can be spatialised with the help of Geoprocessing tools and Remote Sensing techniques anchored to the use of images captured by remote sensors. This study aimed to analyze the spatial dynamics of the vegetation present in Cariri's E.P.A., in Paraíba – In the hiatus of 24 years. For this purpose, we used multi-temporal satellite images captured by the *Thematic Mapper* sensors (June 18<sup>th</sup>, 1990 and April 22<sup>nd</sup>, 2010), *Enhanced Thematic Mapper* (July 13<sup>th</sup>, 2002) and *Operational Land Imager* (June 20<sup>th</sup> 2014) Landsat satellite linked to the Landsat series 5, 7 and 8, respectively. The images were processed according to the steps of the Digital Image Processing (D.I.P.). The method of supervised classification with the algorithm Maximum Likelihood - MAXVER allowed us to spatialise the vegetation dynamics in the period analyzed (1990-2014). The main results showed that in 1990 the dense vegetation covered 31,4Km<sup>2</sup> (19.92%) of the Environment Protection Area (E. P. A.), and we registered in the following mapping (2002), a significant reduction of the areas covered by this class: 8,35Km<sup>2</sup> (5.3 %). In 2010, after the transformation of the area into a Conservation Unit, it was recorded a decrease of the exposed soil class (8.9%) and an increase in dense Caatinga classes (17.3%) and semidense (34.11%). In 2014 there was a reduction of dense Caatinga classes (7.14%) and open Caatinga classes (27.28%), while the areas with bare soil increased with 47,91Km<sup>2</sup> (30.39%). We conclude that the vegetation of the E.P.A. was reduced over the reporting period and the vegetation of the Caatinga area has significant connexions with the physical factors (rainfall and relief) which influence the spatial and temporal distribution of vegetation.

Keywords: Caatinga, Rain, Semi-Arid, Deforestation, Remote Sensing.

## Introdução

A paisagem natural resulta de uma combinação dinâmica de diversos componentes ou conjuntos naturais (clima, relevo, solos, hidrografia, cobertura vegetal, etc.). Uma intrincada rede de interações entre esses conjuntos formam a paisagem e sua estrutura influencia as relações ecológicas determinando as condições naturais do ambiente.

Neste cenário, a cobertura vegetal exerce importante papel, uma vez que representa a principal defesa da unidade da paisagem contra os efeitos dos processos modificadores das formas de relevo (erosão); protege os solos da ação direta das gotas de chuva que promovem a desagregação das partículas; impede a compactação e aumenta a capacidade de infiltração do solo pela água da chuva; dá suporte a vida silvestre (Crepani et al., 2001) e, tem influência direta nas interações ecológicas do ecossistema e na manutenção do equilíbrio dinâmico do ambiente.

No semiárido, onde as paisagens caracterizam-se por apresentar uma vegetação caducifólia, má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, baixos índices pluviométricos associados a prolongados períodos de estiagem, temperaturas elevadas, solos rasos e pedregosos e rios intermitentes, o papel de proteção desempenhado pela vegetação torna-se ainda mais imprescindível.

Nesse contexto, a vegetação xerófila, de fisionomia e florística variadas, que tem mantido desde o período colonial a denominação indígena de “caatinga” (Rodal et al., 2013), é o manto que recobre os solos das paisagens no perímetro semiárido do Nordeste brasileiro. O termo “caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, que caracteriza o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos dominam a paisagem seca (Prado, 2003, p. 3).

De modo geral, a caatinga é caracterizada por um tipo de vegetação xeromorfa, composta por florestas de porte baixo, com dossel, Termo atribuído ao conjunto de plantas de uma mesma fisionomia distribuídas sobre a superfície terrestre (Ponzoni e Shimabukuro, 2007, p.11), geralmente descontínuo, folhagem decídua na estação seca e árvores e arbustos comumente armados com espinhos ou acúleos (Coe et al., 2015).

Em função de suas características, seus ecossistemas são importantes unidades geográficas que se apresentam sob peculiaridades ambientais, variabilidade de habitats, endemismos (Leal et al., 2005) e uma rica biodiversidade constituída por fauna e flora únicas. Bastos e Cordeiro (2012, p. 9)

afirmam que “dentre os domínios morfoclimáticos brasileiros a caatinga é o que apresenta a maior variedade fitogeográfica com vários padrões de caatingas, núcleos de matas úmidas, cerrados e de matas ciliares”.

Souza (2008) afirma que a diversidade encontrada no domínio da caatinga é o resultado da variedade de ambientes em relação aos solos, a geomorfologia, a geologia e as mudanças de pluviosidade (no seu total e na sua distribuição espacial).

Todavia, não diferente do que ocorre a outras tipologias vegetais de outros biomas do país, a caatinga, devido à forma de exploração não sustentável e indiscriminada dos seus recursos, sobretudo o desmatamento da cobertura vegetal, sem considerar sua fragilidade natural, para a retirada de lenha, ou para implantação de culturas agrícolas ou para o pastejo de animais, vem sendo a muito submetida a um crescente processo de degradação ou substituição de suas paisagens naturais.

Tendo por base que a vegetação, devido suas características intrínsecas, é um dos parâmetros que primeiro responde as alterações no seu ambiente, as mudanças na cobertura vegetal natural são reconhecíveis na paisagem e na maioria das vezes são reflexos de uma alteração ambiental. O grau de alteração da vegetação, bem como os usos inadequados propiciam a ocorrência do processo de desertificação o qual vem ameaçando a estabilidade de ecossistemas e de populações que vivem nas terras semiáridas no Nordeste brasileiro.

Leal, Tabarelli e Silva (2003) afirmam que o extenso processo de alteração e deterioração ambiental da caatinga, provocado pelo uso insustentável dos recursos, está levando a rápida perda de espécies únicas, a eliminação de processos ecológicos chave e a formação de extensos núcleos de desertificação em vários setores da região. A extração indiscriminada da cobertura vegetal nativa associada às fragilidades naturais da região e a carência de informações por parte da população potencializam a ocorrência desse processo.

Tendo em vista essas questões e partindo da premissa que a vegetação é um indicador da qualidade do ambiente, a análise e o monitoramento das alterações na vegetação são fundamentais para a aquisição de informações que permitam um melhor entendimento da dinâmica ambiental de uma área. Tal monitoramento é embasado na necessidade de análise dos recursos vegetais, contribuindo para o acompanhamento temporal e a obtenção de informações pertinentes quanto à distribuição dos tipos de vegetação, a fenologia, Ritmo dos eventos periódicos da história de vida das plantas, como a iniciação do

crescimento, o florescimento e a dormência, a estrutura do dossel, as condições de estresse e as mudanças de uso do solo (Formigoni et al., 2011).

Nesse sentido, configura-se de fundamental importância pesquisas que visem identificar alterações na dinâmica da cobertura vegetal em áreas de caatinga, no intuito de levantar informações que possam auxiliar nas ações de combate a desertificação na região, uma vez que os ambientes de caatinga encontram-se ameaçados por esse processo e são, ainda, carentes de informações.

As geotecnologias permitem a obtenção de informações que ajudam a compreender a evolução do quadro atual, a monitorar e a estimar a expansão das alterações no meio, através da coleta, armazenamento e análise de dados. Os dados utilizados possuem uma referência geográfica que permite correlacionar e validar as informações com o terreno, proporcionando maior segurança, o que auxilia na tomada de decisão dos gestores públicos.

A utilização integrada de técnicas de sensoriamento remoto, especificamente as técnicas de Processamento Digital de Imagens, com as ferramentas e as metodologias disponibilizadas pelo Sistema de Informações Geográficas - SIG no que se refere à espacialização de informações, viabilizam estudos espaço-temporais que permitem identificar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra em uma determinada área. O uso das imagens captadas por sensores remotos constitui uma ferramenta viável para fins de mapeamento e monitoramento de alterações no ambiente porque permite uma visão repetitiva e holística da paisagem.

As análises sobre mudanças na vegetação, em áreas de caatinga, podem ser otimizadas com auxílio de dados pluviométricos, uma vez que, de acordo com Cunha et al (2012), a precipitação é uma das forças motrizes para a disponibilidade de biomassa em áreas secas e portanto, altamente correlacionada com a cobertura vegetal.

Nessa perspectiva, este trabalho, fazendo uso das geotecnologias, busca contribuir na análise e no monitoramento dos ambientes semiáridos reunindo informações sobre a dinâmica da vegetação e sua relação com a ocorrência de precipitações.

À luz dessas informações, o estudo objetiva analisar a dinâmica espaço-temporal da vegetação da Área de Proteção Ambiental - APA do Cariri, localizada no semiárido paraibano. Partindo-se do pressuposto de que a cobertura vegetal é um indicador da qualidade da paisagem bem como, um dos principais indicadores para

avaliar a ocorrência do processo de desertificação, sendo o seu monitoramento de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio do ecossistema da caatinga.

## **Material e métodos**

### *Caracterização da área de estudo*

Localizada no semiárido paraibano, assentada sobre o Planalto da Borborema, a APA do Cariri é uma Unidade de Conservação - UC de uso sustentável dos recursos naturais criada pelo Decreto Estadual nº 25.083, de 08 de junho de 2004 (Paraíba, 2004).

Abrange uma porção territorial de 18.560 ha (dezoito mil quinhentos e sessenta hectares) e encontra-se parcialmente inserida em terras dos municípios de Cabaceiras, São João do Cariri e Boa Vista (Figura 1), sendo os dois primeiros municípios pertencentes a microrregião do Cariri Oriental e mesorregião da Borborema, e o último pertencente a microrregião de Campina Grande e mesorregião do Agreste, todos no estado da Paraíba, nordeste do Brasil.

Com solos rasos e pedregosos sobre o qual cresce uma vegetação xerófila adaptada ao déficit hídrico acentuado e às condições reinantes de semiaridez, a APA do Cariri está localizada em uma região, segundo Souza et al. (2010), em franco estado de desertificação no nordeste brasileiro.

A vegetação que recobre a área, levando-se em consideração o grau de aridez, é do tipo caatinga hiperxerófila.

O clima da região é do tipo semiárido quente, classificado por Köppen-Geiger como BSh, caracterizado por um regime pluviométrico baixo e irregular (Alvares et al., 2013), apresentando precipitações médias anuais entre 400 e 500 mm (AESAs, 2016) e temperaturas médias anuais elevadas, entre 25 e 27°C.

A vegetação que recobre a área, levando-se em consideração o grau de aridez, é do tipo caatinga hiperxerófila. Segundo Paraíba (2004) ainda existe na APA vegetação remanescente da Caatinga arbustivo-arbórea e resquícios de Mata Serrana. As características climáticas descritas permitem a predominância de uma cobertura vegetal constituída de espécies decíduas e caducifólias, com forte presença das cactáceas (Ab'Sáber, 1974).

Os recursos hídricos estão representados por rios e riachos de caráter intermitente inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá. O rio Taperoá, que corta a área e recebe as águas dos rios Serra Branca, Gurjão, Soledade e Riacho do Farias, é o principal deles.

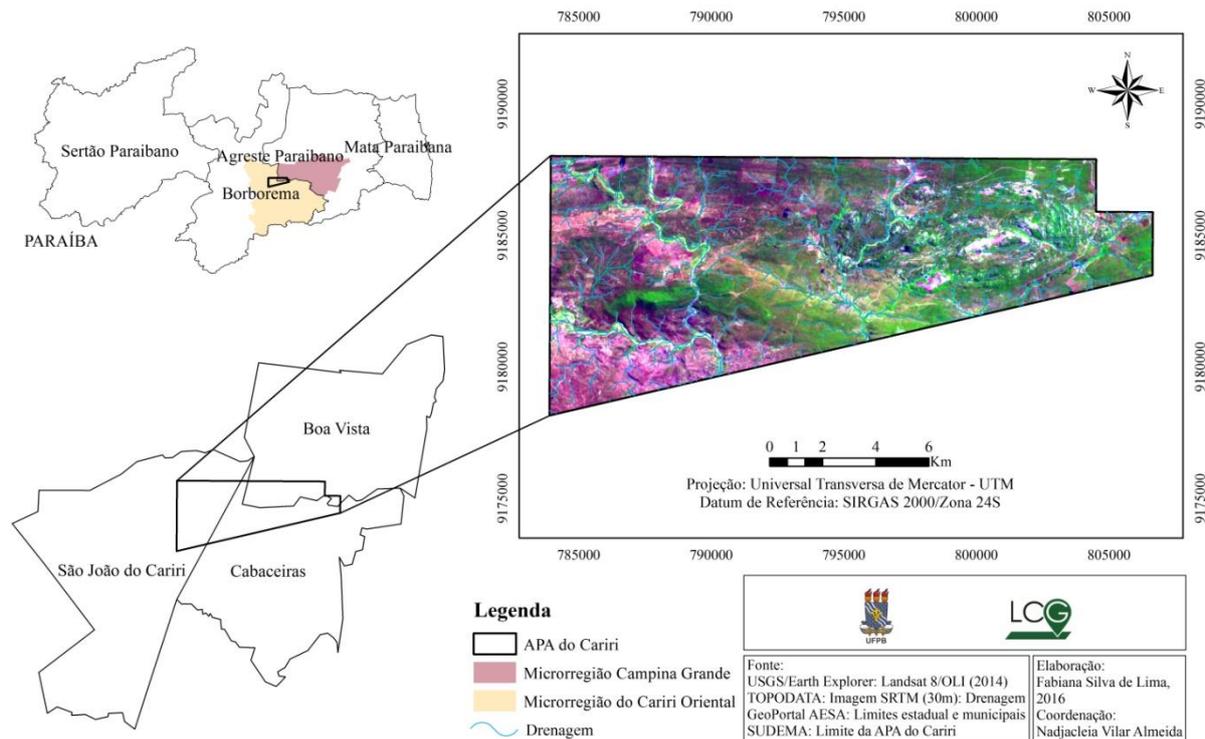


Figura 1. Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba, Brasil.

**Material**

Para alcançar o objetivo proposto, foram utilizadas imagens orbitais multitemporais (Quadro 1), captadas a partir dos instrumentos imageadores TM (*Thematic Mapper*), ETM

(*Enhanced Thematic Mapper*) e OLI (*Operational Land Imager*) abordo dos satélites da série Landsat (Satélite de Recursos Terrestres) 5, 7 e 8, respectivamente.

Quadro 1. Imagens de satélite utilizadas no estudo.

Satélite	Sensor	Órbita/ ponto	Data de aquisição	Resolução espacial	Fonte/ aquisição
Landsat 5	TM	215/065	18 Junho 1990 22 Abril 2010	30 m	DGI/INPE
Landsat 7	ETM	215/065	13 Julho 2002	30 m	DGI/INPE
Landsat 8	OLI	215/065	20 Junho 2014	30 m	USGS/ <i>Earth Explorer</i>

Para que os procedimentos metodológicos fossem implementados e integrados, fez-se necessária a utilização de *softwares* de SIG (Sistema de Informações Geográficas).

Para o pré-processamento, utilizou-se o QGIS versão 2.10. A etapa de processamento digital das imagens de satélite foi realizada no ambiente do SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.2.

Quando da etapa de campo, utilizou-se, aparelho receptor GPS (*Global Positioning System*) de navegação, como ferramenta auxiliar e imprescindível no que se refere à obtenção das coordenadas geográficas dos pontos de interesse.

**Procedimentos metodológicos**

Os procedimentos técnicos adotados foram divididos e agrupados em duas etapas principais, escritório e campo (Figura 2).

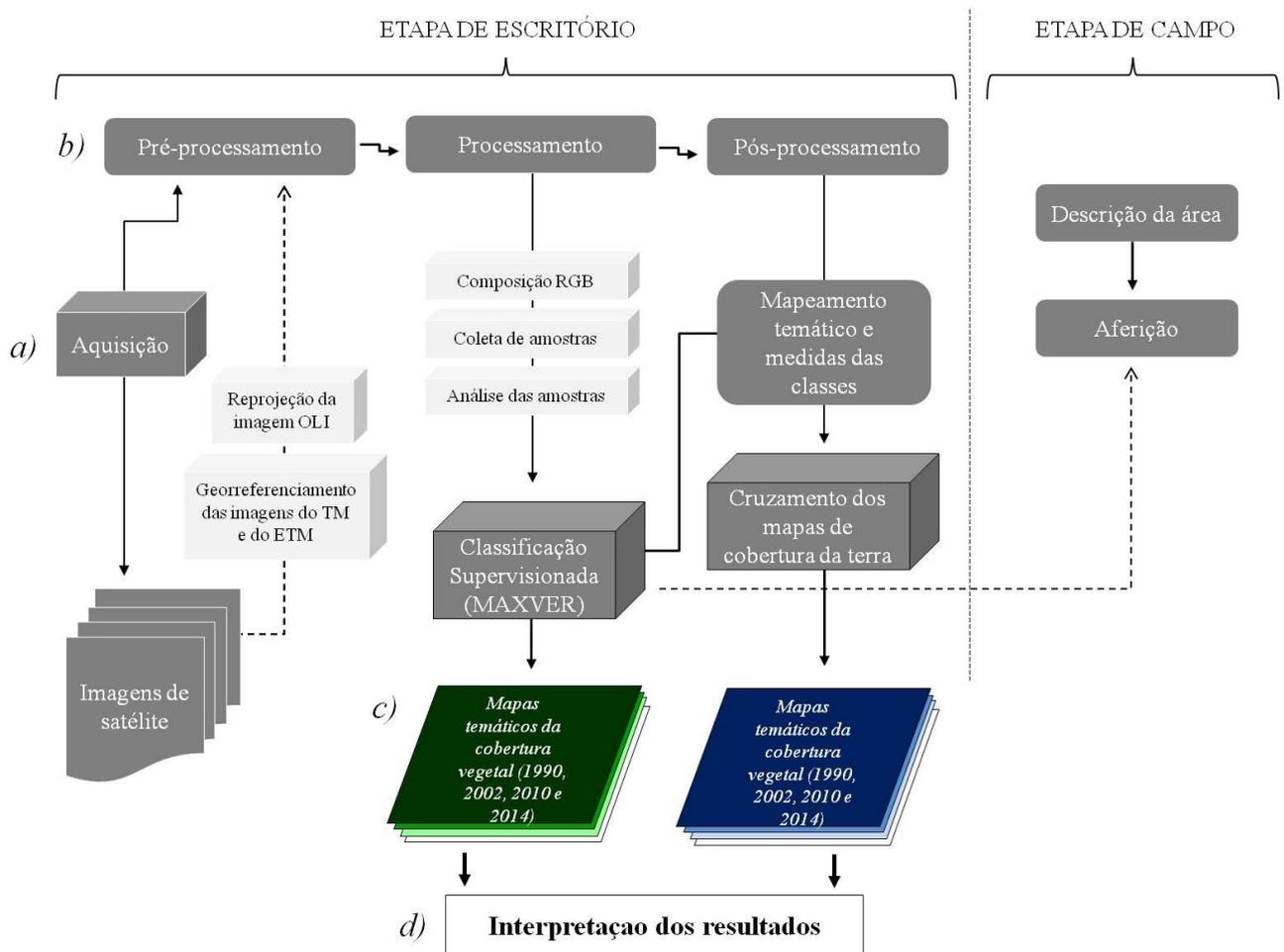


Figura 2. Fluxograma dos procedimentos e técnicas adotados no estudo.

*Etapa de escritório*

Nesta primeira etapa foram realizados os seguintes passos: a) seleção e aquisição das imagens; b) pré-processamento, processamento e pós-processamento; c) mapeamento temático a partir das imagens de satélite especializando a cobertura vegetal existente no período em que as imagens foram capturadas; e d) análise comparativa dos mapas temáticos gerados.

*Aquisição*

Foi realizada a aquisição das imagens do TM/Landsat 5 e do ETM/Landsat 7, disponibilizadas gratuitamente na página da Divisão de Geração de Imagens - DGI do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE a partir do Catálogo de Imagens (INPE, 2016) e da imagem OLI/Landsat 8, disponibilizada no banco de dados do *United States Geological Survey* (USGS, 2016) a partir da página do *Earth Explorer*.

Dois critérios foram considerados na seleção das imagens de satélite: 1) o período de captura da imagem pelo sensor; 2) a cobertura de nuvens presente nas imagens.

O primeiro critério justifica-se pelo fato do estudo tratar-se da análise espaço-temporal da

vegetação de caatinga, a qual permanece a maior parte do ano desfolhada devido a uma adaptação para evitar a perda de água por evaporação das folhas, a chamada caducifolia, e assim lidar com a escassez hídrica da região. Nas imagens de satélite, a caatinga nos períodos de latência tende a apresentar-se com uma tonalidade clara e, dessa forma, pode ser facilmente confundida com outros alvos da superfície, como solo exposto, por exemplo. Assim, com o objetivo de se obter uma melhor resposta espectral do índice foliar, tomou-se como parâmetro, o período chuvoso ou imediatamente após, devido à exuberância da caatinga nesta época (Souza, 2008; Pereira et al., 2010).

O segundo critério utilizado foi o percentual de cobertura de nuvens, de modo que foram selecionadas para o estudo imagens que apresentaram ausência ou uma porcentagem mínima ( $\leq 10\%$ ) sobre a área de interesse.

*Pré-processamento*

Inicialmente, fez-se necessária a correção geométrica das imagens do *Thematic Mapper* e do *Enhanced Thematic Mapper* do Landsat 5 e 7, respectivamente. Para a imagem do sensor

*Operational Land Imager* não foi necessário o registro, uma vez que a USGS/NASA já disponibiliza as imagens Landsat 8 ortorretificadas, sendo necessário apenas reprojeta-las do hemisfério norte para o hemisfério sul.

As imagens TM e ETM foram empilhadas (bandas 2, 3, 4, 5 e 7), recortadas para delimitar o retângulo envolvente desejado com o intuito de facilitar o processamento e, por fim, registradas (georreferenciadas) tendo como base a imagem Landsat 8.

Posteriormente foi criado o banco de dados geográfico e o projeto no SPRING 5.2, na projeção cartográfica sistema *Universal Transversa de Mercator* - UTM zona 24 Sul e o Datum de referência SIRGAS 2000.

#### *Processamento digital das imagens*

Os procedimentos técnicos para a análise e interpretação das imagens do TM e do ETM do Landsat 5 e 7, respectivamente, foram fundamentados segundo os métodos propostos por Crepani et al. (2001), utilizando-se a composição 5R4G3B. De acordo com Crepani et al. (2001, p.19), a escolha desta composição justifica-se pelo

fato de que nela os matizes de cores relacionados à vegetação apresentam-se mais “amigáveis” ao intérprete, uma vez que a cor verde é atribuída à banda 4 na qual é mais evidente a resposta refletida pela vegetação, e assim, o fotointérprete faz uma associação direta dos matizes de verde com áreas providas de diferentes densidades de cobertura vegetal.

Para interpretação da imagem do sensor OLI do Landsat 8, visando a obtenção de resultado análogo às imagens do TM/Landsat 5 e do ETM/Landsat 7, foi utilizada a composição colorida 6R5G4B.

Com base na análise dos padrões de cor, textura e forma dos objetos e feições representados nas imagens, com fins de identificar os diferentes objetos presentes na área de estudo, as imagens foram analisadas utilizando-se o método de Chaves de Interpretação de Objetos e Feições, adaptado segundo Florenzano (2011).

O Quadro 2 mostra os objetos representados em composição colorida existentes na área de estudo e suas respectivas chaves de interpretação.

Quadro 2. Objetos e feições ambientais representados em composição colorida (falsa cor) 4 (B), 5 (G) e 6 (R) em imagem Landsat 8 e respectivas chaves de interpretação.

<b>Composição colorida</b>	<b>Objeto</b>	<b>Chave de interpretação*</b>
	Caatinga Densa	Cor verde-escuro; textura rugosa; forma irregular.
	Caatinga Semidensa	Cor verde; textura ligeiramente rugosa; forma irregular.
	Caatinga Aberta	Cor verde tendendo ao claro com pontos magenta (solo exposto); textura ligeiramente rugosa; forma irregular.
	Solo Exposto (solo, afloramentos rochosos, rios intermitentes)	Cor magenta (rosa), podendo ser bem claro, tendendo ao branco; textura lisa; forma regular.
	Água (corpo d'água, reservatórios e lagos)	Cor azul (lagos: material em suspensão); textura lisa; forma irregular, linear, retilínea ou curva.

\* amostras retiradas da imagem OLI/Landsat 8 imageada em 20/06/2014 em composição falsa cor R6G5B4 com aplicação de contraste linear. Fonte: Baseado em Florenzano (2011, p. 62).

#### *Classificação supervisionada MAXVER (Máxima Verossimilhança)*

As bandas 5, 4 e 3 do TM e do ETM e as bandas 6, 5 e 4 do OLI foram preparadas para a classificação digital levando-se em consideração o comportamento espectral e o contraste dos alvos (vegetação, solo e água).

Para melhor diferenciação entre os objetos aplicou-se técnicas de realce de contraste nas composições RGB. O contraste aplicado foi do tipo Linear, nas bandas 5, 4 e 3 do TM e do ETM e nas bandas 6, 5 e 4 da imagem do sensor OLI nos canais vermelho, verde e azul, respectivamente.

Posteriormente, cinco classes que representam a diversidade de coberturas da terra na área de estudo foram definidas e localizadas nas imagens, a saber: 1- Caatinga Densa - CD: pode ser facilmente discriminada nas imagens com relação a outros alvos, uma vez que apresenta, visualmente, um grau de recobrimento do terreno considerável e uma ligeira rugosidade, estando supostamente, relacionada às áreas cobertas pelas caatingas arbórea e arbustiva fechadas; 2- Caatinga Semidensa - CS: representa uma vegetação de transição entre uma cobertura mais densa e uma mais espaçada ou aberta; 3- Caatinga Aberta - CA: representa uma vegetação rala com enclaves de solo exposto; 4- Solo Exposto - SE: engloba os solos desnudos, os afloramentos rochosos e os rios de regime intermitente (com leito seco) que cortam à região da UC e; 5- Água - Ag: que engloba os corpos d'água da região.

O método de classificação utilizado foi o Supervisionado, utilizando-se o algoritmo classificador do tipo *pixel a pixel* da Máxima Verossimilhança - MAXVER.

Logo, todos os *pixels*, dentro e fora das áreas de treinamento, foram classificados com um limiar de aceitação de 100%, inserindo nas classes os *pixels* a elas correspondentes.

Executou-se o procedimento de pós-classificação nas imagens classificadas com o objetivo de eliminar possíveis erros da classificação e uniformizar os temas (eliminar pontos isolados), para tal, os parâmetros adotados foram o peso 2 e o limiar de aceitação 5.

O mapeamento da cobertura da terra atual (2014) foi realizado posteriormente a etapa de campo.

#### Etapa de campo

A etapa de campo objetivou, primeiramente, o reconhecimento da área de estudo, seguido do levantamento de informações referentes a aspectos da paisagem local para uma melhor descrição e caracterização.

As visitas a campo foram realizadas em novembro/2014 (época de estiagem), maio/2015 e março/2016 (época chuvosa). Nos pontos visitados foram descritos aspectos da paisagem como vegetação, solo e uso da terra.

#### Quantificação das áreas com cobertura vegetal no período 1990-2014

Posteriormente a classificação, foi gerado o mapa temático da cobertura vegetal para cada imagem referente aos anos em análise. Para quantificar as áreas das classes existentes nas imagens de cada ano, utilizou-se a ferramenta Medidas de Classes do SPRING, a qual possibilita a quantificação das áreas das classes existentes em uma categoria temática.

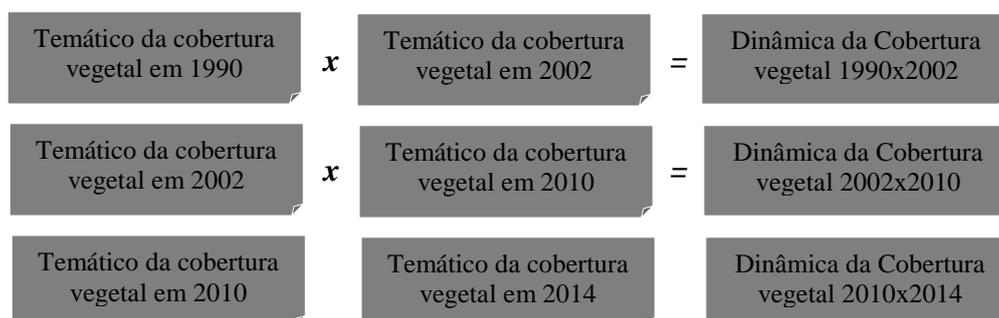
Para tanto, fez-se necessário o mapeamento das classes existentes na imagem pós-classificada. Após este procedimento, o *software* gera uma nova imagem classificada em uma categoria do tipo temática, da qual é possível aplicar o cálculo de medidas de classes que por sua vez, gera um relatório quantificando os valores pertencentes às classes temáticas representando-as, em termos de área, em quilômetros quadrados.

#### Cruzamento dos mapas temáticos para diagnosticar a situação da cobertura vegetal no período 2002-2014

Após a quantificação das áreas cobertas por cada classe temática presente nas imagens classificadas dos anos 1990, 2002, 2010 e 2014, os mapas temáticos que espacializam a cobertura vegetal no período estudado foram convertidos do formato *raster* (matriz) para vetor.

Posteriormente, procedeu-se com o cruzamento das camadas vetoriais (Figura 3), preservando-se as informações de ambas as camadas no arquivo resultante da operação (Silva et al., 2013a). Para o estudo, foram cruzadas as seguintes informações: mapa temático da cobertura vegetal existente em 1990 com o mapa temático da vegetação de 2002, gerando a camada vetorial “cruzamento 1990x2002”, novo arquivo vetorial que herda em sua tabela de atributos as informações das camadas de origem. Repetiu-se o procedimento para os demais mapas temáticos (2002x2010 e 2010x2014).

O procedimento foi realizado para análise do quanto de cobertura vegetal foi suprimida/alterada e o quanto se manteve conservada/preservada ao longo do período estudado (24 anos).



x

=

Figura 3. Metodologia aplicada para o cruzamento dos mapas temáticos da cobertura vegetal. Fonte: Baseado em Silva et al. (2013a).

Uma vez realizado o cruzamento, foi criado um novo campo na tabela de atributos da camada vetorial resultante dos cruzamentos, denominado de DINÂMICA. Com o novo campo criado, procedeu-se com a análise das informações e foi realizada a seguinte associação: a- as áreas cobertas por vegetação que se mantiveram de uma década para outra, foram classificadas no campo SIT, como CONSERVADA/ PRESERVADA; b- as áreas com alguma cobertura vegetal que foram substituídas por solo exposto foram classificadas como SEM COBERTURA VEGETAL; c- as áreas cuja cobertura vegetal foi reduzida, quanto ao grau de recobrimento do terreno (p. ex., Densa → Semidensa → Aberta) foram classificadas como PERDA DE COBERTURA; d- as áreas onde a cobertura vegetal aumentou seu porte (Aberta → Semidensa → Densa), ou aquelas que antes eram desprovidas de vegetação (com solo exposto e/ou água), e posteriormente houve alguma recomposição foram classificadas como REGENERADA/REGENERAÇÃO e; e- as áreas com corpos d'água que se mantiveram foram classificadas como ÁGUA.

#### *Dados de precipitação*

Com fins de apoiar as análises e avaliar os resultados, levando-se em consideração as características intrínsecas da vegetação de caatinga de modificar sua fisionomia cinza do período de latência para um verde exuberante na época das chuvas (Pereira et al., 2010), com o intuito de verificar o comportamento das chuvas na região, fez-se necessário considerar o período de aquisição das imagens pelo sensor.

Os dados de pluviometria dos municípios/postos monitorados sobre os quais se insere a APA do Cariri, referentes aos anos estudados, foram adquiridos no banco de dados *online* da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA/PB (<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarMesesChuvasMensais>).

Assim, foram elaborados gráficos dos índices pluviométricos mensais dos municípios que compõe a APA (Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri) abrangendo os meses de janeiro a dezembro para os anos 2000, 2010 e 2014.

Ressalta-se que não estão disponíveis os dados diários de precipitação, impossibilitando uma análise mais detalhada da influência da chuva no comportamento da cobertura vegetal ao longo dos anos analisados. Destaca-se, também, que não estão disponíveis os dados mensais do ano de 1990, dessa forma, optou-se por apresentar os dados da normal climatológica, intervalo temporal de 1961 a 1990, disponibilizado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE e publicado pela AESA/PB.

#### **Resultados e discussão**

A geração dos mapas temáticos da cobertura vegetal possibilitou a identificação de áreas na UC cobertas por fitofisionomias de caatinga densa, caatinga semidensa e caatinga aberta, bem como as áreas desnudas de vegetação (solo exposto e os corpos d'água) e demonstrou a dinâmica espacial da cobertura vegetal ao longo de 24 anos.

Em 1990 verifica-se que as classes de caatinga densa, caatinga semidensa e caatinga aberta tiveram uma significativa representatividade, onde somadas correspondem a 82,89% da área com cobertura vegetal (Figura 4 e Tabela 1).

Observa-se que na porção centro-oeste, norte, e nordeste se encontram as áreas com vegetação de maior densidade, representadas pela tipologia caatinga densa, a qual, provavelmente, está associada a ocorrência das classes de caatinga arbóreo-arbustiva fechada e arbustivo-arbórea fechada, estabelecidas por Souza (2008). Manchas menores e mais descontínuas podem ser observadas na porção noroeste, sudeste e central, próximo a drenagem e nas áreas dos afloramentos rochosos, na porção leste.

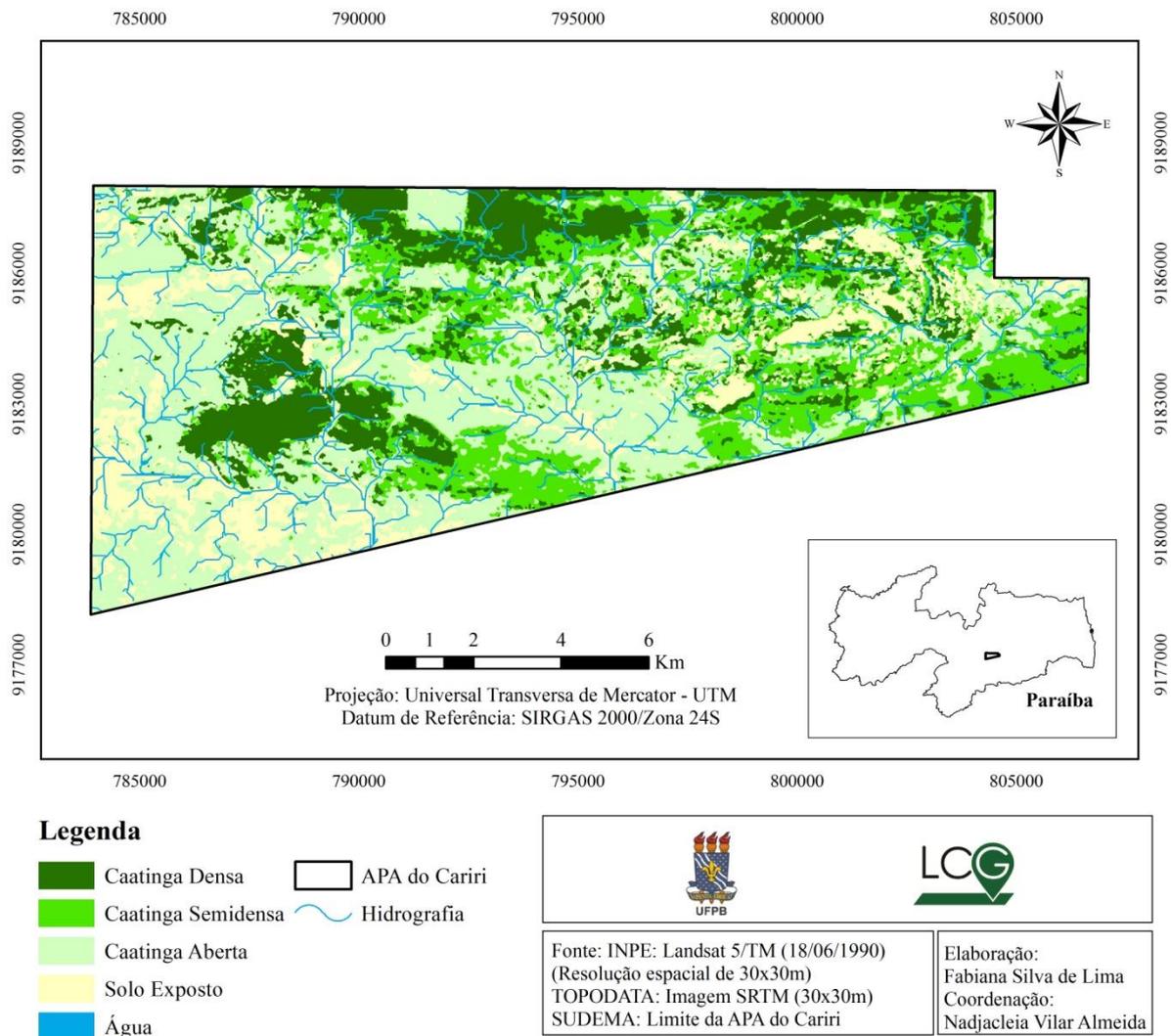


Figura 4. Cobertura da terra em 1990 na Área de Proteção Ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil.

Tabela 1. Quantificação das áreas ocupadas pelas diferentes coberturas da terra em 1990, 2002, 2010 e 2014 na APA do Cariri, Paraíba, Brasil.

Classes	1990		2002		2010		2014	
	(km <sup>2</sup> )	%						
Caatinga Densa	31,4	19,92	8,35	5,3	27,28	17,3	11,26	7,14
Caatinga Semidensa	35,72	22,65	47,94	30,4	53,78	34,11	55,47	35,18
Caatinga Aberta	63,58	40,32	71,98	45,65	62,54	39,66	43,01	27,28
Solo Exposto	26,93	17,08	29,02	18,4	14,03	8,9	47,91	30,39
Água	0,04	0,03	0,39	0,25	0,05	0,03	0,02	0,01
<b>Área total</b>	<b>157,67</b>	<b>100</b>	<b>157,68</b>	<b>100</b>	<b>157,68</b>	<b>100</b>	<b>157,67</b>	<b>100</b>

Analisando-se o gráfico que representa o comportamento médio das chuvas na região da APA, a partir de uma série histórica (30 anos) de dados pluviométricos, é possível observar que o período chuvoso (com precipitações acima da média) iniciou-se em fevereiro e estendeu-se até

julho (Figura 5). Este fato justifica a boa representatividade da classe caatinga densa no mapeamento, uma vez que a imagem foi capturada em um mês chuvoso (junho/1990) em que a vegetação estava bastante ativa fotossinteticamente. Este resultado corrobora com

Perez et al. (2004) que constataram que a caatinga, nos períodos chuvosos, revela-se extremamente ativa fotossinteticamente, aumentando a resposta da vegetação, ou seja, a capacidade de revitalização da vegetação da caatinga ocorre logo após as primeiras precipitações.

As demais áreas existentes em 1990 eram caracterizadas pelas superfícies não vegetadas

(solo exposto) representadas pelas áreas com solos desnudos, concentradas, principalmente, próximo às margens do curso principal do Rio Taperoá; nas áreas dos afloramentos rochosos, localizados a sudeste e a nordeste; e, nas áreas dos rios, de caráter temporário. Assim, a classe solo exposto, corresponde a 17,11% da área total da UC (Tabela 1).

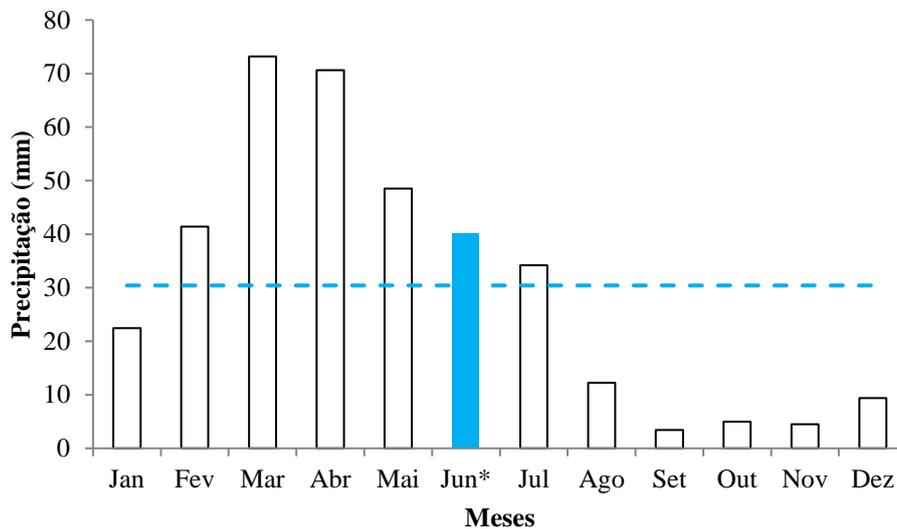


Figura 5. Normal climatológica, mensal, representando médias de, no mínimo, trinta anos de dado, e anual dos municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri, sobre os quais se insere a APA do Cariri. Fonte: SUDENE - Dados Pluviométricos do Nordeste - Série Pluviometria 5, Recife, 1990 (AESAs, 2016). \*Mês de captura da imagem pelo sensor.

A classe Água, nesse e nos mapeamentos que se seguirão referentes aos anos estudados, apresentou baixa representatividade (< 1%) da área total da APA (Tabela 1).

Comparando os resultados obtidos no mapeamento de 1990 e 2002 (Figura 6), e na quantificação das áreas (Tabela 1), percebe-se que houve uma significativa redução na classe caatinga densa, a qual em 1990 apresentava-se na paisagem como manchas extensas e mais contínuas e concentradas nas áreas mais elevadas da UC, apresentando uma área de 31,4 km<sup>2</sup> representando 19,92% da área total da APA passando a ocupar em 2002 uma área de apenas 8,35 km<sup>2</sup> representando 5,3% da área da UC, correspondendo a uma perda de 23,05 km<sup>2</sup> (73,4%) para a classe.

É importante destacar que as imagens dos anos 1990 e 2002, utilizadas como base para o mapeamento da cobertura vegetal, foram capturadas nos meses de junho e julho,

respectivamente, e que os meses anteriores à captura das imagens foram meses chuvosos. A média mensal para junho de 1990 foi de 40,2 mm e, em julho de 2002, foi de 21 mm (Figuras 5 e 7).

Apesar da nítida redução das áreas cobertas pela classe caatinga densa em 2002, a área total vegetada no mapeamento do referido ano recobria 128,7 km<sup>2</sup> representando 81,35% da APA. Percebe-se que houve um pequeno decréscimo com relação a 1990, correspondendo a uma diferença de apenas 2,43km<sup>2</sup>. Este fato deve-se, certamente, ao avanço nas espacializações das áreas recobertas pelas classes caatinga semidensa e caatinga aberta ao longo da APA, as quais apresentaram um aumento de 12,22 km<sup>2</sup> (25,5%) e 8,4 km<sup>2</sup> (5,33%), para cada classe respectivamente de uma década para outra. Esse comportamento temporal dá uma ideia da capacidade de resiliência da caatinga em resposta as oscilações no regime pluviométrico da área.

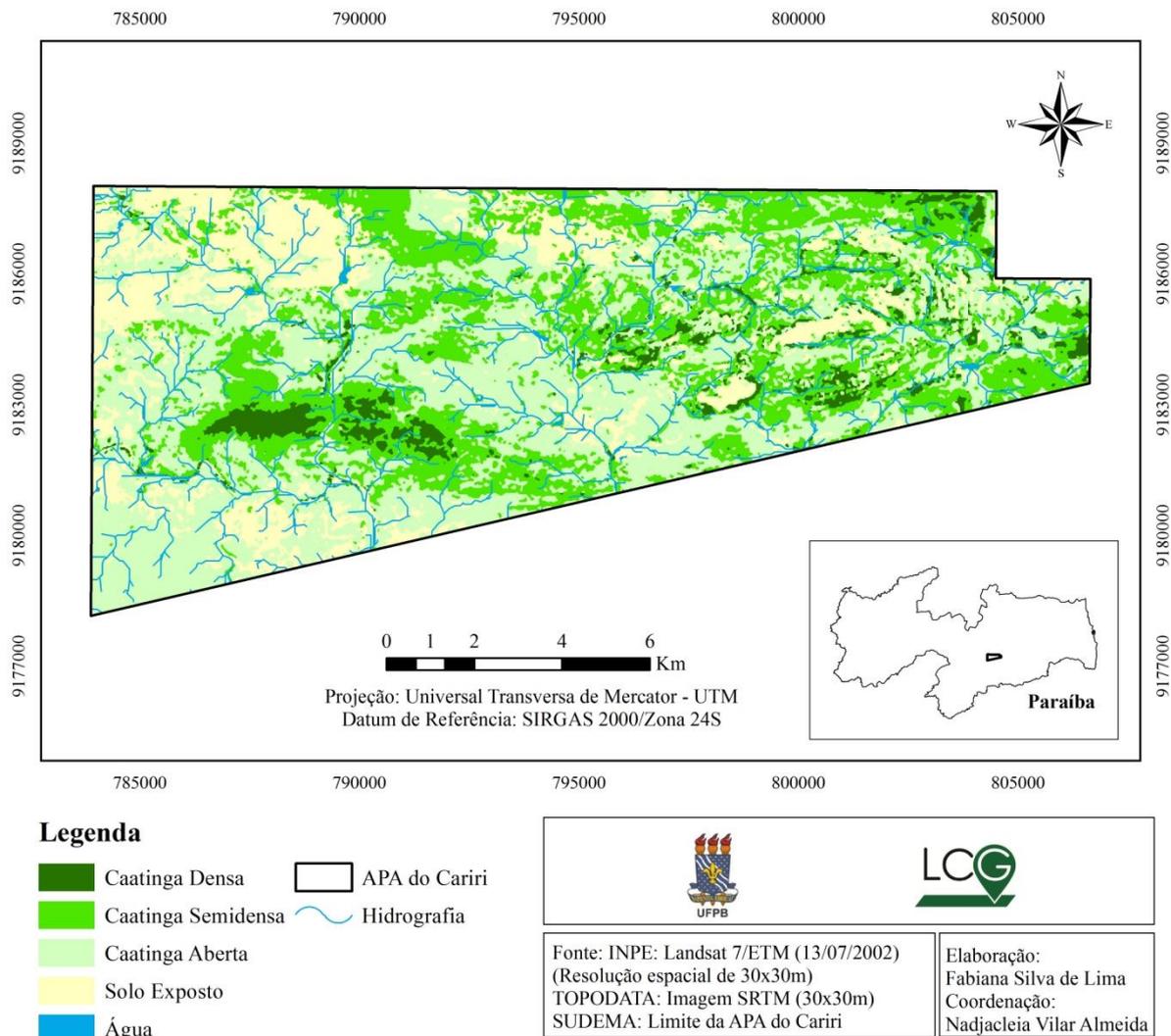


Figura 6. Cobertura da terra em 2002 na Área de Proteção Ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil.

Verificou-se que a classe solo exposto aumentou 7,76% com relação a 1990, onde ocupava uma área de 26,93 km<sup>2</sup> (17,98%) vindo a ocupar, em 2002, uma área de 29,02 km<sup>2</sup> (18,4%), o equivalente a um aumento de 2,09 km<sup>2</sup> no período.

Por meio da análise do comportamento das precipitações na área de estudo, ao longo do ano de 2002 (Figura 7) e com atenção especial para os meses que antecedem a data de captura da imagem

(fevereiro a junho) e o mês de captura da imagem (julho), verifica-se que a mesma foi adquirida imediatamente após o término da estação chuvosa posteriormente à ocorrência de dois picos de concentração de chuvas na região: o primeiro ocorrido em maio (com uma média de 91 mm) e o segundo em junho (com média de 60 mm), seguidos de uma progressiva diminuição das precipitações no restante do ano.

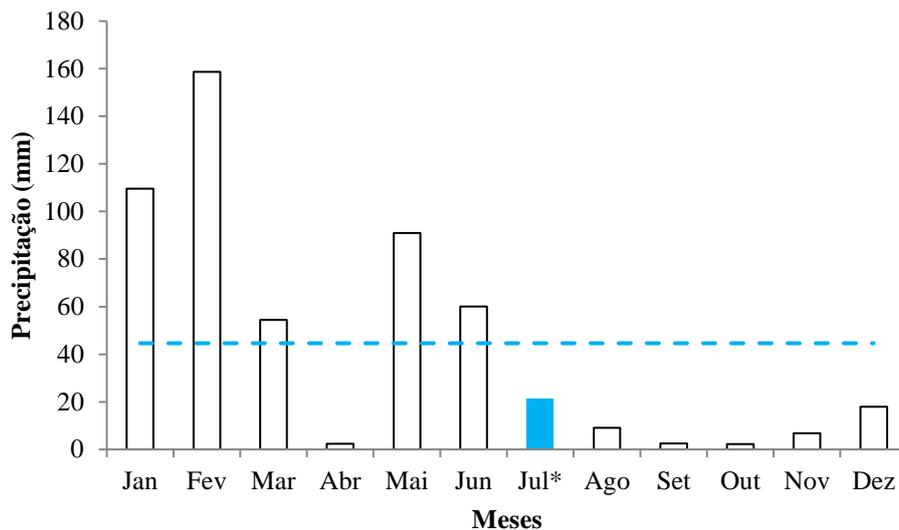


Figura 7. Precipitação média para os municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri, sobre os quais se insere a APA do Cariri, abrangendo os meses de janeiro a dezembro de 2002. Fonte: AESA (2016).

\* Mês de captura da imagem pelo sensor.

Assim, a maior espacialidade das classes de caatinga aberta e caatinga semidensa em 2002, pode estar relacionada à resposta da vegetação as chuvas ocorridas na área de estudo nos meses anteriores (maio e junho) a captura da imagem pelo sensor.

A partir da análise do mapeamento da cobertura presente em 2010 (Figura 8), período posterior a transformação da área em uma Unidade de Conservação, verifica-se que houve uma maior representatividade da vegetação em relação aos anos anteriores, ocupando 91,7% da APA.

Foi observado um crescimento considerável das áreas classificadas como caatinga densa em 2010, ocupando uma área de 27,28 km<sup>2</sup> (17,3%). Relacionando ao mapeamento anterior (2002), onde a classe apresentava uma área de 8,35 km<sup>2</sup> (5,3%), verifica-se um aumento de 18,93km<sup>2</sup> representando um ganho de 226,70% para a classe.

O aumento quantitativo das três fitofisionomias (densa, semidensa e aberta), as quais somadas passaram a ocupar em 2010 uma área de 143,59km<sup>2</sup>, representadas por extensos polígonos contínuos distribuídos por toda a APA. Todavia, esse aumento pode não significar uma real recuperação da caatinga no período posterior a criação da APA e sim uma resposta da vegetação as oscilações nas precipitações no mês de aquisição da imagem. Seguindo o mesmo pensamento, sugere-se que a reduzida representatividade da classe caatinga densa em 2002 possa não indicar a

possibilidade de uma degradação da vegetação e sim que a quantidade de chuvas quando da captura da imagem influenciou na resposta da vegetação densa no referido mapeamento.

Admitindo a precipitação como um fator de influência na resposta da caatinga nas imagens classificadas, uma vez que é sabido que a vegetação de caatinga exhibe padrões de atividades fenológicas bastante influenciadas pelos ritmos sazonais, sobretudo das chuvas, é totalmente justificável o fato das classes de vegetação terem sido melhores representadas nos mapeamentos cujas imagens foram adquiridas em meses onde as precipitações foram significativas.

Houve também um aumento da classe de caatinga semidensa em relação ao mapeamento de 2002, onde essa tipologia ocupava uma área de 47,94 km<sup>2</sup>, correspondendo a 30,4% da APA, e, em 2010, passou a ocupar 53,78 km<sup>2</sup> (34,11%).

As áreas de caatinga aberta ocupavam em 2002, 71,98 km<sup>2</sup> (45,65%) passando a recobrir em 2010, 62,54 km<sup>2</sup> (39,66%). A classe de solo exposto ocupava, em 2002, uma área de 29,02 km<sup>2</sup> (8,4%) e, em 2010, 14,03 km<sup>2</sup> (8,9%).

Portanto, verifica-se que as áreas mais abertas, representadas pelas classes caatinga aberta e solo exposto, apresentaram um decréscimo em 2010, com perda de 9,44 km<sup>2</sup> (13,11%) e 14,98 km<sup>2</sup> (51,65%) para cada classe, respectivamente. Esses resultados podem ser melhor visualizados na Figura 9.

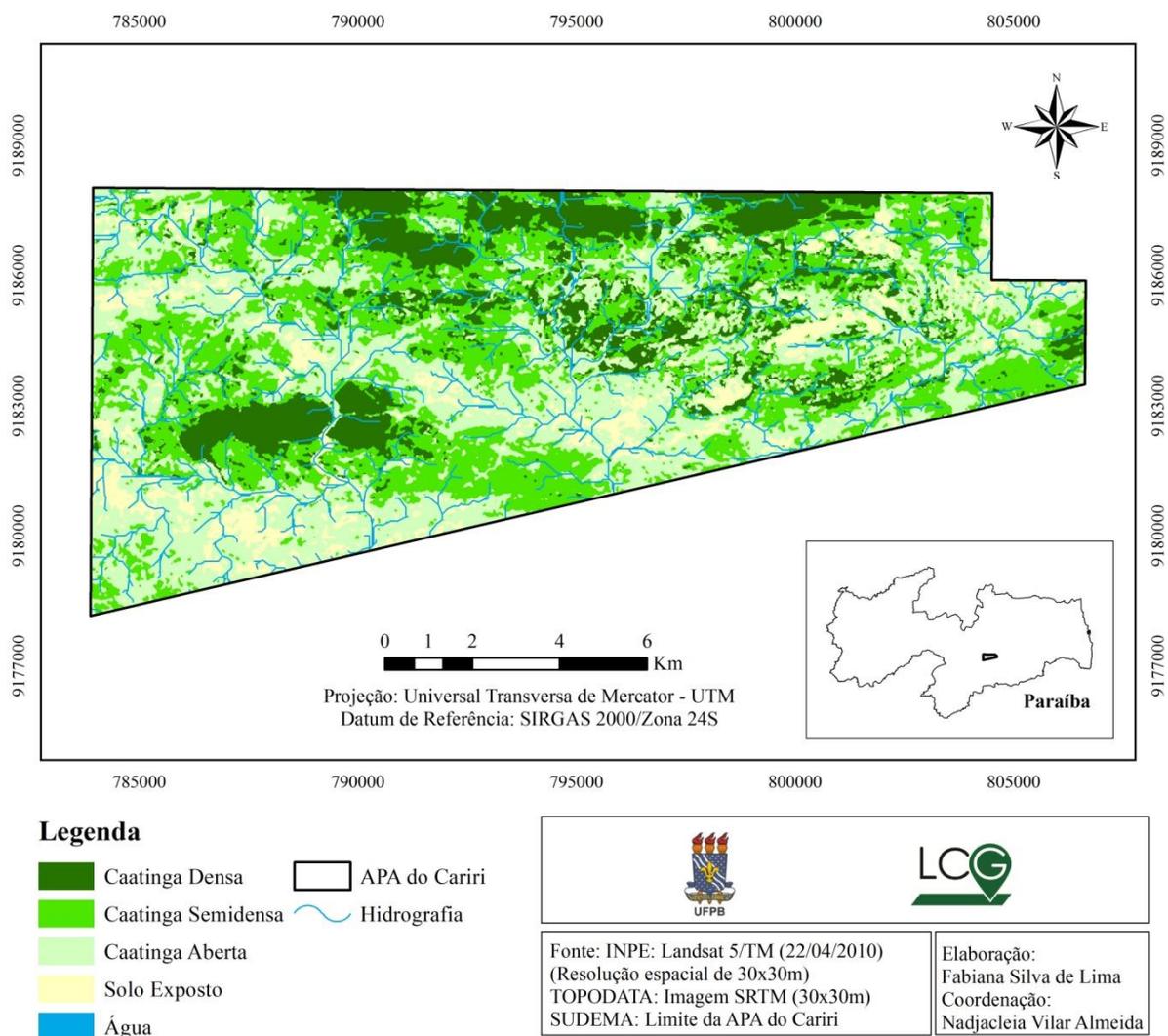


Figura 8. Cobertura da terra em 2010 na Área de Proteção Ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil.

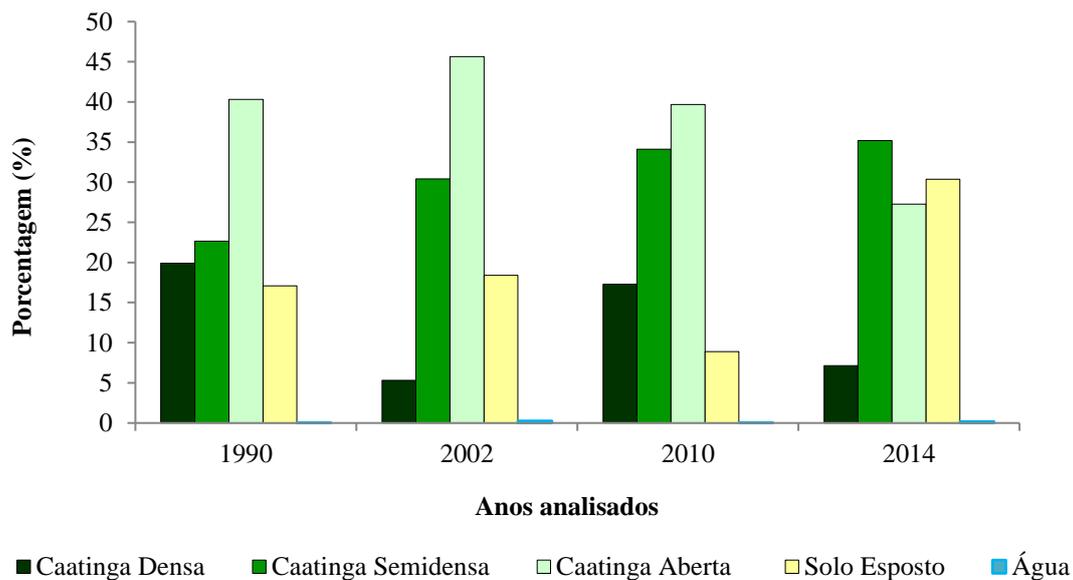


Figura 9. Percentual das classes de cobertura da terra na área de estudo nos anos de 1990 a 2014.

Por meio da análise do comportamento das chuvas na área de estudo no período que coincide com o mês de captura da imagem (abril/2010) observa-se que a mesma foi obtida na estação chuvosa num momento posterior a um pico de precipitação, ocorrido em janeiro (Figura 10) onde choveu em média 102,7mm para a região da APA.

Nos meses de fevereiro e março ocorreram chuvas moderadas. No mês do imageamento da cena (abril/2010) choveu em média 48,7mm na região da APA.

Levando-se em consideração a data da imagem (estação chuvosa) é justificável a maior representatividade da cobertura vegetal no mapeamento.

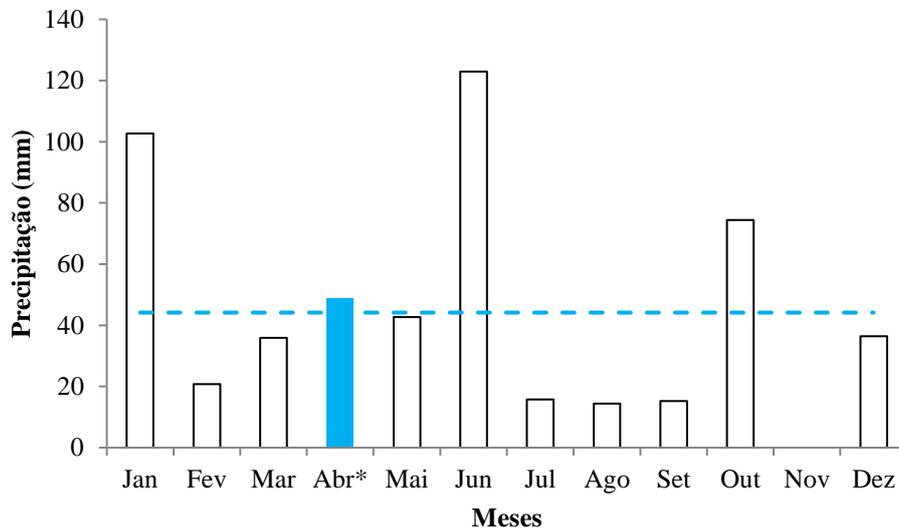


Figura 10. Precipitação média para os municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri, sobre os quais se insere a APA do Cariri, abrangendo os meses de janeiro a dezembro de 2010. Fonte: AESA (2016).

\* Mês de captura da imagem pelo sensor.

Dessa forma, supõe-se que as primeiras precipitações tornaram o solo favorável ao ressurgimento da cobertura vegetal semidensa e densa resultando no desenvolvimento mais exuberante das partes verdes da vegetação as quais recobriram boa parte dos solos da APA no mapeamento do referido ano. Silva et al. (2013b), em estudo da relação da precipitação na variabilidade espacial e temporal da vegetação no semiárido pernambucano, afirmam que a cobertura vegetal mostrou alto poder de resiliência em relação a precipitação.

Silva, Lima e Almeida (2011), em estudo da sazonalidade da vegetação do bioma Caatinga, observaram que em imagem classificada da estação chuvosa (abril) a cobertura vegetal apresentou boa representatividade (56%) do bioma e, com diferença de poucos meses, na imagem classificada do mês de setembro (estação seca) do mesmo ano, a paisagem foi modificada completamente e a

vegetação passou a cobrir apenas 37% de sua paisagem.

Analisando o mapeamento da cobertura da terra em 2014 (Figura 11) é possível perceber que houve uma redução expressiva das áreas com cobertura vegetal, representadas pelas três fitofisionomias, as quais somadas não chegam a 70% da área total da APA. Este fato provavelmente pode estar relacionado às intervenções antrópicas no meio, sobretudo, ao uso dos recursos naturais (vegetação) de forma pouco sustentável.

Os usos inadequados associados à influência das chuvas é o que pode ter ocasionado à redução das áreas vegetadas no mapeamento da cobertura vegetal em 2014, uma vez que a ocorrência de precipitações é um fator determinante na resposta da vegetação de caatinga, levando-se em consideração que desde o ano de 2011 a região na qual se insere a APA, sofre com os efeitos de uma seca acentuada.

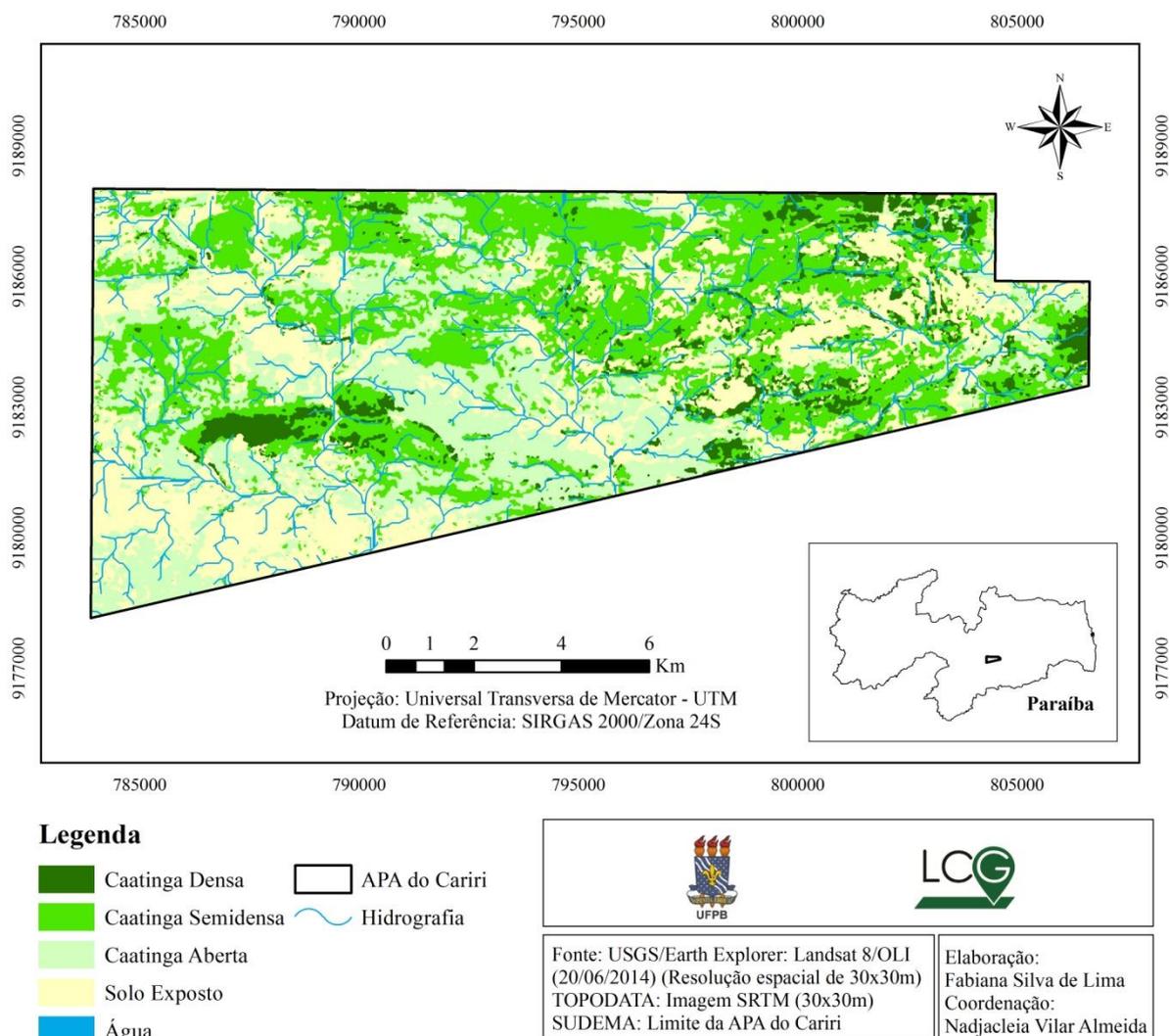


Figura 11. Cobertura da terra em 2014 na Área de Proteção Ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil.

No mapeamento da cobertura vegetal em 2014 é melhor observada a dinâmica no comportamento da vegetação de caatinga, sobretudo da caatinga densa, em relação às oscilações nas precipitações.

A Figura 12 ilustra o comportamento pluviométrico ao longo do ano de 2014 para a região. Decorrente de sua análise é possível observar que o imageamento da cena ocorreu numa época imediatamente após a estação chuvosa, ocorrida entre os meses de abril (49,3 mm) e maio

(110,9 mm) em que houve uma maior intensidade pluviométrica na região. Todavia, apesar das precipitações ocorridas, e com exceção da classe caatinga semidensa, a cobertura vegetal mostrou baixa representatividade no mapeamento, apresentando-se na paisagem como manchas já bastante reduzidas, o que pode estar relacionado a baixa quantidade de chuvas ocorridas no mês de captura da imagem (junho) onde choveu uma média de 28,3mm.

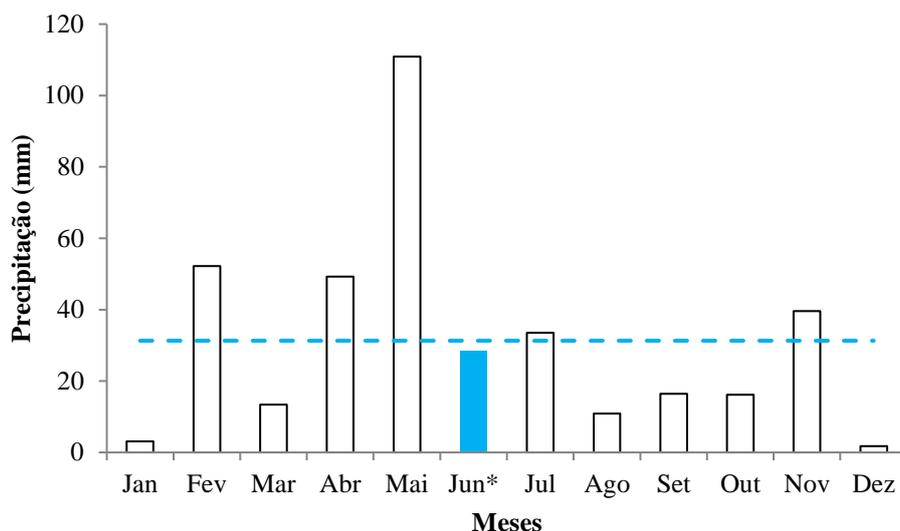


Figura 12. Precipitação média para os municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri, sobre os quais se insere a APA do Cariri, abrangendo os meses de janeiro a dezembro de 2014. Fonte: AESA (2016).

\* Mês de captura da imagem pelo sensor.

As áreas classificadas como caatinga densa em 2014 foram consideravelmente reduzidas, apresentando uma área de apenas 11,26 km<sup>2</sup> (7,14%) as quais apresentam-se na paisagem como fragmentos reduzidos e isolados, espalhados por toda a extensão da APA.

Relacionando ao mapeamento de 2010, observa-se uma redução de 16,02km<sup>2</sup> de cobertura vegetal densa representando uma perda na espacialidade da classe de 58,72%.

Observa-se que as áreas de maior densidade da caatinga estão localizadas, sobretudo, nas superfícies mais elevadas da APA, nas áreas de

serras e morros isolados e nas áreas do entorno de afloramentos rochosos (Figura 13).

Quanto às áreas do entorno dos afloramentos, os resultados aqui obtidos corroboram com as observações realizadas por Lunguinho et al. (2015), os quais estudando a influência dos lajedos na composição florística do seu entorno, em uma localidade dentro da APA do Cariri, colocam que as áreas de afloramentos rochosos funcionam como exportadores de água na época chuvosa devido a sua estrutura impermeável que favorece a ocorrência do escoamento superficial, o qual irá beneficiar as áreas do entorno propiciando a manutenção da vegetação.



Figura 13. Área de caatinga densa localizada no entorno do afloramento rochoso Lajedo Salambaia, Cabaceiras, Paraíba. Foto: Fabiana S. Lima (05 março de 2016)..

Com relação às áreas cobertas com plantio de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) (Figura 14), forma de cultivo bastante comum na região, ressalva-se que foram quantificadas na classe caatinga densa por apresentarem-se sempre verdes

na paisagem. Francisco (2013) afirma que essas plantas, de folhas suculentas e arquitetura diferenciada, se destacam visualmente da vegetação seca da caatinga através de sua coloração verde intenso permanente.



Figura 14. Plantio de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) no Sítio Salambaia, Cabaceiras, Paraíba. Foto: Fabiana S. Lima (05 março de 2016).

Verifica-se que houve um decréscimo das áreas cobertas pela classe caatinga aberta, que no mapeamento de 2010 ocupava uma área de 62,54 km<sup>2</sup> (39,66%) e em 2014 passou a ocupar 43,01 km<sup>2</sup> (27,28%), representando uma redução nessa classe de cobertura de 31,22%.

Por outro lado, a classe solo exposto registrou um aumento de 241,48% em comparação ao mapeamento anterior. A figura 15 representa uma área de solo exposto na APA em decorrência da supressão da cobertura vegetal.



Figura 15. Área com solo desprovido de vegetação próxima ao Sítio Salambaia, Cabaceiras, Paraíba. Foto: Fabiana S. Lima (05 março de 2016).

De modo geral, os resultados obtidos no processamento das imagens e nos trabalhos de

campo, estão em concordância com as observações de Silva, Lima e Almeida (2011) quando afirmam

que os fatores ambientais naturais condicionam a heterogeneidade da caatinga, sobretudo quanto a densidade e ao porte de sua vegetação. Os autores apontam como exemplo o déficit hídrico nas áreas de lajedos (superfície de afloramentos rochosos) as quais apresentarem plantas de menor porte associadas. Nesses ambientes, predominam bromeliáceas e cactáceas que se estabelecem em fendas formadas na rocha pela ação do intemperismo físico.

*Dinâmica da cobertura vegetal na APA do Cariri no período compreendido entre 2002 - 2014*

Por meio da análise do mapa da dinâmica da vegetação 1990-2002 (Figura 16), percebe-se a maior representatividade das áreas cuja cobertura vegetal se manteve preservada (Conservada/Preservada) de 1990 a 2002, apresentando uma área de 66,65 km<sup>2</sup> equivalentes a 42,27% da área da APA (Tabela 2).

Verifica-se que as áreas onde ocorreram perdas na cobertura vegetal (Perda de Cobertura) estão concentradas principalmente a norte, a oeste e a nordeste da APA, apresentando uma área de 35,89 km<sup>2</sup> representando 22,76% da área total mapeada.

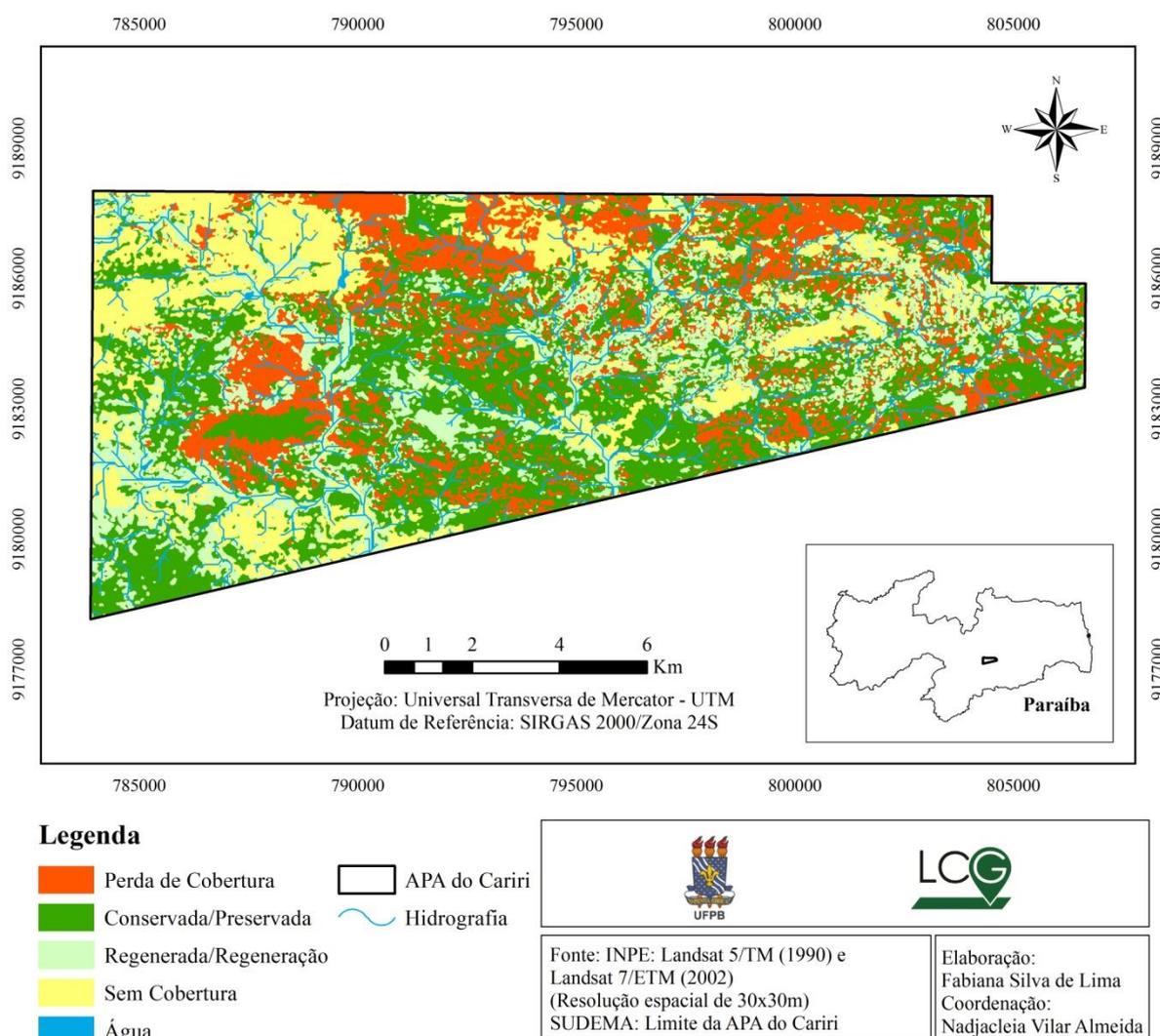


Figura 16. Dinâmica da cobertura vegetal na APA do Cariri no período de 1990-2002.

Comparando-se os resultados dos mapas da dinâmica da vegetação em 1990-2002 com o mapa de 2002-2010 (Figura 17) verifica-se que as áreas classificadas como regenerada ou em estado de regeneração (Regenerada/Regeneração) tiveram

um acréscimo de 153,38% para a classe em relação a 1990-2002. Essas áreas estão concentradas a norte e a noroeste da UC.

Tabela 2. Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de cobertura da terra em 1990-2002, 2002-2010 e 2010-2014 na área de estudo.

Classes	1990-2002		2002-2010		2010-2014	
	Área					
	(km <sup>2</sup> )	%	(km <sup>2</sup> )	%	(km <sup>2</sup> )	%
Conservada/Preservada	66,65	42,27	67,74	42,96	64,47	40,89
Regenerada/Regeneração	25,72	16,31	65,17	41,33	7,27	4,61
Perda de Cobertura	35,89	22,76	10,69	6,78	38,01	24,11
Sem Cobertura Vegetal	29,02	18,41	14,04	8,9	47,91	30,38
Água	0,39	0,25	0,05	0,03	0,02	0,01
<b>Área Total</b>	<b>157,67</b>	<b>100</b>	<b>157,69</b>	<b>100</b>	<b>157,68</b>	<b>100</b>

Enquanto as áreas classificadas como Perda de Cobertura tiveram em 2002-2010 um decréscimo considerável de 70,21%, vindo a

apresentar uma área de 10,69 km<sup>2</sup> (6,78%) quando em 1990-2002 a área coberta por essa classe era de 35,89 km<sup>2</sup> (22,76%).

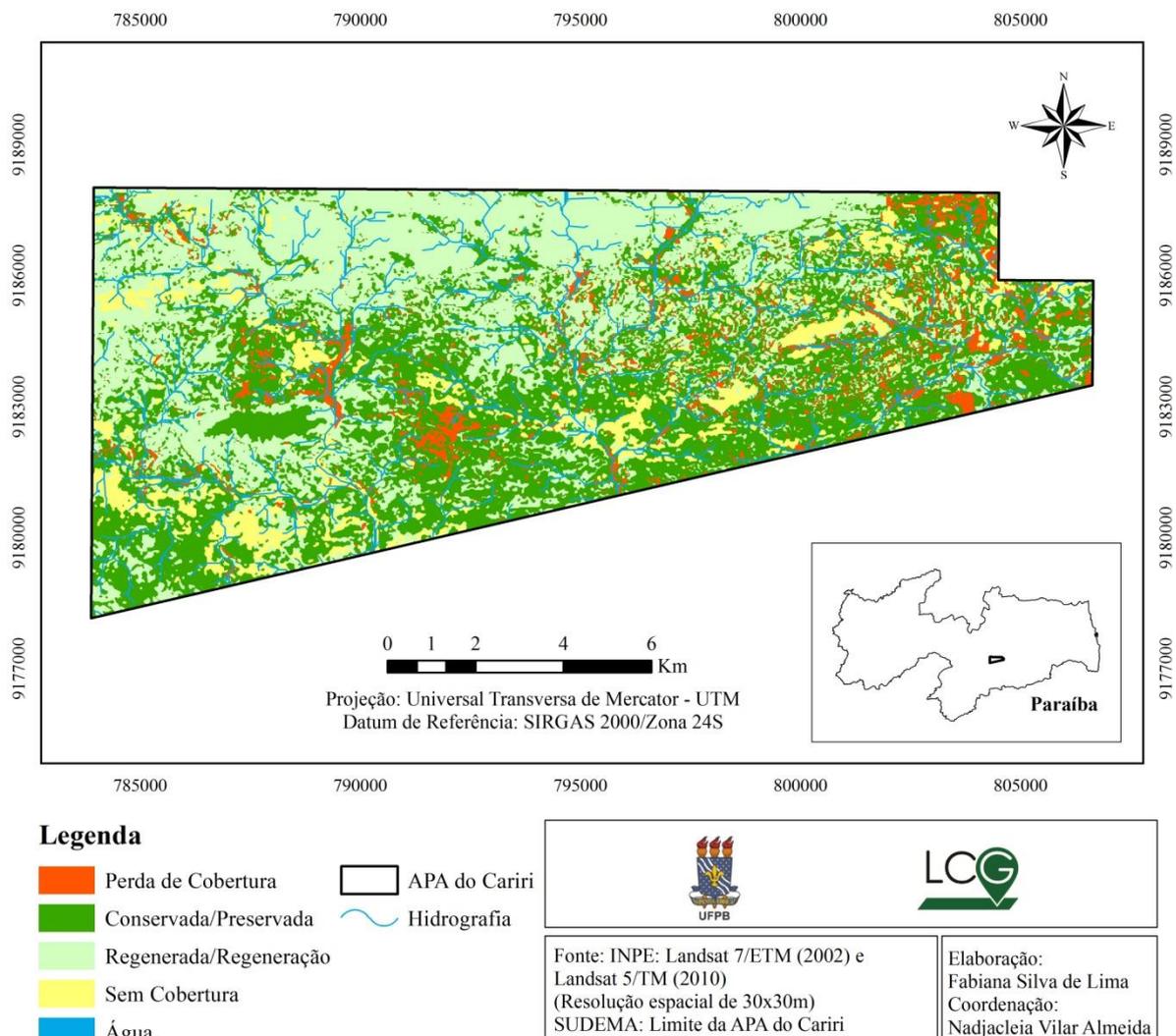


Figura 17. Dinâmica da cobertura vegetal na APA do Cariri no período 2002-2010.

Com relação às áreas classificadas como Sem Cobertura vegetal, verifica-se que ocorreu uma significativa redução em sua distribuição

espacial, onde em 1990-2002 cobriam uma área de 29,02 km<sup>2</sup> (18,41%), passou a apresentar em 2002-2010 uma área de 14,04 km<sup>2</sup> representando 8,9%

da APA. Verifica-se que houve uma redução de 14,98 km<sup>2</sup> de área representando uma perda na espacialidade dessa classe de 51,61%.

Confrontando com a tendência encontrada no mapeamento anterior, os resultados do mapeamento da dinâmica da cobertura vegetal de 2010-2014 (Figura 18) mostram que houve uma expansão das áreas classificadas como Perda de Cobertura vegetal e da classe Sem Cobertura, apresentando uma aumento/ganho na espacialidade da classe de 255,56% e 241,23% respectivamente em relação ao mapeamento anterior.

As áreas Sem Cobertura representam 30,38% da área estudada, ou 47,91 km<sup>2</sup> de extensão em termos de área. Essas áreas estão localizadas principalmente próximo ao leito dos rios, com uma maior representatividade a sudoeste da APA.

Os desdobramentos negativos nas paisagens da APA, tais como a redução em área de recobrimento das fitofisionomias de caatingas mais densas e aumento das áreas desprovidas de vegetação, sobretudo nas áreas próximas aos recursos hídricos, está relacionada às formas seculares com que as terras do Cariri paraibano foram e são ocupadas (Souza, 2008; Souza, Suertegaray e Lima, 2009) e ao fato da região estar sendo utilizada mais intensamente nos últimos anos, principalmente pelas atividades agropastoris, como destacado por Souza (op. cit.) e por Almeida (2012), os quais analisaram as atividades produtivas da região onde está inserida a área de estudo.

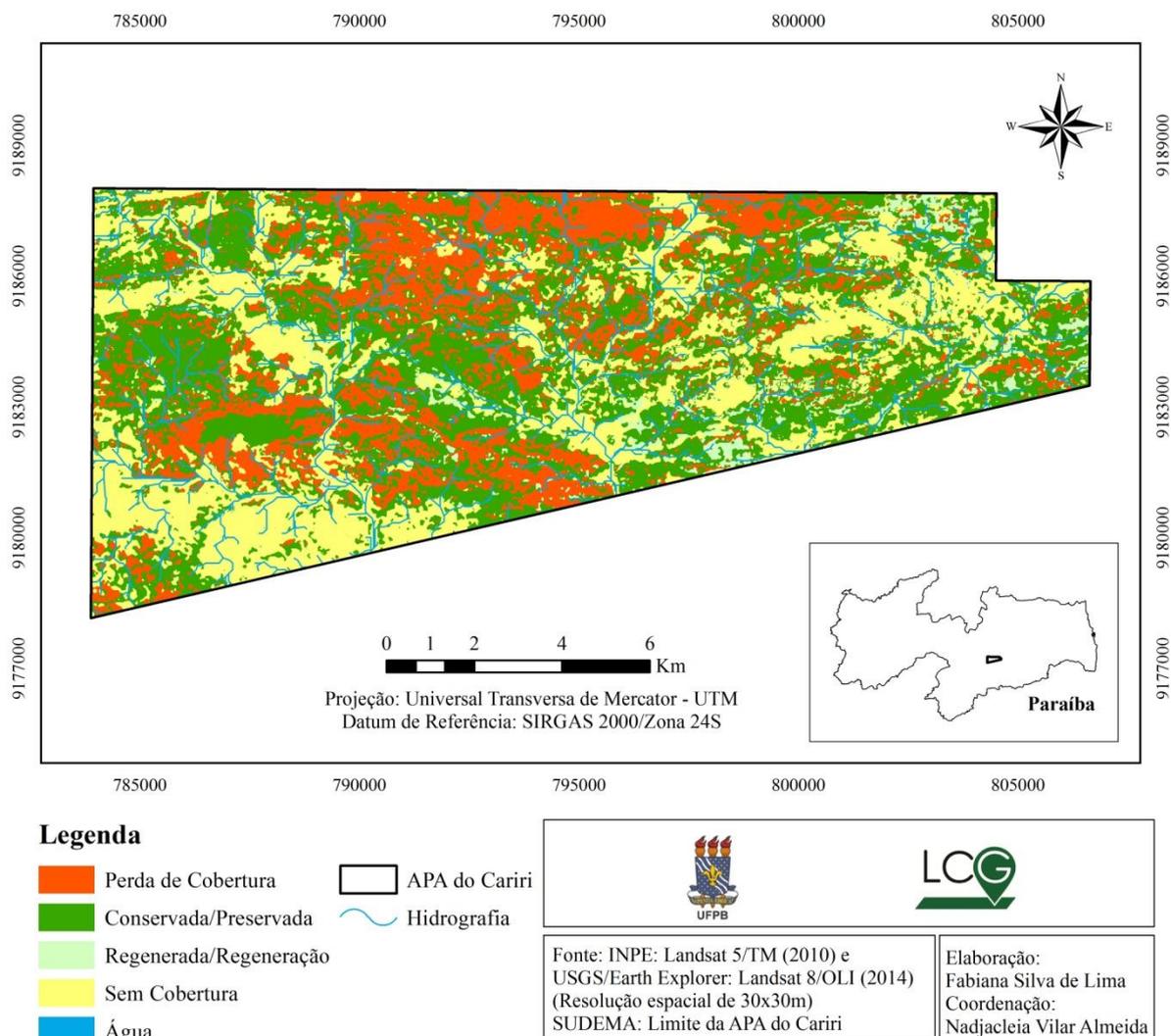


Figura 18. Dinâmica da cobertura vegetal na APA do Cariri no período 2010-2014.

Por meio da análise da figura 19, percebe-se que as áreas classificadas como Conservada/Preservada mantiveram-se estáveis ao

longo do período (2002/2014) não apresentando grandes variações de uma década para outra.

Em contrapartida, a categoria Regenerada/Regeneração foi a classe que

apresentou maior variabilidade espacial ao longo do período, seguida pela classe Sem Cobertura Vegetal.

A classe Água, pouco representou no mapeamento da situação dos anos avaliados, em termos de porcentagem e de área.

Quanto a dinâmica no comportamento das classes temáticas definidas para diagnosticar a situação das coberturas da terra na área de estudo ao longo do tempo, os resultados obtidos no presente trabalho assemelham-se aos resultados

alcançados por Silva et al. (2013a) os quais em estudo semelhante, utilizando-se de álgebra de mapas e classes temáticas para espacializar a evolução do desmatamento e dinâmica da cobertura vegetal no município de Parari-PB no período compreendido entre 1988-2005, concluíram que as áreas de mata presentes no município foram desmatadas até 2005 e as áreas onde antes eram cobertas por vegetação densa, foram substituídas por vegetação rala.

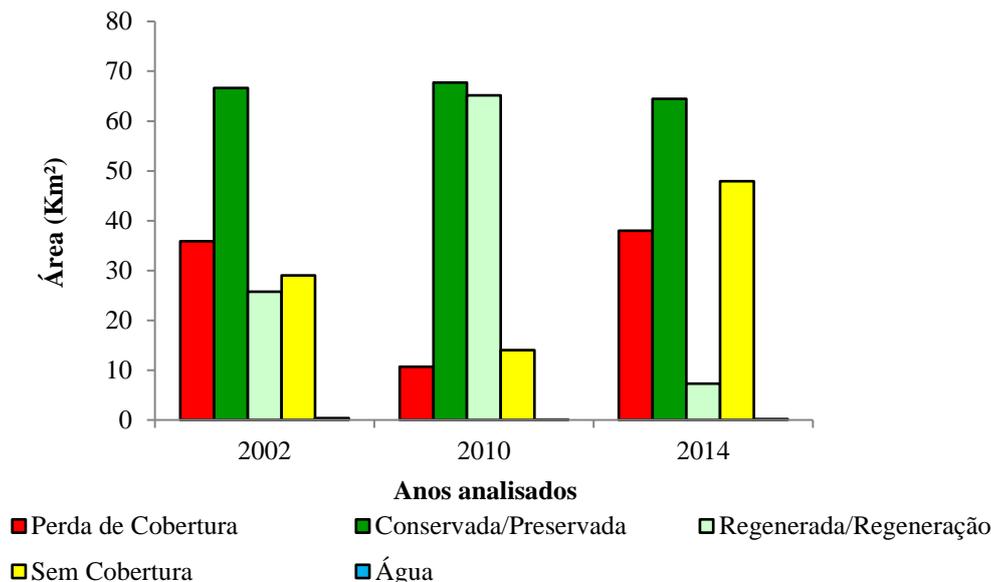


Figura 19. Gráfico comparativo entre as classes de situação da cobertura vegetal na área de estudo nos anos de 2002, 2010 e 2014.

### Conclusão

Qualquer intervenção no meio, seja de ordem natural ou antrópica, causa mudança no ritmo do ecossistema. Essa disritmia reverbera na forma de alterações nos componentes ambientais mais sensíveis da paisagem. Um desses componentes, altamente sensível às mudanças no meio, é a cobertura vegetal que naturalmente possui um comportamento dinâmico que, por sua vez, pode ser espacializado por meio do uso das geotecnologias.

Os estudos desenvolvidos no âmbito da pesquisa demonstram que a distribuição espacial e dinâmica temporal das classes de caatinga e demais coberturas da terra na APA do Cariri estão atreladas aos aspectos fisiográficos da paisagem da região semiárida paraibana. Dentre estes aspectos, de ordem natural, conclui-se que a precipitação pluviométrica exerce um papel importante para a distribuição espacial e o estágio em que as coberturas apresentaram-se nas imagens e conseqüentemente nos mapeamentos.

No que se refere aos mapeamentos, conclui-se que a cobertura vegetal da APA do Cariri oscilou ao longo do período analisado.

Os resultados mostraram que a vegetação da caatinga tem relações significativas com a distribuição da precipitação que influencia na distribuição espacial e temporal da vegetação. Sabe-se, também, que o antropismo, associado às características dos solos e do relevo também exercem influência na distribuição espaço-temporal da vegetação.

Para subsidiar o monitoramento dos recursos naturais da caatinga presentes na APA, sobretudo, da flora remanescente pertencente a esse ecossistema único, estudos complementares agregando novas variáveis para análise e/ou metodologias para espacializar mudanças na paisagem, sobretudo, mudanças na cobertura vegetal devem ser realizados, com vistas a se obter resultados análogo, complementar e/ou discordantes quanto aos resultados aqui apresentados.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento - LCG (CCA/DEMA/CCA/UFPA); ao Laboratório de Análises Geoambientais - LAGEO (CCA/DEMA/UFPA); ao grupo de pesquisas Estudos Geoambientais; e, especialmente, aos professores Leonardo Figueiredo de Meneses (DEMA/CCA/UFPA) e Bartolomeu Israel de Souza (DGEOC/CCEN/UFPA).

## Referências

- Ab'Sáber, A. N., 1974. O domínio morfoclimático das caatingas brasileiras. *Geomorfologia* 43, 01-39.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2016. Relação dos postos/municípios monitorados. Disponível: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramento/Pluviometria.do?metodo=listarMesesChuvasMensais>. Acesso: 01 abr. 2016.
- Almeida, N. V., 2012. Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, semiárido paraibano. Tese (Doutorado). Niterói, UFF/Instituto de Geociências.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711-728.
- Bastos, F. H., Cordeiro, A. M. N., 2012. Fatores naturais da evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. *Revista Geonorte* 2, 464-476.
- Coe, H. H. G., Souza, L. O. F., Ricardo, S. D. F., Dias, R. R., 2015. Ecologia e biodiversidade vegetal do bioma caatinga - alguns exemplos no Rio Grande do Norte. *Revista Equador* 04, 162-170.
- Crepani, E., Medeiros, J. S., Hernandez Filho, P., Florenzano, T. G., Duarte, V., Barbosa, C. C. F., 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos.
- Cunha, J. E. B. L.; Rufino, I.A.A.; Silva, B. B.; Chaves, I. B., 2012. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16, 539-548.
- Florenzano, T. G., 2011. Iniciação em sensoriamento remoto. 3 ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Formigoni, M. H., Xavier, A. C., Lima, J. S. S. 2011. Análise temporal da vegetação na região Nordeste através de dados EVI MODIS. *Ciência Florestal* 21, 1-8.
- Francisco, P. R. M., 2013. Modelo de mapeamento de deterioração do bioma Caatinga da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, PB. Tese (Doutorado). Campina Grande, UFCG/Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. Catálogo de Imagens. Disponível: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso: 24 fev.2016.
- Leal, I. R., Silva, J. M. C., Tabarelli, M., Lacher JR., T. E., 2005. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 01, 139-146.
- Leal, I. R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C., 2003. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. In: Leal, I. R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C., (Eds.), *Ecologia e conservação da caatinga*. Ed. Universitária da UFPE, Recife, p. 13-17.
- Lunguinho, R. L., Souza, B. I., Queiroz, R. T., Cardoso, E. C. M., 2015. Influência dos lajedos na composição florística do seu entorno, no sítio Salambaia, Cabaceiras-PB. *Revista Equador* 04, 230-237.
- PARAÍBA, 2004. Decreto nº 25.083, de 08 de junho. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Cariri.
- Pereira, R. A., Melo, J. A. B., Dantas Neto, J., Barbosa, E. M., 2010. Análise do comportamento espectral da cobertura vegetal de São João do Cariri-PB no espaço temporal de vinte anos (1987-2007), sob condições diversas de utilização. *Caminhos de Geografia* 11, 68-80.
- Perez, L. P., Shimabukuro, Y. E., Ferreira, N. J., André, I. R. N., 2004. Dinâmica dos principais domínios fitogeográficos do nordeste brasileiro e suas conexões com a pluviometria. *Geografia* 29, 01-16.
- Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E., Kuplich, T. M., 2012. Sensoriamento remoto da vegetação. 2. ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Prado, D. E., 2003. As caatingas da América do Sul. In: Leal, I. R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C. (Eds.), *Ecologia e conservação da caatinga*. Ed. Universitária da UFPE, Recife, p. 03-73.
- Rodal, M. J. N., Sampaio, E. V. S. B., Figueiredo, M. A., 2013. Manual sobre métodos de estudos florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga, Brasília.
- Silva, G. J., Almeida, N. V., Gomes, L. C. F., Santos, O. K. A., 2013a. Degradação ambiental na microrregião do Cariri paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 823-837.

- Silva, K. S. T., Lima, A., Almeida, A. M., 2011. Estudo da sazonalidade da caatinga com dados do sensor MODIS. In: XV *Anais* Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p.1881-1887. Curitiba.
- Silva, M. T., Almeida, H. A., Almeida, N. V., Cardoso, G. D., 2013b. Space temporal variability Normalized Difference Vegetation Index in the semiarid Pernambucano based on image TM/Landsat 5. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 01, 01-18.
- Souza, B. I., 2008. Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação. Tese (Doutorado). Porto Alegre, UFRS/Instituto de Geociências.
- Souza, B. I., Suertegaray, D. M. A., Lima, E. R. V., 2009. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri paraibano. *Mercator* 08, 16, 217-232. DOI:104215/RM2009.0816.0017.
- USGS. United States Geological Survey. Earth Explorer, 2016. Download satellite images Disponível: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: 14 mar. 2016.