

## MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPECTRO-TEMPORAL DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL DA ADMINISTRAÇÃO FEDERAL NO BIOMA CAATINGA

Neison C. F. Freire<sup>1</sup>, Débora C. Moura<sup>2</sup>, Janaína B. da Silva<sup>3</sup>, Admilson da P. Pacheco<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fundação Joaquim Nabuco (Fundaj), Centro Integrado de Estudos Georreferenciados (CIEG), Rua Dois Irmãos, 92, Apipucos, Recife - PE, CEP 52171-010, neison.freire@fundaj.gov.br; <sup>2,3</sup>Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Unidade Acadêmica de Geografia (UAG), Rua Aprígio Veloso, 743 - Universitário, Campina Grande - PB, CEP 58428-830, debora.coelho@ufcg.edu.br, janaina.barbosa@ufcg.edu.br; <sup>4</sup>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Deptº de Engenharia Cartográfica (DECart), Av. Acad. Hélio Ramos, sn - 2º andar, sala 201, Cidade Universitária, Recife - PE, CEP 50740-530, pacheco3p@gmail.com

### RESUMO

Este artigo é resultado de uma extensa pesquisa realizada em quatorze unidades de conservação de proteção integral do Bioma Caatinga conduzida por pesquisadores e professores da Fundação Joaquim Nabuco (Recife, PE) e da Universidade Federal de Campina Grande (Campina Grande, PB) entre os anos de 2013 a 2017. O estudo representa um avanço científico e tecnológico para um maior conhecimento do único bioma exclusivamente brasileiro. Para a realização dessa pesquisa, foram utilizadas várias imagens dos satélites LandsAT 5 TM, 7 ETM+ e 8 OLI em séries temporais. Foram aplicadas diversas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) para melhorar o contraste entre os alvos da superfície terrestre, corrigir eventuais falhas do processo de aquisição e registro das imagens pelos sensores orbitais e extrair informações sobre a dinâmica de ocupação da superfície terrestre em áreas protegidas da Caatinga. O objetivo desse imageamento por satélites foi obter um registro atual e sinótico dessas unidades de conservação (UC). Por meio de uma série temporal de mapas temáticos gerados a partir da aplicação de métodos relacionados à Classificação Supervisionada, ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e ao Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (IVAS), foi possível avaliar o atual estado de conservação da vegetação nessas áreas de proteção integral da Administração Federal no Bioma Caatinga.

**Palavras-chave** — Caatinga, semiárido, LandSAT, meio ambiente, unidade de conservação.

### ABSTRACT

*This article is the result of an extensive research carried out in fourteen conservation units of integral protection of the Caatinga Biome conducted by researchers and professors of the Joaquim Nabuco Foundation (Recife, PE) and Federal University of Campina Grande (State of Paraíba) from 2013 to 2016. The study represents a scientific and technological effort to better understand this important and unique biome exclusively in Brazil. In order to perform this research,*

*several images of LandsAT 5 TM, 7 ETM+ and 8 OLI satellites were used in time series and applied several Digital Image Processing (PDI) techniques to improve the contrast between land surface targets, to correct any faults of the process of acquisition and registration of images by the orbital sensors and to extract information about the dynamics of occupation of the land surface in protected areas of the Caatinga. The objective of this satellite imagery was to obtain a current and synoptic record of these conservation units (UC). By means of a time series of thematic maps generated from the application of methods related to Supervised Classification, Normalized Difference Vegetation Index (IVDN) and Soil Adjusted Vegetation Index (IVAS), it was possible to evaluate the current state of vegetation conservation in these areas of integral protection of the Federal Administration in the Caatinga Biome.*

**Key words** — Caatinga, semiarid, LandSAT, environment, conservation unit.

### 1. INTRODUÇÃO

Um bioma é caracterizado pelas inter-relações entre os fatores abióticos e os seres vivos de uma determinada região geográfica. Analisar biomas é entender a vegetação e suas características adaptativas aos fatores abióticos, ou seja, verificar sua significativa similaridade associada ao tempo evolutivo. Tais características são determinantes na evolução da interação da flora e fauna, mas também são condicionantes para a história econômica e social, revelando aspectos importantes da cultura e da forma como se desenvolveram o uso e a ocupação do solo pelas populações que habitam essas extensas regiões, em variados processos ao longo do tempo. Dentre os cinco biomas presentes no território nacional (Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Amazônia), o bioma Caatinga se destaca não apenas pela sua significativa expressão territorial, mas também por ser o único exclusivamente brasileiro. De fato, segundo o Ministério do Meio Ambiente do Brasil [1], o bioma Caatinga hoje ocupa uma área oficial de 844.453 km<sup>2</sup> (embora alguns estudiosos falem em mais de um milhão de km<sup>2</sup>), o que representa 11% do território nacional. Nesta vasta região vivem, segundo

dados do Censo 2010 [2], cerca de 27 milhões de brasileiros, dos quais 38% habitam áreas rurais. O longo processo histórico de ocupação do território alterou cerca de 80% da cobertura original das Caatingas, restando hoje pouco mais de 7,5% de sua área protegida em 36 unidades de conservação, sendo que pouco mais de 1% estão sob o regime legal de proteção integral, justamente as quatorze unidades de conservação que são objeto desta pesquisa (Quadro 1, Figura 1). É nesse aspecto que os dados de Sensoriamento Remoto obtido por satélites têm o potencial de fornecer informações detalhadas sobre as propriedades da superfície da Terra e os parâmetros a nível local ou em escala regional, imageando porções do espectro eletromagnéticos além da região do visível. Tal característica permite aprofundar a extração de informações sobre os alvos na superfície terrestre, especialmente aqueles de maior sensibilidade à região do infravermelho, como é o caso de estudos que envolvam a cobertura de vegetação – fundamental em termos da avaliação da conservação da biodiversidade em áreas protegidas. A Caatinga, principalmente no chamado “polígono das secas”, apresenta um clima tropical quente e seco, do tipo semiárido, que se caracteriza por altas temperaturas (25 a 29°C) e baixa pluviosidade (400 a 800 mm/ano). Esta pluviosidade é irregular, devido às alterações na variabilidade climática decadal e sazonal, resultando em escassez hídrica dos corpos d’água intermitentes [3]. Ao analisar a escassez hídrica nesta região, destacam-se os estudos relacionados à detecção de indícios de variabilidades pluviométrica e mudanças em séries temporais e suas consequências para a vegetação, como os trabalhos de [4], [5] e [3]. Assim, o objetivo principal da pesquisa foi o mapeamento, a análise e a caracterização das 14 unidades de conservação de proteção integral da Administração Federal no Bioma Caatinga que estavam registradas em janeiro de 2013 no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

**Quadro 1 – UC’s pesquisadas e respectivas áreas (ha).**

	Unidade de Conservação	Área (ha)
1	Parna Catimbau	62.294
2	Esec Raso da Catarina	99.772
3	Parna Chapada Diamantina	152.000
4	Parna Serra das Confusões	502.411
5	Parna Cavernas do Peruaçu	56.800
6	Parna Serra de Itabaiana <sup>1</sup>	8.024
7	Parna Serra da Capivara	100.000
8	Parna Serra do Ubajara	563
9	Parna Sete Cidades	7.700
10	Parna Furna Feia	8.517
11	Esec Seridó	1.163
12	Esec Aiuaba	11.746
13	Rebio Serra Negra	1.100
14	Monat Rio São Francisco	26.736

Fonte: SNUC/MMA (2016); editado pelos autores.

<sup>1</sup> Nota: na época da elaboração do projeto de pesquisa (janeiro de 2013), o Parna Serra de Itabaiana constava no Bioma Caatinga. Atualmente, a

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Cada UC foi mapeada e analisada isoladamente, uma vez que as unidades não guardam relações de vizinhança entre si, pois têm gestão local específica, além de características físicas, arqueológicas e de naturezas distintas quanto à conservação ambiental e aos possíveis conflitos socioambientais. Todas as 14 UC’s foram analisadas a partir de imagens satelitais adquiridas durante o período chuvoso de cada área ou logo após este período. Esta condição foi necessária em razão dessas Unidades estarem inseridas no bioma Caatinga, ou seja, a maioria das espécies vegetais apresentam folhagens apenas nos períodos chuvosos – condição necessária para um melhor registro da energia eletromagnética desses alvos por parte dos sensores orbitais utilizados na pesquisa. Tal condição se dá em decorrência da adaptação das espécies vegetais presentes no bioma Caatinga que perdem suas folhas em situação de estresse por déficit hídrico durante a estação seca. Quando a imagem satelital adquirida foi deste período, identificavam-se apenas algumas espécies isoladas, predominando o solo com características de exposto. Para cada uma das Unidades se estabeleceu a utilização de imagens de dois anos distintos. O primeiro período analisado considerou as campanhas de campo de 2014, 2015 e 2016. O segundo período analisado para cada uma das Unidades correspondeu ao do ano de 2000 (ou próximo, em função da disponibilidade de imagens livres de nuvens). Esse ano faz referência à criação do SNUC (Lei nº 9.985/2000), podendo ser admitida imagem do ano anterior ou posterior ao SNUC quando identificada a presença de nuvens que comprometessem a análise. As imagens utilizadas foram dos satélites 8, 5 e 7 da série LandsAT e sensores OLI, TM e ETM+, respectivamente. Estas foram adquiridas no sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e ou do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para cada Unidade de Conservação foram realizadas comparações entre as técnicas de Classificação Supervisionadas (Máximo Verossimilhança) a partir da aquisição de no mínimo 20 amostras para cada classe temática para cada data e com Desempenho Médio da Matriz de Confusão das Amostras >95%, o IVDN (Figura 2) e o IVAS. Após analisar os resultados destes métodos e compará-los com os pontos de controle rastreados por GPS que foram tomados durante as expedições de campo às quatorze UC’s, definiram-se as seguintes fisionomias para o mapeamento temático das UC’s: Corpos d’Água, Áreas Antropizadas, Solo Exposto, Caatinga Herbácea, Caatinga Arbustiva e Caatinga Arbórea. O intuito foi o de identificar possíveis mudanças para o intervalo analisado com uma média de 14 anos de intervalo entre as datas de aquisição das imagens orbitais para cada UC. A comparação entre os três métodos permitiu utilizar os melhores resultados em termos da verdade terrestre (campo), sendo que as fitofisionomias foram melhor identificadas pelo

unidade foi, corretamente, recategorizada para o Bioma Mata Atlântica. Fonte: <http://www.mma.gov.br>. Acesso: 14/10/2016.

IVDN e o IVAS e as outras fisionomias pela Classificação Supervisionada. Também foi escrito um programa em linguagem de álgebra espacial (Linguagem LEGAL) e implementado no software Spring 5.5, que faz a comparação entre dois planos de informação (PI) temáticos de épocas distintas da mesma unidade, gerando, finalmente, um PI que contém um mapa temático da respectiva UC com as seguintes classes:

- Sem mudanças (as áreas eram iguais em termos de classes temáticas para as duas datas);
- Degradação ambiental (houve perda ou simplificação de fitofisionomias de caatinga entre a data mais antiga e a mais nova, ou era caatinga e se tornou solo exposto/pastagem, ou era caatinga e se tornou área antropizada)
- Recuperação ambiental (áreas de solo exposto/pastagem que se converteram em caatinga, ou áreas de caatinga que se converteram para fitofisionomias de maior porte, ou áreas antropizadas que se converteram em caatinga)
- Não se classifica (presença de nuvens ou sombra de nuvens em alguma das datas em análise).

Após a execução do mapa de avaliação das mudanças na UC, foram realizadas tabulações cruzadas entre os PI's para se verificar as contribuições de cada classe nas mudanças de uso do solo ocorridas em cada período estudado, buscando, ainda, as razões para tais mudanças a partir das entrevistas semiestruturadas que foram realizadas nas expedições de campo com gestores das UC's, brigadistas, especialistas e população local.

### 3. RESULTADOS

A quantificação das áreas dos PI'S temáticos referentes às mudanças na ocupação do solo de cada UC está expressa no Gráfico 1. O gráfico mostra que as maiores degradações ambientais para o período mapeado (que vai de 2000 a 2017) ocorreram nas unidades de Serra da Capivara, Chapada Diamantina e Serra das Confusões. A comparação entre degradação e regeneração pode ser vista por meio desse gráfico, onde podemos observar um maior equilíbrio entre as áreas, onde algumas unidades se regeneraram mais que outras (Catimbau, Raso da Catarina, Cavernas do Peruçu, Aiuaba, Serra de Itabaiana, Seridó, Serra das Confusões, Serra Negra e Ubajara), enquanto outras tiveram mais perdas que ganhos de fitomassa (São Francisco, Serra da Capivara, Chapada Diamantina, Furna Feia e Sete Cidades) – todas em graus variados.

### 4. DISCUSSÃO

O gráfico 2 mostra o somatório das áreas por classes temáticas oriundas das diversas Análises Espaciais realizadas nas 14 UC'. Neste gráfico podemos constatar que dos 13.634,46 km<sup>2</sup> das UC mapeadas:

- 18,68% das áreas sofreram distintos processos de Degradação Ambiental;
- 28,69% das áreas obtiveram Regeneração Ambiental no que se refere à produção de fitomassa; e,
- 44,38% das áreas não tiveram mudanças entre as diversas datas mapeadas e analisadas.

Assim, embora as áreas regeneradas sejam maiores que as degradadas, torna-se evidente a preocupação com a degradação de 2.546,86 km<sup>2</sup> em unidades de proteção integral – justamente as áreas “mais protegidas” do SNUC. Logo, é necessário haver políticas mais eficientes relacionadas à conservação da biodiversidade, principalmente para a educação ambiental, com projetos que permitam maior relacionamento e integração com essas escolas públicas e a grade curricular, particularmente naquelas do entorno das Unidades. Isso significa aproximadamente 84 municípios que têm áreas dentro dessas unidades. É necessário também que tenha maior divulgação da importância dessas unidades para que a população entenda e possa perceber a importância de conservar e utilizar essas unidades de conservação da biodiversidade.

### 5. CONCLUSÕES

De modo geral, concluímos que:

- Há graves conflitos socioambientais entre as populações tradicionais e do entorno em características antropológicas, com intensidades e graus variados.
- Existe pouca ou nenhuma integração com as escolas públicas dos municípios do entorno;
- Baixos indicadores socioeconômicos municipais, em especial a educação e a renda, interditam grande parte da população à educação ambiental e ao desenvolvimento sustentável, tornando impossível a formulação, implantação e monitoramento de políticas públicas neste setor;
- Faltam recursos humanos e financeiros, infraestrutura local, manutenção das instalações e agentes de fiscalização para os gestores das UC's;
- Pouco ou nenhum conhecimento por parte da população local da importância da conservação da biodiversidade do Bioma Caatinga nestas UC's;
- As UC's estão praticamente abandonadas, sem regularização fundiária, faltam demarcação, fiscalização precária e especialistas em fauna e flora, além de apresentarem uma significativa redução de brigadistas e um número insuficiente de servidores do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) para gerir áreas naturais de grandes dimensões;
- Áreas significativas das UC's (2.546,86 km<sup>2</sup> ou 18,68%) foram degradadas entre os anos de 2000 a 2017, o que representa grave ameaça à conservação da biodiversidade do bioma Caatinga.

Finalmente, a pesquisa constatou que, de uma maneira em geral, o problema da gestão não está em nível local, mas sim no nível federal, pois as Unidades de Conservação do Bioma

Caatinga não recebem a devida atenção do governo brasileiro. As nossas caatingas são joias da natureza no Brasil, porém estão em risco.

### 6. REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 14 out. 2016.  
 [2] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Acesso em 22/10/2017. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>.  
 [3] LIMEIRA, E. A. Influência dos fenômenos acoplados oceano-atmosfera sobre os Vórtices Ciclônicos de altos níveis observados no Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande: 2014.  
 [4] HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.C.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIACÃO, Y.M.T.; BAEZ, J.; BARROS, V R.; MERLATO, M.A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V.J.; GRIMM, A.M.; KAROLY, D.; MARENGO, J.A.; MARINO, M.B.; MONCUNILL, D.F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.L.; TREBEJO, I.; VICENT, L.A. TRENDS In: Total And Extreme South American Rainfall In 1960-2000 And Links With Sea Surface Temperature. Journal Of Climate, v. 19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.  
 [5] MACEDO, I.T.F.; BEVILAQUA, C.M.L.; OLIVEIRA, L.M.B.; CAMURÇA VASCONCELOS, A.L.F.; VIEIRA, L.S.; OLIVEIRA, F.R.; QUEIROZ-JUNIOR, E.M.; TOMÉ, A.R.; NASCIMENTO, N.R.F. Anthelmintic effect of Eucalyptus staigeriana essential oil against goat gastrointestinal nematodes. Veterinary Parasitology, v. 173, p. 93-98, 2010.

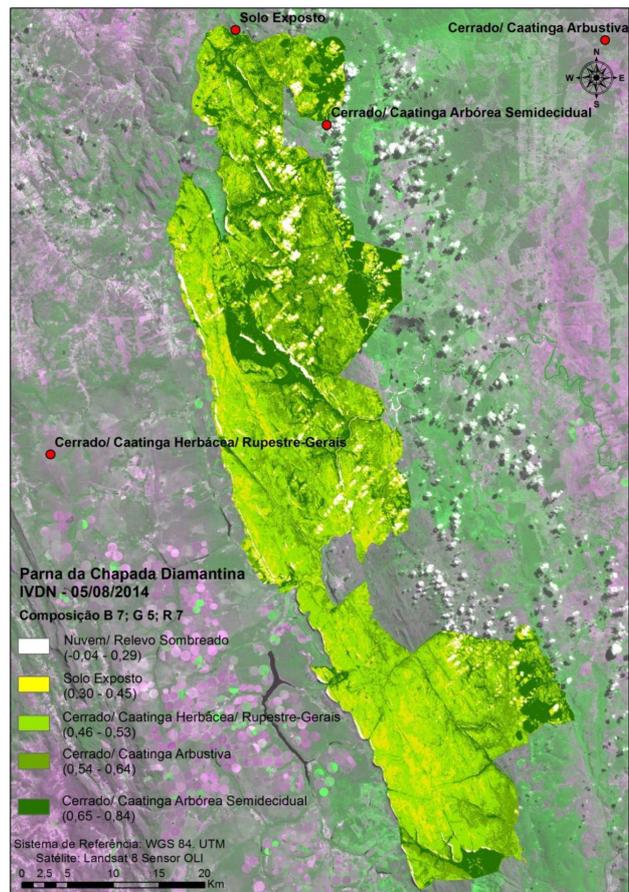


Figura 2. Carta-imagem do índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) do Parna da Chapada Diamantina e entorno de 2014.

### 7. ILUSTRAÇÕES E GRÁFICOS

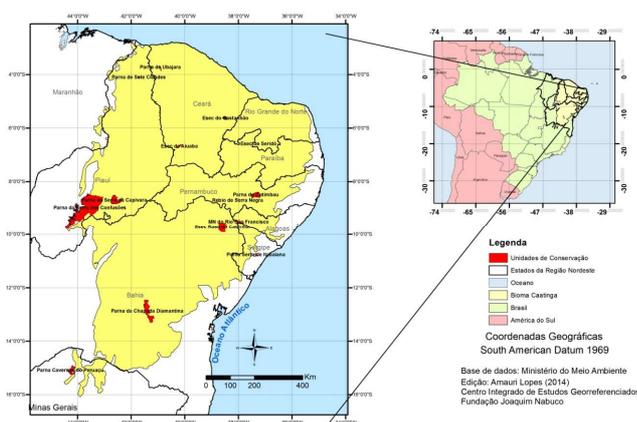


Figura 1. Mapa de Localização das 14 UC's objeto da pesquisa. Fonte: SNUC/MMA (2013); editado pelos autores.

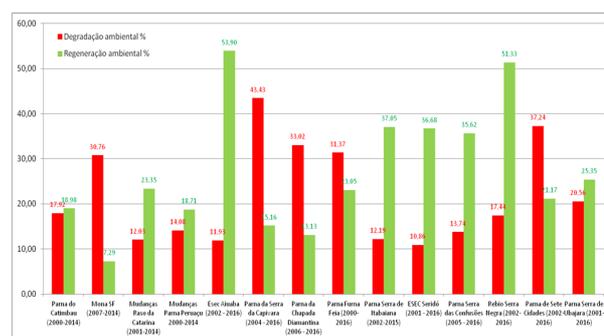


Gráfico 1. Percentual comparativo das áreas com degradação e regeneração ambientais das 14 UC's.



Gráfico 2. Mudanças na ocupação do solo das 14 UC's.