

Revista de Estudios Andaluces (REA)

e-ISSN: 2340-2776.

REA Núm. 37 (2019). <http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37>

Análise do Padrão Espacial do Uso e Cobertura do Solo e da Fragmentação e Conectividade da Vegetação no Semiárido do Nordeste Brasileiro: Bacias Dos Rios Taperoá e Alto Paraíba-Pb

Analysis of Land Cover Distribution and Spatial Pattern of Landscape Fragmentation and Connectivity in the Taperoá and Upper Paraíba River Basins, Brazil

Valéria Raquel Porto de Lima¹

vrportol@ceduc.uepb.edu.br

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7744-3502>

Vinicius da Silva-Seabra²

vinicius.seabra@uerj.br

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1294-6015>

Rafael Albuquerque-Xavier¹

xavier@ceduc.uepb.edu.br

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1737-7547>

Patricia da Conceição-Dornellas³

dornellas@uol.com.br

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-2537-7149>

¹*Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba. Rua das Baraúnas, 351, Bairro Universitário - Campina Grande -PB. CEP 58429 -500.*

²*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Campus Maracanã, Rua São Francisco Xavier, 524 - Rio de Janeiro - CEP 20550-900, Pavilhão João Lyra Filho, 4 andar. Bloco B.*

³*Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba. Campus I - Cidade Universitária - João Pessoa - PB - Brasil. CEP: 58051-900.*

Correspondencia autores: *vrportol@ceduc.uepb.edu.br* (Valéria Raquel Porto de Lima)

Formato de cita / Citation: Porto de Lima, V. R., da Silva-Seabra, V., Albuquerque-Xavier, R., da Conceição-Dornellas, P. (2019). Análise do Padrão Espacial do Uso e Cobertura do Solo e da Fragmentação e Conectividade da Vegetação no Semiárido do Nordeste Brasileiro: Bacias Dos Rios Taperoá e Alto Paraíba-Pb. *Revista de Estudios Andaluces*, 37, 25-49. doi: <http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>

Enlace artículo/to link to this article: <http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

<http://editorial.us.es/es/revistas/revista-de-estudios-andaluces>

<https://revistascientificas.us.es/index.php/REA>

Análise do Padrão Espacial do Uso e Cobertura do Solo e da Fragmentação e Conectividade da Vegetação no Semiárido do Nordeste Brasileiro: Bacias Dos Rios Taperoá e Alto Paraíba-Pb.

Analysis of Land Cover Distribution and Spatial Pattern of Landscape Fragmentation and Connectivity in the Taperoá and Upper Paraíba River Basins, Brazil

Valéria Raquel Porto de Lima

Universidade Estadual da Paraíba (Brazil)

vrportol@ceduc.uepb.edu.br

Vinicius da Silva-Seabra

Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ/FFP (Brazil)

vinicius.seabra@uerj.br

Rafael Albuquerque-Xavier

Universidade Estadual da Paraíba (Brazil)

xavier@ceduc.uepb.edu.br

Patricia da Conceição-Dornellas

Universidade Federal da Paraíba (Brazil)

dornellas@uol.com.br

Recibido: 1 de octubre, 2018

Revisado: 20 de noviembre, 2018

Aceptado: 17 de diciembre, 2018

Resumo:

As bacias do alto curso do rio Paraíba e do Taperoá localizam-se na zona semiárida do Estado da Paraíba. Grande parte da delimitação do semiárido possui bosques de Caatinga, que por suas condições bioclimáticas, diversidade e endemismos, torna-se um bioma singular, estendendo-se por uma superfície de 844.453Km² IBGE (2010). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição do uso, cobertura do solo, padrão espacial da fragmentação e conectividade da paisagem nas bacias do alto Paraíba e do Taperoá. O mapeamento foi feito a partir de classificação GEOBIA de imagens MSI do satélite Sentinel 2, com o uso do software GUIDOS. Os resultados apontam a maior presença de caatinga e maior conectividade no sul e noroeste na bacia do alto Paraíba e no sudoeste da bacia do Taperoá.

Palavras chave: vegetação, uso e cobertura do solo, semiárido, fragmentação, conectividade.

Resumen:

La cuenca de alto curso de río Paraíba y del Taperoá ubican-se en la zona semiárida del Estado de Paraíba. La mayor parte del semiárido encuentra se los bosques de Caatinga, que por su condición bioclimática, diversidad y endemismo, es un bioma singular, que extiende-se por una superficie de 844.453Km² IBGE (2010). El objetivo dela investigación es analizar la distribución del uso, cobertura del suelo, padrón espacial de la fragmentación y conectividad del paisaje en la cuenca del alto curso del rio Paraíba y Taperoá. La especialización fue hecha por una clasificación GEOBIA del imagines MSI del satélite Sentinel 2, y trabajos en el software GUIDOS. Los resultados apuntan la mayor presencia de las áreas de caatinga en cantidad y conectividad en el sur y noreste del alto Paraíba y en sureste del Taperoá.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776

<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

Palabras clave: paisaje, cuenca hidrográfica, semiárido, fragmentación, conectividad.

Abstract:

The Upper Paraíba and Taperoá river basin are located in the semiarid zone of Paraíba State. Much of the delimitation of the semiarid region has Caatinga forests, which, due to its bioclimatic conditions, diversity and endemism, become a singular biome, extending over a surface area of 844,453Km² IBGE (2010). The objective of this study was to evaluate soil use and cover, spatial pattern of fragmentation and connectivity of the Upper Paraíba and Taperoá basin. The mapping was done from GEOBIA classification of MSI images of Sentinel 2 satellite, and worked on GUIDOS software. The vegetation cover and the water and bioclimatic condition of the surveyed area were used. The results point to a greater presence of caatinga areas in quantity and connectivity in the northwest of Upper Paraíba and in the southwest of Taperoá.

Keywords: landscape, watershed, semiarid, fragmentation, connectivity.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido do nordeste brasileiro teve, ao longo da história, vários tamanhos e diferentes denominações. Tais aspectos sempre estiveram atrelados as políticas públicas de desenvolvimento para a região. Uma das suas primeiras delimitações jurídicas está presente em uma norma da Constituição Brasileira de 1988, que através do seu Artigo 159, instituiu o Fundo Constitucional do Nordeste - FNE.

O Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE foi criado pela Lei n 7.827, de 27 de dezembro de 1989, e definiu o semiárido brasileiro como a área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – Sudene, criada em 1959, com índices pluviométricos iguais ou inferiores a 800mm anuais. Usando esses critérios o semiárido possuía, naquele momento, 1.031 municípios.

Em 2001 a Sudene foi extinta e o Ministério da Integração Nacional criou o Grupo de Trabalho Interministerial, que assumiu novos critérios para a delimitação do semiárido brasileiro, são eles: Precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. Em 2017 foi realizada a última delimitação oficial da região semiárida, que passou a ter um total de 1.262 municípios.

A região semi-árida ocupa uma área de aproximadamente 900.000 Km², cerca de 10% da área total do Brasil, abrangendo parte do Maranhão, os demais estados do Nordeste, além do Norte de Minas Gerais (IBGE, 2015). Apresenta clima BSh' de Koppen, com duas estações, seca e úmida, com pluviosidade média anual de aproximadamente 300 a 800mm. A maior parte das chuvas se concentra em três a quatro meses dentro da estação úmida, acarretando um balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano e elevado índice de aridez. Observam-se ainda temperaturas médias em torno de 28°C, sem significativas variações estacionais.

Em grande parte do semiárido encontram-se os bosques secos, representados por um mosaico de paisagens de vegetação denominada de Caatinga, que por suas condições bioclimáticas, e pela diversidade e endemismo da fauna e flora, torna-se um bioma singular.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2017), o bioma é rico em biodiversidade, abrigando “178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 de anfíbios, 241 de peixes e 221 de abelhas”.

Autores franceses e anglo-saxões como Trochain (1957), Cole (1986), Hueck (1978), Schnell (1979) e Riou (1995), e autores brasileiros como Andrade Lima (1981), Rizinni (1997), Ab’Saber (2003), Fernandes; Bezerra (1990) e Martius (1996), realizaram pesquisas no bioma Caatinga e por seus aspectos fisionômicos a definiram como um bosque xerófilo, composto por árvores e arbustos espinhosos, com plantas suculentas, cactáceas, bromeliáceas e herbáceas.

Alguns pesquisadores como Kuhlmann (1974), Cain; Castro (1959), definiram a Caatinga como “savana-estépica”. Essa definição para autores como Cámara; Lima (2013), Martínez (2002) e Lima (2012), não deve ser aplicada para além das características fisionômicas, visto que por condições bioclimáticas e geoquímicas que atuam nos processos edáficos, existem grandes diferenças entre Estepes e Savanas. Nesse sentido, a Caatinga pode ter formações vegetais que se caracterizam como uma Savana arbórea ou arbustiva, com formações do tipo bosques tropicais caducifólios com regime geocodinâmico tropófilo ou formações arbustivas espinhosas caducifólias, com ou sem cactáceas, com regime geocodinâmico xerófilo. Contudo, por condições bioclimáticas e formações superficiais associadas à Caatinga, não pode ser comparada a uma Estepe.

Grande parte de estrutura da formação vegetal presente hoje na Caatinga é decorrente do processo de uso e ocupação do semiárido, que vem apresentando transformações significativas na paisagem, sobretudo ao longo das últimas décadas do século XX e início do século XXI, com forte processo de desertificação.

Além das atividades econômicas como, por exemplo, agricultura e criação de caprinos e bovinos, a chegada das águas do rio São Francisco na bacia do rio Paraíba, através da integração de bacias, trará impactos significativos no uso e ocupação do solo, podendo agravar ainda mais os processos de degradação presentes na área pesquisada.

A degradação ambiental das últimas décadas está relacionada com a grande exploração dos recursos florestais para abastecer as indústrias dos pólos cerâmicos, carvoarias, pólos gesseiros, padarias e para uso doméstico em todo Nordeste. Estima-se que 70% das famílias do meio rural no Nordeste Brasileiro utilizam lenha ou carvão para uso doméstico e cerca de 8 milhões de metros cúbicos de lenha por ano são usadas por indústrias de cerâmicas vermelhas, sendo que 33% da matriz energética é suprida com lenhas obtidas da exploração não sustentável da vegetação nativa de Caatinga (Brainer *et. al.* 2011).

Em períodos de déficit hídrico a degradação torna-se mais intensa, visto que os rendimentos agropecuários e agrícolas tendem a diminuir. A falta de alternativas econômicas no período da seca conduz à intensificação da extração vegetal para o uso da lenha em indústrias e panificadoras e a produção do carvão.

Dessa maneira, desenvolver uma análise do uso e cobertura do solo é indispensável para estudos ambientais, pois retrata as pressões e impactos sobre os elementos naturais presentes na paisagem. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo central analisar a distribuição do uso e cobertura no solo, o padrão espacial de fragmentação e a conectividade das paisagens de caatingas nas bacias do Taperoá e Alto Paraíba, no Estado da Paraíba-Brasil.

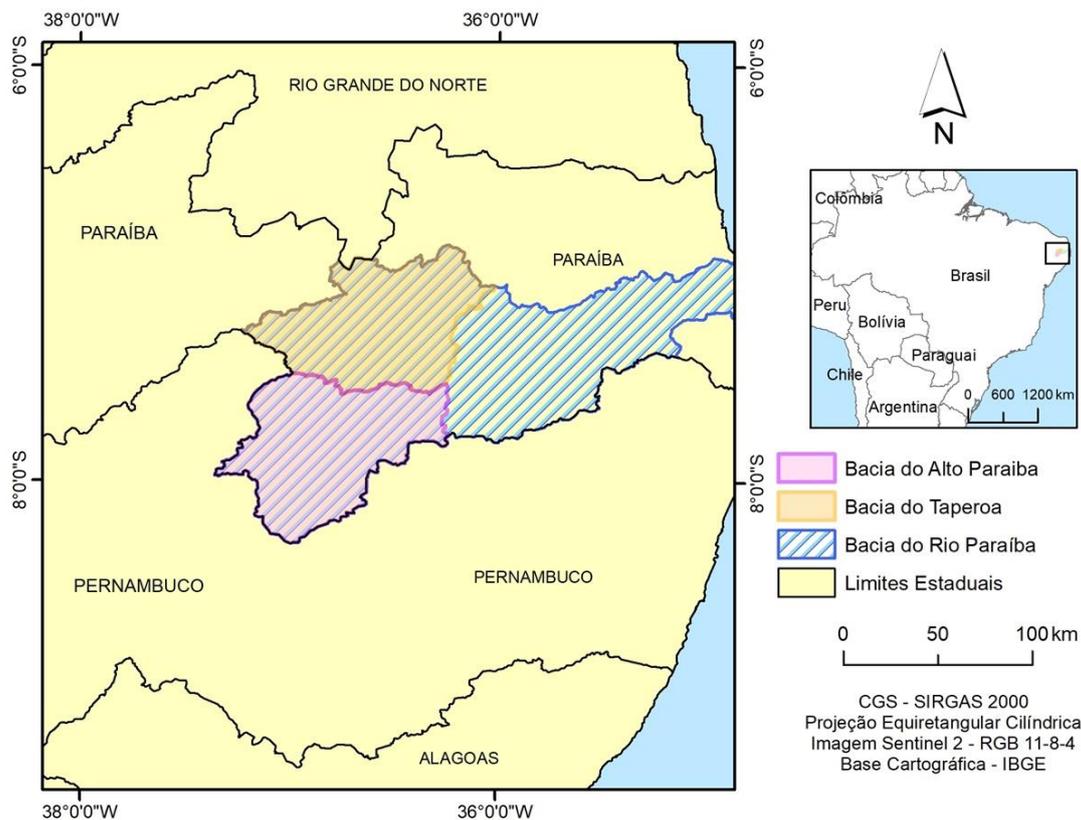
Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

As bacias do Alto Paraíba e do Taperoá são parte da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, que está totalmente inserida no Estado da Paraíba (fig.1), com aproximadamente 20.000 km² de área. A bacia do Rio Paraíba drena total ou parcialmente territórios de 85 municípios, que abrigam uma população de cerca de 1.900.000 habitantes, o que representa 53% de toda população do Estado da Paraíba (IBGE, 2010).

Figura 1. Localização das bacias do Paraíba, Alto Paraíba e Taperoá no Brasil.



Fonte: Autores, 2018.

As bacias do Alto Paraíba e do Taperoá drenam suas águas e transportam sedimentos para o açude de Epitácio Pessoa, popularmente conhecido como Açude Boqueirão, que abastece a região metropolitana de Campina Grande. Essa região tem 687.448 habitantes, e entre os anos de 2010 e 2018 enfrentou um período de estiagem que colapsou o sistema de abastecimento público. Essa crise de falta de água foi amenizada recentemente com a transposição das águas do Rio São Francisco¹.

O Açude Boqueirão vem sofrendo nos últimos anos problemas de aporte de água em decorrência da sazonalidade climática inerente de climas semiáridos, agravados pelo assoreamento da bacia de captação.

¹ A integração das águas do São Francisco é o maior projeto de infraestrutura do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Brasil. A obra teve início em 2007, com o Presidente Lula da Silva e sua conclusão em 2017, levando por 720 mil metros de canais água para dois eixos, Norte e Leste. O relatório de impacto ambiental do projeto de integração da Bacia do Rio São Francisco com as bacias do Nordeste Setentrional está disponível no link:

<http://www.integracao.gov.br/documents/10157/3678963/Rima++Relat%C3%B3rio+de+Impacto+Ambiental.pdf/4324863d-cbff-4522-9bd0-eab9d34b8fe2>



O assoreamento ocorre, sobretudo, por práticas de manejo do solo inadequadas, que desencadeiam processos erosivos. Segundo Santos *et al.* (2007), nas regiões semiáridas a degradação dos solos causada pela erosão hídrica é um relevante problema, e por isso vem sendo estudada nas últimas décadas por órgãos e pesquisadores que se preocupam com os aspectos socioeconômicos e físicos do semiárido.

A análise do uso e cobertura do solo, associado com a identificação e representação de padrões de fragmentação e conectividade da vegetação da caatinga nas bacias do Taperoá e Alto Paraíba, configuram-se como investigações fundamentais para apoiar decisões voltadas para a recuperação e preservação de remanescentes de vegetação também no entorno da bacia hidráulica do Boqueirão. A recuperação objetiva a manutenção da biodiversidade, mitigação de processos erosivos para o maior armazenamento de água, dando a este estudo uma relevante importância, não só do ponto de vista científico, como também estratégico, de ordenação e gestão territorial.

Para analisar os dados, foram utilizados os fundamentos da ecologia da paisagem, que considera os meios biótico e abiótico, aspectos culturais, econômicos e sociais numa perspectiva sistêmica. O termo Ecologia da Paisagem foi cunhado por Troll em 1939, ao estudar questões relacionadas ao uso da terra por meio de fotografias aéreas e interpretação das paisagens.

Para Pereira *et al.* (2001), a ecologia da paisagem baseia-se na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Assim, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo de sua função e mudança. Buscando uma relação entre os estudos geoecológicos e as novas geotecnologias, Frohn (1998) afirma que os indicadores da paisagem são empregados para gerar dados quantitativos de padrões espaciais, relativos a áreas, observada em um mapa ou imagem.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

A identificação dos remanescentes da vegetação de caatinga foi obtida a partir de classificação supervisionada baseada em objetos (GEOBIA), utilizando imagens do sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*), transportado pelo satélite Sentinel 2. Essas imagens foram geradas no dia 4 de agosto de 2010 e então disponibilizadas no portal da ESA (*European Space Agency*), de onde foram baixadas gratuitamente.

Segundo Delegido *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2017), uma das principais vantagens do uso de imagens do Sentinel 2 é a combinação de estreitas faixas espectrais, proporcionadas por quadro bandas Red Edge (borda do vermelho), e o tempo de revisita, que contribui para estudos de identificação e monitoramento de coberturas vegetais.

A escolha da metodologia de mapeamento por classificação GEOBIA justifica-se na possibilidade de maior intervenção do intérprete no processo de classificação do uso e cobertura da terra, o que é um fator muito importante em ambientes dinâmicos e complexos como o da Caatinga. É importante destacar que Cruz *et al.* (2007) apontam que a classificação GEOBIA busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento, para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica, contexto e outros. No entanto, para alcançarmos melhores resultados na classificação, foi imprescindível submeter as imagens do sensor MSI ao processo de correção atmosférica, que neste caso foi aplicada no modo SCP DOS do software Quantum GIS (Santos *et al.*, 2017).



Essa correção é necessária, pois a interferência causada pela atmosfera terrestre no momento da aquisição de imagens pelos sensores orbitais causa uma série de problemas que resultam na diminuição da faixa de valores digitais possíveis registrados pelo sensor, diminuição do contraste entre superfícies adjacentes e alteração do brilho de cada ponto na imagem.

Esses problemas são causados principalmente pela presença dos gases (vapor d'água, ozônio, oxigênio e dióxido de carbono) e dos aerossóis (pequenas partículas materiais em suspensão) na atmosfera terrestre. Os efeitos diretos por conta da absorção e do espalhamento atmosférico produzem a alteração do brilho da cena e a diminuição de contraste entre os alvos (Antunes *et. al.*, 2012).

Depois da correção atmosférica e construção de mosaicos das cenas, deu-se início a classificação GEOBIA. Para a construção dos mosaicos não foram necessárias operações de equalização, já que todas as cenas foram adquiridas no mesmo dia e hora aproximada, o que não resultou em diferenças espectrais entre as cenas.

A classificação GEOBIA se diferencia das demais por apresentar a possibilidade de se realizar multissegmentações, gerando níveis hierarquizados, incluindo ainda aspectos de multirresolução. Para a classificação da área de estudo foi aplicada uma segmentação multirresolução com parâmetro de similaridade de 125, forma 0,1 e compacidade 0,5. Nessa etapa foram consideradas apenas as médias espectrais das bandas, todas com o mesmo peso (1). Após a segmentação, foram realizados os trabalhos de campo, para que pudéssemos discutir a escolha das classes temáticas existentes na região, além de efetuar o reconhecimento da distribuição espacial dos usos e coberturas em toda a área mapeada.

A etapa posterior à amostragem foi a modelagem do conhecimento, ou seja, a definição dos descritores e de seus modelos, utilizados para a classificação das regiões (segmentos) geradas na segmentação. A classificação GEOBIA considera muitos tipos de descritores, tratando-os como parâmetros caracterizadores dos objetos, tais como: cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização, contexto, etc. Portanto, a inserção desses elementos, ou seja, do conhecimento do intérprete no processo, consiste em uma alternativa para a distinção de alvos que espectralmente apresentam dificuldades de serem individualizados. A caracterização dos objetos da imagem não pode limitar-se apenas a atributos espectrais, pois esses muitas vezes não conseguem delimitar objetos complexos (Definiens, 2010).

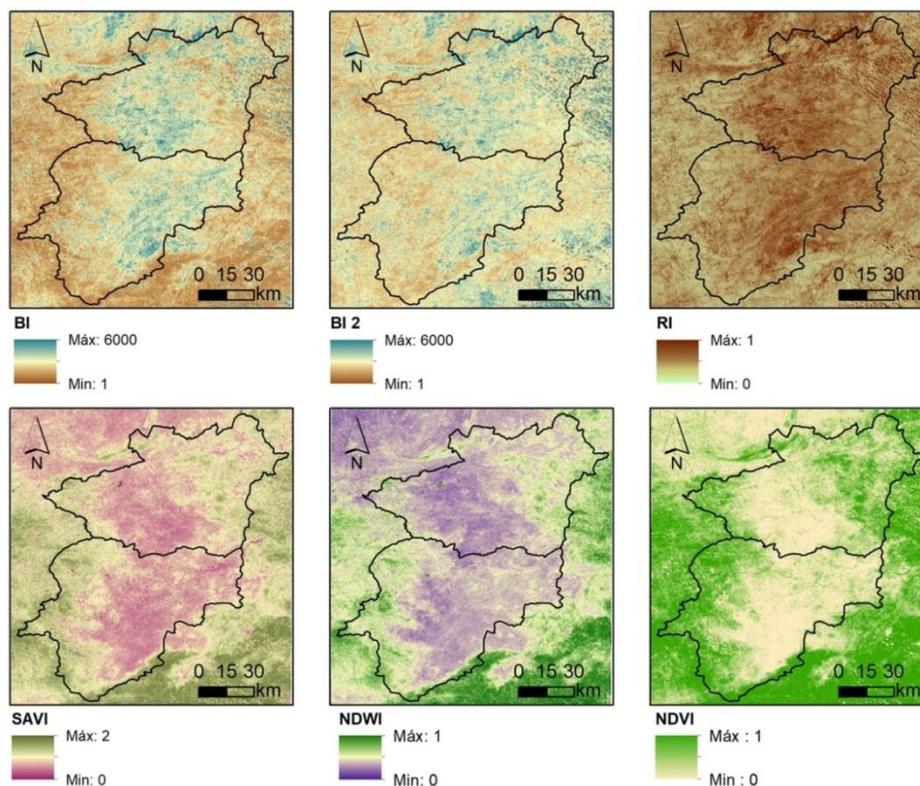
Na classificação do uso e cobertura da terra das bacias do Alto Paraíba e Taperoá foram adotados descritores baseados na média das bandas espectrais, na amplitude do relevo e diferentes índices gerados a partir de combinações entre diferentes bandas do sensor MSI. Esses índices foram obtidos por álgebra de mapas (fig. 2), sendo eles:

- BI (Índice de Brilho) = $(red + green)/2$, e;
- BI2 (Segundo índice de brilho) = $(red + green + NIR)/3$.
- RI (Índice de Vermelhidão) = $(red - green)/(red + green)$;
- SAVI (Índice de vegetação ajustado ao solo) = $(L+1) (NIR - red) / (NIR + red + L)$;
- NDWI (Índice da água por diferença normalizada) = $(MIR - NIR) / (MIR + NIR)$;
- NDVI (Índice da vegetação por diferença normalizada) = $(NIR - red) / (NIR + red)$;



Em seguida, realizou-se amostragem para cada uma das 11 classes diferentes, que foram organizadas em 3 níveis de classificação (fig. 3). No primeiro nível foram classificados os corpos hídricos, nuvens, sombras e outros. Nesse nível foram usados como descritores as bandas B2 (azul), B3 (verde), B11 (infravermelho médio), B12 (infravermelho distante), B8A (borda do vermelho 4), amplitude do relevo e o índice SAVI. No segundo nível separamos a classe “Outros” em Caatingas e Não Caatingas, utilizando como descritores as bandas B11, B12, B5 (borda do vermelho 1) e B7 (borda do vermelho 3).

Figura 2. Índices adotados como descritores da classificação GEOBIA.



Fonte: Autores, 2018.

O terceiro nível de classificação se dividiu em duas etapas. Na primeira etapa foram separadas as caatingas por regime geocodinâmico e resposta espectral, separadas inicialmente por caatingas densas secas de regime tropófito subúmido; caatingas densas verdes de regime mesófilo subúmido; caatingas rarefeitas verdes e pastagens sujas de regime tropófilo semiárido. Nesta etapa foram utilizados como descritores as bandas B7 e B11 do sensor MSI e os índices NDWI e SAVI.

Na segunda etapa foram classificados: as áreas desmatadas; áreas urbanas; afloramentos rochosos; e pequenos cultivos ou a presença de *Prosopis juliflora* (Sw), espécie de nome comum algaroba (espécie invasora presente principalmente nas bordas dos rios). Nesta etapa foram utilizados como descritores a B2, B5, B7, B12, NDWI e amplitude do relevo. A aplicação específica de cada descritor, em cada nível de classificação, poderá ser observada na árvore de decisão apresentado na figura 3.

A classificação dos tipos de formação vegetal por regime geocodinâmico foi realizada com base na proposta metodológica de Cámara (2004). O método de Regimes geocodinâmicos possui como base o balanço hídrico, o balanço bioclimático e as características texturais dos solos.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>

 Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional

O balanço hídrico (BH) está fundamentado na proposta de Thornthwaite-Matter (López Cadenas, 1986) e o balanço bioclimático (BB) nos métodos de Montero de Burgos & González de Rebollar (1974), acrescidos da valência ecológica das formações vegetais e edafosedimentares (Capacidade de Campo).

Nessa proposta os indicadores bioclimáticos estabelecem as condições geocodinâmicas de cada formação vegetal em escalas correspondentes. São analisados dados paramétricos de pluviometria, evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR) e das variáveis intensidade bioclimática potencial (IBP) e intensidade bioclimática real (IBR).

São analisados os períodos de paralisação vegetativa, considerando o balanço hídrico, ou seja, o conteúdo de umidade do solo, que repercute nos processos geoquímicos do solo e no desenvolvimento da atividade vegetativa, o excedente de umidade durante a fase que não existe déficit, e o tempo de recarga de umidade edáfica até a saturação.

Relacionando a valência ecológica das formações vegetais com a distribuição dos parâmetros bioclimáticos, se obtém uma caracterização ambiental relacionada com fatores temporais estacionais, segundo os meses do ano. Cada um dos regimes geocodinâmicos é susceptível de uma reavaliação quando se detalha de maneira mais precisa os fatores edafosedimentológicos.

Para a classificação da formação vegetal foram coletados dados de precipitação e temperatura das estações meteorológicas instaladas na bacia. Esses dados encontram-se no banco de dados pluviométricos da Agência Nacional de Águas (HidroWeb)² e os dados de temperatura no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET³. Os dados edáficos foram coletados a partir de perfis de solos em pontos específicos das bacias do Alto Paraíba e Taperoá. Os dados coletados foram inseridos para posterior classificação e análise no aplicativo Hidrobio⁴.

Os regimes encontrados na bacia encontram-se enquadrados em tropófilo e mesófilo. O tropófilo apresenta déficit hídrico com paralisação vegetativa de 1 a 5 meses, que leva a situações de paralisação da seiva. Predominam as espécies caducifólias e em áreas de transição para a condição xerófila são encontrados arbustos espinhosos, cactáceas e bromeliáceas.

O regime geocodinâmico mesófilo apresenta de 1 a 3 meses de paralisação vegetativa, as precipitações podem variar de 700 a 1800 mm anuais, porém na caatinga apresenta irregularidades temporais e espaciais, e temperaturas de 18 a 29°C, indicando a existência de meses com déficit hídrico.

O “Não” é utilizado nos modelos inversos. Ou seja, quando usamos o “Não Sombra” para classificar “Corpos Hídricos”, significa que o objeto somente será Corpo Hídrico se não for anteriormente classificado como Sombra. No caso da classe “Outros”, que é definida pelo modelo inverso para todas as outras classes do mesmo nível, o objeto será definido como Outros se não for anteriormente classificado como Corpo Hídrico, Sombra ou Nuvem.

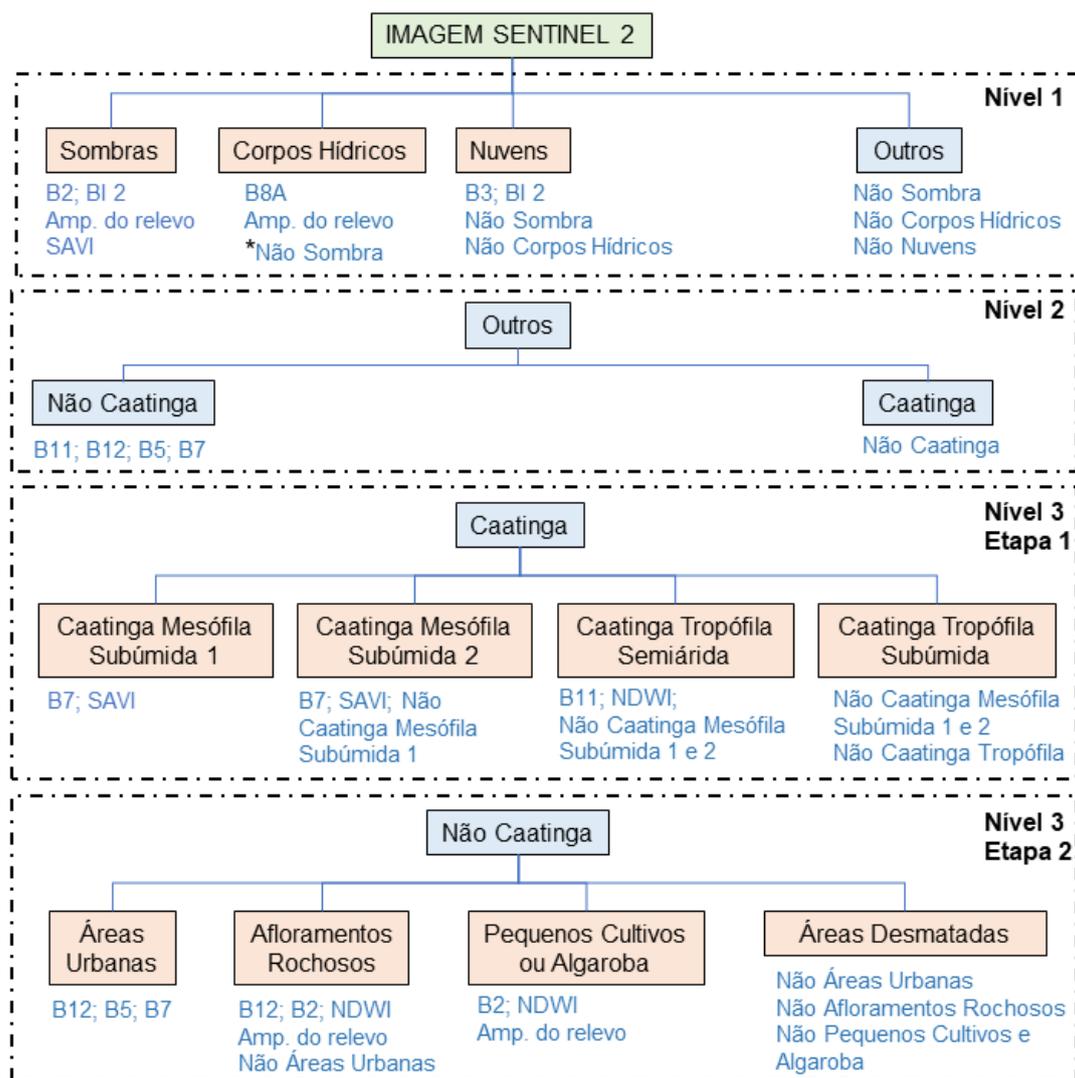
² <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>

³ <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/verProximosDias>

⁴ <http://www.geografiaisica.org/2012/09/17/plantilla-para-el-calculo-del-balance-hidrico-y-el-diagrama-bioclimatico/>
Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Figura 3. Árvore de decisão do processo de classificação GEOBIA das cenas MSI-Sentinel 2.



Legenda



B2 – Média da banda 2; B3 – Média da banda 3; e assim para todas as médias das bandas; Amp. do relevo - Amplitude do Relevo; BI- Índice de Brilho; BI 2- Índice de brilho 2; SAVI – Índice de vegetação ajustado ao solo; NDWI - Índice da água por diferença normalizada; Não – Modelo Inverso.

Fonte: Autores, 2018.

Após generalização e fusão de classes, os fragmentos florestais foram extraídos dos mapas de uso e cobertura do solo, e depois de terem sido convertidos para formato matricial (10x10m) foram importados e manipulados no software GUIDOS® (*Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes*), que é um software gratuito, voltado para análise espacial de fragmentos florestais (VOGT, 2012). Os fragmentos foram manipulados a partir do módulo MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*),



considerando como valor de borda de fragmentos a distância de 100 metros (10 pixels). As classes mapeadas a partir das análises realizadas do MSPA GUIDOS foram as seguintes:

- Bordas: Faixas de floresta mais externa ao fragmento (borda), com extensão de 100 metros, em contato com a matriz.
- Áreas Núcleo: Área interna dos fragmentos florestais.
- Clareiras: Áreas desmatadas no interior dos fragmentos florestais.
- Bordas de Clareiras: Faixas de floresta, com extensão de 100m, que estão em contato com as clareiras.
- Corredores: Faixas de floresta que conectam dois ou mais fragmentos florestais.
- Falsos corredores (laços): Corredores florestais que ligam dois pontos de um mesmo fragmento.
- Falsos corredores em clareira: Corredores que cruzam o interior de uma clareira.
- Ramificações: Faixas de floresta que saem do fragmento, mas que não se conectam a outro fragmento.
- Matrizes: Áreas desmatadas, externas aos fragmentos florestais.
- *Stepping Stones*: Ilhas de floresta inseridas no interior da Matriz.

Os resultados finais da análise foram incorporados a um Banco de Dados Geográfico, e manipulados em ambiente SIG, onde foram calculadas as áreas e gerados os layouts finais. Esses dados encontram-se disponíveis para novas análises.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

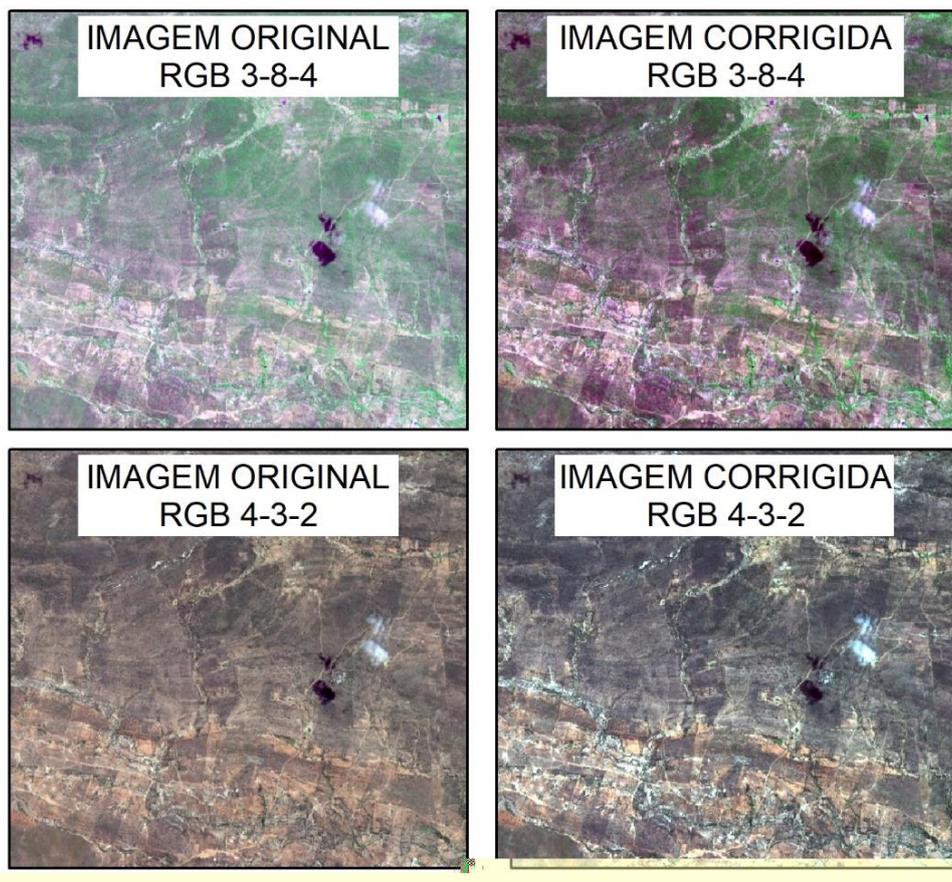
As cenas utilizadas para cobrir toda superfície mapeada foram geradas na mesma data (04-08-2017) pelo sensor MSI, o que não gerou a necessidade de realização de operações de equalização entre as diferentes cenas. A correção atmosférica aplicada através do módulo SCP DOS do software Quantum GIS, e alcançou resultados satisfatórios, o que pode ser percebido visualmente e através das leituras dos histogramas das imagens. Pode-se perceber que as imagens corrigidas no módulo SCP DOS, com a inserção dos metadados fornecidos pela ESA, apresentam mais brilho e melhor distinção entre os alvos (fig. 4).

Quanto à classificação, destacamos que a utilização dos índices como descritores foi a escolha acertada, já que os modelos gerados pelos mesmos possibilitaram a diferenciação das classes em quase 50% das vezes. No entanto, os Índices de Brilho (BI) e de Vermelhidão (RI) não foram utilizados diretamente, ainda que tenham ajudado em outros aspectos, tais como definição de amostras e compreensão do comportamento dos alvos.

Outro descritor que se mostrou importante foi a amplitude do relevo, calculada pela diferença entre a altitude representada em cada pixel pelo nível de base de cada bacia. Com auxílio da amplitude do relevo foi possível limitar a ocorrência da *Prosopis juliflora* (Sw), nome vulgar Algaroba (espécie invasora e abundante que ocorre próxima aos rios, canais e açudes) nas áreas mais rebaixadas, próximas aos açudes e canais de drenagem.



Figura 4. Resultados obtidos a partir da correção atmosférica.



Fonte: Autores, 2018.

Através do cálculo de área sobre o mapa de uso e cobertura do solo, confrontando dados do regime geocodinâmico, observa-se que o predomínio na área é de Caatinga Mesófila subúmida, considerada Caatinga densa (42%), localizada em áreas mais elevadas, seguido de áreas desmatadas (28%) e Caatinga Tropófila semiárida, considerada a Caatinga de porte arbustivo (26,5%), localizada nas áreas mais planas. A caatinga Tropófila subúmida, considerada de porte arbustivo arbóreo, os pequenos cultivos e a algaroba, ocorrem em pouco mais de 2% da área, sendo que os demais usos, juntos, ocupam pouco menos que 1% das bacias (Quadro 1).

Quadro 1: Classes de uso e cobertura do solo por área e percentual de área nas bacias do Taperoá e Alto Paraíba.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Média das Áreas (ha)	Área Total (ha)	Percentual das Áreas
Afloramento Rochoso	2.770,13	2.770,82	0,23
Corpos Hídricos	2.550,12	2.550,75	0,21
Áreas Desmatadas	85.320,46	341.366,65	28,17
Áreas Urbanas	6.199,67	6.201,21	0,51
Caatinga Mesófila subúmida	255.273,34	510.673,53	42,15
Caatinga Tropófila semiárida	160.728,77	321.537,40	26,54
Caatinga Tropófila subúmida	26.496,04	26.502,63	2,19
Total	26.496,04	1.211.602,99	100,00

Fonte: Autores, 2018.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

Quanto a distribuição dos usos, podemos observar a partir da leitura do mapa de uso e cobertura do solo (fig. 5) uma maior concentração de áreas com vegetação de Caatinga principalmente em superfícies de relevo mais movimentado, vertentes média e alta dos *inselbergs*. Esses locais, quando associados a regime geoeconômico mesófilo subúmido ou condições similares mais úmidas, podem ser considerados refúgios (Ab'Saber, 2003), em meio a uma vegetação estacional decídua de Caatinga.

Segundo Prado (2003) e Rodal et al. (2002), esses ambientes tiveram origem no período do Quaternário tardio, entre 200.000 e 10.000 anos AP, época em que o clima da Terra era determinado por Glaciações severas.

A vegetação de Caatinga degradada encontra-se nas áreas com superfícies planas e levemente onduladas na porção central das bacias, onde são desenvolvidas atividades econômicas tais como agricultura e criação de caprinos e bovinos, e onde existem os aglomerados urbanos. Também se nota que as áreas em melhor estado de conservação estão localizadas na bacia do Taperoá, e que, nas duas bacias, a porção oeste encontra-se em melhor estado de conservação que a porção leste.

Nessas áreas mais degradadas é importante desenvolver uma proposta de recuperação e propor ideias semelhante ao que Hildenbrand (1993) descreve como paisagem de qualidade para o desenvolvimento rural na Andalúcia. "Entendemos por calidad de paisaje los valores estético-visuales que residen en la manifestación formal o fisonómica del territorio, sin perder de vista, por ello, los otros valores (ecológicos, culturales, etc.) que se suelen atribuir al concepto del paisaje" (Hildenbrand, 1993 p. 43).

Após a classificação do uso e cobertura do solo, sua interpretação, representação e geração das estatísticas, deu-se início ao processo de validação do mapa. A validação ocorreu a partir de amostragem de 5% de todos os alvos identificados, após todas as etapas do mapeamento, inclusive os de edição e generalização por dissolução. Para tal, todos os objetos foram separados por classe, e para cada um dos polígonos foram gerados centróides.

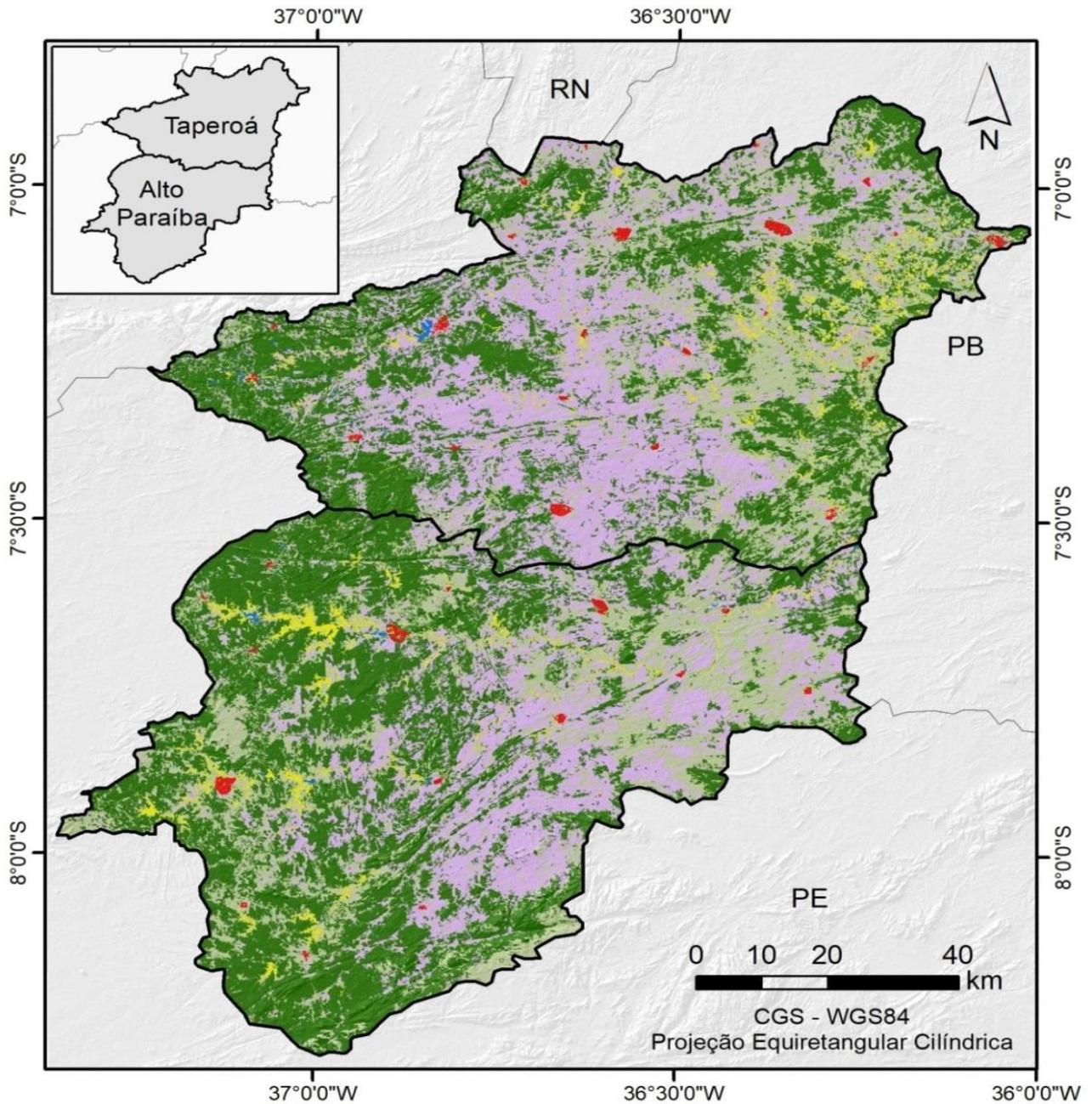
Os pontos separados por classe foram submetidos à função Subsetting, do módulo Geostatistical Analyst, do software ArcGis 10.1., que executou a divisão de cada conjunto de pontos aleatoriamente em duas partes, como conjunto de pontos de treinamento e teste. Estipulou-se que a amostra seria representada por 5% dos polígonos, perfazendo um total de 1.071 (fig. 6).

Todos os pontos da amostra foram exportados com a extensão KMZ, para que fosse possível fazer uma verificação no Google Earth. Os mesmos pontos também foram observados em trabalhos de campo. Os pontos com usos compatíveis com o que foi definido na classificação foram considerados acertos, e as incompatibilidades foram julgadas como erros.

A validação teve como resultado uma exatidão global de 81,3%, que pode ser considerada boa. O índice *Kappa* obtido foi de 76%, que exprime uma concordância substancial entre as amostras do mapeamento gerado pela classificação GEOBIA e da sua validação no Google Earth (Quadro 2). Certamente os resultados são melhores dos que apontam a validação, principalmente por que a última imagem disponível no Google Earth é de outubro de 2013, além de que no Google Earth a resolução é muito mais detalhada, o que certamente exige muito mais do que necessário para a avaliação de sensores com a resolução do Sentinel2



Figura 5. Uso e Cobertura do solo nas bacias do Taperoá e Alto Paraíba.



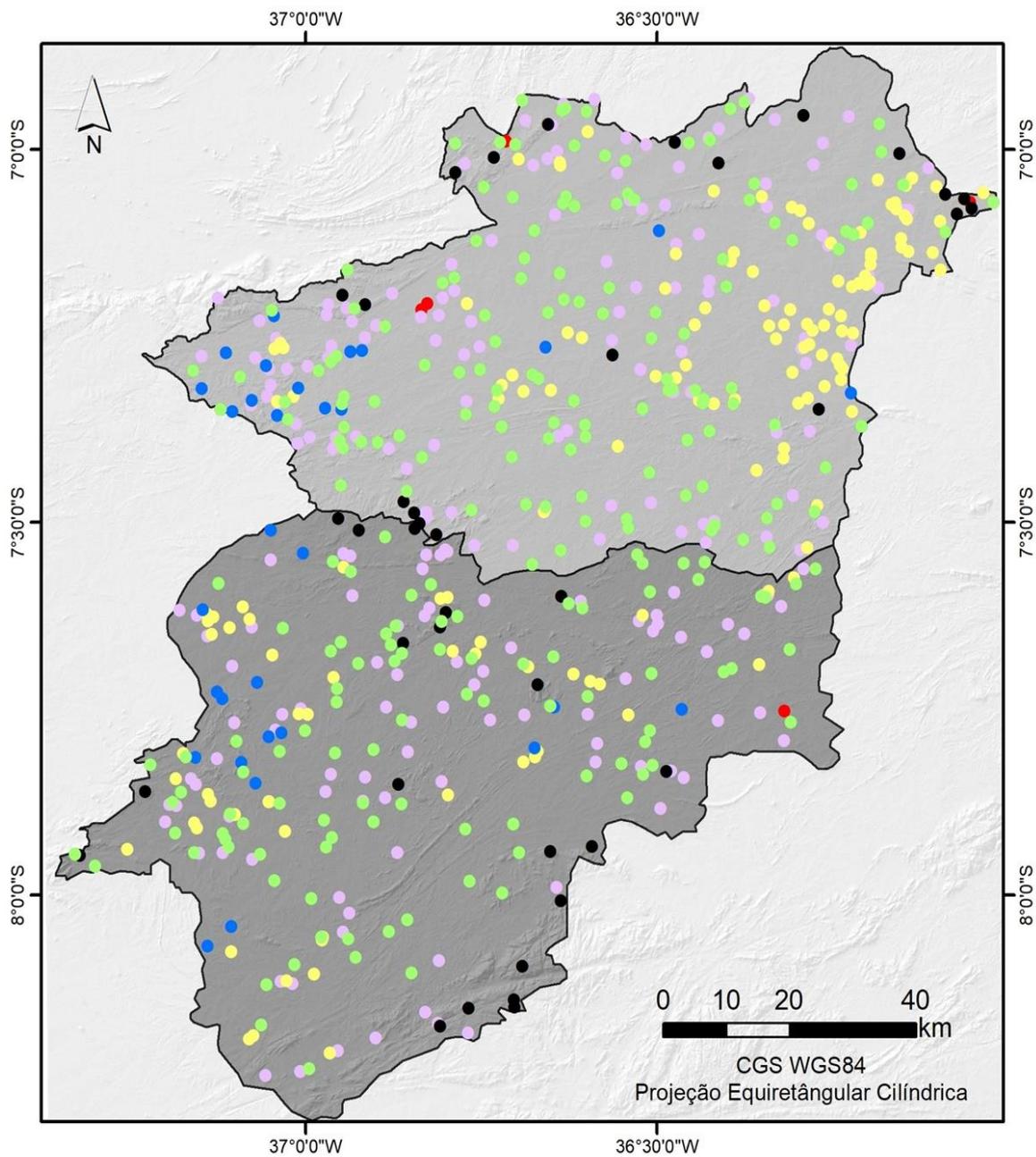
Uso e Cobertura da Terra (2016)

- | | |
|---|--|
|  Afloramentos Rochosos |  Caatinga Tropófila Semiárido |
|  Áreas Urbanas |  Corpos Hídricos (Açudes) |
|  Caatinga Mesófila Subúmida |  Áreas Desmatadas |
|  Caatinga Tropófila Subúmida | |

Fonte: Autores, 2018.



Figura 6. Pontos escolhidos aleatoriamente para processo de validação do mapa.



Pontos para Validação

- | | |
|---------------------------------|--|
| ● Afloramentos Rochosos | ● Caatingas Densas |
| ● Corpos Hídricos | ● Caatingas rarefeitas e pastagens sujas |
| ● Áreas Urbanas | |
| ● Pequenos Cultivos ou Algaroba | |
| ● Áreas Desmatadas | |
- Bacias**
- | |
|-------------------------|
| ■ Bacia do Taperoá |
| ■ Bacia do Alto Paraíba |

Fonte: Autores, 2018.



Quadro 2: Matriz de confusão para a classificação de Uso e Cobertura do solo por GEOBIA das bacias do Alto Paraíba e Taperoá.

		Classificação GEOBIA								
		Áreas urbanas	Áreas desmatadas	Caatinga Tropófila semiárida	Caatinga Tropófila subúmida	Afloramentos rochosos	Corpos hídricos	Caatinga Mesófila subúmida	Totais Interpretados	Precisão do Utilizador
Validação por Imagens de Alta Resolução	Áreas urbanas	5	0	0	0	0	0	0	5	100,00
	Áreas desmatadas	0	183	12	5	7	3	1	211	86,73
	Caatinga Tropófila semiárida	0	2	92	2	0	1	12	109	84,40
	Caatinga Tropófila subúmida	0	9	36	82	5	0	21	153	53,59
	Afloramentos rochosos	0	6	0	0	27	0	0	33	81,82
	Corpos hídricos	0	0	0	0	0	27	4	31	87,10
	Caatinga Mesófila subúmida	0	0	6	7	0	0	187	200	93,50
	Totais Interpretados	5	200	146	96	39	31	225	742	
	Precisão do Produtor	100	91,50	63,01	85,42	69,23	87,1	83,11		
	Exatidão Global = 0,81		Índice Kappa = 0,76							

Fonte: Autores, 2018.

A partir de uma comparação com mapeamento gerado por Seabra et. al (2014), através de imagens Landsat 8 (OLI), observou-se compatibilidade de 85% na representação da Caatinga entre os dois mapeamentos. É importante ressaltar que essa grande correlação foi observada apesar da diferença de resolução dos sensores adotados nos dois mapeamentos, o que acarretou também na diferença entre as legendas dos mapas.

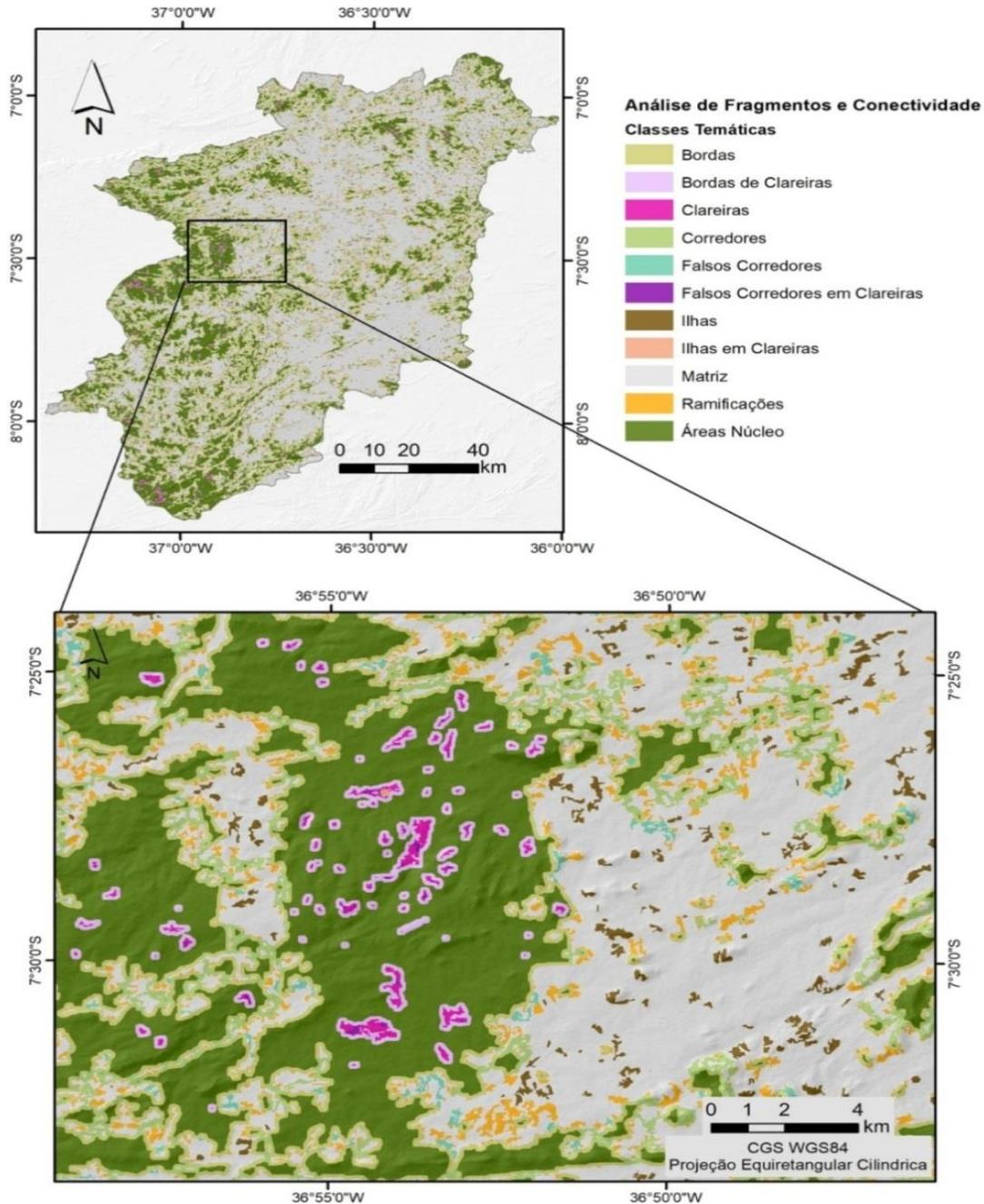
O resultado gerado por análise de padrão de distribuição e conectividade de fragmentos da vegetação de caatinga, através do módulo MSPA, do software GUIDOS, nos ajudou a compreender melhor a distribuição dos remanescentes de vegetação nas bacias em análise, indicando áreas em que a conectividade desses fragmentos é maior, como no sul e noroeste da bacia do Alto Paraíba, e no sudeste da bacia do Taperoá (fig. 7). Essas áreas estão situadas em terrenos de grande amplitude altimétrica, com relevo mais movimentado, normalmente ondulado ou fortemente ondulado.

A possibilidade de observarmos a área de estudo a partir desta classificação facilita a tomada de decisão no que se refere à definição de áreas para proteção ou de estratégias voltadas para recuperação, criação de corredores e outras alternativas.



O bioma Caatinga conta com 149 Unidades de Conservação⁵ federais e estaduais, de proteção integral e de uso sustentável, que somam 6.505.775ha. Essa área equivale a aproximadamente 7,7% da área total do bioma (MMA, 2017).

Figura 7. Distribuição das feições de paisagem nas bacias do Alto Paraíba e Taperoá-PB.



Fonte: Autores, 2018.

⁵ Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi promulgado pelo governo federal em 2000 e regulamento em 2001. O SNUC incorporou ao aparato jurídico-institucional e à política de conservação as discussões sobre a biodiversidade, populações tradicionais e sustentabilidade, além de integrar na gestão as unidades de diferentes categorias e esferas de governo (e mesmo particulares). As unidades são divididas em duas: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776

<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Na área de ocorrência da Caatinga no Estado da Paraíba não existe hoje nenhuma Unidade de Conservação de gestão federal, sendo apenas 10 Unidades de Conservação de gestão estadual. Esse dado é preocupante, visto que são crescentes as ameaças de desmatamento da caatinga no Estado da Paraíba, mas, sobretudo no alto curso do rio Paraíba em decorrência da transposição do rio São Francisco, que provavelmente atrairá indústrias vinculadas a produção de grãos e fruticultura irrigada, o agrohidronegócio. Essa situação mostra a extrema necessidade de fortalecer e consolidar as Unidades de Conservação criadas, estabelecendo estratégias que assegurem a conservação da biodiversidade.

A análise quantitativa realizada com os resultados do mapa de feições gerado a partir do GUIDOS (quadro 3) apontou a presença de mais de 234.153 hectares de áreas núcleo dentro das bacias do Taperoá e Alto Paraíba, o que representa mais que 19% da área. Esse é um número muito significativo, e seria mais animador se não contrastasse com os mais de 57% da área de matriz, que se alternam entre áreas desmatadas e áreas de pastagem, que podem estar em processo de desertificação.

A desertificação é reconhecida como uma das principais ameaças a zonas de clima seco, árido e semiárido em todo mundo. No Brasil, esse fenômeno tem atingido especialmente o bioma Caatinga, e é um processo que segundo Whitford (1995) vem desencadeando sérias mudanças na estrutura de comunidades de plantas, sendo possível observar o pouco desenvolvimento estrutural dos indivíduos, que não ultrapassam o porte arbustivo, a não ocorrência de espécies herbáceas, além da ocorrência de espécies pioneiras e de relativa resistência à antropização, o que faz com que colonizem ambientes submetidos a diferentes pressões antrópicas (Pereira et al., 2003). As espécies pioneiras mais comuns na caatinga paraibana são: *Croton sonderianus*, *Piptadenia stipulacea* e *Poincianella pyramidallis*, segundo dados levantados por Lima (2012).

Quadro 3: Feições de paisagem por número de fragmentos, média das áreas, área total, percentual das áreas e desvio padrão nas bacias do Alto Paraíba e Taperoá-PB.

Classes	Número de Fragmentos	Média das Áreas (ha)	Área Total (ha)	Percentual das Áreas	Desvio Padrão das Áreas
Áreas Núcleo	4.872	48,06	234.153,20	19,33	458,40
Bordas	20.975	5,51	115.613,09	9,54	15,87
Bordas de Clareiras	1068	13,53	10.237,51	0,84	20,73
Clareiras	821	4,15	3.405,53	0,28	8,58
Corredores	5.153	11,65	60.024,40	4,95	17,94
Falsos Corredores	2.577	3,55	9.139,37	0,75	4,64
Falsos corredores em clareiras	263	1,62	426,62	0,04	2,20
Ilhas	6.086	4,32	26.307,97	2,17	5,25
Ilhas em Clareiras	23	5,22	119,95	0,01	5,10
Matriz	6.859	102,07	700.107,85	57,78	7.475,76
Ramificações	37.955	1,37	52.067,84	4,30	2,60
Total	86652	4,7689	1.211.602,99	100,00	19,44

Fonte: Autores, 2018.



É pequena a quantidade de ilhas, que aparecem em pouco mais de 2% da área de estudo, com média de 4,32 hectares. Os corredores apresentam 11,65 hectares, mas de uma maneira geral observa-se o avanço no processo de fragmentação. Com a fragmentação ocorre a diminuição do potencial de dispersão animal e vegetal no fragmento pela formação de barreiras geográficas naturais ou antrópicas que impedem a circulação das espécies (Figueiró, 2015). A diminuição da diversidade biológica e alteração na estrutura das árvores estão relacionadas diretamente com o efeito de borda nos fragmentos, que ocorre como uma das principais consequências da fragmentação florestal. Os efeitos de borda podem apresentar diferentes características e podem ser apresentados em praticamente três tipos: físicos ou abióticos, bióticos diretos e indiretos com interações bióticas.

Os impactos ambientais gerados pela fragmentação são intensificados nas áreas onde as manchas florestais são comprimidas, cedendo espaço para ocupação antrópica. No isolamento e diante da influência do meio externo, a estrutura da paisagem passa a sofrer modificações constantes.

Dentre as principais consequências da fragmentação dos ecossistemas estão os efeitos de borda que podem alterar a estrutura das árvores, gerar perdas da biodiversidade e modificação na dinâmica dos elementos bióticos e abióticos que compõem a área de borda do fragmento (Figueiró; Coelho Netto, 2009). Dessa forma, a conservação da diversidade biológica presente nos fragmentos florestais é um dos maiores desafios enfrentados na atualidade, em decorrência do elevado nível de perturbação antrópica nessas áreas (LEAL, 2014).

Os corredores e ramificações, juntos, ocorrem em mais de 9% da área. À medida que a paisagem torna-se fragmentada, as populações de espécies florestais são reduzidas, os padrões de dispersão e migração são interrompidos, os fluxos de entrada e saída no ecossistema são alternados, além do que tornam os habitats anteriormente isolados expostos a condições externas, resultando em progressiva erosão da diversidade biológica (Barros, 2006).

Esse aspecto da fragmentação da Caatinga nas bacias do Alto Paraíba e Taperoá levanta uma série de questionamentos que envolvem a presença de controle estrutural ou da influência da drenagem como importante fator de conexão entre áreas com vegetação nas bacias. A estratégia de criação de corredores para reflorestamento da área pode fazer uso da legislação como as Áreas de Preservação Permanente - APPs, presente no Código Florestal brasileiro. As APPs são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Embrapa, 2018).

A faixa mínima de áreas de APP está relacionada com a largura dos cursos de água e o tamanho da propriedade. Comom exemplo, faixas de 10 m ao longo dos cursos de d'água e cujo tamanho da propriedade seja de 4 até 10 módulos fiscais, deve preservar 20 metros de mata ciliar. Rios com largura acima de 200m deve preservar 100 mestros de mata ciliar. Contudo, nas zonas semiáridas os cursos d'água das bacias hidrográficas são em sua maioria intermitentes ou temporários, dificultando a demilitação da zonas de APP. Com a integração das águas do rio São Francisco para o Rio Paraíba o curso do rio deixará de ser temporário e passará a ser perene, com isso, a demilitação da mata ciliar será definida de forma mais precisa.



Vale ainda destacar a baixa presença de clareiras, que representam apenas 0,28% da área de estudo. As bordas de clareiras ocorrem em maior percentual (0,84%) que as clareiras, mostrando que na maioria das vezes essas clareiras são muito pequenas, o que eleva ainda mais a qualidade das áreas núcleo, uma vez que essas características aumentam a percepção de conectividade dos fragmentos de caatinga na área de estudo.

Nas bacias do Alto Paraíba e Taperoá as ilhas são importantes para o deslocamento da fauna entre os fragmentos. Ou seja, ilhas inseridas dentro de uma matriz de pastagem ou caatinga de porte arbustivo, permite uma maior possibilidade de deslocamento da fauna (maior permeabilidade) que matrizes de áreas desmatadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude do que foi exposto, podemos considerar que a análise da distribuição do uso e cobertura do solo é fundamental para estudos ambientais nas bacias do Alto Paraíba e Taperoá, pois representam espacialmente a pressão e o impacto sobre os elementos naturais.

Os estudos que se dedicam às representações temáticas das atividades humanas e das coberturas naturais na superfície terrestre são essenciais para a análise dos desequilíbrios e compreensão das interações entre o meio biofísico e socioeconômico.

É importante ainda ressaltar a importância do uso de imagens do sensor Sentinel 2, disponibilizadas gratuitamente pela Agência Espacial Europeia (ESA), que têm resoluções espaciais que variam entre 10, 20 e 60 metros nas suas 13 bandas, e resolução radiométrica de 12 bits, o que permite mapeamentos em alta-média escala.

O emprego das cenas do sensor MSI, transportado pelo satélite Sentinel 2, apresentou resultados bastante positivos, atendendo satisfatoriamente aos objetivos traçados para este trabalho. Torna-se importante a realização de investigações e testes relacionados à escala cartográfica de mapeamento alcançada pelas imagens geradas pelo sensor MSI, para que os estudos que façam uso dessas imagens tenham maior clareza quanto a isso.

O emprego da correção atmosférica no módulo SCP DOS, no software Quantum Gis, apresentou resultados muito satisfatórios, tendo impactado positivamente no processo de classificação das imagens, seja por melhorar a qualidade dos descritores, seja na melhoria da qualidade dos índices gerados a partir de álgebra de mapas.

Os índices adotados como descritores tornaram mais otimizado o processo de classificação, uma vez que reduziram o tempo e erro no processo de modelagem, já que foram fundamentais em quase 50% das vezes em que foram exigidos. Também se destaca o emprego da amplitude do relevo como um descritor que ajudou em muito na definição de corpos hídricos e áreas com *Prosopis juliflora* (Sw) DC). A utilização desses dados como descritores só é possível no processo de classificação GEOBIA, o que justificou o emprego dessa metodologia.



A validação apontou uma exatidão global de 81,3%, que pode ser considerada muito bom, e índice *Kappa* de 76%, que define uma concordância substancial entre as amostras do mapeamento gerado pela classificação GEOBIA e da sua validação. Esses valores corroboram com o que foi apresentado em relação ao êxito obtido no processo de classificação. Esse resultado seria ainda melhor se pudéssemos definir melhor as áreas de cultivo, diferenciando-a com mais precisão das áreas de pastagens e com *Prosopis juliflora* (Sw DC).

A classificação da vegetação de caatinga não ficou limitada apenas aos aspectos fisionômicos, sendo aportada a classificação geocodinâmica, com uso de dados de balanços hídricos e bioclimáticos das bacias do Alto Paraíba e Taperoá.

Nessas bacias a vegetação de caatinga mesófila subúmida pode ser encontrada nas áreas mais elevadas, com aspectos fisionômicos de porte arbóreo e maior densidade de cobertura, e a vegetação de caatinga tropófila semiárida e subúmida nas vertentes médias e baixas, com porte arbustivo de média e baixa densidade de cobertura. Além da condição hídrica e bioclimática, a fisionomia da vegetação está relacionada com as atividades de uso que são desenvolvidas nesses locais.

Associar essa proposta com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto para a construção dos mapas de uso e cobertura do solo, com utilização de classificação orientada a objeto, mostrou resultados muito mais satisfatórios que os métodos tradicionais, o que refletiu num menor esforço de edição dos mapas finais. A manipulação dos resultados no software GUIDOS, no módulo MSPA, tornou possível a geração de informações capazes de nos indicar padrões de conectividade e distribuição dos fragmentos de caatinga em toda a área de estudo.

Os resultados apontam a presença do maior número de fragmentos de caatinga nas ramificações e bordas da área estudada. Nas áreas núcleo, em superfícies de relevo ondulado e fortemente ondulado a vegetação de caatinga apresenta-se mais densa. As áreas desmatadas ocorrem nas superfícies planas e levemente onduladas na porção central das bacias, onde a vegetação é mais fragmentada. Também se nota que a bacia do Alto Paraíba a Caatinga encontra-se em melhor estado de conservação que a bacia do Taperoá, e que, em ambos os casos, a porção oeste das bacias encontra-se em melhor estado de conservação que a porção leste.

REFERÊNCIAS

Ab'saber, A. N. *O Domínio dos Sertões Secos*. In: AB' SABER, A. N. *Os Domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas*, 83-101. São Paulo, Brazil: Editorial Ateliê.

Andrade-Lima, D. (1981). The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*. Vº 4, 149 – 153. Rio de Janeiro, Brazil.

Antunes, M. A. H., Gleriani, J. M. & Debiasi, P. (2012) Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: *Proceedings of the IEEE IGARSS2012*, pp. 6549-6552. Munich.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

Brainer, M.S. De C.P. et al. (2011). Manejo florestal: uma possibilidade de parceria entre calcinadores e apicultores na Chapada do Araripe (PE). *Informe Rural ETENE*, ano V – maio de 2011, n. 7.

Brasil (2017). Ministério do Meio Ambiente - MMA. Disponível em: Acesso em: 14 jul. 2017.

Burgos, J. L. M. & Rebollar, J.L.G. (1973). *Diagramas Bioclimáticos*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza.

Camara, R. (2004) Escalonamiento Bioclimático, Regímenes Ecodinámicos y Formaciones Vegetales de la Isla de la Española en República Dominicana. *Estudios en Biogeografía*, 39- 58. Terrasa, España: Servei de Publicacions de la Universitat de Girona.

Cruz, C.B.M., Vicens, R.S., Seabra, V.S., Reis, R.B., Faber, O.A., Richter, M., Arnaut, P.K.E., Araujo, M. (2007) Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. *XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE, Florianópolis, Brasil.

Cain, S. & G. O. Castro (1959). *Manual of vegetation analysis*. New York: Harper & Bro.

Cole, M. (1986). *The savannas: biogeography and geobotany*. London: Academic Press.

Definiens (2017). *The Principles of Definiens Cognition Network Technology*. Disponível em: <http://earth.definiens.com/learn/technology>. Acesso em 15/11/2017.

Delegido J., Verrelst J., Alonso L. & Moreno J. (2011). *Estimation of Sentinel-2 red-edge bands for empirical estimation of green LAI and Chlorophyll content*. *Sensors*. doi: <https://doi.org/10.3390/s110707063>

EMBRAPA. *Manual de métodos e análises de solo*. 2o ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

Fernandes, A. G. & Bezerra, P. (1990). *Estudo de Fitogeografia do Brasil*. Edit. Stylus Comunicações – Fortaleza – Brasil. 205 p.

Freire, N. C. F. (Org.) (2018). *Atlas das caatingas - o único bioma exclusivamente brasileiro*. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, p.200: il.

Figueiró, A. S. & Coelho Netto, A. L. (2009). Impacto ambiental ao longo de trilhas em áreas de floresta tropical de encosta: Maciço da Tijuca Rio de Janeiro – RJ. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, v. 08, n 16, 187-200. doi: <https://doi.org/10.4215/RM2009.0816.0015>

Figueiró, A. (2015). *Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza*. Oficina de Textos, São Paulo. 2015.

Frohn, R. (1998). *Remote sensing for landscape ecology: New metric indicators for monitoring, modeling, and assessment of ecosystems*. Boca Raton, FL: Lewis, 99 p. 1998.

Revista de Estudios Andaluces, núm. 37 (2019) pp. 25-49. e-ISSN: 2340-2776
<http://dx.doi.org/10.12795/rea.2019.i37.02>



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 Internacional

Hildenbrand Scheid, A. (1993). Creación, Conservación y Gestión del Paisaje un Elemento Clave para el Desarrollo Rural en Andalucía. *Revista de Estudios Andaluces*, 19, 43-52. <<https://revistascientificas.us.es/index.php/REA/article/view/5544/4885>> Acesso em 08/12/2018
doi: <https://doi.org/10.12795/rea.1993.i19.03>

Hueck, Kurt (1978). *Los Bosques de Sudamérica*. Ed. Soc. Alemana de Cooperación Técnica. Eschbern. 1978.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação*. Rio de Janeiro: IBGE. <www.ibge.gov.br> [12 abril 2017].

Lima, V. R. (2012). *Caracterización biogeográfica del bioma Caatinga en el sector semiárido de la cuenca del Río Paraíba – Noreste de Brasil: Propuesta de Ordenación y Gestión de un medio semiárido tropical*. Tesis de doctorado. Universidad de Sevilla. 479 p.

Lima, V. R. P. & Cámara, R. A. (2013). Propuesta de Ordenación para la Conservación y Manejo de los Recursos Naturales en el Bioma de Caatinga. *Revista Mercator*, 11 (29), 191-210, set./dez.

Leal, G. F. (2014). *Acúmulo de serapilheira no fragmento florestal no gradiente borda-interior do município de Guaçuí*, ES. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro – ES.

López Cadenas De Llano, F. & Mintegui Aguirre, J.A. (1986). *Hidrología de Superficie*. Tomo I. Madrid, España: Ed. Fund.Conde Salazar. ETSI. Montes.

Martius, K. P. Von (1986). *A viagem de Von Martius*. tabulae physiognice: 1840. v. 1. Rio de Janeiro: Index.

Martínez Batlle, J.R. (2002). *Sabanas de la República Dominicana: análisis ecodinámico de patrones tipológicos y sus ecotonos*. Inédito. Proyecto de Investigación de Doctorado, Universidad de Sevilla.

MMA - Ministério do Meio Ambiente (2007). Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. 2007. *Biodiversidade 31*. Atualização: Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007.

Oliveira, M, E, A., Martins, F. & Shepherd. G.J. (2004). Relação solo-vegetação numa transição campo-floresta no Nordeste do Brasil. In.: OLIVEIRA, M, E, A. *Mapeamento, florística e estrutura da transição Campo-Floresta na vegetação (Cerrado) do Parque Nacional Sete Cidades, Nordeste do Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia. Unicamp, São Paulo.

Pereira, J.L.G.; Batista, G.T.; Thalês, M.C.; Roberts, D.A.; Venturieri, A.V. (2001). *Métricas da paisagem na Caracterização da evolução da ocupação da Amazônia*. *Geografia*, 26 (1), 59-90, abr. 2001.

Pereira, I. M, L. A. Andrade, E. V. S. B. Sampaio E M. R. V. Barbosa (2003). Use-history effects on structure and lora of caatinga. *Biotropica*, 35 (2), 154-165.



- Prado, D. E. (2003). As caatingas da América do Sul. In: Leal, R. I.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (Ed.) *Ecologia e conservação da caatinga: uma Introdução ao desafio*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 3-73.
- Kuhlmann, E. (1974). O domínio da Caatinga. *Boletim Geográfico* 33, 65-72.
- Rodal, M.J.N. & Nascimento, L.M. (2002) Levantamento florístico da floresta serrana da reserva biológica de Serra Negra, microrregião de Itaparica, Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 16, 481-500. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000400009>
- Riou. G. (1995). *Savanes L'herbe, l'arbre el l'homme en terres tropicales*. Paris: Edit Masson.
- Rizzini, C. T. (1997). *Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. Edit. Âmbito Cultural, 2ª Edição.
- Santos, P. P., Augusto, R. C. & Richter, M. (2017). *Sentinels 2 - Procedimentos e potencial de utilização a partir de geotecnologias gratuitas*. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 28 a 31 de maio de 2017. Santos. ISBN:978-85-17-00088-1.
- Santos, Celso A. G., Silva, R. M. & Srinivasan, V. S. (2007). Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semiárido da Paraíba. *OKARA: Geografia em debate*, 1 (1), 16-32.
- Seabra, V. S., Xavier, R. A., Damasceno, J. & Dornellas, P. C. (2014). Mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia do rio Taperoá: Região Semiárida do Estado da Paraíba. *Caminhos de Geografia (UFU)*, 15, 127-137.
- SNUC (2003). *Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza*. MMA/SBF. 3 ed.
- Soille, P. & Vogt P. (2008). Morphological segmentation of binary patterns. *Pattern Recognition Letters* 30, 4, 456-459. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2008.10.015>
- Schnell, R. (1979). *La flore e la végétation de L'Amérique Tropicale*. Paris: Gauthier-Villars.
- SUDEMA - SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE- (2004). *Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba*. João Pessoa: SUDEMA, 2004. 268p.
- Troll, C. (1939). *Luftbildplan und ökologische Bodenforschung (Aerial photography and ecological studies of the earth)*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin: 241-298.
- Trochain, J. L. (1957). Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. *Bulletin de l'Institut d'Etudes Centreafricaines*. 13: 55-93.
- Vogt, P. (2012). *User Guide of Guidos*. European Commission, Joint Research Centre (JRC). Italy.
- VOGT. P., RIITERS, K. (2017). Guidos Toolbox: Universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 50, 1, 352-361. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/22797254.2017.1330650>



Whitford, W. G. (1995) Desertification (1995). Implications and limitations of the ecosystem health metaphor. En Rapport, D. J., C. L. Gaudet e P. Calow (eds.), *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*, 28 (1), 273-292.

