



ANÁLISE ESPACIAL DAS MARGENS DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA EPITÁCIO PESSOA - PB: REFLEXÕES SOBRE A CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

Rafael Dantas de Morais¹, Janaína Barbosa da Silva² e Alana Ramos Araújo³

Resumo: O presente trabalho propõe o mapeamento da Área de Preservação Permanente do reservatório de água Epitácio Pessoa, Paraíba, por meio da utilização do sensoriamento remoto com a finalidade de analisar, sob aspectos jurídicos, a dinâmica local de preservação. A investigação justifica-se diante da necessidade de implantação de alternativas que propiciem o armazenamento (adequado) da água, sobretudo em regiões cujas características climáticas não garantem incidência regular de chuvas durante todo ano, como é o caso da região do semiárido brasileiro. Deste modo, utilizou-se o sensoriamento remoto para análise espacial das margens do reservatório de água Epitácio Pessoa na Paraíba. O mapeamento identificou a área do espelho de água, a dinâmica espacial nas margens do reservatório e o não cumprimento das regulamentações que indicam preservação. Foi necessário identificar visualmente a área urbana no recorte analisado, pois o classificador caracterizou como sendo a mesma área, a área urbana e solo exposto, pois suas respostas espectrais foram semelhantes. A metodologia foi eficiente para o estudo, pois identificou o não cumprimento da resolução do CONAMA. Deste modo, estes resultados poderão ser mais uma ferramenta de fomento à preservação ambiental, sobretudo nas áreas marginais do reservatório em estudo.

Palavras-chave: Água. Análise espacial. Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto.

1 Introdução

Com a finalidade de manter o abastecimento de água, uma das alternativas é a construção de reservatórios artificiais, sobretudo em regiões onde é comum sua falta (estresse hídrico negativo), como o semiárido brasileiro. Diante da importância dos reservatórios artificiais existe uma estrutura jurídico-normativa que regulamenta e estabelece as bases de proteção legal de florestas e demais formas de vegetação natural condizente com o controle de qualidade da água, nível de contaminantes, coliformes fecais, entre outros, bem como a qualidade ambiental da mata ciliar, ou vegetação de margens (ANA, 2006).

Por outro lado, o ordenamento jurídico brasileiro determina normativamente que determinados espaços naturais devem ser protegidos das ações antrópicas. Tais espaços são denominados Áreas de Preservação Permanente (APP), cujo conceito está colacionado na Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), a qual estabelece no artigo 3º, inciso II, que APP é a “[...] área protegida,

coberta 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.”

A Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012) define a delimitação das APP:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50

¹ E-mail: rafaeldantas.m@hotmail.com

Ministério do Meio Ambiente, Brasília (DF). Anexo do MMA, SEP, Sala T 06. Asa Norte, CEP. 70730-542.

² E-mail: janaina.barbosa@ufcg.edu.br

³ E-mail: ara.alanapb@gmail.com

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.16, n. 1, p.6-15, jan./jun. 2014

(cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
 II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
 a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
 III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.

Considerando-se que o Código Florestal não é específico na definição das APP situadas em zona rural e em zona urbana, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) preenche esta lacuna através da Resolução nº 302, na qual especifica que:

Art 3.º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:
 I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;
 II - quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental;
 III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural. (CONAMA, 2002, p.89).

Neste sentido, para reservatórios situados em zonas rurais, tem-se que a APP compreende uma faixa com largura máxima de 100 (cem) metros a partir do nível da água. A intenção do legislador infraconstitucional é preservar a

incolumidade dos recursos naturais contidos na APP e promover a sustentabilidade deste espaço ambiental, coibindo práticas degradantes e poluentes às margens dos reservatórios, uma vez que preservação é “[...] ação de proteger, contra a destruição e qualquer forma de dano ou degradação, um ecossistema, uma área geográfica definida ou espécies animais e vegetais ameaçadas de extinção, adotando-se medidas preventivas legalmente necessárias e as medidas de vigilância adequadas.” (MOREIRA, 1990, p. 204).

Nesta proteção está inclusa a mata ciliar que margeia os corpos hídricos e os reservatórios de água naturais ou não, sendo essencial a manutenção das fontes de água e da biodiversidade (CHAVES, 2009).

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA) (2006) as características climáticas do semiárido do Brasil têm profunda repercussão no balanço hídrico da região que apesar de possuir uma precipitação total média anual de 1.157 mm, possui regiões com média inferior a 600 mm. O estado da Paraíba está inserido neste contexto de escassez de água, a exemplo há a região do reservatório Epitácio Pessoa. Este reservatório, localizado na mesorregião da Borborema, microrregião do cariri oriental e situado entre os municípios de Boqueirão, Cabaçeiros e São Domingos do Cariri (IBGE, 2010), possui pluviometria média anual entre 400 e 600 milímetros de chuva, valor identificado entre os mais baixos do semiárido durante grande parte do ano (AES, 2010).

No reservatório Epitácio Pessoa também denominado de Boqueirão funciona uma adutora de nome homólogo, caracterizada como sistema de abastecimento integrado e responsável por abastecer oficialmente os municípios de Campina Grande, Caturité, Pocinhos e Queimadas. No entanto, tanto a adutora quanto outras formas de transporte hídrico levam água também aos municípios de Pedra Lavrada, Cubatí, Seridó, Soledade, Juazeirinho, Boa Vista, Boqueirão, Cabaçeiros, e Pocinhos (ANA, 2006) atendendo a necessidade de aproximadamente 480 mil pessoas.

A caracterização da região de abrangência do reservatório Epitácio Pessoa como área com *déficit* hídrico, fortalece a necessidade de preservar as formas de captação de água das chuvas e proteger estes ambientes.

Neste contexto, esta pesquisa teve como escopo analisar espacialmente as margens do reservatório Eptácio Pessoa, PB, utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento a fim de quantificação do espelho de água; análise do uso e ocupação da terra no perímetro delimitado legalmente como Área de Preservação Permanente, bem como a verificação da viabilidade da utilização das ferramentas de coleta e análise utilizadas.

2 Metodologia

Os procedimentos metodológicos foram divididos em processamento digital de imagem de satélite; utilização de técnicas de geoprocessamento para espacialização e análise das informações adquiridas e conferência em visita de campo para validação dos resultados. Foram utilizados os softwares Erdas Imagine ® 2010 (ERDAS, 2010)), em seguida o ArcGIS 10.1 (ESRI,2010) ambos licenciados para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O processamento digital da imagem de satélite constituiu-se na aquisição da imagem de satélite; empilhamento (sobreposição) das informações; recorte da área de interesse; calibração radiométrica e cômputo da reflectância; e classificação da imagem.

Para o Processamento Digital de Imagens (PDI) foi utilizada uma imagem do satélite LANDSAT 5 sensor Thematic Mapper (TM), adquirida no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2012). A imagem foi captada no dia 22 de abril de 2010 e corresponde a órbita 215 e ponto 66 de localização. O empilhamento de todas as bandas (exceto a banda 6 responsável por captar informações acerca da temperatura superficial) consiste na sobreposição de informações captadas pelo sensor para promover a interpretação dos alvos imageados. Para este procedimento foi utilizada a ferramenta Layer Stack do Erdas Imagine ® 2010.

A imagem Landsat 5 TM possui cobertura espacial de 185 quilômetros (NOVO, 2010), no entanto, a área de estudo consiste de uma parte relativamente pequena da imagem. Optou-se então por

realizar o recorte do entorno do reservatório Eptácio Pessoa, preservando aproximadamente 1 (um) quilômetro de margem para proporcionar análise pontua. O recorte foi efetuado com a ferramenta subset do Erdas Imagine ® 2010.

A imagem de satélite em forma bruta apresenta-se em escala de cinza que tem variedade de informações (níveis de cinza) conforme a resolução radiométrica do satélite. Todavia, os dados capturados pelo sensor necessitam ser transformados em radiância espectral para tornar possível a análise. De acordo com Jensen (2010) a radiação eletromagnética é uma forma de propagação de energia entre dois sistemas e a radiância espectral diferencia seus valores conforme composição física dos alvos imageados. Logo, para cada pixel de 30 x 30 metros, são determinados um valor de radiação que irá distinguir os diferentes alvos. O processamento digital de imagens utilizou a ferramenta Model Maker do software Erdas Imagine ® 2010 para aferir o valor de radiação de cada pixel por meio da equação 1. Para Markham e Baker (1987) a calibração radiométrica pode ser obtida segundo a equação abaixo.

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Onde a_i e b_i são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$); ND é a intensidade do pixel; e i corresponde as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do TM Landsat 5 e 7.

Após a etapa anterior que converteu os níveis de cinza da imagem de satélite em radiância espectral, o cômputo da reflectância consiste na subtração da radiação total que interage com a superfície da Terra (radiação incidente) pela energia que é absorvida e transmitida e a partir deste tratamento o fluxo de radiação solar incidente é obtida, por meio da equação 2 (BASTIAANSEN, 1995; ALLEN et al., 2002; SILVA; LOPES; AZEVEDO, 2005):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

Onde, $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$) (Tabela 1), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.16, n. 1, p.6-15, jan./jun. 2014

média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), que de acordo com Iqbal (1983) é dada pela equação 3.

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(DSA \cdot 2\pi/365) \quad (3)$$

Onde, DSA é o dia sequencial do ano e o argumento da função cosseno está em radianos. O valor médio anual de d_r é

igual a 1,00 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03.

A última variável da equação da reflectância é o cosseno do ângulo zenital, porém, vale salientar que quando a declividade da área é mínima ou nula, o cosseno ângulo de incidência da radiação solar pode ser obtido a partir do ângulo de elevação do Sol, pela equação 4.

$$\cos z = \cos(90 - E) \quad (4)$$

Tabela 1 – Coeficientes de calibração para as bandas da imagem do sensor TM do satélite Landsat5

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficientes de Calibração ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)		Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)
		a	b	
1 (azul)	0,45 – 0,52	-1.52	193.0	1957
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2.84	365.0	1826
3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1.17	264.0	1554
4 (IV-próximo)	0,76 – 0,79	-1.51	221.0	1036
5 (IV-médio)	1,55 – 1,75	-0.37	30.2	215,0
6 (IV-termal)	10,4 – 12,5	1.2378	15.303	-
7 (IV-médio)	2,08 – 2,35	-0.15	16.5	80,67

Fonte: Chander e Markham (2003)

A classificação da imagem utilizou duas etapas metodológicas: classificação por meio de algoritmo não supervisionado e agrupamento de classes de forma manual e supervisionada. Com a primeira utilizou-se o software Erdas Imagine ® 2010 a partir do algoritmo ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) no qual as classes da imagem são agrupadas de forma homogênea de acordo com a resposta espectral de cada alvo por interpolação e agrupamento. A classificação não supervisionada foi dividida e os alvos foram classificados em 10 classes distintas e 6 interações. Em seguida, as classes foram agrupadas em: vegetação densa, vegetação rala, agropecuária, e solo exposto e/ou afloramentos rochosos.

A utilização do geoprocessamento para espacialização e análise das informações coletadas compreendeu os processos de vetorização das informações pertinentes à lâmina de água; ilhas; área urbana de Boqueirão; extrapolação das margens do reservatório utilizando a ferramenta *Buffer Wizard* (criação e ampliação de áreas de influência); seleção

de áreas para análise e montagem do *Layout* final e elaboração de mapas em ambiente SIG.

O trabalho de campo para validação dos resultados foi realizado no entorno do reservatório Epitácio Pessoa, com objetivo de corroborar os resultados obtidos a partir do processamento digital de imagens. Com base no produto gerado pelo classificador de imagens ISODATA algumas áreas foram visitadas *in loco* e foi realizada identificação no campo de algumas áreas mapeadas através de conferência visual.

3 Resultados e discussão

Detectou-se pelo sensor *Thematic Mapper* (TM) que o espelho de água tem aproximadamente 3.777 hectares, dos quais 130,5 ha são ilhas ao longo do reservatório, diminuindo a lâmina de água para uma área de 3.646,8 hectares (Figura 1). De acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2010) o reservatório Epitácio Pessoa na data da captura das informações (04 de abril de

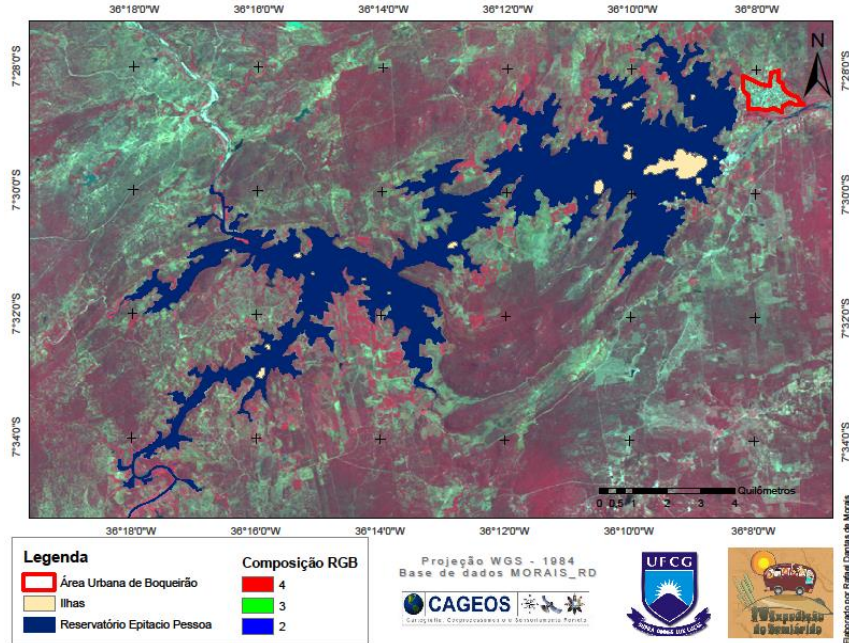
REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.16, n. 1, p.6-15, jan./jun. 2014

2010) apresentava volume de 87,7% da capacidade total de armazenamento.

Na Figura 2 pode-se observar o mapa de uso e ocupação do entorno do reservatório. A classe área urbana foi confundida com a classe solo exposto, pois

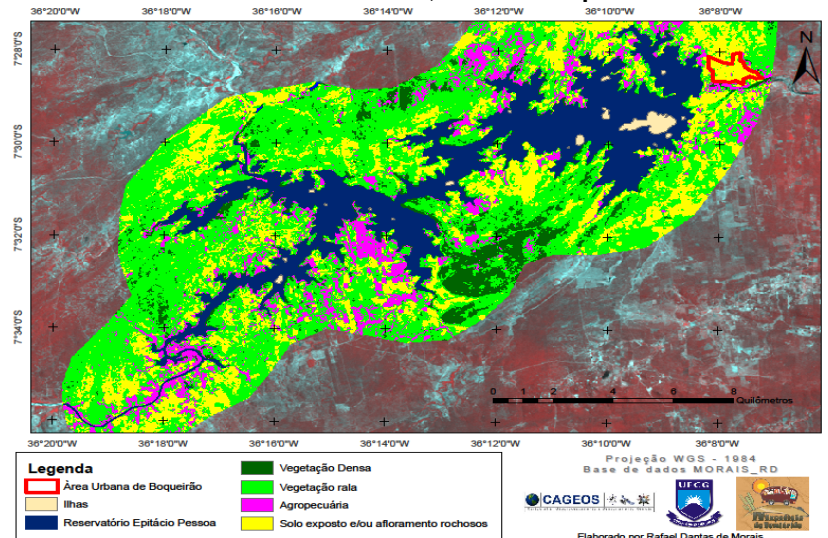
as duas classes possuem resposta espectral semelhante. Deste modo, foi necessário identificar a área urbana visualmente e criar uma máscara sobre a mesma, separando-a dos demais alvos.

Figura 1 - Espelho de água e ilhas do reservatório Epitácio Pessoa



Fonte: Autores (2013)

Figura 2 - Mapa temático de classificação do uso e ocupação da terra. Imagem do Sensor TM/ Landsat 5 de 22 de abril de 2010, órbita 215 e ponto 66.



Fonte: Autores (2013)

O perímetro da margem do reservatório classificado tem área total de 20.511 ha dos quais 3.980 ha correspondem à vegetação densa; 11.298 ha à vegetação

rala; 2.170 ha a agropecuária e; 5.132 ha a solo exposto e/ou afloramento rochosos.

No entorno do reservatório de Epitácio Pessoa são evidentes os usos diversos das margens, em contraposição a

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.16, n. 1, p.6-15, jan./jun. 2014

legislação vigente que assegura a preservação de 30 m para áreas urbanas e 100 m para áreas rurais. Efetivou-se análise espacial do reservatório em quatro áreas distintas, duas em áreas próximas a área urbana do município de Boqueirão e outras duas no espaço rural.

Na área urbana de Boqueirão destacam-se construções irregulares e agricultura às margens do reservatório e identificação de áreas de uso da terra de forma ilegal nas proximidades da área urbana consolidada de Boqueirão não respeitando os limites de 30 m.

O ordenamento jurídico ambiental determina que as APP não podem sofrer interferências de atividades humanas nem serem suprimidas, “[...] exceto aquelas localizadas em área indígena, e tão-somente pela própria comunidade e para a sua subsistência. A supressão é admitida apenas quando necessária à [...] *utilidade pública* ou *interesse social*, com prévia autorização do órgão competente do Poder executivo.” (MILARÉ, 2009, p. 741).

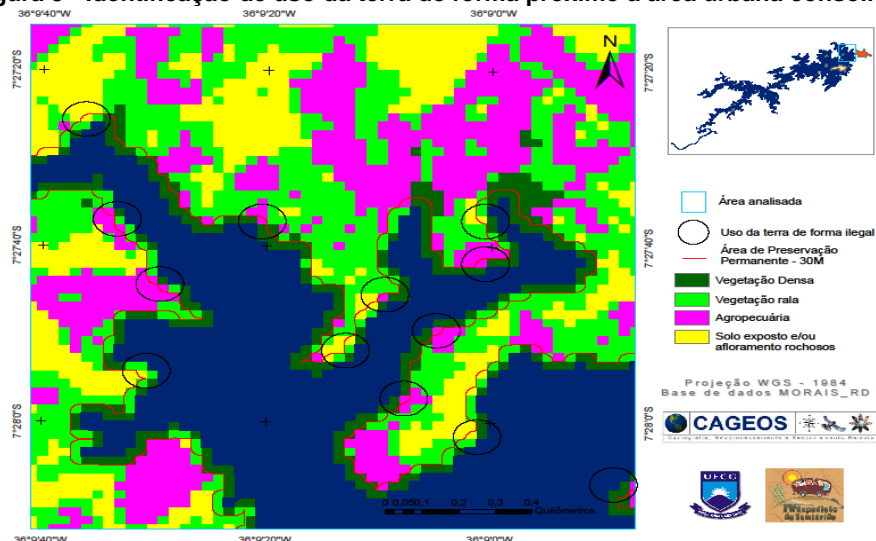
Neste diapasão a resolução nº 369 (CONAMA, 2006) dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em APP, exigindo critérios rígidos, tais como comprovação da necessidade e autorização prévia do órgão competente, tendo em vista que “[...] é preciso que esta hipótese encerre uma excepcionalidade, um fato incomum, claramente caracterizado no processo, que dê ensejo à eliminação da vegetação. O cumprimento da função

ambiental das APP é a regra; só excepcionalmente pode ser descaracterizada.” (GRANZIERA, 2011, p. 459).

Ipsa facto, como as APP têm como função manter a integridade e a perenidade dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, bem como proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, “[...] são locais que só excepcionalmente podem receber intervenções.” (TRINDADE, 2011, p. 145). Viana, Darmada e Assireu (2011) após destacarem a importância da vegetação ciliar nas margens da usina hidroelétrica de Porto Colômbia, situada entre os estados de Minas Gerais e São Paulo enfatizam que as ações para recomposição e preservação ainda não parecem óbvias de acordo com o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) e a resolução nº 369 (CONAMA, 2006), sendo ainda comum a ocupação e uso inadequado das margens dos reservatórios.

A Figura 3 evidencia margens com presença de agropecuária e solo exposto e/ou afloramentos rochosos onde deveriam conter vegetação densa e rala de forma integral na área urbana de Boqueirão, expondo situação pertinente ao uso ilegal das margens do reservatório situadas em área do perímetro urbano, ocorrendo em diferentes locais analisados, com destaque à agropecuária em local de área vegetada, sendo que o tipo vegetação densa se condensa nas proximidades do reservatório e a rala se espalha em maior número pelo restante da APP.

Figura 3 - Identificação de uso da terra de forma próxima a área urbana consolidada.



Fonte: Autores (2013)

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.16, n. 1, p.6-15, jan./jun. 2014

Para o solo exposto comum ao perímetro urbano a resolução nº 429 (CONAMA, 2011) dispõe sobre a metodologia de recuperação das APP, inclusive prevendo o replantio de vegetação nativa nos locais desflorestados. No entanto, como o classificador do *software* Erdas unificou solo exposto e afloramentos

rochosos ao longo de todo reservatório, houve dificuldades já que a área em estudo apresenta alta incidência de afloramentos. Para tanto, a análise espacial levando em consideração a textura ou utilização de imagens de maior resolução possibilitam distinguir solo exposto de afloramentos rochosos (Figura 4).

Figura 4 - Afloramentos rochosos – área do “sangradouro” do reservatório de Epitácio Pessoa (Próximo a área urbana do município de Boqueirão)



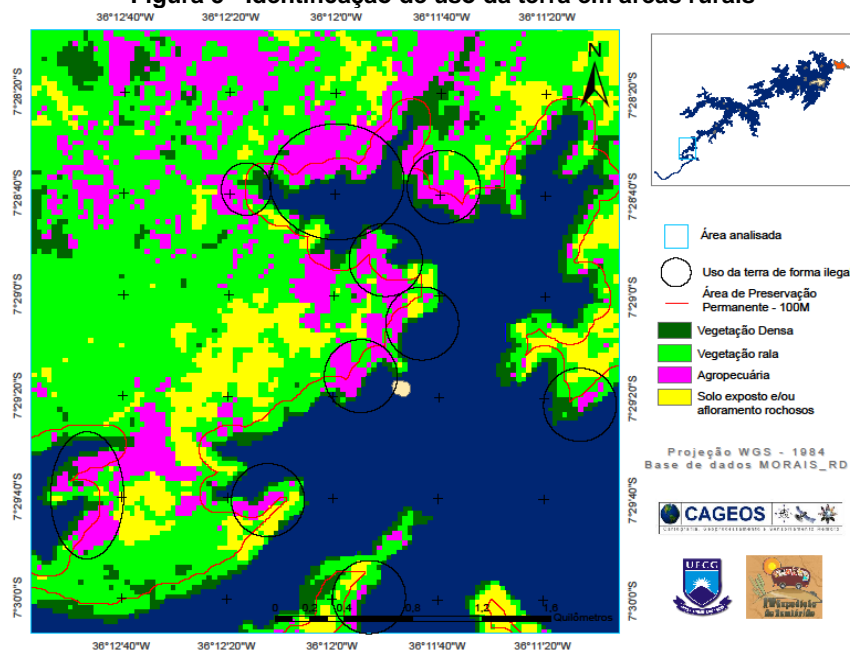
Fonte: Marina Morais (2013)

Quanto à identificação do uso da terra nas APP situadas em áreas rurais, a Figura 5 expõe situação pertinente ao uso das margens do reservatório situado na delimitação de 100 metros de extensão. Verificou-se utilização ilegal da APP em diferentes áreas analisadas. A agropecuária se destacou como a classe que mais suprimiu área natural de vegetação, com vegetação densa concentrada nas proximidades do reservatório e a vegetação

rala distribuída em maior número pelo restante da APP.

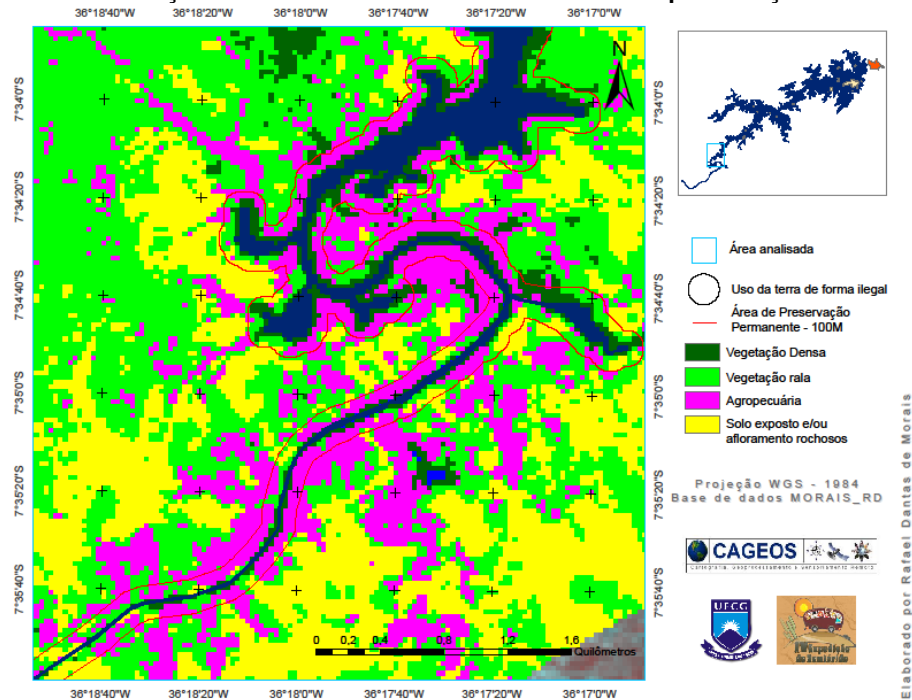
Na Figura 6 quanto ao uso e ocupação da APP observa-se elevado uso da terra para atividades agropecuárias, pois é nestes solos mais úmidos que os cultivos têm maior possibilidade de se desenvolver. Para esta representação não se destacou áreas de análise devido à elevada incidência de uso indevido da terra de norte a sul da imagem.

Figura 5 - Identificação de uso da terra em áreas rurais



Fonte: Autores (2013)

Figura 6 - Identificação de uso da terra em áreas rurais área de preservação de 100 metros



Fonte: Autores (2013)

Diante do exposto, faz-se necessário promover a proteção das margens do reservatório de Epitácio Pessoa, já que se destaca como importante ambiente para regulação de abastecimento de água ao longo de todo o ano, principalmente em períodos de escassez de chuvas como ocorre no semiárido brasileiro onde o estado crítico de abastecimento de água se eleva e modifica de forma incisiva a vida da população.

Assim, autores como Ehrlich e Mooney (1983), Likens (1991), Mota (1995), Tucci e Braga (2003), Melo (2005) e Tucci e Silveira (2007) apontam que as atividades antrópicas realizadas no entorno dos reservatórios artificiais de água refletem diretamente tanto na diminuição da capacidade de armazenamento de água do reservatório quanto na qualidade da água corroborando a necessidade de preservação das margens dos reservatórios.

4 Conclusões

A quantificação do espelho totaliza 3.777 hectares de área coberta água, no entanto, a identificação de ilhas dentro do

reservatório diminui efetivamente a área total em 130,5 hectares.

Verificou-se que independentemente da delimitação de 30 ou 100 metros, da proximidade ou não das áreas urbanas, a legislação de preservação das margens do reservatório Epitácio Pessoa não está sendo atendida. Constata-se ainda a necessidade de intensificar o monitoramento ambiental com utilização de imagens de satélite e promover fiscalização *in-loco* identificando as ações que acarretam na supressão das APP, bem como responsabilizar os atores sociais que realizam atividades degradantes nas APP.

Quanto à viabilidade da utilização do sensoriamento remoto como ferramenta de coleta de informações para análise superficial do uso do solo e resolução espacial da imagem de satélite, foi viável a identificação e distinção de classes de uso próximas ao reservatório e do seu entorno. O geoprocessamento como ferramenta de análise também apresentou contribuição, pois foi possível ajustar com maior precisão informações referentes à área total do reservatório bem como delimitar a Área de Preservação Permanente conforme legislação vigente a partir do uso do *Buffer*.

5 Spatial analysis of the margins from Epitácio Pessoa water reservoir (PB): reflections about the storage capacity

Abstract: *This work proposes the mapping of Permanent Preservation Area of the Epitácio Pessoa water reservoir, Paraíba, through the use of remote sensing to analyze under legal aspects the local dynamics of preservation. The research is justified on the need to implement alternatives that provide storage (adequate) water, especially in regions where climatic characteristics do not guarantee regular rainfall throughout the year, as is the case of the Brazilian semiarid region. Thus, the remote sensing was used to proceed to the spatial analysis of the banks of the Epitácio Pessoa reservoir water. The mapping identified the area of water surface, the spatial dynamics surrounding the reservoir and non-compliance with regulations that indicate preservation. It was necessary to visually identify the urban area in clipping analyzed because the classifier characterized as the same area, the urban area and exposed soil, because their spectral responses were similar. The methodology was efficient for the study, being possible to identify non-compliance of the CONAMA resolution. Thus, these results could be a tool for promoting environmental preservation, especially in marginal areas of the reservoir under consideration.*

Keywords: Water. Spatial Analysis. Geoprocessing. Remote Sensing.

6 Referências

- AB'SABER, A. N. FLORAM: Nordeste Seco. **Revista Estudos Avançados**. v. 4 , p. 149 – 174. 1900.
- ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W. G. M.; WATERS, R.; TASUMI, M. & TREZZA, R. Algorithms Surface Energy Balance For Land (SEBAL), Idaho Implementation – **Advanced Training Manual And Users**, v. 1.0, 97P. 2002.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba . Base de Dados dos anos 1994 a 2011. Campina Grande-PB, 2012.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais: resumo executivo./Agência Nacional das Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos; Consórcio Engecorps/Projotec/Geoambiente/Riverside Technology. Brasília: ANA, SPR, 2006.
- BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of Surface Flux Densities and Moisture Indicators in Composite Terrain – A Remote Sensing Approach Under Clear Skies in Mediterranean Climates**. Thesis Land Bouw Universiteit Wageningen, Netherlands, 1995.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.senado.gov.br/>>. Acesso em: fev. 2013.
- CHANDER, G; MARKHAM, B. **Revised Landsat-5 Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges**. Disponível em: < http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/L5MLU_TIEEE2003.pdf>. Acesso em: abr. 2013.
- CHAVES, A. **Importância Da Mata Ciliar (Legislação) Na Proteção Dos Cursos Hídricos, Alternativas Para Sua Viabilização Em Pequenas Propriedades Rurais**. Faculdade de Agronomia E Medicina Veterinária Programa De Pós-Graduação Em Agronomia. Seminário apresentado na disciplina “manejo e conservação Do solo e da água”. Passo Fundo, novembro de 2009.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: abr. 2013.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489> >. Acesso em: 27 nov. 2013.

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.16, n. 1, p.6-15, jan./jun. 2014

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 429 de 28 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APPs. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: abr. 2013.

EHRlich, P. R.; MOONEY, H. A. Extinction, Substitution, and Ecosystem Services. **BioScience**. 33, p. 248-254, 1983.

ERDAS. Erdas Imagine versão 11.0.5, 2010.

ESRI Brasil. ArcGIS versão 10.1. 2011. CD ROM.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base de dados. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: fev. 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem do Satélite LANDSAT 5. TM Disponível em: < <http://www.inpe.br>> . Acesso em: set. 2012.

IQBAL, M. **An Introduction to Solar Radiation**, Toronto, Academic Press Canadá, 390p., 1983.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres** (Tradução da Segunda Edição). Parêntese Editora. São José dos Campos, 2009.

LIKENS, G. E. Toxic Winds: Whose responsibility? In: F Herbert Bormann e S. R. Kellert (eds.), **Ecology Economics, Ethics: The Broken Circle**, p. 136 – 152. Yale University Press, New Haven, CT. 1991.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L. L. Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**. v.8, n.3, p. 517-523. 1987.

MELO, A. D. **Operação de Reservatórios no Semiárido Considerando Critérios de Qualidade da Água**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, 2005.

MILARÉ, Edis. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco – doutrina, jurisprudência e glossário**. 6. ed. São paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2009.

MOREIRA, Iara Verocai Dias. **Vocabulário básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. Segunda edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 4ªed. São Paulo, 2010.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. 4ª ed. São Paulo: Edusp, 2003.

SILVA, B. B. da; LOPES, G. M., & AZEVEDO, P. V. de. Balanço de Radiação em Áreas Irrigadas Utilizando Imagens Landsat5-TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo – SP, v.20, n. 2, p. 243-252. 2005.

TRINDADE, G.. Áreas de preservação permanente e reserva legal: análise comparativa entre o atual código florestal (Lei nº 4.771/65) e o substitutivo do PL nº 1.876/99 (novo código florestal). In: LIMA, LAVRATTI, A.; PRESTES, P.; BUZELATO, V.. **Reforma do código florestal**. São Paulo: Instituto o Direito por um Planeta Verde, 2011.

TUCCI, C. E. M; BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. ABRH. Porto Alegre, 2003.

TUCCI, C. E. M; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4º ed. Editora UFRGS/ABRH, Porto Alegre, 2007.

VIANA, A. N. C.; DARMADA, J. C. R. & ASSIREU, A. T. Erosões em margens de Reservatórios-influências das ondas geradas pela ação do vento e da vegetação de proteção ciliar. In: XXVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2011, Rio de Janeiro. XXVIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2011.