

EROSÃO E PROFUNDIDADE RELATIVA COMO MEDIDA DA VULNERABILIDADE À EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS

Naia Lua Maçaira TRAVASSOS (1); Ioná M. B. Rameh BARBOSA (2); Vânia Soares de CARVALHO (3)

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Av. Professor Luís Freire, 500, Cidade Universitária, 50740-540, e-mail: naialua@hotmail.com

(2) IFPE, Departamento de infra-estrutura e construção civil, e-mail: ionarameh@yahoo.com.br

(3) IFPE, Departamento de infra-estrutura e construção civil, e-mail: vania.sc@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa refere-se a um estudo de caso nas sub-bacias de contribuição dos reservatórios Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una, localizadas na bacia hidrográfica do Capibaribe, em Pernambuco, e descreve a metodologia utilizada para análise da vulnerabilidade de reservatórios à eutrofização em decorrência da vulnerabilidade ambiental à erosão e da sensibilidade. Inicialmente, para análise da vulnerabilidade à erosão, foram elaborados e somados os mapas temáticos de pedologia (solos), geomorfologia (declividade), pluviometria e uso e ocupação do solo, realizados com o auxílio de técnicas de geoprocessamento. Em seguida, para a análise da sensibilidade dos reservatórios, foram realizados os cálculos referentes à profundidade relativa seguindo a metodologia proposta por Schafer (1985). Como resultado foi possível identificar uma média vulnerabilidade à eutrofização em decorrência da erosão e uma alta vulnerabilidade à eutrofização em decorrência da profundidade relativa para os reservatórios estudados. Tal estudo apresenta-se relevante visto que poderá apoiar programas de gestão de bacias hidrográficas, gestão de recursos hídricos, planejamento territorial e monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Eutrofização, Erosão, Profundidade Relativa.

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do rio Capibaribe, localizada entre as latitudes 7° 41' e 8° 19' S e longitude 34° 51' e 36° 42' W Gr, é uma das mais importantes do estado de Pernambuco, ocupando uma área de aproximadamente 7.500 Km², correspondente a quase 8% da área total do estado, englobando quarenta e três municípios. Dentre os 7.189.344 habitantes do estado de Pernambuco, de acordo com o BDE (2000), o rio Capibaribe viabiliza água para 2.000.000 de pessoas e, segundo a Ramos (2007), o rio disponibiliza água para um em cada três moradores urbanos de Pernambuco. Dentre os 14 reservatórios presentes na bacia, cinco serão componentes do presente estudo: Carpina, localizado em Lagoa do Carro; Glória do Goitá, em Paudalho; Juczinho, localizado entre os municípios de Cumaru e Surubim; Tapacurá e Várzea do Una, ambos em São Lourenço da Mata. A escolha destes reservatórios se justifica pela importância dos mesmos para o abastecimento de água em diversos municípios do estado de Pernambuco, inclusive da Região Metropolitana do Recife e também pela relevância em termos de capacidade de acumulação e prevenção de enchentes (SRH, 2002).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os rios são ambientes lóticos que, segundo a Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, referem-se a águas continentais moventes, ao passo que os reservatórios ou lagos artificiais são ambientes lênticos, referentes à água parada, com movimento lento ou estagnado, cuja renovação da água se dá em menores proporções, podendo ser definidos pela construção de barragens para atender as demandas de água associadas às necessidades antrópicas.

Um dos fenômenos possíveis de ocorrer nestes ambientes de água parada é a eutrofização, causada pelo excesso de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, que pode atingir os cursos d'água. Pode ser natural, quando ocorre o "envelhecimento precoce" do lago, ou artificial, acelerada pelas atividades antrópicas, tais como: despejo de efluentes domésticos, industriais e atividades agrícolas. O processo de eutrofização em um corpo hídrico ocorre quando as concentrações dos nutrientes ultrapassam os limites desejáveis. É importante salientar que ambientes eutróficos são caracterizados por apresentar baixa transparência e profundidade, possuindo altos teores nutricionais e de matéria orgânica, desencadeando uma intensa proliferação de algas. Dentre as algas presentes, podem-se encontrar microalgas cianobactérias, produtoras de substâncias tóxicas, capazes de causar danos à saúde da população. Alguns casos de contaminação de populações por água contaminada de reservatórios eutrofizados podem ser citados para servir de base ao estudo, tendo em vista apontar uma real necessidade de desenvolver alternativas que levem efetivamente à proteção e/ou melhoria da qualidade da água de tais ambientes. Segundo Carmichael et al. (2001), no caso ocorrido em Caruaru, Pernambuco, em 1996, 76 pessoas morreram vítimas de intoxicação por cianotoxinas produzidas por cianobactérias presentes nas águas utilizadas por uma clínica de hemodiálise no mesmo município.

Para Sperling (1996), quando o fenômeno de eutrofização ocorre em reservatórios ocasiona diversos efeitos indesejáveis, alterando a qualidade da água e interferindo nos usos múltiplos para os quais tal recurso é destinado, visto que torna a água imprópria para o consumo humano, podendo também interferir em atividades como a navegação e transporte (devido ao crescimento excessivo de macrófitas enraizadas), além de acarretar danos em equipamentos (como turbinas hidráulicas e geradores), ocasionar desequilíbrio no ecossistema aquático, problemas estéticos, mau cheiro, aumento nos custos com tratamento de água para abastecimento doméstico e industrial, entre outros. Diante do exposto, pode-se dizer que o processo de eutrofização resulta em efeitos indesejáveis que preocupam o Poder Público, fazendo com que a identificação do estado trófico em que se encontram os reservatórios seja um importante aspecto a ser considerado para a tomada de decisão, subsidiando estudos para aplicação de medidas preventivas e/ou corretivas que visem minimizar os efeitos indesejáveis da eutrofização.

Um dos fatores que interfere diretamente na qualidade das águas dos reservatórios é a erosão, que pode ser estudado através de aspectos como o tipo de solo, a declividade, o clima e o uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas de contribuição, possuindo importância dentro da análise da vulnerabilidade à eutrofização, visto que esses fatores contribuem para tal processo. Além da erosão, a morfometria, correspondente às características ou parâmetros morfométricos, também pode interferir na qualidade das águas. Tais parâmetros podem ser primários e secundários, sendo os primários resultantes de trabalhos de

campo ou análises cartográficas e os secundários, obtidos através do cálculo a partir dos dados primários. Segundo Sperling (2000), os principais parâmetros morfométricos primários são: área, volume, profundidade máxima e os secundários: profundidade média, fator de envolvimento, profundidade relativa e desenvolvimento do perímetro. Thomann e Mueller (1987) destacam, dentre outros, a geometria do corpo d'água, considerando parâmetros como volume, área da superfície e profundidade, como variáveis de importância na análise da eutrofização.

A sensibilidade, descrita através do cálculo da profundidade relativa (SCHÄFER, 1985), também pode colaborar para acelerar ou retardar o processo de eutrofização em ambientes lênticos (reservatórios), cujo tempo de residência da água é maior do que nos ambientes lóticos (rios). Assim, estabelecer os valores de profundidade relativa dos reservatórios estudados é uma forma de analisar a vulnerabilidade à eutrofização, visto que existe, segundo Sperling (1997, 2000), uma relação entre a morfologia, o quantitativo de nutrientes existente e o grau de trofia de um lago.

3. DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

O trabalho pretende descrever a metodologia utilizada para analisar a vulnerabilidade de reservatórios de água ao processo de eutrofização em decorrência da erosão, através da elaboração de mapas temáticos, e da sensibilidade, descrita através do cálculo da profundidade relativa.

4. METODOLOGIA, RESULTADOS, ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A metodologia da pesquisa divide-se em duas etapas: a primeira na qual se avalia a vulnerabilidade ambiental à erosão e a segunda, relativa à sensibilidade, descrita através do cálculo da profundidade relativa (Zr).

4.1. Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental à Erosão

Inicialmente foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, como SIG e sensoriamento remoto, para manipulação de imagens do satélite (Landsat 5) e de radar do projeto Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (NASA) objetivando a aquisição novas de informações e conseqüentemente, a elaboração de mapas temáticos.

De acordo com Smith et al apud SPRING (2006), define-se por Sistema de Informações Geográficas - SIG: “um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais”. Com essa tecnologia é também possível integrar dados originários de diferentes fontes e realizar análises sobre eles, gerando novas informações que serão utilizadas para auxiliar na correta tomada de decisões acerca do tema estudado. O sensoriamento remoto, por sua vez, consiste na aquisição de informações sem que ocorra um contato direto entre o pesquisador e a informação a ser obtida, ou seja, uma obtenção remota dos dados, resultando em imagens digitais da superfície terrestre, das quais diversas informações podem ser extraídas, servindo de base para o SIG. O software ArcGIS, produzido pela ESRI, foi o ambiente computacional utilizado na pesquisa. Além do ArcGIS, para tratamento dos dados de sensoriamento remoto, foi utilizado o programa SPRING 5.1.3, disponibilizado gratuitamente no sítio do INPE.

A partir de estudo da literatura (CREPANI, 2004; ROSS, 2008; FIGUERÊDO, 2007), que citam os principais aspectos e a metodologia adotada para determinação da vulnerabilidade à erosão, foram definidos os indicadores que devem ser analisados para esse processo. Assim, como objeto de estudo desta pesquisa, foram criados os seguintes mapas temáticos, elaborados através do uso de técnicas de geoprocessamento: pedologia (solos), geomorfologia (declividade), clima (intensidade pluviométrica) e uso e ocupação do solo. Posteriormente, uma análise por multicritério foi realizada para avaliação da vulnerabilidade à erosão, reunindo os quatro aspectos em questão. Tal análise desenvolvida em ambiente de Sistema de Informações Geográficas - SIG facilita a tomada de decisão sobre um determinado problema que possui muitos aspectos a serem considerados. Como resultado obteve-se uma imagem raster na qual cada pixel, que corresponde a uma área de 90 x 90 m no terreno, possui um valor específico dentre os três graus de vulnerabilidade à erosão propostos (baixa, média e alta).

Segue abaixo uma descrição da metodologia utilizada para geração dos mapas temáticos necessários a obtenção dos mapas temáticos e mapa de final de vulnerabilidade à erosão.

4.1.1. Pedologia (Solos)

O solo, apesar de ser o agente passivo da erosão, possui características fundamentais para auxiliar ou prevenir a perda de solo do terreno. De acordo com Crepani (2005), os solos estáveis aos processos de erosão, como os Latossolos, são considerados bem desenvolvidos, pois possuem grande profundidade, porosidade e maturidade, diferentemente de solos intermediários que estão mais passivos à erosão devido a diferentes texturas presentes em seus horizontes. Dentre os compostos contidos no solo, o nitrogênio e fósforo podem estar presentes e serem carregados para os cursos d'água e assim, quando em excesso, desencadear a eutrofização. Dessa maneira, o estudo das características edáficas torna-se indispensável, uma vez que várias classes de solos podem ser encontradas nas bacias de contribuição dos reservatórios estudados, diferenciando os níveis de vulnerabilidade. A determinação dos tipos de solo existentes na área compreendida pela pesquisa foi realizada através do Mapa de Solos de Pernambuco, disponibilizado no sítio da EMBRAPA, na escala de 1:100.000. Em seguida os solos foram classificados quanto à fragilidade à erodibilidade, resultando no mapa temático relativo à pedologia. As classes de solos do mapa foram classificadas de acordo com a metodologia empregada por Ross (2008) e Crepani (2001, 2005), utilizando a legenda geral de solos da Embrapa. Para cada classe de solo contida na legenda geral de solos da Embrapa, um valor de vulnerabilidade foi atribuído, levando em conta a estabilidade. Os valores conferidos foram 1, 2 ou 3, sendo 1 referente à menor vulnerabilidade, o 2 à média e o 3 à alta.

Em relação à pedologia, os mapas que compreendem as sub-bacias de contribuição dos reservatórios Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una apresentaram predominância do caráter 2 (média vulnerabilidade).

4.1.2. Geomorfologia (Declividade)

A declividade possui direta relação com a transformação da energia potencial em energia cinética, se relacionando com a velocidade da água em movimento, a qual é responsável pelo escoamento. Quanto maior a inclinação do relevo em relação ao horizonte, maior é a velocidade com que a energia das águas pluviais se transforma de potencial para cinética, aumentando a capacidade de transporte de elementos pelas massas de água. Dentre os elementos transportados estão: o nitrogênio e o fósforo, que ocasionam, no corpo hídrico, a eutrofização, quando suas concentrações ultrapassam os limites desejáveis. O conhecimento dos aspectos geomorfológicos relativos à declividade, portanto, é de suma importância, visto que apresenta uma quantificação da erodibilidade, segundo a intensidade de energia potencial presente, para que agentes como a chuva, tenham seu poder erosivo ampliado. Para a análise da vulnerabilidade à erosão por declividade, foram coletados os dados do projeto Shuttle Radar Topography Mission - SRTM, missão de sensoriamento remoto da NASA (2000), criada para obter o Modelo Digital do Terreno- MDT da zona terrestre, entre as latitudes 56° S e 60° N, através de um radar. A metodologia utilizada inicia-se com a aquisição e o tratamento da imagem do SRTM que contempla a área de contribuição dos reservatórios estudados. Utilizando-se como entrada a imagem do SRTM foi possível calcular a declividade, em percentual, para cada célula da representação, indicando a diferença de nível entre dois pontos dentro da célula, que representa uma área de 90x90m. Por fim, os valores de declividade foram reclassificados de acordo com Ross, citado por Figuerêdo (2007), adotando os índices 1, para baixa; 2, para média e 3, para alta vulnerabilidade à erosão por declividade.

Para geomorfologia, o mapa temático, referente à bacia de contribuição de Carpina apresentou predominância do caráter 1, ou seja, a maioria dos pixels contidos na imagem possui valores que caracterizam a baixa vulnerabilidade, não ultrapassando 6% de inclinação em relação ao horizonte. Os mapas, no entanto, referentes às sub-bacias de Glória do Goitá e Várzea do Una apresentaram, como predominância, a média vulnerabilidade, contendo valores de declividade entre 6% e 20%.

4.1.3. Clima (Intensidade Pluviométrica)

Para elaboração do mapa temático de intensidade pluviométrica foi necessária a coleta de dados relativos à pluviometria, de postos de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA), tendo em vista que a bacia do Capibaribe se limita ao norte com o estado da Paraíba. Foram utilizados dados de 19 estações pluviométricas, distribuídas na área e no entorno

das sub-bacias estudadas, do período de janeiro/1987 a dezembro/2006. O tratamento dos dados ocorreu nos softwares Hidro 1.2 e MS Excel 2007 e a metodologia seguida está descrita em Travassos (2010).

O clima na área ocupada pela Bacia do Capibaribe varia de tropical semi-árido a tropical úmido, justificando as diferenças climáticas encontradas na região. No entanto, após elaboração da tabela que fornece os dados de Intensidade Pluviométrica, geração de mapa temático de intensidade pluviométrica e sua reclassificação, constatou-se que 100% da área referente às sub-bacias Glória do Goitá e Várzea do Una encontra-se em região de média vulnerabilidade à erosão em virtude das chuvas. Já a sub-bacia Carpina apresenta-se com baixa e média vulnerabilidade, sendo aproximadamente 99,7% da sua área, em região vulnerabilidade 2.

4.1.4. Uso e Ocupação do Solo

Nesta etapa foram utilizadas cenas do satélite Landsat 5 que podem ser encontradas, gratuitamente, na divisão de geração de imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Inicialmente foi necessário realizar o georreferenciamento das imagens, ou seja, atribuir coordenadas a um ponto, vinculando-o a um determinado sistema de referência. Quatro cenas, recortadas a partir de polígonos, foram unidas com a finalidade de compor uma única imagem. Em seguida, com a composição colorida (RGB543) das bandas 3, 4 e 5, conforme metodologia utilizada para Zoneamento Ecológico-Econômico proposta por Crepani et al (2001), foi possível realizar uma classificação não supervisionada. Primeiramente a classificação compreendia 12 classes que posteriormente foram agrupadas e reclassificadas de acordo com o grau de vulnerabilidade à erosão em decorrência da cobertura vegetal. As etapas metodológicas para obtenção do mapa temático de uso e ocupação do solo são descritas por Travassos (2010). A reclassificação do mapa temático dentre as três classes de vulnerabilidade seguiu a metodologia proposta por Figuerêdo et al (2007), na qual áreas sem cobertura vegetal são as mais vulneráveis à erosão, ao passo que as áreas cobertas por vegetação densa, são as mais estáveis e conseqüentemente, menos vulneráveis.

Após a confecção dos mapas temáticos de pedologia (solos), geomorfologia (relevo), clima (intensidade pluviométrica) e uso e ocupação do solo, utilizou-se a análise multicritério em ambiente SIG, considerando pesos iguais para os quatro aspectos analisados, resultando no mapa final de vulnerabilidade à erosão (Figura 1). Este peso determina o grau de relevância que um aspecto tem sobre o outro.

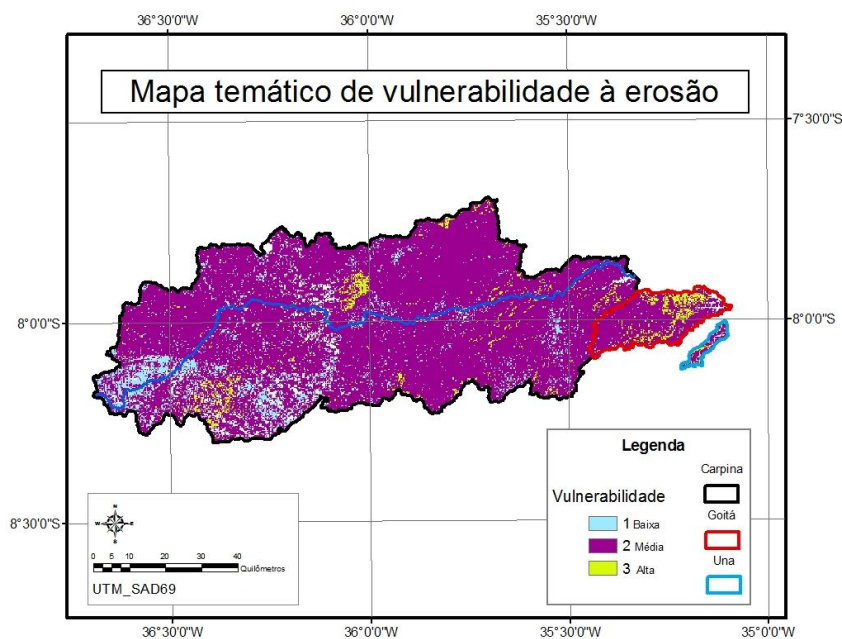


Figura 1. Mapa temático de vulnerabilidade à erosão para as sub-bacias hidrográficas Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una.

O mapa final de erodibilidade possui áreas com vulnerabilidades baixa, média e alta, indicadas pelos valores 1, 2 e 3, respectivamente. Com a finalidade de determinar o grau de vulnerabilidade na área das sub-bacias, analisou-se a maior frequência dos valores das células (pixels) do mapa final. Após sobreposição dos mapas

temáticos relacionados à erosão, utilizou-se a análise multicritério com pesos iguais para todos os aspectos analisados. Como resultado, obteve-se o mapa de vulnerabilidade à erosão, onde se constatou que 88,5% da área da sub-bacia Carpina, 81,4% de Goitá e mais de 80% da sub-bacia Várzea do Una, possuem média vulnerabilidade à erosão.

4.2 Sensibilidade

A profundidade relativa é apresentada por Schäfer (1985) como um importante critério a ser adotado para indicar o grau de estabilidade de lagos e represas, tendo em vista a existência de uma relação direta entre a morfologia, o teor nutricional e o grau de trofia de um lago. Para Sperling (1997), a morfologia possui interação com a qualidade das águas visto que os lagos mais rasos apresentam maior vulnerabilidade para se tornarem eutróficos. A profundidade relativa resulta da relação entre a profundidade máxima e o diâmetro médio de um lago ou represa. Tal relação é expressa pela equação 1, na qual a Z_r corresponde à profundidade relativa em percentual, Z_{\max} à profundidade máxima, em metros, e A_0 à área superficial, em metros quadrados:

$$Z_r = \frac{50 \times Z_{\max} \times \sqrt{\pi}}{\sqrt{A_0}} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Para realização do cálculo da profundidade relativa dos reservatórios de Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una foram obtidas as fichas técnicas dos reservatórios com dados de Cota x Área x Volume, através da Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco (SRH/PE), conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Dados necessários para cálculo da profundidade relativa fornecidos pela SRH/PE

	Carpina	Goitá	Várzea do Una
Cota Máxima (m)	118	70,06	104
Área de espelho d'água (m ²)	23.624.000	6.375.520	1.390.001
Volume (m ³)	270.000.000	52.013.300	11.568.010

Com esses dados foi possível realizar o cálculo da profundidade máxima (Z_{\max}), parâmetro primário e conseqüentemente, a profundidade relativa para os reservatórios estudados.

Segundo Schäfer (1985), lagos que apresentam uma profundidade relativa menor do que 2% possuem grande superfície e baixa profundidade, ao passo que os que se mostram com valores acima de 4% possuem maior profundidade e menor superfície. A Tabela 2 abaixo apresenta a profundidade relativa em percentual e os graus de vulnerabilidade associados.

Tabela 2 - Profundidade relativa e vulnerabilidade à eutrofização segundo Schäfer (1985)

Profundidade relativa (Z_r)	Vulnerabilidade
$Z_r > 4\%$	1
$2\% \leq Z_r \leq 4\%$	2
$Z_r < 2\%$	3

O cálculo da profundidade relativa para os reservatórios de Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una de acordo com a metodologia utilizada mostra que todos possuem profundidade relativa baixa, estando assim, mais vulneráveis à eutrofização, conforme pode ser visualizado na tabela 3.

Tabela 3 - Vulnerabilidade dos reservatórios Carpina, Glória do Goitá, Jucazinho, Tapacurá e Várzea do Una à eutrofização em decorrência da profundidade relativa

Reservatórios	Profundidade relativa (%)	Vulnerabilidade	Valor
Carpina	0,21	alta	3
Glória do Goitá	0,29	alta	3
Várzea do Una	0,63	alta	3

5. DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A profundidade relativa é um indicador que deve ser considerado na avaliação da vulnerabilidade de reservatórios ao processo de eutrofização visto que este parâmetro morfométrico tem forte influência em desencadear processos desta natureza em lagos/reservatórios. Por outro lado, aspectos como vulnerabilidade à erosão nas bacias contribuintes aos reservatórios estudados conferem ao estudo maior embasamento para classificar o corpo hídrico quanto à sua vulnerabilidade ambiental à eutrofização.

O monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios do Estado de Pernambuco é realizado pela Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH. Através de valores observados de alguns parâmetros é possível obter o Índice de Estado Trófico – IET para reservatórios monitorados. Tal índice permite classificar o corpo hídrico quanto ao grau de trofia, considerando parâmetros tais como a concentração de fósforo total e de clorofila A na superfície da água, e a profundidade do disco de Secchi. É importante salientar que em outubro/2009, os reservatórios Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una apresentavam-se, respectivamente, supereutrófico, oligotrófico e mesotrófico.

Considerando a alta vulnerabilidade ao processo de eutrofização apresentada neste estudo e o atual grau de trofia em que os reservatórios estudados se encontram é possível afirmar que estes ambientes necessitam urgentemente da adoção de medidas preventivas e corretivas nas sub-bacias de contribuição, visando diminuir o processo de eutrofização ora observado.

Estudos que indiquem a maior ou menor vulnerabilidade de lagos/reservatórios à eutrofização são importantes para priorizar áreas de investimento, captar recursos financeiros e direcionar políticas públicas objetivando a prevenção e/ou minimização dos fatores que interferem na qualidade das águas em reservatórios utilizados para diversos fins.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, P. R. G. S. de. **Estudo para alocação ótima das águas de um sistema de reservatórios em série e em paralelo, para usos e objetivos múltiplos, na Bacia do Rio Capibaribe, PE.** 2006, 248 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2006.

ANDREOLI, C.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados.** Curitiba: Sanepar, 2005, 500 p.

BDE. **Base de Dados do Estado de Pernambuco** - Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br> Acesso em: Junho/2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: Junho/2009

CARMICHAEL, W.W *et al.*. Human Fatalities from Cyanobacteria: Chemical and Biological Evidence for Cyanotoxins. **Environmental Health Perspectives**, 2001, Vol. 107, pp. 663 – 668

CHAPRA, S.C. **Surface water-quality modeling.** Illinois: Waveland Press, 2008, 844 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos, 2001 SAE/INPE (INPE 8454-RPQ/722).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; PALMEIRA, A. F. **Intensidade Pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. São José dos Campos: INPE, 2004

EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco: Escala: 1:100.000**. Disponível em <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos>> Acesso em 10.11.2009.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo(EPUSP). **Classificação de Imagens**. Disponível em <www.ptr.poli.usp.br/labgeo/graduacao/ptr321/material2/classificacao.pdf> Acesso em 20.11.2009.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. de F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n4/a06v12n4.pdf>> Acesso em 21.10.2009.

NASA. **SRTM – Shuttle Radar Topography Mission, 2000**. Disponível em <www2.jpl.nasa.gov/srtm>. Acesso em 21.10. 2009.

GOMES, A. R.; CREPANI, E.; CARVALHO, V. C. de; MEDEIROS, J. S. de. Aplicação da metodologia ZEE para análise da vulnerabilidade à perda de solo em ambiente semi-árido. **In Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p.3519–3526.

RAMOS, A. Expedição Capibaribe: Uma Ação Sócio-Cultural e Ambiental no Rio Capibaribe. **in IX Encontro nacional de comitês de bacias hidrográficas**, Foz do Iguaçu - PR, 2007, 17 p.

ROSS, J. L. S. R. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Ed.Contexto, 2008, 80p.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: EDURGS, 1985, 532 p.

SPERLING, E.V. Gerenciamento de reservatórios de abastecimento de água: influência de fatores físicos na determinação do grau de trofia **in Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, 2000, 1, pp. 1-5

SPERLING, E.V. Influência do parâmetro profundidade relativa na qualidade da água de lagos e represas **in Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Foz do Iguaçu, 1997, 1, pp. 30-35.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFMG, 1996, 243 p.

SPRING. **Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/>> Acesso em 20.10.2009.

Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (SRH-PE). **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Capibaribe – PE**, 2002.

THOMANN, R.V.; MUELLER, J.A. **Principles of surface water quality modeling and Control**, New York: HarperCollinsPublishers, 1987, 644 p.

TRAVASSOS, N. L. M. ; BARBOSA, I.M.B.R ; CARVALHO, V.S . Avaliação da vulnerabilidade à erosão nas sub-bacias de contribuição dos reservatórios Carpina, Glória do Goitá e Várzea do Una, Pernambuco, utilizando técnicas de geoprocessamento.. **In. A Conferência da Terra: Aquecimento global, sociedade e biodiversidade**. João Pessoa : Editora Universitária da UFPB, 2010. v. 2. p. 614-620.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006, 302 p.