

Quantificação da exportação de fósforo numa bacia do semiárido cearense

Laldiane de Souza Pinheiro¹

Yara Maria Gomes Rocha¹

Marcella Parente Sansana¹

¹Universidade de Fortaleza – UNIFOR

Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz

CEP 60.811-905, Fortaleza-Ce, Brasil

laldiane@unifor.br

yaragomesrocha@gmail.com

eng.marcellaparente@gmail.com

Abstract. In small rural communities cearenses small dams are the main sources of supply being used for many activities. These dams has been suffering a fast process of eutrophication with the degradation of water quality through point and diffuse sources of phosphorus. This work aimed to quantification of the phosphorus loads in the catchment of Paus Branco, Madalena-CE, in the semiarid northeast. It was used satellite images LIS3, bands 2, 3 and 5 for the survey of the use and occupation of land by using GIS programs, following application of unit load model for quantification of phosphorus per class land use. Have been found six types of class, where the class "livestock" area occupies 49%, followed by class "preserved forest" (41%). The production of phosphorus released into the reservoir is 1371kg per year, and the main contribution of nutrients to the reservoir are the areas of livestock, contributing about 665 kg of phosphorus per year, representing 49% of full load affluent. And then, the contributions of exposed soil that are responsible for 43% of the total value of nutrients contributed. Remote sensing techniques and application of nutrient export models are an important instrument of management of reservoirs in semiarid.

Palavras-chave: remote sensing, diffuses loads, small reservoir, sensoriamento remoto, cargas difusas, pequenos reservatórios

1. Introdução

Nas pequenas comunidades rurais cearenses, inserida na região semiárida, caracterizada pela deficiência hídrica com variabilidade das precipitações pluviométricas, os pequenos açudes são os principais mananciais de abastecimento, sendo utilizados para diversas atividades, tornando-se necessários para a sua sustentabilidade o controle da quantidade acumulada e a conservação da qualidade das águas.

Os açudes do semiárido se tornam mais vulneráveis, uma vez que durante o período de estiagem há diminuição dos volumes dos reservatórios devido à elevada evaporação e aumento da demanda de água pelo excessivo calor. Com os volumes reduzidos, as concentrações de carga poluidora sofrem destacado crescimento dentro dos açudes (ALMEIDA *et al*, 2008).

O nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente nitrogênio e fósforo, acarreta o crescimento das plantas aquáticas, em tais níveis que sejam considerados causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água (VON SPERLING, 2005). Esse enriquecimento de nutrientes causa a eutrofização dos reservatórios, derivando uma série de alterações nesses ecossistemas (Smith *et al*, 2006). No Estado do Ceará, 61% dos 136 açudes monitorados foram avaliados como eutróficos pela COGERH (CEARÁ, 2008).

As fontes de nutrientes nas zonas rurais podem ser pontuais ou difusas. As fontes pontuais referem-se aos despejos domésticos, e as fontes difusas estão intimamente ligadas à

ocupação e ao manejo do solo, os quais por sua vez estão relacionados às interações solo – água - nutrientes e às condições climáticas, topográficas, pedológicas e geológicas locais.

As cargas de origem pontual são habitualmente consideradas como sendo mais fáceis de quantificar, em comparação com as cargas de origem difusa, pelo fato de ser possível a identificação do local de descarga e a medição da vazão e da qualidade do efluente.

O fato das fontes difusas se tratar de um processo espacialmente distribuído, assume importância crescente em áreas de estudo de maiores dimensões, tornando mais difícil a tarefa de quantificação da poluição de origem difusa (DIOGO, 2008), e seu controle mais complicado do que no caso de poluição de origem pontual (CAMPBELL *et al*, 2004).

A poluição difusa é reconhecida como um fator determinante na qualidade da água, sendo atualmente considerado em muitos países, o maior problema de poluição da água (CAMPBELL *et al*, 2004).

DIOGO *et al* (2003) afirmam que um largo espectro de técnicas de simulação pode ser utilizado na quantificação das contribuições difusas para as águas superficiais, desde simples funções de carga até modelos de simulação mais complexos, que demandam grande quantidade de dados. Aliado a isso, estão às técnicas de sensoriamento remoto como ferramentas de apoio e extração de informação de áreas extensas.

Estudos sobre a quantificação de cargas difusas em áreas rurais do semiárido são incipientes. Considerando que a identificação de áreas produtoras de fósforo corresponde a uma importante ferramenta de planejamento e manejo dos reservatórios do semiárido no que concerne ao processo de eutrofização, este trabalho teve como objetivo quantificar o aporte de fósforo numa bacia do semiárido cearense.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Caracterização da Área

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Açude Paus Branco, no município de Madalena-Ce (Figura 01). O açude localiza-se dentro do Assentamento Rural Federal “25 de Maio” no Sertão Central do Estado do Ceará. Esse reservatório é única fonte hídrica para o abastecimento de 134 famílias, possuindo volume de 5 hm³ e área da bacia hidrográfica de 22,54 Km² (PINHEIRO, 2011; FEITOSA, 2011; ALEXANDRE, 2012).

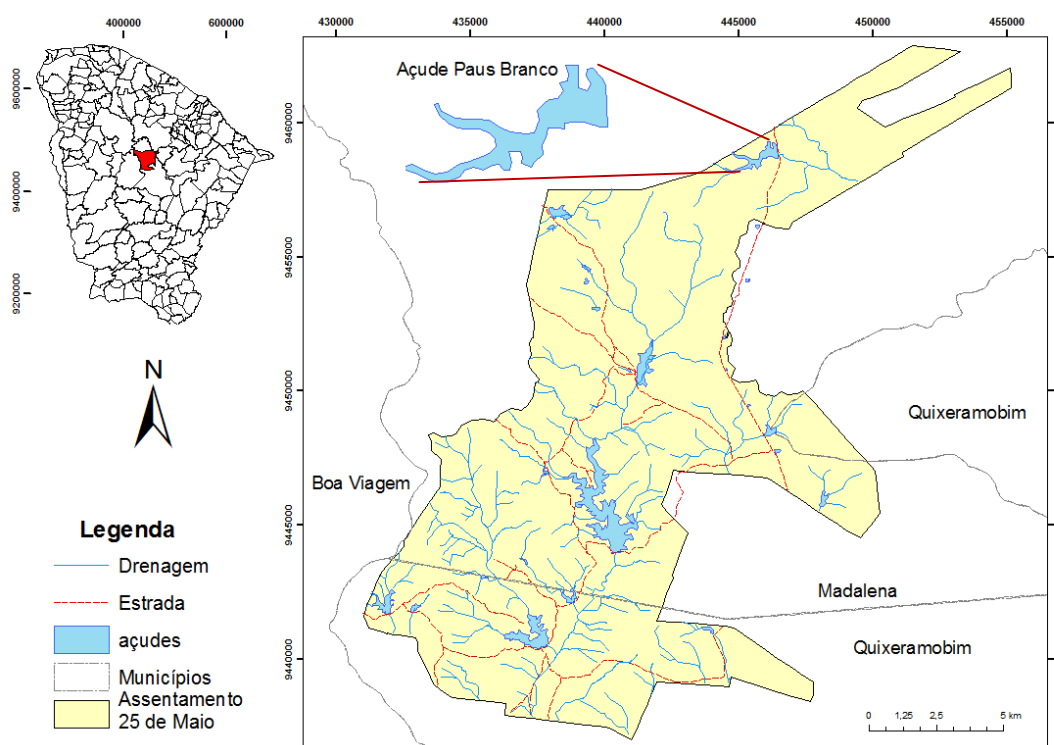


Figura 01 – Localização da Área de estudo.

2.2 Levantamento do Uso e Ocupação do Solo

Para o levantamento do uso e ocupação do solo e suas respectivas áreas foi utilizado imagens do satélite LIS3 datadas de 22 de julho de 2010, nas bandas 2, 3 e 5, obtidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. As classes de usos foram obtidas com o auxílio das ferramentas de SIG, a partir da classificação não- supervisionada de imagens de satélite pelo método da ISODATA, realizada no programa ENVI®. Para confecção dos mapas foi utilizado o programa ArcMap 10.

2.3 Quantificação de Cargas de Origem Pontual e Difusa

Para estimar a carga de fósforo que chega ao açude Paus Branco foi realizado o somatório das cargas pontuais e difusas na bacia de drenagem do açude. As cargas pontuais aqui consideradas são as oriundas do esgotamento doméstico das residências situadas na área de contribuição do açude, que segundo estudo de Pinheiro (2011) equivale a 16 casas e 80 habitantes. A contribuição de fósforo típica do esgoto domiciliar adotado foi de 2,5 gP/hab.dia⁻¹ (VON SPERLING, 2006).

Para as cargas difusas foi utilizado o método de cargas unitárias descrito por Diogo *et al.* (2007), em que a carga é calculada multiplicando a área de cada tipo de uso do solo, da área drenante, por uma carga específica ou concentração de fósforo, atribuída a cada classe de uso do solo. Esse método é recomendado para áreas extensas, com limitação de dados e cujo objetivo seja uma primeira caracterização.

Os coeficientes de exportação de fósforo são representados em kg.km⁻².ano⁻¹. Devido à escassez de dados sobre taxas de exportação de bacias do semiárido, foi utilizado valores disponíveis na literatura como mostra a Tabela 01.

Tabela 1 - Classes de uso do solo e coeficiente de exportação fósforo total (P_{TOTAL}) correspondentes, em $kg \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$

Uso do Solo	P_{TOTAL}
Florestas	10
Agropecuária	60
Solo Luvisolo Exposto*	450

Fonte: DIOGO (2008); VON SPERLING (2006); LACERDA; SILVA (2006); (PINHEIRO, 2011)

3. Resultados e discussões

Com o geoprocessamento das imagens e verificação *in loco*, foram identificadas 6 classes distintas de utilização e ocupação do solo na bacia do açude Paus Branco, permitindo a extração de informações físicas como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de uso solo para a bacia do açude Paus Branco, Madalena-Ce em km e percentuais.

	km ²	%
Água	0.15	0.65
Área de Inundação	0.03	0.11
Mata Preservada	9.24	40.97
Agropecuária	11.09	49.22
Solo Exposto	1.30	5.76
Macrófitas	0.74	3.28
Total	22.54	100

A classe “mata preservada” corresponde a vegetação caatinga arbórea, ocupando 40,97% da área da bacia. A categoria “agropecuária” refere-se aos terrenos destinados às culturas temporárias e a criação de bovino-caprinos na área em estudo, ocupando 49,22% da área. Caracterizam-se pela agricultura de sequeiro para finalidade de subsistência com o plantio de milho, feijão, fava, mamona e capim. A pecuária extensiva, com a criação do gado leiteiro, é uma das principais atividades econômicas da região (PINHEIRO, 2011; ALEXANDRE, 2012).

A classe “solo exposto” corresponde às áreas com ausência total de vegetação, agregando também, as áreas da comunidade de Paus Branco e estradas. Essa classe ocupa 5,76% da bacia. A categoria “Área de Inundação” refere-se às áreas que ficam expostas após a redução do volume dos açudes. Nestas regiões ocorre o plantio de vazante, que garante a segurança alimentar das famílias em períodos de longa estiagem. Na data da imagem esta classe ocupou 0,11% da área.

A categoria correspondente a “água” refere-se a água do reservatório de Paus Branco, ocupando 2% da área. A área do espelho d’água do açude corresponde a 0,57 km², no entanto, na classificação, o valor dessa área saiu menor em virtude da presença de macrófitas aquáticas do tipo *Pistia stratiotes* que encobre a superfície da água e seus contribuintes. As macrófitas ocupam uma área 3.28% do total.

Como pode ser observado no mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia de Paus Branco (Figura 2), a porção norte da bacia está com a vegetação caatinga, no entorno do reservatório e de seus contribuintes, mais preservada do que a porção sul. Cerca de 35% do perímetro do açude não apresenta mata ciliar composta pela vegetação nativa e sim por agriculturas e solos expostos.

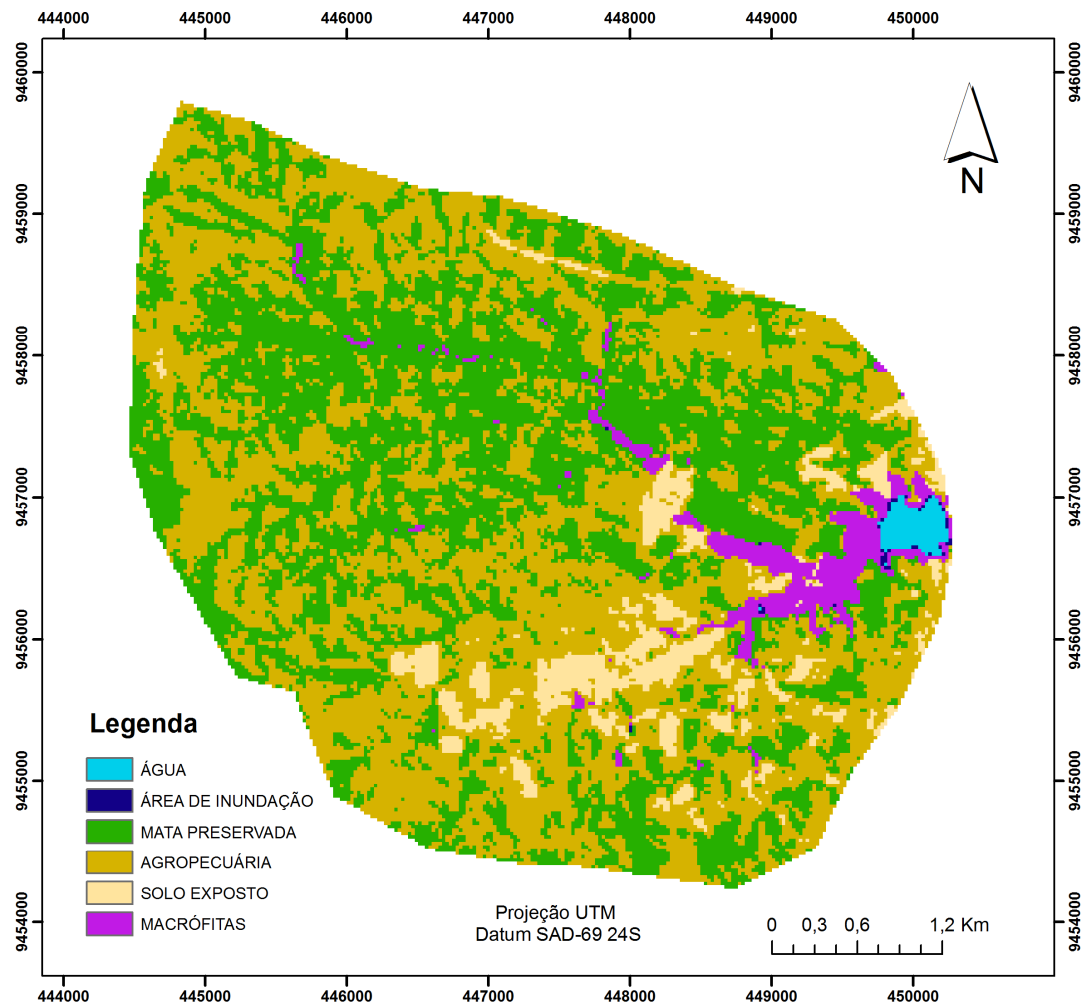


Figura 2. – Mapa de classificação do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do açude Paus Branco, Madalena-Ce.

Com os resultados da classificação dos usos do solo e baseado na contribuição de fósforo pelas fontes pontuais e difusas, foi estimado o aporte de fósforo para o reservatório de Paus Branco (Figura 3).

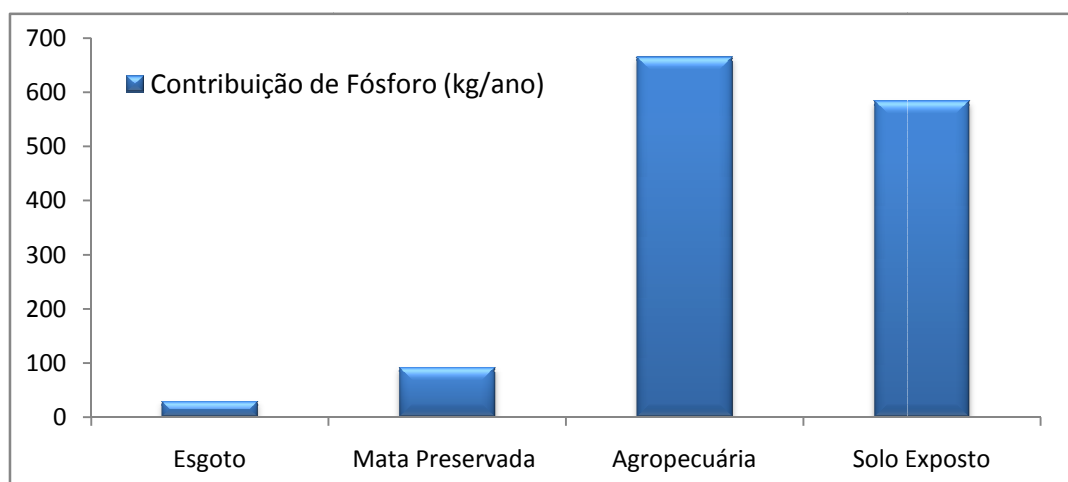


Figura 3 - Estimativa de contribuição de fósforo em $\text{kg}\cdot\text{ano}^{-1}$ no açude de Paus Branco.

A carga total de fósforo estimada para o açude de Paus Branco é de 1371.21kg/ano. A principal contribuição de nutrientes para o reservatório são das áreas de agropecuária, contribuindo cerca de 665 kg de fósforo ao ano, representando 49% da carga total afluyente. Em seguida, têm-se as contribuições por solos expostos que são responsáveis por 43% do valor total de nutrientes aportados. A cobertura vegetal do solo contribui para que o solo não perca seus nutrientes por meio do processo de denudação mecânica do solo (LACERDA; SENA, 2005). Isso mostra a importância da cobertura vegetal do solo como uma medida de preservação da qualidade da água de um corpo hídrico. Nas áreas de caatinga preservada as taxas de exportação de nutrientes em relação às outras classes foram mais baixas, contribuindo com 7% da carga estimada para os açudes.

Os esgotos domiciliares nas áreas circunvizinhas do reservatório contribuem com 2% da carga total estimada. Vale salientar que, apesar da contribuição de fósforo por esgoto ser mais baixa no açude Paus Branco quando comparados as áreas agrícolas e solos expostos, os mesmos acarretam contaminação da água por patógenos, desencadeando doenças de veiculação hídrica que são intensas em áreas rurais com ausência de saneamento.

No ano de 2010, segundo estudo de Feitosa (2011) no açude Paus Branco o índice de Estado Tráfico do mesmo manteve-se como eutrófico durante todo o período monitorado, podendo ser justificado pelo grande aporte de fósforo ao reservatório em virtude do manejo de sua bacia hidrográfica.

4. Conclusões

- A agropecuária representa a principal forma de uso e ocupação do solo em bacias do semiárido cearense, onde se observa o desmatamento da vegetação nativa.
- A agropecuária e solos expostos são os maiores contribuintes de fósforo para os reservatórios;
- Dados sobre coeficientes de exportação de nutrientes para solos do semiárido e para as atividades locais são incipientes, sendo necessários mais estudos sobre esses temas;
- Técnicas de sensoriamento remoto aliado a aplicação de modelos de exportação de nutrientes constituem num importante instrumento de manejo de reservatórios do semiárido.

Referências Bibliográficas

- Alexandre, D. M. B. **Gestão de pequenos sistemas hídricos no semiárido nordestino**. 2012. 151p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- Campbell, D'arcy, b., Frost, a. Novotny, v. E Sansom, A. **Diffuse Pollution – Na introduction to the problems and solutions**. IWA Publishing, UK. (2004).
- Ceará, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Rede de Monitoramento de Qualidade da água – Rede de Monitoramento**. Fortaleza, 2008.
- Diogo, P. A. M. **Fontes de fósforo total e o estado trófico de albufeiras em Portugal continental**. 2008. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente), Universidade Nova de Lisboa, Lisboa-Portugal.
- Diogo, P.A., Coelho, P.S, Almeida M.C.; Mateus, N. S., Rodrigues, A.C. **Estimativa de cargas difusas de origem agrícola na bacia hidrográfica do rio Degebe**, 6º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA (SILUSBA), Associação Portuguesa de recursos Hídricos, Praia, Cabo Verde, 10 a 13 de Novembro, 2003
- Feitosa, L. S. **Aspectos limnológicos da pequena açudagem no semiárido: estudo de caso dos açudes do Assentamento 25 de Maio, Madalena-CE**. 2011. 130p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

Lacerda, L. D., Sena, D. L. de. **Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará.** In: Zoneamento Ecológico- Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 2005, 62 p

Pinheiro, L. S. **Proposta de Índice de Priorização Áreas para Saneamento Rural: Estudo de Caso Assentamento Rural 25 de Maio – CE.** 2011. 110p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

Smith, V. H., Joye, S. B., Howarth, R. W. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. **Limnol. Oceanogr**, 2006.

Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 425p. ISBN 85-7041-114-6.