

## **CARGAS DE NUTRIENTES POR FONTES NATURAIS E ANTRÓPICAS DA BACIA DO ALTO JAGUARIBE**

FRANCISCISCO JOSÉ DE PAULA FILHO<sup>1\*</sup>, FRANCISCO CLEITON DA ROCHA<sup>2</sup>, FERNANDO BEZERRA LOPES<sup>3</sup>, EUNICE MAIA DE ANDRADE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dr. Professor Química, UFCA, Juazeiro do Norte-CE. Fone: (88) 3572-7200, franciscojose@ufca.edu.br

<sup>2</sup> Dr. Professor Biologia, UFPI, Bom Jesus-PI. Fone: (89) 3562-2247, biofcr@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Dr. Fernando Bezerra Lopes, UFC, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3366-9754, lopesfb@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Dra. Professora Eng. Agrícola, UFC, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3366-9754, eandrade.ufc@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015  
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

**RESUMO:** Este artigo apresenta as estimativas de cargas de nitrogênio e fósforo associadas aos diferentes usos do solo da bacia do Alto Jaguaribe. As estimativas de cargas apresentadas neste trabalho foram realizadas pelo uso de fatores de emissão relativos aos processos naturais e atividades antrópicas a partir dos usos do solo e dados de produção e consumo locais. Os cálculos apontam cargas totais para a bacia iguais a 8.805 t N.ano<sup>-1</sup> e 2.886 t P.ano<sup>-1</sup> com a predominância de emissões antrópicas, com maiores aportes a partir das fontes difusas relacionadas a pecuária, 68% N e 73% P, das fontes pontuais por efluentes domésticos, 10% N e 8% P, e piscicultura, 8% N e 6% P.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nitrogênio, Fósforo, Bacia hidrográfica, Estimativa de cargas.

### **NUTRIENT LOADS FOR NATURAL AND ANTHROPOGENIC SOURCES OF THE HIGH JAGUARIBE RIVER BASIN**

**ABSTRACT:** This paper presents the estimates loads of nitrogen and phosphorus loads associated with different land uses in the basin of the upper Jaguaribe River, in Ceará State, Brazil. Estimates were carried out by using emission factors (EF's) related to natural processes and human activities from land use and data production and local consumption. Calculations indicate total charges for the basin equal to 8,805 t N.ano<sup>-1</sup> and 2,886 t P.ano<sup>-1</sup> with the predominance of anthropogenic emissions, with higher contributions from diffuse sources related to livestock, 68% N and 73% P, the point sources of domestic wastewater, 10% N and 8% P, and fish farming, 8% 6% N and P.

**KEYWORDS:** Nitrogen, Phosphorus, Watershed, Estimated loads.

### **INTRODUÇÃO**

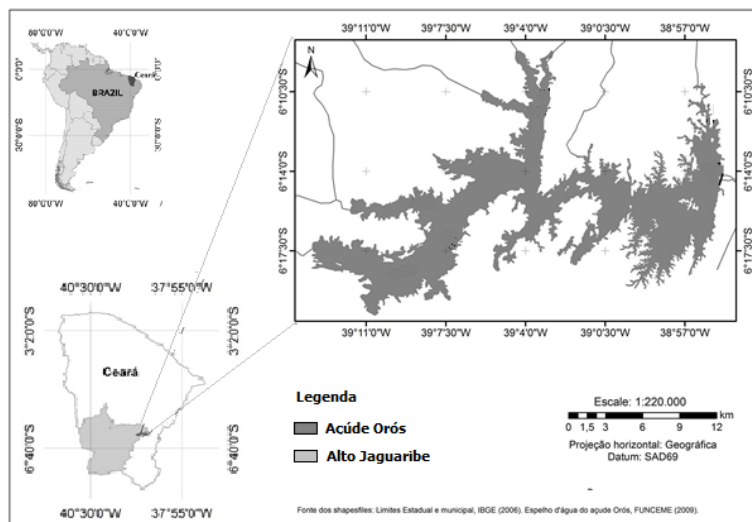
O aporte antrópico de nutrientes para os ambientes aquáticos tem se intensificado a partir da expansão do uso de fertilizantes e outros insumos químicos empregados nas atividades agropecuárias e pelo acelerado crescimento urbano. A entrada destes contaminantes oriundos de fontes naturais e antrópicas para a bacia do Alto Jaguaribe pode representar um sério problema ambiental. Em consequência, prejuízos para a qualidade e para os usos múltiplos a que se destinam as águas dos rios, riachos e reservatórios podem ocorrer, afetando o abastecimento de populações humanas, dessedentação animal e agricultura. Desta forma o presente estudo propõe apresentar o inventário e estimar as cargas de nutrientes, nitrogênio (N) e fósforo (P), emitidos pelas principais fontes naturais e atividades antrópicas destes materiais para a bacia do Alto Jaguaribe através de fatores de emissão (Lacerda et al., 2008; Molisani et al., 2013; de Paula Filho et al., *in press*).

### **MATERIAL E MÉTODOS**

A bacia Hidrográfica do Alto Jaguaribe tem início nas nascentes do rio Jaguaribe, representada pela junção dos rios Trici e Carrapateiras. O rio Jaguaribe, nesta região, possui uma extensão

aproximada de 325 km. Drena uma área de 24.636 km<sup>2</sup>, englobando 24 municípios, equivalendo a 16,6% do território cearense, até alcançar o reservatório Orós, principal reservatório desta sub-bacia, localizado próximo ao exutório da mesma (Figura 1). Esta bacia apresenta grande capacidade de acumulação em termos de águas superficiais, com um total de 4.604 reservatórios (CEARÁ, 2009). O reservatório Orós, localizado no trecho final da bacia, constitui-se a principal fonte hídrica para o Médio Jaguaribe, com capacidade de acumulação de 70% do volume total armazenado e garantindo a perenização do rio Jaguaribe até o reservatório Padre Cícero (Castanhão), além de contribuir também para o reservatório Lima Campos, na bacia do Salgado (CEARÁ, 2009).

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe com destaque para o reservatório Orós.



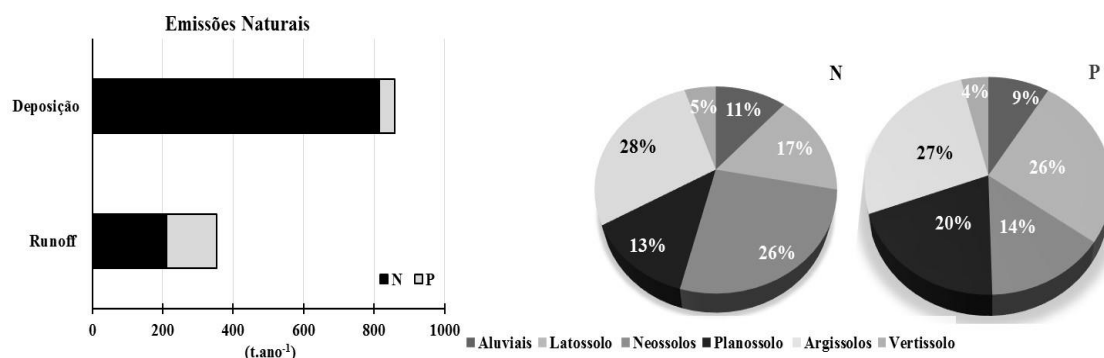
Fonte: adaptado de Rocha et al, (2015).

A quantificação das cargas de nutrientes foi realizada através do uso de fatores de emissão relacionados aos diferentes processos naturais e atividades antrópicas presentes na bacia. Um fator de emissão, é um número que representa a quantidade de um contaminante liberado para um corpo receptor, a partir de uma atividade associada a este fator (Lacerda et al., 2008). No Nordeste do Brasil, vários autores estimaram as cargas de N e P a partir do uso dos fatores de emissão (Lacerda et al., 2008; Paula et al., 2010). Detalhes da metodologia podem ser obtidos em de Paula Filho et al. (*in press*). A metodologia utilizada no cálculo das cargas apresentadas nesta pesquisa, leva em consideração dados oficiais sobre as principais fontes de entrada de nutrientes para a bacia de drenagem, de acordo com os tipos e usos dos solos (EMBRAPA, 2015), área e cobertura vegetal da bacia, vazões, precipitação pluviométrica (CEARÁ, 2009), aplicação de fertilizantes, dados censitários de distribuição de animais e populações humanas (IBGE, 2015), deposição atmosférica (de Mello & Almeida, 2004; Araujo et al., 2015), incluindo fontes de contaminantes, e fatores que influenciam o transporte aquático e terrestre, além de dados socioeconômicos de produção e consumo local, regional e global (FAO, 2012; IBGE, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

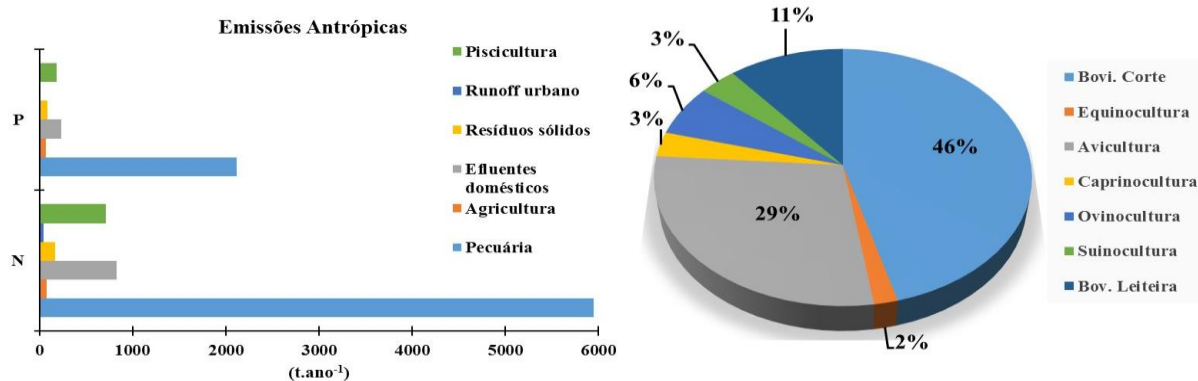
Os resultados das emissões pelos dois processos naturais, deposição atmosférica e denudação física e química dos solos (*runoff*) e os valores relativos para cada tipo de solo são apresentados na Figura 2. A emissão por fontes naturais correspondeu a 1026 t N. ano<sup>-1</sup> e 188 t P.ano<sup>-1</sup>, dos quais 79,4% do N para a bacia advém da deposição atmosférica e os solos fornecem 75,9% do total de fósforo. Estes resultados consideraram a área da bacia (CEARÁ, 2009), a deposição atmosférica de 116,75 mg N.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> e 8,0 mg P.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> (De Mello & Almeida, 2004; Araujo et al., 2015), fatores de retenção dos solos iguais a 63% N e 70% P (Silva Galvão et al., 2008), perda de solos média de 55,3 t.km<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup> para região (Santos et al., 2009; Lopes et al., 2011), e as concentrações de nutrientes nos diferentes tipos de solos variando de 500 a 900 mg N.g<sup>-1</sup> e de 100 a 500 mg P.g<sup>-1</sup> (Silva, 1996).

Figura 2. Cargas naturais de N e P por deposição atmosférica e *runoff* dos solos e valores relativos das emissões por tipo de solo da bacia considerado na estimativa.



As estimativas por fontes antrópicas totalizaram uma emissão de  $7.779 \text{ t N} \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $2.699 \text{ t P} \cdot \text{ano}^{-1}$  (Figura 3). As estimativas demonstram que as fontes difusas associadas a agropecuária predominam e são responsáveis por cerca de 77,4% da carga de nitrogênio e 81,1% da carga de fósforo, com forte contribuição da pecuária,  $5.944 \text{ t N} \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $2.117 \text{ t P} \cdot \text{ano}^{-1}$ , e incipiente participação da agricultura no total das emissões. A bovinocultura de corte e a avicultura são as atividades pecuárias que mais contribuem para os resultados apresentados. Nos cálculos são considerados fatores de emissão específicos para cada tipo de dejetos animal (Silva Galvão, 2008). Parte da carga de nutrientes originada na pecuária é incorporada pelas culturas agrícolas, onde as quantidades de esterco aplicadas são bastante variáveis em função do tipo de cultivo. Em culturas mercantis, como batatinha, o aporte de N e P, pode ser elevado. As aplicações de esterco podem variar entre 12 e  $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . As áreas com cultivos de subsistência como o milho, o feijão mulatinho, caupi, fava e mandioca, podem receber aplicações anuais, ou em anos alternados, de doses que oscilam entre 9 e  $16 \text{ Mg ha}^{-1}$ , aportando até  $116 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  e  $40 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ , propiciando acúmulo de nutrientes no solo (Silva Galvão, 2008).

Figura 3. Cargas antrópicas de N e P da bacia do Alto Jaguaribe e participação relativa dos diferentes rebanhos nas emissões pela pecuária.



As fontes pontuais por efluentes domésticos e piscicultura, ocupam o segundo e terceiro lugares, com emissões iguais a  $831 \text{ t N} \cdot \text{ano}^{-1}$ ,  $233 \text{ t P} \cdot \text{ano}^{-1}$ ,  $710 \text{ t N} \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $183 \text{ t P} \cdot \text{ano}^{-1}$ , respectivamente. Em geral as cidades da região apresentam indicadores deficientes no que concerne a coleta e tratamento de esgotos. De acordo com dados oficiais, menos de 12% dos domicílios da região, apresentam sistema de esgotamento ligado à rede coletora (CEARÁ, 2009). Cidades como Acopiara, Icó, Iguatú e Tauá, que tem as maiores populações, 44% do total da região, dispõe de menos de 5% dessas instalações. Por outro lado, a piscicultura representa um impacto direto para a qualidade dos reservatórios da região, principalmente o Orós, que concentra 85% da produção de Tilápia-do-Nilo da região. As estimativas apontam uma emissão direta para suas águas da ordem de  $583 \text{ t N} \cdot \text{ano}^{-1}$  e  $150 \text{ t P} \cdot \text{ano}^{-1}$ , configurando um impacto direto para a qualidade das águas deste corpo lântico.

## CONCLUSÕES

As emissões de N e P por fontes antrópicas da bacia do Alto Jaguaribe são, respectivamente, 7,6 e 14,4 vezes maiores que aquelas por fontes naturais, principalmente relacionadas a fontes difusas,

notadamente com grande contribuição oriunda das atividades pecuárias. É importante salientar que grande parte das emissões oriundas da pecuária são reintroduzidas no sistema através da incorporação de N e P na adubação de culturas agrícolas, principalmente na agricultura familiar. As estimativas apresentadas neste trabalho representarem uma primeira aproximação das cargas de N e P para a bacia do Alto Jaguaribe, portanto para sua validação final, serão ainda necessários estudos sistemáticos sobre a biogeoquímica das águas e sedimentos dos corpos hídricos existentes, buscando calibrar e validar o modelo, bem como determinar os fluxos de N e P transferidos para a bacia do Médio Jaguaribe. Todavia, este conjunto de informações pode auxiliar na construção de cenários e na tomada de decisões pelos agentes públicos no que se refere ao gerenciamento e regulamentação das diversas atividades localizadas na bacia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Projetos INCT Transferência de Materiais Continente-Oceano e INCTSal, financiados pelo CNPq e CAPES.

## REFERÊNCIAS

- Araujo, T.G.; Souza, M.F.L.; de Mello, W.Z.; Silva, D.M.L. Bulk Atmospheric Deposition of Major Ions and Dissolved Organic Nitrogen in the Lower Course of a Tropical River Basin, Southern Bahia, Brazil. *Journal of Brazilian Chemical Society*, Vol. 26, nº. 8, p.1692-1701, 2015.
- CEARÁ. Assembleia Legislativa. Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza : INESP, 2009.
- de Mello, W.Z., & Almeida, M.D. Rainwater chemistry at the summit and southern flank of the Itatiaia massif, Southeastern Brazil. *Environmental Pollution*, v.129(1), p.63-68, 2004.
- de Paula Filho, F.J., Marins, R.V., de Lacerda, L.D. Natural and anthropogenic emissions of N and P to the Parnaíba River Delta in NE Brazil, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, (2015). doi:10.1016/j.ecss.2015.03.020
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015. Solos do Nordeste. Disponível em: [www.uep.cnps.embrapa.br/solos](http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos). Acesso em: 10 de julho de 2015.
- FAO. Food and Agriculture organization of United Nations. The state of world fisheries and aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department, Rome, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Disponível em: [www.ibge.gov.br/cidades](http://www.ibge.gov.br/cidades). Acesso em: 12 de julho de 2015.
- Lacerda, L.D.; Molisani, M.M.; Sena, D.; Maia, L.P. Estimating the importance of natural and anthropogenic sources on N and P emission to estuaries along Ceará State Coast NE Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.141, p.149-164, 2008.
- Lopes, F.B.; Andrade, E.M.; Teixeira, A.S.; Caitano, R.F.; Chaves, L.C.G. Applied geoprocessing for soil loss estimation in a Brazilian semiarid watershed. *Agro@mbiente On-line*, v. 5, n. 2, p.88-96, 2011.
- Molisani, M.M.; Esteves, F.A., Lacerda, L.D., Rezende, C.E. Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio, fósforo e metais para a bacia do Rio Macaé (Macaé, RJ, Brasil) sob influência das atividades de exploração de petróleo e gás na Bacia de Campos. *Química Nova*, v.36, n.1, p.27-66, 2013.
- Paula, F.C.F.; Lacerda, L.D.; Marins, R.V.; Aguiar, J.E.; Ovalle, A.R.C.; Falcão Filho, C.A.T. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do Rio de Contas, Bahia. *Química Nova* 33(1): p.70-75, 2010.
- Rocha, F.C.; Andrade, E.M.; Lopes, F.B. Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. *Environmental Monitoring and Assessment*. V.187;4163.
- Santos, T.E.M.; Montenegro, A.A.A.; Pedrosa, E.M.R. Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 13 (3), p.217–225, 2009.
- Silva Galvão, S.R.; Salcedo, I.H.; Oliveira, F.F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.43, n.1, p.99-105, 2008.
- Silva, L. F. Solos tropicais: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo: Terra Brasilis Editora. 1996.