Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X

Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ESTUDOS INICIAIS PARA USO DO ÍNDICE TRIX PARA ANÁLISE DO NÍVEL DE EUTROFIZAÇÃO NO ESTUÁRIO DO RIO POTENGI – NATAL – RN - BRASIL

*Jean Leite Tavares[1]
André Luis Araújo Calado[2]
Roberto Fioravanti Carelli Fontes[3]

INITIAL STUDIES TO USE THE INDEX TRIX FOR ANALYSIS OF EUTROPHICATION IN ESTUARY POTENGI RIVER - NATAL – RN – BRAZIL

Recibido el 9 de marzo de 2014; Aceptado el 26 de junio de 2014

Abstract

This study tested the applicability of the trophic index (TRIX) to assess the level of eutrophication in the course of the river Potengi located in the metropolitan region of Natal - RN - Brazil. The choice of this method was due to its multiparametric nature and also for having developed and enhanced a model to process eutrophication in different coastal environments. The Potengi river receives the discharge of pollutants from loads of different sources, especially the direct release of untreated sewage and industrial effluents involving a considerable source of nutrients and eutrophication, with direct consequences on the increased productivity of its estuary. 13 points of the estuary were analyzed at two different times according to the changing of tide of the Potengi. The results indicated that the levels of eutrophication ranged from mesotrophic to eutrophic according to the TRIX index, with the worse situation in the rainy season, a result due to the drag of pollutants brought by rains from the watershed into the estuary of the river. We conclude that application of the TRIX index was valid for the evaluation of trophic status along the estuary of the river Potengi and the results indicate the need for greater control on the entry of pollutants loads to the watershed, especially with the expansion of services collection and treatment of household and industrial waste in the metropolitan region of Natal - RN.

Key Words: Eutrophication, TRIX, estuary, River Potengi, Brazil.

[1] Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Brasil.
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil.
[3] Universidade Estadual, São Vicente, São Paulo, Brasil.
**Autor corresponsal:* Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, CEP- 60445-760. Bloco 713. Fortaleza – Ceará, Brasil. Email: jeanl.tavares@gmail.com

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Resumo
O presente estudo testou a aplicabilidade do índice trófico (TRIX) para avaliar o nível de eutrofização ao longo do estuário do rio Potengi, na região metropolitana de Natal - RN - Brasil. A escolha do referido método se deveu a sua natureza multiparamétrica e por ter sido elaborado e aprimorado para modelar o processo de eutrofização em diferentes ambientes costeiros. O estuário do Rio Potengi recebe a descarga de poluentes a partir de cargas de diferentes fontes, especialmente o lançamento direto de esgoto sem tratamento e efluentes industriais que implicam uma fonte considerável de nutrientes e eutrofização, com conseqüências diretas sobre o aumento da produtividade do estuário. Foram analizados 13 pontos do estuário em dois momentos diferentes de acordo com a mudança de maré do rio de Potengi. Os resultados indicaram que os níveis de eutrofização variaram de mesotrófico a eutrófico de acordo com o índice de TRIX, com o agravamento da situação na estação chuvosa, resultado decorrente do arraste de poluentes trazidos pelas chuvas a partir da bacia hidrográfica para o interior do estuário. Conclui-se que a aplicação do índice TRIX foi válida para a avaliação do estado trófico ao longo do estuário do rio Potengi e os resultados obtidos indicam a necessidade de maior controle na entrada de cargas poluentes para o manancial, principalmente com a ampliação dos serviços de coleta e tratamento dos efluentes domésticos e industriais na região metropolitana do Natal – RN.

Palavras chaves: Eutrofização, TRIX, Estuário, Rio Potengi, Brasil.

Introdução
A deterioração dos corpos hídricos em regiões costeiras ocorre em várias partes do mundo e está associada ao crescimento populacional nessas áreas e ao aporte contínuo de poluentes das mais variadas fontes, tais como esgotos domésticos, indústrias, atividades agrícolas, carcinicultura, etc. Deve-se destacar a complexidade dos ambientes costeiros associada, entre outros fatores, à grande vulnerabilidade às pressões antrópicas (Caruso *et al.*, 2010; Cañedo-Argüelles *et al*, 2012). Coelho *et al.* (2007) destacam a intensificação do processo de eutrofização estuarino com impactos diretos na produtividade aquática e eventualmente na depleção dos níveis de oxigênio.

A resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) prevê os múltiplos usos dos recursos hídricos. No entanto, as pressões antrópicas que ocasionam o aporte de cargas poluentes aos mananciais hídricos comprotem sua utilização para os diversos fins. Segundo o Conselho Nacional de Pesquisal (NCR na sigla em inglês) dos Estados Unidos da América (2000, apud Newton *et al*., 2003) as atividades antrópicas mais que duplicaram o aporte de nutrientes para os corpos hídricos costeiros no período de 1960 a 1990, o que intensificou ainda mais o quadro de elevação dos níveis de eutrofização nesses ambientes (Bricker *et al*., 2003).

Segundo VOLLENWEIDER (1981), a eutrofização de um corpo d'água é o resultado do aumento da concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo com consequente aumento da produtividade na massa líquida.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

A análise do grau de eutrofização ou da tipologia trófica de um corpo aquático pode ser avaliada através de classificações tróficas que se expressam em Índices de Estado Trófico (IET) para facilitar a comunicação ao público sobre o estado de trofia de um determinado ecossistema aquático.

A eutrofização depende da interação de variáveis físicas, químicas e biológicas (VOLLEWEIDER, 1981) e as classificações tróficas expressas em Índices de Estado Trófico se baseiam na quantificação das concentrações dessas variáveis, com destaque aos compostos inorgânicos de nitrogênio e de fósforo (macronutrientes), das concentrações de oxigênio dissolvido e clorofila.

Cañedo-Argüelles *et al.* (2012) esclarecem que historicamente o grau de eutrofização dos estuários foi aferido com as mesmas ferramentas ou índices aplicados aos ambientes aquáticos de águas doces, com destaque ao Índice de Estado Trófico de Carlson (1977). O método TRIX traz como diferencial além de sua abordagem multiparamétrica também o fato de ter sido elaborado e aprimorado para sistemas estuarinos através de sua aplicação em programas internacionais de modelagem da eutrofização em ambientes com interface terra-mar, incorporando os aspectos relacionados à dinâmica costeira, como os maiores níveis de salinidade, por exemplo. (Cotovicz Junior *et al*., 2012).

O estuário do rio Potengi é de grande importância econômica e ecológica, com usos variando do transporte de cargas à pesca, atividades que sustentam centenas de famílias na região. Este ambiente recebe aportes poluidores desde a época colonial, mas com a intensificação do crescimento populacional da região metropolitana de Natal dos últimos anos, as alterações da qualidade da água do estuário (SALES *et al*., 2013) se acentuaram, inclusive com episódio de grande mortandade de organismos aquáticos observada em 2007. O objetivo geral desta pesquisa foi estabelecer um estudo inicial sobre o atual grau de eutrofização do estuário do rio Potengi através do índice TRIX, desenvolvido para ser aplicado em ambientes estuarinos e de transição entre terra e mar.

Metodologia

Área do estudo

O estudo foi realizado no estuário do rio Potengi, na região metropolitana do município de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil. A bacia hidrográfica do rio Potengi ocupa uma superfície total de 4.093 km^2, o que equivale a aproximadamente 7.7 % do território do estado. Foram feitas coletas em 13 pontos distribuídos ao longo do estuário, conforme detalhes da Tabela 1 e apresentados graficamente na Figura 1.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Tabela 1. Detalhamento das localizações dos pontos de coleta

Pontos	Localização	Coordenadas (UTM)	
		X (m)	Y (m)
P1	Em frente ao Hospital, em Macaíba – Rio Jundiaí	240876.892	9352388.618
P2	Jusante do ponto de lançamento do CIA - Rio Jundiaí	241471.544	9352605.575
P3	Montante da Imunizadora Riograndense - Rio Jundiaí	246553.539	9354577.388
P4	Ponte na BR 226 - Rio Jundiaí	247526.546	9354481.476
P5	Montante do Curtume J. Motta	250389.482	9357763.732
P6	Rio Golandim - Proximidade da sua desembocadura	250677.827	9359861.855
P7	50 m à montante da Ponte de Igapó – Rio Potengi	251190.287	9360162.573
P8	Jusante da Lagoa Aerada da CAERN em Quintas– Rio Potengi	253245.469	9359457.563
P9	Em frente ao dique da Base Naval	253808.776	9359628.149
P10	Ponto de lançamento do Canal do Baldo – Rio Potengi	254653.576	9360007.113
P11	No na Gamboa Jaguaribe	253999.192	9362622.712
P12	Em frente ao Iate Clube– Rio Potengi	255928.075	9362347.744
P13	Vão central da Ponte Nilton Navarro – Rio Potengi	256170.103	9363280.203

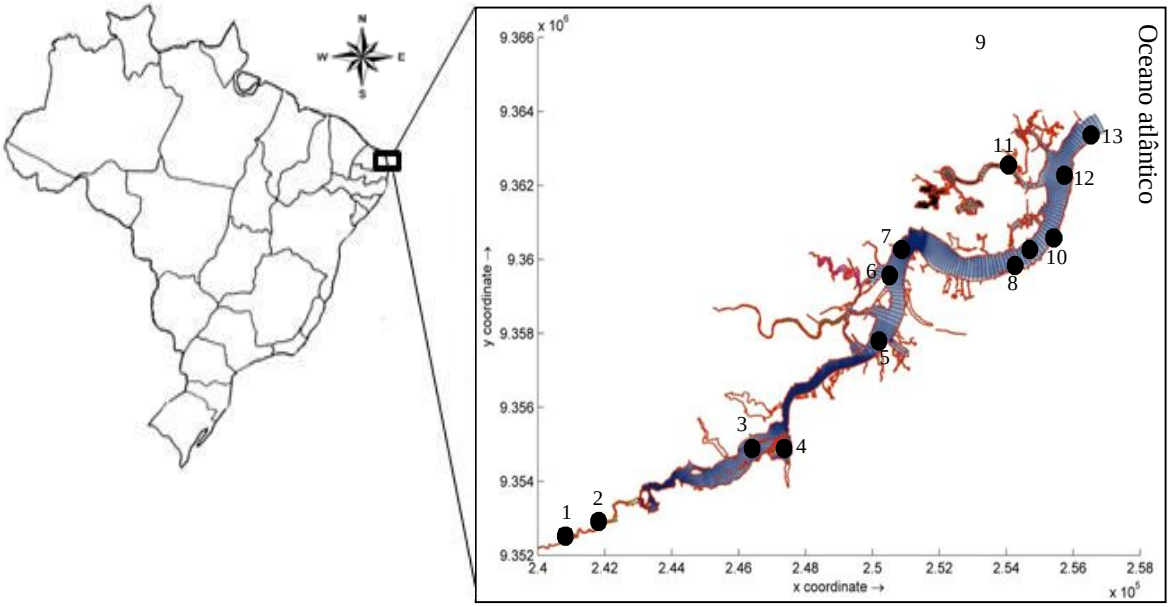

Figura 1. Localização do estuário do rio Potengi e dos pontos de coleta

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Setorização do estuário

Para o presente estudo, o estuário do Rio Potengi foi dividido em três setores de acordo com suas características físicas (batimetria) e qualidade da água (salinidade): Zona do alto estuário: pontos 1, 2, 3 e 4; Zona do médio estuário: pontos 5, 6 e 7; Zona do baixo estuário: pontos 8, 9, 10, 11, 12 e 13. As três zonas apresentam situações distintas de aportes de nutrientes e cargas poluentes com intensa influência das atividades antrópicas no seu entorno.

A zona do alto estuário recebe esgotos domésticos, sem tratamento, do município de Macaíba, com população estimada em 69.467 habitantes (IBGE, 2010), além do efluente final da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do Centro Industrial Avançado localizado no mesmo município, com uma vazão média estimada em 9.000m^3/dia (CAERN, 2001).

Os tributários da zona intermediária do estuário também recebem contribuições de esgotos sanitários da cidade de São Gonçalo do Amarante com população estimada em 87.668 habitantes (IBGE, 2010) e apenas três bairros interligados a sistemas de esgotamento e tratamento de efluentes. Recebe poluentes das atividades agropastoris, com destaque à indústria da carcinicultura e também há contribuição do Distrito Industrial de Natal/Extremoz, com uma vazão média estimada em 10.500m^3/dia (Araujo *et. al.* 2010).

A zona do baixo estuário recebe cargas poluentes, principalmente de natureza difusa provenientes dos bairros de Natal e também o efluente final da ETE Central (ETE Dom Nivaldo Monte), a maior em operação no município com uma vazão média estimada em 38.880 m^3/dia (CAERN, 2012), o que representa cerca de 45% de cobertura do município, que conta com uma população estimada de 803.379 habitantes (IBGE, 2010).

Variação da maré

O nível máximo variou de 2.85 a 2.95 m; com nível médio de 1.4 m e mínimo entre 0.05 e 0.25 m, identificando a maré local como do tipo mesomaré de regime semidiurno, com periodicidade em torno de 12h42min.

Pluviometria

Analisaram-se dados do período seco e do período chuvoso. A estação das chuvas se concentra no período de fevereiro a julho, já a estação seca ocorre de agosto a janeiro.

Coleta de dados

Foram feitas coletas nos meses de novembro e dezembro de 2012 (período seco) e março de 2013 (período chuvoso), nas duas fases da maré, computando 52 dados coletados para cada variável analisada. A Tabela 2 apresenta as variáveis estudadas e os métodos de análise.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Tabela 2. Variáveis analisadas

Variáveis	Unidades	Métodos	Referência
Salinidade	‰	Sonda multiparamétrica	APHA, 2005
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Winkler Modificado	APHA, 2005
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	Nesslerização Direta	APHA, 2005
Nitrito	mg/L	Método de Rodier	RODIER, 1975
Nitrato	mg/L	Método de Rodier	RODIER, 1975
Fósforo Inorgânico Dissolvido	mg/L	Espectofotométrico do Ácido Ascórbico	APHA, 2005
Clorofila-a	μg/L	Extração a quente com metanol	JONES, 1979

Cálculo do grau de eutrofização

O índice do estado trófico TRIX, proposto por Vollenweider *et al.* (1998) utiliza parâmetros relacionados à produtividade primária (clorofila-a), a alterações na qualidade da água (oxigênio dissolvido) e a fatores nutricionais (nitrogênio inorgânico dissolvido e fósforo inorgânico dissolvido).

O presente estudo seguiu as etapas recomendadas por Vollenweider *et al.* (1998): compilação dos dados obtidos em planilhas computacionais; cálculo do valor do oxigênio de saturação (Cs) a partir dos dados de oxigênio dissolvido; determinação dos valores absolutos da diferença entre o valor medido e o valor de saturação para o oxigênio dissolvido; eliminação dos valores extremos que não estejam no intervalo determinado por valor médio ± 2.5 desvio padrão de cada variável analisada; determinar o logaritmo de base 10 dos valores das variáveis analisadas que sobraram depois da eliminação dos valores extremos e calcular os valores mínimo, médio, máximo e os desvios padrões dos valores logarítmicos das variáveis analisadas; determinação dos fatores k e m e cálculo do TRIX. Para a etapa de quantificação do TRIX, utilizou-se a equação geral sugerida pela metodologia de Vollenweider *et al.* (1998) apresentada a seguir:

$$\text{Trix} = \frac{[Log(Cl''a'' \times \text{Abs}(100 - \%\text{Osat}) \times NID \times FID) - k]}{m} \qquad \textbf{Equação (1)}$$

Onde:

- TRIX: é o índice do estado trófico
- Cl“a”: concentração da clorofila-a em mg/m^3;
- Abs(100-%Osat): desvio absoluto a partir do valor máximo de saturação do oxigênio dissolvido;
- NID: concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido em mg/m^3;
- FID: concentração de fósforo inorgânico dissolvido em mg/m^3;
- k = fator referente à soma dos limites inferiores das variáveis adotadas para o cálculo do TRIX;
- m = fator referente à soma das diferenças entre os valores máximos e mínimos de cada variável do TRIX, dividida por 10.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Foram obtidos os valores dos fatores k = 5.9 e m = 0.7. Obteve-se a seguir a equação 2, do Trix:

$$\text{Trix Potengi} = \frac{[Log(Cl''a'' \times \text{Abs}\ (100 - \%\text{Osat}) \times NID \times FID) - 5.9]}{0.7} \qquad \textbf{Equação (2)}$$

Após o cálculo do valor de TRIX foram utilizadas as faixas de classificação trófica adotadas nos trabalhos de Penna et al. (2004), Caruso et al. (2010) e Cotovicz Jr. (2012) e apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores do TRIX e respectivos estados tróficos

TRIX	Estado Trófico	Características
< 2	Ultra-oligotrófico	Muito pobremente produtivo e estado trófico muito baixo
2 - 4	Oligotrófico	Pobremente produtivo e estado trófico baixo
4 - 5	Mesotrófico	Moderadamente produtivo e estado trófico mediano
5- 6	Meso-eutrófico	Moderado a altamente produtivo e alto estado trófico
6 - 8	Eutrófico	Altamente produtivo e maior estado trófico

Análise estatística

A partir da escolha dos dados mais representativos foi realizada a analise de estatística descritiva básica: média, máxima, mínima e desvio padrão. Foram construídos gráficos da variação espaço-temporal e feitas análises de correlação das mesmas com os resultados do índice TRIX.

Resultados e discussões

Os parâmetros estatísticos básicos das variáveis analisadas são apresentados na Tabela 4 de acordo com a condição de seca ou chuva e o nível da maré.

A Figura 2 apresenta a variação dos valores de clorofila-a. Nos dois períodos houve decréscimo das concentrações do pigmento a partir do alto estuário até o baixo estuário. No período chuvoso esse declínio foi menos acentuado. As linhas de tendências mostram na estação seca as maiores concentrações na maré baixa e na estação chuvosa na maré alta.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Tabela 4. Valores máximos, médios com desvios padrões e mínimos associados às variáveis estudadas no estuário no período seco em maré baixa

		Cl "a" (mg/m^3)	Abs (100-%Osat)	NID (mg/m^3)	FID (mg/m^3)
Estação Seca	Maré Baixa	18200 8222 ± 4930 2370	87.2 52.8 ± 15.9 30.4	770 352.5 ± 261.4 60	200 131.0 ± 59 20
	Maré Alta	6190 4186 ± 1994 550	73.7 47.0 ± 15 24.4	680 283.3 ± 226.8 30	480 155.8 ± 137.4 20
Estação Chuvosa	Maré Baixa	10090 5268 ± 2803 730	61.3 44.2 ± 15 15.9	1870 1059.6 ± 532.4 433	200 137.8 ± 43.5 50
	Maré Alta	16740 7824 ± 5170 1090	50.6 28.3 ± 14.8 2.5	3164 1214.3 ± 800 425	380 123.8 ± 105.4 70

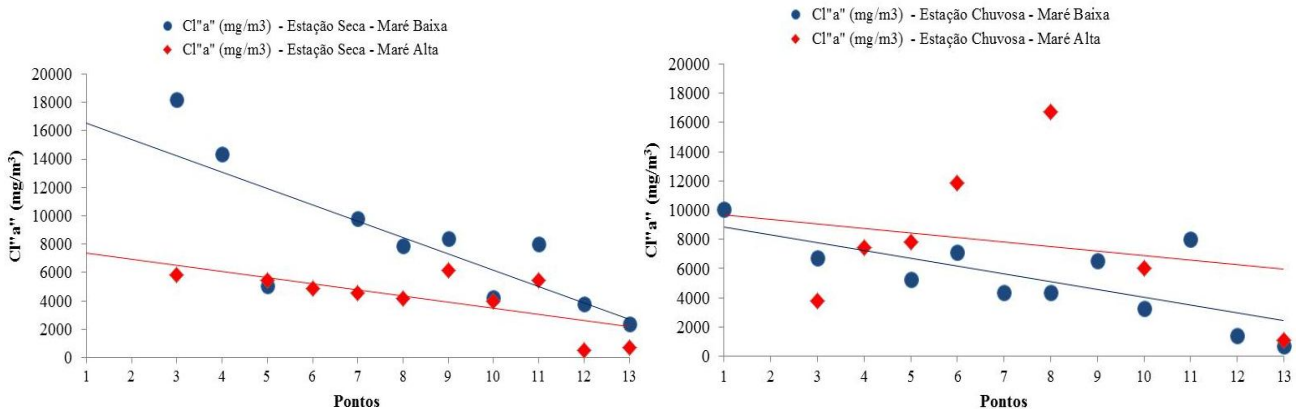

Figura 2. Variação das concentrações de clorofila-a nas estações seca e chuvosa e de acordo com os níveis de maré ao longo do estuário do Rio Potengi

Na Figura 3, observa-se a variação dos valores absolutos dos desvios do oxigênio dissolvido ao longo dos 13 pontos estudados no estuário do rio Potengi.

Em todos os períodos e fases da maré, houve um decréscimo dos valores absolutos para os desvios das concentrações de oxigênio dissolvido do alto ao baixo estuário. Os maiores valores na estação seca com da maré baixa coincidem com os maiores valores de clorofila-a também observados nesse período.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

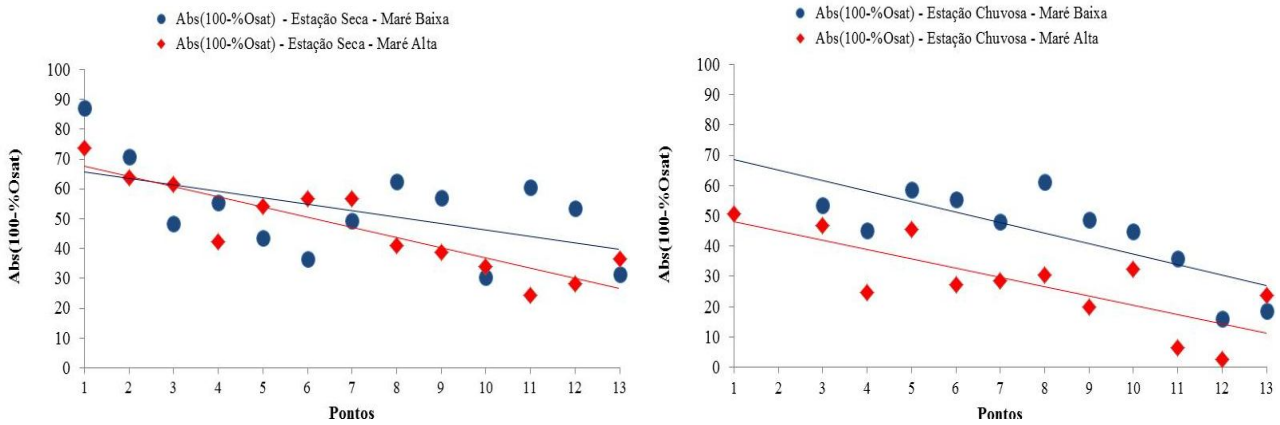

Figura 3. Variação dos valores absolutos para os desvios das concentrações de oxigênio dissolvido nas estações seca e chuvosa e de acordo com os níveis de maré ao longo do estuário do Rio Potengi

A Figura 4 se refere às variações das concentrações de Nitrogênio Inorgânico Dissovido. Observam-se os maiores valores no período chuvoso. Os aumentos estão associados ao aporte de cargas poluentes provenientes do arraste de material pelas chuvas.

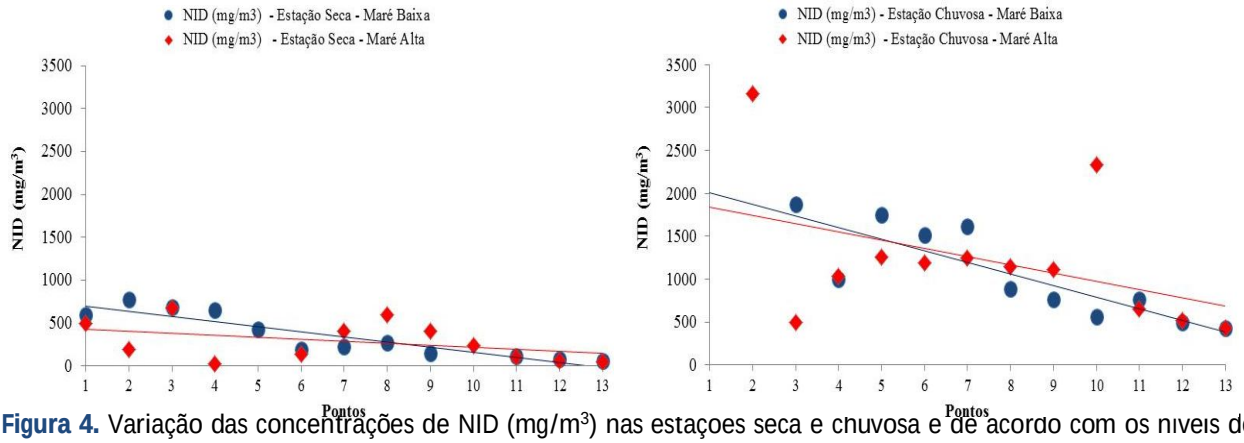

Figura 4. Variação das concentrações de NID (mg/m^3) nas estaçoes seca e chuvosa e de acordo com os níveis de maré ao longo do estuário do Rio Potengi

A Figura 5 apresenta a variação dos valores de fósforo inorgânico dissolvido ao longo dos 13 pontos estudados no estuário do rio Potengi. Na chuva com maré alta os valores de FID aumentam desde muito baixos e próximos de zero ate 250 mg/m^3, na seca com maré alta diminuem de 320 mg/m^3 ate quase zero.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

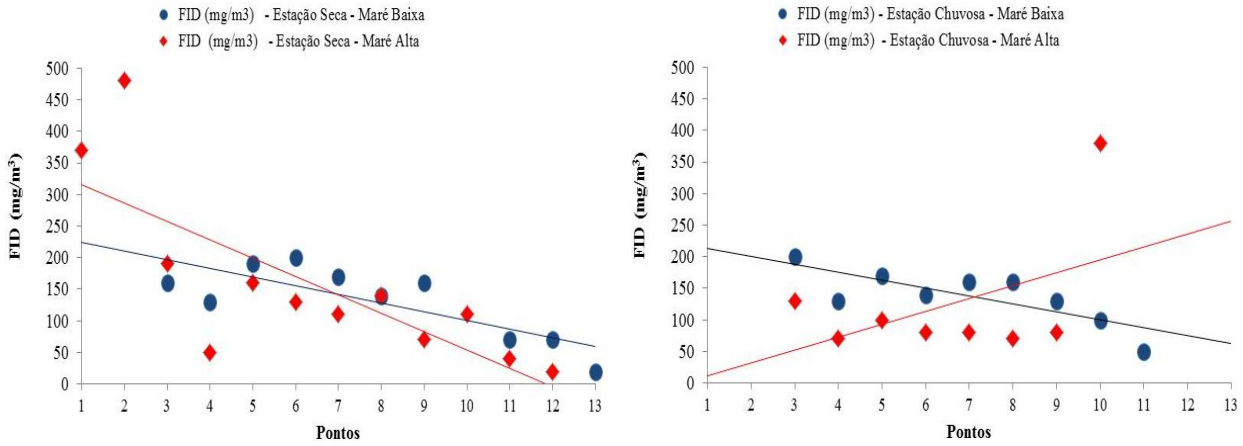

Figura 5. Variação das concentrações de FID (mg/m^3) nas estações seca e chuvosa e de acordo com os níveis de maré ao longo do estuário do Rio Potengi

A Tabela 4 também indica que os valores médios estiveram próximos, variando entre 123.8 mg/m^3 (estação chuvosa e maré alta) a 155.8 mg/m^3 (estação seca e maré alta). A proximidade dos valores está associada ao contínuo aporte de cargas poluentes oriundas das atividades antrópicas associadas à falta de esgotamento sanitário em grande parte da cidade. O Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Natal (PDES, 2004) indicou que em 2000, Natal contava com apenas 25% dos seus domicílios atendidos por rede coletora de esgotos sanitários. A Figura 6 apresenta a variação do índice TRIX nas estações seca e chuvosa.

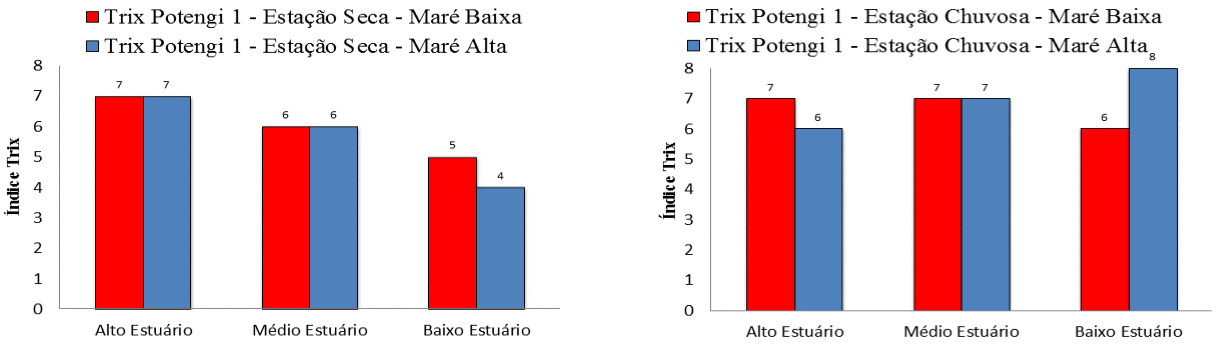

Figura 6. Variação do índice TRIX durante estações secas e chuvosas e de acordo com os níveis de maré e o trecho do estuário ao longo do estuário do Rio Potengi.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

Durante o período seco, as regiões do alto e médio estuário são classificadas como ambientes eutróficos (Tabela 3). Já o alto estuário, apresentou-se como meso-eutrófico na maré baixa, e mesotrófico na maré alta. Para o período chuvoso houve uma intensificação no processo de eutrofização, com todas as sessões do estuário classificadas como eutróficas, independente do nível da maré.

Os resultados preliminares do TRIX para o rio Potengi variaram entre 4 e 8, classificando o estuário entre meso-eutrófico a eutrófico. Noriega (2010) observou valores na faixa de 8 a 9 ao aplicar o mesmo índice em ambientes estuarinos na região metropolitana de Recife – Pernambuco – Brasil.

A intensificação do processo de eutrofização observado nos maiores valores de TRIX para o estuário do Rio Potengi indicam a influência do arraste de poluentes trazidos pelo escoamento superficial a partir da bacia de drenagem. Resultado semelhante foi observado por Silva *et al.* (2013) ao aplicar o índice TRIX em ambientes costeiros na região metropolitana de Florianópolis.

Conclusões

Conclui-se que o método TRIX se mostrou uma ferramenta eficiente para a classificação do estado trófico do estuário do rio Potengi. A variabilidade dos dados é um demonstrativo da complexidade que envolve a hidrodinâmica do ambiente estuarino, com interferência direta nas variáveis de qualidade e produtividade. Assim, é fundamental a sistematização do monitoramento para a construção de um banco de dados com uma série histórica que sirva de base para a aplicação de ferramentas preditivas. Os resultados preliminares da aplicação do método TRIX, já indicam um avançado estado de eutrofização que, dependendo das condições de maré e dos níveis pluviométricos podem afetar toda a área estuarina. Os resultados direcionam para uma gestão orientada para o tratamento de esgotos na bacia do rio Potengi e o controle do uso e ocupação do solo.

Referencias bibliográficas

APHA, AWWA, WPC (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 21th Washington D C: American Public Health Associations.

Araujo, F. F. V., Farias, J. A. M., Joca, E. L. L., Molinas, P.A, Molinas, E. (2010) Modelagem bi-dimensional hidrodinâmica e de qualidade das águas do estuário do Potengi – CE-QUAL-W2.

Brasil, CONAMA n° 357 (2005) Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.

Bricker, S. B., Ferreira, J.G., Simas, T. (2003) An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. Ecological Modelling 169, 39-60.

Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica. ISSN 0718-378X
Vol. 7, No. 3, 297 – 308
6 de diciembre de 2014

CAERN, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (2001) Projeto hidráulico-sanitário do sistema de tratamento dos efluentes gerados no Centro Industrial Avançado, localizado no município de Macaíba, estado do Rio Grande do Norte.

CAERN, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (2012) Informações técnicas da Estação de Tratamento de Efluentes Dom Nivaldo.

Cañedo-Argüelles, M., Rieradevall, M., Farrés-Corell, R., Newton, A. (2012) Annual characterisation of four Mediterranean coastal lagoons subjected to intense human activity. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 59-69.

Carlson, R. E. (1977) A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography,* **22**, 361 - 369.

Caruso, G., Leonardi, M., Monticelli, L.S., Decembrini, F., Azzaro, F., Crisafi, F., Zapallà, G., Bergamasco, A.; Vizini, S. (2010) Assessment of the ecological status of transitional waters in Sicily (Italy): First characterisation and classification according to a multiparametric approach. *Marine Pollution Bulletin*, **60**, 1682-1690.

Coelho, S., Gamito, S., Pérez-Ruzafa, A. (2007) Trophic state of Foz de Almargem coastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, **71**, 218-231.

Cotovicz Junior, L. C., Brandini, N., Knoppers, B. A., Souza, W. F. L., Medeiros, P. R. P. (2012) Comparação de Modelos e Índices para Avaliação do Estado Trófico do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba, (AL), *Geochemistry Brasiliensil,* **26**(1), 2-12.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.

Jones, J. G. (1979) A Guide to Methods for Estimating Microbial Numbers and Biomass in Fresh Water. London, Freshwater Biological Association, Nº 39. 112p.

Newton, A., Icely, J.D., Falcao, M., Nobre, A., Nunes, J.P., Ferreira, J.G., Vale, C. (2003) Evaluation of eutrophication in the Ria Formosa coastal lagoon, Portugal. *Continental Shelf Research,* **23**, 1945 – 1961.

Noriega, C. E. D. (2010) Estado trófico e balanço biogeoquímico dos nutrientes não conservativos (N e P), na Região Metropolitana do Recife – Brasil. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia.

PDES, Plano Diretor de Esgotamento Sanitário do município do Natal. (2004) Rio Grande do Norte. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SRH). Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Execução: KL Engenharia.

Penna, N., Capelacci, S., Ricci, F. (2004) The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in the Adriatic Sea, *Marine Pollution Bulletin***, 48** 321-326.

Rodier, J. (1975) L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux residuals, eaux de mer. 5ed. Paris: Dunod,. v.1, 629p.

Sales, R. J. M., Araujo, J.A. F., Souza, R. O. (2013) Desenvolvimento de uma metodologia Fuzzy para estudar incertezas na propagação de uma onda de cheia, usando dados do rio Potengi, Rio Grande de Norte – Brasil, como estudo de caso. Revista AIDIS**, 6**(3), 1-10.

Silva, A. R., Kniess, D.C., Rigotti, J. R., Fonseca, A. L. D. (2013) Aplicação do modelo Trix para avaliação da qualidade da água dos rios que drenam para estação ecólogica de Carijós, Florianópolis, SC, Brasil*, XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves, RS.

Vollenweider, R. A. (1981) Eutrophication – A global problem. *Water Qual. Bull.*, **6**, 59 - 62.

Vollenweider, R.A., Giovanardi, E., Montanari, G., Rinaldi, A. (1998) Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, **9**, 329–357.