

# Tropical Oceanography

## Revista on line

Recife	vol. 44	n.2	118-131	2016
C.D.U. 551.46:57(26) CDD. 551.4605				
ISSN: 1679-3013				

### FONTES E NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO CAPIBARIBE (PERNAMBUCO/BRASIL)

Eliete ZANARDI-LAMARDO<sup>1</sup>  
Anderson Sérgio de Carvalho NÓBREGA<sup>1</sup>  
Roxanny Helen de Arruda SANTOS<sup>1</sup>  
Daniele Claudino MACIEL<sup>1</sup>

#### RESUMO

O Sistema Estuarino do Rio Capibaribe (SERC) é um dos sistemas hídricos mais importantes do estado de Pernambuco, e é formado pelo estuário do rio Capibaribe, Bacia do Pina e Bacia Portuária. Infelizmente, a ação das atividades humanas em seu entorno associadas às elevadas cargas de contaminantes provenientes principalmente do lançamento de efluentes domésticos e industriais nos rios que o formam, têm resultado em um elevado nível de poluição ambiental. Com o intuito de avaliar as potenciais fontes de contaminação e grau de degradação deste sistema, foi feito um levantamento das indústrias instaladas nas proximidades do SERC e dos estudos realizados nesta região. Além disto, *in situ*, foram quantificadas as galerias de águas pluviais ou de lançamento de esgotos localizadas no trecho que compreende o Parque da Jaqueira até a confluência do rio Capibaribe com a Bacia do Pina. Os resultados reportados na literatura indicaram que a qualidade da

água deste sistema está altamente comprometida, indicada através dos parâmetros Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, nutrientes, coliformes termotolerantes, metais, dentre outros, que estiveram em desacordo com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05. Cerca de 57 indústrias de alto e médio potencial de poluição estão localizadas nas imediações do estuário. A presença de 150 pontos de lançamento de águas residuárias foram observadas no trecho estudado. O mau cheiro, lixo e a degradação visual, indicam a possibilidade de lançamentos de esgotos interligados nas saídas de águas pluviais, comprometendo cada vez mais a qualidade das águas, sedimentos e organismos do SERC. Estes resultados são bastante preocupantes, uma vez que essa região é muito importante do ponto de vista econômico, ecológico e social, sendo urgente a tomada de decisões que recuperem e priorizem a conservação desta área.

**Palavras chave:** qualidade da água, galerias de esgotos, águas pluviais, poluição, indústrias.

#### ABSTRACT

The Capibaribe Estuarine System (CES) is one of the most important water bodies in the state of Pernambuco and it is formed by Capibaribe River Estuary, Harbor and Pina Sounds. Unfortunately, the human activities and the high load of

contaminants in the domestic and industrial effluents discharged in the rivers that form this system has resulted in a huge environmental pollution. In order to assess the potential sources of contamination and degradation degree, a

<sup>1</sup>Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, CEP 50610-901, Recife-PE, Brasil. [eliete.zanardi@ufpe.br](mailto:eliete.zanardi@ufpe.br); [roxanny\\_santos@hotmail.com](mailto:roxanny_santos@hotmail.com); [daniele\\_biologia@yahoo.com.br](mailto:daniele_biologia@yahoo.com.br).

survey was done considering the installed industries in the surrounding area as well as the studies performed in this estuarine region. Besides, an *in situ* inspection of sewage and rainwater galleries quantities was carried out, considering the area from the confluence of the Capibaribe River with the Pina Basin up to Parque da Jaqueira. The results reported in the literature indicated a poor quality, indicated by Dissolved Oxygen, Biological Oxygen Demand, nutrients, fecal coliform, total iron, among others parameters, which were in disagreement with the limits established by CONAMA Resolution 357/05. About 57 industries

with medium and high potential pollution are located nearby the estuary. There are 114 sewage outputs and 36 rainwater galleries, suggesting a significant contamination from industrial and domestic wastewaters. The results indicated the possibility of sewage being released in the rainwater galleries, committing even more the water quality, sediments and organisms from CES. These results bring great concern, since this region is economical, ecological and socially very important. Recovering and conservation of this estuarine area is a urgent decision to be taken and should be prioritized.

**Key Words:** water quality, sewage galleries, pluvial waters, pollution, industries.

## INTRODUÇÃO

Os ambientes estuarinos são localizados na interface entre o continente e o oceano. As características físicas, químicas e hidrodinâmicas desses ecossistemas proporcionam condições ótimas para o habitat de muitos organismos marinhos, importantes para a manutenção da diversidade biológica (CICIN-SAIN e KNECHT, 1998; MMA/SBF, 2002). Os estuários também são atrativos para a ocupação humana, uma vez que os recursos existentes podem ser utilizados como fontes de alimento, sustento e lazer para a maioria das populações que vivem em seu entorno. Além dos centros urbanos, a topografia das áreas estuarinas também favorece a instalação de portos, marinas e indústrias, e todos contribuem de maneira significativa para a introdução de diversos tipos de contaminantes, tais como petróleo e derivados, organoclorados, agentes anti-incrustantes, fármacos, metais, nutrientes em excesso, entre outros (SERICANO et al., 1995; SILVA, 2004; CASTRO et al., 2007; MACEDO et al., 2007; BIONE et al., 2009; MACIEL et al., 2015 (a,b); MIRANDA, 2015; REZENDE, 2015; MACIEL et al., 2016).

Dentre todas as fontes de contaminantes para o ambiente aquático, o lançamento de esgotos domésticos é considerado, atualmente, o maior problema de poluição marinha a nível global, tanto devido aos problemas de saúde pública que causam, quanto ao volume de material descarregado nos corpos hídricos (FARRAPEIRA, 2006; BARROS et al., 2009). Este problema vem sendo cada vez mais evidente nas últimas décadas, devido à associação do desenvolvimento econômico com o crescimento urbano desordenado, resultando em um aumento expressivo da produção de esgotos domésticos e industriais. Esta introdução de esgotos no estuário pode aumentar a demanda bioquímica (DBO) e química de oxigênio (DQO), tendo como consequência a eutrofização e o favorecimento de condições anóxicas deste ambiente. Além disto, os esgotos domésticos, associados aos efluentes industriais, lançam vários contaminantes orgânicos e inorgânicos com potencial tóxico elevado, podendo resultar em efeitos genotóxicos e carcinogênicos, alterações no sistema endócrino, além de efeitos nocivos sobre o sistema reprodutivo e neurológico dos organismos (KENNISH, 1992; ANNIBAL et al., 2000; MOREIRA e MOREIRA, 2004; ALVES e FILHO, 2010).

A costa do estado de Pernambuco é marcada por baixas altitudes, com algumas áreas abaixo do nível do mar, favorecendo a entrada de águas marinhas. Esta característica propicia a formação de um ambiente flúvio-marinho e o surgimento de vários estuários (CPRH, 2008). Dentre os diversos estuários que formam a costa pernambucana, destaca-se o estuário do rio Capibaribe, não só pela sua extensão, mas principalmente pela sua importância sócio-econômica, fazendo parte da história de Pernambuco desde o princípio da colonização da região metropolitana do Recife (PORTO DO RECIFE, 2016). Atualmente, este estuário é mais um exemplo típico de ambiente

impactado pelas atividades antrópicas, recebendo, de forma contínua, esgotos domésticos e industriais ao longo de todo o trajeto dos rios que o formam. Além disto, o desmatamento da vegetação que o margeia contribui para o assoreamento da calha do rio, diminuindo a capacidade de navegação e a velocidade da vazão (DINÂMICA AMBIENTAL, 2015).

Estudos já realizados no estuário do rio Capibaribe apontaram a contaminação da água, sedimentos e organismos por coliformes fecais, metais, organoestânicos, hidrocarbonetos, organoclorados, dentre outros (FEITOSA, 1988; SILVA, 2004; LIMA, 2006; CASTRO et al., 2007; FAVROD, 2012; MACIEL, 2015 (a,b); MACIEL, 2016, MOURA, 2016). Desta forma, a identificação das potenciais fontes poluidoras é de fundamental relevância para o entendimento dos processos biológicos e químicos que ocorrem nessa importante região estuarina. Dentro deste contexto, o presente estudo reporta uma revisão e síntese de alguns estudos realizados nesta área com as principais conclusões obtidas pelos diversos autores, como também traz dados referentes a algumas fontes potencialmente poluidoras na região do estuário do Capibaribe.

### **ÁREA ESTUDADA**

O rio Capibaribe nasce na serra do Jacarará, na divisão dos municípios de Jataúba e Poção, percorrendo cerca de 250 km até sua foz, passando por 43 cidades, e levando consigo a maior parte dos dejetos produzidos pela população local (MONTEIRO et al., 2011). A Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe possui uma área de drenagem de 7.557,41 km<sup>2</sup> e está totalmente inserida no Estado de Pernambuco, entre as coordenadas 07°41'20" e 08°19'30" de latitude sul, e 34°51'00" e 36°41'58" de longitude oeste (BIONE et al., 2009). Esta bacia abriga uma população de 1.328.361 habitantes, com cerca de 1 milhão concentrada em zonas urbanas (CPRH, 2012). Ao chegar na Região Metropolitana do Recife, a mistura das águas fluviais e marinhas dão origem ao estuário do Rio Capibaribe, que possui cerca de 25 km de comprimento, com uma área total de cerca de 10 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de: São Lourenço da Mata, Camaragibe e Recife.

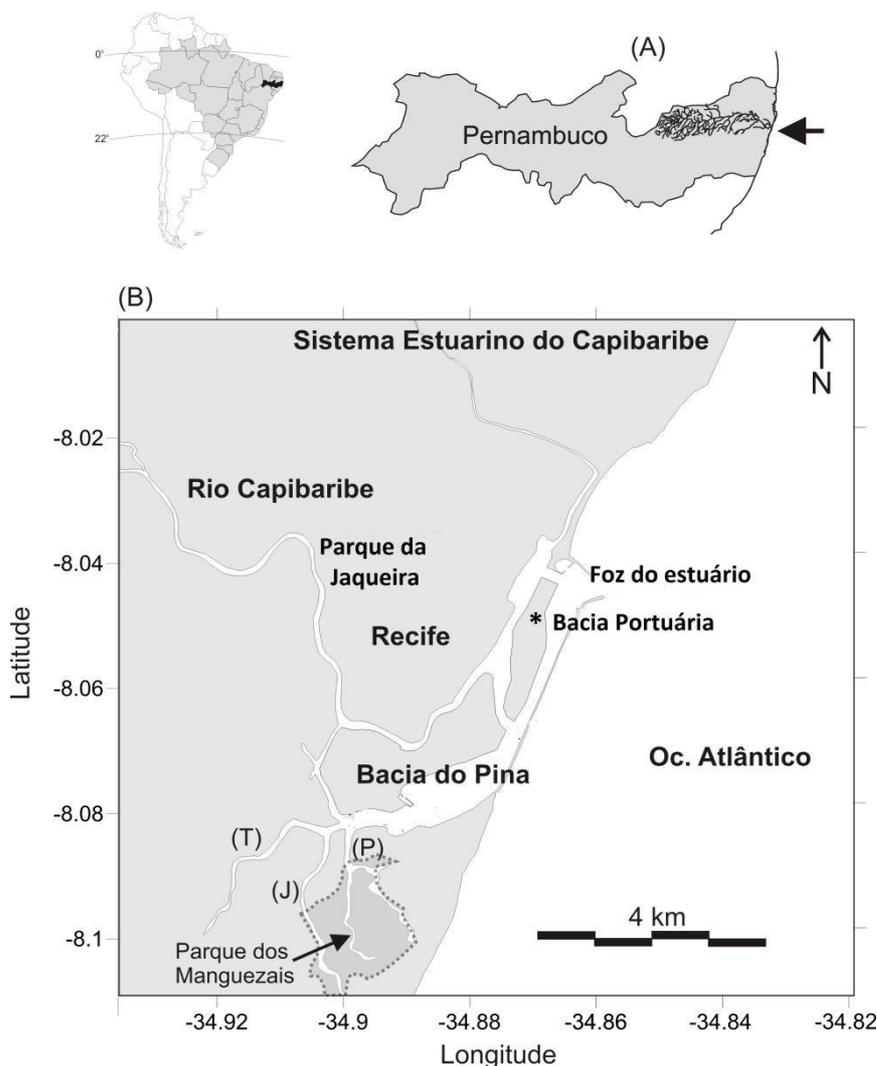
O município de São Lourenço da Mata possui uma população de 102.895 habitantes, uma área de 262,106 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e possui um sistema de esgotamento sanitário que atende 100% da população<sup>1</sup>. O município de Camaragibe abrange uma área de 51,257km<sup>2</sup> e possui uma população estimada em 144.466 habitantes (IBGE, 2010). O sistema de esgotamento sanitário deste município se encontrava desativado na ocasião da realização deste trabalho<sup>1</sup>. A cidade do Recife compreende uma área de 218,435 km<sup>2</sup>, possui uma população estimada em 1.537.704 habitantes (IBGE, 2010) e apenas 32% do esgoto produzido na cidade são coletados e tratados (COMPESA, 2016).

Além de percorrer uma zona altamente urbanizada, o estuário abriga ainda, próximo à sua desembocadura, a Bacia Portuária do Recife, formada pela confluência do Rio Capibaribe e a Bacia do Pina (Figura 1). Esta última possui uma extensão de aproximadamente 3,6 km e recebe o aporte de várias afluentes, incluindo os Rios Jordão, Pina e Tejiptio, além do Capibaribe (SANTOS et al., 2009).

Ao longo da Bacia do Pina estão situadas algumas marinas, locais de manutenção e reparação de barcos de pesca e recreação, resultando em um constante tráfego de embarcações. Existem dois canais de acesso ao Porto, sendo que o Canal Sul é o principal, possui cerca de 260 m de largura, 3,4 km de extensão, com profundidade de 12 m (na maré zero); o outro, denominado Canal Norte, possui aproximadamente 1 km de comprimento e 6,5 m de profundidade (na maré zero), sendo utilizado apenas para embarcações de pequeno porte (PORTO DO RECIFE, 2016).

Devido à hidrodinâmica do local, todo este complexo emaranhado de águas fluviais e marinhas têm intensa comunicação e, por esta razão, mais recentemente, tem sido

designado como sistema estuarino do Rio Capibaribe (SERC) (MACIEL 2015; MACIEL et al., 2015 a,b; MACIEL et al., 2016; SCHETTINI et al., 2016 a;b).



**Figura 1** - A) Localização da Baía Hidrográfica do Rio Capibaribe. B) Sistema Estuarino do Rio Capibaribe: desde o Parque da Jaqueira até sua foz na confluência da Baía do Pina e da Baía Portuária. \*Porto do Recife. (Modificado de MACIEL et al., 2015b).

## MATERIAL E MÉTODOS

A qualidade ambiental do SERC, incluindo o estuário do Capibaribe e áreas adjacentes (Baía do Pina e Baía Portuária), foi avaliada através dos estudos publicados em forma de monografias, dissertações, teses, relatórios técnicos e artigos científicos, os quais foram obtidos nas seguintes bases de dados: WEB OF SCIENCE, SCOPUS, SCIELO, PERIÓDICOS CAPES e a base de dados do Departamento de Oceanografia da UFPE (DOCEAN).

Um levantamento das diversas atividades industriais desenvolvidas nas proximidades do estuário do Capibaribe foi realizado em visitas à Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH), nos dias 03 e 12 de maio de 2011. Na ocasião, a CPRH forneceu uma lista completa das indústrias cadastradas nas cidades de São Lourenço, Camaragibe e Recife. Para este estudo delimitou-se uma faixa de 3,6 km, a partir do leito principal do rio Capibaribe, onde estão localizadas mais de 90% das indústrias desta região. Além disto, acredita-se que os efluentes lançados dentro desta distância, apesar dos processos de diluição e/ou dispersão nos diversos afluentes do Rio Capibaribe, ainda são capazes de contribuir para a introdução de contaminantes para águas desse estuário. A distância de cada indústria foi delimitada com o auxílio do programa Google Earth. Os mapas

indicando a posição das indústrias e galerias ao longo do estuário foram elaborados no programa SURFER® (Golden Software, Inc.).

Informações sobre a coleta, o tipo de tratamento, o volume de esgotos tratados e a eficiência do tratamento foram obtidas numa visita à Estação de Tratamento de Esgotos do Cabanga (ETE Cabanga, 13/05/2011), e entrevistas com funcionários da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Além disso, foi realizado um levantamento *in situ* da quantidade e posicionamento das saídas de esgotos ou de águas pluviais situadas na região estuarina do Rio Capibaribe, compreendendo o trecho do Parque da Jaqueira até a confluência da Bacia do Pina e Bacia Portuária, totalizando 3,6 km (Figura 1). A localização exata de cada galeria (esgotos e águas pluviais) foi determinada com o auxílio de um GPS (Garmin-GPSMAP 60 CSx).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estudos Realizados

Diversos estudos têm sido realizados na região do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe (SERC), especialmente a partir da década de 90 até os dias atuais, visando investigar a saúde do estuário e até mesmo quantificar a presença de contaminantes. Vários autores, usando diferentes abordagens, concluíram que o SERC é caracterizado como uma área altamente eutrófica (TRAVASSOS, 1991; TRAVASSOS; MACEDO; KOENING, 1991; PASSAVANTE, 2003; ANJOS, 2007 SANTOS *et al.*, 2009; NORIEGA, 2010; SANTIAGO *et al.*, 2010). Em 1991, Travassos reportou elevadas concentrações de nutrientes na água, resultantes principalmente da poluição orgânica e drenagem terrestre. Na ocasião, as concentrações de clorofila-a foram altas (0,65 a 297  $\text{mgm}^{-3}$ ) quando comparadas com outros estuários de Pernambuco, e estiveram acima dos limites aceitáveis para as águas classe 1 (10  $\mu\text{gL}^{-1}$ ) e 2 (30  $\mu\text{gL}^{-1}$ )(CONAMA 357/05). Contudo, o autor enfatiza que o SERC tem um elevado poder de depuração, devido principalmente à ação das correntes de marés, que possibilitam a renovação das águas, refletida nos parâmetros químicos e biológicos. Quase vinte anos depois, um outro estudo reportou que o estuário continuava hipereutrofizado, especialmente devido à ação antrópica, com taxas de clorofila-a entre 7,63 e 211,15  $\text{mg m}^{-3}$  (SANTOS *et al.*, 2009).

Elevadas concentrações de nutrientes foram registradas nas águas do SERC, com concentrações máximas de 440,1  $\mu\text{mol L}^{-1}$  para o Nitrogênio Total; 439,4  $\mu\text{mol L}^{-1}$  para o Nitrogênio Orgânico Dissolvido; 54,6  $\mu\text{mol L}^{-1}$  para Nitrato; 6,5  $\mu\text{mol L}^{-1}$  para Amônia e 14,3  $\mu\text{mol L}^{-1}$  para Nitrito (MEDEIROS, 2007). A grande quantidade de nutrientes encontrada foi atribuída à falta de saneamento nas áreas urbanas localizadas no entorno do estuário. Porém, assim como reportado em estudos anteriores, o autor concluiu que o estuário possui uma alta capacidade de depuração e diluição. O SERC também apresentou altas concentrações de fósforo total (2,07 a 40,32  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ), fosfato (0,82 a 20,38  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) e fósforo orgânico (0,24 a 19,94  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ), sendo essa alta carga de fósforo oriunda principalmente dos aportes de origem urbana, pecuária, águas residuais, escoamento de águas pluviais urbanas, dentre outras atividades(NETO, 2008).

O comprometimento das águas do estuário do Capibaribe também foi comprovado através do uso de indicadores químicos, tais como Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nutrientes, entre outros. Estes índices indicaram uma baixa qualidade das águas desde 1996 e foram associados com a presença das atividades antrópicas, principalmente a entrada de efluentes urbanos, industriais e processos de lixiviação de solos contaminados (SILVA, 2003; MEDEIROS, 2007; TEXEIRA, 2007; NETO, 2008; NORIEGA, 2010; CPRH, 2012). Recentemente, um monitoramento realizado na região ainda aponta a situação como precária, com 84% dos valores abaixo dos limites preconizados pela Resolução do CONAMA 357/05 ( $\text{OD} \geq 5\text{mg/L}$ ) (CPRH, 2012).

A presença de esgotos domésticos também foi constatada pelos altos níveis de coliformes fecais na água da região da Bacia do Pina (FEITOSA, 1988). A presença de coliformes fecais e termotolerantes foi reportada em bivalves da espécie *Anomalocardia brasiliiana* e em crustáceos *Amphibalanus amphitrite* coletados dentro do estuário

(Barros *et al.* 2009; Farrapeira *et al.* 2010). Nas áreas urbanas, esse tipo de contaminação tende a gerar um grande risco à saúde humana, tais como cólera, febre tifoide e hepatite viral, devido ao aparecimento de microorganismos patogênicos, que podem ser ingeridos pelo homem através do consumo de peixes e frutos do mar contaminados, ou ainda pelo contato com a água (VON SPERLING, 1996).

A qualidade das águas do SERC também foi avaliada através dos índices de alcalinidade e dureza. Os valores de pH oscilaram entre 7,01 e 8,19, tanto na preamar quanto na baixamar (TEXEIRA, 2007; MEDEIROS, 2007; NETO, 2008). Os valores de dureza variaram de 120 mg L<sup>-1</sup> à 6.201 mg L<sup>-1</sup> e revelaram que a maioria das amostras de águas (66%) são classificadas como muito duras, 21,2% como águas duras e, as demais (12,8%), moderadamente duras. Estes valores de dureza e alcalinidade à montante do estuário, na baixa-mar, mostram a influência dos processos de lixiviação, responsáveis pelo aumento das cargas de cálcio e magnésio, consequentes dos desmatamentos e outros processos que favorecem a erosão (TEIXEIRA, 2007).

As concentrações de alguns metais também foram investigadas nos sedimentos deste sistema estuarino. Os teores de cádmio, cobre, cromo, ferro, zinco e manganês apresentaram concentração muito acima dos valores considerados "background" (níveis normalmente encontrados), indicando uma elevada contaminação desta área, sendo a região próxima à foz do estuário, a mais impactada (SILVA, 2004). Mais recentemente foi reportada a contaminação dos sedimentos do SERC por Al, Cd, Cr, Fe, Ni, Hg, Pb, Cu e Zn, sendo que estes três últimos, apresentaram concentrações acima dos limites de segurança estabelecidos por agências internacionais (MACIEL, 2015). Este resultado é extremamente preocupante, uma vez que estes metais podem ser bioacumulados nos processos metabólicos dos organismos locais.

Estudos investigando a presença de compostos orgânicos no SERC têm sido realizados mais recentemente, tais como hidrocarbonetos, compostos organoclorados e organoestânicos. Os hidrocarbonetos alifáticos (HAs) e policíclicos aromáticos (HPAs) foram analisados em sedimentos do SERC e plataforma adjacente (MACIEL *et al.*, 2015a; 2016). As concentrações de HAs variaram de 7,5 a 190 µg g<sup>-1</sup>, sendo as maiores localizadas na porção superior do estuário, com subsequente decréscimo em direção à plataforma continental. A presença da Mistura Complexa não resolvida (MCNR) e de outros marcadores geoquímicos indicaram a contaminação do estuário por petróleo (Maciel *et al.*, 2016). As concentrações de HPAs totais nos sedimentos variaram de menor que o limite de quantificação (<LQ) a 498 ng g<sup>-1</sup>, com as maiores concentrações também localizadas na parte superior do estuário. Esta região está situada na confluência dos rios formadores da Baía do Pina, que cortam toda a região metropolitana do Recife e transportam efluentes domésticos e industriais, tratados ou não (MACIEL *et al.*, 2015a). Além da introdução direta de petróleo, os autores observaram que a deposição atmosférica é uma importante rota de entrada de HPAs para este estuário. Como para os HAs, o decréscimo das concentrações no sentido da desembocadura também foi observado e sugerem que o SERC está atuando como retentor de contaminantes (MACIEL *et al.*, 2015a). Os autores concluíram que o SERC, em determinadas condições, também pode atuar como fonte de contaminantes para a plataforma adjacente.

A toxicidade dos sedimentos superficiais do SERC foi avaliada a partir de bioensaios com o copépodo bentônico *Tisbe biminiensi* (MACIEL *et al.*, 2015b). Alguns pontos do SERC apresentaram toxicidade sub-letal para os copépodos, sugerindo que os contaminantes presentes no sedimento estão biodisponíveis e podem causar danos aos organismos bentônicos que nele vivem. Em paralelo, os autores também avaliaram as concentrações de hidrocarbonetos aromáticos de petróleo dissolvidos e/ou dispersos (HAPDDs) na água de fundo desse estuário, uma vez que este é uma importante via de exposição para os organismos bentônicos. Em estudos anteriores, Favrod (2012) e Cabral (2014) avaliaram as concentrações de HAPDDs em amostras de água do estuário, e assim como observado por MACIEL *et al.* (2015b), as concentrações de HAPDDs foram superiores à linha de base proposta para as águas do Atlântico Sul (0,31 µg L<sup>-1</sup> eq. óleo Carmópolis) (BÍCEGO *et al.*, 2002). Em ambos os estudos as maiores concentrações

foram observadas no interior do estuário, diminuindo em direção a sua desembocadura, indicando que a hidrodinâmica do estuário é muito importante para a diluição/dispersão dos contaminantes. O efeito de maré pode ainda ser mais acentuado durante a maré de sizígia (CABRAL, 2014).

Na região costeira, próxima a desembocadura do estuário, elevados níveis de imposex (formação de órgão sexuais masculinos em fêmeas de gastrópodes) foram reportados (CASTRO *et al.*, 2007). Este fenômeno é o resultado da exposição destes organismos aos compostos orgânicos tributilestano (TBT) e trifenilestano (TPT), amplamente utilizados, no passado, em tintas anti-incrustantes em embarcações e estruturas submersas. Análises de TBT em sedimentos revelaram concentrações elevadas deste composto em diversos pontos do SERC, sendo as maiores ( $> 100 \text{ ng Sn g}^{-1}$ ) registradas em frente ao Porto do Recife e na desembocadura do Rio Pina, onde está localizada uma marina e um atracadouro para reparos de pequenas embarcações (MACIEL *et al.*, 2014).

Outro estudo usando bivalves como organismos sentinela, avaliou a contaminação por DDT total e PCB ao longo da costa da América Latina e Golfo do México, em 76 locais, incluindo 20 países (SERICANO *et al.*, 1995). A região costeira do Recife ficou classificada 18º lugar com altas concentrações de DDTs ( $120 \text{ ng g}^{-1}$ ). Com relação aos PCBs, Recife ficou em 3º lugar, com  $280 \text{ ng g}^{-1}$ . Na ocasião, a cidade do Recife foi classificada como um dos locais mais contaminados do continente. Altas concentrações de PCBs e DDTs são geralmente associadas à áreas industrializadas e grandes centros urbanos. Um estudo mais recente reportou, para os sedimentos, concentrações de DDTs variando de 0,53 a  $18,9 \text{ ng g}^{-1}$  e PCBs de 1,39 a  $54,8 \text{ ng g}^{-1}$  (MOURA, 2016). Os resultados foram avaliados de acordo com a Resolução 454/2012 do CONAMA, que estabelece as diretrizes para o procedimento de dragagem de sedimentos. De acordo com os níveis propostos por essa resolução, praticamente todo o estuário apresenta provável risco à biota (MOURA, 2016).

Como resultado da presença de diversos contaminantes no SERC, alguns estudos já reportam alterações a nível ecológico em comunidades bióticas presentes na região (PARANAGUÁ, 2005; LIMA, 2006; VALENÇA, 2009; MACIEL, 2015). O Índice Biótico Marinho (AMBI) foi aplicado na região estuarina do Capibaribe para testar a qualidade ambiental local (Valença, 2009). Numa escala de 0 a 7, a região apresentou um nível de distúrbio de 5,24, revelando que a região se encontra fortemente poluída, pois quanto mais próximo de 7, mais poluído está o ambiente. O que contribui para a evidência de tal poluição é a grande proporção de táxons Oligochaeta e Nematoda, que possuem uma alta tolerância à poluição. Outro estudo realizado registrou a presença de uma comunidade zooplanctônica com dominância de poucas espécies de cladoceros com reduzidas dimensões, indicando que estas foram adaptadas a condições degradantes (PARANAGUÁ *et al.*, 2005).

A predominância do bivalve *Mytella charruana* e de poliquetas *Streblospio benedicti* neste estuário, em sedimentos não consolidados, indicaram o estado de degradação deste ambiente (LIMA, 2006; MACIEL, 2015) uma vez que estas espécies colonizam ambientes perturbados e eutrofizados, sendo consideradas bons indicadores de poluição (LEVIN, 1986).

### **Levantamento das indústrias localizadas próximas ao estuário do Rio Capibaribe**

A CPRH disponibilizou um cadastro de indústrias das principais cidades que são banhadas pelo rio Capibaribe. A partir deste material foram contabilizadas somente as indústrias que distam até 3,6 km do leito principal do presente estuário. Com este critério, 65 indústrias foram selecionadas, sendo que 69% (46 indústrias) distam, do rio Capibaribe, menos de 1000m, e 42% (28 indústrias) distam menos de 500m. Esta proximidade do leito principal do rio Capibaribe sugere que existe uma grande probabilidade dos efluentes domésticos e/ou gerados pelas atividades industriais atingirem o estuário com baixa taxa de dispersão e/ou diluição.

As indústrias selecionadas foram agrupadas de acordo com a tipologia e seu respectivo potencial de poluição (PP), segundo a classificação proposta pelo CPRH (2007) (Tabela 1). A maioria das indústrias (47,7%) tem um médio potencial de poluição (PP), enquanto que a minoria (12,3%) apresenta um pequeno PP, e os 40 % restantes representam as indústrias de alto PP (26) (Tabela 1). O balanço desta distribuição em cada município resulta em: 21 indústrias com uma alta capacidade poluidora na cidade do Recife (41,1%), seguidas de 23 indústrias (45,1%) de médio PPe 7 indústrias (13,7%) de baixo impacto poluidor. Em Camaragibe, 4 indústrias (66,7%) são de médio impacto e 2 (33,3%) são de alto PP. Em São Lourenço da Mata estão registradas 5 indústrias (62,5%) de médio impacto, 1 (12,5%) de pequeno PP e 2 (25,0%) indústrias de alto PP.

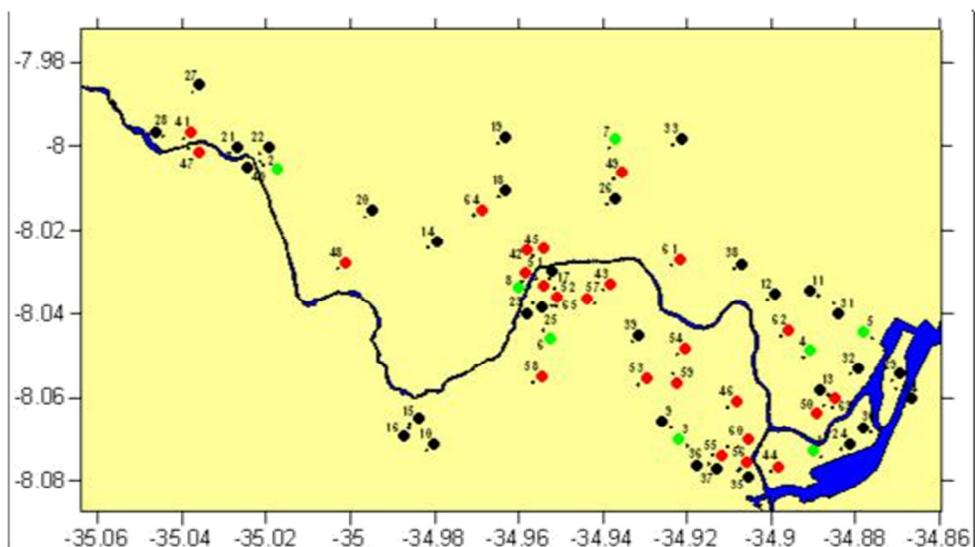
A maioria (78,4%) das indústrias selecionadas para este estudo (51 dentre 65) está localizada no município de Recife, sendo que, destas, 21 são de alto impacto. Estes números mostram que, somente a cidade do Recife, contribui com 32,3% das indústrias de alto PP de toda a região estudada (Recife, Camaragibe e São Lourenço da Mata). As indústrias químicas predominam (61,5%) entre as que possuem uma alta capacidade poluidora, sendo 16 instalações entre as 26 de alto PP (Tabela 1).

O aumento gradativo de indústrias no sentido São Lourenço da Mata - Recife, reforçam a maior pressão antrópica na parte mais central e baixo estuário (Figura 2). Além do maior número de indústrias, o baixo estuário também recebe e acumula as descargas das cidades de São Lourenço e Camaragibe, o que justifica sua qualidade inferior em relação à parte mais interna do estuário.

**Tabela 1** - Indústrias localizadas ao longo do estuário do Rio Capibaribe, no trecho que compreende Recife à São Lourenço da Mata, agrupadas de acordo com a tipologia e seu respectivo potencial de poluição (PP), segundo a classificação proposta pelo CPRH (2007).

Tipologia	Potencial de Poluição (PP)	N <sup>o</sup>
Indústria de Borracha	Pequeno	2
Indústria de Produtos de Matéria Plástica	Pequeno	6
Indústria Mecânica	Médio	6
Indústria de Material Elétrico, Eletrônico e de Comunicações	Médio	2
Indústria Têxtil, de Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos	Médio	1
Indústria de Produtos Minerais Não Metálicos	Médio	9
Indústria de Produtos Alimentares e Bebidas	Médio	12
Indústria de Material de Transporte	Médio	1
Indústria Metalúrgica	Alto	8
Indústria Química	Alto	16
Indústria de Papel e Celulose.	Alto	2
Total		65

**Fonte:** Lista de Indústrias fornecidas pelo CPRH, em visita ao local, nos dias 03 e 12 de maio de 2011.

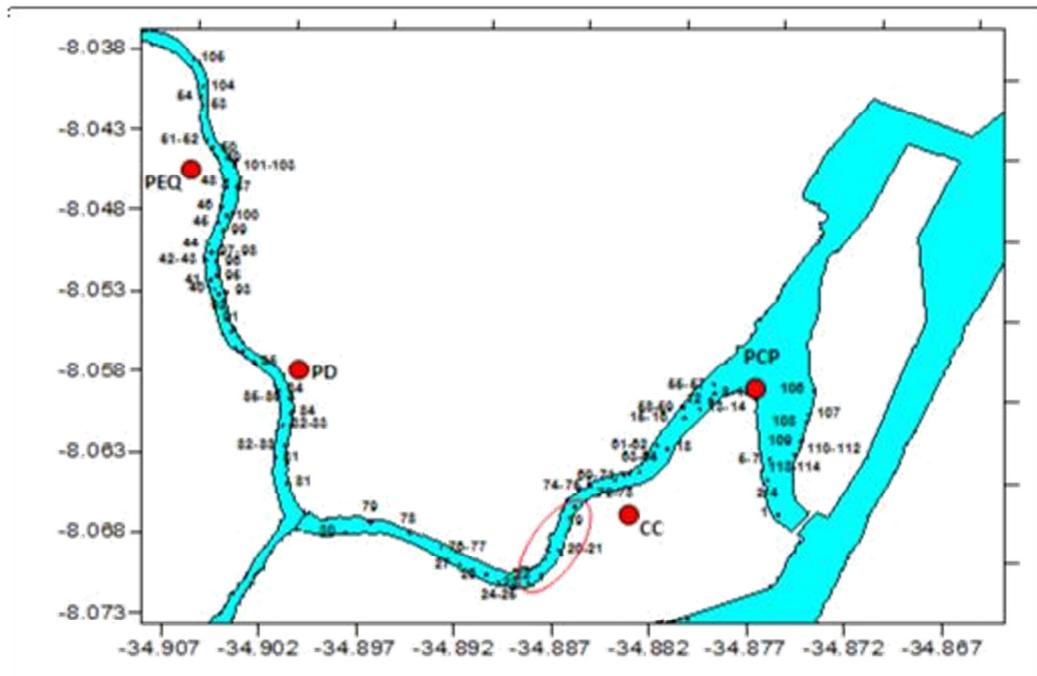


**Figura 2** - Indústrias localizadas ao longo do Rio Capibaribe, no trecho que compreende São Lourenço da Mata à Recife. As diferentes cores refletem os agrupamentos das indústrias segundo seu potencial de poluição (PP): Verde = pequeno PP; Preto = Médio PP; Vermelho = Alto PP.

### Saídas de Esgotos ou de Águas pluviais no estuário do Rio Capibaribe

Foi realizada uma observação *in situ* para verificar a quantidade de galerias de águas pluviais e de lançamento de esgotos que estão presentes ao longo do estuário do Capibaribe, desde o Parque da Jaqueira até a confluência do Rio Capibaribe com a Baía do Pina e Baía Portuária, totalizando 4,4 Km. Como esta é uma área bem populosa, desde o início da ocupação da cidade do Recife, estas galerias foram projetadas para o escoamento das águas de chuva da cidade, evitando assim as possíveis enchentes. Foram contabilizados 150 pontos de lançamento de águas residuárias. Entretanto, em alguns trechos do rio, o acúmulo de lama nas margens e o mangue denso prejudicaram a visualização, que pode ter resultado num número subestimado destas galerias. Na maioria das saídas de águas pluviais foram observados mau cheiro, muito lixo e, estes fatores associados aos resultados reportados por Silva (2003), sugerem que algumas saídas pluviais apresentam função de canalizadores de efluentes sanitários.

As galerias com aspectos de lançamento de esgotos foram reportadas em todo o trecho estudado, mas a maior concentração foi registrada entre a Praça do Derby e a Praça Eça de Queiros, e na região entre o Palácio do Campo das Princesas e a Casa da Cultura (Figura 3). Houve um decréscimo do número destas galerias no trecho da comunidade dos Coelhos (Figura 3, demarcada com um círculo), que pode ser decorrência do baixo número de indústrias no local, onde estão instaladas apenas uma indústria de médio PP e uma indústria de baixo PP, situada relativamente perto (323 metros) (Figura 2). Neste trecho também foi verificado, a céu aberto, córregos de esgoto domiciliar ou pequenos canos saindo das casas e sendo lançados diretamente no estuário (Figura 4 e 5). Em algumas regiões, o número destes lançamentos, para a mesma coordenada geográfica, é superior a um (1) e estão representados, na Figura 3, como um intervalo, por exemplo, 2-4, 5-7.



**Figura 3** - Galerias pluviais ou encanamentos de lançamento de esgotos na área estuarina do Rio Capibaribe, no trecho entre a confluência da Bacia do Pina e Bacia Portuária até o Parque da Jaqueira. PCP (Palácio do Campo das Princesas), CC (Casa da Cultura), PD (Praça do Derby) e PEQ (Praça Eça de Queiroz).



**Figura 4:** Galeria de águas residuárias na margem do estuário do Rio Capibaribe.



**Figura 5** - Casas nas margens do estuário do Rio Capibaribe com lançamento de seus efluentes domésticos diretamente nas águas do estuário.

### CONCLUSÕES

O registro de vários contaminantes orgânicos e inorgânicos reflete o elevado grau de degradação do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe, que se apresenta em uma condição eutrófica à hipereutrófica. A presença das indústrias no seu entorno, associada às inúmeras galerias de esgotos, indicam que o estuário recebe uma grande contribuição de águas residuárias industriais e domésticas, comprometendo cada vez mais a qualidade de suas águas, sedimentos e organismos. É urgente a tomada de decisões que recuperem e priorizem a conservação desta área estuarina. Estudos de monitoramento da qualidade ambiental do estuário devem ser realizados de forma contínua, para avaliar a evolução do nível de degradação do local de estudo.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Agência Estadual do Meio Ambiente (CPRH) e a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) pelas informações cedidas, que auxiliaram na elaboração deste artigo. A aluna Roxanny Santos agradece ao CNPQ pela concessão de sua bolsa nível mestrado.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, D. L. **Inter-relação pluviométrica com a biomassa fitoplanctônica dos estuários de Pernambuco (Brasil)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 103 p., 2007.
- BARROS, C. N.; VAZ, R. V.; PINTO, S. L.; SOUZA, M.; MENDES, E. S. Coliformes na água e no molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (GMELIN, 1791) da Baía do Pina, Recife, PE. JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, IX, **Anais...** Recife. 2009.
- BÍCEGO, M. C.; ZANARDI, E.; TANIGUCHI, S.; WEBER, R. R. Natural levels of dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons in the South West Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 10, p. 1166-1169, 2002.
- BIONE, M. A. A.; DANTAS, R. M. L.; TAVARES, R. G., ALBUQUERQUE, C.G.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F. Poluição do Rio Capibaribe por esgoto doméstico. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, IX, **Anais...** Recife. 2009.

CABRAL, C. B. **Variabilidade longitudinal e mareal das concentrações de hidrocarbonetos de petróleo no estuário do Rio Capibaribe.** Monografia de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 50p, 2014.

CASTRO, I. B. *et al.* Imposex in twomuricidspecies (Mollusca:Gastropoda) fromthenortheasternBrazilian Coast. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, v. 2, n. 1 p. 81-91. 2007.

CICIN-SAIN, B.; KNECHT, R.W. **Integrated coastal and ocean management: Concepts and practices.** Island Press, Washington, DC, 543 p, 1998.

CARPENTER, D. O. Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Routes of Exposure and Effects on Human Health. **ReviewsonEnviromental Health**, v.21, n.1, p. 23. 2006.

COMPESA, 2016. Esgotamento sanitário. Disponível em: <http://servicos.compesa.com.br/esgotamento-sanitario/>. Acesso em: 15/09/2016. CPRH, 2012. Monitoramento das Bacias – Capibaribe. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias\\_hidrograficas/relatorio\\_bacias\\_hidrograficas/39737%3B62704%3B170203%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/monitoramento/bacias_hidrograficas/relatorio_bacias_hidrograficas/39737%3B62704%3B170203%3B0%3B0.asp). Acesso em: 28/07/2016. CPRH, 2008. Monitoramento das Bacias - Capibaribe. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br>. Acesso em: maio/jun. 2011. CPRH, 2007. Lei Nº 13.361, de 13 de Dezembro de 2007. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/lei-13361.pdf>. Acesso em: ago/set. 2011. DINÂMICA AMBIENTAL, 2015. Disponível em: <http://www.dinamicambiental.com.br/blog/meio-ambiente/assoreamento-rios-riscos-consequencias/>. Acessoem: 02/09/2016.

FARRAPEIRA, C. M. R.; MENDES, E .S.; DOURADO, J.; GUIMARÃES, J. Coliform accumulation in *Amphibalanus amphitrite* (Darwin, 1854) (Cirripedia) and its use as an organic pollution bioindicator in the estuarine area of Recife, Pernambuco, **Braz. J. Biol.**, v. 70, n. 2, p. 301-309, 2010.

FAVROD, N. **Determinação de hidrocarbonetos do petróleo dissolvidos e/ou dispersos nas águas do complexo estuarino da Baía do Pina-Baía Portuária (Porto de Recife).** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas/Ambientais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 32 p., 2012.

FEITOSA, F. A. N. **Produção primária do Fitoplâncton correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na baía do Pina (Recife, Pernambuco, Brasil).**Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 270 p., 1988.

FOLHA PE, 2015. Disponível em: <http://www3.folhape.com.br/cms/opencms/folhape/pt/cotidiano/noticias/arqs/2015/05/0217.html> 18/05/2015. Acesso em: 05/08/2016.

IBGE, 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br>. Acessoem: 01/08/2016.

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects.** CRC Prees, Inc. Florida, p. 133-181, 1992.

LEVIN, L. A. Effects of enrichment on reproduction in the opportunistic polychaete *Streblospio benedicti* (Webster): a mesocosm study. **Biol. Bull.** 171, 143–160. doi:10.2307/1541913, 1986.

LIMA, M. dos P. R. de. **Variação espacial da macrofauna bentônica do Estuário da Baía do Pina – Recife-PE.**.Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Departamento de Zoologia do Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 74 p., 2006.

MACEDO, S. J.; PHILLIPPINI DA SILVA, H. K.; BRAYNER, F. M. M.; DUARTE, M. M. M. B.; BARBOSA, A. M.F. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe river estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 102, p. 3, 2007.

MACIEL, D. C.; CASTRO, Í.; FILLMANN, G.; YOGUI, G. T.; LAMARDO, E. Z. Contaminação por organoestênicos em sedimentos do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe, Pernambuco. In: **XIII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia**, Guarapari, p. 1824-1825, 2014.

MACIEL, D. C. Avaliação da contaminação do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe através da tríade da qualidade do sedimento. Tese (Doutorado), Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 210 p., 2015.

MACIEL, D. C.; SOUZA, J. R. B.; TANIGUCHI, S.; BÍCEGO, M. C.; ZANARDI-LAMARDO, E. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in a an urbanized tropical estuary and adjacent shelf, Northeast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 101, p. 429-433, 2015a.

MACIEL, D. C.; COSTA, B. V. M.; SANTOS, L. P. S.; SOUZA, J. R. B.; ZANARDI-

LAMARDO, E. . Avaliação da toxicidade dos sedimentos do sistema estuarino do rio Capibaribe (Pernambuco, Brasil) utilizando o copépodo bentônico *Tisbe biminiensis* Volkmann Rocco (1973). **Tropical Oceanography (Online)**, v. 43, p. 26-37, 2015b.

MACIEL, D. C.; SOUZA, J. R. B.; TANIGUCHI, S.; BÍCEGO, M. C.; SCHETYINI, C. A. F., ZANARDI-LAMARDO, E. Hydrocarbons in sediments along a tropical estuary shelf transition área: Sources and spatial distribution. **Marine Pollution Bulletin**, 2016.

MEDEIROS, G. C. P. L. **Avaliação das concentrações de nitrogênio total, orgânico e inorgânico na fração dissolvida como parâmetros indicadores da qualidade da água na região estuarina do rio Capibaribe, Recife- Pernambuco**. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - CCB, Universidade Federal de Pernambuco. 36 p. 2007.

MIRANDA, . **Bifenilaspolicloradas (PCBs) e pesticidas organoclorados em *Scomberomorus cavalla*: pescado de importância econômica na região metropolitana do Recife – PE**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 111 p., 2015.

MONTEIRO, L. H. U., SILVA, G. S.; LIMA, L. L. L.; COUTINHO, C. Estudos hidrodinâmicos e hidroquímicos do estuário do Rio Capibaribe e Bacia do Pina, Recife- PE. Oceanografia e Políticas Públicas Santos, SP, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 5., **Anais...** São Paulo, 2011.

MOURA, J. A. S. **Poluentes orgânicos persistentes no sedimento do estuário do Capibaribe, Recife, Pernambuco**. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. 79 p. 2016.

MMA/SBF. **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília. 72 p, 2002.

NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A., ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e seus Derivados Nitratados (NHPAs): uma Revisão Metodológica. **Química Nova**, 23(6), p. 765-773, 2000.

NORIEGA, C. E. D. **Estado trófico e balanço biogeoquímico dos nutrientes não conservativos (N e P), na região Metropolitana do Recife - Brasil.** Tese (Doutorado), Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

OLIVEIRA, D. D.; SOUZA-SANTOS, L. P.; SILVA, H. K. P.; MACEDO, S. J. Toxicity of sediments from a mangrove forest patch in an urban area in Pernambuco (Brazil). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 104, n. 0, p. 373–378, 2014.

PARANAGUÁ, M. N. et al. Cladocerans (Branchiopoda) of a Tropical Estuary in Brazil. **Braz. J. Biol.** São Paulo, v. 65 n.1 p. 107-115. 2005.

PASSAVANTE, J. Z. O. Produção fitoplanctônica do estuário do Rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil) In. CONGRESSO NORDESTINO DE ECOLOGIA, 10., 2003, Recife, **Anais...CD-ROM.**

PORTO DO RECIFE. Infra Estrutura. Disponível em:  
<[www.portodorecife.pe.gov.br/infra](http://www.portodorecife.pe.gov.br/infra)> Acesso em: 23/08/2016.

RESENDE. **Caracterização de fontes e distribuição de matéria orgânica no sedimento do estuário do Capibaribe (Pernambuco, Brasil), através de marcadores elementares, isotópicos e moleculares.** Dissertação (Mestrado), Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 101 p., 2015.

SANTOS, G. T.; BEZERRA-JUNIOR, J. L.; COSTA, K. M. P.; FEITOSA, F. A. N. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.4, n.1, p.95-109, 2009.

SANTIAGO M.F. et al. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. **Brazilian Journal of oceanography**, São Paulo, v. 58, n. 3, p. 189-205, 2010.

SCHETTINI, C. A. F.; MIRANDA, J. B.; VALLE-LEVINSON, A.; TRUCCOLO, E. C.; DOMINGUES, E. C. The circulation of the lower Capibaribe Estuary (Brazil) and its implications in the transport of scalars. **Journal of Oceanography** (Online), v. 64, p. 1-1, 2016a.

SCHETTINI, C. A. F.; PAIVA, B. P.; BATISTA, R. A. L.; OLIVEIRA FILHO, J. C.; TRUCCOLO, E. C. Observation of an estuarine turbidity maximum in the highly impacted Capibaribe estuary, Brazil.. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64: p. 185-190, 2016b.

SERICANO, J. L.; WADE, T. L.; JACKSON, T. J.; BROOKS, J. M.; TRIPP, B. W.; FARRINGTON, J. W.; MEE, L. D.; READMANN, J. W. VILLENEUVE. J. P.; GOLDBERG, E. D. Trace organic contamination in the Americas: an overview of the US National Status & Trends and the International 'Mussel Watch' programmes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 31, p. 214-225, 1995.

SILVA, H. K. P.; MACEDO S. J.; BRAYNER.F. M. M. Avaliação das concentrações de metais-traço e suas interações nos sedimentos e biota do parque dos manguezais, região metropolitana do recife (RMR) Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 2, p. 174-180, 2010.

SILVA, H. K. P. **Concentrações de metais pesados nos sedimentos do estuário do Rio Capibaribe, na Região Metropolitana do Recife (RMR) – Pernambuco, Brasil.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 129 p. 2015.

SILVA, J. P. **Sedimentologia, batimetria, qualidade da água e vulnerabilidade do Rio Capibaribe na cidade do Recife.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 86 p. 2003.

TEIXEIRA, M. R. **Avaliação da alcalinidade e dureza como parâmetros indicadores de qualidade da água no estuário do rio Capibaribe, Recife- PE.** Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas Modalidade Ambientais) 2007. 42 f. – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

TRAVASSOS, P. E. P. F.; MACEDO, S. J.; KOENING, M. L. Aspectos hidrológicos do estuário do rio Capibaribe (Recife- PE- Brasil). **Trabalhos Oceanográficos**, Recife, v.22, p. 9-38, 1991/93.

TRAVASSOS, P. E. P. F. **Hidrologia e Biomassa primária do fitoplancton no estuário do Rio Capibaribe, Recife, Pernambuco.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 288 p. 1991.

VALENÇA, A.P.M.C. As comunidades macrobentônicas na avaliação da qualidade ambiental de áreas estuarinas de Pernambuco. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 37, n. 1-2, p. 80-99, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Editora UFMG, 1996.