

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EM SEDIMENTOS DO ESTUÁRIO DO RIO CAPIBARIBE – PE

Jéssica Sonaly da Silva Resende ¹
Nykon Jefferson de Albuquerque Craveiro ¹
Ricardo Pereira ²

DOI: 10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v26n2p34-45

¹Mestre em Oceanografia – UFPE, jessicaresendebio@gmail.com,
nykoncraveiro@gmail.com

²Departamento de Geologia – UFPE, ricardo.geologia@uol.com.br

RESUMO

Os estuários são corpos de água costeiros semifechados que têm uma ligação livre com o mar. São ambientes em sua maioria impactados pela ação antrópica. O estuário do Rio Capibaribe, situado na região metropolitana do Recife, recebe uma significativa carga de efluentes domésticos e industriais. O objetivo desse trabalho foi fazer a análise granulométrica e do teor da matéria orgânica em 18 estações de coleta ao longo do estuário e a partir desses resultados inferir a possibilidade de existir contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) no ambiente. Os resultados mostraram a predominância de sedimentos finos e elevado teor de matéria orgânica em mais de 50% das estações de coleta. A partir desses dados podemos sugerir que os pontos ao longo do estuário do Rio Capibaribe com maiores possibilidades de apresentar contaminação por HPAs são as estações 1, 2, 3, 4, 7, 10, 13, 15, 17 e 18.

Palavras chave: estuários, Rio Capibaribe, sedimentologia, matéria orgânica, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

ABSTRACT

Estuaries are semi-enclosed coastal water bodies that have an open connection to the sea. They are environments mostly impacted by human action. Capibaribe River's estuary, in metropolitan area of Recife, receives an extensive load of domestic and industrial effluents. The aim of this work was make the granulometric analysis and content of organic matter in 18 sampling stations along the estuary and from these results infer the possibility of find contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the environment. The results showed the majority of fine sediments and high organic matter content in more than 50% of sampling stations. From these data we can suggest that the points along the estuary of the Capibaribe river with more likely to be contaminated by PAHs are the stations 1, 2, 3, 4, 7, 10, 13, 15, 17 e 18.

Keywords: estuaries, Capibaribe river, sedimentology, organic matter, polycyclic aromatic hydrocarbons.

INTRODUÇÃO

Estuários são corpos de água costeiros semifechados que têm uma ligação livre com o mar, onde a água do mar é diluída com a água doce proveniente da drenagem terrestre (Pritchard, 1967). Estes apresentam temperatura e salinidade variáveis, sedimentos lamosos, alta turbidez e topografia irregular, tendo a fauna e a flora (originárias dos ambientes marinho, fluvial e terrestre) um alto nível de adaptação evolutiva a condições de estresse (Silva *et al.*, 2010). Geralmente as águas estuarinas são mais produtivas quando comparadas com os rios e o oceano adjacentes devido às características hidrodinâmicas da circulação que aprisionam nutrientes, algas e plantas (Miranda *et al.*, 2002).

Os estuários possuem sedimentos ricos em matéria orgânica (MO) por ser um ambiente de transição e de significativa produtividade. Eles fornecem informações sobre a origem do material, os meios de transporte e as características do ambiente deposicional, gerando subsídios para a compreensão de processos físicos e biogeoquímicos que ocorrem no estuário (Oliveira, 2014). Como o estuário é um ambiente dinâmico e rico em vida, há uma quantidade significativa de matéria orgânica oriunda de fontes diferentes, tanto naturais quanto antrópicas.

A matéria orgânica sedimentar (MOS) consiste, principalmente, de macromoléculas insolúveis em água, derivadas diretamente de organismos ou geradas por reações de polimerização ou condensação de moléculas orgânicas menores (Killops & Killops, 2005 *apud* Oliveira, 2010). Sendo assim, o sedimento depositado possui MO oriunda de uma mistura complexa de substâncias naturais e antropogênicas de diferentes fontes, que estão em constante transformação e podendo

formar diferentes compostos de acordo com sua velocidade de degradação e das variáveis bióticas e abióticas locais.

Os Hidrocarboneto Policíclicos Aromáticos (HPAs) são compostos orgânicos que possuem obrigatoriamente dois ou mais anéis aromáticos em sua cadeia (Solomons & Fryhle, 2001), sendo exemplificados por naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, pireno, criseno, benzo-[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, benzo[a]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, benzo[g,h,i]perileno e indeno[1,2,3-cd]pireno, que são considerados prioritários pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). São apolares, hidrofóbicos e se adsorvem facilmente às partículas sólidas (Bícego *et al.*, 2008). Apesar da sua ocorrência natural, está se torna ínfima quando comparada a introdução desses compostos no ambiente aquático por ações antrópicas, principalmente de fonte petrogênica e derivados (Bícego *et al.*, 2008). Os HPAs são frequentemente estudados devido à alta toxicidade que apresentam para a biota e o homem (USEPA, 1995). Dependendo da concentração, podem trazer danos à biota e ao homem, devido as suas propriedades tóxicas.

O objetivo deste trabalho foi analisar os teores granulométricos e de matéria orgânica total em amostras de sedimento superficial, coletadas ao longo de 18 pontos no estuário do Rio Capibaribe. A partir dos dados obtidos no presente estudo, em conjunto com resultados encontrados na literatura, pretende-se determinar quais pontos são mais favoráveis à detecção de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs). Desta forma este trabalho apresenta relevância por nortear possíveis locais de coleta de amostras de sedimentos para análises futuras de HPAs.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Rio Capibaribe nasce a aproximadamente 195 km a oeste da cidade do Recife, na Serra dos Campos, no município de Jataúba, agreste do Estado. O rio banha 41 municípios do agreste, zona da mata e litoral, possuindo uma extensão total de 270 km da nascente até a sua foz, no Oceano Atlântico (Oliveira, 2007). A vazão do rio é baixa, cerca de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, mas pode chegar a $3.600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no período chuvoso (Fernandes *et al.*, 1999). A turbidez é alta nas águas rasas do estuário e pode alcançar frequentemente condições anóxicas na coluna de água (Fernandes *et al.*, 1999).

A área de estudo possui clima do tipo As', denominado tropical quente e úmido segundo a classificação de Köppen. Ao longo do ano há uma estação chuvosa que tipicamente estende-se de março a agosto e uma estação seca (ou de estiagem) que se prolonga de setembro a fevereiro (Oliveira *et al.*, 2014). No sistema

hídrico de Pernambuco, o Rio Capibaribe é um dos mais importantes do Estado. A bacia de drenagem do Capibaribe está localizada entre as latitudes de $7^\circ 54' \text{ S}$ e $8^\circ 19' \text{ S}$ e as longitudes de $34^\circ 54' \text{ W}$ e $36^\circ 42' \text{ W}$, cobrindo uma área superficial de 7716 km^2 (Fernandes *et al.*, 1999).

Coleta das amostras de sedimento de fundo superficial

As amostras de sedimento superficial (0-10 cm) foram coletadas em junho de 2013 ao longo de 18 estações (Fig. 1) no canal principal do estuário do Capibaribe. A distância entre as estações é de 1 km. A primeira estação está localizada na saída da barra do Porto do Recife e a última está localizada perto da ponte da BR-101. Os sedimentos foram coletados com auxílio de um amostrador de fundo tipo van Veen e armazenados em recipientes de alumínio previamente calcinados. Em laboratório, as amostras foram liofilizadas, homogeneizadas e armazenadas em freezer (-20° C).

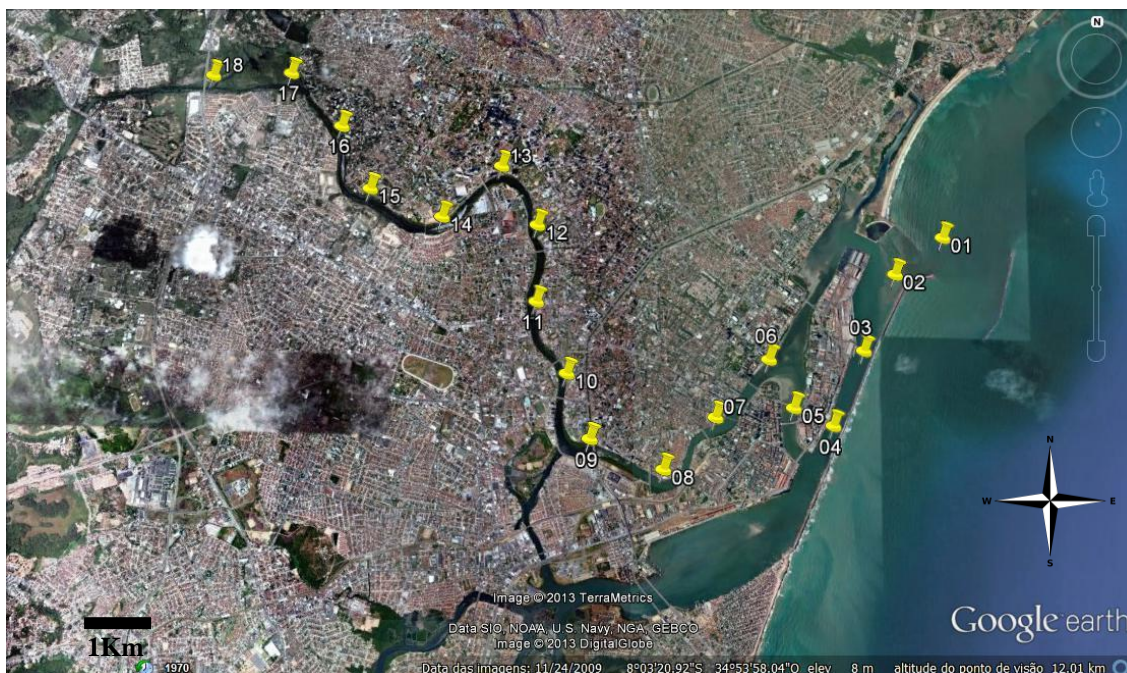


Figura 1 - Localização das 18 estações de amostragem de sedimento ao longo do canal principal do estuário do Rio Capibaribe.

Granulometria

Alíquotas de 30 g de sedimento liofilizado foram pesadas e mantidas em béqueres com solução de peróxido de hidrogênio (H₂O₂, 10%, v/v) durante 48 horas para remoção da matéria orgânica. Posteriormente essas amostras passaram por peneiramento úmido com o objetivo de separar a fração grossa da fração lamosa. A fração grossa foi inserida no agitador de peneiras para separação em grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina. Na fração lamosa foi empregada a técnica de pipetagem para quantificar as frações silte e argila existentes na amostra através da retirada de alíquotas. Após a secagem completa de cada fração, elas foram pesadas em balança analítica. Os valores das massas foram tratados no programa de análise granulométrica Sysgran 3.0 (Camargo, 2006) para a obtenção dos percentuais de cada fração granulométrica.

Análise de matéria orgânica

O teor da matéria orgânica total (MOT) foi determinado por gravimetria. As alíquotas de sedimento, depois de secas a 60°C em estufa, foram pesadas em balança analítica e posteriormente lavadas com HCl concentrado e solução de H₂O₂ a 10%. Em seguida foram secas em estufa. A MOT foi determinada a partir da diferença, em peso seco, do sedimento antes e após reação com HCl e H₂O₂ a 10%.

Análise estatística

Para avaliar estatisticamente o conjunto de dados foi utilizada uma análise descritiva - correlação de Pearson e análise multivariada - análise dos componentes principais - (ACP). A verificação da normalidade das variáveis foi feita através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett's,

respectivamente. O nível de significância para todos os testes foi $\alpha = 0,05$ (para aceitar H₀). A análise de correlação descreve a relação entre dois conjuntos de variáveis, onde foi realizada para os pares ordenados: %silte x %MO; %silte x %cascalho; %silte x %areia; %silte x %argila; %argila x %MO; %argila x %areia; %argila x %cascalho. A ACP foi utilizada para ordenar e identificar padrões espaciais de distribuição das amostras com base nas variáveis dos sedimentos e matéria orgânica. Os dados foram referentes as 18 amostras (estações) e 5 variáveis (%cascalho, %areia, %silte, %argila e %MO). Esta análise foi realizada no software PAST (Paleontologic Statistics, V.2.17).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição granulométrica das amostras de sedimento apresentou-se heterogênea ao longo do estuário do Rio Capibaribe, como também observado para a mesma área por Oliveira *et al.* (2014), onde esses autores atribuem a heterogeneidade à influência das fontes fluviais e marinha. Houve uma predominância da fração lamosa (silte + argila) em 61,5% das amostras coletadas. A fração areia foi representada por 36,9% das amostras e apenas 1,6% da fração cascalho nas estações amostradas (Fig. 2). A classificação dos grãos, visualizada no diagrama de Shepard (1954) (Fig. 3), reforça a predominância de fração lamosa no estuário. Os maiores teores de lama foram encontrados nas estações #2, #3, #10 e #18, compondo mais de 90% da distribuição de grãos. Já os maiores teores de areia foram encontrados nas estações #5 e #8, compondo mais de 78% da distribuição de grãos nestas amostras. Esse alto teor de lama no sistema estuário do Rio Capibaribe, possivelmente, é devido ao baixo fluxo de energia do estuário, o

que pode favorecer a deposição de sedimentos mais finos (Oliveira *et al.*, 2014). Outro fator seria a sazonalidade climática, onde no período chuvoso aumenta a migração unidirecional dentro do estuário no sentido

nascente/toz proporcionando um preenchimento de sedimentos finos, como foi observado em ambiente similar na França (Pedreros *et al.*, 1996).

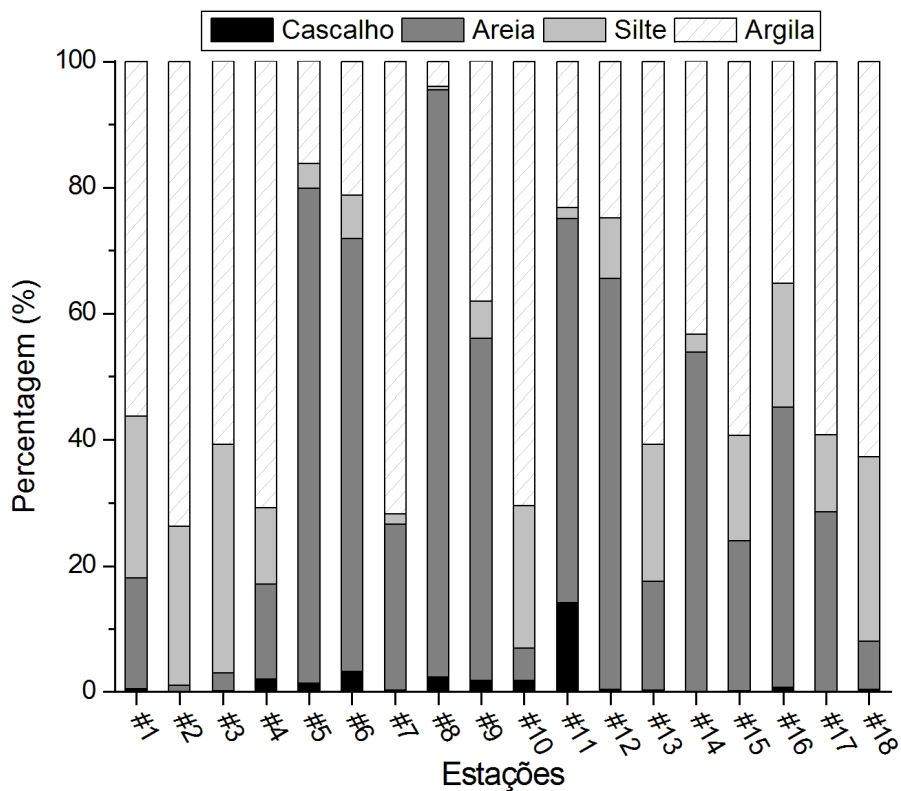


Figura 2 - Distribuição granulométrica dos 18 pontos de coleta ao longo do Estuário do Rio Capibaribe.

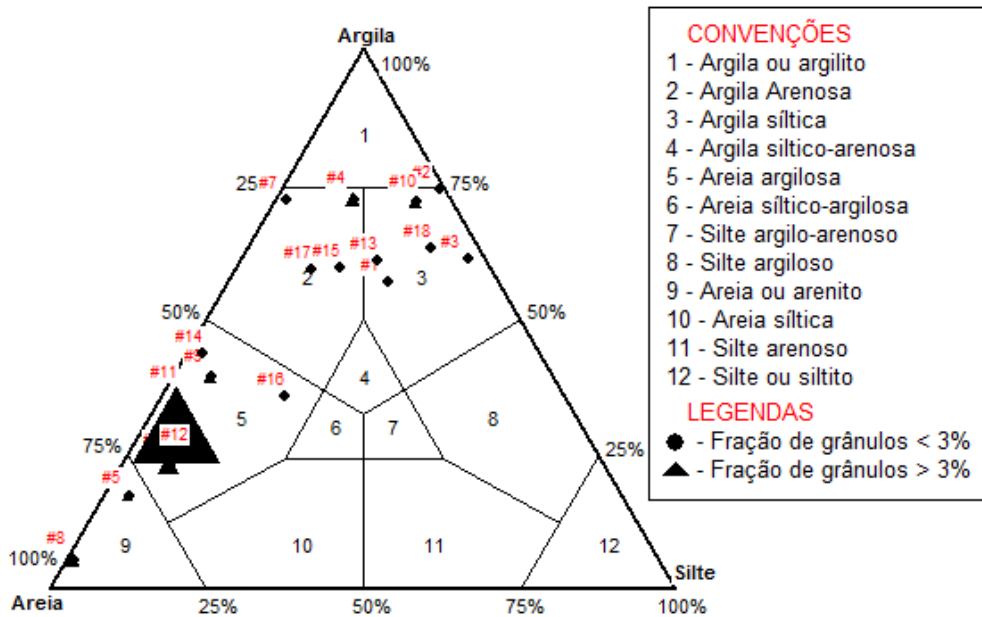


Figura 3 - Diagrama de Shepard (1954) com a classificação do tamanho dos grãos dos sedimentos coletado no sistema estuarino do Rio Capibaribe.

Oliveira *et al.* (2014) encontrou para o mesmo estuário distribuição diferente da encontrada no presente estudo, porém ainda apresentando a predominância de fração lamosa. Essa diferença pode ser explicada devido ao espaço amostral ser o mesmo, porém a coleta de sedimento não foi realizada exatamente no mesmo local, contribuindo para a amostra de sedimento coletado ter características granulométricas diferentes. Além disso, a diferença do tempo de coleta influencia na dinâmica dos sedimentos no fundo do estuário.

Os resultados encontrados para MO variaram de 0,80% na (#9) a 23,24% (#10) (Fig. 4) com média de $\pm 12,19\%$. A estação que apresentou maior teor de MO (#10) apresentou alto teor de finos, assim como as estações

#3, #13, #2 respectivamente. A estação com menor teor de MO (#9) apresenta predominância de areia. Utilizando o teste de correlação de Pearson, observou-se que a fração silte possui correlação com a matéria orgânica, ($p = 0,05$; $r = 0,43$; $n = 18$), assim como a fração argila ($p = 0,05$; $r = 0,37$; $n = 18$). A fração cascalho só apresentou correlação com a fração areia $p = 0,05$; $r = 0,39$; $n = 18$). Confirmando o que Pettijohn (1975) e Tyson (1995) afirmam que a matéria orgânica acumulada em sedimentos tem forte relação com a quantidade de finos depositados. Resultados encontrados em trabalhos que abordam o mesmo tema corroboram com a afirmação feita pelos referidos autores (Gao *et al.*, 2012; Ogrinc *et al.*, 2005; Sarma *et al.*, 2012).

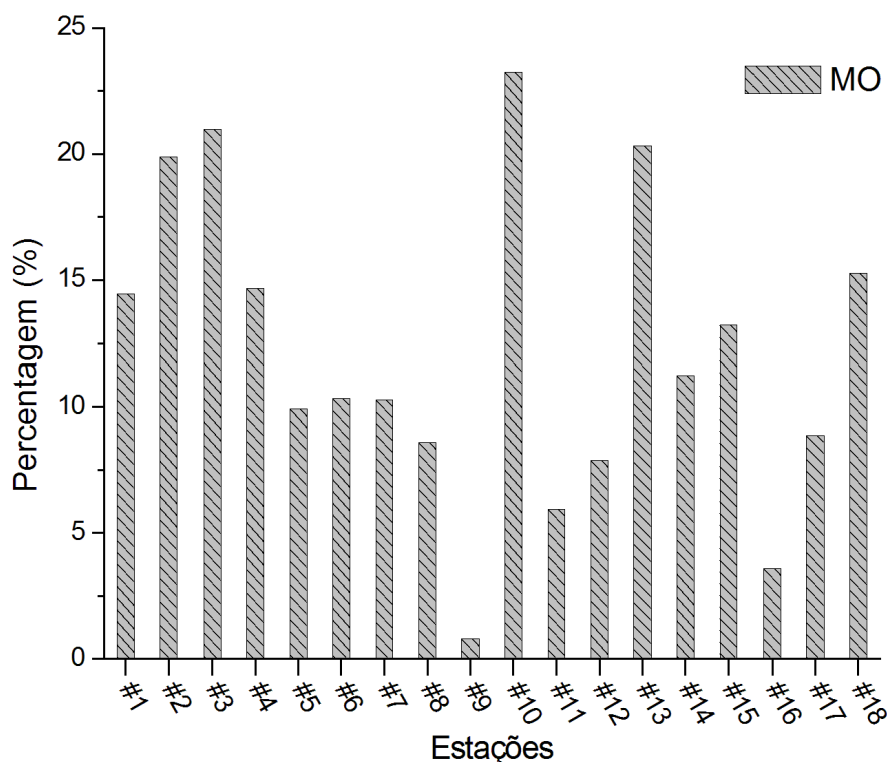


Figura 4 – Distribuição da matéria orgânica nas 18 estações de coleta ao longo do estuário do Rio Capibaribe.

A área estudada é conhecida pela sua alta taxa de eutrofização devido à grande entrada de esgoto *in natura* no ambiente proveniente da densa população no entorno do sistema estuarino ($\pm 1.500.000$ hab. (IBGE, 2010)). Essa elevada inserção de esgoto é um dos fatores que contribuem para o aumento considerável de fitoplânctons nesse ambiente (Feitosa *et al.*, 1999; Flores Montes *et al.*, 2011; Paranaguá *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2014). Ambientes costeiros, como o em questão, são mais sujeitos à contribuição alóctone antropogênica originárias da agricultura, efluentes domésticos e industriais, ajudando a aumentar o teor de matéria orgânica e de contaminantes no sedimento (Gao *et al.*, 2012; Sarma *et al.*, 2012).

Partículas menores de sedimento tendem a possuir sítios ativos que facilitam a adsorção da MO e

compostos hidrofóbicos, como os HPAs (Bícego *et al.*, 2008; Xia & Wang, 2008; Araghi *et al.*, 2014). Embasado em estudos pretéritos feitos em áreas costeiras impactadas, assim como o estuário do Rio Capibaribe, pode-se esperar a tendência de haver contaminação por HPAs em sedimentos onde há predominância de finos e, por consequência, um alto teor de MO (Bícego *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006; Wagener *et al.*, 2010; Chen & Chen, 2011; Araghi *et al.*, 2014).

Além de se adsorverem fortemente nas partículas de sedimento os HPAs são relativamente resistentes a degradação microbológica por sua natureza aromatizada, tornando-se assim bastante estáveis no ambiente (Bícego *et al.*, 2008; Readman *et al.*, 2002). Apesar de alguns organismos como as plantas, bactérias e fungos sintetizarem HPAs essa produção é

muito baixa quando comparada a produção por fontes antropogênica (Maciel *et al.*, 2015). A presença desses compostos no ambiente pode causar efeitos carcinogênicos e teratogênicos a biota (Bícego *et al.*, 2006; Maciel *et al.*, 2015).

A análise dos componentes principais das variáveis % cascalho, % areia, % silte, % argila e % MO mostrou que a primeira componente principal (CP1) foi responsável por 69,77% da variância e a segunda (CP2) 11,44%, o que representa 81,21% da variância total do conjunto de dados. A tabela 1 mostra os valores de significância entre as variáveis da CP1 e da CP2. A CP1 mostra que as estações #1, #2, #3, #4,

#10, #15, #15, #17 e #18 apresentam o conteúdo orgânico (MO) diretamente relacionado com as partículas finas, uma vez que é sabido da afinidade dos HPAs com a partícula fina e o material orgânico. De forma oposta, as estações #5, #6, #7, #8, #9, #11, #12, #14 e #16 que estão em posição contrária no plano cartesiano, tiveram menor conteúdo orgânico e de partículas finas, porém com maior conteúdo de %cascalho e %areia (Fig. 5). Entretanto, apesar da estação #7 aparecer do lado oposto do plano cartesiano na CP1, essa estação apresenta o teor de lama (73,38) e MO (10,27%) elevados, sendo uma estação sugestiva para amostragem de sedimentos para estudos de HPAs.

Tabela 1 - Valores de significância entre as variáveis %MO, %cascalho, %areia, %silte e %argila, para componente principal 1 (CP1) e componente principal 2 (CP2) nas estações do sistema estuarino do Rio Capibaribe

Variáveis	Componentes principais	
	CP1	CP2
MO	0,2588	0,3779
%Cascalho	-0,2501	0,6867
%Areia	-0,6692	-0,486
%Silte	0,5403	-0,3227
%Argila	0,3615	-0,2128

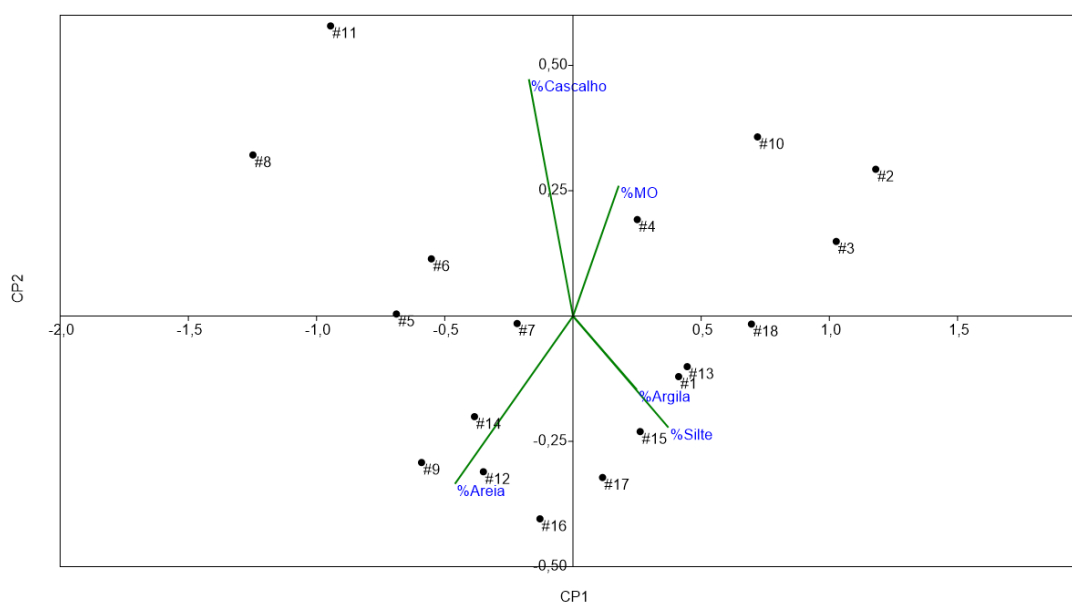


Figura 5 - Análises dos Componentes Principais (ACP) dos sedimentos do sistema estuarino do Rio Capibaribe entre a fração granulométrica e matéria orgânica.

Após uma avaliação conjunta de dados que podem ajudar a inferir o potencial do sedimento de adsorver HPAs, sugere-se que os pontos ao longo do Capibaribe com maiores possibilidades de possuir elevadas concentrações desses compostos são as estações #1, #2, #3, #4, #7, #10, #13, #17 e #18. Já a estação #15 também possui potencial para que ocorra contaminação por esses compostos, pois mesmo apresentando baixo percentual de finos, contém alto teor de MO, o que pode ser devido à entrada pontual de efluentes nas proximidades dessas áreas e influenciada pela hidrodinâmica do estuário (Nóbrega, 2011; Cabral, 2014).

CONCLUSÃO

A análise granulométrica realizada no sedimento superficial do estuário do Rio Capibaribe mostrou a predominância de sedimentos finos na maior parte das 18 estações de coleta, o que pode ter sido influenciado pela sazonalidade, uma vez que as coletas foram feitas durante a estação chuvosa. A análise do teor da MOT apresentou

valores elevados também na maioria das estações ao longo do estuário, indicando uma significativa entrada de matéria orgânica.

Sabe-se que a presença de MO no estuário do rio Capibaribe pode estar associada com diversas fontes, tanto naturais (Fernandes *et al.*, 1999) quanto antropogênicas (Oliveira, 2014; Maciel, 2015). Em relação ao *input* de MO de origem antropogênica, foram detectados hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos (Maciel, 2015).

Os resultados aqui apresentados, apesar de considerarem apenas a MOT sem distinção de fontes, podem servir de base para estudos futuros, uma vez que a granulometria e o teor de matéria orgânica são fatores importantes no monitoramento do ambiente. Estudos que englobem a análise granulométrica e a matéria orgânica presente em sedimentos juntamente com a análise de HPAs podem contribuir para a compreensão de situação ambiental de áreas sedimentares propiciando diagnósticos sobre suas condições naturais e sobre o impacto da ação antrópica nas mesmas.

REFERÊNCIAS

- Araghi, P. E., Bastami, K. D., Rahmanpoor, S., 2014. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface sediments of Gorgan Bay, Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 89: 494–498.
- Bícego, M. C., Seyffet, B. H., Martins, C. C., Filmann, G., 2008. Poluição por Petróleo. In: J. A. Baptista Neto; M. Wallner-Kersanach; S. M. Patchineelam (Eds.). *Poluição Marinha*. Editora Interciência. p.77–96
- Bícego, M. C., Taniguchi, S., Yogui, G. T., Montone, R. C., Silva, D. A. M., Lourenço, R. A., Martins, C. C., Sasaki, S. T., Pellizari, V. H., Weber, R. R., 2006. Assessment of contamination by polychlorinated biphenyls and aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of the Santos and São Vicente Estuary System, São Paulo, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 1804–1816.
- Cabral, C. B., 2014. Variabilidade Longitudinal e Mareal das concentrações de Hidrocarbonetos de Petróleo no Estuário do Rio Capibaribe Variabilidade Longitudinal e Mareal das concentrações de Hidrocarbonetos de Petróleo no Estuário do Rio Capibaribe. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Oceanografia – UFPE. 51p.
- Camargo, M. G., 2006. SYSGRAN: Um sistema de código aberto para análises granulométricas de sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36 (2): 371-378.
- Chen, C.-W.; Chen, C.-F., 2011. Distribution, origin, and potential toxicological significance of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan. *Marine pollution bulletin*, 63 (5-12): 417–423.
- Feitosa, F. A. N., Nascimento, F. C. R., Costa, K. M. P., 1999. Distribuição Espacial E Temporal Da Biomassa Fitoplanctônica Relacionada Com Parâmetros Hidrológicos Na Bacia do Pina (Recife – Pe). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 27 (2): 1–13.
- Fernandes, M. B., Sicre, M. A., Cardoso, J. N., Macêdo, S. J., 1999. Sedimentary 4-desmethyl sterols and n-alkanols in an eutrophic urban estuary, Capibaribe River, Brazil. *Science of the Total Environment*, 231 (1): 1–16.
- Flores Montes, M. D. J., Paulo, J. G., Nascimento Filho, G. A., Gaspar, F. L., Feitosa, F. A., Santos Junior, A. C., Batista, T. N. F., Travassos, R. K., Pitanga, M. E., 2011. The Trophic Status of an Urban Estuarine Complex in Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, 64: 408 – 411.
- Gao, X.; Yang, Y.; Wang, C., 2012. Geochemistry of organic carbon and nitrogen in surface sediments of coastal Bohai Bay inferred from their ratios and stable isotopic signatures. *Marine Pollution Bulletin*, 64 (6): 1148–1155.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Censo Demográfico. <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pe>
- Killops, S. D., Killops, V. J., 2005. Introduction to Organic Geochemistry. 2nd ed. Malden, MA, EUA: Logman Scientific & Technical.
- Maciel, D. C., 2015. Avaliação da Contaminação do Sistema Estuarino do Rio Capibaribe Através da Triáde da Qualidade de Sedimento. The effects of brief mindfulness intervention on acute

- pan experience: An examination of individual difference. Tese de doutorado, Pós-graduação em Oceanografia – UFPE. 209p.
- Maciel, D. C., Souza, J. R. B., Taniguchi, S., Bicego, M. C., Zanardi-Lamardo, E., 2015. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in an urbanized tropical estuary and adjacent shelf, Northeast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 101: 429 – 433.
- Miranda, L. B., Castro, B. M., Kjerfve, B., 2002. *Princípio de Oceanografia Física de Estuários*. Editora da Universidade de São Paulo. 464p.
- Nóbrega, A. S. C., 2011. Fontes de Contaminação No Estuário do Rio Capibaribe, Pernambuco. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Oceanografia - UFPE. 57p.
- Ogrinc, N., Fontolan, G., Faganeli, J., Covelli, S., 2005. Carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in coastal marine sediments (the Gulf of Trieste, N Adriatic Sea): Indicators of sources and preservation. *Marine Chemistry*, 95 (3-4): 163–181.
- Oliveira, T. D. S., Barcellos, R. L., Schettini, C. A. F., Camargo, P. B., 2014. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 14 (3): 399–411.
- Oliveira, T. S., 2014. Processo Sedimentar Atual e Distribuição da Matéria Orgânica no Sistema Estuarino do Rios Capibaribe, Beberibe e Bacia do Pina (Recife-PE). Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Oceanografia - UFPE. 113p.
- Oliveira, C. R., 2010. Determinação de Biomarcadores e Compostos Organoestânicos em Amostras de sedimentos superficiais de tres Regiões Portuárias do Estado de Santa Catarina, Brasil. Tese de doutorado. Pós-graduação em Química. UFSC. 131p.
- Oliveira, F. P., 2007. Percepção Ambiental E Gestão Do Meio Ambiente De Toritama (Pe) – Estudo Da Percepção De Diferentes Atores Sociais Sobre O Rio Capibaribe. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Gestão e Políticas Ambientais - UFPE. 111p.
- Paranaguá, M. N., Neumann-Leitão, S., Nogueira-Paranhos, J. D., Silva, T. A., Matsumura-Tundisi, T., 2015. Cladocerans (branchiopoda) of a Tropical estuary in Brazil. *Braz. J. Biol.*, 65 (1): 107-115.
- Pedrerros, R., Howa, H. L., Michel, D., 1996. "Application of grain size trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas." *Marine geology*. 135 (1): 35-49.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper & Row, 3. ed., New York, NY, U.S.A. 628p.
- Pritchard, D. W., 1967. What is an Estuary: Physical Viewpoint. In: G. H. Lauff (Ed.); *Estuaries*. p.83. Washington DC: American Association for the Advancement of Science.
- Readman, J. W., Fillmann, G., Tolosa, I., Bartocci, J., Villeneuve, J. P., Catinni, C., Mee, L. D., 2002. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 44 (1): 48–62.
- Sarma, V. V. S. S., Arya, J., Subbaiah, C. V., Naidu, S. A., Gawade, L., Kumar, P. P., Reddy, N. P. C., 2012. Stable isotopes of carbon and nitrogen in suspended matter and sediments from the Godavari estuary. *Journal of Oceanography*, 68 (2): 307–319.

- Shepard, F. P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Research*, 24 (3).
- Silva, H. K. P., Macedo, S. J., Brayner, F. M. M., 2010. Avaliação das concentrações de metais traço nos sedimentos do Parque dos Manguezais, Região Metropolitana do Recife (RMR), Pernambuco, Brasil. *Tropical Oceanography Online*, 38 (2): 122–185.
- Solomons, T. W. G., Fryhle, C. B., 2001. *Química Orgânica*, 7ª edição, LTC – Livros técnicos científicos Editora S. A. 645p.
- Tyson, R. V., 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and polyfacies*. Chapman & Hall. 615p.
- USEPA - US Environmental Protection Agency, 1995. *Sediment Contamination*. P. 41 – 52.
- Wagener, A., Hamacher, C., Farias, C., Godoy, J. M., Scofield, A., 2010. Evaluation of tools to identify hydrocarbon sources in recent and historical sediments of a tropical bay. *Marine Chemistry*, 121(1-4): 67–79.
- Wang, X. C., Sun, S., Ma, H. Q., Liu, Y., 2006. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao, China. *Marine Pollution Bulletin*, 52 (2): 129–138.
- Xia, X.; Wang, R., 2008. Effect of sediment particle size on polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation: importance of the sediment-water interface. *Environmental toxicology and chemistry / SETAC*, v. 27, n. 1, p. 119–125.