

## **ANÁLISES DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DA ÁGUA DO ESTUÁRIO E RIO MARACAÍPE, PORTO DE GALINHAS, IPOJUCA – PE**

*Ana Maria Ribeiro Bastos da Silva<sup>1\*</sup>; Alex Souza Moraes<sup>2</sup>; Pedro Henrique Pessoa<sup>3</sup>; Pedro Henrique Tavares de França<sup>4</sup>; Rosana Beatriz Silveira<sup>5</sup>; Kátia Chagas Nunes<sup>6</sup>; Valdinete Lins da Silva<sup>7</sup>*

**Resumo** - O presente trabalho avaliou os componentes principais d'água do Estuário e Rio Maracaípe em Porto de Galinhas, Ipojuca –PE, com relação aos parâmetros físicos, químicos e biológico, empregando a técnica estatística de análise multivariada, a Análises dos Componentes Principais (ACP). Os parâmetros avaliados no monitoramento da qualidade da água do estuário e do rio Maracaípe, mostraram que as águas encontram-se com alguns parâmetros em desconformidade a especificação exigida pela Resolução CONAMA 357/2005. Pela ACP foi possível observar que os parâmetros estavam principalmente relacionados às condições naturais, matéria orgânica, sais, nutrientes e microorganismo estão influenciando a qualidade da água das amostras do estuário e do rio Maracaípe.

**Palavras-Chave:** Qualidade da água, Estuário e Rio Maracaípe, Análise de Componentes Principais.

## **PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF WATER ESTUARY AND RIVER MARACAÍPE, PORTO DE GALINHAS, IPOJUCA - PE**

**Abstract** - This study evaluated the major components of water River and Estuary Maracaípe in Porto de Galinhas, Ipojuca-PE, with respect to physical, chemical and biological parameters, using the statistical technique of multivariate analysis, Principal Component Analysis (PCA). The parameters evaluated in monitoring water quality of the estuary and river Maracaípe showed that the waters are in disagreement with some parameters required specification by CONAMA Resolution 357/2005. By PCA which was possible to observe that the parameters were mainly related to natural conditions, organic matter, salts, nutrients and microorganism are influencing the water quality of the samples the estuary and of the river Maracaípe.

**Keywords:** Water Quality, River and Estuary Maracaípe, Principal Component Analysis.

<sup>1</sup> Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco. Técnica de Laboratório no Departamento de Engenharia Química da UFPE. Av. Artur de Sá, SN. Cidade Universitária, Recife, PE. CEP: 50670-420 –Brasil – Tel: (81) 2126-7290. e-mail: amrbsilva@ig.com.br.

<sup>2</sup> Doutor em Geologia da UFPE. e-mail: alex.moraes@ufpe.br; alexsm75@hotmail.com.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Química da UFPE. e-mail: peu.pessoa@hotmail.com.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros s/n Dois Irmão Recife PE. cep: 52.071-030. e-mail: pedro\_franca92@hotmail.com.

<sup>5</sup> Doutora em Zoologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Pesquisadora responsável pelo Laboratório de Aqüicultura Marinha-LABAQUAC. e-mail: labaquac@yahoo.com.

<sup>6</sup> Geóloga pela UFBA. Especialista em Geofísica e Geologia Ambiental pela UFPA. Grente de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da Refinaria Abreu e Lima (RNEST) da Petrobrás (Petróleo Brasileiro S/A). e-mail: kakazinha\_chagas@hotmail.com, katiachagas@petrobras.com.br.

<sup>7</sup> Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas, Professora Titular do Departamento de Engenharia Química da UFPE. e-mail: leaq\_val@yahoo.com.br..

## 1 - INTRODUCTION

No Pontal de Maracaípe uma das principais atrações é o Cavalo-Marinho, atraindo, em média, 85 mil turistas ao ano, para realizar passeio de jangada no estuário e conhecer esta espécie em seu habitat natural. Este passeio é a principal fonte de renda de 50 famílias de pescadores que compõem a Associação de Jangadeiros do Pontal de Maracaípe.

As autoridades ambientais locais detectaram uma diminuição nos estoques naturais desse peixe no referido estuário em 1998. Desde então, o monitoramento da população de Cavalos-Marinhos do estuário do Rio Maracaípe vem sendo realizado pelo Projeto Hippocampus e foi confirmado forte declínio nos estoques naturais desse peixe. Os registros sobre a população de Cavalos-Marinhos do estuário do rio Maracaípe são desde 2001. O Projeto Hippocampus cuida da preservação dessas espécies e incentiva o turismo ecológico.

No município de Ipojuca, o bairro de Maracaípe sofre com problemas relacionados à supressão de áreas de mangue, disposição inadequada de resíduos sólidos, deficiência no saneamento básico e ocupação irregular. No interior do estuário a aproximadamente 2 Km, existe uma grande ocupação humana, ocorrendo o lançamento de efluentes domésticos diretamente no corpo d'água.

Com a perspectiva da preservação da população de Cavalos-Marinhos (*Hippocampus heide*) e de toda a comunidade do manguezal vem sendo realizado o monitoramento da qualidade da água do estuário e do Rio Maracaípe, a fim de correlacionar os parâmetros analisados e as fontes de poluições existentes próximas da água doce, do ambiente costeiro e marinho.

Este trabalho avaliou os componentes principais da qualidade da água do estuário e no Rio Maracaípe, com relação aos parâmetros físicos, químico e biológicos, em Porto de Galinhas, Ipojuca –PE, empregando como ferramenta estatística a Análise de Componentes Principais (ACP).

## 2 - MATERIAIS E MÉTODOS

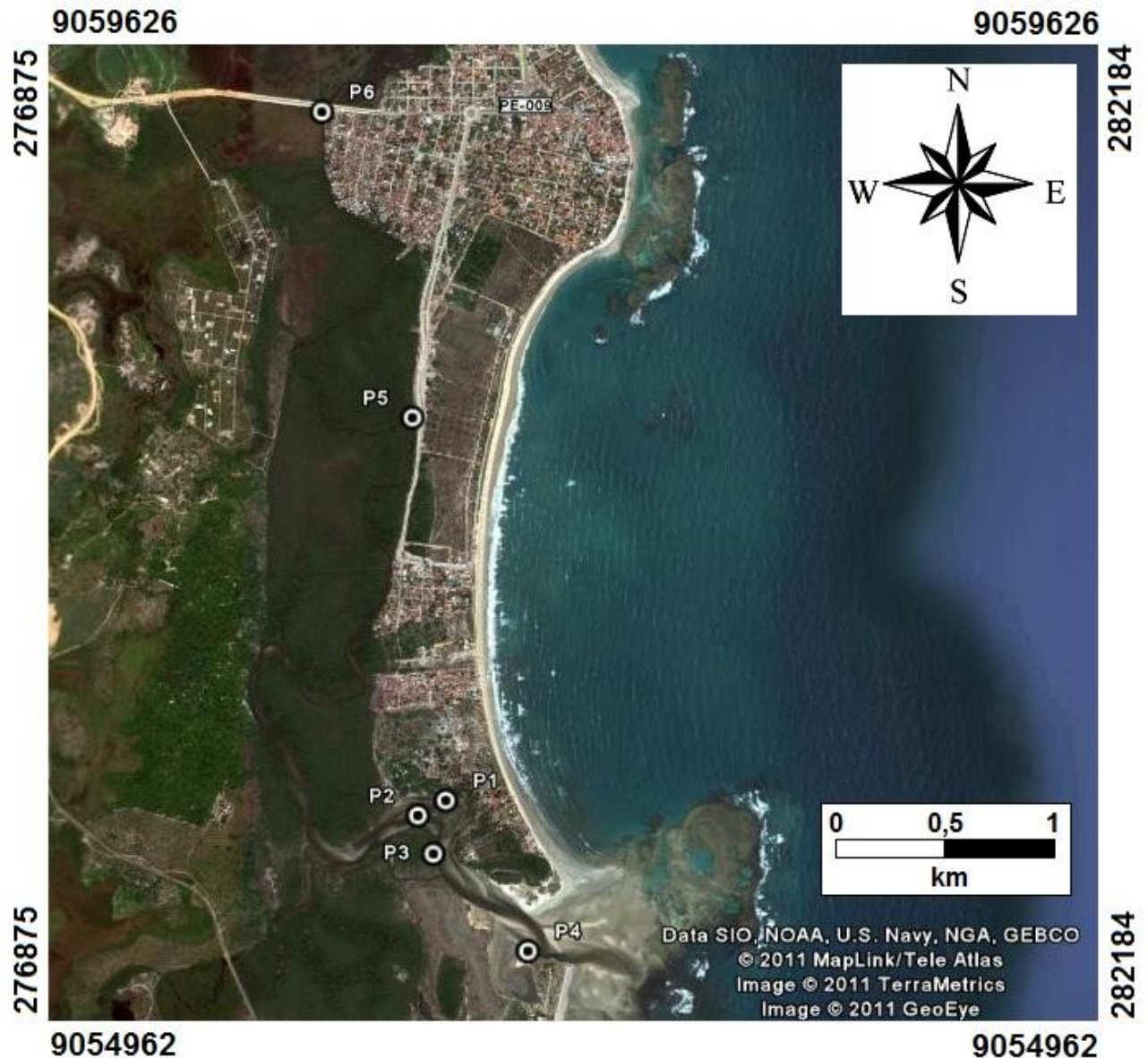
As amostras foram coletadas no estuário e rio Maracaípe (8°31'00" a 8°33'11" Latitudes S e 34°59'30" a 35°01'12" Longitudes W), localizado no município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco, há 52 Km da cidade Recife.

As coletas foram realizadas em quatro pontos do Estuário do rio Maracaípe (P<sub>1</sub> a P<sub>4</sub>) e dois pontos do Rio Maracaípe (P<sub>5</sub> e P<sub>6</sub>) na camada superficial da água, durante o período de baixa-mar diurna (Figura 1) nos períodos de estiagem (dezembro/12) e chuvoso (junho/2011, abril/2012, junho/2012 e abril/2013).

No Estuário, o monitoramento foi realizado em locais de ocorrência da população de cavalos-marinhos "*Hippocampus reidi*" com e sem visitação turística.

Para coleta, preservações e análises das amostras de água foram obedecidas as metodologias descritas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

A Figura 1 apresenta a vista aérea do Estuário e Rio Maracaípe, e os respectivos pontos de coletas.



**Figura 1** - Sistema Estuarino de Maracaípe, identificando as estações de coleta no Estuário e Rio Maracaípe, Ipojuca (PE, Brasil). Fonte: GeoEye imagens (2011).

A técnica estatística multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada para identificar quais os principais componentes da água, determinar a relação existente entre eles, extrair as informações mais significativas dessa relação, correlacionar os parâmetros ambientais analisados. Para a ACP foi utilizado o programa computacional *The Unscrambler® versão 9.2* (Copyright© 1986 – 2005 CAMO PROCESS AS).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSÕES

#### 3.1 - Avaliação de Qualidade da Água

As águas do Estuário do rio Maracaípe foram classificadas pela CPRH, órgão ambiental de Pernambuco, como águas salgadas de classe 1 segundo o CONAMA 357/2005. Os parâmetros avaliados no monitoramento da qualidade da água mostraram que se encontravam com oxigênio

dissolvido ( $\geq 6$  mg de  $O_2.L^{-1}$ ), amônia ( $\leq 0,49$  mg de  $N.L^{-1}$ ), nitrito ( $\leq 0,07$  mg de  $N.L^{-1}$ ), Fósforo total ( $\leq 0,062$  mg de  $P.L^{-1}$ ), *Coliformes Fecais* ( $\leq 1.000$  NMP.100mL<sup>-1</sup> em 80% de 6 amostra/ano) em desconformidade a especificação exigida pela Resolução.

As águas do rio Maracaípe mostraram que se encontravam com alguns parâmetros oxigênio dissolvido ( $\geq 5$  mg de  $O_2.L^{-1}$ ), amônia ( $\leq 0,49$  mg de  $N.L^{-1}$ ), fósforo total ( $\leq 0,062$  mg de  $P.L^{-1}$ ), *Coliformes Fecais* ( $\leq 200$  irrigação e  $\leq 1.000$  NMP.100mL<sup>-1</sup> em 80% de 6 amostra/ano) em desconformidade a especificação exigida pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas salobras de classe 1.

### 3.2 - Componentes principais da água do Estuário de Maracaípe, Ipojuca –PE.

A matriz total dos dados do monitoramento do Estuário de Maracaípe representada no espaço tem dimensões de 16 (oito) amostras por 25 (vinte e cinco) parâmetros.

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi aquele composto por 2 (dois) componentes explicando 75% da variância total das variáveis originais.

A equação 1 representa matematicamente uma combinação de todas as variáveis da primeira componente principal (CP1) que contém 56% da variação original dos dados.

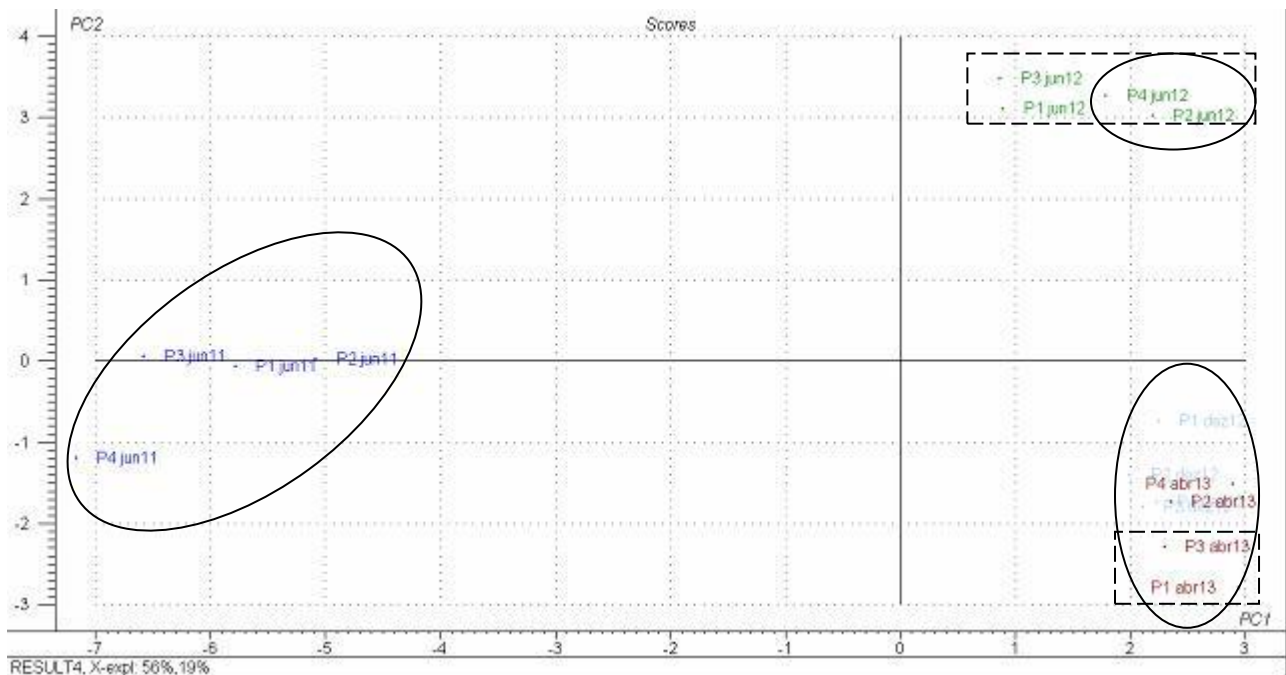
$$CP1 = 0,17 DQO - 9,7 \times 10^{-2} DBO + \mathbf{0,18 OD} + \mathbf{0,26 ST} + \mathbf{0,23 STV} + \mathbf{0,26 STF} + 0,11 pH + \mathbf{0,26 AlcT} + \mathbf{0,26 CE} + \mathbf{0,24 Temp} - \mathbf{0,20 Turb} + \mathbf{0,15 Cl} - \mathbf{0,13 SSed} - \mathbf{0,26 Cor} + 6,8 \times 10^{-2} NH_3 + 6,6 \times 10^{-2} NO_2 - \mathbf{0,25 P} + \mathbf{0,26 SO_4} + \mathbf{0,26 DT} + \mathbf{0,20 Ca} + \mathbf{0,26 Mg} + 7,4 \times 10^{-2} Na + 6,6 \times 10^{-2} K - \mathbf{0,24 CT} + 2,9 \times 10^{-2} CF \quad (1)$$

A segunda componente principal (CP2) é retida 19% da informação original, e pode ser representada matematicamente (equação 2), em termos dos pesos:

$$CP2 = - \mathbf{0,32 DQO} + \mathbf{0,21 DBO} - 3,6 \times 10^{-2} OD + 2,7 \times 10^{-2} ST - 0,13 STV + 4,6 \times 10^{-2} STF + \mathbf{0,26 pH} + 4,6 \times 10^{-3} AlcT + 3,9 \times 10^{-2} CE - 0,11 Temp - 0,12 Turb - 6,3 \times 10^{-2} Cl - 8,5 \times 10^{-2} SSed + 1,8 \times 10^{-2} Cor + 7,6 \times 10^{-2} NH_3 + \mathbf{0,38 NO_2} + 0,13 P - 5,4 \times 10^{-2} SO_4 + 4,1 \times 10^{-2} DT + 0,11 Ca + 2,3 \times 10^{-2} Mg + \mathbf{0,41 Na} + \mathbf{0,41 K} + 9,2 \times 10^{-2} CT + \mathbf{0,45 CF} \quad (2)$$

Nas equações destacam-se em **negrito** os maiores valores absolutos dos parâmetros que mais influenciam as CPs.

A Figura 2 mostra o gráfico dos escores das amostras na componente principal 1 *versus* a componente principal 2 caracterizando 75% das amostras do estuário conforme os parâmetros físico-químicos e microbiológicos.



**Figura 2** - Gráfico dos escores das amostras d'água do Estuário de Maracaípe na CP1 versus a CP2 conforme os parâmetros ambientais. As amostras estão representadas pelas cores: azul (primeira coleta = jun11), verde (segunda coleta = jun12), azul claro (terceira coleta = dez12) e marron (quarta coleta = abr13).

Na CP1, à esquerda, estão discriminadas as amostras da primeira coleta (junho/11), pelos altos valores de cor (amplitude de 64 a 72 Hazen), fósforo total (variância de 0,85 a 1,01 mg de P.L<sup>-1</sup>), *Coliformes totais* (8.600,0 a 37.300,0 NMP.100mL<sup>-1</sup>), turbidez (12,2 a 39,8 NTU) e sólidos sedimentáveis (<0,1 a 0,5 mL.L<sup>-1</sup>). Provavelmente devido a existência de uma grande ocupação humana aproximadamente 2 km para o interior do estuário, ocorrendo o lançamento de efluentes domésticos diretamente no corpo d'água.

No mesmo gráfico, à direita, estão discriminadas as amostras das demais coletas que são caracterizadas pelos altos valores de condutividade elétrica (38.800 a 39.600  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ), sólidos totais (35.747 a 41.647,5 mg.L<sup>-1</sup>), sólidos fixos (32.825 a 36.349,5 mg.L<sup>-1</sup>), dureza total (6.039,6 a 7.623,8 mg de CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>), cálcio (524,1 a 967,6 mg de Ca.L<sup>-1</sup>), magnésio (2.526,8 a 3.152,4 mg de Mg.L<sup>-1</sup>), alcalinidade total (107,0 a 124,9 mg de CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>), sulfato (3.627,0 a 4.901,0 mg de SO<sub>4</sub>.L<sup>-1</sup>), sólidos voláteis (2.922 a 5.890,5 mg.L<sup>-1</sup>), temperatura da água (29 a 31 °C), oxigênio dissolvido (3,96 a 6,24 mg de O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>) e cloreto (1.639,7 a 23.900 mg de Cl.L<sup>-1</sup>). Em Porto de Galinhas ocorre a influência terrígena com nutrientes carreados pelo rio Maracaípe no período chuvoso (Fonseca et al., 2002).

No referido gráfico, observa-se na CP2, na variação positiva acima da linha horizontal, as amostras da segunda coleta (junho/12) que apresentavam altas concentrações de *Coliformes fecais* (<10.000 a 10.000 NMP.100mL<sup>-1</sup>), sódio (12.095,7 a 15.890,3 mg de Na.L<sup>-1</sup>), potássio (374,1 a 462 mg de K.L<sup>-1</sup>), nitrito (0,05 a 0,08 mg de N.L<sup>-1</sup>), pH (7,66 a 8,15) e demanda bioquímica de oxigênio (0,59 a 43,6 mg de O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>).

Na variação negativa, abaixo da linha horizontal, localizam-se as amostras da terceira e quarta coleta (dez/12 e abr/13, respectivamente) por apresentar altos valores de demanda química de oxigênio (1.147,8 a 2.937,5 mg de O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>).

### 3.3 - Componentes principais da água do Rio Maracaípe, Ipojuca –PE.

A matriz total dos dados do monitoramento do Rio Maracaípe representada no espaço tem dimensões de 10 (dez) amostras por 25 (vinte e cinco) parâmetros.

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi aquele composto por 2 (duas) componentes explicando 66% da variância total das variáveis originais (Figura 3).

Na CP1 esta contida 47% da informação original que pode ser representada matematicamente por uma combinação linear de todos os pesos (equação 3):

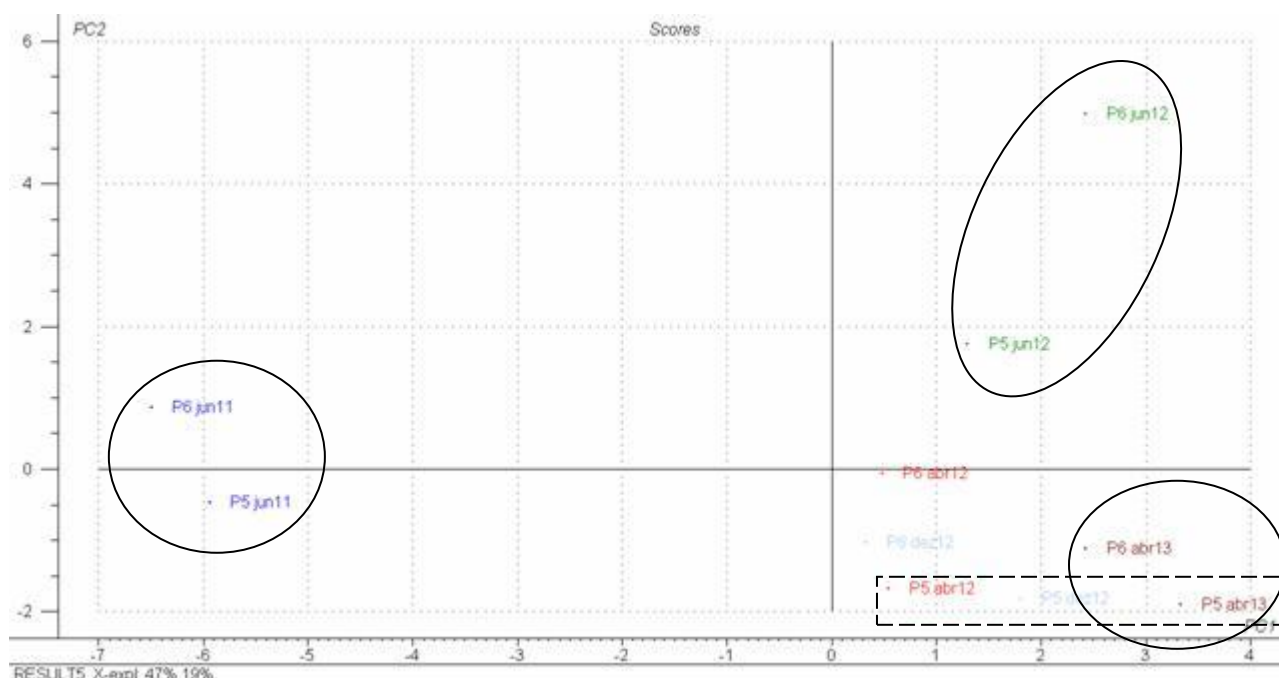
$$\text{CP1} = \mathbf{0,15 DQO} - \mathbf{0,275 DBO} + 3,33 \times 10^{-2} \text{OD} + \mathbf{0,255 ST} + 0,102 \text{STV} + \mathbf{0,278 STF} + 9,94 \times 10^{-2} \text{pH} + \mathbf{0,253 AlcT} + \mathbf{0,285 CE} + \mathbf{0,237 Temp} - \mathbf{0,236 Turb} + \mathbf{0,18 Cl} - 3,53 \times 10^{-2} \text{SSed} - \mathbf{0,279 Cor} + 8,50 \times 10^{-2} \text{NH}_3 - 8,23 \times 10^{-2} \text{NO}_2 - \mathbf{0,14 P} + \mathbf{0,198 SO}_4 + \mathbf{0,285 DT} + \mathbf{0,212 Ca} + \mathbf{0,283 Mg} + 0,119 \text{Na} + 0,124 \text{K} - \mathbf{0,237 CT} - 6,87 \times 10^{-2} \text{CF} \quad (3)$$

A CP2 explica 19% da informação original, e pode ser apresentada matematicamente como se segue (equação 4):

$$\text{CP2} = -\mathbf{0,254 DQO} - 4,83 \times 10^{-2} \text{DBO} + \mathbf{0,351 OD} + \mathbf{0,167 ST} + \mathbf{0,374 STV} - 0,118 \text{STF} + \mathbf{0,186 pH} - \mathbf{0,131 AlcT} - 5,16 \times 10^{-2} \text{CE} + \mathbf{0,137 Temp} + 1,74 \times 10^{-2} \text{Turb} - 0,101 \text{Cl} - 6,54 \times 10^{-2} \text{SSed} + 5,65 \times 10^{-2} \text{Cor} + \mathbf{0,378 NH}_3 + \mathbf{0,126 NO}_2 - 1,54 \times 10^{-3} \text{P} - 0,109 \text{SO}_4 - 1,19 \times 10^{-2} \text{DT} - 0,111 \text{Ca} + 1,41 \times 10^{-2} \text{Mg} + \mathbf{0,317 Na} + \mathbf{0,348 K} + 4,09 \times 10^{-2} \text{CT} + \mathbf{0,365 CF} \quad (4)$$

Nas equações destacam-se em **negrito** os maiores valores absolutos dos parâmetros que mais influenciam as CPs.

A Figura 3 mostra o gráfico dos escores das amostras na componente principal 1 *versus* a componente principal 2 caracterizando 66% das amostras do rio Maracaípe conforme os parâmetros físico-químicos e microbiológicos.



**Figura 3** - Gráfico dos escores das amostras d'água do Rio Maracaípe nas duas primeiras componentes. As amostras estão representadas pelas cores: azul (primeira coleta = jun11), vermelho (segunda coleta = abr12), verde (terceira coleta = jun12) azul claro (quarta coleta = dez12) e marron (quinta coleta = abr13).

Na CP1 (47%), à esquerda, estão discriminadas as amostras da primeira coleta (jun/11) pelos altos valores de cor (76 a 78 Hazen), demanda bioquímica de oxigênio (8 a 10 mg de  $O_2.L^{-1}$ ), *Coliformes totais* (30.100,0 a 62.700,0 NMP.100mL<sup>-1</sup>), turbidez (20,7 a 28,9 NTU) e fósforo total (0,86 a 1,0 mg de P.L<sup>-1</sup>). Na Bacia do Rio Maracaípe, o uso da água, destaca-se na recepção de efluentes domésticos e agro-industrial.

No gráfico, à direita do gráfico, caracteriza-se as amostras das demais coletas (abril/12 a abril/13) pelos altos valores de condutividade elétrica (31.500 a 39.900  $\mu S.cm^{-1}$ ), dureza total (5.439,1 a 6.831,7 mg de  $CaCO_3.L^{-1}$ ), magnésio (1.746,5 a 2.767,4 mg de  $Mg.L^{-1}$ ), sólidos voláteis (2.257 a 42.363 mg.L<sup>-1</sup>), sólidos totais (27.791,6 a 66.607,2 mg.L<sup>-1</sup>), alcalinidade total (86,4 a 144,8 mg de  $CaCO_3.L^{-1}$ ), temperatura da água (29 a 33,5 °C), cálcio (483,8 a 1.503,6 mg de  $Ca.L^{-1}$ ), sulfato (800,4 a 8.717,6 mg de  $SO_4.L^{-1}$ ), cloreto (1.043,5 a 22.600 mg de  $Cl.L^{-1}$ ) e demanda química de oxigênio (84,5 a 2.562,5 mg de  $O_2.L^{-1}$ ).

No referido gráfico, a CP2 (19%) distingui as amostras da terceira coleta (jun/12) diferenciam-se mais deslocadas para cima por apresentarem altas concentrações de demanda química de oxigênio (84,5 a 113,3 mg de  $O_2.L^{-1}$ ) e alcalinidade total (92,0 a 144,4 mg de  $CaCO_3.L^{-1}$ ). Hoje, o local sofre com problemas relacionados à supressão de áreas de mangue, disposição inadequada de resíduos sólidos, deficiência no saneamento básico e ocupação irregular.

As amostras P<sub>5</sub> da segunda, quarta e quinta coletas (abril/12, dezembro/12 e abril/13, respectivamente) mais deslocada para baixo apresentavam altas concentrações de amônia (0,04 a 0,05 mg de  $N.L^{-1}$ ), sólidos voláteis (3.256,8 a 3.909,5 mg.L<sup>-1</sup>), *Coliformes fecais* (1,0 a 4.750 NMP.100mL<sup>-1</sup>), oxigênio dissolvido (1,41 a 3,76 mg de  $O_2.L^{-1}$ ), potássio (2,2 a 5,3 mg de  $K.L^{-1}$ ), sódio (38,3 a 54 mg de  $Na.L^{-1}$ ), pH (6,7 a 7,41), sólidos totais (32.843 a 39.007 mg.L<sup>-1</sup>), temperatura da água (29 a 31 °C), nitrito (0,04 a 0,05 mg de  $N.L^{-1}$ ).

## 4 - CONCLUSÕES

Os parâmetros ambientais avaliados no monitoramento da qualidade das águas do Estuário e do Rio Maracaípe, mostraram que as águas encontravam-se com o pH conforme a especificação exigida pela Resolução CONAMA 357 (2005).

Pela Análise de Componentes Principais foi possível observar estatisticamente que as condições naturais (**OD e temperatura**), sais, nutrientes (fósforo e nitrogênio), matéria orgânica e microrganismos são os principais componentes das águas do Estuário e do rio Maracaípe de Maracaípe. Observou-se também que os parâmetros de qualidade d'água modificavam pela influência das variações sazonais e espaciais.

## 5 - REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH (APHA); ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF) (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>th</sup> edition, Washington. Part 1000 – 4000, pp. 4-138.

CAMO Software The Unscramber (2011). What is Multivariate Analysis ? An introduction to the principles and common models used in multivariate data analysis.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA) (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Brasília, de 17 de março de 2005. [Consultada: 03 de outubro de 2009]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html.pdf>

FONSECA, R.S.; PASSAVANTE, J.Z.O.; MARANHÃO, G.M.B.; MUNIZ, K. (2002). Ecossistema Recifal da Praia de Porto de Galinhas (Ipojuca, Pernambuco): Biomassa Fitoplanctônica e Hidrologia. Bol. Técn. Cient. CEPENE, v.10, n.1, p. 9-26.

Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS) - Refinaria do Nordeste Abreu e Lima (RNEST) (2010). Biologia e Cultivo dos Cavalos-Marinheiros (SYNGNATHIDAE: HIPPOCAMPUS) numa Perspectiva de Conservação dos Estoques Naturais e Educação Ambiental. Fase II (2010-2012). Projeto Hippocampus. Programa de Monitoramento Hippocampus. Ipojuca, 2010.