

## ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DE METAIS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DE MANGUEZAIS NA PORÇÃO NORTE DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA

Jaciara Barreto SANTOS<sup>1</sup>  
 Antônio Fernando de Souza QUEIROZ<sup>2</sup>  
 Joil José CELINO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geóloga, Mestre em Geoquímica e Meio Ambiente. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia – IGEO/UFBA. E-mail: jaciaraabs@gmail.com

<sup>2</sup> Geólogo, Doutor em Geoquímica. Professor Associado, Departamento de Geoquímica, Núcleo de Estudos Ambientais – NEA/IGEO/UFBA. E-mail: queiroz@ufba.br

<sup>3</sup> Geólogo, Doutor em Geologia Regional. Professor Adjunto, Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada, NEA/IGEO/UFBA. E-mail: joil@ufba.br

**RESUMO.** Como parte da avaliação ambiental dentro da Baía de Todos os Santos, localizada no Recôncavo Baiano, amostras de sedimentos do manguezal foram coletadas em seis (06) locais para determinar a distribuição espacial de poluentes antropogênicos na região São Francisco do Conde. A distribuição espacial de 11 metais nos sedimentos foi avaliada através da utilização de técnicas de estatística multivariada: análise de agrupamento e multidimensional. A área avaliada pode ser dividida em três regiões, com diferentes graus de poluição ambiental. Mesmo que a região interior seja a mais afetada pelas atividades humanas, a maioria dos parâmetros avaliados neste estudo indica que a área toda do porto é afetada. Os resultados apontaram que quase toda a área apresentou algumas substâncias que podem causar efeitos biológicos adversos, especialmente na região do interior.

**Palavras chaves:** estatística multivariada, metais, manguezais.

**ABSTRACT.** *Multivariate statistics of metals in mangrove surface sediments in the northern portion of the Todos os Santos Bay, Bahia.* As part of the environmental assessment within Todos os Santos Bay, located in Recôncavo Bahiano, sediments samples of the mangrove were collected at six (06) locations to determine the spatial distribution of anthropogenic pollutants in the São Francisco do Conde Region. The spatial distribution of 11 metals in the sediments has been assessed by use of the multivariate statistical techniques: cluster analysis and multidimensional scaling. The assessment can be divided into three regions, with different degree of environmental pollution. Even though the inner region is the most affected by human activities, most of the parameters investigated in this study indicate that the entire harbor area is impacted. The results pointed out that almost all the area presented some substances that can cause adverse biological effects, especially in the inner region.

**Keywords:** multivariate statistics, metals, mangroves.

### INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas que se desenvolvem na zona de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, submetidos à movimento das marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; QUEIROZ; CELINO, 2008a). Os manguezais são encontrados ao longo das costas tropicais e subtropicais em todos os continentes, com maior ocorrência na América Central, Latina e no Caribe, na Índia e na península Indo-China, no Brasil e na Austrália (SPALDING et al., 1997; BURKE et al., 2001). Os manguezais ocupam uma área total entre 160 mil e 181.000 km<sup>2</sup> através do mundo, com 46% ocorrendo na Ásia e na Indonésia (AKSORNKOAE, 1995; BURKE et al., 2001; LECTURER, 2004; SOUZA FILHO, 2005).

No Brasil, os manguezais se estendem ao longo de quase todo o litoral do país até a cidade de Laguna (Santa Catarina), e ocupam uma área de aproximadamente 13.400 km<sup>2</sup>, que corresponde a aproximadamente 50% dos manguezais nas Américas (ADAIME, 1987; KJERFVE; LACERDA, 1993; BURKE et al., 2001; SOUZA FILHO; 2005; QUEIROZ; CELINO, 2008b). Manguezais desempenham um papel importante na vida e na economia das regiões costeiras (LECTURER, 2004), gerando emprego e renda para muitas comunidades litorâneas ao redor do mundo. As águas de manguezais são ricas em fauna aquática, refúgio que prevê um grande número de peixes, moluscos e espécies de crustáceos (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990, BEHLING et al. 2000; LACERDA, 2001; VANNUCCI, 2003; MATOS et al., 2007). A biodiversidade da vegetação de mangue também é muito alta. Mangues chegam a crescer em

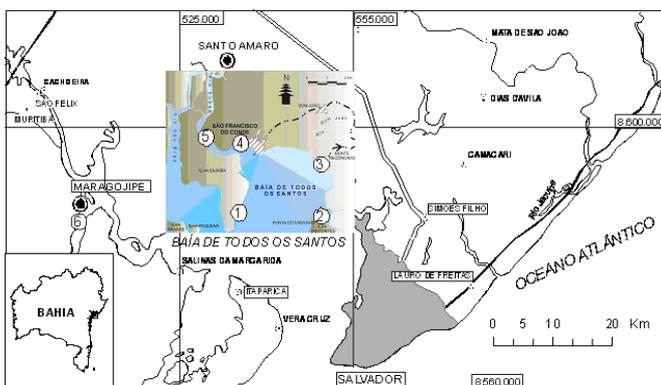
zonas estuarinas ao longo da costa em áreas protegidas da ação da maré e ventos fortes.

Altos níveis de metais em áreas costeiras e estuarinas freqüentemente são o resultado de atividades antrópicas tanto ao longo de margens dos estuários quanto nas bacias de foz. Quando partículas de poluentes reativos entram em águas estuarinas, tais como metais pesados, muitos são rapidamente absorvidos no material em suspensão e removidos para sedimentos de fundo (DE GROOT et al., 1976). Os sedimentos, portanto, indicam temporalmente a condição integrada do estuário passando a agir como um importante reservatório para metais com concentrações de metais ordens de grandeza superior da coluna de água sobrejacente. Numerosos documentos e relatórios foram escritos sobre diversos aspectos de metais em sedimentos costeiros (FÖRSTNER; WITTMANN, 1981 e FÖRSTNER; SALOMONS, 1980).

O presente estudo visa avaliar, do ponto de vista da estatística descritiva e multivariada, a geoquímica do substrato lamoso das regiões de manguezal da região de São Francisco do Conde, norte da Baía de Todos os Santos, a fim de auxiliar na compreensão dos processos geoquímicos em associação aos parâmetros físico-químicos que caracterizam a distribuição destes elementos traços nos sedimentos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área, cerca de 80 km<sup>2</sup>, situa-se no setor norte da Baía de Todos os Santos (Figura 1) e integra a Bacia Hidrográfica do Rio Subaé. A principal via de acesso à região, a partir de Salvador, é a BR-324, seguindo-se da capital até o entroncamento com a BA-592, quando se deve tomar a direção para Candeias, chegando-se ao município de São Francisco do Conde, após percorrer a distância de 80 Km desde a sede da Capital.

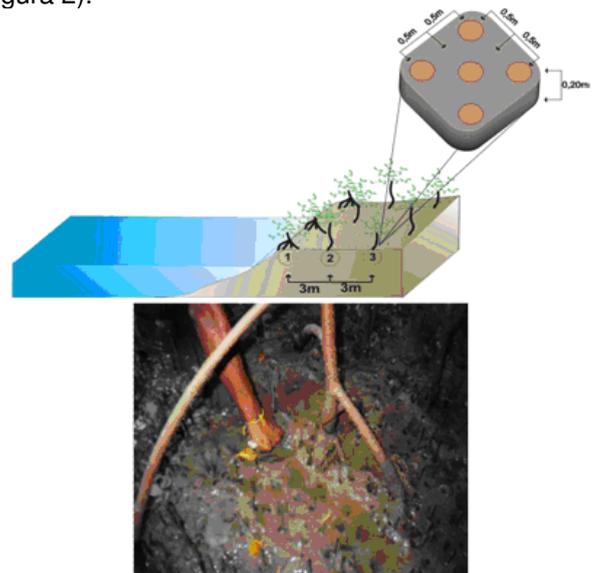


**Figura 1.** Mapa de situação e de localização das seis (06) estações de amostragem marcadas de 1 a 5 em São Francisco do Conde e 6 em Maragojipe, Bahia.

Com o auxílio de cartas planialtimétricas, tábuas de marés e de referências utilizadas para revisão bibliográfica, foram estabelecidas 05 (cinco) estações de amostragem em zonas de manguezal na Região de São Francisco do Conde, ao norte da Baía de Todos os Santos (Figura 1). Em Maragojipe, a estação foi denominada de Estação Controle, por estar em uma zona possivelmente livre dos problemas ambientais verificados na área pesquisada.

Em março/abril de 2001 foi realizada uma campanha de campo para o levantamento das condições gerais da área pesquisada, a coleta de amostras do substrato lamoso do manguezal, bem como a determinação de parâmetros não conservativos nas águas superficiais, em cada estação de amostragem. Os materiais e recipientes destinados a coleta foram lavados previamente utilizando detergente não fosfatado, água corrente e ácido clorídrico a 10% e finalmente, lavados com água destilada deionizada no Núcleo de Estudos Ambientais (NEA) do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Em cada estação foram determinados três pontos de amostragem, alinhados perpendicularmente à linha de costa (SANTOS, 2002). Em cada ponto de amostragem foi feita uma malha de cinco pontos, espaçados em torno de 0,5m um do outro. O sedimento foi coletado a uma profundidade de até 20 cm (sedimento superficial), com o auxílio de uma pá plástica. O material recolhido foi colocado num saco plástico de 100L, sendo misturado até obter uma homogeneidade e, por fim, foi retirada uma alíquota em torno de 2kg, compondo a amostra propriamente dita. Esse procedimento gerou 03 (três) amostras por estação e 18 (dezoito) no total (Figura 2).



**Figura 2.** Disposição dos pontos de amostragem das estações de coleta nas regiões de manguezal de São Francisco do Conde e Maragojipe-BA.

As análises dos metais Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, V, Ni, Ba, Fe, Al e Mn, foram realizadas nos Laboratórios do Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro (CETIND), do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), em Lauro de Freitas – BA. Utilizou-se a técnica de extração parcial com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> 1:1), na fração do sedimento <0,063mm, fazendo-se a digestão em microondas. As concentrações dos metais foram determinadas por Espectrometria de Absorção Atômica com chama, marca VARIAN, modelo AA 800.

A determinação do teor de matéria orgânica (M.O.) foi realizada seguindo-se o método gravimétrico de calcinação, proposto por LANARV (1988).

O teor de nitrogênio orgânico no sedimento, na fração <0,177mm, foi determinado pelo Método Kjeldahl por destilação a vapor, segundo a descrição da EMBRAPA (1997).

Os teores de enxofre total (S) no sedimento foram determinados conforme procedimento da EMBRAPA (1997), adaptado dos descritos por VITTI (1989).

Os resultados relativos às análises laboratoriais foram tabulados com tratamento estatístico pelo programa STATSOFT versão 7.0 Inc.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para análise dos dados obtidos, foram adotados métodos da estatística descritiva, utilizando-se: média, desvio padrão, valor máximo, valor mínimo (Tabela 1).

Os parâmetros analisados no sedimento de manguezal foram submetidos à análise de (1) variância inter-estações, (2) Variância intra-estações (Tabela 2). As comparações dos resultados foram feitas pelo Teste F unicaudal, com nível de significância de 95% ( $\alpha = 0,05$ ).

Os valores de F, para o TESTE 1 (igualdade entre as estações), evidenciaram que os parâmetros analisados apresentam distribuição diferenciada entre as estações amostradas (Tabela 2). Dentre essas estações, pelo menos a estação 6 (Maragojipe) é diferente das outras cinco estações em São Francisco do Conde, exceto para o Cr, Al, Argila e Silte. No TESTE 2 (igualdade entre os pontos de amostragem), os parâmetros apresentam a mesma distribuição entre os pontos amostrados; podendo-se mencionar que até a dimensão estabelecida entre os sedimentos de manguezal não há diferença relevante entre os três pontos das estações, com relação aos parâmetros analisados (Tabela 2).

A análise das dependências foi obtida a partir da matriz de coeficientes de correlação de Pearson (Figura 3) dos cátions Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, V, Ni, e Ba, além do Al, como indicador de

argilominerais; Fe e Mn como indicadores de óxi-hidróxidos; M.O., C, N, pH, frações granulométricas como: areia, silte e argila como indicadores de compartimentos do substrato e enxofre (S) como indicador de sulfetos. Determinaram-se ainda os graus de liberdade (g.l.) = 16, com a admissão de um nível de significância de 95% ( $\alpha = 0,05$ ) e um valor crítico de r (coeficiente de correlação) de 0,468.

Observando a matriz de correlação (Figura 3), nota-se que os elementos Cr, V, Ni, Ba, Fe, Al, Mn, S e o pH, apresentaram uma correlação positiva relativamente elevada entre si. Os elementos Pb, Cd e Zn, também apresentaram correlações positivas relativamente significativas entre si. Tais correlações indicam, muito provavelmente, a influência de atividades antrópicas que são verificadas na região do baixo Subaé. Tais processos, notadamente aqueles provenientes do beneficiamento do minério de Pb que ocorreu durante muitos anos nas imediações do município de Santo Amaro, ainda vêm contribuindo de forma significativa nas condições ambientais da zona da foz do rio Subaé.

Algumas das correlações positivas elevadas demonstradas na Figura 3 (efetuadas com o Fe, o Mn e o Al) permitiram indicar que os elementos Cr, V, Ni e Ba podem estar fixados ao sedimento de manguezal na região de São Francisco do Conde associados aos argilo-minerais, ou co-precipitados aos oxi-hidróxidos de Fe e Mn.

A análise de agrupamento visa identificar possíveis grupos homogêneos de amostras (Figura 4A), como também detectar semelhança entre variáveis. A Figura 4(B) mostra o resultado analítico de 15 amostras de sedimento de manguezal, coletadas na região de São Francisco do Conde, analisadas para 19 variáveis: Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, V, Ni, Ba, Al, Fe, Mn, M.O., C, N, S, pH, Areia, Silte, Argila.

Os teores de nutrientes e metais apresentam um padrão de distribuição condicionado pelas características sedimentares e hidrodinâmicas do estuário (FREIRE et al., 2005). Em geral, as menores concentrações são encontradas nas áreas rasas marginais, onde predominam sedimentos arenosos (Tabela 1).

Na Figura 4(A), que relaciona a estação com as amostras, observa-se dois grandes grupos, o que permitiu identificar dois ambientes distintos na região estudada: um ambiente com maior influência de águas fluviais, associável provavelmente às atividades industriais e urbanas às margens do rio Subaé, situado na porção norte da área em estudo, representado pelas Estações 4 e 5 (amostras: 10, 11, 12, 13, 14, 15); e outro ambiente de maior influência marinha, possivelmente afetada pelas atividades industriais petrolíferas, situado na porção sul da área, representado pelas Estações 1 e 2 (amostras 1,

**Tabela 1.** Parâmetros físico-químicos em água superficial e valores de pH, classificação granulométrica e concentração de metais em sedimentos de manguezal das regiões de São Francisco do Conde (estações de 1 a 5) e de Maragogipe (estação 6) - Bahia.

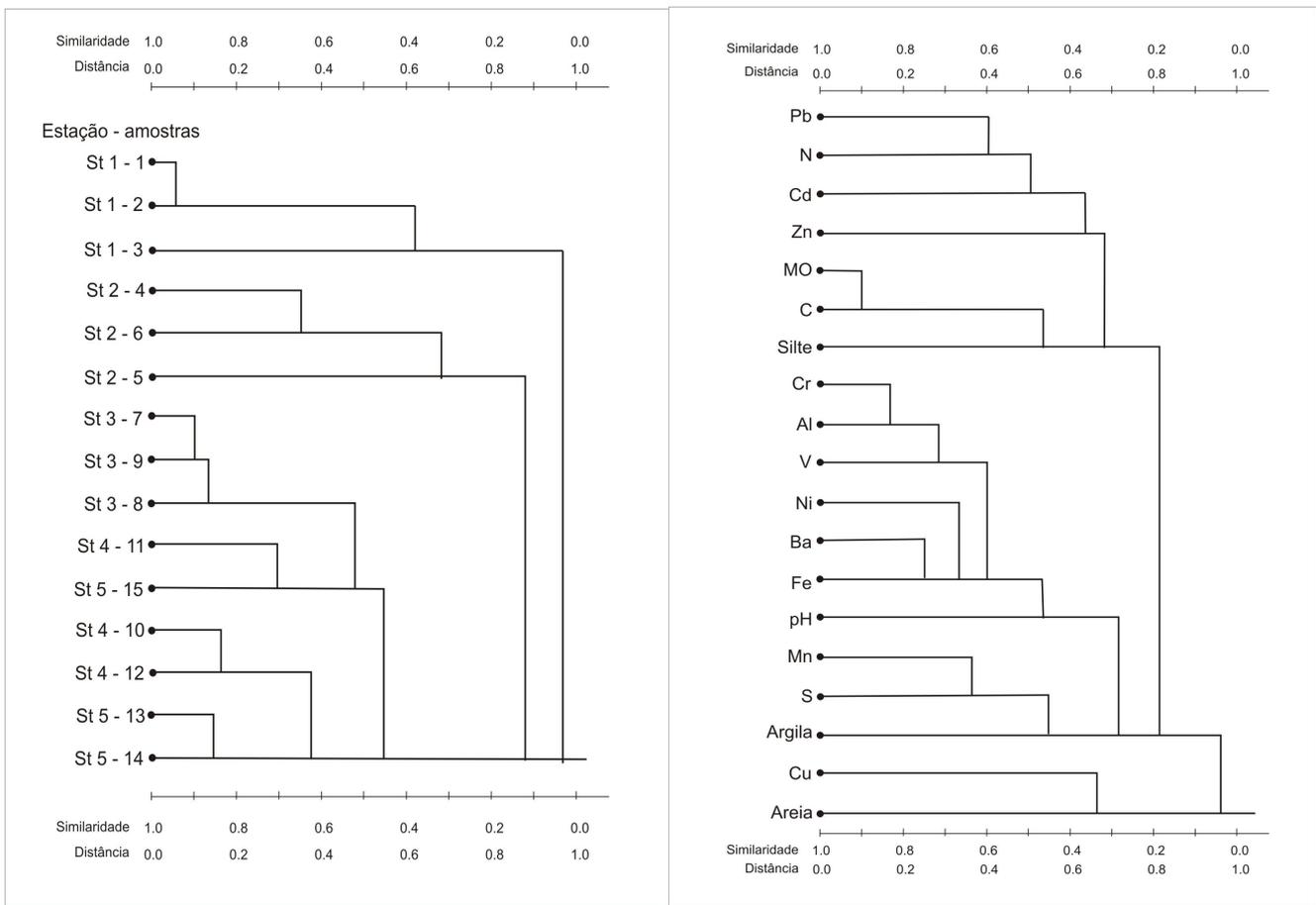
Estação/Nome	pH (KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	Δ pH	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Pb (μg/g)	Cd (μg/g)	Zn (μg/g)	Cu (μg/g)	Cr (μg/g)	V (μg/g)	Ni (μg/g)	Ba (μg/g)	Mn (μg/g)	Fe (%)	Al (%)	S (%)	M.O (%)	C (%)	N (%)	C/N
1 ILHA CAJAÍBA	7,69	8,00	-0,31	15	13	10	62	10	<0,04	87	56	80	110	39	655	589	6,20	7,40	4,48	26,63	15,46	0,06	258
	7,68	8,04	-0,36	20	10	3	67	11	<0,04	89	56	80	117	40	704	523	6,67	7,36	4,14	24,52	14,22	0,06	237
	7,56	7,75	-0,19	25	13	26	36	10	0,75	87	55	66	96	40	420	290	5,51	5,38	2,28	37,92	21,99	0,09	244
Média (n=3)	7,64	7,93	-0,29	20,00	12,00	13,00	55,00	10,33	0,276	87,67	55,67	75,33	107,67	39,67	593	467,33	6,13	6,71	3,63	29,69	17,22	0,07	246,33
2 FZ. ENGENHO	6,02	6,15	-0,13	84	3	3	10	18	<0,04	78	41	61	68	25	124	142	3,47	5,95	0,89	17,47	10,29	0,09	114
	6,96	7,06	-0,10	45	5	5	45	29	<0,04	102	83	34	38	24	71	255	3,15	2,36	1,63	28,51	16,54	0,09	184
	6,55	6,78	-0,23	54	4	1	41	24	<0,04	87	52	57	61	24	80	169	3,44	5,13	1,54	30,58	17,74	0,09	197
Média (n=3)	6,51	6,66	-0,15	61,00	4,00	3,00	32,00	23,66	0,020	89	58,67	50,67	55,67	24,33	91,67	188,67	3,35	4,48	1,35	25,52	14,86	0,09	165,00
3 D.JOÃO	7,17	7,37	-0,2	1	10	12	76	18	0,06	99	45	68	66	33	156	438	4,16	5,29	2,77	54,31	31,5	0,09	350
	7,13	7,54	-41	1	10	22	67	23	0,12	95	46	69	74	31	145	287	3,84	5,83	2,76	49,89	28,94	0,10	289
	7,18	7,44	-0,26	1	11	23	65	21	0,05	95	47	71	75	32	131	499	4,17	6,02	2,95	52,40	30,39	0,09	338
Média (n=3)	7,16	7,45	-0,29	1,00	10,33	19,33	69,33	20,67	0,08	96,33	46,00	69,33	71,67	32,00	144,00	408,00	4,06	5,71	2,83	52,20	30,28	0,09	325,67
4 S.F. CONDE	7,29	7,50	-0,21	1	4	7	88	27	0,95	93	40	58	61	24	147	294	4,04	5,10	3,09	38,78	22,49	0,16	141
	6,96	7,09	-0,13	1	8	29	62	30	1,43	105	43	74	89	28	149	302	4,29	7,15	2,59	45,86	26,60	0,17	156
	7,08	7,22	-0,12	1	4	14	81	31	1,50	102	43	54	63	24	122	338	4,48	4,00	2,64	43,48	25,22	0,17	148
Média (n=3)	7,11	7,27	-0,15	1,00	5,33	16,67	77,00	29,33	1,29	100,00	42,00	62,00	71,00	25,33	139,33	311,33	4,27	5,42	2,77	42,71	24,77	0,17	148,33
5 RIO SUBAÉ	6,55	6,62	-0,07	1	4	9	86	29	0,74	88	38	33	36	23	50	511	3,14	2,42	3,03	44,55	25,84	0,21	123
	6,60	6,73	-0,13	1	5	12	82	30	0,77	90	38	37	38	21	53	286	3,25	2,75	3,05	49,16	28,51	0,20	143
	6,35	6,43	-0,08	1	7	17	75	32	0,92	116	47	66	80	28	74	370	4,56	6,10	3,22	38,33	22,23	0,19	117
Média (n=3)	6,50	6,59	-0,09	1,00	5,33	12,67	81,00	30,33	0,81	98,00	41,00	45,33	51,33	32,00	59,00	389,00	3,65	3,76	3,10	44,01	25,53	0,20	127,67
<b>Mín</b>	<b>6,02</b>	<b>6,15</b>	<b>0,07</b>	<b>1,00</b>	<b>4,00</b>	<b>3,00</b>	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>	<b>&lt;0,04</b>	<b>78</b>	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>21</b>	<b>50</b>	<b>141</b>	<b>3,14</b>	<b>2,36</b>	<b>0,89</b>	<b>17,47</b>	<b>10,29</b>	<b>0,06</b>	<b>114,00</b>
<b>Máx</b>	<b>7,69</b>	<b>8,04</b>	<b>0,41</b>	<b>84,00</b>	<b>13,00</b>	<b>29,00</b>	<b>88,00</b>	<b>32,00</b>	<b>1,5</b>	<b>116</b>	<b>83</b>	<b>80</b>	<b>117</b>	<b>40</b>	<b>704</b>	<b>589</b>	<b>6,67</b>	<b>7,40</b>	<b>4,48</b>	<b>54,31</b>	<b>31,5</b>	<b>0,21</b>	<b>350,00</b>
<b>Média (n=15)</b>	<b>6,98</b>	<b>7,18</b>	<b>-0,20</b>	<b>16,80</b>	<b>7</b>	<b>12,57</b>	<b>62,87</b>	<b>22,86</b>	<b>0,493</b>	<b>94,2</b>	<b>48,67</b>	<b>60,53</b>	<b>71,47</b>	<b>29,07</b>	<b>205,4</b>	<b>352,87</b>	<b>4,29</b>	<b>5,22</b>	<b>2,74</b>	<b>38,83</b>	<b>22,53</b>	<b>0,12</b>	<b>202,62</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,49</b>	<b>0,56</b>	<b>0,10</b>	<b>25,39</b>	<b>3,89</b>	<b>9,10</b>	<b>21,60</b>	<b>8,02</b>	<b>0,54</b>	<b>9,3</b>	<b>11,28</b>	<b>15,57</b>	<b>24,48</b>	<b>6,46</b>	<b>211,58</b>	<b>132,56</b>	<b>1,08</b>	<b>1,67</b>	<b>0,92</b>	<b>11,16</b>	<b>6,45</b>	<b>0,05</b>	<b>79,20</b>
6 MARAGOJIPE	6,37	6,62	-0,25	40	13	26	21	10	<0,04	58	20	62	61	20	74	126	3,92	5,36	1,86	47,88	27,77	0,05	555
	6,09	5,95	0,14	60	5	8	27	8	0,09	43	19	45	46	15	59	112	2,83	3,63	1,57	33,06	19,17	0,05	383
	5,90	5,59	0,31	59	4	8	29	8	<0,04	50	25	63	61	18	88	87	3,66	6,11	1,48	28,00	16,24	0,05	325
<b>Mín</b>	<b>5,90</b>	<b>5,59</b>	<b>0,14</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>&lt;0,04</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>15</b>	<b>59</b>	<b>86</b>	<b>2,83</b>	<b>3,63</b>	<b>1,48</b>	<b>28</b>	<b>16,24</b>	<b>0,05</b>	<b>325,00</b>
<b>Máx</b>	<b>6,37</b>	<b>6,62</b>	<b>0,31</b>	<b>60</b>	<b>13</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>0,09</b>	<b>90</b>	<b>25</b>	<b>63</b>	<b>61</b>	<b>20</b>	<b>88</b>	<b>126</b>	<b>3,92</b>	<b>6,11</b>	<b>1,86</b>	<b>47,88</b>	<b>27,77</b>	<b>0,05</b>	<b>555,00</b>
<b>Média (n=3)</b>	<b>6,12</b>	<b>6,05</b>	<b>0,23</b>	<b>53</b>	<b>7,33</b>	<b>14</b>	<b>25,66</b>	<b>8,67</b>	<b>0,043</b>	<b>50,33</b>	<b>22,67</b>	<b>56,67</b>	<b>56</b>	<b>17,67</b>	<b>73,67</b>	<b>108,33</b>	<b>3,47</b>	<b>5,03</b>	<b>1,64</b>	<b>36,31</b>	<b>21,06</b>	<b>0,05</b>	<b>421,2</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,24</b>	<b>0,52</b>	<b>0,09</b>	<b>10,14</b>	<b>4,93</b>	<b>10,4</b>	<b>4,16</b>	<b>0,85</b>	<b>7,53</b>	<b>37,86</b>	<b>3,37</b>	<b>10,08</b>	<b>8,37</b>	<b>2,73</b>	<b>14,72</b>	<b>19,99</b>	<b>0,57</b>	<b>1,27</b>	<b>0,2</b>	<b>10,33</b>	<b>5,99</b>	<b>0,00</b>	<b>119,86</b>

**Tabela 2.** Valores de F calculados a partir das análises de variância com critério duplo entre as estações de amostragem das regiões de São Francisco do Conde e de Maragojipe – Bahia.

Metais	TESTE 1 (entre estações)			TESTE 2 (entre pontos)		
	F calculado	F Tabelado (k-1); k-1) x (n-1) (5; 10)	Grau de Liberdade (k-1)	F calculado	F Tabelado (n-1); k-1) x (n-1) (2; 10)	Graus de liberdade (n-1)
Pb	44,20	3,33	5	2,37	4,10	2
Cd	21,28	3,33	5	2,30	4,10	2
Zn	11,97	3,33	5	0,51	4,10	2
Cu	5,53	3,33	5	0,78	4,10	2
Cr	2,43	3,33	5	0,40	4,10	2
V	5,22	3,33	5	0,25	4,10	2
Ni	34,27	3,33	5	0,41	4,10	2
Ba	30,76	3,33	5	1,08	4,10	2
Mn	6,06	3,33	5	0,68	4,10	2
Fe	12,46	3,33	5	0,53	4,10	2
Al	1,23	3,33	5	0,23	4,10	2
S	7,72	3,33	5	0,64	4,10	2
MO	5,71	3,33	5	0,00	4,10	2
C	5,73	3,33	5	0,00	4,10	2
N	114,48	3,33	5	0,19	4,10	2
pH	15,51	3,33	5	0,45	4,10	2
Argila	0,00	3,33	5	0,88	4,10	2
Silte	0,40	3,33	5	0,80	4,10	2
Areia	24,56	3,33	5	0,16	4,10	2

	Pb	Zn	Cr	Cu	Cd	V	Ni	Ba	Fe	Al	Mn	MO	C	N	pH	S <sub>T</sub>	Argila	Silte	Areia	
Pb	1,00																			
Zn	0,60	1,00																		
Cr	-0,60	0,02	1,00																	
Cu	-0,22	0,12	-0,08	1,00																
Cd	0,57	0,45	-0,17	-0,43	1,00															
V	-0,71	-0,07	0,92	0,09	-0,12	1,00														
Ni	-0,85	-0,14	0,77	0,23	-0,32	0,87	1,00													
Ba	-0,83	-0,34	0,64	0,26	-0,28	0,84	0,86	1,00												
Fe	-0,70	-0,06	0,75	0,16	-0,06	0,92	0,88	0,93	1,00											
Al	-0,55	-0,02	0,97	-0,09	-0,16	0,91	0,68	0,61	0,70	1,00										
Mn	-0,32	0,08	0,32	-0,02	-0,11	0,39	0,55	0,54	0,56	0,24	1,00									
MO	0,38	0,43	-0,10	-0,44	0,35	-0,29	-0,12	-0,43	-0,28	-0,22	0,20	1,00								
C	0,38	0,43	-0,10	-0,44	0,35	-0,29	-0,12	-0,43	-0,28	-0,22	0,20	1,00	1,00							
N	0,80	0,40	-0,52	-0,55	0,79	-0,52	-0,64	-0,58	-0,44	-0,47	-0,07	0,43	0,43	1,00						
pH	-0,58	-0,05	0,49	0,31	-0,09	0,60	0,74	0,74	0,74	0,37	0,55	0,09	0,08	-0,46	1,00					
S <sub>T</sub>	-0,24	0,14	0,40	-0,12	0,08	0,49	0,52	0,61	0,66	0,35	0,85	0,18	0,18	0,07	0,61	1,00				
Argila	0,43	0,45	-0,13	-0,37	0,44	-0,18	-0,13	-0,11	0,02	-0,21	0,53	0,64	0,63	0,59	0,24	0,67	1,00			
Silte	0,06	0,41	0,32	-0,22	0,44	0,26	0,28	-0,07	0,13	0,25	0,11	0,64	0,64	0,19	0,23	0,13	0,15	1,00		
Areia	-0,40	-0,54	0,00	0,41	-0,55	0,07	0,01	0,12	-0,07	0,09	-0,50	-0,79	-0,79	-0,58	-0,30	-0,64	-0,93	-0,49	1,00	

**Figura 3.** Matriz dos coeficientes de Pearson (r), calculados entre as concentrações dos metais Pb, Zn, Cr, Cu, Cd, V, Ni, Ba e os suportes geoquímicos: Al, Fe, Mn, M.O., argila, silte, areia e S associados ao substrato de manguezal da região de São Francisco do Conde – Bahia.



**Figura 4.** Dendrograma pelo método de Ward, utilizando-se distâncias euclidianas como medida de similaridade entre amostras por estação (A) e os elementos químicos (B) do sedimento de manguezal da região de São Francisco do Conde – Bahia.

2, 3, 4, 5, 6). As amostras 7, 8 e 9 (estação 3), apresentaram situação intermediária. Além disso, observou-se que as três amostras de cada uma das cinco estações tendem a formarem subgrupos.

Na Figura 4(B), que relaciona os elementos químicos dosados no sedimento, apresenta dois grandes grupos entre as variáveis analisadas. Um grupo formado pelas variáveis Pb, Cd, Zn, N, C, M.O. e silte e outro formado por Cr, Al, V, Ni, Ba, Fe, Mn, S, pH e argila. Isto demonstra que estes elementos têm o mesmo comportamento ou provêm da mesma fonte. Esse resultado mostrou-se compatível com o resultado apresentado na Figura 4(A).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise de agrupamento e dentre outros aspectos, sugere-se que o grupo que contém os elementos Pb, Cd, Zn, N, C e o parâmetro matéria orgânica sejam compatíveis ao ambiente identificado na região de São Francisco do Conde, que apresenta uma maior influência

das águas do rio Subaé, representado principalmente pelas Estações 4 e 5. Assim como, pode-se inferir que os elementos Pb, Cd e Zn estejam fixados ao sedimento de manguezal, complexados a matéria orgânica.

O grupo que contém os elementos Cr, Al, V, Ni, Ba, Fe, Mn, S, e os parâmetros pH e argila correspondente ao ambiente identificado como de maior influência das atividades industriais relacionadas à área pesquisada, está associado notadamente às estações 1, 2 e 3. O pH foi o único parâmetro importante, o que demonstra seu papel secundário como condicionante da distribuição de metais nos sedimentos do estuário. Essa menor importância pode ser atribuída a valores relativamente elevados de pH, mas de variabilidade reduzida. A presença do Al, do Fe, do Mn e do S, nesse grupo, sugere que o Cr, V, Ni e Ba estejam fixados no substrato de manguezal da região de São Francisco do Conde, associados aos argilo-minerais, ao composto de enxofre como também co-precipitados aos oxidrilos de Fe e Mn. De fato, os óxidos e hidróxidos concentram a maior parte dos metais nos sedimentos da região estuarina do Rio Subaé. Embora vários desses metais sejam

enriquecidos na região estuarina, a análise de agrupamentos indica que as fases geoquímicas naturais são mais importantes no condicionamento da sua distribuição do que os aportes antrópicos.

## REFERÊNCIAS

- ADAIME, R.R. Estrutura, produção e transporte em um manguezal. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1, 1987, São Paulo. **Síntese dos Conhecimentos**, São Paulo: ACIESPE, 1987. p. 80–99.
- AKSORNKOAE, S. Problems of mangrove degradation in ecology and management of mangrove restoration and regeneration in east and southeast Asia. In: PROCEEDINGS OF THE ECOTONE, 1995, Surat Thani, 1995. **Extend Abstract ...**, Thailand: FAO, 1995. p. 97–103.
- BEHLING, H., COHEN, M.C.L., LARA, R.J. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brasil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 167, p. 225–242, 2000.
- BURKE, L., KURA, Y., KASSEM, K., REVENGA, C., SPALDING, M., MCALLISTER, D. **Pilot analysis of global ecosystems: Coastal Ecosystems.**, Washington, DC: World Resources Institute, 2001, 77 p. Disponível em: <<http://www.wri.org/wr2007>> Acesso em: 14 ago. 2007.
- DE GROOT, A.J., SALOMONS, W., ALLERSMA, E. Processes affecting heavy metals in estuarine sediments. In: BURTON, J.D., LISS, P.S. (Eds.), **Estuarine chemistry**. New York: Academic Press, 1976. p. 131–157.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos - **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 211p. 1997.
- FÖRSTNER, U., SALOMONS, W. Trace metal analysis in polluted sediments. Part I: Assessment of sources and intensities. **Environ. Sci. Technol.**, v.1, p. 494–505, 1980.
- FÖRSTNER, V., WITTMANN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**. New York: Springer Verlag, 1981. 486 p.
- FREIRE, G. S. S.; GOMES, R.B.; QUEIROZ, A. F. S.; CELINO, J.J. Análise da circulação estuarina superficial através de dispersantes artificiais como base para modelagem hidrodinâmica na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL PIATAM, 1, 2005, Manaus. **Anais ...** Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2005. p.179.
- KJERFVE, B., LACERDA, L.D. Mangroves of Brazil Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions Part I. **Latin Okinawa**, America, p. 245–272, 1993.
- LACERDA, L.D. Uso potencial de manguezais como mitigadores da contaminação por metais pesados em ambientes costeiros tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 53, 2001, Salvador. **Anais ...** São Paulo: SBPC, 2001.p. 1–7.
- LACERDA, L.D. Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems, **ISME Mangrove Ecosystems Occasional Papers**, n. 2, International Society for Mangrove Ecosystems, 65p. 1998.
- LANARV – Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária – Métodos Oficiais, p. 76-78. 1988.
- LECTURER, N.W.O. **Changes in habitat conditions and conservation of mangrove ecosystem in Myanmar: a case study of Pyindaye Forest Reserve, Ayeyarwady delta**. Status Report for MAB Young Scientist Award, 2004. 15 p.
- MATOS, T.B., BERNINI, E., REZENDE, C.E. Decomposição de folhas de *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa* do manguezal do estuário do rio Paraíba do sul, Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 12, 2007, Florianópolis. **Anais....** São Paulo: CBA, 2007. p. 12-13.
- QUEIROZ, A. F. de S.; CELINO, J. J. (Org.). **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos**. 1. ed. Salvador: UFBA, 2008a. 300 p.
- QUEIROZ, A. F. S. ; CELINO, J. J. . Manguezais e Ecossistemas Estuarinos da Baía de Todos os Santos. In: QUEIROZ, A. F. de; CELINO, J. J. (Org.). **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos**. 1 ed. Salvador: UFBA, 2008b, p. 39-58.

SALOMONS, W., KERDIJK, H., van PAGU, H., KLOMP, R., SCHREUR, A. Behaviour and impact assessment of heavy metals in estuarine and coastal zones, In: SALOMONS, W.; FORSTNER, U. (Org.) **Metals in coastal environments of Latin America**, Berlin: Springer-Verlag, p. 157-198, 1988.

SANTOS, J.B. **Estudos geoquímicos em substrato lamoso de zonas de manguezal da Região de São Francisco do Conde – Recôncavo Baiano**: subsídios a um programa de diagnóstico e monitoramento ambiental para regiões de manguezal influenciadas por atividades petrolíferas. 2002. 152p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o sistema manguezal**. São Paulo: IOC/USP, v. 7, p. 1–16, 1989. (Publicação Especial do Instituto Oceanográfico).

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRON, G., ADAIME, R.R., CAMARGO, T.M. Variability of the mangrove ecosystem along the Brazilian coast. **Estuaries**, v. 13, n. 2, p. 204–219, 1990.

SOUZA FILHO, P.W.M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 427–435, 2005.

SPALDING, M., BLASCO, F., FIELD, C.D. **World mangrove atlas**. Okinawa, Japan: International Society for Mangrove Ecosystems, 1997. 178p.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. 296 p.

VITTI, G.C. Avaliação e interpretação do enxofre no solo e planta. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1989. 110 p.