

6 Resultados e Discussão

6.1 Compostos butílicos de estanho nos sedimentos da Baía de Todos os Santos.

Os resultados obtidos para os compostos butílicos de estanho para nos sedimentos superficiais da Baía de Todos os Santos encontram-se na tabela 6.1 em ng g^{-1} de Sn.

Tabela 6.1. Concentrações dos compostos butílicos de estanho, como Sn, em ng g^{-1} sedimento (peso seco) determinadas por GC-PFPD. L.D : Limite de detecção.

| <i>Média das duplicatas das amostras corrigidas pelo sub-rogado TPrT</i> | <i>Concentração (como Sn) expressa em ng g^{-1} sedimento (peso seco)*</i> | | | Σ BTs | % TBT |
|--|--|-----------------|-----------------|--------------|------------|
| | TBT | DBT | MBT | | |
| 1 | 13,48 | < L.D | < L.D | 13,48 | 100 |
| 2 ** | 11,66 | < L.D | < L.D | 11,66 | 100 |
| 3 ** | 12,12 | < L.D | < L.D | 12,12 | 100 |
| 4 ** | 9,56 | < L.D | < L.D | 9,56 | 100 |
| 5 | 11,58 | < L.D | < L.D | 11,58 | 100 |
| 6 ** | 6,69 | < L.D | < L.D | 6,69 | 100 |
| 7 | 14,69 | < L.D | < L.D | 14,69 | 100 |
| 8 | 10,19 | < L.D | < L.D | 10,19 | 100 |
| 9 | 7,85 | < L.D | < L.D | 7,85 | 100 |
| 10 | 6,95 | < L.D | < L.D | 6,95 | 100 |
| 11 ** | 15,89 | < L.D | < L.D | 15,89 | 100 |
| 12 | = L.D | < L.D | < L.D | 5,48 | 100 |
| 13 | < L.D | 28,76 | 3,98 | 32,74 | 0 |
| 14 ** | 6,86 | < L.D | < L.D | 6,86 | 100 |
| 15 | 6,20 | < L.D | < L.D | 6,20 | 100 |
| 16 | = L.D | < L.D | < L.D | 5,48 | 100 |
| 17 | 6,02 | < L.D | < L.D | 6,02 | 100 |

* Média das duplicatas das amostras corrigidas para a recuperação do padrão sub-rogado TPrT. ** As concentrações do TBT nestas estações foram corrigidas com a média dos rendimentos do TPrT que variaram até 100% devido a coeluição de compostos com o subrogado. L.D: (TBT: $5,39 \text{ ng g}^{-1}$; DBT: $0,18 \text{ ng g}^{-1}$; MBT: $2,11 \text{ ng g}^{-1}$).

Os dados de pH, potencial redox, % de finos, concentração de carbono orgânico, HPAs (hidrocarbonetos poliaromáticos) totais, concentração de alumínio e ferro para os sedimentos estudados, mostrados na tabela 6.2, foram obtidos do relatório do Centro de Recursos Ambientais (CRA, 2003) - BTS – Hydros CH2MHill.

Tabela 6.2. pH, potencial redox, finos, carbono orgânico, HPAs totais, alumínio e ferro.

| Amostra | C _{org} (%) | HPAs totais (ng g ⁻¹) | Finos (%) | Eh (mVolts) | pH | Al (mg Kg ⁻¹) | Fe (mg Kg ⁻¹) |
|---------|-------------------------|--------------------------------------|--------------|----------------|------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0,74 | 647 | 8,70 | 53 | 7,25 | 2065 | 4886 |
| 2 | 5,46 | 37,4 | 3,21 | 341 | 7,79 | 545 | 936 |
| 3 | 2,79 | 1227,1 | 75,61 | 30 | 7,35 | 10137 | 24398 |
| 4 | 4,59 | 106,3 | 72,28 | 21 | 7,32 | 9142 | 17207 |
| 5 | 2,78 | 263,5 | 41,17 | 48 | 7,46 | 10136 | 24519 |
| 6 | 1,99 | 492,5 | 89,15 | 22 | 7,35 | 9459 | 23502 |
| 7 | 2,30 | 3335,2 | 98,09 | 55 | 7,19 | 9831 | 23801 |
| 8 | 2,23 | 1171,4 | 87,46 | 89 | 7,49 | 10581 | 23119 |
| 9 | 0,73 | 215,7 | 80,13 | 35 | 7,42 | 6365 | 13251 |
| 10 | 2,91 | 548,2 | 93,98 | 32 | 7,29 | 8568 | 29048 |
| 11 | 1,33 | 2146,1 | 55,40 | -248 | 7,26 | 6322 | 21066 |
| 12 | 1,73 | 89,9 | 63,58 | 72 | 7,29 | 10609 | 19322 |
| 13 | 1,62 | 211,3 | 28,51 | -15 | 7,17 | 7214 | 17039 |
| 14 | 2,33 | 1690,9 | 95,43 | 32 | 6,74 | 9443 | 19046 |
| 15 | 3,27 | 97,2 | 13,95 | 24 | 7,44 | 2251 | 8394 |
| 16 | 2,68 | 42,3 | 3,61 | 110 | 7,69 | 2290 | 4114 |
| 17 | 3,81 | 55,1 | 3,61 | 55 | 7,89 | 973 | 3569 |

Não foram observadas correlações de Pearson significativas entre as variáveis de interesse do presente trabalho (tabela 6.3). Este fato sugere que a presença de TBT e de seus compostos de degradação não depende das propriedades dos sedimentos, o que é um forte indicador de que as reações controladoras das concentrações encontram-se fora deste ambiente, conforme se discutirá adiante.

Tabela 6.3. Matriz dos Coeficientes de Pearson (r), calculados entre Σ BTs, HPAs totais, TBT%, Eh, finos, carbono orgânico, Ferro, Alumínio e pH.

| Variáveis | Σ BTs (ng g ⁻¹) | %TBT | Eh (mvolts) | Corg (%) | Finos (%) | HPAs (ng g ⁻¹) | Fe (mg Kg ⁻¹) | Al (mg Kg ⁻¹) | pH |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------|----------------|-------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
| Σ BTs (ng g ⁻¹) | 1,00 | | | | | | | | |
| %TBT | -0,86 | 1,00 | | | | | | | |
| Eh (mvolts) | -0,24 | 0,14 | 1,00 | | | | | | |
| Corg (%) | -0,23 | 0,19 | 0,56 | 1,00 | | | | | |
| Finos (%) | -0,12 | 0,18 | -0,29 | -0,27 | 1,00 | | | | |
| HPAs (ng g ⁻¹) | 0,19 | 0,14 | -0,37 | -0,28 | 0,53 | 1,00 | | | |
| Fe (mg Kg ⁻¹) | 0,11 | -0,02 | -0,45 | -0,28 | 0,84 | 0,46 | 1,00 | | |
| Al (mg Kg ⁻¹) | 0,07 | -0,03 | -0,30 | -0,27 | 0,86 | 0,39 | 0,92 | 1,00 | |
| pH | -0,25 | 0,20 | 0,45 | 0,48 | -0,60 | -0,50 | -0,55 | -0,58 | 1,00 |

Os valores que estão em vermelho indicam as variáveis que possuem uma correlação significativa.

É importante observar que, tendo em vista a alta transparência das águas na BTS, o que propicia decomposição do composto parental, e a característica óxica ou ligeiramente anóxica dos sedimentos, que somente TBT tenha sido detectado em concentrações acima do branco nas amostras, com exceção da estação 13 onde DBT e MBT aparecem substancialmente. Mesmo na Baía de Guanabara (BG), onde os sedimentos lamosos são altamente anóxicos (Fernandez, 2001), detectou-se concentrações pequenas de DBT e MBT em várias estações. Uma provável explicação para a ausência dos compostos de decomposição seria a sua mais alta labilidade frente ao TBT, que foi encontrado, mesmo nas estações próximas a portos, em concentrações baixas se comparadas com a BG e outras localidades no mundo.

O maior valor para o somatório de butílicos (Σ BTs: TBT + DBT + MBT) igual a 32,74 ng g⁻¹ e para TBT igual a 15,89 ng g⁻¹ foram encontrados onde os sedimentos apresentam-se mais reduzidos (estação 13) e, provavelmente, onde a ressuspensão de sedimentos pode ser menos importante, como na estação 11 em local próximo da refinaria Landulpho Alves (RLAM) (altas concentrações de metais) e de atividades de navegação. A área destas estações conta também com importantes núcleos urbanos, a exemplo de Mataripe, Madre de Deus e Candeias, onde ocorre a geração de lixo urbano e esgotos.

Estudos realizados por Fernandez (2001) evidenciam a preservação do TBT em sedimentos anóxicos. A presença de DBT e MBT na estação 13 (Bimbarras Sul) é provavelmente devida à deposição direta destes compostos no sedimento, após degradação do TBT ainda na coluna d'água. Segundo Almeida (2004), as concentrações mais altas destes compostos de degradação (DBT e MBT) na Baía de Guanabara se dão em camadas mais profundas, não havendo, porém, evidências de degradação substancial nos sedimentos anóxicos.

Um dos fatores que podem contribuir para a degradação do TBT é a fotólise direta na coluna d'água, uma vez que a profundidade média aproximada na BTS é de 6 metros, com poucas áreas mais profundas ao longo do canal de Salvador (102 m), estação 17, e a transparência é elevada, ou seja, são baixos os níveis de material particulado em suspensão ($0,20 - 0,58 \text{ mg L}^{-1}$) e de clorofila a ($0,64 - 13,43 \text{ mg m}^{-3}$) (CRA, 2003).

A estação 7 (Porto de Aratu) se destaca também pela alta concentração de TBT ($14,69 \text{ ng g}^{-1}$) com ausência de seus produtos de degradação. É uma região com velocidades de correntes baixas ($< 0,20 \text{ m s}^{-1}$) (Lessa *et al.*, 2000) e com intenso fluxo de navios cargueiros, o que propicia uma fonte direta deste composto para o sedimento. Este ponto de amostragem se localiza próximo ao Canal de Cotegipe, que liga a Baía de Todos os Santos ao interior da Baía de Aratu e onde está situado o emissário submarino da Dow Química (fábrica de insumos químicos), que libera o efluente desta planta no período da maré vazante. Nesta região da Baía de Aratu, em que abrange as estações 5 (Baía de Aratu Sul), 6 (Baía de Aratu Norte) ,7 e 8 (Caboto – Norte), o uso e a ocupação do solo são dominados por atividades de natureza industrial, destacando-se as indústrias portuárias, siderúrgicas e estaleiros e marinas o que favorece a contaminação ambiental por TBT.

Outras estações também se destacam pela maior presença de TBT, como os pontos 1(Porto de Salvador), 2 (Itapagipe) e 3 (Tainheiros), onde ocorre intenso tráfego de embarcações. Nestas regiões, há grande presença de correntes de maré de enchente (maré ascendente, entrando na Baía; a velocidade média máxima, dependendo dos períodos de vazante e enchente, pode chegar a $40,9 \text{ cm s}^{-1}$ (Lessa *et al.*, 2000) e freqüentes ventos intensos, principalmente no porto de Salvador, que contribuem para ressuspensão periódica dos sedimentos, durante a qual pode ocorrer redissolução e degradação do TBT na coluna d'água permanecendo o

DBT e MBT na água. Segundo Fernandez (2001), a preservação do TBT em sedimentos de superfície, ligeiramente oxidados, é baixa e, em função de sua solubilidade, uma parcela dos produtos de degradação (DBT e MBT) permanece na coluna de água. A presença do DBT e MBT seria função do tempo de exposição do TBT ao ambiente oxidante e, portanto, do período entre sua liberação no ambiente e sua transferência final aos sedimentos. Não foi encontrado nenhum produto de degradação nestas amostras, a despeito das características pouco redutoras.

Existe a possibilidade de que os compostos encontrados numa determinada estação tenham sido trazidos de outras regiões, associados a material particulado, devido à presença de correntezas de maré como mostra a figura 6.2.

Um diagrama de circulação geral na baía (Lessa *et al.*, 2000) é esquematizado na figura 6.2 e mostra a variação mareal média, as direções de correntes de enchente e vazante, o influxo relativo de água doce e a direção de transporte líquido de sedimento por arrastamento.



Figura 6.2. Diagrama esquemático sugerindo o modelo geral para circulação de água e direção do transporte líquido de sedimento por arrastamento dentro da Baía de Todos os Santos (Argollo, 2001).

As correntes na baía são principalmente bidirecionais, exceto no centro, a parte mais exposta da baía, onde ocorrem correntes circulares. Na maior parte da baía, parece prevalecer condições dominantes de vazante, como se depreendem das correntes mais fortes medidas, da morfologia das junções de canal e os depósitos sedimentares, especialmente nos deltas de maré vazante em ambas as entradas (Lessa *et al.*, 2000). Lessa *et al.* (2000), observaram que a quantidade de sedimento grosso deixado presentemente na baía é insignificante, o que os levou a concluir que a presença de deltas de maré parece resultar da obstrução de um transporte de sedimento costeiro por correntes saindo da baía. Ainda segundo aqueles autores, medidas de correntes costeiras próximas à baía indicam que a combinação de correntes mareais com uma corrente na direção sudoeste induzida por vento, criam grandes velocidades de fluxo orientados para oeste capazes de transportar sedimentos para fora da boca da baía (Argollo, 2001). Com as

informações obtidas acima, pode-se prever a possibilidade de que os produtos de degradação e o TBT associado às partículas de tintas ou não possam ser carregados junto com estes sedimentos. As estações 9, 10, 12, 14, 15, 16 e 17 são áreas atingidas pela principal corrente de maré que entra pelo canal de Salvador, o que explica as menores concentrações de TBT encontradas nestes sedimentos, devido provavelmente à dispersão deste composto na água.

As taxas de sedimentação na BTS e em outras baías são mostradas na tabela abaixo.

Tabela 6.4. Taxas de sedimentação para alguns ambientes marinhos e lacustres.

| Localidade | Método | Taxa de sedimentação (cm a ⁻¹) | Autor |
|--|---------------------------------------|---|-------------------------|
| Costa da Califórnia | Pb ²¹⁰ | 0,39 | Koide e Goldberg (1972) |
| Baía de Hong Kong | Pb ²¹⁰ | 0,27 a 0,46 | Yu et al., (1995) |
| Baía de Sepetiba | Pb ²¹⁰ | fundo: 0,49 ; 0,37 ; 0,62 topo: 1,20 ; 1,01 ; 2,00 | Borges (1998) |
| Baía da Guanabara | Pb ²¹⁰ | fundo: 0,12 ; 0,26 topo: 0,86 ; 2,2 | Godoy et al., (1998) |
| Baía de Chesapeake | Pb ²¹⁰ – Cs ¹³⁷ | 0,1 a 1,0 | Cronin et al., (1999) |
| Baía de Todos os Santos | sísmica | 0,08 a 0,4 | Lessa et al., (2000) |
| Baía de Todos os Santos | Pb ²¹⁰ - Cs ¹³⁷ | fundo: 0,29 topo: 0,38; 0,45; 0,99 | Argollo et al., (2001) |
| Baía de Todos os Santos Estações do presente trabalho | Pb ²¹⁰ | Estação 8: 0,32 Estação 10: 0,28 Estação 11: 0,62 Estação 14: 1,30 | CRA (2003) |
| Lago Michigan | Pb ²¹⁰ – Cs ¹³⁷ | 0,1 a 0,39 | Robbins et al., (1975) |
| Lago de New Hampshire | Pb ²¹⁰ | 1,6 | Von Damm et al., (1979) |
| Lago Naini (Índia) | Pb ²¹⁰ – Cs ¹³⁷ | 0,48 a 1,24 | Kumar et al., (1999) |

Dados de taxas de sedimentação retirados da Tese de Doutorado, exceto os dados do Centro de Recursos Ambientais – CRA, 2003): Cronologias de sedimentação recente e de deposição de metais pesados na baía de Todos os Santos usando Pb²¹⁰ e Cs¹³⁷ (Argollo., 2001).

Observando a tabela 6.4, a Baía de Todos os Santos possui uma menor taxa de deposição de sedimentos em comparação à grande parte da Baía de Guanabara, com exceção da estação 14, área sob influência do escoamento do Rio Subaé. Entre as estações 7 e 8, a taxa de acumulação de sedimento, segundo Argollo (2001), também é expressiva. Esta área marginal à baía foi completamente desmatada e terraplanada aumentando a erosão nestas margens e a maior deposição de sedimentos nesta região. Usando-se os valores de sedimentação

obtidos nas mesmas estações de coleta do presente trabalho (veja tabela 6.4) não se verifica influência aparente da taxa de sedimentação sobre a concentração de TBT e seus produtos de degradação. A estação 14, com taxa de sedimentação bastante elevada ($1,3 \text{ cm ano}^{-1}$), o que poderia propiciar retenção mais eficiente dos compostos de degradação do TBT, também apresenta valores de DBT e MBT abaixo do limite de detecção.

De acordo com a tabela 6.5, podemos observar que as maiores concentrações de metais encontradas estão localizadas próximo à Baía de Aratu (estações 5, 6, 7 e 8) e, como foi mencionado anteriormente, existe um centro industrial e um porto para transporte de minérios nestas áreas. As estações 5 e 6 se destacam pela grande quantidade de manganês no sedimento, mas são as que mais concentram metais (Zn e Mn) em material particulado em suspensão e na água, enquanto as estações 7 e 8 se destacam pela grande quantidade de cobre e manganês. Estes dados nos mostram que existe uma grande mobilidade destes metais nestes três ambientes (sedimento – material particulado – água) e, quanto maior as quantidades de metais na água e no material particulado, maior é a probabilidade de deposição destes nos sedimentos, principalmente nestas regiões de baixa energia, ou seja, baixas correntes. Por outro lado, a intensa atividade de embarcações nestas áreas de baixa profundidade pode provocar a ressuspensão de sedimentos disponibilizando os metais associados para a coluna d'água. A mobilidade dos organoestanhos também é possível, mas esta vai depender, além da solubilidade em água, dos tipos de associação ao material sedimentar. Por exemplo, o TBT presente em partículas de tinta, provenientes da raspagem de cascos, encontra-se na trama polimérica e, portanto, está menos sujeito à degradação e solubilização do que aquele associado ao material de origem natural, orgânico ou inorgânico.

Tabela 6.5. Metais em sedimentos, material particulado e em água da Baía de Todos os Santos.

| Estações | Metais em sedimentos (mg Kg ⁻¹) | | | Metais em Material Particulado (µg L ⁻¹) | | | Metais em água (µg L ⁻¹) | | |
|-------------------------|--|------|------|--|------|------|---|------|------|
| | Cu | Zn | Mn | Cu | Zn | Mn | Cu | Zn | Mn |
| 1 (Porto de Salvador) | 14,6 | 11,3 | 140 | 0,05 | 0,57 | 1,2 | 0,52 | 1,79 | 0,59 |
| 2 (Iapagipe/ fora) | 1,18 | - | 39,8 | 0,07 | 0,73 | 2,7 | 0,60 | 1,98 | 2,06 |
| 3 (Tanheiros) | 44 | 98 | 344 | 1,4 | 0,61 | 5,2 | 0,57 | 1,11 | 2,72 |
| 4 (Paripe) | 17,8 | 47 | 690 | - | - | - | - | - | - |
| 5 (Baía de Aratu Sul) | 76,4 | 108 | 169 | 1,6 | 0,53 | 16,9 | 1,53 | 1,53 | 3,86 |
| 6 (Baía de Aratu Norte) | 60,6 | 89 | 2456 | 1,7 | 0,97 | 35,8 | 1,49 | 2,46 | 5,98 |
| 7 (Ponta do Marinho) | 489 | 83 | 731 | 2,4 | 0,46 | 13,6 | 2,23 | 0,67 | 4,37 |
| 8 (Caboto – Norte) | 150 | 75 | 694 | 2,4 | 0,50 | 15,2 | 2,47 | 0,80 | 3,96 |
| 9 (Ponta da Cacimba) | 20,6 | 35 | 563 | - | - | - | - | - | - |
| 10 (Maré / São Paulo) | 36,3 | 61 | 728 | 1,3 | 0,36 | 12,1 | 1,07 | 1,19 | 1,73 |
| 11 (Mataripe) | 43,1 | 54 | 681 | 1,3 | 0,53 | 7,5 | 1,01 | 4,19 | 2,52 |
| 12 (Maré / Canal) | 19,5 | 52 | 574 | 1,2 | 0,13 | 3,4 | 0,92 | 1,26 | 1,44 |
| 13 (Bimbarras sul) | 23 | 49 | 473 | - | - | - | - | - | - |
| 14 (Fontes) | 31,9 | 68 | 426 | - | - | - | - | - | - |
| 15 (Ilha dos Porcos) | 3,36 | 15 | 149 | 1,4 | 0,23 | 6,6 | 0,60 | 1,3 | 0,45 |
| 16 (Frades) | 4,09 | 8,6 | 381 | - | - | - | - | - | - |
| 17 (Canal de Salvador) | 0,73 | 4,1 | 71,7 | - | - | - | - | - | - |

Dados retirados do relatório do Centro de Recursos Ambientais – Hhydros CH₂MHILL BA.

Page *et al.*, 1996, realizaram testes para estimar a quantidade de TBT e DBT que era introduzida na coluna d'água através de solubilização a partir de sedimentos ressuspensos em amostras de águas da Baía de Booth Harbor e Portland. A concentração média de TBT extraído foi de 1400 ng L⁻¹, 70 vezes maior que o permitido pelos critérios de qualidade ambiental para estuários no Reino Unido (igual a 20 ng L⁻¹) e 700 vezes maior que o padrão de qualidade para águas costeiras, (2ng L⁻¹) (Waite *et al.*, 1991). A concentração média de DBT extraído foi de 770 ng L⁻¹. Segundo estes autores, são significativas as quantidades de TBT e DBT liberadas para a coluna d'água quando estes sedimentos são perturbados. Logo, é possível que na BTS as condições de turbulência propiciem a rápida degradação do TBT sorvido em fases naturais, levando às baixas concentrações nos sedimentos depositados, os quais podem conter TBT, principalmente, associado a resíduos de tinta de difícil degradação. A ausência de DBT e MBT nos sedimentos pouco redutores reforça esta tese.

A maior solubilidade do DBT e MBT também contribui para uma perda mais rápida a partir dos sedimentos. O coeficiente de partição octanol – água é comumente usado para estimar a partição de compostos orgânicos entre fases hidrofóbicas e água. Os valores de $\log K_{ow}$ (figura 6.3) para os compostos de TBT (2,40), DBT (1,50) e MBT (0,40), reportados por Vighi e Calamari (1985), mostram o aumento na hidrofobicidade com o número de grupos butílicos ligados ao estanho, ou seja, TBT > DBT > MBT.

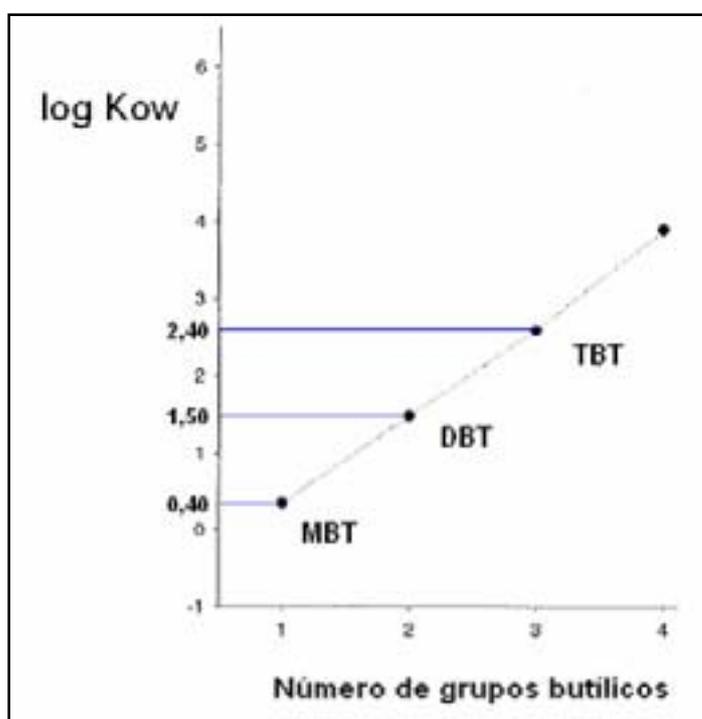


Figura 6.3. Log das constantes de solubilidade dos compostos butílicos de estanho na partição água – octanol (Vighi e Calamari, 1985).

Os pontos 14, 15, 16, 17 são estações que se mostram também contaminadas por TBT. É provável que o TBT associado a partículas de tinta tenha sido trazido por correntes de maré das fontes de contaminação a estas regiões. Estando o TBT nesta forma presente no sedimento, o processo de biodegradação é bastante dificultado, expondo o ambiente a futuras contaminações por este composto (Steward & de Mora, 1990).

Waite e colaboradores (1991) propuseram um critério para a classificação dos sedimentos de acordo com o grau de contaminação pelo TBT:

- Grupo 1: Áreas levemente contaminadas, distantes de amarras de embarcações, com concentrações de TBT entre $< 10 \text{ ng g}^{-1}$ e 50 ng g^{-1} (peso seco);
- Grupo 2: Áreas moderadamente contaminadas, próximas às amarras, com concentrações de TBT entre 60 ng g^{-1} e 200 ng g^{-1} (peso seco);
- Grupo 3: Áreas altamente contaminadas, alta densidade de embarcações, com concentrações de TBT entre 300 ng g^{-1} e 1000 ng g^{-1} (peso seco);
- Grupo 4: Áreas onde os sedimentos contém partículas de tinta e, conseqüentemente, concentrações de TBT acima de 1000 ng g^{-1} (peso seco);

As concentrações aqui encontradas para os compostos butílicos de estanho são consideradas baixas, e as áreas observadas estão levemente contaminadas. Almeida (2004) encontrou, na Baía de Guanabara, que possui um grande histórico de intenso tráfico de navios de carga, navios de cruzeiros, barcos de passeio, estaleiros, marinas e ancoradouros de pesca, também concentrações baixas em áreas pouco distantes das fontes diretas destes compostos. A maior concentração de TBT encontrada por Almeida (2004) foi de 742 ng g^{-1} como Sn em sedimento superficial do porto do Rio de Janeiro, considerado altamente contaminado pela classificação de Waite e colaboradores (1991), com pouca presença de DBT e MBT. As características da Baía de Guanabara são bem diferentes da BTS, uma vez que a primeira possui baixos níveis de transparência com altas concentrações

de material em suspensão e elevada concentração de clorofila a, 6,2 e 224,5 mg L⁻¹, respectivamente no fundo e na superfície (Almeida, 2004), o que facilita a deposição de TBT nos sedimentos (Page *et al.*, 1996), e sedimentos lamosos muito anóxicos. Apesar das duas baías serem diferentes, em ambas a presença de compostos de degradação, DBT e MBT, em sedimentos de superfície, é baixa comparada com outros relatos na literatura. Parece evidente que as elevadas temperaturas das regiões tropicais e a intensidade da luz solar são fatores que têm importante papel na aceleração da decomposição do TBT ainda na coluna d'água, o que resultaria em baixas concentrações de seus produtos de decomposição nos sedimentos, ainda que estes apresentem propriedades redox bastante distintas.

A tabela 6.6 mostra as faixas de concentração dos compostos organoestânicos em diferentes amostras de sedimento, encontrados por outros autores e neste trabalho.

Tabela 6.6. Concentração de Compostos butílicos de estanho em amostras de sedimentos em diferentes países.

| <i>Países</i> | <i>Concentração (como Sn) expressa em ng g⁻¹ sedimento (peso seco)</i> | | | <i>Referência</i> |
|--------------------------------|---|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| | TBT | DBT | MBT | |
| Perth, Austrália (1995) | 1.0 – 1350 | n.e | n.e | Burt and Ebell, 1995 |
| Auckland, Nova Zelândia (1990) | < 4.9 – 3318 | n.e | n.e | De Mora et al., 1995 |
| Santa Monica, USA (1991) | nd – 7.4 | nd – 27 | nd - 12 | Venkatesan et al., 1998 |
| Polônia (1997) | 1800- 2900 | nd | nd | Kannan et al., 1997 |
| França (2000) | 3 – 12 | <0,45 – 2.0 | 18 - 30 | Bacon – Montigny et al., 2000 |
| Índia (2001) | n.d – 1280 | 1.3 – 394 | 1.6 - 393 | Rajendran et al., 2001 |
| Baía Otsuchi, Japão (1995) | 5,6 - 84 | n.e | n.e | Takahashi et al., 1999 |
| Costa de São Paulo, Brasil | 34 - 1388 | 8 - 704 | 12-256 | Godoi et al., 2003 |
| Baía de Guanabara, RJ - Brasil | 10 - 522 | n.d – 394,6 | n.d | Fernandez., 2000 |
| Baía de Guanabara, RJ - Brasil | n.d – 742 | n.d – 90 | n.d - 21 | Almeida et al., 2004 |
| BTS, Ba - Brasil | n.d – 14,69 | n.d – 28,76 | n.d – 3,98 | Este trabalho |

n.e: dados não encontrados na literatura citada; n.d: concentrações não detectadas. Dados obtidos de outros países: Sudaryanto (2004) e Godoi (2003)**b**.

Os níveis mais altos de contaminação foram reportados, principalmente, onde o tráfego de embarcações é alto, na proximidade de portos comerciais. A distribuição da concentração de butilestanho observada nos dois sistemas da costa brasileira (Baía de Guanabara e Baía de Todos os Santos) é coerente com aquela observada em outros países: valores mais altos só são encontrados muito

próximos a portos e marinas, como também ocorre na costa de São Paulo. Conclui-se que estas atividades são fatores importantes na contaminação por compostos butílicos de estanho no ambiente marinho.

Os cromatogramas das amostras **1**, **7**, **11** e **13** que apresentaram as maiores concentrações de compostos butílicos de estanho são mostrados a seguir. Os demais cromatogramas encontram-se no apêndice. Os picos característicos do DBT e MBT são visíveis em alguns cromatogramas, nos pontos mais contaminados, mas, em função da pequena dimensão destes picos (proximidade do ruído da linha de base), não foi possível sua quantificação segura. O uso do filtro S (390 nm), que requer uma dessulfurização mais extensiva, talvez permitisse a quantificação destes compostos. De qualquer modo, é evidente a sua pequena relevância face ao TBT. Os picos de TBT dos cromatogramas não estão descontados dos picos de TBT dos brancos.

Ponto 1- Porto de Salvador

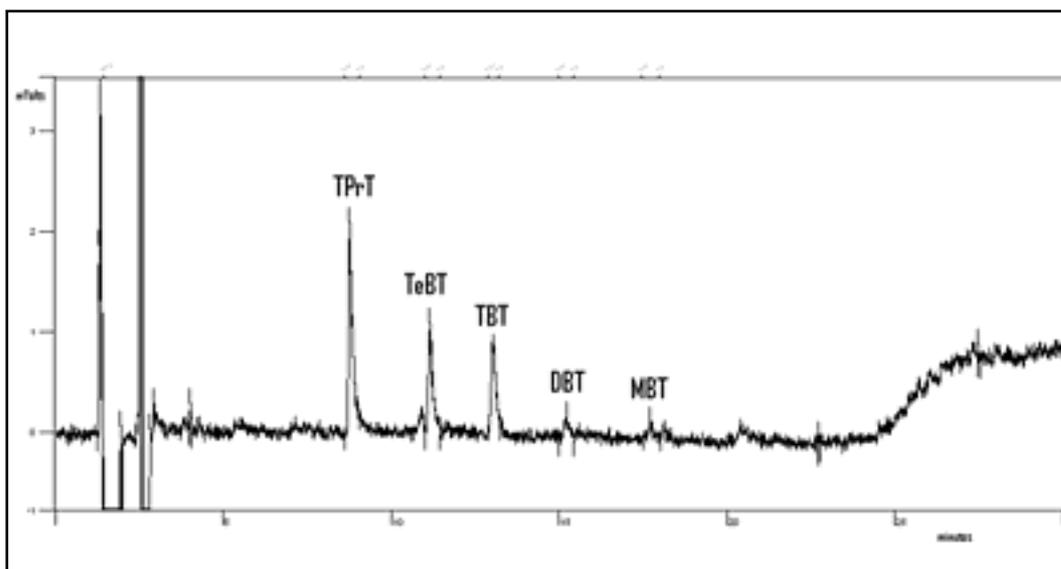


Figura 6.4. Cromatograma da amostra de sedimento da estação 1.

Ponto 7 – Píer do Porto de Aratu

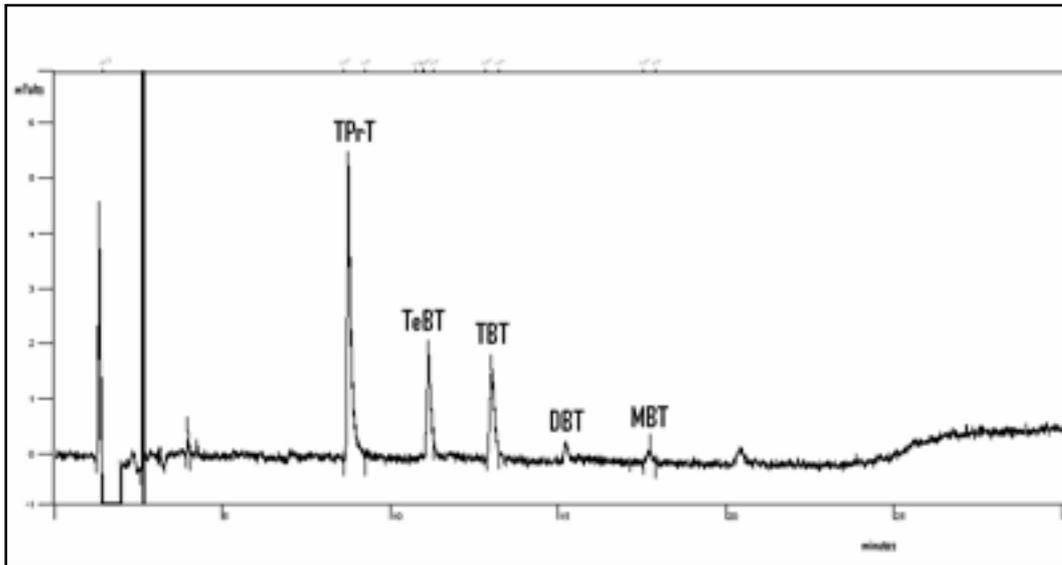


Figura 6.5. Cromatograma da amostra de sedimento da estação 7.

Ponto 11 – Mataripe

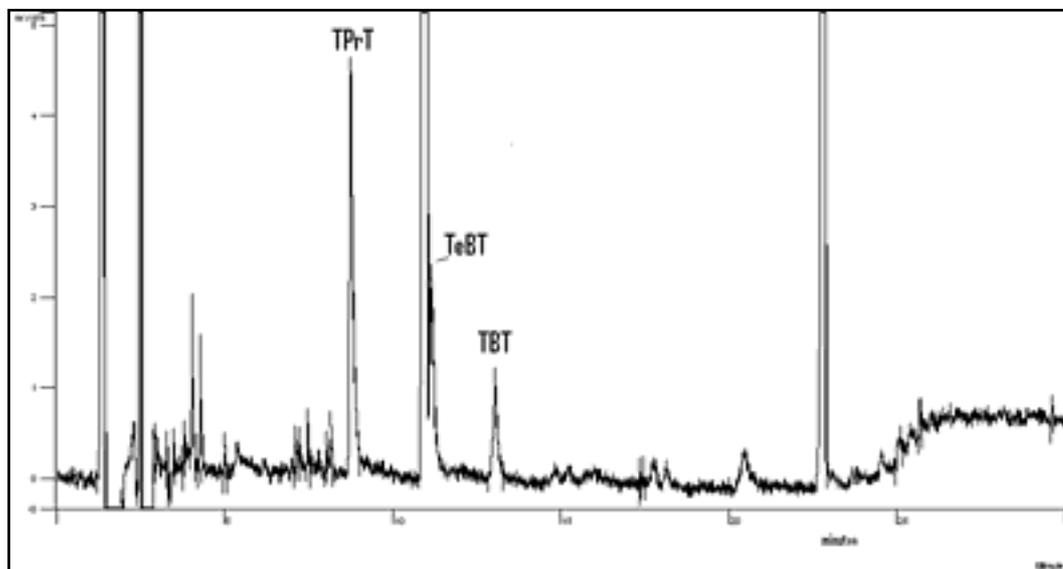


Figura 6.6. Cromatograma da amostra de sedimento da estação 11.

Ponto 13- Bimarras sul.

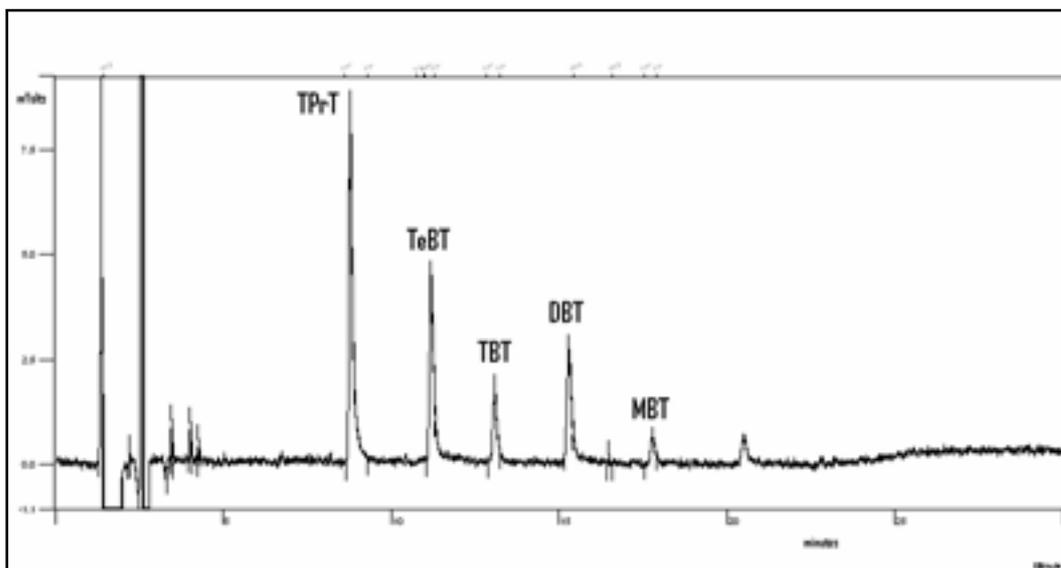


Figura 6.7. Cromatograma da amostra de sedimento da estação 13.

Os cromatogramas dos outros pontos de amostragem estão apresentados no apêndice.