# VI-072 - A CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA BAHIA AZUL NA ELABORAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA A GESTÃO AMBIENTAL DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS

**Lívia F. Castello Branco Pereira[(1)] – SEINFRA**
Graduada em Ciências, em 1981, pela Universidade Católica de Salvador - UCSAL; Especializada em Administração de Planejamento de Recursos Ambientais, em 1988, pela UCSAL. Atuando na área ambiental deste 1981 como técnica ambiental do órgão executor da política ambiental do Estado da Bahia - Centro de Recursos Ambientais (CRA); Coordenadora do Meio Ambiente do Programa de Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos - BTS, deste 1995 até a presente data, na Secretaria de Infra-Estrutura do Estado da Bahia (SEINFRA).

FOTO NÃO DISPONÍVEL

**Sandro Luiz de Camargo – Consórcio HYDROS CH2MHill**
Geólogo formado pela Universidade Federal da Bahia em 1989 e Pós-Graduado em geologia pelo Instituto de Geociências - UFBa (especialização). Deste 1992 tem atuado na área de consultoria como técnico especializado em recursos naturais e na coordenação de projetos voltados a Estudos Ambientais e a Gestão de Recursos Hídricos. Deste 1998, vem atuando na coordenação e assessoria técnica do projeto de Desenvolvimento de Modelos Computacionais de Circulação Hidrodinâmica, Transporte de Contaminantes e de Qualidade da Água e Avaliação Ambiental da Baía de Todos os Santos no âmbito do Programa de Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos.

**Ulysses Fontes Lima – Consórcio HYDROS CH2MHill**
Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Bahia (1980), atuando na área de saneamento deste 1975. De 1981 a 1988 ocupou cargos de Gerente no SAPC na Desenvale, retornando a área de consultoria, trabalhando em gerenciamento de obras, estudos e projetos de saneamento e meio ambiente. Foi Coordenador pelo Consórcio Hydros CH2M Hill no desenvolvimento de modelos e do diagnóstico da Baia de Todos os Santos para o Centro de Recursos Ambientais (CRA).

**Carlos Alberto de Carvalho Heleno – SEINFRA**
Graduado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia(UFBA); Pós-graduação em Engenharia Sanitária/Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo (especialização) e Institute For Hydraulic and Environmental Engineering de Delft/Holanda (Mestrado); Coordenador Geral do Programa de Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos; Professor Substituto do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escolo Politécnica da UFBA.

**Endereço[(1)]:** Loteamento Jardim dos Pássaros, Q-06, Lote 05, Estrada do Coco, Lauro de Freitas/Bahia, CEP - 40.700-000, Tel. - (71) 378-0330, Fax - (71) 370-1655, e-mail: liviacb@e-net.com.br.

## RESUMO

A Baía de Todos os Santos representa hoje uma das grandes áreas sob forte interferência antrópica do Estado da Bahia. O processo de industrialização regional, com início na década de cinquenta, provocou uma rápida expansão demográfica e contribuiu significativamente para o desencadeamento de problemas ambientais que, ao longo do tempo, foram emergindo de maneira muitas vezes irreversíveis.

Neste contexto, foi iniciado o Programa Bahia Azul. Este programa representa hoje, o maior conjunto de obras e ações na área de saneamento e meio ambiente que o Governo do Estado realiza desde os primeiros anos da década de 70, quando deu início à implantação do sistema de esgotamento sanitário de Salvador e cidades de grande porte do estado. Trata-se de um ambicioso programa de preservação ambiental, que tem como metas: melhorar a qualidade de vida de 2,5 milhões de pessoas que vivem na região e minimizar os problemas de poluição da Baía de Todos de Santos associados ao aporte de esgotos domésticos, resíduos sólidos e efluentes industriais. Espera-se com este programa, estar contribuindo para recuperar o equilíbrio ecológico da baía e para reforçar as instituições governamentais locais que desempenham atividades na área de controle do meio ambiente na Bahia.

Os indicadores ambientais adotados e monitorados pelo Programa, apontaram a necessidade de estudos complementares e o desenvolvimento de uma ferramenta ágil e eficiente no auxilio a gestão ambiental da Baía de Todos os Santos. O Consórcio formado pela Empresa HYDROS Engenharia e Planejamento Ltda e CH2M Hill International Ltda foi contratado, pelo Centro de Recursos Ambientais - CRA, com este propósito.

O objetivo do presente trabalho é apresentar em uma visão geral, os principais resultados alcançados a partir destes estudos, os quais envolveram a modelagem matemática e o diagnóstico da qualidade das águas da Baía de Todos os Santos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão Ambiental, Fortalecimento Institucional e modelagem computacional.

## INTRODUÇÃO

A Baía de Todos os Santos, com aproximadamente 927 km² e 184 km de extensão costeira continental, apresenta-se como uma reentrância na costa, pela qual o mar penetra o interior do continente, a partir de um estreitamento principal entre a cidade de Salvador e a Ilha de Itaparica (Figura 1). Este estreitamento possui cerca de 9 km de largura, batimetria bastante irregular e profundidade média de 25m.

A baía possui no seu entorno quinze municípios, componentes do Recôncavo Baiano e uma rede de drenagem afluente, com área total de aproximadamente 60.500 km$^2$. É caracterizada ainda por baías internas, inúmeras ilhas (mais de 30) e diversas planícies estuarinas.

**Figura 1: Mapa de Localização da Baía de Todos os Santos - BTS**

A Baía de Todos os Santos representa hoje, uma das grandes áreas sob forte interferência antrópica do Estado da Bahia. Isto se deve fundamentalmente, ao tipo de ocupação exercida ao longo de quatro séculos. Até meados da década de quarenta, o modelo agropastoril dominou a região, quando se iniciou um processo incipiente de industrialização. Na década de cinqüenta, foi intensificado esse processo, com a implantação de um Complexo Petrolífero, seguido da instalação de um Centro Industrial e finalmente, na década de setenta, com o estabelecimento do Complexo Petroquímico de Camaçari. Este modelo de desenvolvimento industrial além de provocar uma rápida expansão demográfica da região, principalmente àquelas áreas adjacentes aos complexos industriais, foi aplicado sem utilização de critérios adequados de avaliação dos impactos decorrentes, os quais ao longo do tempo foram emergindo de maneiras muitas vezes irreversíveis.

Ainda assim, a BTS se apresenta como um corpo d'água, que de modo geral, conta com boas condições ambientais, embora existam problemas de contaminação de águas e sedimentos em regiões específicas.

Neste contexto, foi iniciada em 1992 o programa Bahia Azul, com contrato de financiamento do Banco Mundial (BIRD) para o Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS. Em 1996, O Estado da Bahia contratou junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID financiamento para o Programa BTS, voltado ao Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos. A concepção inicial do Programa BTS se restringia principalmente à ação de esgotamento sanitário. A esse dois programas, foi agregado o Programa Metropolitano que contemplava intervenções na área de resíduos sólidos.

As intervenções, incorporadas a partir das missões de ORIENTAÇÃO e ANÁLISE, realizadas por técnicos do BID em novembro de 1994 e em março de 1995, respectivamente, levaram à necessidade de se desenvolver ferramentas que permitissem o fortalecimento institucional dos órgãos envolvidos na sua execução, de modo a capacita-los a enfrentar as questões ambientais identificadas na montagem do Programa.

Assim, foi iniciado o Programa de Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos - BTS. Seus objetivos passaram então a ser: reduzir as fontes de poluição de esgotos domésticos, resíduos sólidos e industriais responsáveis pela poluição da Baía de Todos os Santos; melhorar a qualidade de vida de mais de 2,5 milhões de pessoas residentes no seu entorno; e reforçar as instituições locais que desempenham atividades nas áreas de controle de meio ambiente e saneamento.

Os componentes do Programa BTS visando o alcance desses objetivos são: esgotamento sanitário; abastecimento de água, resíduos sólidos, proteção ambiental; educação sanitária e ambiental; e fortalecimento institucional.

Entre estes componentes destaca-se o esgotamento sanitário. Esse programa está implantando redes coletoras, interceptores, estações elevatórias e de tratamento em Salvador e nas cidades de Candeias, Simões Filho, Itaparica, Vera Cruz, Madre de Deus, Santo Amaro, São Francisco do Conde, Cachoeira, São Félix e Maragogipe.

Quando da conclusão das obras em Salvador, os esgotos coletados pelo sistema passarão por um condicionamento prévio e serão lançados no mar através de um emissário submarino. Este emissário tem aproximadamente 2350 metros de extensão e esta em operação pela Embasa desde 1975.

## A GESTÃO AMBIENTAL E O "FORTALECIMENTO INSTITUCIONAL"

Os indicadores ambientais adotados e monitorados pelo Programa, apontaram a necessidade de estudos complementares que permitissem um melhor conhecimento do comportamento hidrodinâmico da Baía de Todos os Santos e das condições atuais de qualidade de suas águas, em particular na área de influência do emissário submarino do Rio Vermelho. Mostrou-se ainda necessário, o desenvolvimento de uma ferramenta ágil e eficiente no auxilio a gestão ambiental da Baía de Todos os Santos e com capacidade de verificar e prognosticar os resultados do Programa BTS no que diz respeito à balneabilidade das praias.

Sob tal perspectiva, foi estabelecido através do componentes Fortalecimento Institucional a contratação, pelo Centro de Recursos Ambientais, de consultoria especializada par elaborar o diagnóstico da qualidade das águas da Baía de Todos os Santos e desenvolver modelos matemáticos que reproduzissem adequadamente o comportamento hidrodinâmico, o transporte de contaminantes e sua repercussão na qualidade das águas da baía e seu entorno.

O Consórcio formado pela Empresa HYDROS Engenharia e Planejamento Ltda e CH2M Hill International Ltda foi contratado com este objetivo. A Fundação COPPETEC / UFRJ foi subcontratada para participar da execução dos serviços.

## CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO PROJETO

Os trabalhos de modelagem matemática e diagnóstico da qualidade das águas da BTS, foram organizados em seis módulos principais (Estudos Básicos, Modelagem Matemática, Avaliação Ambiental, Levantamento Oceanográfico, Treinamento e Prognóstico) e planejados para serem desenvolvidos ao longo de 30 meses. A figura 2 apresenta um fluxograma básico de desenvolvimento dos trabalhos.

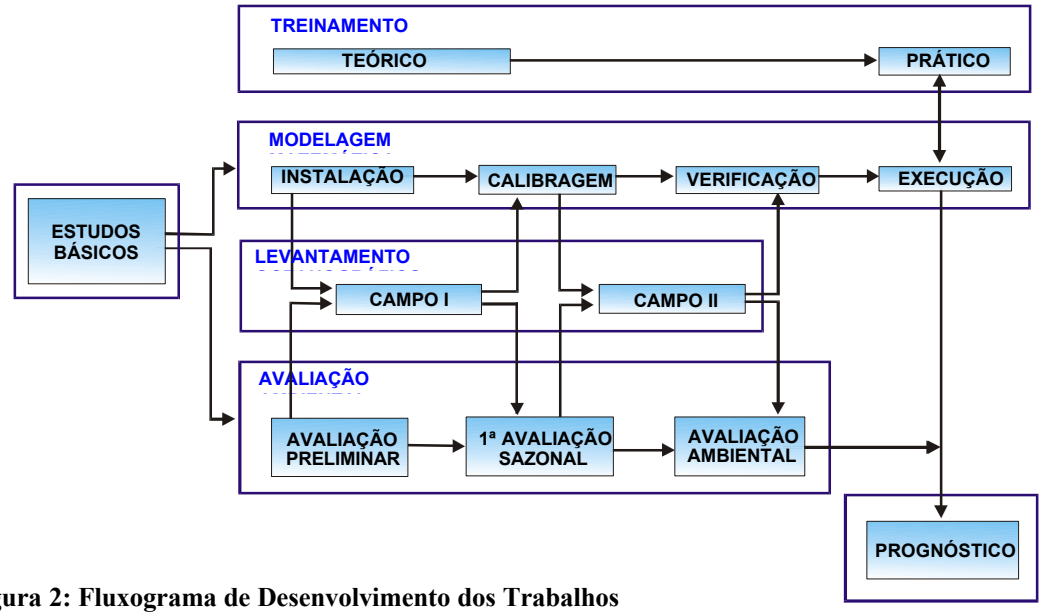


**Figura 2: Fluxograma de Desenvolvimento dos Trabalhos**

- **Estudos Básicos –** Consistiu no levantamento exaustivo do conjunto de dados secundários dispóniveis e relevantes, aos objetivos do projeto, sobre a BTS. Esses dados foram organizados e avaliados de modo a subsidiar o programa de estudos a ser desenvolvido, inclusive no que diz respeito a seleção dos modelos a serem adotados. O documento gerado a partir deste estudo passou a ser uma fonte constante e atualizada de dados para o projeto, a qual inclui informações sobre: morfologia costeira, batimetria, geologia marinha, oceanografia, hidrologia, qualidade das águas e sedimentos, balneabilidade das praias e fontes de poluição.

- **Modelagem Matemática -** A partir do estabelecimento de um modelo conceitual para a BTS, foram selecionados os modelos numéricos básicos que passaram a constituir o SisBAHIA (**Sis**tema **BA**se de **HI**drodinâmica **A**mbiental). Este sistema inclue um modelo hidrodinâmico para simular a circulação da água na Baía, um modelo de transporte Euleriano advectivo-difusivo do tipo 2DH, promediado na vertical e um modelo de transporte Lagrangeano advectivo-difusivo. A área modelada compreendeu toda a baía de Todos os Santos e seu entorno costeiro próximo, incluindo a área de influência do Emissário submarino do Rio Vermelho, a qual foi submetida a uma modelagem detalhada (Figura 3).

- **Avaliação Ambiental –** Consistiu na avaliação da qualidade das águas e sedimentos da BTS, a partir da utilização de dados secundários e principalmente dados primários obtidos ao longo do projeto. Desenvolveu-se ainda, para este fim, estudos específicos, dentre eles os estudos voltados a definição e caracterização das principais fontes de poluição da BTS, com enfoque especial para o lançamento de esgotos domésticos.

- **Levantamentos Oceanográficos –** Os levantamentos oceanográficos que subsidiaram a calibração e verificação dos modelos, bem como a avaliação ambiental, aconteceram ao longo de duas campanhas oceanográficas, realizadas em Janeiro de 1999 (período seco) e Maio – Junho de 1999 (período chuvoso). Este levantamento de dados envolveu, por campanha, a instalação de pelo menos 20 linhas de fundeio realizando medições sinópticas, 3 estações anemométricas, perfilagens horárias em 12 estações, e amostras para ensaios laboratoriais em 64 estações.

**Figura 3: Área de Abrangência do Projeto**

- **Treinamento –** Foi implementado treinamento de um profissional do quadro do CRA, e foi dividido em duas etapas. A primeira etapa com início em março de 1999 e duração de 14 meses, consistiu em treinamento teórico a partir de curso de mestrado na área de Engenharia Oceânica da UFRJ. A segunda etapa consistiu de treinamento prático que se estendeu até a conclusão dos trabalhos. Este treinamento envolveu a implantação do sistema no CRA, a participação do treinando na elaboração do prognóstico de balneabilidade das praias da BTS e a inclusão de aperfeiçoamentos no sistema de modelagem.

- **Prognóstico -** A última etapa dos trabalhos consistiu na elaboração de prognósticos dos efeitos do Programa Bahia Azul com relação à balneabilidade das praias. Foram utilizados, para este fim o modelo hidrodinâmico, com uma malha refinada nas áreas de influência do emissário do Rio Vermelho e das praias, e o modelo de transporte Lagrangeano advectivo-difusivo para as simulações do comportamento das plumas de esgotos provenientes das diversas "fontes" identificadas no entorno da BTS (ponto de descargas de esgotos ou drenagens). Os cenários selecionados para o estudo incluíram os anos de 1999 (realização do diagnóstico), 1996 (antes do Programa Bahia Azul), e 2006 (após o programa). Como o objetivo era de se avaliar as condições de balneabilidade, foi utilizada a condição de "tempo seco", com os dados hidrodinâmicos obtidos a partir das medições oceanográficas realizadas de 11 a 26/01/99. Simulações específicas para condições chuvosas e de entrada de frente fria (medidas de 25 a 28/05/99) foram procedidas para a Vertente Oceânica de Salvador e para avaliações do comportamento da pluma do emissário submarino.

## 4 RESULTADOS ALCANÇADOS

Com o programa de estudos implementados foi desenvolvido um conjunto de ferramentas de apoio a gestão ambiental baseada em modelagem matemática – SisBAHIA (**Sis**tema **BA**se de **HId**rodinâmica **A**mbiental). Essas ferramentas permitem reproduzir o comportamento hidrodinâmico da baia de Todos os Santos e avaliar a repercussão do aporte de contaminantes às suas águas.

Com o objetivo de permitir a calibragem e verificação dos modelos desenvolvidos, foi obtido o maior volume de dados oceanográficos já levantados no Brasil para fins de controle ambiental – foram mais de 800 mil dados obtidos a partir de medições sinópticas.

Esse conjunto de dados, associados a mais de 60 mil dados de qualidade de água, e a sistematização de todos os dados secundários até então disponíveis, levou a elaboração de um dos maiores e mais completos diagnósticos de qualidade das águas costeiras já realizados no pais.

Houve ainda com a implementação desses estudos, o desenvolvimento de metodologia e capacitação técnica para aferição dos resultados do Programa BTS no que diz respeito a balneabilidade das águas da baía de Todos os Santos, a partir da elaboração de prognósticos para cenários específicos.

Alguns dos principais resultados obtidos são descritos a seguir.

## 4.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

A concepção de modelagem envolve o uso de proposições que possam simplificar a extraordinária complexidade do meio ambiente natural, focalizadas nos principais fenômenos de interesse que atuam no corpo de água. No presente caso, o interesse está na simulação da circulação hidrodinâmica e do transporte de contaminantes na área da Baía de Todos os Santos (BTS). Nessa área, a circulação hidrodinâmica é provocada por forças de longo período, fundamentalmente forças geradas por marés e ventos predominantes.

O processo de modelagem envolveu o uso de três modelos numéricos básicos (Consórcio Hydros CH2M Hill, 2000), cujas características gerais são descritas a seguir:

a) um modelo hidrodinâmico que simula a circulação hidrodinâmica para diferentes cenários de interesse. Considerando que as aplicações estão previstas para um corpo de água costeiro com pouca estratificação, como é o caso BTS e de várias outras baías e estuários na costa brasileira, admite-se que para a maioria dos casos práticos, a simulação de campos de corrente promediada na vertical, bidimensional na horizontal (2DH), é adequada. Contudo, existem casos onde o conhecimento de perfis verticais de velocidade, de natureza tridimensional, tornar-se-á necessário. Para isso, o sistema de modelagem hidrodinâmica é capaz de simular campos de corrente do tipo 2DH e 3D com densidade constante.

b) um modelo de transporte Euleriano advectivo-difusivo do tipo 2DH, promediado na vertical, para simular o transporte de substâncias contaminantes, ou parâmetros de qualidade da água que se encontram bem misturados ao longo da coluna d'água. Em geral, esse tipo de modelo é mais útil para problemas de grande escala, uma vez que está sujeito à mesma discretização do modelo hidrodinâmico 2DH.

c) um modelo de transporte Lagrangeano advectivo-difusivo, para simular o transporte de substâncias, contaminantes, ou parâmetros de qualidade da água que possam estar bem misturados, ou ocupando apenas uma camada, na coluna d'água. Esse tipo de modelo, em geral, é mais usado no estudo do transporte de plumas ou nuvens de contaminantes originados a partir de fontes de pequena escala.

Os modelos de transporte acima levam em conta a natureza e as possíveis fontes dos contaminantes de interesse, e o fato de que uma vasta gama de escalas de problemas ocorre na prática. Se, por exemplo, deseja-se investigar as variações de salinidade ao longo da baía, a escala de interesse deverá possivelmente compreender toda a área da baía. Mas, se o interesse é na pluma de um emissário de esgoto, as escalas de interesse são da ordem de poucos quilômetros de comprimento por pouco mais de 1 km de largura. Isso representa menos do que 1% da área da baía. Portanto, é necessário que diferentes formas de modelagem de transporte sejam empregadas, de modo a evitar conflitos de escalas entre o modelo hidrodinâmico e os modelos de transporte. Por isso, diferentes tipos de modelos de transporte são necessários para garantir adequada precisão dos resultados, em qualquer escala admissível.

Os modelos de transporte advectivo-difusivo utilizam os resultados obtidos a partir do modelo numérico hidrodinâmico, aplicado à malha de elementos finitos da BTS apresentada na figura 4, a seguir. Pode-se observar o alto nível de detalhamento obtido com a malha da BTS de 1217 elementos finitos e 5686 nós.

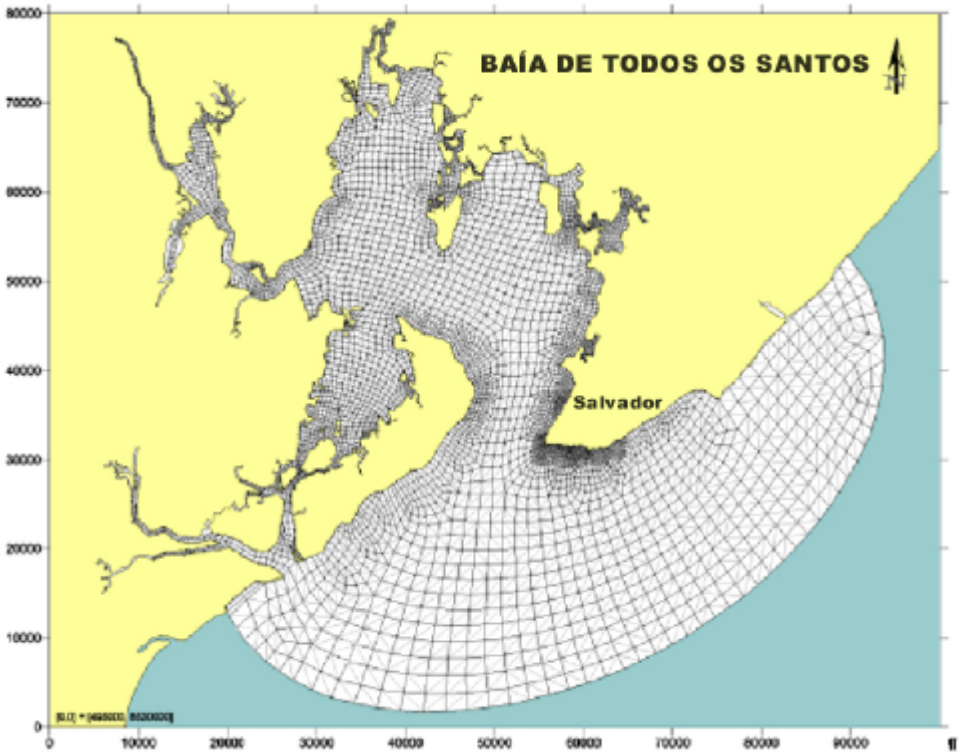


**Figura 4: Domínio da BTS Discretizado com uma Malha Contendo 1217 Elementos Finitos Biquadráticos e 5686 Nós.**

## 4.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BTS

A Baía de Todos os Santos mostrou ser um corpo d'água com salinidade e temperatura elevadas, não estratificado, cuja circulação é fundamentalmente controlada pela maré. Pode se observar ainda, aportes de água doce limitados, e interferências dos ventos no padrão de circulação próximo à superfície, em condições específicas (Consórcio Hydros CH2M Hill, 2000).

De um modo geral, a BTS ainda se apresenta como um corpo d'água com boas condições de qualidade ambiental, embora existam problemas de contaminação de águas e sedimentos em regiões específicas, devido não só às altas concentrações populacional e industrial localizadas em suas margens como as baixas velocidades das correntes e conseqüente capacidade restrita de renovação das suas águas.

A figura 5 apresenta uma simulação matemática do comportamento de plumas de contaminantes compostas por lançamentos contínuos de partículas conservativas, em diferentes pontos da BTS. Esta simulação permite constatar a permanência das partículas próximo as fontes, mesmo após 10 dias do lançamento.

A baía de Itapagipe é a principal região contaminada da BTS. O problema de contaminação se deve basicamente aos lançamentos diretos de esgotos domésticos da população favelada e a drenagem pluvial contaminada. Esses lançamentos maciços, evidenciados pelas altas concentrações de DBO5, em região de pouca circulação, causam problemas de excesso de carga orgânica e eutroficação, que se refletem nas oscilações diárias de oxigênio dissolvido e pH, chegando a provocar mortandades de peixes. Além dessa contribuição atual, existiu uma contribuição industrial antiga, a qual leva a que sejam detectadas concentrações significativas de mercúrio nos sedimentos.

A implantação industrial de grande porte na região da Baía de Aratu, na costa de Mataripe e em Madre de Deus, levou ao desenvolvimento de um passivo ambiental significativo também nestas áreas. Este passivo esta associado ao contínuo aporte de metais pesados (zinco, cobre e chumbo) e hidrocarbonetos, que vem sendo acumulado nos sedimentos e mesmo na biota (Tavares, 1998). As atividades potencialmente mais impactantes estão relacionadas as industrias química e petroquímica, siderurgica, de exploração e refino de petróleo, bem como atividades de transporte e armazenamento de insumos (terminais portuários).

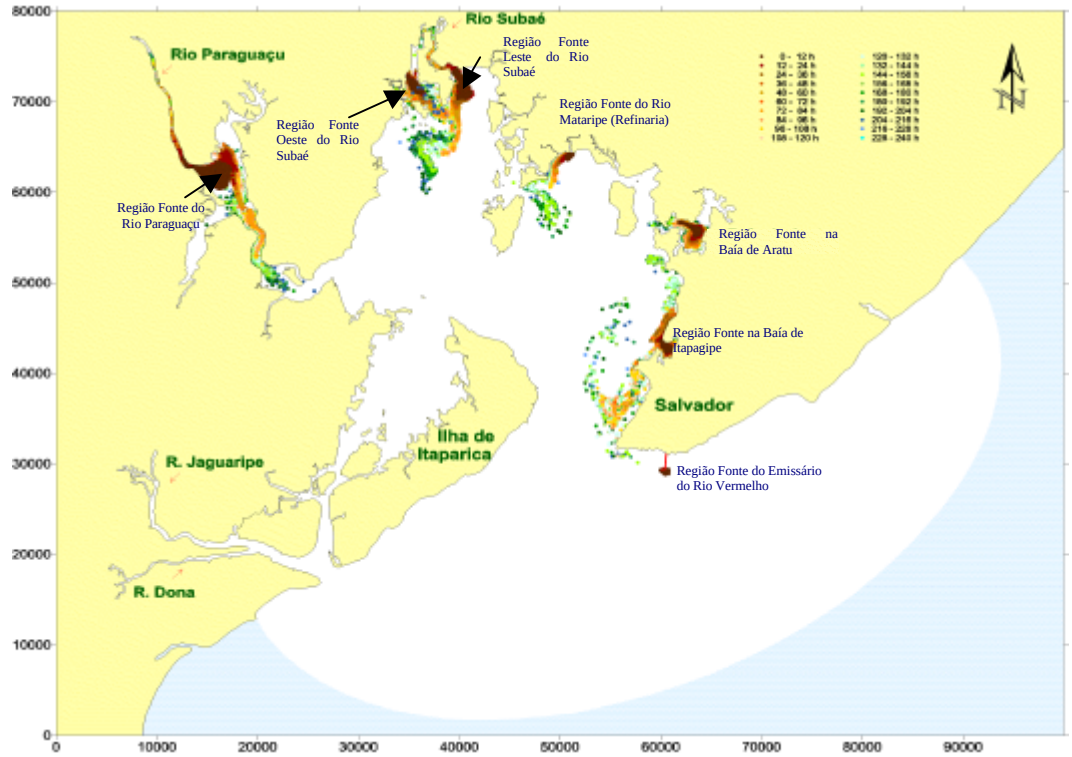


**Figura 5: Deslocamento de Partículas Conservativas após o 10º Dia de Simulação, em Condições Meteorológicas Usuais e Rios com Vazões Médias.**

Outro foco de contaminação é o rio Subaé, na região noroeste da BTS, com elevadas concentrações de coliformes fecais e nitrogênio amoniacal. Além de transportar esgotos domésticos, o rio Subaé funciona como corpo receptor de efluentes industriais. Nos seus sedimentos foram detectados teores elevadíssimos de zinco, cobre, chumbo e cádmio, contaminação essa que se estende pelos sedimentos da BTS nessa região.

Estudos anteriores (UFBa, 1996), referentes a contaminantes orgânicos na BTS, também mostram as contaminações dos sedimentos e da biota, com n-Alcanos, Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA's e Mistura Complexa Não Resolvida de Hidrocarbonetos - MNCR, principalmente nas regiões do rio Mataripe, Coqueiro Grande, Jaburu e Ilha de Maria Guarda. Essas contaminações estão diretamente relacionadas com as atividades de exploração e refino de petróleo.

No que diz respeito a balneabilidade das praias da BTS, cuja recuperação é um dos objetivos do Programa de Saneamento Ambiental, integrante do Programa Bahia Azul, pode se constatar que os problemas mais significativos estão associados a área costeira de Salvador. Esta região será fortemente influenciada pelos resultados do programa.

As praias avaliadas nas demais regiões da BTS apresentaram baixas concentrações de coliformes fecais, compatíveis com condições próprias de balneabilidade à exceção das praia de São Francisco do Conde que mostrou-se imprópria para banho de mar, devido aos esgotos domésticos daquela cidade.

## 4.3 PROGNÓSTICOS PARA A BALNEABILIDADE DAS PRAIAS

O prognóstico da balneabilidade das águas da BTS, além de se constituir em uma ferramenta para avaliação dos resultados do Programa Bahia Azul, se caracteriza como aplicação prática dos modelos desenvolvidos. O prognóstico destaca as praias das Vertentes BTS e Oceânica de Salvador, e da costa leste da ilha de Itaparica. Foram ainda avaliados pontos específicos, a partir do quadro geral da BTS, para comparar os efeitos das ações de esgotamento sanitário nas diversas cidades da região (Consórcio Hydros CH2M Hill, 2001).

Em 1996, o quadro geral da BTS quanto à concentração de coliformes era, em termos globais, favorável.O mesmo pode ser constatado para 1999 nas simulações e no Relatório do Diagnóstico da Qualidade das Águas da BTS, elaborado pelo Consórcio Hydros CH2M Hill. Por estes estudos os problemas ficaram limitados a determinadas áreas costeiras e alguns rios afluentes.

Comparando-se os resultados obtidos para 1996 com os simulados para o ano de 2006, considerando-se as taxas de atendimento originais dos projetos, verifica-se que as repercussões das ações do Programa Bahia Azul, quanto à melhoria das condições de balneabilidade das águas, seriam observadas principalmente nas praias da Vertente BTS e Oceânica de Salvador, as mais comprometidas.

A figura 6 apresenta, como um exemplo, os resultados obtidos para a Vertente BTS de Salvador, que consiste na área mais crítica da BTS, quanto à poluição por esgotos domésticos e que terão todas as suas bacias de esgotamento contempladas pelo Programa BTS. São comparadas a situação em 1996, sem a implementação do programa, com a meta de atendimento à 95% da população que está sendo perseguida para 2006. Essa simulação considera que os 5% restante estariam contribuindo com seus esgotos "in natura" e concentrando-os nos principais pontos de carga, desprezando com isso, a existência de fossas sépticas e retenções ou absorções pelo terreno. A meta de 95% de atendimento só se torna factível em função da adoção do sistema condominial de captação de esgotos associado a ações de urbanização de favelas. As cores adotadas para representação gráfica dos resultados apresentadas, correspondem às faixas de concentrações obtidas através de interpolações realizadas pelo "software" gráfico "Surfer" a partir dos resultados do SisBAHIA. O branco representa concentrações de coliformes fecais inferiores a 100 NMP/100 ml. As cores azul e verde representam também condições favoráveis à balneabilidade, por serem inferiores ao valor de referência do Conama 20 (1.000 NMP/100 ml).

Nesta figura pode-se observar a melhora significativa na balneabilidade das praias deste trecho do litoral. Contudo a análise dos resultados do modelo deixa claro a necessidade do atendimento quase que integral da população com o sistema de esgotamento ou mesmo com soluções isoladas, conforme já vem sendo perseguido, para despoluição total e efetiva das praias, principalmente naquelas com grande afluência de banhistas.

Atenção especial também foi dada ao emissário submarino do Rio Vermelho, em função do aumento de carga significativo a que estará sujeito. Foram realizadas simulações para diferentes cenários de modo a permitir avaliar sua possível interferência em uma faixa costeira teórica reservada a balneabilidade(considerada como situada até 300 m da costa). Foram efetuadas simulações para a vazão média (5,3 $m^3/s$) e máxima (8,3 $m^3/s$), para quatro instantes distintos ao longo do ciclo de maré, para condições usuais de verão e condições de entrada de "frente fria", assim como, resultados para diferentes valores de T90.

A concentração dos esgotos captados pelo sistema na Estação de Condicionamento Prévio do Rio Vermelho e posterior descarte através de Emissário Submarino, aparentemente não causa problemas à balneabilidade das praias da Vertente Oceânica de Salvador, confirmando estudos anteriores. Valores de T90 variando entre 90 e 120 minutos, como seria esperado para a costa de Salvador em períodos diurnos, segundo estudos anteriores, preservam a área destinada a balneabilidade (Figura 7) (Consórcio Hydros CH2M Hill, 2001).

## 4.4 OUTRAS APLICAÇÕES PRÁTICAS

O sistema de modelos desenvolvidos para a Baía de Todos os Santos (SisBAHIA) permite inúmeras possibilidades de aplicações voltadas a gestão ambiental. A aplicação no desenvolvimento de prognósticos, conforme descrito anteriormente, permite uma noção exata de toda sua potencialidade.

Em condições emergenciais a aplicação dos modelos desenvolvidos pode ser a diferença entre um trabalho eficiente de minimização de impactos e um desastre ambiental. Um exemplo claro de aplicação nesta área ocorreu a partir de um possível vazamento de óleo em um antigo campo petrolífero na porção noroeste da BTS.

Foram simulados cenários para definição de possíveis áreas ocupadas por óleo a partir da área inicial de contaminação, considerando-se plumas conservativas e utilizando-se dados metereológicos usuais existentes no SisBAHIA (Figura 8A e 8B).

A aplicação do modelo nesse acidente, permitiu que fossem realizadas ações eficientes quanto à contenção e posterior retirada do óleo derramado, evitando assim um maior comprometimento ambiental da área.

Em estudos ambientais, é possível a identificação das fontes de poluentes, quer estes estejam dissolvidos na massa de água, quer sejam sólidos flutuantes.

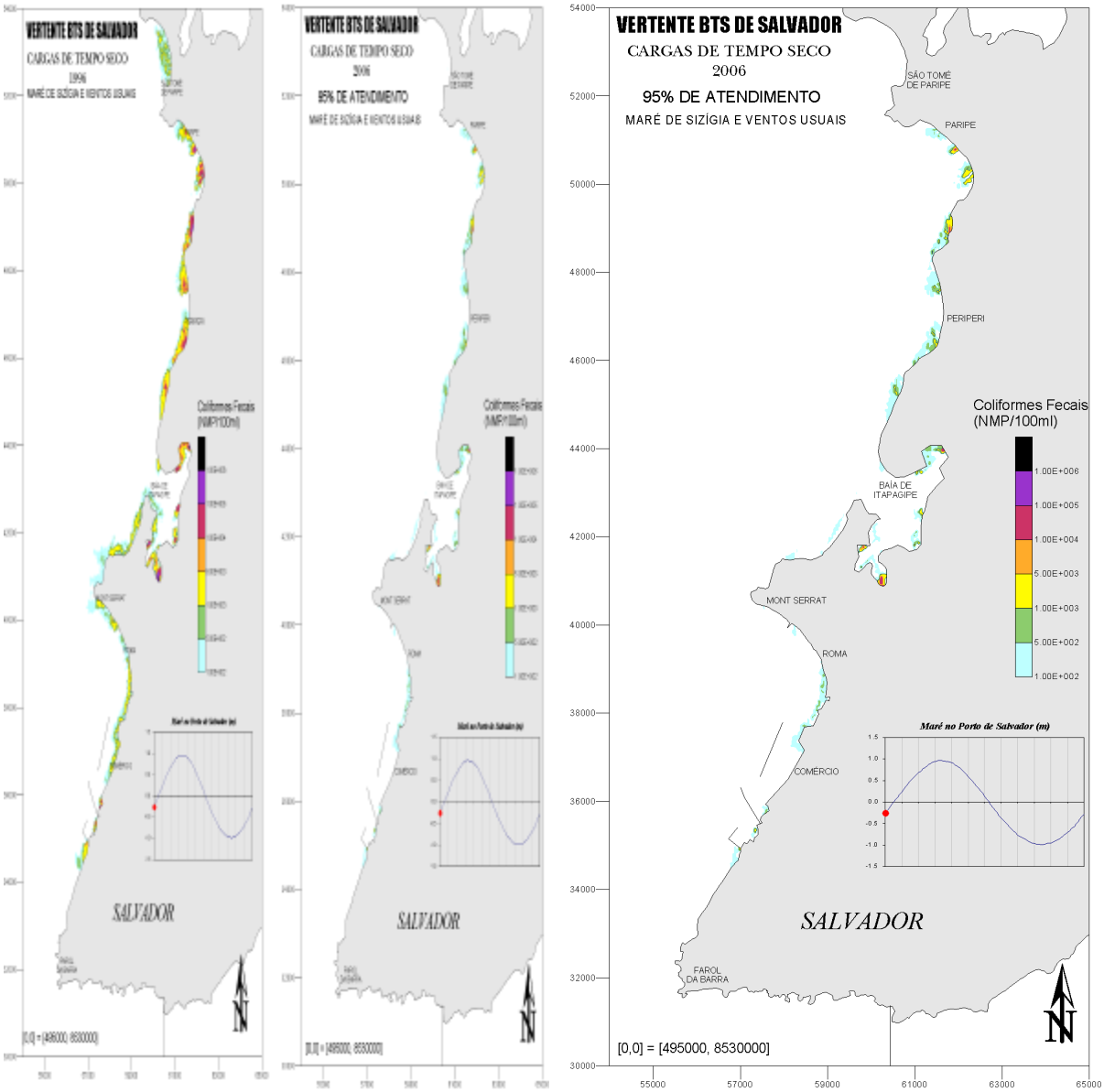


**Figura 6: Evolução das condições de balneabilidade das praias da vertente BTS de Salvador, com a execução do programa Bahia Azul. Resultados obtidos nos prognósticos com a utilização do SisBAHIA.**

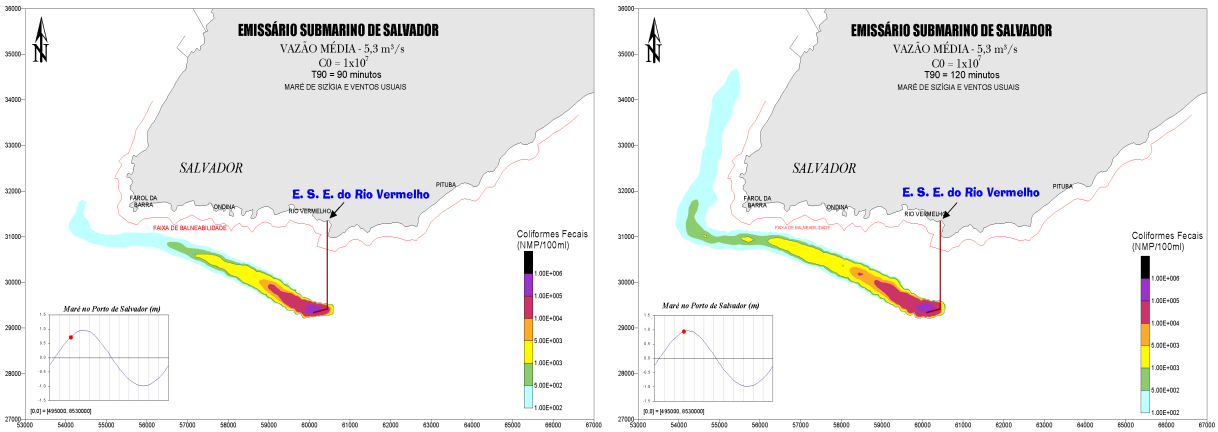


**Figura 7: Simulação Matemática do Comportamento da Pluma de Esgotos do Emissário Submarino do Rio Vermelho para o Período Diurno e T90 de 90 e 120 minutos.**

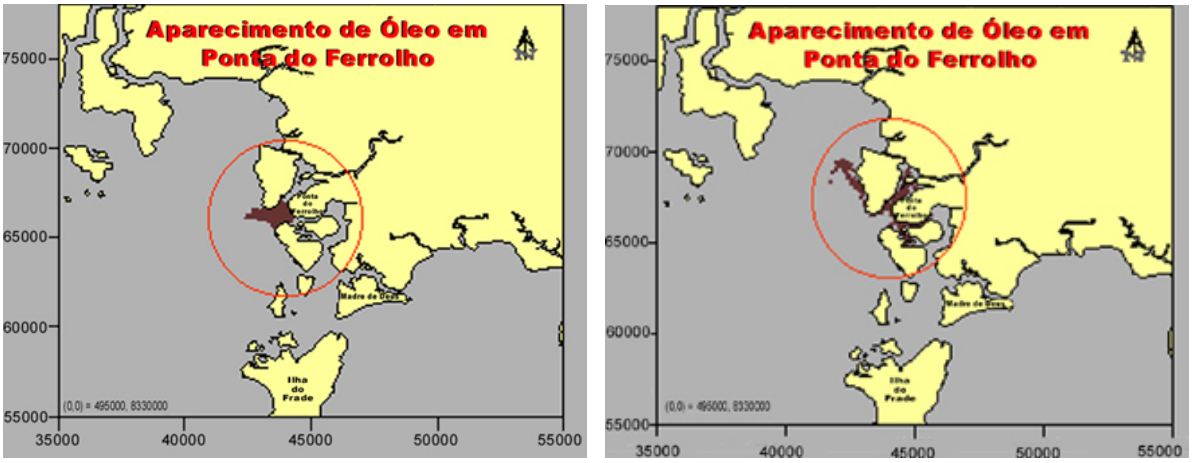


**Figura 8: Simulação Matemática do Comportamento de mancha óleo após acidente na região da Ponta do Ferrolho. 8 A – Maré enchente / Instante inicial mais 1 Hora. 8 B – Maré enchente / Instante inicial mais 18 horas.**

A falta de informação, por exemplo, a respeito do lixo flutuante na BTS, motivou o Consórcio Hydros CH2MHill a implementar simulações a partir do SisBAHIA, que permitisse identificar sua origem e avaliar a sua permanência na baía.

Para simular o espalhamento de detritos flutuantes na BTS, foi realizada uma simulação que representasse condições médias de transporte de plumas superficiais. Foram consideradas as seguintes localidades como fonte, para o estudo da evolução das plumas de partículas flutuantes: foz do rio Camurugipe, foz do rio das Pedras, interior da Baía de Itapagipe, foz do rio Paraguari, foz do rio São Paulo, foz do rio Subaé, foz do rio Paraguaçu.

Um exemplo do resultado obtido com esta simulação é apresentado na Figura 9. A figura mostra o deslocamento de partículas flutuantes após dez dias de simulação. Esta simulação reproduziu o problema da grande quantidade de lixo que é transportada e depositada nas praias da Ilha de Itaparica. Pelo observado, este lixo tem origem nos rios da Vertente Oceânica de Salvador e na baía de Itapagipe.

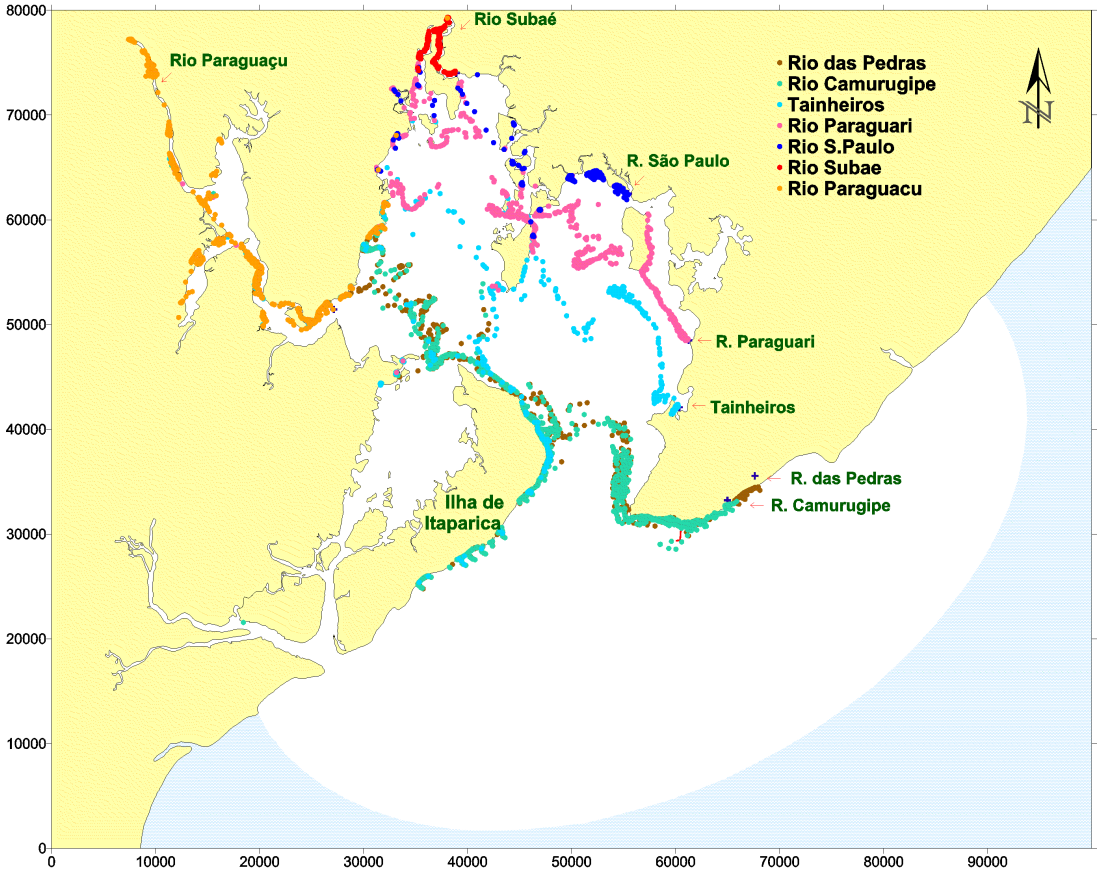


**Figura 9: Deslocamento de Partículas Flutuantes no 10º Dia de Simulação, em Condições Meteorológicas Usuais com Vazões Fluviais Médias.**

## 5 CONCLUSÕES

De um modo geral a Baía de Todos os Santos se apresenta como um copo d'água com boas condições de qualidade ambiental, embora existam alguns problemas localizados de poluição de águas e sedimentos em regiões específicas. Isto ocorre devido, fundamentalmente, às altas concentrações populacional e industrial em suas margens. Destacam-se, nesse aspecto, a baía de Itapagipe, a área industrial norte e a região da foz do rio Subaé.

Um aspecto determinante para a poluição ficar restrita ao entorno das fontes potenciais é a capacidade limitada de renovação das águas da Baía de todos os Santos, principalmente na sua porção norte, onde as águas são rasas e suas velocidades baixas.

As constatações verificadas nos estudos e durante a aplicação dos modelos apontam para a utilização da carga máxima do emissário submarino do Rio Vermelho, localizado na vertente oceânica. Este procedimento preserva o equilíbrio ecológico da Baía de todos os Santos, sem comprometer a balneabilidade das praias de Salvador.

Finalmente, os resultados obtidos com os estudos ora desenvolvidos evidenciam ser o componente de esgotamento sanitário do Programa Bahia Azul, tanto para Salvador como para as diferentes cidades na região do entorno da baía de Todos os Santos, de fundamental importância para a qualidade das águas da BTS. Este programa vem introduzindo através da Embasa, para as cidades do entorno da BTS contempladas, uma grande diversidade de soluções de coleta e tratamento de esgotos, incluindo alternativas de baixo custo e apropriadas para as condições tropicais. Estas soluções estarão ainda permitindo ampliar o atendimento à população além do usualmente adotado em projetos com soluções convencionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental / Relatório de Diagnóstico da Qualidade das Águas da BTS – Volumes I, II , III e IV – Revisão Final Nº RT–257-05-MA-002-RF.
2. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2001) Modelamento e Avaliação Ambiental / Relatório de Prognóstico dos Efeitos do Programa Bahia Azul com Relação à Balneabilidade das Praias – Revisão Final Nº RT–257-05-MA-003-RF.
3. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental/Relatório de Fundamentação Teórica – Revisão Final Nº RT–257-04-GR-001-RF.
4. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental/Relatório de Desenvolvimento dos Modelos – Revisão Final Nº RT–257-04-GR-002-RF.
5. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental/Relatório Técnico de Modelamento da BTS – Revisão Final Nº RT–257-04-GR-003-RF.
6. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental/Relatório Técnico de Calibragem dos Modelos– Revisão Final Nº RT–257-04-CB-002-RF.
7. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental/Relatório Técnico sobre a Área do SDORV – Revisão Final Nº RT–257-04-GR-004-RF.
8. CONSÓRCIO HYDROS CH2M HILL (2000) Modelamento e Avaliação Ambiental/Relatório Técnico de Diluição e Dispersão da Pluma de Esgotos do Emissário Submarino do Rio Vermelho– Revisão Final Nº RT–257-04-GR-005-RF.
9. TAVARES, T.T.; BRANDÃO, A.M.(1998), Distribution of Heavy Metals in Sediments and Fauna of the All Saints Bay, Bahia, Brazil, Extended Synopses of the International Symposium on Marine Pollution, Monaco , p. 662-663.
10. UFBa (1996a), Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico Final. Tomo II. Projeto 1: Estudos Hidrobiológicos. Salvador, Bahia.
11. UFBa (1996b), Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico Final. Tomo XI. Projeto 8: Química Ambiental. Volume I: Distribuição Espacial de Metais Pesados e Hidrocarbonetos ao Norte da Baía de Todos os Santos. Salvador, Bahia.
12. UFBa (1996c), Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos. Relatório Gerencial Final. Tomo I.
13. UFBa (1996), Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos/Tomo II – Relatório Técnico Final “Projeto I – Estudos Hidrobiológicos”
14. UFBa (1996), Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos/Tomo XI – Relatório Técnico Final - “Projeto VIII – Distribuição Espacial de Metais Pesados e Hidrocarbonetos ao Norte da Baía de Todos os Santos”.
15. UFBa (1996), Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos/Tomo VIII – Relatório Técnico Final – “Projeto V – Caracterização Taxonômica, Ecológica e Anatômica da Ictiofauna.”