



## **5.1.2 Geologia, Geomorfologia e Pedologia**

### 5.1.2.1 Geologia

#### a) INTRODUÇÃO

Para a caracterização geológica da área do empreendimento foram compilados dados bibliográficos de diversas fontes, como mapas geológicos em diferentes escalas, teses e dissertações, artigos científicos e livros didáticos. Os mapas e imagens foram integrados para a apresentação do mapa geológico em escala 1:50.000 da Área de Influência Indireta e da Área de Influência Direta, a qual engloba a Área Diretamente Afetada, essas áreas foram caracterizadas no capítulo 4 deste Estudo.

As principais referências utilizadas para a confecção do mapa geológico foram os mapas da CPRM (1999), de Suguio & Martin (1978b) e o mapa referente ao EIA do empreendimento da Brasil Terminal Portuário realizado em 2008, a partir dos quais foram identificadas e caracterizadas as unidades presentes na área de estudo.

A geologia abordada deu maior enfoque para as coberturas sedimentares quaternárias, as quais são predominantes na Área de Influência Direta e recobrem a área do empreendimento. A evolução geológica e os processos de dinâmica superficial da região também foram abordados, assim como a correlação das unidades sedimentares em subsuperfície.

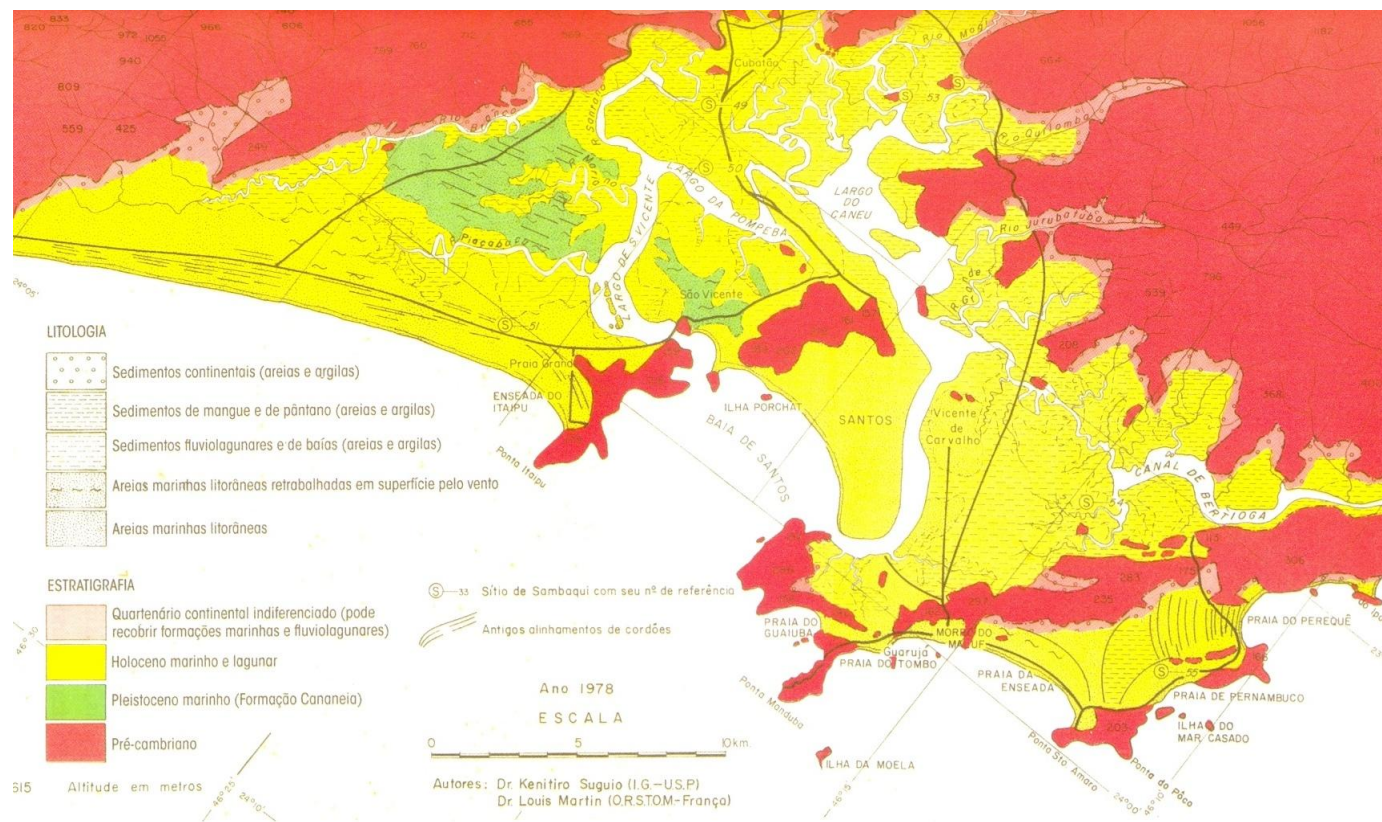
A área do empreendimento localiza-se na Baixada Santista, especificamente no Estuário de Santos, a qual é representada majoritariamente por sedimentos holocenos marinhos e lagunares, enquanto que as rochas pré-cambrianas associam-se às serras e morros isolados, sendo encontradas principalmente em direção ao continente.

A planície costeira de Santos possui 40 km de extensão e 15 km de largura máxima, sendo limitada pela Serra de Monguaguá ao sul e pela porção rochosa da ilha de Santo Amaro a norte. Na sua porção central, a planície é drenada por rede de lagunas e de canais de maré que delimitam as ilhas São Vicente e Santo Amaro.



Figura 5.1.2.1-1 Mapa Geológico Regional com as Áreas de Influência.

**Figura 5.1.2.1-2 Mapa geológico da Baixada Santista.**



Fonte: Suguio & Martin, 1978b



**Figura 5.1.2.1-3 Mapa geológico da Área de Influência Indireta (AII).**



As rochas dos complexos cristalinos pré-cambrianos são predominantemente gnáissicas, com xistos, quartzitos e filitos subordinados, constituindo rochas de médio a alto grau metamórfico, enquanto que os sedimentos quaternários constituem principalmente sedimentos marinhos formados por areias da Formação Cananéia, de cordões arenosos holocênicos e depósitos aluvionares/coluvionares recentes (Figuras 5.1.2.1-1, 5.1.2.1-2 e 5.1.2.1-3).

- EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DA PAISAGEM

Os estágios evolutivos do embasamento costeiro são ainda mal conhecidos (Almeida & Carneiro, 1998). As unidades mais antigas são atribuídas ao Arqueano e Proterozóico Inferior e são englobadas por rochas e estruturas originadas em três colagens principais, vinculadas aos super-continentes Atlântica (Paleoproterozóico), Rodínia (Meso-Neoproterozóico) e Gondwana Ocidental (final do Neoproterozóico). As sucessivas colagens e interações entre as placas formaram faixas móveis acrescionárias, colisionais ou transpressionais, retomadas sucessivas vezes, as quais se sucederam tafrogêneses e dispersão de super-continentes, acompanhados de magmatismo anorogênico e sedimentação intracratônica.

A região de estudo é inserida na Faixa Ribeira, correspondente à zona central da Província da Mantiqueira. Este orógeno é resultante da interação entre o Cráton São Francisco e micro-continentes e/ou arcos de ilhas com a porção do Cráton do Congo e apresenta distintos ambientes tectônicos, marcados por zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais, as quais definem a estruturação regional de orientação NE-SW e condicionam a disposição dos corpos graníticos. O principal evento tectônico responsável pela estruturação e petrogênese da Faixa Ribeira ocorreu durante o Ciclo Brasileiro, *ca.* 600 Ma (Neoproterozóico).

A Faixa Ribeira ocorre sobreposta a unidade de suposta idade Transamazônica, representada pela unidade Rio Capivari (Fernandes, 1991), a qual apresenta estruturação para nordeste. Núcleos antigos inseridos na Faixa Ribeira são interpretados por alguns autores (Theodorovicz *et al.*, 1990 *In* CPRM, 1999) como janelas do embasamento e associadas ao Complexo Costeiro, enquanto outros autores associam esses núcleos pertencentes a unidades próprias (Complexo Rio Capivari, Fernandes, 1991) e consideram o Complexo Costeiro uma placa distinta, aglutinada na colisão entre os continentes e tendo como limite a Zona de Cisalhamento Cubatão.

A Faixa Ribeira apresenta *trend* estrutural NE-SW, sendo composta por associações complexas de gnaisses e xistos, com relíquias de rochas meta-supracrustais. É representada por quatro terrenos tectono-estratigráficos, separados por falhas de empurrão ou por zonas de cisalhamento oblíquas. Estes terrenos são denominados Domínio Costeiro, Domínio Embu, Domínio São Roque e Domínio Socorre-Guaxupé (CPRM, 1999).

Os domínios Embu e Costeiro representam tectonicamente a área de estudo (Figura 5.1.2.1-1). O primeiro foi amalgamado há *ca.* 580 Ma, sendo sua porção sul limitada pela Zona de Cisalhamento Cubatão e sua porção norte pela Zona de Cisalhamento Caucaia-Rio Jaguari. Essas zonas de cisalhamento são oblíquas e possuem componente transpressiva dextral, resultado da colisão continental oblíqua, a qual também gerou empurrões com mergulhos íngremes ( $>30^\circ$ ). O Domínio Costeiro aflora entre a Zona de Cisalhamento Cubatão e o litoral (Figura 5.1.2.1-1).

O magmatismo Neoproterozóico na Faixa Ribeira foi caracterizado pela intrusão de biotita granitos porfiríticos a inequigranulares e muscovita-biotita monzogranitos equigranulares, sendo a maior parte das ocorrências graníticas geradas entre 600 e 590 Ma. Os termos mais diferenciados são muscovita-granada-turmalina granitos, aplitos e pegmatitos, que formam pequenos corpos isolados ou intrusões tardias dentro de alguns



maciços. Na região de estudo, esses granitos correspondem granitos de natureza peraluminosa intrudidos no Complexo Embu e granitos de natureza metaluminosa intrudidos no Domínio Costeiro (Figura 5.1.2.1-1), representando magmatismo de ambiente colisional gerado durante o Ciclo Brasileiro.

No final do Proterozóico, foram originadas falhas transcorrentes que cortam o sudeste do litoral brasileiro, enquanto que o período Cambro-Ordoviciano resultou denso arranjo de zonas de cisalhamento dextrais anastomosadas, orientadas segundo ENE a EW.

O evento magmático durante o cambriano gerou granitos porfiríticos sincolisionais intrusivos no Complexo Costeiro, os quais se encontram dispostos segundo a direção NE-SW e sustentam setores da borda da Serra do Mar. Estes corpos graníticos localizam-se na área de influência do empreendimento e correspondem aos granitos Pai Matias, Santos-Guarujá, Morrão e Taiapuêba (Figura 5.1.2.1-1).

A configuração do litoral brasileiro, tanto em relação à sua posição geográfica quanto em termos de orientação da linha de costa e de fatores oceanográficos (ondas, marés, correntes marinhas, etc.), resulta da Reativação Pós-Paleozóica (Almeida & Carneiro, 1987), a qual deu origem às bacias sedimentares tafrogênicas e à abertura do Oceano Atlântico (Suguio & Martin, 1996). O início da abertura oceânica está relacionado à divisão do supercontinente Gondwana durante o mesozóico, o qual foi seguido por eventos tectono-magmáticos sedimentares. As rochas das falhas e das zonas de cisalhamento reativadas neste episódio, devido à baixa resistência à erosão diferencial, traçaram a rede de drenagem atual.

Na evolução geológica das bacias marginais e da abertura do oceano Atlântico são reconhecidos quatro estágios, do seu início até os dias atuais: I- estágio de arqueamento, II- estágio de *rift valley*, III- estágio de golfo, IV- estágio da abertura oceânica (Suguio & Martin, 1996; Figura 5.1.2.1-4). A abertura do oceano reativou descontinuidades antigas, iniciando magmatismo básico e gerando bacias de rift continental, como as bacias de São Paulo e Taubaté. O magmatismo básico é sincrônico aos derrames da Bacia do Paraná e ocorre como diques básicos e diferenciados na porção sul da Folha de Santos.

Entre o Cretáceo e o Terciário, as bacias marginais foram submetidas a processos sedimentares associados a distintos ambientes: lacustre a deltaico, marinho restrito a transicional, talude continental, talude continental e planície costeira e finalmente litoral (Suguio & Martin, 1996).

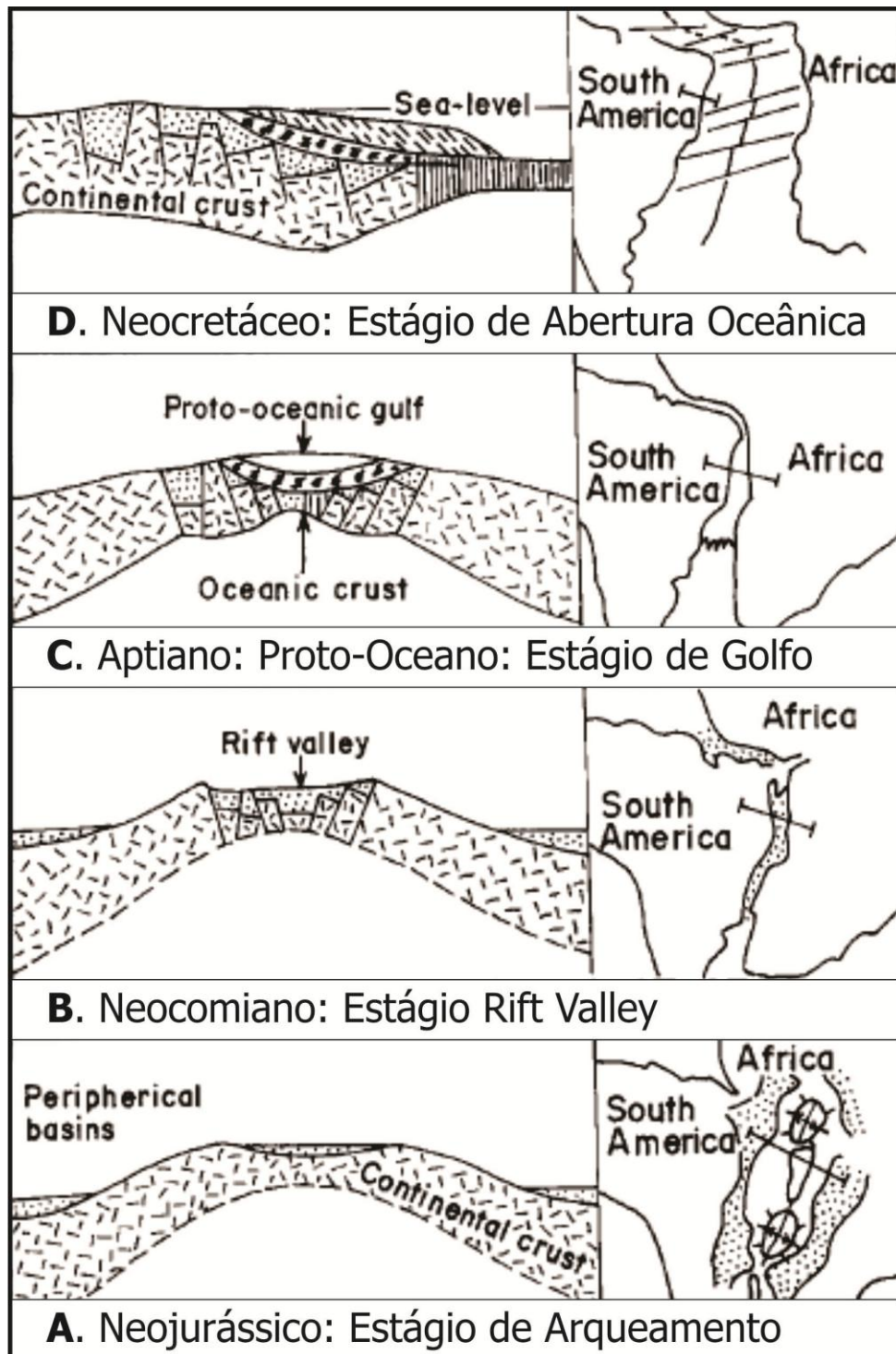
Durante o quaternário, sob uma perspectiva mais ampla, a costa brasileira comportou-se de forma homogênea (Suguio *et al.*, 1985). Contudo, duas principais transgressões ocorridas neste período são destacadas, sendo elas a Transgressão Cananéia, ocorrida há 120 mil anos, a qual elevou o nível do mar  $8 \pm 2$  m acima do mar atual, e a Transgressão Santos, também denominada a Última Transgressão, que teve início há 7 mil anos (Massad, 2009). Essas transgressões foram, respectivamente, responsáveis pela deposição dos sedimentos Pleistocênicos e Holocênicos na área de estudo.

A formação dos sedimentos pleistocênicos iniciou com o máximo da Transgressão Cananéia, quando o nível do mar atingiu  $8 \pm 2$  m acima do nível atual. Na regressão subsequente, houve intenso processo erosivo que removeu partes dos sedimentos depositados (Massad, 2009). Os sedimentos erodidos deram lugar a vales que foram preenchidos pela água do mar da Transgressão Santos. Esta retrabalhou os sedimentos pleistocênicos, preencheu lagunas e baías e formou os sedimentos holocênicos e os cordões litorâneos.

A costa brasileira esteve em submersão até 5,1 mil anos momento que foi submetida a processo de regressão do mar quase contínua e que trouxe o nível do mar para a posição atual (Massad, 2009; Figura 5.1.2.1-5). Pequenas oscilações negativas do nível do mar

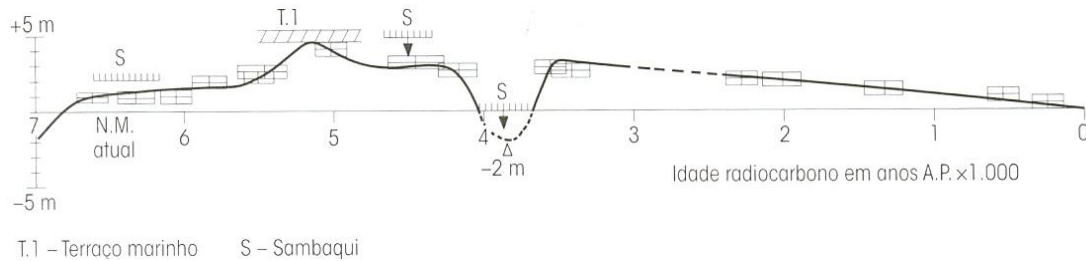
ocorreram durante o processo de emersão do continente, com oscilações de 1,5 a 1,2 m abaixo do nível do mar atual, há cerca de 4 mil anos (Figura 5.1.2.1-5).

**Figura 5.1.2.1-4 Evolução geológica das bacias marginais brasileiras, simultaneamente ao *drift* continental e à abertura do oceano atlântico.**



Fonte: Suguio & Martin, 1999, modificado de Ponte & Asmus, 1978.

**Figura 5.1.2.1-5 Curva de variação do nível relativo do mar nos últimos 7 mil anos no litoral de Santos-Bertioga.**



Fonte: Suguio & Martin, 1981.

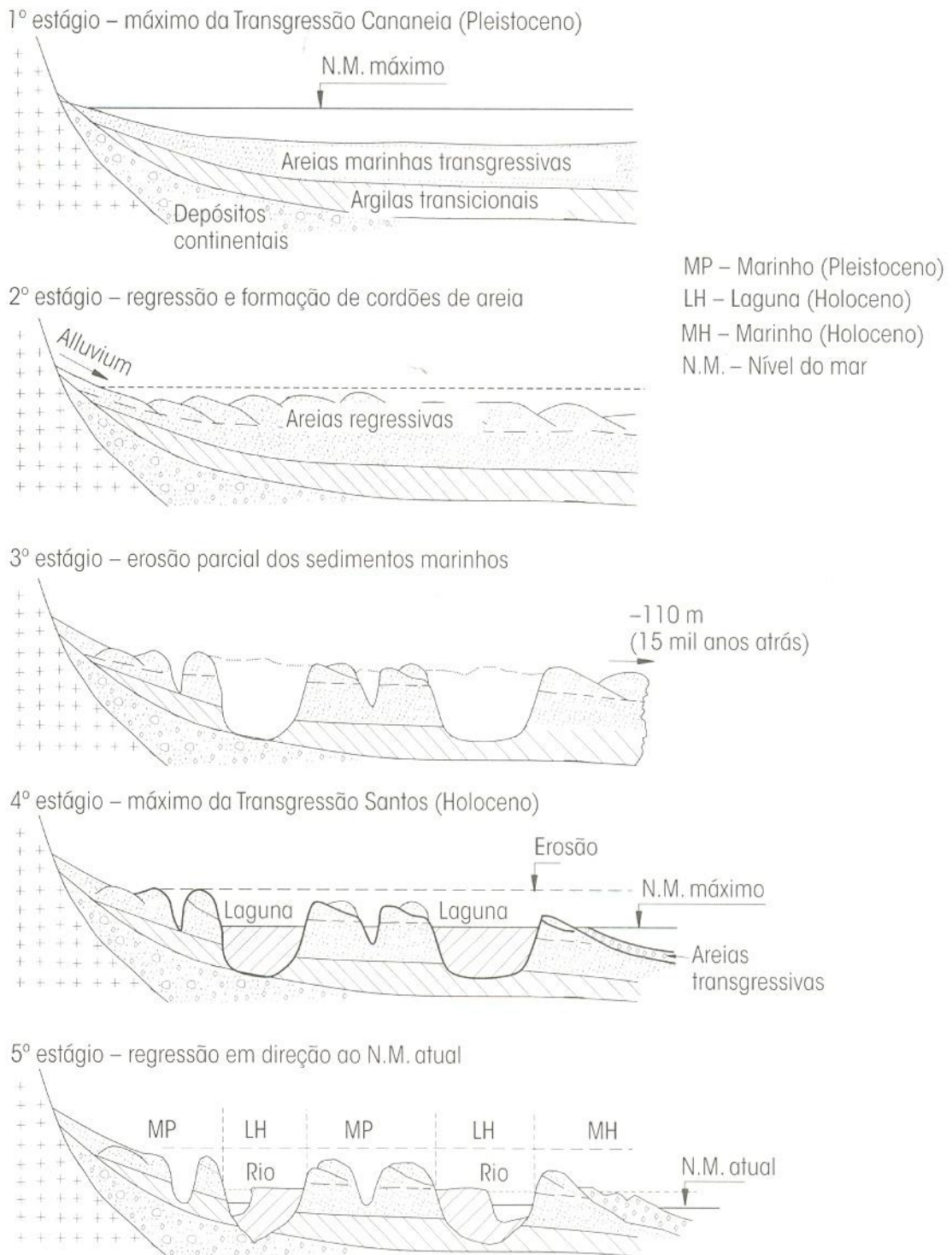
A variação do nível relativo do mar (eustasia) deve-se a fenômenos gerais de mudanças no volume dos oceanos (glacioeustáticos) e a fenômenos locais tectônicos, isostáticos ou de deformações do geóide (eustasia geoidal). Assim, as variações locais sobrepõem-se às de nível global, tornando as variações do nível do mar dependentes da posição geográfica da costa. Na costa brasileira, as máximas amplitudes ocorreram em 5,1 mil anos, sendo que na costa da Bahia o nível do mar atingiu 5 m, enquanto que no trecho Santos-Bertioga o nível do mar atingiu 4,5 m (Massad, 2009).

Segundo Suguio e Martin (1981) ocorreram cinco estágios distintos na formação das planícies quaternárias no Estado de São Paulo (Figura 5.1.2.1-6):

1. Durante o máximo da Transgressão Cananéia, o mar atingiu o pé da Serra do Mar depositando sedimentos argilo-arenosos, ditos transicionais e areias marinhas transgressivas. Estes sedimentos foram depositados sobre a Formação Pariqueira-Açu, constituída por sedimentos continentais.
2. No início da regressão subsequente, cordões de areias regressivas foram depositados sobre os sedimentos transgressivos e foram retrabalhados pela ação do vento.
3. Há 17 mil anos houve o recuo máximo do nível do mar, que atingiu -110 m. Com isso, a superfície da Formação Cananéia foi erodida por rios, formando vales profundos, entre os quais foram preservados cordões de praia.
4. Na Transgressão de Santos, o mar preencheu inicialmente as zonas mais baixas, formando um sistema de lagunas, onde foram depositados sedimentos argilo-arenosos comumente ricos em matéria orgânica. Concomitantemente, as partes mais altas da Formação Cananéia foram erodidas e as areias resultantes ressedimentadas, formando os depósitos marinhos holocênicos.
5. Com a regressão do mar, ocorre a formação de várias gerações de cordões litorâneos como consequência das flutuações do nível do mar durante o final da Transgressão de Santos.



**Figura 5.1.2.1-6 Estágios da gênese das planícies costeiras paulista.**



Fonte: Suguio & Martin, 1981



## b) ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

A Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento está geologicamente inserida em duas grandes unidades geológicas principais, caracterizadas pelo embasamento cristalino e pelas coberturas sedimentares cenozoicas. O limite sul da AII é marcado pelos sedimentos da Planície Costeira, que se estende também para sudoeste e leste, e pela linha da costa (Figuras 5.1.2.1-1 e 5.1.2.1-3). As escarpas da Serra do Mar, incluídas no domínio cristalino do Complexo Embu, fazem o limite da AII a norte e noroeste, enquanto que os gnaisses do Complexo Costeiro limitam a área de influência do empreendimento a nordeste (Figuras 5.1.2.1-1 e 5.1.2.1-3).

De acordo com a Carta Geológica de Santos (escala 1:250.000), cujos limites geológicos foram incluídos no Mapa Geológico do Brasil elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM (1999) (Figura 5.1.2.1-3), na Área de Influência Indireta (AII) estão presentes unidades dos domínios Embu e Costeiro, de idades Meso-Neoproterozóica, granitos tectônicos, com magmatismo majoritariamente Cambriano, e coberturas sedimentares quaternárias de origem continental, marinha e mista, as quais recobrem parcialmente as unidades mais antigas (Figura 5.1.2.1-3).

- EMBASAMENTO CRISTALINO

O embasamento da área estudada corresponde às unidades pré-cambrianas representadas pelos domínios Embu e Costeiro. O Domínio Costeiro é formado pelo Complexo Costeiro, enquanto que o Domínio Embu é dividido em Complexo Rio Capivari, tido como embasamento deste domínio e Complexo Embu (CPRM, 1999).

Nesta área de influência, o Domínio Embu é representado pelo Complexo Embu, localizado a norte da Zona de Cisalhamento de Cubatão, enquanto que o Complexo Costeiro ocorre a sul desta zona de cisalhamento e representa a maior parte da AII e toda a Área de Influência Direta (AID) (Figura 5.1.2.1-1).

- COMPLEXO EMBU

O Complexo Embu ocorre como uma faixa contínua de direção NE-SW do Rio de Janeiro até a divisa dos estados São Paulo e Paraná, tendo seu limite a sul marcado pela Zona de Cisalhamento de Cubatão, enquanto que a norte, o limite é dado pela Zona de Cisalhamento Caucaia-Rio Jaguari.

O complexo é formado por rochas paraderivadas com afinidade vulcanossedimentar, representadas pela unidade ortognáissica, unidade de xistos localmente migmatíticos, unidade de gnaisses bandados, unidade paragnáissica, unidade quartzítica, unidade de sericita xisto e unidade milonítica. Suas rochas são indicativas de metamorfismo em fácies anfíbolito, com exceção das rochas das unidades quartzítica e sericita xisto que apresentam metamorfismo em fácies xisto verde, sendo o metamorfismo principal com idade entre  $787 \pm 18$  Ma e  $797 \pm 17$  Ma (Th-U-Pb; Vlach, 2001 *In* CPRM, 2005).

O Complexo Embu limita a Área de Influência Indireta (AII) nas suas porções norte e oeste/noroeste, sendo caracterizada na área de estudo pela unidade ortognásissica e pela unidade de xistos, localmente migmatíticos (Figura 5.1.2.1-1). A Unidade milonítica ocorre próxima ao limite noroeste da AII, mas não se encontra inserida na área de estudo.

A unidade ortognáissica, na região, ocorre a norte e paralela à Zona de Cisalhamento de Cubatão, estendendo-se para NW, sendo constituída predominantemente por biotita gnaiss homogêneo, de composição granodiorítica a tonalítica.

A unidade de xistos é expressiva dentro do Complexo Embu, ocorrendo em toda a sua exposição, mas possuindo amplo domínio em sua porção sul. Esta unidade é constituída por mica xistos e quartzo xistos em alternância rítmica, cortados por pegmatitos. Os



micaxistos são caracterizados por muscovita-biotita-quartzo xistos com cianita, estauroлита, granada, silimanita e turmalina, enquanto que os quartzo xistos são compostos por quartzo, muscovita, biotita, granada e plagioclásio (CPRM, 2005).

A unidade milonítica tem área de ocorrência restrita no Complexo Embu, limitando-se às proximidades das zonas de falhas. As rochas originais que deram origem a estes milonitos são, geralmente, granada-biotita-muscovita xistos, com frequente presença de porfiroblastos de muscovita (Silva, 1992 *In* CPRM, 2005).

- COMPLEXO COSTEIRO

O Complexo Costeiro aflora no litoral de São Paulo e possui seu limite com as rochas do Complexo Embu a norte balizado pela Zona de Cisalhamento de Cubatão, sendo que a linha de costa limita seu domínio a sul (Figura 5.1.2.1-1). O complexo é representado por gnaisses migmatíticos que formam corpos alongados segundo a direção NW, com intercalações subordinadas de rochas parametamórficas e granulíticas, mas também ocorrem na forma de morros isolados inseridos nos sedimentos da Planície Costeira. Apresenta unidades compostas por gnaisses bandados, gnaisses peraluminosos, granito gnáissico migmatítica e unidade quartzítica, de idades de formação Neoproterozóica, entre 580 e 612 Ma (U-Pb, Dias Neto, 2001 *In* CPRM, 2005). O Complexo Costeiro corresponde a terrenos de médio a alto grau metamórfico, sendo o ápice metamórfico ocorrido entre 580 Ma e 560 Ma.

Na Área de Influência Indireta, o Complexo Costeiro é representado pelas unidades granito-gnáissica migmatítica, gnaisses bandados e ortognaisses, que ocorrem como faixas alongadas segundo a direção SW-NE (Figura 5.1.2.1-1).

A unidade granito gnáissica migmatítica possui ocorrência expressiva no Complexo Costeiro, sendo descrita como (hornblenda)-biotita granitóide gnáissico porfirítico em rocha da Ilha de São Sebastião (Janasi & Ulbrich, 1992 *In* CPRM, 2005).

A unidade ortognáissica, no Estado de São Paulo, ocorre na região da Serra do Mar, desde a divisa com o Rio de Janeiro até as proximidades da cidade de Santos. Esta unidade apresenta contato tectônico com as rochas do Complexo Embu, marcado pela Falha de Cubatão e é composta essencialmente por ortognaisses migmatíticos de natureza calcálica e estruturas diversas (Silva, 1992 *In* CPRM, 2005).

As rochas da unidade gnaisses bandados ocorrem nas proximidades da cidade de São Sebastião e de Santos até a região de Itanhém. Possui composição monzogranítica, composta por quartzo, microclínio, oligoclásio, hornblenda e biotita, e textura gnáissica caracterizada por bandas irregulares félsicas, quartzo-feldspáticas, intercaladas com bandas máficas (Passareli, 2001 *In* CPRM, 2005). Paralelo ao bandamento gnáissico foi desenvolvida foliação milonítica caracterizada pelo estiramento de porfiroclastos de feldspato potássico e orientação de biotitas. Os gnaisses bandados apresentam estruturas e relações texturais complexas, as quais sugerem a coexistência de magmas distintos.

- GRANITOS EOPALEOZÓICOS E NEOPROTEROZÓICOS

Os granitos que intrudem o Complexo Costeiro consistem maciços pouco foliados, caracterizados como pós ou pós a tardi-tectônicos, e granitos foliados, considerados pré ou pré a sin-tectônicos (CPRM, 1999). Os granitos pouco foliados são rochas charnoquíticas, (hornblenda)-biotita granitos, muscovita-biotita granitos e (hornblenda)-biotita granito porfiríticos, enquanto que os granitos mais deformados são caracterizados por muscovita-biotita granitos, (hornblenda)-biotita granito porfiríticos e granitos leucocráticos com granada (CPRM, 1999).

Na AII, os granitos intrusivos nas unidades do Complexo Costeiro são atribuídos ao Paleozóico (CPRM, 1999). Na área de estudo, ocorrem os corpos graníticos cambrianos



Pai Matias, Guarujá-Santos, Morrão e Taiapuêba, os quais se localizam nas porções leste, centro e sudeste, norte-nordeste da área (Figura 5.1.2.1-1). O Granito Morrão insere-se a sudeste da Zona de Cisalhamento de Cubatão, entre as drenagens dos rios Mogi e Quilombo e é formado por anfibólio-biotita granito a granodiorito equigranulares. O Granito Taiapuêba é constituído por muscovita-biotita granito, de coloração cinza e inequigranular, às vezes porfirítico.

Os granitos Neoproterozóicos ocorrem a norte e a nordeste da AII e não estão inseridos nesta área de influência. Ambos os granitos constituem importantes fontes de recursos minerais não metálicos na região.

- UNIDADES SEDIMENTARES CENOZÓICAS

O contato entre o oceano e continente proporciona diversidade de sedimentos. Os sedimentos quaternários da área estudada compreendem sedimentos com deposição associada a dois episódios transgressivos principais, ocorridos durante o Pleistoceno e o Holoceno, os quais deram origem a diferentes tipos de sedimentos: areias e argilas transicionais, sedimentos flúvio-lagunares e de baías e sedimentos de mangues (Massad, 2009).

Na Área de Influência Indireta predominam depósitos holocênicos originados na Transgressão de Santos e depósitos mistos atuais, caracterizados por areias e argilas de mangue e areias marinhas litorâneas. Contudo, afloramentos de areias marinhas litorâneas pleistocênicas, comumente retrabalhadas superficialmente pelo vento com dunas na sua parte superior, ocorrem na planície costeira de Santos, sendo encontradas ao longo do Rio Mariana e na região de Samaritá.

- DEPÓSITOS PLEISTOCÊNICOS

Durante o Pleistoceno, na área estudada ocorreu a deposição de sedimentos detríticos indiferenciados que foram depositados sobre a Formação Pariquera-Açu, constituída por sedimentos finos, com alternância irregular de siltes areno-argilosos e areias arcossianas, às quais se associam camadas pouco espessas de cascalho, seixos angulosos de quartzo e quartzito.

A Formação Cananéia, descrita por Martin & Suguio (1978a), ocorre de forma descontínua por todo litoral sul do Estado de São Paulo, perdendo expressão em direção ao litoral norte paulista. Seus sedimentos foram depositados sobre rochas diversas e relacionam-se ao evento transgressivo pleistocênico ocorrido há 100-120 mil anos. Esse evento transgressivo denomina-se Transgressão Cananéia (Suguio e Tessler, 1985) e seus depósitos estão associados ao ambiente transicional. As altitudes dessa formação variam de cinco a seis metros na zona externa, próxima do mar, e nove a dez metros na área próxima ao embasamento cristalino. Apresenta depósitos de argilas e siltes arenosos na sua porção basal e depósitos arenosos no topo. Os primeiros foram formados em ambiente misto, com a deposição de argilas siltosa em ambiente continental na sua parte inferior e de areias siltosas de ambiente marinho na sua parte superior.

Assim, os sedimentos da Formação Cananéia são classificados como depósitos transicionais. Sedimentos finos arenosos, com níveis de minerais pesados e intercalações argilosas com estratificações onduladas e cruzadas, intensa bioturbação e estruturas de sobrecarga são encontrados na base dessa formação. Os sedimentos da porção de topo da Formação Cananéia foram depositados em ambiente marinho. São constituídos por areias finas e friáveis, às vezes cimentada por material ferruginoso, e apresentam estratificações plano-paralelas e níveis de gretas de contração.

Terraços Marinhos Pleistocênicos foram formados durante a Transgressão Cananéia, sendo correlatos à Formação Cananéia. Consistem depósitos marinhos arenosos,



formados por areias muito finas, bem selecionadas, que se apresentam como terraços erodidos e mais elevados (cotas de 5 m a 10 m acima do nível do mar atual) que os terraços marinhos holocênicos.

- DEPÓSITOS HOLOCÊNICOS

Os depósitos Holocênicos da Província Costeira da região de Santos estão relacionados à Transgressão de Santos, iniciada há 7 mil anos. À Transgressão de Santos associam-se depósitos litorâneos indiferenciados constituídos por depósitos arenosos de cordões regressivos e sedimentos argilo-arenosos de origem flúvio-lagunar. Estes depósitos ocorrem na porção sul e central do litoral paulista e estão estratigraficamente sobre a Formação Cananéia, mas topograficamente sob esta formação, a qual foi retrabalhada pelos depósitos holocênicos. Os depósitos holocênicos também se encontram sobre o embasamento cristalino.

Os depósitos arenosos marinhos holocênicos foram formados a partir de sedimentos provenientes da erosão das partes emersas da Formação Cananéia durante a Transgressão de Santos. Estes sedimentos formaram ilhas-barreiras na época do máximo transgressivo, as quais isolaram zonas lagunares que foram responsáveis pela deposição de sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica.

Os sedimentos de contribuição marinha ocorrem como cordões litorâneos, que correspondem feixes de restingas, ou como terraços de construção marinha, e são formados por areias finas e brancas com lentes ferruginosas locais. Os cordões litorâneos e terraços marinhos holocênicos gerados durante a Transgressão de Santos são correlatos à Formação Ilha Comprida, que possui grande expressão na porção sul do litoral paulista. Estes terrenos são compostos por depósitos marinhos arenosos formados por areias finas a médias, que podem ocorrer entre 1,5 m a 4 m acima do nível do mar atual e apresentar depósitos eólicos no topo, principalmente em planícies costeiras maiores.

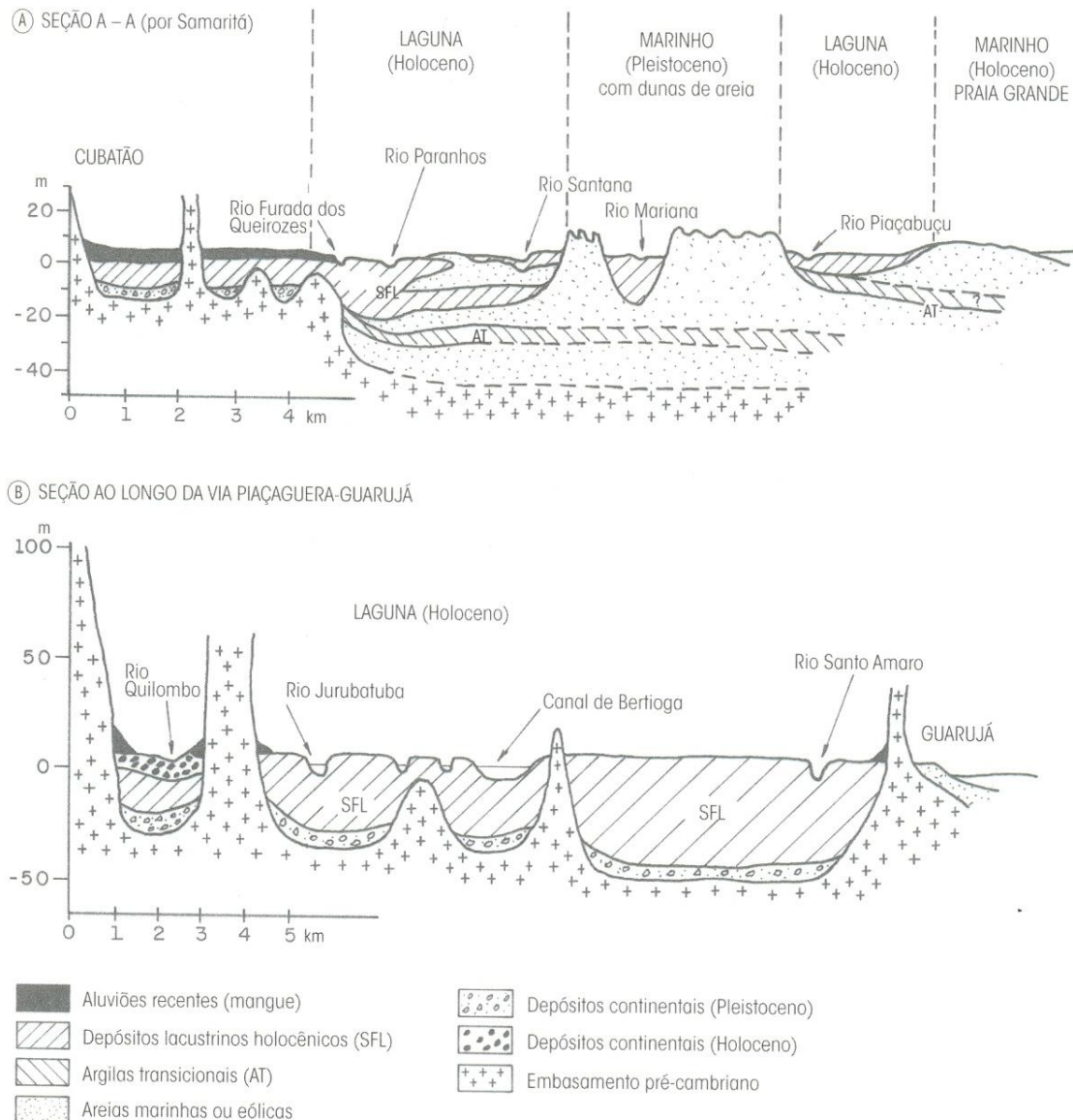
As depressões paleolagunares formadas na Transgressão Santos foram parcialmente preenchidas por sedimentos flúvio-lagunares pelíticos, argilo-siltoso pobremente selecionados e ricos em matéria orgânica, que com a regressão marinha subsequente foram recobertos por pacotes de até 1m de espessura de colúvios de baixada (sedimentos areno-siltico argilosos, pobremente selecionado) de idade holocênica até recente. Estes sedimentos são provenientes das encostas da serra do mar e carregados pelos rios durante as enxurradas para serem depositados no interior dessas depressões.

Suguio & Martin (1978a) realizaram numerosas sondagens na região de Santos e indicaram que, em algumas partes da planície, os depósitos flúvio-lagunares podem atingir 50 m de espessura. Estes autores também estudaram as argilas de depósitos flúvio-lagunares holocênicas, denominadas argilas de SFL (Sedimentos Flúvio-Lagunares), em perfis nas rodovias que cortam a região de Santos para ilustrar a interpretação que deram à estratigrafia da Baixada Santista (Figura 5.1.2.1-7).

Nas seções geológicas realizadas entre a Praia Grande e Cubatão, cortando a região de Samaritá, e ao longo da Rodovia Piaçaguera-Guarujá, observa-se que os sedimentos flúvio-lagunares e de baía (SFL) ocorrem ao longo das duas seções sobre depósitos continentais pleistocênicos da Formação Pariqueira-Açu (Figura 5.1.2.1-7). Os depósitos SFL apresentam-se homogêneos e uniformes, com argilas moles a muito moles, refletindo ambiente deposicional calmo.

As argilas SFL ocorrem em toda a Baixada Santista e na cidade de Santos ocorrem sob as areias marinhas litorâneas holocênicas (Figura 5.1.2.1-7). Estes sedimentos marinhos são finos, medianamente compactos, cinza-escuros, às vezes com matéria orgânica e conchas, com espessura que varia entre 6 m a 20 m.

**Figura 5.1.2.1-7 Seção geológica esquemática.**

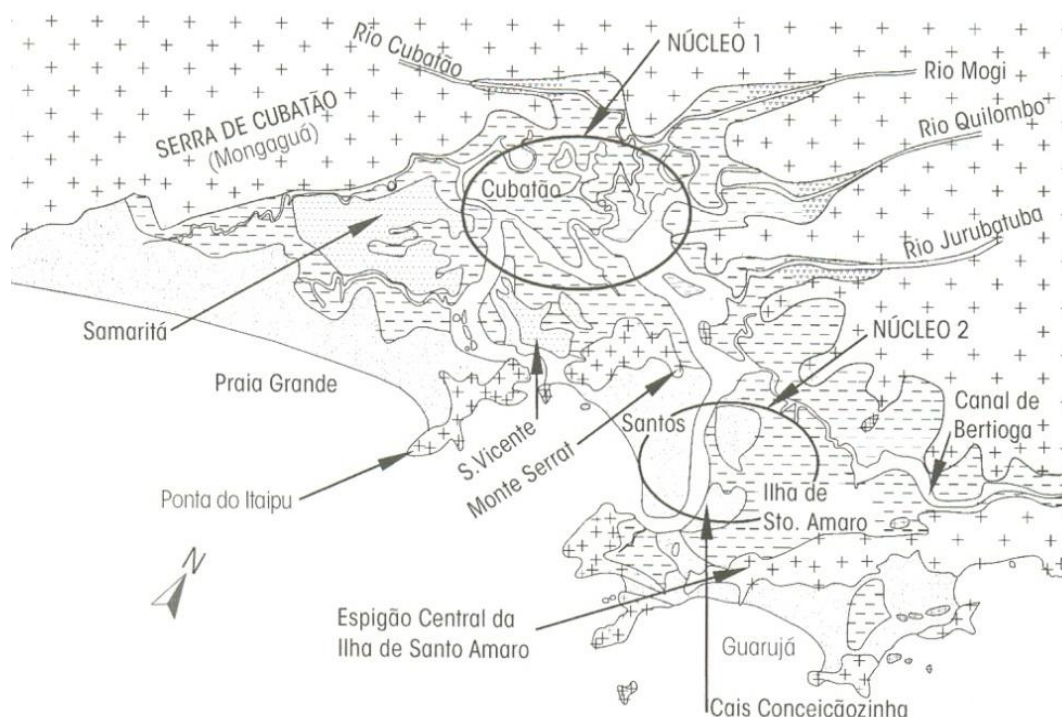


Fonte: Suguio & Martin, 1978a *In* Massad, 2009.

A sedimentação na região de Santos ocorreu em dois ambientes distintos. Um deles ocorreu em águas flúvio-marinhas turbulentas, diante dos rios mais importantes da região (Núcleo 1), enquanto que o outro ocorreu em águas tranquilas de baías (Núcleo 2; Massad, 2009; Figura 5.1.2.1-8).

No Núcleo 1, o subsolo apresenta-se heterogêneo, com alternância caótica de camadas de areias e argilas, sendo esta intercalada por finas lentes de areia. O Núcleo 2 apresenta homogeneidade nas camadas de argilas, com pouca intercalação de camadas de areias, indicando um ambiente de sedimentação “calmo”.

**Figura 5.1.2.1-8 Baixada Santista (Massad, 2009).**



Fonte: Massad, 2009.

Sedimentos basais, caracterizados por areias finas, médias e grossas e siltes argilosos, geralmente com pedregulhos, ocorrem sob as argilas SFL no Núcleo 1. Estes sedimentos correspondem a depósitos rudáceos em cones de dejeção e foram depositados em ambiente de alta energia de transporte. Os sedimentos basais são mais espessos ao longo das linhas de drenagens dos principais rios da região, com os rios Mogi e Cubatão.

- DEPÓSITOS HOLOCÊNICOS ATUAIS

Os depósitos holocênicos atuais são formados por sedimentos de distintas origens, sendo que na Área de Influência Indireta do empreendimento ocorrem sedimentos de depósitos continentais, mistos e de mangues e pântanos.

Os depósitos arenosos atuais no litoral do Estado de São Paulo apresentam-se como areias impuras de granulometria variável, sendo de granulometria mais grossa no litoral norte paulista, onde a mineralogia reflete o embasamento e é comum a presença de fragmentos de conchas, e de granulação mais fina e predominantemente quartzosa no litoral sul, local onde predominam praias extensas (Chieregati *et al.*, 1982 *In* CPRM, 2005).

Os depósitos mistos holocênicos atuais constituem associação indiferenciada de depósitos aluviais e colúvios de baixada, recobrando as porções mais distais e planas da planície costeira, enquanto que os depósitos de encostas englobam depósitos de baixa a média encosta como rampas de colúvio, talus e leques aluviais de idade pleistocênica a atual. São constituídos por sedimentos com ampla variação granulométrica, desde argilas até matacões.

Os corpos de talus possuem composição heterogênea e são constituídos por fragmentos rochosos angulosos a semi-arredondados com até 2 m de diâmetro imersos em matriz areno-silto-argilosa. Estes corpos acompanham a linha da escarpa serrana, sendo que os



maiores são encontrados nas cotas mais baixas até os vales dos rios e os menores podem ser encontrados em cotas mais altas.

Os coluviões também ocorrem ao longo da escarpa serrana recobrimdo rochas pré-cambrianas na forma de corpos delgados na porção basal das encostas, com espessura, geralmente, inferior a 1,5 m. Constituem solos coluviais areno-silto-argilosos imaturos, mal selecionados e muitas vezes material coluvionar de granulometria grossa, ou seja, cascalhos, areias e argilas em proporções bastante variáveis.

Os aluviões ocorrem como depósitos de areias grossas e cascalhos associados aos rios que drenam a região, como os rios Mogi, Quilombo, Jurubatuba e Cubatão. Os sedimentos aluvionares englobam areias inconsolidadas de granulação variável, bem como as argilas e cascalheiras fluviais, encontradas em terraços ou em calhas de cursos d'água, principalmente nas planícies alveolares de altos morros.

Nas margens das lagunas, canais de marés e nos cursos inferiores dos rios que drenam a Planície Costeira, são desenvolvidos formações de mangues e pântanos atuais. As planícies de marés atuais constituem depósitos pelito-arenosos orgânicos, presentes nas bordas dos canais estuarinos, que recebem influências diárias dos ciclos de maré. Sedimentos de mangues e pântanos ocorrem entre Cubatão, passando pela foz do Rio Mogi, até a porção SSW da foz do Rio Quilombo. Esses sedimentos também ocorrem ao longo do canal de Bertioga e nos baixos cursos dos rios Piaçabuçu (São Vicente), Paranhos/Santana (Cubatão), Jurubatuba, entre outros.

#### c) ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)

A Área de Influência Direta do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR engloba os canais estuarinos, a foz dos rios Cubatão, Mogi, Quilombo e Jurubatuba, além de parte da área metropolitana de Santos (Figura 5.1.2.1-9).

A AID constitui área sob a influência da variação da maré e de distintas atividades antrópicas, como aterros para a implantação de áreas urbanas, construção de rodovias, terminais portuários e indústrias. Essas atividades alteram o fluxo natural das águas estuarinas e da deposição dos sedimentos.

As unidades geológicas presentes na AID são principalmente quaternárias, mas pequenas exposições de granitos pré-cambrianos ocorrem como elevações na área metropolitana de Santos, circundados por sedimentos flúvio-lagunares e por areias litorâneas e em porções arrasadas na Ilha de Barnabé (Figura 5.1.2.1-9).

As coberturas sedimentares holocênicas da Área de Influência Direta consistem sedimentos de mangue e de pântano depositados nas margens das lagunas, canais de marés e nos cursos inferiores dos rios que drenam a Planície Costeira, sedimentos flúvio-lagunares e sedimentos de baixios, caracterizados por areias finas, silte e argila (Figura 5.1.2.1-9).

Os sedimentos de mangue e pântanos são os principais sedimentos presentes na Área de Influência Direta e recobrem também a área do empreendimento e sua extensão para oeste. Esses sedimentos são depósitos de argilas e areias em geral muito finas, associados a planícies de maré, depositados junto às margens de lagunas, canais de maré e nos cursos inferiores dos rios que drenam a região, com ocorrência na foz dos rios Cubatão, Mogi, Quilombo, Jurubatuba, Sandi, Diana e ao longo do canal de Bertioga e seus afluentes. Os sedimentos de mangue e pântanos apresentam amplo predomínio das correntes de maré e representam o acúmulo deposicional pretérito de materiais finos retidos pelos manguezais que propiciam e propiciaram a expansão das áreas de planícies de maré nesses locais.

Os manguezais localizados no alto estuário detêm as frações mais grossas dos sedimentos transportados pelo fluxo fluvial até o sopé das serras e montanhas, liberando





para os lagos e canais do médio estuário apenas os sedimentos transportados por suspensão. A expansão da vegetação de mangue favorece a deposição de sedimentos e originam sistema complexo de canais que contornam pequenas ilhas vegetadas, as quais evoluem até a formação de planícies de maré. Os manguezais funcionam como filtro para as regiões de estuários, sendo que seu desaparecimento faz com que os sedimentos outrora retidos nos manguezais sejam depositados em outras áreas do estuário.



**Figura 5.1.2.1-9 Mapa geológico da Área de Influência Direta**



Sedimentos de baixios ocorrem na porção oeste e sul da AID, ocorrendo principalmente nas margens do Largo do Canéu, desde na foz do Rio Pedreira com extensão até a Ilha dos Bagres (Figura 5.1.2.1-9). Esses sedimentos também são observados nas margens da Ilha Barnabé, junto ao Largo de Santa Rita. Consistem depósitos de areias finas e representam áreas onde o assoreamento é mais intenso. Os depósitos de baixios são consequências de correntes bidirecionais associadas às marés, que colocam a argila em suspensão e com o movimento contrário remove-a, resultando em concentração de areia.

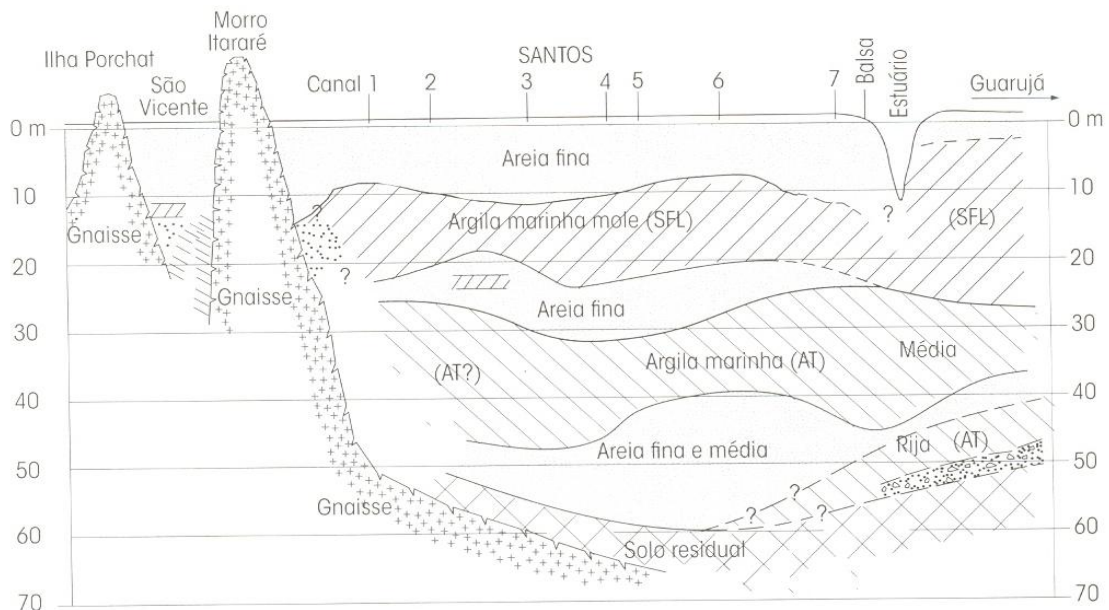
Os sedimentos flúvio-lagunares e de baía possuem ocorrência na cidade de Santos, na Ilha dos Bagres e na Ilha de Santo Amaro, onde recobre significativa área e, junto com as areias litorâneas, estão presentes nas bordas do canal estuarino (Figura 5.1.2.1-9). Esses sedimentos consistem em argilas moles depositadas em regiões de calmaria ou conturbadas, podendo ser homogêneas ou acentuadamente heterogêneas. As argilas flúvio-lagunares estão em contato com as argilas e areias de mangue da ADA a sul e encontram-se em cotas relativamente mais altas (3 m a 8 m), com ampla ocorrência nos sopés da Serra do Mar.

Areias marinhas litorâneas holocênicas são encontradas nos municípios de Santos, São Vicente e Guarujá nas bordas do canal estuarino, em contato com sedimentos flúvio-lagunares e de baías. Esses sedimentos marinhos possuem pouca representação na AID e encontram-se sobre as argilas SFL, as quais possuem predomínio em sub-superfície (Figura 5.1.2.1-10).

Teixeira (1994) traçou um perfil na orla de Santos, sintetizando a ocorrência das camadas de argilas e areias, representando o subsolo da cidade de Santos. Esse perfil foi adaptado por Massad (2009), que inseriu as espessuras das camadas dos diferentes depósitos. Observa-se que à medida que se aproxima do canal do Estuário de Santos e da cidade Guarujá, as camadas de areias intercaladas entre as argilas flúvio-lagunares e de baía (SFL) e as argilas transicionais (AT) diminuem, fazendo com que as camadas de argilas se juntem sem intercalações de sedimentos mais grossos (Figura 5.1.2.1-10).

A circulação das águas no estuário de Santos apresenta mistura de águas salgadas marinhas, vindas do oceano, com águas doce, provenientes do continente, em um ambiente restrito, controlado pelas marés e correntes fluviais residuais, com efeitos de ondas e diferença de densidade entre as águas (Fúlfaro & Ponçano, 1976). A ação das correntes de maré no estuário é mais influente que a ação fluvial, fazendo com que os canais e meios de circulação de água apresentem baixa taxa de sedimentação fluvial, constituindo um ambiente de sedimentação controlado, predominantemente, pelas correntes de maré.

**Figura 5.1.2.1-10 Seção geológica pela orla praiana de Santos.**



Fonte: Massad, 2009, adaptado de Teixeira, 1994.

Assim, a sedimentação no estuário de Santos ocorre a partir de materiais originados por erosão da plataforma continental e por sedimentos originados por aportes fluviais, de erosão local de bancos e de plataforma externa, além daqueles transportados por correntes paralelas à costa, aos quais são incluídos sedimentos carregados ao longo da costa a partir de rios adjacentes.

Os sedimentos típicos do estuário são lamas, mas também ocorrem sedimentos arenosos. O estuário santista possui o silte como sedimento mais comum, o qual grada para depósitos arenosos constituídos por areias muito finas, caracterizando ambiente de sedimentação com baixa energia e baixa taxa de floculação (Fúlfaro & Ponçano, 1976).

#### d) ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)

A Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento engloba somente os sedimentos de mangue e de pântano, os quais são limitados a sul pelos sedimentos flúvio-lagunares, constituinto área sob ampla influência da variação da maré. Apresenta também influência das atividades antrópicas, sobretudo portuárias.

Os sedimentos de mangue e pântano são constituídos por argilas e areias finas que recobrem a ADA e representam o acúmulo deposicional pretérito de materiais finos retidos pelos manguezais que propiciaram a expansão das áreas de planícies de maré.

### 5.1.2.2 Geomorfologia

#### a) INTRODUÇÃO

A dinâmica superficial atual da região foi avaliada a partir das formas de erosão e de deposição atual, enquanto que a dinâmica superficial antiga foi caracterizada a partir das formas de relevo atuais e de depósitos acumulativos, os quais refletem as condições paleo-ambientais por intermédio da composição e distribuição das feições acumulativas dos depósitos.



Não existe consenso entre autores sobre a compartimentação geomorfológica do litoral paulista (Souza e Cunha, 2011). Assim, várias classificações são utilizadas na caracterização geomorfológica dessa região.

A primeira proposta de subdivisão de relevo paulista foi realizada por Moraes Rego (1932), que adotou pequena escala para a cartográfica geomorfológica de São Paulo. Silveira (1964), em uma classificação baseada em critérios oceanográficos, climáticos e continentais, classificou a região de estudo geomorfológicamente inserida no Litoral Sudeste ou das Escarpas Cristalinas, que compreende o setor situado entre o sul do Espírito Santo e o Cabo de Santa Marta Grande (SC). Almeida (1964) considerou o Estado de São Paulo dividido em cinco grandes províncias geomorfológicas: Planalto Atlântico, Planalto Ocidental, Província Costeira, Depressão Periférica e Cuestas Basálticas.

Ponçano *et al.* (1981), com base no trabalho de Almeida (1964), elaborou mapeamento sistemático do relevo no Estado de São Paulo, no qual foram identificadas províncias geomorfológicas, as quais foram subdivididas em zonas (mapeando os sistemas de relevo) e em subzonas (mapeando as unidades de relevo).

Na elaboração do Mapa Geomorfológico de Estado de São Paulo ao milionésimo pelo IPT (1981), à Província Costeira, definida por Almeida (1964), é adicionada uma nova zona, a Morraria Costeira, e são adicionadas subzonas referentes à Serrania Costeira. Assim, de acordo com o IPT (1981), a província é dividida em Serrania Costeira, Morraria Costeira e Baixadas Litorâneas, sendo que à Serrania Costeira, são adicionadas as subzonas Serrania de Itatins, Serrania do Ribeira e Planaltos Interiores, mantendo as subzonas Serra do Mar e Serra de Paranapiacaba. Contudo, na área de influência do empreendimento, a compartimentação geomorfológica não engloba estas alterações, permanecendo conforme o proposto por Almeida (1964).

Posteriormente ao trabalho de Ponçano e colaboradores (1981), Ross & Moroz (1997) realizaram mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo considerando que cada unidade geomorfológica de grande dimensão se distingue na paisagem por suas características fisionômicas (morfologia) e também por sua gênese e idade, utilizando conceitos de morfoestrutura e morfoescultura para a caracterização geomorfológica. Para estes autores, as planícies litorâneas do litoral paulistano estão subdivididas em cinco unidades morfológicas: Planície de Iguape/Cananéia, Planície de Praia Grande/Iperoíbe, Planície Santista, Planície de Bertioga e Planícies do Litoral Norte. Estes autores também destacam as Planícies de Mangue ou *Intertidal*, para as quais afirmam constituírem extensas áreas de terrenos baixos e planos, originadas por depósitos marinhos retrabalhados por processos fluviais, com ocorrência desde a cidade Oiapoque, no Amapá, até o Estado de Santa Catarina.

Ab'Saber (2000) setorizou o litoral brasileiro em 49 zonas, sendo oito delas pertencentes ao litoral de São Paulo: Setor Litoral Norte de São Paulo, Setor Ilha e Canal de São Sebastião do Litoral Norte Paulista, Setor Sul do Litoral Norte de São Paulo, Setor Baixada Santista e Ilhas de São Vicente e Santo Amaro, Setor Praia Grande-Itanhaém-Peruíbe, Setor Maciço da Juréia/Rio Verde, Setor Lagunar-Estuarino de Cananéia-Iguape/Baía de Trepandé e Setor Baía de Paranaguá-Antonina. A área de influência do empreendimento está localizada no Setor Baixada Santista e Ilhas de São Vicente e Santo Amaro que corresponde à terminação sul do Litoral Norte de São Paulo e onde, em direção à Bertioga, ocorre aumento das faixas de sedimentação na forma de restingas. Este setor inclui faixas anastomosadas de cidades, núcleos industriais e bairros dormitórios em expansão (Ab'Saber, 2000).



- CONDICIONAMENTO LITOESTRUTURAL DO RELEVO

As formas de relevo da região do litoral paulista foram controladas pelas formações litológicas presentes na área, de acordo com a erosão diferencial, segundo a qual rochas resistentes sustentam planaltos e escarpas, enquanto que falhas, zonas de cisalhamento, fraturas e grandes domínios de rochas supracrustais condicionam lineamentos maiores e segmentos da rede de drenagem (Almeida & Carneiro, 1998).

A região do empreendimento é formada por rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino e por depósitos sedimentares quaternários de diferentes origens. As rochas cristalinas são representadas predominantemente por gnaisses, com xistos, quartzitos e filitos subordinados, constituindo rochas de médio a alto grau metamórfico, enquanto que os sedimentos quaternários constituem principalmente sedimentos marinhos formados por areias da Formação Cananéia e de cordões arenosos holocênicos, argilas flúvio-lagunares, além de depósitos aluvionares/coluvionares recentes.

A morfologia das escarpas da Serra do Mar está relacionada à resistência do embasamento cristalino, formado por granitos e gnaisses pré-cambrianos, rochas que oferecem resistência aos processos erosivos e formam saliências no relevo da região, além de sustentarem os morrotes e morros isolados na Baixada litorânea. Os granitos e rochas cataclásticas das zonas de cisalhamento ocorrem alongadas e paralelas à Zona de Cisalhamento Cubatão, com direção N60-70E (Figura 5.1.2.2-1). A orientação das cristas do relevo também se dá pela foliação marcante dos granitos embrechíticos, enquanto que granitos não foliados predominam formas dômicas com topos arredondados e altitudes mais elevada.

Os maciços alcalinos mesozóicos também são importantes para o controle litológico do relevo da Serra do Mar, já que sustentam montanhas destacadas na região (Almeida & Carneiro, 1998). Na Ilha de São Sebastião a maioria destes corpos alcalinos é formada por nefelina sienitos.

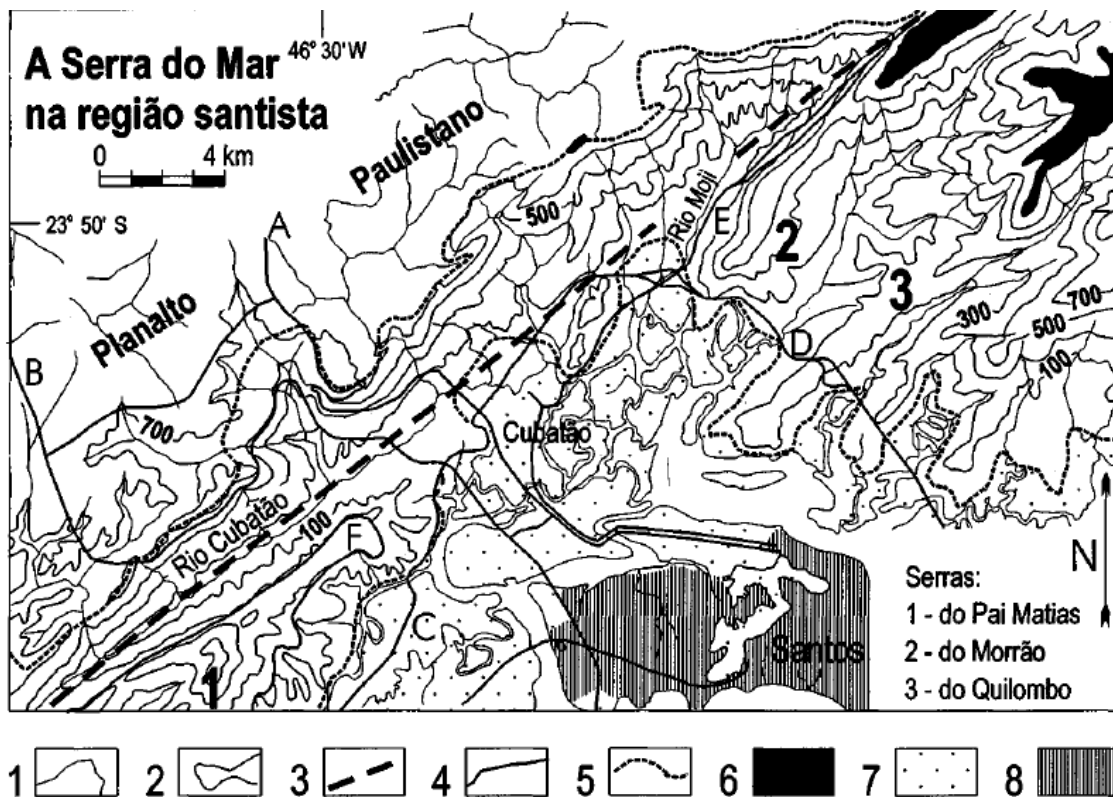
A Zona de Cisalhamento de Cubatão (ZCC; Figura 5.1.2.2-1, unidade 3) insere-se no sistema de Falhamento de Cubatão ou Megafalha de Cubatão (Sadowski, 1991) e coloca em contato rochas de diferente resistência à erosão: metassedimentos que incluem filitos, metacalcários, xistos e quartzitos na porção norte em contato com complexo gnáissico-migmatítico-granítico na parte sul. Assim, esta zona de cisalhamento constitui importante feição geológica no controle do relevo e da dinâmica superficial da região, controlando também direções de falhas na área de estudo.

A Zona de Cisalhamento de Cubatão separa a Serra do Pai Matias da escarpa principal e a Serra do Morrão da Serra de Cubatão, denominação local para a Serra do Mar (Figuras 5.1.2.2-3 e 5.1.2.2-1). A direção dos rios da região também foi balizada pela ZCC, a partir da erosão dos xistos da Serra do Mar e a formação de drenagens, como os rios Mogi e Cubatão, que são paralelos, mas de sentidos opostos e que se formaram ao longo da ZCC (Figura 5.1.2.2-1).

A Serra do Cubatão foi resultado de intenso e longo processo de erosão e adaptação das superfícies topográficas às diversidades litológicas, ou seja, devido ao processo de erosão diferencial (Almeida, 1953).

A Serra do Quilombo ocorre a sul da Zona de Cisalhamento Cubatão e é sustentada por granito isotrópico cambro-ordoviciano intrudidos em migmatitos do Complexo Costeiro (Almeida & Carneiro, 1998). Esta serra é separada da Serra do Morrão pela drenagem do Rio Quilombo, que possui a mesma direção do Rio Mogi, conseqüentemente a mesma direção da ZCC, ilustrando a importância desta direção estrutural na região (Figuras 5.1.2.2-3 e 5.1.2.2-1).

Figura 5.1.2.2-1 Serra do Mar na região santista.



Fonte: Almeida & Carneiro (1998) atualizado de Almeida (1953). Convenções: 1. Rede de Drenagem, 2. Curva de Nível, 3. Zona de Cisalhamento Cubatão, 4. Estradas: A. Via Anchieta, B. Rodovia dos Imigrantes, C. Rodovia Pé, D. Rodovia Piaçagüera-Guarujá, E. Rede Ferroviária Federal S. A., 5. Limite de Unidades Geomorfológicas, 6. Cotas Superiores a 900 m, 7. Cobertura Cenozóica, 8. Área Urbana.

A distribuição e a extensão dos depósitos quaternários estão relacionadas com a morfologia da região litorânea paulista, que apresenta extensas planícies formadas por depósitos marinhos ou flúvio-lacustres separadas por morros de rochas pré-cambrianas, na porção sul do litoral paulistano, e embasamento pré-cambriano em contato direto com o mar, com exceção de pequenas planícies e enseadas, na porção norte.

A variedade de solos nas áreas serranas e nas planícies costeiras é fruto do intemperismo, sendo que na planície costeira, os solos são mais recentes, com sedimentos inconsolidados, os quais estão sujeitos a serem encharcados devido à pequena profundidade do lençol freático.

Os sedimentos quaternários ocorrem no sopé das encostas serranas e dos morros e morrotes do planalto, formando cones de dejeção e corpos de tálus junto às encostas (Figura 5.1.2.2-3). Estes corpos são formados por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados, imersos em matriz areno-argilosa arcoseana ou arenosa.

Sedimentos continentais formam planícies fluviais, constituindo depósitos arenosos, com areias médias a grossas, micáceas e com grãos de quartzo e feldspato angulosos, com intercalação de argila e cascalho. Sedimentos marinhos ocorrem em áreas restritas e são formados por areias da Formação Cananéia, por cordões arenosos holocênicos e pelas praias atuais. Já os sedimentos de depósitos mistos são argilo-siltosos e constituem planícies flúvio-lagunares e de maré, predominantes na planície costeira.



No domínio das escarpas da serra e dos morros isolados, o clima regional quente e úmido acelera a decomposição química do substrato rochoso dando origem a espessas camadas de regolito, os quais, em função do contínuo movimento do material de superfície, ocorrem, geralmente, em solos pouco desenvolvidos nas partes mais altas e em solos mais desenvolvidos próximos a base das vertentes.

A espessura do horizonte de alteração das rochas do embasamento cristalino é irregular, sendo condicionado pela declividade das encostas, variando entre 1 m a 10 m. Os solos de alteração são silto-arenosos a areno-silto-argilosos, micáceos, com coloração variada, podendo ser cinza-amarelada ou roxo-esbranquiçada, e são observados blocos angulosos e matações de rochas pouco alteradas. Os solos residuais são argilo-arenosos a areno-argilosos, amarelo-avermelhados e homogêneos.

#### b) ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

A Área de Influência Indireta do empreendimento insere-se na Província Costeira, caracterizada pela Baixadas Litorâneas e pela Serrania Costeira, na área representada pela Serra do Mar e que, de acordo com Almeida (1964), constitui a área do Estado de São Paulo que é diretamente drenada para o mar, formando o rebordo do Planalto Atlântico.

Apresenta uma geomorfologia heterogênea, contendo desde planícies costeiras, mangues e formações associadas, até relevos de serra, com escarpas de ampla declividade. As características geomorfológicas da região forneceram informações para o diagnóstico da vulnerabilidade dos terrenos a cerca dos processos erosivos, do assoreamento das drenagens, do rebaixamento e da instabilidade dos taludes inseridos na AII.

As feições geomorfológicas presentes nesta área na Área de Influência Indireta relacionam-se à origem da Serra do Mar e aos movimentos glacio-isoestáticos ocorridos durante o Quaternário na costa brasileira, os quais também definiram as redes de drenagem da região. Estas feições são representadas pelos terrenos da Província Costeira, caracterizada pelas encostas da Serrania Costeira e pela Baixada Litorânea, conforme Almeida (1964), e podem ser visualizadas na Figura 5.1.2.2-3.

- COMPARTIMENTOS DO RELEVO

De acordo com o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 1993; IBGE, 2009), a área de influência do empreendimento compreende porções do Cinturão Móvel da Serra do Mar e do Depósito Quaternário Costeiro das Planícies Marinhas.

A Província Costeira, na qual se insere a área de estudo, é caracterizada pela Serrania Costeira, que inclui sistemas de relevos distintos representada pelos relevos abruptos da Serra do Mar e pela Baixada Litorânea, que se apresenta como áreas descontínuas em terrenos não mais elevados que 70 metros acima do nível do mar.

- TIPOS DE RELEVO

As formas de relevo de zonas litorâneas resultam tanto da ação erosiva como da deposição, que caracterizam as costas escarpadas e as costas baixas ou planas. Os tipos de relevo encontrados na AII compreendem as escarpas da Serra do Mar e as planícies das Baixadas Litorâneas, ambas pertencentes à Província Costeira (Almeida, 1964) (Figura 5.1.2.2-3).

O relevo da área de estudo está ilustrado na imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*; Figura 5.1.2.2-2) classificada a partir das diferentes altitudes da área. Observam-se altitudes entre 0 m e acima de 1000 m na Área de Influência Indireta, enquanto que as altitudes da Área de Influência Direta não ultrapassam 100 m (Figura 5.1.2.2-2).





Figura 5.1.2.2-2 Altitudes das áreas de influência do empreendimento a partir da imagem SRTM classificada.

A Serra do Mar limita-se com o Planalto Paulistano a oeste, sendo este limite marcado por forte ruptura positiva de declive, seguido por encostas íngremes e abruptas que se estendem até a Baixada Litorânea e possuem declividades superiores a 30% e largura entre 1,5 km a 3,5 km (Figura 5.1.2.2-3). O Planalto Paulistano apresenta altitudes entre 750 m a 850 m, onde predominam relevos de morrotes e áreas com altitudes entre 870 m e 980 m, nas quais ocorrem relevos de morros, além das planícies de inundação.

A Serra do Mar apresenta três principais tipos de relevo: Escarpas Festonadas, formadas por anfiteatros separados por espigões, com topos angulosos e vertentes com perfis retilíneos, que caracterizam as serras de Cubatão e Paranapiacaba; Escarpas com Espigões Digitados, formadas por grandes espigões lineares subparalelos, com topos angulosos e vertentes com perfis retilíneos, que caracterizam as serras do Morrão e do Quilombo; além de Cones de Dejeção e Corpos de Tálus. Estes tipos de relevo estão presentes na Área de Influência Indireta e apresentam alta densidade de drenagem e vales fechados (Figura 5.1.2.2-3).

A Serrania Costeira, definida por Almeida (1964), compreende as subzonas Serra do Mar e Serra de Paranapiacaba, sendo constituída por rochas gnáissicas e granitos. A Serra do Mar constitui a mais destacável feição orográfica da borda atlântica do continente sul americano e marca o limite entre o Planalto Atlântico e a Província Costeira, onde a transição do relevo é marcante. A Serra do Paranapiacaba apresenta intensa complexidade geológica com ampla movimentação de relevo, localizada a sul da Serra do Mar, em direção ao Estado do Paraná, fora da área de influência do empreendimento.

A Serra do Mar, constituinte da Serrania Costeira, compreende um conjunto de escarpas festonadas com cerca de 1000 km de extensão, estendendo-se do Rio de Janeiro até o norte de Santa Catarina (Almeida & Carneiro, 1998). As escarpas festonadas foram desenvolvidas ao longo de anfiteatros sucessivos, separados por espigões, sendo que no Estado de São Paulo ocorre como típica borda de planalto, frequentemente nivelada pelo topo em altitudes de 800 a 1200 metros, entre as bordas do Planalto Atlântico e as Baixadas Litorâneas (Almeida & Carneiro, 1998).

O traçado da Serra do Mar é descontínuo, principalmente onde a erosão avançou para o interior do continente. Seu relevo apresenta alta densidade de drenagem com padrões variando de sub-paralelo a dentrítico, sendo que o sistema de drenagem das serras dirige-se diretamente para os oceanos, possuindo grande contribuição para a dinâmica do ambiente litorâneo.

As principais características dos relevos da Serrania Costeira da Área de Influência Indireta do empreendimento são apresentadas abaixo no Quadro 5.1.2.2-1.



**Quadro 5.1.2.2-1 Tipos de Relevo da Serrania Costeira da área de estudo.**

<b>Tipo de Relevo Morfometria</b>	<b>Morfografia e Substrato Rochoso</b>	<b>Morfodinâmica</b>
<b>Escarpas em Anfiteatros (Ea)</b>  Amplitude: 400 m a 1000 m  Comprimento da Rampa: 1500 m a 3000 m  Inclinação: Topo-35% a 55% Meia Encosta-15% a 35% Sopé- 5% a 15%	Formadas por interflúvios dispostos de modo semicircular. Os interflúvios principais têm topos estritos e agudos no alto da escarpa, tornando-se convexos na porção baixa. O perfil da escarpa é descontínuo, sendo retilíneo e rochoso no alto da escarpa e convexo na porção média e inferior. Vales erosivos encaixados. Canais em rocha, em blocos e matacões, com cachoeiras e poços, possuem escoamento torrencial. Bacias de 3ª a 4ª ordem, com padrão dentrítico a subdentrítico e com alta densidade de drenagem. Sustentadas por xistos, filitos, quartzitos, migmatitos de paleossoma xistoso, migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos e rochas cataclásticas. Solo residual argiloso, argilo-siltoso e argilo-arenoso com proporções variáveis de grânulos de quartzo e feldspato. São rasos, com espessuras de 0,3m a 0,6m. Horizonte de alteração profundo. Depósitos alveolares na meia encosta e em pontos de convergência de canais fluviais e cones de dejeção no sopé da escarpa.	Erosão laminar e em sulcos localizadas e de moderada a alta intensidade. Entalhe, erosão e deposição fluvial e movimentos de massa do tipo escorregamento planar e rastejo são frequentes, e de alta intensidade. Terrenos muito sensíveis a interferências, devido à inclinação acentuada de suas encostas e à intensidade dos processos erosivos.
<b>Escarpas em Espigões (Ee)</b>  Amplitude: 600 m a 900 m  Comprimento da Rampa: 300 m a 2000 m  Inclinação: 15% a 55%	Formadas por interflúvios alongados e subparalelos associados a zonas de falhas. Os espigões têm topos estreitos, angulosos e por vezes rochosos, tornando-se convexos nas porções mais baixas. O perfil da escarpa é descontínuo, tem segmentos retilíneo e rochoso e, no terço inferior, tem segmento convexo associado a corpos de tálus. Vales erosivos e profundos. Canal principal em rocha, blocos e matacões, com cachoeiras e poços, tem escoamento torrencial. Os afluentes são pouco encaixados e têm escoamento sazonal. Bacias de 3ª ordem, com padrão angular ou de treliça de junta, e média densidade de drenagem. Sustentados por rochas graníticas e cataclásticas, granitóides, e migmatitos homogêneos. O condicionamento básico é estrutural, estando geralmente associado a falhas de direção NE-SW. Variações no mergulho da foliação condicionam assimetrias nos vales, no grau de alteração das rochas e na disposição dos depósitos.	Erosão laminar, em sulcos, entalhe fluvial, rastejo e escorregamento são mais frequentes e de moderada intensidade nas vertentes com caimento paralelo ao mergulho da foliação. Nas vertentes opostas a queda de blocos, é frequente e intensa, devido à presença de encostas rochosas. Terrenos muito sensíveis a interferências, devido à inclinação acentuada de suas encostas e à intensidade dos processos erosivos.



<b>Cones de dejeção e corpos de tálus (CT)</b> Inclinação: 10% a 35%	Rampas deposicionais sub-horizontais e/ou convexas associadas ao fundo de vales e ao sopé de vertentes íngremes. Formados por ação gravitacional, fluvial e pluvial. Constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados, imersos em matriz arenoargilosa arcoseana ou arenosa. Nos cones de dejeção, intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas.	Entalhe vertical e lateral de canais é frequente e de baixa intensidade. Rastejo frequente e de alta intensidade. Escorregamentos ocasionais e de alta intensidade. Acúmulo de detritos localizados e ocasionais. Terrenos muito sensíveis a interferências, devido à mobilidade dos depósitos.
<b>Cones de dejeção e corpos de tálus (CT)</b> Inclinação: 10% a 35%	Rampas deposicionais sub-horizontais e/ou convexas associadas ao fundo de vales e ao sopé de vertentes íngremes. Formados por ação gravitacional, fluvial e pluvial. Constituídos por matacões, blocos e seixos polimíticos, angulosos a subarredondados, semi-alterados a alterados, imersos em matriz arenoargilosa arcoseana ou arenosa. Nos cones de dejeção, intercalam-se areias médias e grossas, micáceas, por vezes argilosas.	Entalhe vertical e lateral de canais é frequente e de baixa intensidade. Rastejo frequente e de alta intensidade. Escorregamentos ocasionais e de alta intensidade. Acúmulo de detritos localizados e ocasionais. Terrenos muito sensíveis a interferências, devido à mobilidade dos depósitos.

Fonte: MKR, EIA/RIMA BTP (2008).



As Baixadas Litorâneas diferenciam-se por quatro principais tipos de relevo: Planícies Fluviais, Planícies Flúvio-Lagunares, Planícies de Maré e Baixios. Estes relevos apresentam altitudes entre 10 m e 15 m no sopé das escarpas da Serra do Mar e 0 m no nível do mar, junto aos canais de maré e praias, e constituem superfícies aplainadas caracterizadas por terrenos baixos e planos, com baixa densidade de drenagem de padrão meandrante, localmente anastomosado. Morros e Morrotes isolados, com altitudes entre 40 m a 300 m são encontrados nas Baixadas Litorâneas. Os relevos de morrotes caracterizam-se por topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, alta a média densidade de drenagens, vales abertos a fechados, além de planície aluviais interiores desenvolvidas.

As Baixadas Litorâneas constituem o tipo de relevo predominante na área de estudo. Ocorrem em zonas descontínuas à beira-mar e não apresentam terrenos mais elevados que 70m, sendo que os principais relevos presentes nesta zona são as planícies costeiras e os terraços marinhos (Almeida, 1964).

A Baixada Litorânea apresenta o relevo de terreno baixo predominantemente plano, com altitudes pouco elevadas em relação ao nível do mar e baixa densidade de drenagens, as quais exibem padrão meandrante (Figura 5.1.2.2-3). As Baixadas Litorâneas apresentam maior extensão no Estado de São Paulo entre Santos e Cananéia, e à medida que se sobe para litoral norte, tornam-se menos extensas.

As principais características dos relevos da Baixada Litorânea da Área de Influência Indireta são apresentadas abaixo no Quadro 5.1.2.2-2.



**Quadro 5.1.2.2-2 Tipos de Relevo da Baixada Litorânea na área de estudo.**

<b>Tipo de Relevo Morfometria</b>	<b>Morfografia e Substrato Rochoso</b>	<b>Morfodinâmica</b>
<b>Planície fluvial (Pf)</b>  Elevadas de 0,5 m a 3 m acima do leito do rio  Altitudes: 5 m a 15 m	Áreas amplas, levemente inclinadas em direção ao rio e bem desenvolvidas nas proximidades do sopé da serra. É formada pela planície de inundação, pelo terraço baixo, que é inundado somente durante as cheias excepcionais, e por alagadiços. Constituídas por seixos e blocos de quartzo, quartzito, granitos e xistos, com intercalações de areias médias, grossas, micáceas, com grânulos angulosos de quartzo e feldspato. Ocasionalmente apresentam matacões.	Freático elevado. Erosão laminar e em sulcos localizados, de baixa intensidade. Erosão lateral e vertical do canal, enchentes sazonais, deposição de finos durante as enchentes por decantação, e de areias e seixos por acréscimo lateral. Terrenos muito sensíveis a ocupação, com risco de inundação e contaminação.
<b>Planície Flúvio Lagunar (Pflg)</b>  Altitudes: 3 m a 8 m	Áreas planas onduladas que abrigam a faixa de movimentação dos canais meandantes. Associam-se a alagadiços em canais abandonados, barras em pontal, barras longitudinais e ilhas. Nas áreas onde os rios atravessam as paleolagunas, ocorre remobilização fluvial, o que confere a estas faixas características distintas das planícies adjacentes. Constituídas por areia, silte, argilas e matéria orgânica. Cascalhos são restritos às proximidades da escarpa.	Erosão vertical e lateral do canal. Deposição lateral e vertical de sedimentos aluviais. Terrenos muito sensíveis a ocupação, devido à dificuldade de escoamento e ao risco de inundação.
<b>Planície de maré (Pm)</b>  Altitudes: 0 m a 3 m	Áreas planas na faixa de oscilação das marés e de encontro de águas doces e salgadas. Estão abrigadas das circulações mais enérgicas. Associam-se zonas mais elevadas, só atingidas pelas marés de sizígia, canais de maré meandantes e vegetação de mangue. Constituídas por solos moles formados por silte e argila (vasa) e grande quantidade de restos vegetais e conchas.	Inundações diárias, com intensa deposição de finos. Terrenos impróprios a ocupação, devido à inundação diária pela maré e à presença de solos moles.
<b>Baixios (B)</b>	Feições de deposição submersas, expostas durante as marés baixas. Formadas pela perda de velocidade dos fluxos de transporte, ou por barramento de correntes ou mudanças de condições químicas das águas. Constituídas por argilas siltosas, silte e areia muito fina.	Deposição contínua de sedimentos, que provoca a emersão da feição.



<b>Morrotos e Morros isolados</b> Amplitude: 80 m a 150 m Comp. Rampa: 150 m a 300 m Inclinação: 30% a 60% Altitudes: 80 m a 150 m	Formas isoladas e desniveladas. Topos estreitos e convexos. Perfil de vertente descontínuo, segmentos convexos e retilíneos. Vales erosivos e cumulativos com planícies estreitas. Canais em rocha e blocos. Baixa densidade de drenagem. Sustentados por migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e nebulíticos.	Escoamento laminar e concentrado, localizados e de moderada intensidade. Rastejo e escorregamentos frequentes e de moderada a alta intensidade. Terrenos sensíveis a interferência, devido à inclinação de suas encostas e à erodibilidade dos solos de alteração.
---	--	--

Fonte: MKR, EIA/RIMA BTP (2008).

As Planícies Costeiras correspondem a superfícies geomorfológicas deposicionais de baixo gradiente, formadas por sedimentação predominantemente subaquosa, que margeiam corpos de água de grandes dimensões, como mar ou oceano, representadas comumente por faixas de terrenos recentemente (em termos geológicos) emersos e compostos por sedimentos marinhos, continentais flúvio-marinhos, lagunares e paludiais, em geral de idade quaternária (Suguio, 2003). Ross & Moroz (1997) definem as planícies litorâneas como as unidades de relevo mais diretamente posicionadas na linha de costa e que estão geneticamente relacionadas com as interações oceano-continente, sendo constituídas por sedimentos de origem recente, dos tipos arenosos e argilosos inconsolidados, além de cascalhos, e que possuem declividade inferior a 2%.

O litoral paulista apresenta a dimensão das planícies litorâneas variadas, o que levou a classificação da linha de costa em dois setores: Litoral Norte e Litoral Sul (IPT, 1981). Na porção norte do litoral paulista, a Serra do Mar, com seus esporões serranos e morros isolados, chega ao mar formando enseadas, enquanto que a parte sul do litoral de São Paulo possui como característica geomorfológica a presença da Serra do Mar afastada da linha de costa, o que possibilita a ocorrências de áreas contínuas de acumulação recente, sendo maior a extensão da Baixada Litorânea (Almeida & Carneiro, 1998; Souza e Cunha, 2011). Esta variação deve-se à ação da erosão diferencial que ocorreu mais intensamente nas escarpas serranas nas distintas porções do litoral paulista. Nas regiões entre a Serra de Juriquerê e Bertioga e na região santista observa-se recuo acentuado das escarpas, sendo o litoral mais regular.

As unidades geomorfológicas distintas estão apresentadas no mapa geomorfológico da região da Baixada Santista (Figura 5.1.2.2-3).





Figura 5.1.2.2-3 Mapa Geomorfológico da Área de Influência Indireta (AII).



- DINÂMICA SUPERFICIAL

Os processos de deposição dos sedimentos nas planícies costeiras são diretamente afetados pela intensidade e frequência dos processos erosivos atuantes no planalto e nas escarpas das serras. O relevo também é afetado por estes processos, configurando-se de acordo com o fluxo de matéria e energia atuante na região.

As escarpas da Serra do Mar na Área de Influência Indireta do empreendimento constituem relevo de alta energia potencial, de acordo com sua amplitude e declividade, a qual se intensifica com a elevada pluviosidade da região de Santos. Os processos de dinâmica superficial atuantes na região relacionam-se à alteração das rochas e ao movimento de massas, além do escoamento dos sedimentos por via superficial e fluvial.

Para a compreensão dos processos de dinâmica superficial é necessária a caracterização da condição climática da região, que associada às características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e à ação antrópica relacionada ao uso e cobertura do solo, atuam como agentes dos processos de erosão e de assoreamento, assim como de outros movimentos de massas, como subsidência e colapso, e do movimento de transporte dos sedimentos.

O clima da região é tropical, com estações relativamente bem definidas. Os verões caracterizam-se por clima quente e úmido, com pluviosidade média acima dos 250 mm por mês a temperaturas médias máximas de 30°C, com predomínio das chuvas entre os meses de novembro a fevereiro. No inverno, as temperaturas ficam acima de 15°C e a pluviosidade alcança índices médios de 55 mm. A região da Baixada Santista encontra-se na classificação "Cfa", que indica clima principal quente muito úmido (Kottek *et al.*, 2006).

A água possui um papel preponderante em quase todos os processos de dinâmica superficial, constituindo o fator que mais intensifica e desencadeia esses processos. O período chuvoso na região estende-se entre outubro a março, que corresponde a época de grande atividade morfogênica, com significativa remoção de detritos e carga de material em suspensão. O período de estiagem ocorre durante o inverno, que apresenta menor erosão e transporte fluvial de sedimentos. A precipitação média da Baixada Santista é 3.342 mm por ano, constituindo uma região com um dos maiores índices pluviométrico do país (CBH-BS, 2007).

A geologia apresenta relação direta com os tipos de processos de dinâmica superficial atuantes em uma região. As unidades geológicas e suas características texturais atuam como condicionantes do tipo de erosão, a partir de sua resistência ao intemperismo, e definem a permeabilidade da área, condicionando a existência e localização de drenagens, as quais constituem caminhos preferenciais à erosão e aos movimentos de massa. Os granitos e gnaisses presentes nas escarpas da Serra do Mar apresentam resistência ao intemperismo e baixa porosidade e permeabilidade, mas em regiões tropicais úmidas, como na região de Santos, essas rochas podem ser fortemente intemperizadas, principalmente nas zonas de falhas e cisalhamentos.

Na região de Santos, a intensa urbanização associada à poluição das indústrias locais acelera a remoção das matas e intensifica a instabilidade das encostas, o que junto ao alto nível pluviométrico, tipos de rochas e solos locais e às altas declividades existentes na serra, predispõem os processos erosivos. A erosão é um processo natural que resulta em transporte de massa devido à dinâmica superficial das encostas, acionada por ventos e chuvas, e acelerada pela atividade antrópica, com magnitude diretamente influenciada pelas características dos solos, relevo e cobertura vegetal (Martini *et al.*, 2006).

O intemperismo das escarpas da Serrania Costeira e dos morros isolados é predominantemente químico e resulta na formação de horizontes de alteração com composição associada à unidade geológica erodida. Devido à alta declividade das



encostas, os mantos de alteração formados, muitas vezes, são removidos, sendo acumulados principalmente nos topos dos interflúvios e possuindo menores espessuras ao longo das encostas.

As encostas da Serra do Mar constituem locais de produção de detritos, enquanto que as regiões das planícies fluviais caracterizam-se pelo local de aporte ou deposição desses detritos, devido à mudança de gradiente e energia entre as encostas e os canais fluviais. O movimento do material entre a sua fonte e deposição ocorrem, principalmente, devido a movimentos gravitacionais de massa, como escorregamentos, fluxos de detritos, rastejos e quedas de blocos, e devido a processos relacionados ao transporte de massa, como erosão laminar em sulcos e ravinas.

A remoção dos detritos formados na região dá-se basicamente pelos movimentos de rastejo, escorregamentos translacionais e quedas de blocos, sendo que o escorregamento também pode ser produzido pela ação antrópica, devido à ocupação inadequada das encostas ou a cortes e aterros mal dimensionados (Carvalho & Riedel, 2004).

Os rastejos deslocam porção superior do solo, atingindo baixa profundidade, com movimento lento, em declives acima de 35°, e gradiente vertical de velocidade. Possuem ocorrência generalizada e comumente estão associados a processos embrionários de escorregamentos.

Os escorregamentos ocorrem em relevos de elevada amplitude, com a presença de manto de regolito, sendo causado por elevada pluviosidade e ação antrópica. Envolvem fragmentos de rochas e o solo de alteração e/ou solo coluvionar, com espessuras de 1 a 2 metros. Esses escorregamentos afetam áreas restritas e ocorrem em locais onde o solo é mais desenvolvido, como nas cabeceiras de drenagens.

As quedas de blocos ocorrem em encostas íngremes, em declives com ângulos próximos a 90°. Constituem movimentos de queda livre de material rochoso ou solo, nos quais a gravidade é o maior agente mobilizador. A queda de blocos consiste processo localizado, onde a junção de sistemas de juntas com foliações favorece o desprendimento de blocos que se acumulam no sopé das encostas, formando corpos de tálus ou campos de matações.

Escoamento superficial laminar ou concentrado pode ocorrer em áreas submetidas a escorregamentos e conseqüente perda da cobertura vegetal. O escoamento superficial remove o material exposto na vertente/ou acumulado, intensificando os processos erosivos e de atulhamento dos canais. O escoamento superficial das águas pluviais nas escarpas serranas ocorre nos talwegues e geram escoamentos torrenciais. Estas torrentes formam vales erosivos encaixados, os quais podem transportar matações métricos durante chuvas intensas, e escavam as margens dos rios e bases das encostas, propiciando escorregamentos e quedas de blocos.

Os materiais removidos das porções serranas são acumulados na forma de corpo de tálus ou rampas de coluvião no sopé das escarpas e dos morros isolados. Ao longo das drenagens, os sedimentos grosso removidos e transportados durante alta pluviosidade depositam-se em alvéolos e como cones de dejeção. Esses sedimentos predominam nas porções montantes da planície, enquanto que à jusante ocorrem majoritariamente sedimentos de granulometria mais fina. Na foz dos rios ocorre a deposição de siltes, enquanto que a partir da planície de maré, o fluxo fluvial no sentido à Baía de Santos transporta materiais silto-argilosos. Sedimentos de origem marinha também contribuem para a sedimentação no Estuário de Santos.

Os sedimentos transportados a partir da erosão de solos e rochas aos corpos hídricos causam o assoreamento dos rios e afetam a qualidade das águas locais. Contudo, a presença de vegetação de mangue na planície das marés contornando o estuário



favorece a retenção de sedimentos provenientes da erosão das encostas e do sistema fluvial, minimizando a intensidade do assoreamento.

c) **ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E DIRETAMENTE AFETADA (AID/ADA)**

A Área de Influência Direta do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR compreende o Canal de Navegação do Porto de Santos, onde será realizada a dragagem e expansão do terminal portuário, incluindo a porção sul do Canal de Piaçaguera, partes das planícies de marés dos rios Casqueiro, Cascalho e Cubatão, as planícies de maré adjacente às ilhas dos Bagres e de Barnabé, e aquelas desenvolvidas na foz dos rios Jurubatuba e Diana e do Canal de Bertioga, no Estuário de Santos (Figura 5.1.2.2-4). A AID também engloba a foz dos rios Quilombo e Mogi, no prolongamento a noroeste do Canal do Porto de Santos, e parte da cidade de Santos. A Área Diretamente Afetada consiste a área da expansão do terminal Portuário, englobando área prevista para a dragagem onde será instalado o cais para atracação (Figura 5.1.2.2-5).

O relevo da Área de Influência Direta engloba os terrenos de agradação da Baixada Litorânea, que segundo Almeida (1964) e de acordo com o relatado para a AII, são caracterizados pelas planícies costeiras, terraços marinhos e mangues (Figura 5.1.2.2-6 e Foto 5.1.2.2-1). As planícies costeiras são terrenos mais ou menos planos, próximo ao nível do mar, com baixa densidade de drenagem, de padrão meandrante com ramificações. Os terraços marinhos são terrenos mais ou menos planos que se situam poucos metros acima das planícies costeiras, com drenagem superficial ausente, enquanto que os mangues constituem terrenos baixos, quase horizontais, ao nível das oscilações das marés, caracterizados por sedimentos tipo vasa, vegetação típica e drenagem com padrão difuso. Esses terrenos desenvolvem-se em baixas altitudes e constituem as planícies de maré e os baixios da Baixada Litorânea (Quadros 5.1.2.2-1 e 5.1.2.2-2).



Figura 5.1.2.2-4 Visualização da Área de Influência Direta (AID) sobreposta à imagem Landsat RGB (753).



Figura 5.1.2.2-5 Visualização da Área Diretamente Afetada do empreendimento Implantação do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR sobreposta à imagem EROS.



Figura 5.1.2.2-6 Mapa Geomorfológico da Área de Influência Direta (AID).



**Foto 5.1.2.2-1 Área do empreendimento (ADA) visualizada da cidade de Santos.**

As planícies de maré constituem o principal tipo de relevo na AID, com ampla ocorrência em sua porção norte, oeste e leste (Figura 5.1.2.3-8). As planícies desenvolvem-se fora dos locais de alta circulação energética do Estuário de Santos, sendo constituída por áreas planas na faixa das oscilações das marés e do encontro de águas doces e salgadas, local com deposição de sedimentos finos, os quais formam solos moles constituídos por areia fina, silte e argila, além de restos de vegetais e conchas. Essas planícies estão associadas aos baixios e são interrompidas por canais de maré meândricos e recobertas por vegetação de mangue.

Os baixios ocorrem na porção oeste e sul da AID, principalmente nas margens do Largo do Canéu e da Ilha dos Bagres e na margem oeste da Ilha de Barnabé, junto ao Largo de Santa Rita. Apresentam deposição contínua de sedimentos finos, argilas e silte, ocorrendo submersos e expostos durante as marés baixas. São formados pela perda de velocidade dos fluxos de transporte, por impedimento das correntes ou por mudanças químicas das águas. Ambos os terrenos são impróprios para a ocupação devido à inundação diária pela maré e à presença de solos moles.

Pequenas porções de planícies flúvio-lagunares ocorrem inseridas na Área de Influência Direta (AID) na Ilha de Bagre, em contato com as planícies de maré, e dentro do limite sul da AID na Ilha de Santo Amaro, caracterizado por áreas urbanas ocupadas (Figura 5.1.2.2-6).

Relevo do tipo morrotes e morros isolados ocorrem inseridos em partes na Área de Influência Direta. As escarpas em espigões da Serrania Costeira, representada pela parte sul da Serra do Quilombo, ocorre dentro dos limites norte da AID, enquanto que os morros isolados da cidade de Santos estão presentes em sua porção sul (Figura 5.1.2.2-6). Os terrenos relacionados à Serrania Costeira (Serra do Mar) e aos morros isolados da Baixada Litorânea constituem áreas mais susceptíveis à erosão. Esses terrenos são encontrados na AII, mas não possuem significativa ocorrência na AID. Assim, essas



áreas funcionam como fonte de sedimentos para a planície costeira e não apresentam interferência direta com a implantação do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR.

Os sedimentos presentes na AID e ADA constituem sedimentos de mangue e pântano (Foto 5.1.2.2-2), compreendendo depósitos de argilas e de silte (Foto 5.1.2.2-3). Sondagens com até 3,0 m de profundidade na área de mangue da Alemoa indicaram o predomínio de areia argilosa, constituída predominantemente por quartzo, feldspato e micas (muscovita e biotita), e argila orgânica formada por argila preta, inconsistente, com alguma contribuição de areia proveniente de sedimentação costeira (Fortunato, 2009).



**Foto 5.1.2.2-2 Canal do Rio Saboó com vegetação típica de mangue.**

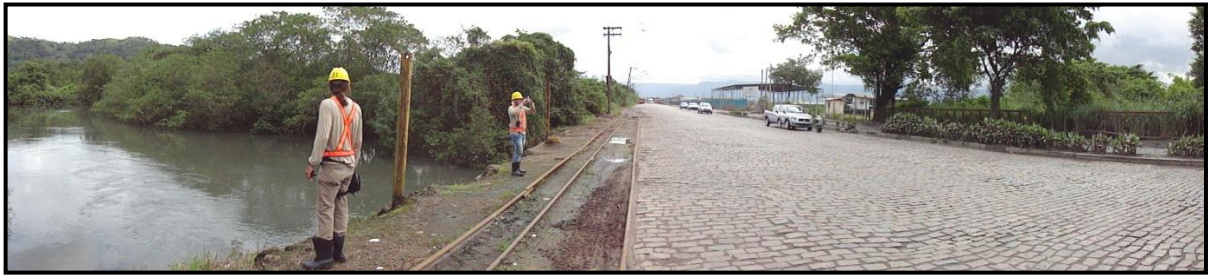


**Foto 5.1.2.2-3 Sedimentos tipo vasa que compõem os solos da área dos manguezais.**

Associadas às formas de relevo presentes, encontram-se na AID áreas de assoreamento, aterros, estradas, ferrovias e canais artificiais, além da deposição de lixo nas áreas de manguezais, originadas por ações antrópicas, as quais modificam o ambiente e a dinâmica superficial da área, alterando o regime da deposição sedimentar no estuário (Fotos 5.1.2.2-4, 5.1.2.2-5 e 5.1.2.2-6).

Diversos tipos de intervenções antropogênicas alteram o balanço sedimentar de um segmento costeiro, podendo gerar um déficit de material sedimentar e, conseqüentemente, fenômenos de recuo da linha de costa (Tessler & Goya, 2005). Os processos agradacionais são os predominantes no litoral paulista, mas também apresenta áreas com tendência a processos erosivos de baixa intensidade, os quais podem se intensificar com mudanças na dinâmica marinha local, de maneira geral, provocada pela intervenção antrópica.

Ao lado do terreno onde será implantado o empreendimento se localiza o Córrego Saboó, um curso d'água de pequeno porte, parcialmente canalizado e encoberto, que nasce no morro do São Bento e atravessa a Avenida Pres. Getúlio Dorneles Vargas e a área da ferrovia em direção ao estuário (Fotos 5.1.2.2-1 e 5.1.2.2-2).



**Foto 5.1.2.2-4 Ferrovia e estrada presentes na Área de Influência Direta do empreendimento.**



**Foto 5.1.2.2-5 Entulho (lixo) na área de mangue presente na Área de Influência Direta do empreendimento.**



**Foto 5.1.2.2-6 Aterro presente na área de mangue da Área de Influência Direta do empreendimento.**

### 5.1.2.3 PEDOLOGIA

#### a) INTRODUÇÃO

A caracterização pedológica objetivou a identificação das classes de solos e sua aptidão para uso e ocupação. A identificação e caracterização dos solos baseou-se no Mapa Geológico do Estado de São Paulo (Oliveira *et al.*, 1999) e no Manual Técnico de Pedologia elaborado pelo IBGE (2007). As classes de solo identificadas foram caracterizadas considerando o contexto geológico-geomorfológico regional.

Os tipos de solo presentes na área de estudo são os Gleissolos (GZ2), que possuem predominância na região, os Cambissolos (CX11) e os Espodossolos (ES1) (Quadro 5.1.2.3-1) (Figura 5.1.2.3-1). Na área de estudo, os gleissolos são Gleissolos Sálícos,



enquanto que os cambissolos constituem Cambissolos Háplicos e os espodossolos são caracterizados pela presença de ferro, constituindo Espodossolos Ferrocárbicos.

#### **Quadro 5.1.2.3-1 Tipos de solos presentes nas áreas de interferência do empreendimento**

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Subordem</b>	<b>Símbolo</b>
Gleissolos	Sálico	GZ2
Cambissolos	Háplico	CX11
Espodossolos	Ferrihúmilúvico	ES1

Fonte: (Oliveira et. al., 1999; IBGE, 2007).

- GLEISSOLOS

A etimologia da palavra Gleissolos provém do russo *gley*, que conota excesso de água. Assim, esses solos caracterizam-se por se situarem em áreas alagadas ou sujeitas ao alagamento, como margens de rios, ilhas e planícies (IBGE, 2007). São solos constituídos por material mineral com horizonte glei, apresentando cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, com início dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizontes A ou E, atingindo até 50m de profundidade (IBGE, 2007).

Essa unidade pedológica não apresenta horizonte B e são caracterizados por textura argilosa a argilo-arenosa, devido à sua formação em sedimentos aluviais, com eventuais variações texturais entre os horizontes, caracterizando classe de solo anisotrópica. São distróficos e bastante ácidos, necessitando a aplicação de corretivos e fertilizantes quando utilizado na agricultura.

- CAMBISSOLOS

A palavra cambissolo deriva-se do latim *cambiare*, o que dá a idéia de solos em formação. Os cambissolos podem ocorrer rasos ou profundos e apresentar grande variação em suas características, como diversas colorações e tipos de horizontes, constituindo, muitas vezes, solos com a presença de fragmentos de pedregulhos, cascalhos e rochas (IBGE, 2007).

Os cambissolos ocorrem tanto em terrenos de relevo acidentado, fortemente ondulado a escarpado, quanto em terrenos planos de planícies aluviais. Constituem solos com elevada erodibilidade, quando associados a regiões montanhosas, caracterizando áreas com restrições quanto ao uso agrícola e limitações quanto ao uso pastoril e florestal. Os Cambissolos das planícies aluviais, por outro lado, não oferecem limitações quanto à erodibilidade, mas sim pela possibilidade de inundações, pelo lençol freático raso e pela baixa fertilidade.

Essa unidade pedológica é constituída por material mineral com horizonte A ou hístico de espessura inferior a 40 cm seguido de horizonte B incipiente. Apresenta textura argilosa em nível categórico mais baixo e constituem solos distróficos, com horizonte Cr formados por solo residual jovem e rocha muito alterada, com espessuras inferiores a 1,5 m. Os cambissolos são ácidos e pobres em nutrientes, e apresentam elevados teores de Al<sup>3+</sup>, sendo de difícil correção para a agricultura, devido às condições topográficas de sua ocorrência.

- ESPODOSSOLOS

Espodossolos provém do grego *spodos*, cinza vegetal, o que conota solos com horizonte de acumulação de materiais orgânicos. Os espodossolos possuem gênese característica, apresentando significativa diferenciação entre seus horizontes e apresentando, na maioria das vezes, horizonte espódico, de cores escurecidas ou avermelhado-amareladas, precedido por um horizonte eluvial (muitas vezes álbico) (IBGE, 2007). O horizonte espódico ocorre em profundidades variáveis, geralmente é pobre em nutrientes



minerais e apresentam textura arenosa predominante. Possuem ampla ocorrência na região amazônica e pantaneira, sendo utilizado, às vezes, como locais de pastagem (IBGE, 2007).

Os Espodossolos Ferrihúmilúvico são hidromórficos e apresentam composição essencialmente arenosa quartzosa, porosidade e permeabilidade elevada, sendo desprovidos de nutrientes minerais. A textura grosseira determina baixa capacidade de retenção de água, o que é relativamente compensado pelo regime hídrico da região, que é bastante úmido devido à pequena profundidade do lençol freático e à influência das marés.

#### b) ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

Na AII foi mapeado Cambissolos Háplicos (Cx11) (Oliveira *et. al.*, 1999), os quais se desenvolvem em terrenos de relevo acidentado, fortemente ondulado a escarpado, eventualmente com afloramentos de rocha e associados à ocorrência de solos rasos, representados por neossolos litólicos e latossolos vermelho-amarelados. Os Cambissolos Háplicos (CX11) são solos distróficos de textura argilosa a media, com fase não rochosa e rochosa, e com horizonte A moderado e proeminente.

Nesta área, os cambissolos estão associados às escarpas da Serrania Costeira e aos morrotes e morros isolados da Baixada Litorânea, e relacionam-se aos granitos e gnaisses do embasamento cristalino, representados pelos domínios Costeiro e Embu. Na AII esses solos foram mapeados na vertente da Serra do Mar junto ao canal de Bertioiga e nos Morros e Morrotes isolados presentes nos municípios de Santos, São Vicente e Cubatão.

Na Área de Influência Indireta também ocorrem Espodossolos Ferrihúmilúvico (ES1) (Oliveira *et. al.*, 1999). Os Espodossolos Ferrihúmilúvico são restritos à zona de planície litorânea, estando associado nas áreas de influência do empreendimento à planície flúvio-lagunar e aos terraços marinhos da Baixada Litorânea. Geologicamente, esse solo está relacionado ao intemperismo dos sedimentos flúvio-lagunares e das areias marinhas da Formação Cananéia.

Gleissolo Sáfico (GZ2) também ocorrem na AII (Oliveira *et. al.*, 1999). Estes solos podem ser sódicos, com saturação por sódio igual ou superior a 15% nos complexos de troca catiônica, o que aumenta sua limitação para o uso agrícola. Os Gleissolos são característicos da zona litorânea costeira, tendo sido associados na região de Santos às planícies de maré dos rios Mogi, Casqueiro, Cascalho, Cubatão, Jurubatuba e Diana, além das planícies de maré de áreas adjacentes à Ilha dos Bagres e foz do Canal de Bertioiga (Figura 5.1.2.3-1). Os Gleissolos Sáficos apresentam associação com Espodossolos Ferrocárbicos, sendo que na Área de Influência Indireta e na Área de Influência Direta do empreendimento ambos apresentam-se associados à Baixada Litorânea. Contudo, os gleissolos sáficos ocorrem associados aos terrenos das planícies de maré e flúvio-lagunares e dos baixios, enquanto que os espodossolos estão associados principalmente às planícies flúvio-lagunares, mas também aos terraços marinhos, caracterizando terrenos de mais alta altitude. Nas Área de Influência Indireta e na Área de Influência Direta do empreendimento, os gleissolos são relacionados aos sedimentos holocenos marinhos e lagunares.



**Figura 5.1.2.3-1 Mapa pedológico da Área de Influência Indireta (AII).**



c) **ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (AID/ADA)**

Na Área de Influência Direta e na Área Diretamente Afetada é reconhecido somente Gleissolos Sálícos.

Por se situarem em áreas de várzea, os Gleissolos Sálícos apresentam limitações para a sua utilização decorrente da presença rasa do lençol freático, da aeração inadequada, da resistência à difusão de gases do solo para a atmosfera e vice-versa e do consumo rápido de oxigênio pelos microorganismos e plantas presentes. Essas características trazem consequências para o ambiente, como a inibição do crescimento das raízes, a diminuição da absorção de água, apesar do ambiente saturado, a redução da fotossíntese, a perda de nitrogênio mineralizado e a formação de compostos bivalentes tóxicos de Fe e Mn, em função do ambiente redutor.

d) **APTIDÃO E USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS**

As classes de solos presentes nas áreas de influência do empreendimento apresentam baixo potencial de utilização, como uso na agricultura e pastagem. Os lençóis freáticos nos terrenos cobertos por gleissolos são rasos, o que, devido à inibição do crescimento das raízes que reduz a absorção de água e a fotossíntese, torna o solo limitado para utilização na agricultura. Os gleissolos e espodosolos, por se encontrarem em área de várzea sujeitas à inundação, são locais inadequados para a construção de aterros sanitários e recebimento de efluentes devido à inexpressiva zona de aeração do perfil e facilidade de contaminação do aquífero freático.

As elevadas declividades, associada à alta erodibilidade e instabilidade, condicionadas pela presença de estruturas reliquias do maciço rochoso, torna os cambissolos locais pouco favoráveis para o pastoreio, florestamento, tráfego de veículos e aplicação mecanizada de corretivos agrícolas.

Na Área Diretamente Afetada pelo empreendimento, os solos se encontram parcialmente recobertos por aterros e detritos diversos, o que aumenta significativamente as restrições para sua utilização e inviabilizando qualquer atividade agrícola.

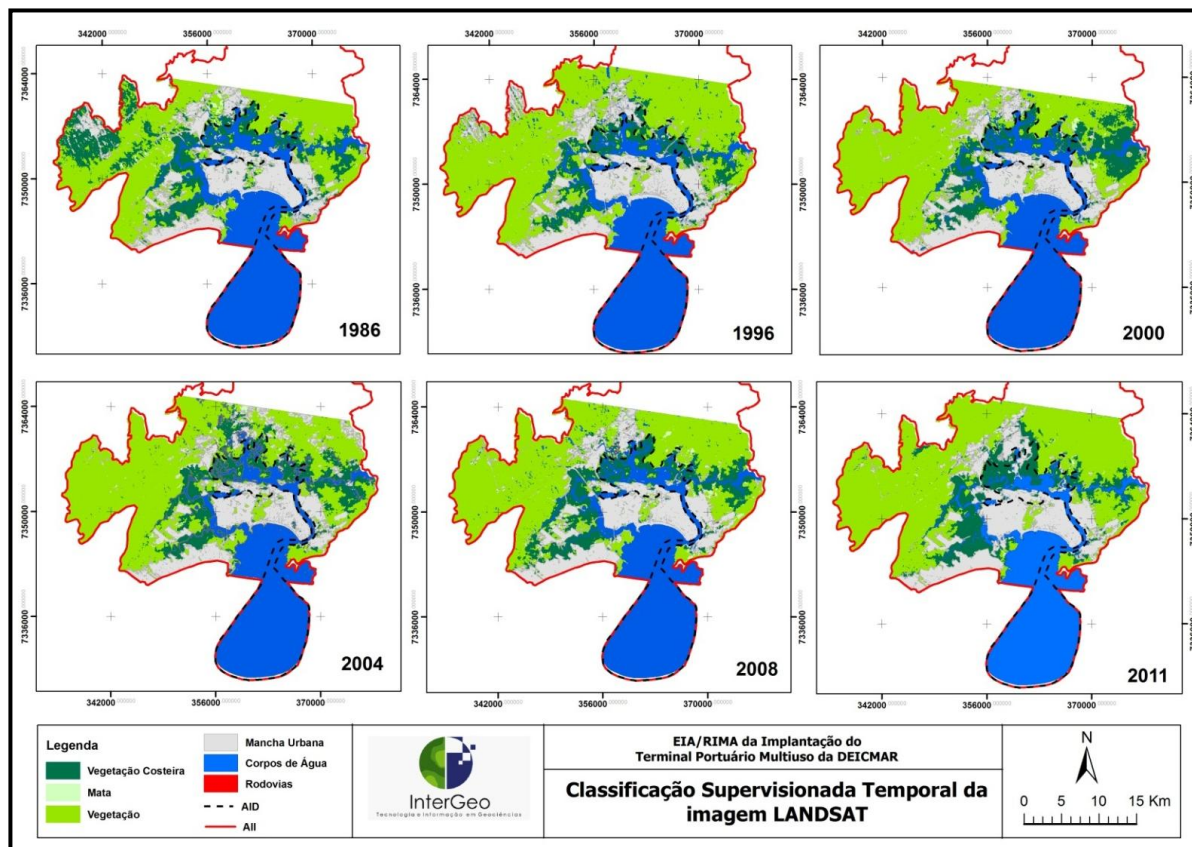
A partir da classificação supervisionada das imagens LANDSAT dos anos 1986, 1996, 2000, 2004, 2008 e 2011 pode-se observar o avanço da ocupação urbana na região de Santos e a variação da densidade na vegetação costeira em alguns pontos do estuário, principalmente nas margens do Canal de Bertioga (Figura 5.1.2.3-2).

A classificação das imagens foi realizada no *software* ArcGis, onde foram classificadas feições abrangentes como mata, caracterizada por vegetação mais densa com características de mata atlântica, vegetação, representada por vegetação de média a baixa densidade, vegetação costeira, caracterizada por vegetação com alta resposta para a clorofila, área urbana, referente à áreas com alta reflectância, e corpos d'água.

A relativa baixa resolução espacial das imagens do satélite orbital LANDSAT não propiciou uma classificação apurada dos elementos imageados. Assim, maiores detalhes, como estradas, não foram devidamente identificados e objetos com alta reflectância foram agrupados na classe "mancha urbana", como se observa na classificação das nuvens na porção oeste da AII, localizadas nas escarpas da Serra do Mar das imagens dos anos 1986 e 1996 (Figura 5.1.2.3-2).



**Figura 5.1.2.3-2** Figura das imagens LANDSAT dos anos 1986, 1996, 2000, 2004, 2008 e 2011 classificadas.





#### 5.1.2.4 Caracterização topográfica da Área Diretamente Afetada

Para auxiliar nos estudos de planejamento e viabilização do empreendimento, foi realizado levantamento planialtimétrico na Área Diretamente Afetada para a caracterização da sua topografia.

A planimetria representa os acidentes geográficos do terreno em função das coordenadas planas (X, Y), enquanto que a altimetria fornece a coordenada Z de pontos isolados do terreno (pontos cotados) ou de planos horizontais de interseção com o terreno (curvas de nível).

A ADA apresenta cotas de altitude mínima nas bordas do continente com as águas do estuário, as quais não ultrapassam dois metros, enquanto que as cotas máximas ocorrem na porção continental na área da DEICMAR e pode atingir mais de três metros (Figura 5.1.2.4-1).

A Figura 5.1.2.4-1 ilustra o *grid* dos pontos cotados realizado com o método de interpolação krigagem e células de interpolação de 10 m.



Figura 5.1.2.4-1 Caracterização planialtimétrica da Área Diretamente Afetada (ADA).



#### 5.1.2.5 Recursos Minerais

A atividade mineraria da Área de Influência Indireta está associada ao desenvolvimento urbano, sendo os recursos minerais da Baixada Santista matérias primas voltadas para a construção civil, tais como, areia, cascalho, brita e pedras para revestimento e calçamento. São jazidas pertencentes à Classe II de acordo com o Código de Mineração, isto é, jazidas de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil.

No cadastro mineiro do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, referente ao Estado de São Paulo, foram consultados todos os processos minerários (em todas suas fases) incidentes na AII do empreendimento. As principais substâncias dos requerimentos minerários na AII consistem em areia, argila, caulim, granito e saibro. Em relação aos minerais metálicos, ocorrem requerimentos de bauxita e ouro a norte da Baixada Santista, especificamente nos municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo.

A Figura 5.1.2.5-1 apresenta a localização e as substâncias minerais dos processos minerais da área com a relação dos direitos minerários cadastrados no DNPM na Área de Influência Indireta.

Próximo à área do empreendimento, dentro da AID, ocorrem requerimentos de areia para a construção civil. Contudo, não são previstos impactos ambientais negativos decorrentes da implantação do empreendimento que possam afetar os recursos minerais da região.

Ressalta-se a existência de 109 áreas de ocorrência mineral de valor econômico e jazidas AII, sendo que:

- ✓ 12 processos apontam apenas a Disponibilidade do mineral;
- ✓ 64 em processo de Requerimento de Pesquisa;
- ✓ 4 processos estão em fase de Autorização de pesquisa;
- ✓ 5 processos estão em fase de Requerimento de Lavra;
- ✓ 3 em processo de Requerimento de Licenciamento e;
- ✓ 21 processos estão em fase de Concessão de Lavra;

Dentre as jazidas existentes na área, estão presentes as seguintes substâncias:

- ✓ 1 autorização de pesquisa para **Água Mineral**;
- ✓ 46 processos para extração de **Areia**, sendo 43 Requerimentos de Pesquisa; 1 Autorização de Pesquisa, 1 Requerimento de Licenciamento e 1 Concessão de Lavra;
- ✓ 4 Concessões de Lavra para **Areia de Fundição**;
- ✓ 3 Concessões de Lavra para **Areia para Vidro**;
- ✓ 6 processos para **Argila**, sendo 1 polígono atestando a disponibilidade do material, 4 Requerimentos de Pesquisa e 1 Autorização de Pesquisa,
- ✓ 1 processo para disponibilidade de **Argila Refratária**;
- ✓ 1 Requerimento de Licenciamento para **Cascalho**;
- ✓ 5 processos para **Caulim**, sendo 4 para Disponibilidade e 1 Requerimento de Pesquisa;
- ✓ 1 Requerimento de Pesquisa para **Cobre**;



- ✓ 4 processos para **Gnaise**, sendo Requerimento de Pesquisa, 1 Autorização de Pesquisa, 1 Requerimento de Lavra e 1 Concessão de Lavra;
- ✓ 25 processos para **Granito**, sendo 6 para Disponibilidade, 8 Requerimentos de Pesquisa, 1 Requerimento de Lavra e 10 Concessões de Lavra,
- ✓ 5 Requerimentos de Pesquisa para **Ouro**;
- ✓ 7 processos para **Saibro**, sendo 1 Requerimento de Pesquisa, 3 Requerimentos de Lavra, 1 Requerimento de Licenciamento e 2 Concessões de Lavra.

Por fim, cabe reafirmar que *não será necessária a utilização de material de empréstimo*, pois o projeto de implantação do cais se dará na forma de "plataforma sobre estacas" (conforme explicado detalhadamente no Capítulo 3 – Alternativas Tecnológicas e Locacionais). Portanto não existirá aterramento ou áreas de empréstimo, descartando a possibilidade de exploração de recursos minerais para utilização na obra.



Figura 5.1.2.5-1 Localização e tipo das substâncias minerais referentes aos recursos minerais do DNPM.



### 5.1.2.6 Diagnóstico de Vulnerabilidade e Risco

#### a) ASPECTOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS

Para fundamentar a caracterização geológico-geotécnica da área de influência do empreendimento foram consultados diversos trabalhos já publicados sobre a região, os quais constituem uma extensa base de dados.

Com relação à Área de Influência Indireta, a principal referência consiste na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (Nakazawa, 2004), documento cartográfico elaborado pelo IPT que reúne informações do meio físico e do comportamento geológico da região visando, principalmente, o uso racional do terreno e o planejamento urbano e ambiental.

Segundo a compartimentação proposta pela carta geotécnica são identificadas ao menos cinco unidades geotécnicas na AII. Tais unidades são descritas a seguir:

- ✓ Unidade 4: Terrenos de muito alta susceptibilidade a movimentos de massa (naturais e induzidos);
  - ✓ Unidade 11: Terrenos com muito alta susceptibilidade a recalques por adensamentos de solos moles;
  - ✓ Unidade 12: Terrenos de alta susceptibilidade a recalques por adensamento de solos moles e inundações pluviais;
  - ✓ Unidade 14: Terrenos com média susceptibilidade a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos
  - ✓ Unidade 15: Terrenos com alta suscetibilidade a inundações, recalques, assoreamento e erosão fluvial
- UNIDADE 4: TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCEPTIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (NATURAIS E INDUZIDOS);

Constituem-se terrenos com estabilidade precária, cuja dinâmica natural preponderante compreende "movimentos de massa", processos estes que se desenvolvem independentemente de intervenções humanas, as quais podem potencializar a dinâmica desses processos.

Essa Unidade está relacionada com áreas de relevo de serra e montanha, com alta amplitude e declividade de encostas, suportadas em termos geológicos por rochas do embasamento cristalino, no geral rochas graníticas.

Com relação à AII do empreendimento são caracterizadas e identificadas dentro dessa Unidade as porções do relevo associadas à Serra do Mar ou aos morrotes isolados que ocorrem na Planície Costeira.

Os processos predominantes identificados nessa unidade são os seguintes:

- ✓ Escorregamentos planares: envolvendo solo e rocha, cuja superfície de ruptura geralmente não ultrapassa dois metros de profundidade;
- ✓ Queda de bloco e fragmento de rocha: ocorrem em paredões e afloramentos rochosos;
- ✓ Rolamento de matacões: ocorrem em encostas com alta declividade;
- ✓ Instabilidade de depósitos de talude: os quais já apresentam, por sua natureza, estabilidade natural precária; e
- ✓ Corridas de massa: ocorrem em bacias de drenagem, como fatores determinantes são relacionadas as altas declividades e amplitudes das vertentes e a disponibilidade de material.



Esses terrenos apresentam evidentes dificuldades para o uso do solo mais intensivo, sendo que a alta declividade resulta que a maior parte das atividades do uso do solo necessite de conformações da geometria, com o desenvolvimento de serviços de terraplanagem, que se desenvolvidas sem critérios adequados podem resultar em instabilizações das encostas.

Como recomendações para a ocupação dessas áreas, deve-se focar o disciplinamento dos movimentos de massa, com análises detalhadas de estabilidade de riscos das encostas em ocupação.

- UNIDADE 11: TERRENOS COM MUITO ALTA SUSCEPTIBILIDADE A RECALQUES POR ADENSAMENTO DE SOLOS MOLES

Essa Unidade está relacionada aos terrenos de mangue, constituídos no geral por sedimentos finos (argila e silte) com grande quantidade de matéria orgânica, de baixa consistência e com propriedade de sofrer adensamento.

Os recalques expressivos, quando não solucionados, resultam em sérios problemas para sua ocupação, sendo os valores SPT (*Standard Penetration Test*) no geral muito baixos.

Em termos de processo também ocorrem inundações diárias associadas ao ciclo das marés sendo que na região são verificadas amplitudes em torno de um metro.

A Área Diretamente Afetada do empreendimento está inserida nesta Unidade sendo caracterizada como um terreno de mangue sujeito, principalmente, à ação das correntes de marés do estuário santista onde o sedimento típico é a lama, com silte como o sedimento mais comum, ainda que ocorram gradações até depósitos arenosos constituídos por areia muito fina, configurando ambiente de sedimentação caracterizado por baixa energia.

A Carta Geotécnica ressalta que os manguezais foram suprimidos em vários pontos, devido principalmente à intensa ocupação da região e aponta como recomendações gerais para sua ocupação que as ações sejam concentradas na adoção de técnicas adequadas de fundação e drenagem, embasadas em caracterização geotécnica prévia.

- UNIDADE 12: TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE DE RECALQUES POR ADENSAMENTO DE SOLOS MOLES E INUNDAÇÕES PLUVIAIS

A unidade 12 relaciona-se com os terrenos da baixada litorânea, constituídos pelos sedimentos de origem flúvio-lacustres, com terrenos quase planos em cotas pouco acima do nível máximo das marés. Em termos geomorfológicos estão relacionados à Planície Costeira abrangendo os núcleos urbanos da cidade de Santos e dos municípios vizinhos São Vicente, Guarujá e Praia Grande.

Esses sedimentos têm textura essencialmente siltosa, com intercalações ora argilosas ora arenosas, compreendendo espessuras de até dezenas de metros.

Quanto aos processos predominantes nessa unidade têm-se os recalques, relacionados ao adensamento de solos moles que ocorrem em superfície ou subsuperfície; e as inundações decorrentes principalmente da dificuldade de escoamento das águas pluviais nessas áreas com topografia relativamente plana, processo este que é agravado com a construção de bloqueio por aterros ou quando da ocorrência de marés excepcionalmente altas.

Para identificação da possibilidade dos recalques faz-se necessária a realização de investigações geotécnicas uma vez que camadas mais suscetíveis ao adensamento podem ocorrer em profundidade.





Outro problema está relacionado à pequena profundidade da água subterrânea, por vezes aflorante, o que resulta em dificuldades de escavação e processos construtivos em geral.

Como recomendações gerais a Carta Geotécnica indica a necessidade de realização de investigações de subsuperfície, execução de obras de drenagem, principalmente para redução dos efeitos de inundações e adoção de técnicas adequadas para instalação de pavimentos e outros componentes de infraestrutura urbana.

- UNIDADE 14: TERRENOS COM MÉDIA SUSCEPTIBILIDADE A RECALQUES DIFERENCIAIS E A IMPACTOS POR ESCORREGAMENTOS

Referem-se a terrenos situados no sopé das encostas da Serra do Mar, ou seja, na transição entre os terrenos de serra e os de baixada. São constituídos predominantemente por sedimento de origem continental, relacionados a depósitos coluvionares e de talude.

São identificados os seguintes processos predominantes:

- ✓ Deposição de materiais instáveis resultantes de movimentos de massa nas escarpas a montante;
- ✓ Recalques diferenciais de fundações, consequência de apoio parcial de fundações sobre matacões em subsuperfície;
- ✓ Dificuldades de escavações também relacionadas à presença constante de matacões;
- ✓ Instabilidade de depósitos de talude, em decorrência de alterações em sua geometria e/ou infiltrações de água.

As recomendações para o uso de solo nessas unidades referem-se à adoção de critérios especiais nas investigações geotécnicas e na realização de análises de risco da ocorrência de movimentos de massa significativos.

- UNIDADE 15: TERRENOS COM ALTA SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROÇÃO FLUVIAL

São terrenos pertencentes a planícies aluviais interiores, praticamente planos, situados em áreas contígua aos cursos d'água da região. São constituídos por sedimentos de textura variada.

Em termos de processo do meio físico são identificados os seguintes:

- ✓ Inundações fluviais que atingem os terrenos mais baixos (várzeas);
- ✓ Inundações pluviais que atingem os terrenos de cotas um pouco mais altas (terraços), principalmente em áreas com usos urbanos mais intensivos;
- ✓ Recalques diferenciais, por vezes expressivos, por adensamento de argilas moles e tufozas, com ocorrência principal em áreas de várzeas, a partir da aplicação de cargas elevadas ou rebaixamentos do nível d'água por obras civis;
- ✓ Assoreamento de corpos d'água por sedimentos gerados por processo erosivos a montante;
- ✓ Solapamento dos terrenos das margens de rios e córregos por processos de erosão fluvial.

A Carta Geotécnica evidencia que, por tratar-se de feições topográfica plana, esses terrenos encontram-se bastante ocupados, inclusive as planícies aluviais.



#### 5.1.2.7 Caracterização dos Sedimentos Continentais e de Dragagem

A caracterização geológica-geotécnica da Área Diretamente Afetada (ADA) baseou-se nos trabalhos de reconhecimento geológico-geotécnico e levantamento de caminhamentos (perfis) geofísicos eletrorresistivimétricos, realizados quando da visita técnica à área; nos diversos trabalhos publicados nas últimas décadas tratando da caracterização geotécnica dos sedimentos da Baixada Santista; e nas demais investigações geotécnicas disponíveis, tais como sondagens de percussão e ensaios geotécnicos realizados em amostras de solos e sedimentos, de trechos emersos e submersos, de áreas urbanas, industriais e portuárias de obras e empreendimentos às imediações ou na área objeto de estudo.

A porção emersa da ADA localiza-se em uma faixa de terreno plano cujas cotas situam-se entre o nível de oscilação das marés, em sua maior parte, até cerca de 3 metros acima do nível do mar.

Por se tratar de uma planície de maré, nas porções sujeitas às oscilações normais de maré predominam os sedimentos de mangues e pântanos recentes representados por depósitos formados pelo acúmulo de materiais finos de natureza argilosa ou arenosa.

Nos terrenos planos relativamente mais elevados, onde não há influência direta do regime de marés, ocorrem sedimentos caracterizados com depósitos fluviolagunares e de baías, representados, principalmente, por argilas siltosas e argilas arenosas e, subordinadamente, por areias finas em delgadas camadas.

##### a) CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DA BAIXADA SANTISTA

Devido, principalmente, à necessidade de sua aplicação em projetos de engenharia, muitos são os estudos que tratam dos solos e sedimentos da região da Baixada Santista. A maioria destes trabalhos, motivados pelos problemas geotécnicos associados à ocorrência dos chamados solos moles da baixada Santista, concentra-se na caracterização geológico-geotécnica e no reconhecimento da distribuição em subsuperfície destes sedimentos.

Os trabalhos de Suguio e Martins (1976, 1978a, 1981, 1994), em parte resultantes do Projeto Remac, um programa de pesquisa sobre as áreas submersas do território brasileiro, apresentam um modelo geológico para explicar o mecanismo de gênese das planícies quaternárias do Estado de São Paulo. Os autores atribuem às flutuações relativas do nível do mar a formação dos depósitos sedimentares.

Segundo o modelo proposto, na evolução das planícies costeiras paulistas distinguem-se ao menos cinco estágios, dos quais se destacam dois importantes eventos transgressivos, a Transgressão Cananéia (Pleistoceno) e a Transgressão Santos (Holoceno). Assim, a gênese dos sedimentos que constituem a maior parte das planícies costeiras brasileiras é explicada pela submersão seguida de emersão do continente.

A distribuição em superfície dos sedimentos quaternários que ocorrem na Baixada Santista é apresentada por Suguio e Martin (1978b) no Mapa Geológico da Baixada Santista em escala 1:100000 (Figura 5.1.2.2-2). Neste trabalho os autores apresentam duas classificações para os depósitos detríticos: (a) segundo a classificação litológica, subdividem os depósitos em cinco tipos: *i*) sedimentos continentais; *ii*) sedimentos de mangue e de pântano (areias e argilas); *iii*) sedimentos fluviolagunares e de baías (SFL) (areias e argilas); *iv*) areias marinha litorâneas, retrabalhadas pelo vento; e *v*) areias marinhas litorâneas; e (b) em termos da classificação estratigráfica os autores identificam quatro grupos: *i*) quaternário continental indiferenciado, que pode recobrir formações marinhas e fluviolagunares; *ii*) holoceno marinho e lagunar; *iii*) pleistoceno marinho (Formação Cananeia); e *iv*) pré-cambriano.

Uma classificação mais simples é sugerida quando confrontados os aspectos geológicos da Baixada Santista com as informações geotécnicas obtidas de sondagens e ensaios



geotécnicos. Em seus trabalhos, Massad (1985 e 1986), a partir das análises de sondagens, propõe uma classificação genética dos sedimentos argilosos de subsuperfície separados em compartimentos homogêneos em termos das suas propriedades geotécnicas.

Em síntese, as argilas marinhas são classificadas pelo autor da seguinte maneira: *i)* Argilas transicionais, ATs, mistos de solos continentais e marinhos, depositados durante o Pleistoceno; *ii)* argilas de sedimentos fluviolagunares, SFL, depositadas no Holoceno; e *iii)* argilas de manguezais, de deposição mais recente. Subordinadamente, podem ocorrer lentes ou camadas da fração areia, predominantemente fina, em meio às argilas ou intercaladas.

O Quadro 5.1.2.7-1, adaptado de Massad, 2009, apresenta a síntese dos tipos, das características e da distribuição dos sedimentos depositados na Baixada Santista.

**Quadro 5.1.2.7-1 - Características gerais e distribuição dos sedimentos da Baixada Santista (Massad, 2009).**

Sedimentos		Características gerais	Distribuição
Pleistoceno	Areias	Terraços alçados de 6 m a 7 m acima do N.M. com cores amareladas em superfície e marrom-escura a pretas em profundidade.	SW da planície de Santos (Samaritá; bairro Areia Branca, etc.).
	Argilas Transicionais (ATs)	Ocorrem a 20-30 m de profundidade, às vezes a 15 m ou até menos. Argilas médias a rijas, com folhas vegetais carbonizadas e com nódulos de areia quase pura, quando argilosas, ou bolotas de argila, quando arenosas.	SW da planície de Santos, Locais incluindo Alemoa e Casqueiro. Leste da planície de Santos (Ilha de Santo Amaro, perto do Cais Conceiçãozinha); cidade de Santos.
Holoceno	Areias	Terraços de 4 m a 5 m acima do N.M. Não se apresentam impregnadas por matéria orgânica.	Entre o mar e terraços de areias pleistocênicas, com grandes extensões em Santos e Praia Grande.
	Argilas de SFL	Deposição em águas calmas de lagunas e de baías. Camadas mais ou menos homogêneas e uniformes de argilas muito moles a moles (regiões de "calmaria"). Deposição pelo retrabalhamento dos sedimentos pleistocênicos ou sob a influência dos rios. Acentuada heterogeneidade, disposição mais ou menos caótica de argilas muito moles a moles (regiões "conturbadas").	Cidade de Santos, Ilha de Santo Amaro e partes da Cosipa.  Na Ilha de Santana ou Candinha. Nos vales dos rios Piaçaguera, Mogi, Jurubatuba, etc..
	Argilas de Mangue	Sedimentos sobre os SFL. Alternância de argilas arenosas e areias argilosas de forma caótica.	Nas margens e fundos de canis, braços de marés e da rede de drenagem.

b) UNIDADES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

Considerando os trabalhos citados e os diversos estudos realizados na região, as unidades geológico-geotécnicas comumente descritas correspondem aos Sedimentos de Mangue e Pântano de natureza argilosa ou arenosa; os Sedimentos Flúvio-lagunares argilosos e arenosos; as Areias Transicionais Holocênicas Flúvio-marinhas ou Litorâneas; as Areias de Depósitos Flúvio Basais nos Aluviões; as Areias e Argilas Transicionais Pleistocênicas da Formação Cananéia; e, finalmente, os solos residuais resultantes da alteração de rochas gnáissicas ou xistosas.

As unidades em questão são descritas a seguir, segundo as informações e parâmetros técnicos obtidos em avaliações de áreas contíguas ao empreendimento, apresentando sua distribuição do topo para a base:



- **SEDIMENTOS DE MANGUE E PÂNTANO (SMG)**

Primeiro pacote de sedimentos, de deposição recente, os Sedimentos de Mangue e Pântano apresentam natureza predominantemente arenosa, constituídos por areias finas pouco argilosas a areias finas argilosas, de coloração cinza-escura; e, subordinadamente, natureza argilosa, ocorrem como pequenos depósitos interdigitados à fração arenosa, constituído por argilas orgânicas siltosas de coloração preta.

Tais sedimentos ocorrem em áreas emersas sujeitas à influência direta dos regimes de marés sendo comum a presença de detritos vegetais e resíduos sólidos diversos. Apresentam espessuras que variam de 1 a 5 metros, por vezes atingindo até 10 metros, de consistência mole a muito mole são registrados índices SPT variando entre 0 e 2 golpes.

- **SEDIMENTOS FLÚVIO-LAGUNARES (SFL)**

Os sedimentos flúvio-lagunares correspondem a espessas camadas de natureza, principalmente, argilosa, constituídas por argilas puras, argilas siltosas e argilas arenosas com restos de conchas e vegetais, de coloração cinza-escura, sotopostas aos depósitos de mangue ou, por vezes, interdigitados nos SMG. Subordinadamente, ocorrem delgadas camadas decimétricas de areia fina, isoladas e sem continuidade lateral em meio ao pacote argiloso cuja espessura pode variar entre 15 e 33 metros. Por vezes, em porções próximas à base do pacote, as camadas de areia podem assumir espessuras métricas atingindo até 13 metros.

São descritos os comportamentos altamente plástico da porção argilosa do sedimento, de consistência muito mole a mole e registro de índices SP entre 1 e 2 e, eventualmente, entre 4 e 6 golpes. Entretanto, as porções arenosas, constituídas por areias finas siltosas a pouco argilosas, raramente com gradações para areias finas a médias, apresentam índices de compressão mais baixos, fofa a pouco compactas, e densidades naturais mais elevadas respondendo por índices de SPT mais altos com valores entre 2 e 11 golpes. A unidade é limitada na sua base por depósitos arenosos.

- **AREIAS TRANSICIONAIS HOLOCÊNICAS FLÚVIO-MARINHAS OU LITORÂNEAS E AREIAS DE DEPÓSITOS FLÚVIO BASAIS NOS ALUVIÕES**

As Areias Transicionais Holocênicas Flúvio-marinhas ou Litorâneas e Areias de Depósitos Flúvio Basais nos Aluviões apesar de constituírem duas unidades distintas são comumente descritas como duas unidades associadas. São constituídas por areias médias e médias a grossas, pouco argilosas, de coloração cinza-clara a cinza-escura e espessura entre 1 m e 3,5 metros. Na base do pacote ocorrem camadas centimétricas de pedregulhos finos a grossos em meio a matriz arenosa, de coloração cinza-clara a cinza, que correspondem aos depósitos flúvio basais. Os índices de resistência à penetração variam entre 4 e 65, predominando os valores entre 15 e 30.

- **AREIAS E ARGILAS TRANSICIONAIS PLEISTOCÊNICAS DA FORMAÇÃO CANANÉIA (AT)**

As argilas transicionais constituem depósitos argilo-arenosos, de coloração cinza escura e espessuras de 1 m a 10 metros, de origem transicional, composta por sedimentos continentais, na sua base, passando para sedimentos marinhos, no topo, depositados durante o Pleistoceno, caracterizando uma fase transgressiva. Podem ocorrer intercalações arenosas com 1 m a 3 metros de espessura no pacote.

De ocorrência mais localizada é provável que os depósitos transicionais tenham sido severamente erodidos por ocasião da fase regressiva e durante a Transgressão Santos, ocorrida no Holoceno. De forma geral as argilas transicionais são descritas como muito adensadas e com índices SPT superiores a 5, os valores obtidos variam entre 4 e 21 nas argilas e entre 6 e 30 golpes nas areias.



- SOLOS RESIDUAIS

Os denominados solos residuais constituem o manto de intemperismo resultante da alteração do embasamento pré-cambriano de natureza gnáissico-migmatítico. De constituição silto-arenosa micácea, coloração cinza a cinza amarelada, preservam as estruturas e texturas da rocha original e apresentam topo ondulado e irregular, no contexto da planície litorânea recobertos por depósitos sedimentares, a profundidades entre 35 m e 50 metros. São descritos índices de ensaios SPT de 6 a 67 golpes, predominando índices entre 20 e 30 golpes.

c) INVESTIGAÇÃO GEOFÍSICA E INTEGRAÇÃO COM DADOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DA ADA

A caracterização feita por Massad pode ser aplicada para os sedimentos das unidades geológico-geotécnicas encontradas na ADA. Para a identificação de tais unidades foi realizada uma visita técnica para avaliação do local, ocasião em que também foram realizados ensaios geofísicos usando caminhamentos elétricos com a medição das eletrorresistividades aparentes como forma de ajudar no entendimento da distribuição dos litotipos locais em profundidade. Nestes estudos de correlação entre as unidades elétricas e a geologia local foram também utilizadas as informações dos perfis litológicos e construtivos dos poços de monitoramento instalados na área e os resultados de diversas investigações geotécnicas realizadas por empreendimentos vizinhos em áreas contíguas à ADA ou, por vezes, na própria ADA do empreendimento.

Dentre as investigações geotécnicas consultadas as mais relevantes fazem parte dos Estudos de Impacto Ambiental dos seguintes empreendimentos:

- ✓ Dragagem de Aprofundamento do Canal de Navegação e Bacias de Evolução do Porto Organizado de Santos/SP, FRF (2008);
- ✓ Brasil Terminal Portuário – BTP/MTK (2009).

O estudo realizado no trabalho referente à dragagem do canal do Porto de Santos visou à caracterização geotécnica da respectiva ADA a partir de investigações geotécnicas executadas ao longo do Canal Piaçaguera. A partir da execução de sondagens *jet-probe* e à percussão (SPT) foram elaboradas seções geológicas ao longo do canal.

Os boletins das sondagens à percussão, *jet-probe* e os perfis geológicos estão disponíveis, respectivamente, no Anexo VI do relatório sobre dragagem do aprofundamento do canal do Porto de Santos. Algumas destas seções localizam-se na porção submersa da AID e da ADA do empreendimento tratado no presente relatório e, portanto, constituem importante fonte de informações utilizadas na elaboração deste trabalho. Essas seções encontram-se ilustradas no anexo VII deste Estudo.

A Brasil Terminal Portuário (BTP) realizou estudos de natureza geotécnica em porções emersas e submersas do estuário de Santos na região da Alemoa localizada dentro dos limites da AID do presente relatório. Os ensaios realizados compreenderam sondagens à percussão (SPT) e ensaios de caracterização de solos os quais permitiram identificar as unidades geológico-geotécnicas presentes e fundamentaram a elaboração dos perfis geotécnicos.

As investigações e estudos realizados constam no relatório intitulado “Resultados dos primeiros estudos geotécnicos relativos ao empreendimento BTP a ser implantado à Avenida Engenheiro Augusto Barata, em Alemoa, Santos”, RE-2323/07, julho de 2008, elaborado por A. H. Teixeira Consultoria e Projetos S/C Ltda., apresentado no Anexo 12 do EIA – Brasil Terminal Portuário. Os perfis geológico-geotécnicos mais significativos para a ADA do empreendimento, confeccionados no âmbito do citado estudo, estão apresentados no Anexo 7.2 – Perfis Geológico-Geotécnicos – BTP.



Considerados os dados geotécnicos disponíveis acerca da área estudada foi realizada uma visita técnica de reconhecimento com identificação dos sedimentos que ocorrem em superfície e a execução de ensaios geofísicos para investigação em subsuperfície.

A caracterização geofísica de subsuperfície foi feita com o emprego de métodos elétricos com a realização do caminhamento elétrico ao longo de duas linhas concorrentes, cada uma com 180 metros de comprimento, localizadas na porção do mangue adjacentes ao muro que atualmente separa a porção construída do terminal e a destinada à instalação do TPMD. Foi utilizado o arranjo dipolo-dipolo com separação de 5 metros.

A Figura 5.1.2.7-1 ilustra a localização dos perfis geológico-geotécnicos realizados pelos estudos supracitados, bem como os perfis geofísicos na porção emersa da ADA.



Figura 5.1.2.7-1 Localização dos perfis geofísicos da ADA e das seções geológico-geotécnicas de estudos anteriores.





O método utilizado consiste na introdução de uma corrente elétrica induzida no terreno através de dois eletrodos com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo a aferição das propriedades elétricas, resistividade/condutividade, do meio em subsuperfície. Maiores detalhes sobre os métodos eletrorresistivimétricos são apresentados no Anexo VII – subitem A: Geofísica: Método Elétrico.

Os ensaios geofísicos realizados definem dois perfis concorrentes e cada um conta com 180 metros de extensão. Os aspectos gerais observados nos dois perfis são bastante semelhantes e refletem a relativa homogeneidade espacial do comportamento eletrorresistivimétrico dos diferentes materiais encontrados em subsuperfície na região limitada pelo levantamento (Figura 5.1.2.7-2).

Os perfis eletrorresistivimétricos obtidos apresentam um meio extremamente condutivo. Os baixos valores de resistividade eram esperados e podem ser atribuídos, principalmente, à saturação do meio por água salobra. Apesar do comportamento descrito é possível distinguir ao menos quatro camadas cujas respostas eletrorresistivimétricas são contrastantes e se alternam.

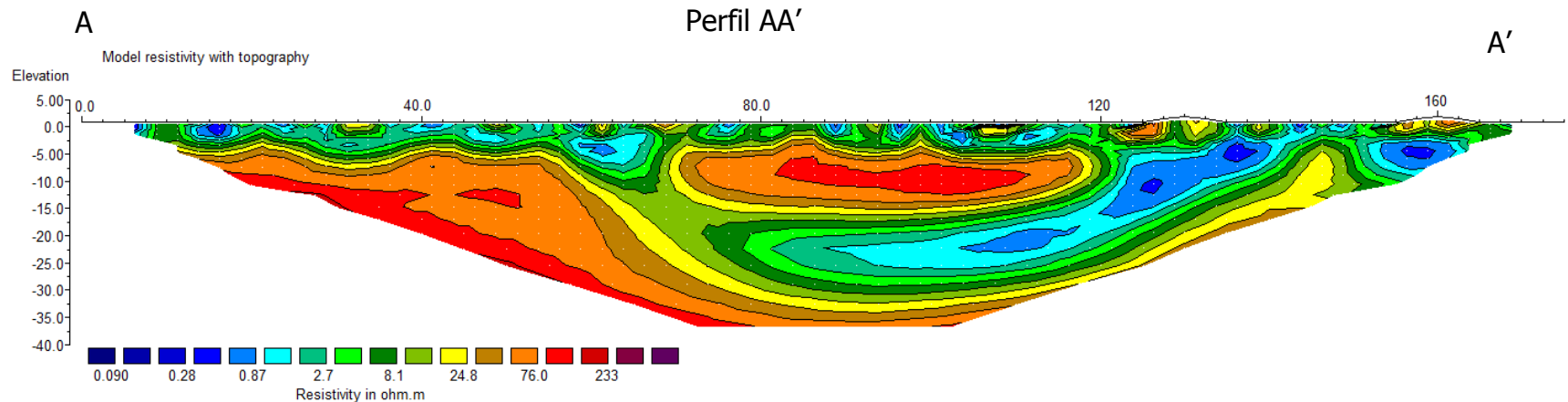
De forma geral, ambos os perfis apresentam uma primeira camada superficial com espessura variando entre 2 m a até 5 metros, pontualmente chegando a 7,5 metros. Esta camada caracteriza-se por apresentar, predominantemente, valores de resistividades elétricas relativamente baixas ainda que apresente um conteúdo de alta frequência, com ocorrências pontuais, apresentando comportamento mais resistivo.

O nível mais superficial mostra-se irregular, com espessuras variáveis (média ao redor de 3 m), constituído por uma série de assinaturas de pequenas dimensões, com pequenos núcleos elipsoidais estirados paralelamente à superfície. Suas resistividades são bastante variáveis, com o predomínio dos valores mais baixos.

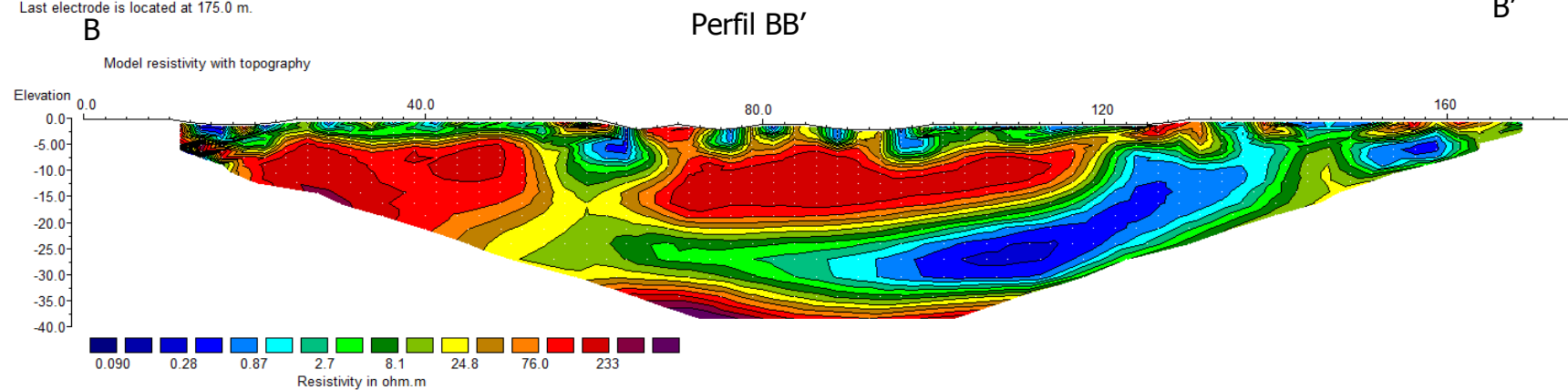
A camada sotoposta apresenta uma assinatura mais consistente, que domina os dois terços sul do perfil, em forma de dois grandes núcleos em forma de camada com uma descontinuidade próxima ao seu centro (terço sul do perfil). A porção localizada no centro dos perfis apresenta espessura variável entre 10 m e 13 metros e comprimentos de cerca de 100 metros ao longo da direção do caminhamento elétrico, sugerindo se tratar de uma lente de material com propriedades elétricas contrastantes.



**Figura 5.1.2.7-2 Perfis Geofísicos Eletroresistivimétricos.**



Horizontal scale is 19.29 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.64  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 175.0 m.



Horizontal scale is 19.54 pixels per unit spacing  
Vertical exaggeration in model section display = 0.64  
First electrode is located at 0.0 m.  
Last electrode is located at 175.0 m.



Apresentando comportamento geofísico semelhante e posicionada no início dos perfis, a outra porção é mais espessa, variando entre 20 metros, no perfil BB', até mais de 30 metros, no perfil AA', ao se prolongar até a base da seção mesclando-se à camada inferior que também apresenta comportamento resistivo.

A terceira camada apresenta baixos valores de resistividade elétrica em contraste com as camadas adjacentes. A camada cuja espessura varia entre 10 m e 17 m apresenta mergulho aparente em ambos os perfis com ligeira tendência para sul. Em função desse mergulho e a descontinuidade lateral da camada superior, esta camada condutiva tende ao norte nos perfis a alcançar a camada superficial também mais condutiva.

Por fim, a camada inferior observada nos perfis surge por volta da profundidade de 35 metros nas porções centrais dos perfis, mas tende a ocorrer a profundidades menores em ambas as extremidades. Ao sul tende a se homogeneizar com a segunda camada, também resistiva, e a norte acompanha o mergulho da camada condutiva imediatamente sobreposta.

A descrição dos resultados dos ensaios realizados permite individualizar ao menos quatro unidades geofísicas e estabelecer a sua correlação com as unidades geológico-geotécnicas já definidas para os sedimentos da Baixada Santista, amplamente estudados na região do Estuário de Santos.

As unidades presentes na ADA, portanto, são representadas por:

- ✓ Uma cobertura de aterro e detritos (parte mais superficial, com assinatura eletrresistivimétrica típica, mostrada por sinais de alta frequência espacial e valores relativos variados);
- ✓ Sedimentos de Mangue e Pântano (horizontes mais condutivos, em assinaturas elipsoidais, tendo mais de 10 m de eixo maior e em posições ora horizontalizadas, hora discordantes a este acamamento);
- ✓ Sedimentos Flúvio-lagunares;
- ✓ Areias Holocênicas e, possivelmente, pelas Areias Transicionais Pleistocênicas e
- ✓ Solos residuais (horizontes mais resistivos, com assinaturas bem definidas, principalmente nas partes mais profundas dos perfis).

A camada geoeétrica superficial corresponde aos sedimentos de mangue e às argilas marinhas (SFL) indiferenciáveis quanto às suas propriedades elétricas. Os sedimentos de mangue são superficiais e ocorrem na interface entre as porções emersas e submersas, sobre ação direta das marés.

Na área avaliada esses sedimentos se misturam a uma cobertura de aterro constituída por areias finas a médias e argilas além de detritos vegetais e resíduos diversos, tais como madeira, vidro, plásticos, fragmentos de tijolos, concreto, etc. Atribui-se a presença destes materiais, caracterizados como aterros, o conteúdo de alta frequência e comportamento elétrico mais resistivo observado na camada superficial dos perfis geofísicos, as espessuras estimadas para tais são coerentes com aquelas observadas nos perfis litológicos e construtivos dos poços de monitoramento instalados no empreendimento.

A camada relativamente resistiva, imediatamente inferior e com aparente descontinuidade lateral é interpretada como a resposta de uma espessa lente de material arenoso em meio ao pacote de argila marinha siltosa (SFL) mais condutiva. Essa camada coincide com as intercalações arenosas em meio às argilas SFL descritas nos perfis geológico-geotécnicos localizados a cerca de 200 metros na região da Alemoa (Anexo 12 do EIA – Brasil Terminal Portuário).

O espesso pacote de sedimentos marinhos argilosos se estende até profundidades de cerca de 30 metros definindo a terceira camada geolétrica, com resposta condutiva, abaixo da camada de material arenoso, mais resistivo.

A camada mais inferior nos perfis elétricos volta a apresentar comportamento relativamente resistivo sendo associada aos depósitos arenosos Holocênicos.

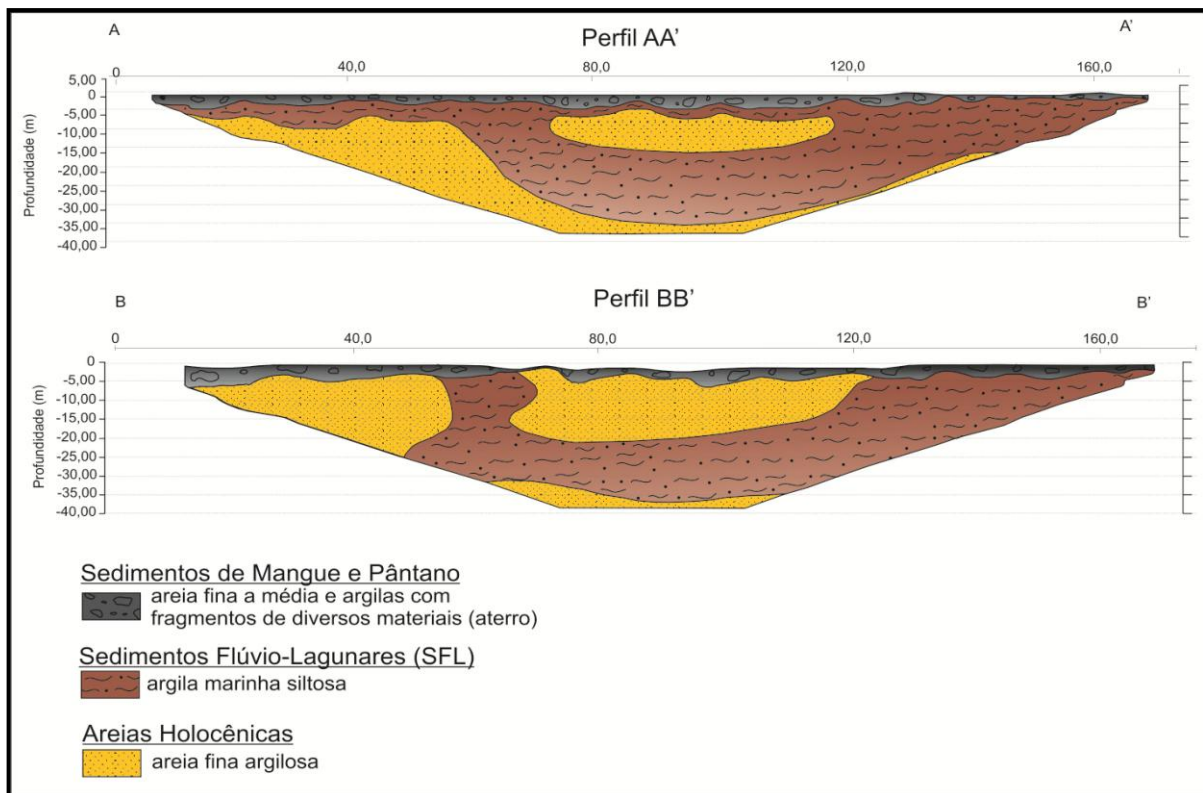
Apesar de não haver indícios nos perfis geofísicos, os demais perfis geotécnicos sugerem a ocorrência das Argilas Transicionais Pleistocênicas e de solo residuais a profundidades superiores aos 40 metros, limite de investigação dos ensaios realizados.

A correlação estabelecida entre as unidades geolétricas e as unidades geotécnicas permite propor um modelo estratigráfico para a ADA em termos das unidades geológico-geotécnicas que compartimentam os sedimentos argilosos da Baixada Santista segundo Massad (1985 e 1986). A Figura 5.1.2.7-3 representa as seções geológicas interpretadas a partir dos ensaios geofísicos.

A principal utilidade demonstrada nos ensaios geofísicos feitos é o grande potencial que estes representam na definição espacial mais detalhada das camadas em subsuperfície do que aquela obtida pela simples interpolação espacial dos dados conseguidos pelas sondagens mecânicas.

Entretanto, estas duas técnicas são complementares; a geofísica possibilita uma melhor definição das superfícies de contato entre os diversos litotipos que definem a geologia local, suas estruturas (falhas, superfícies de deslocamento), feições dificilmente captadas em estudos dos testemunhos de sondagens, enquanto que as sondagens caracterizam os litotipos quanto sua gênese, cada método racionaliza e oferece melhor significado a utilização do outro.

**Figura 5.1.2.7-3 Perfis geológicos inferidos através dos levantamentos geofísicos realizados na ADA.**



d) ENSAIO *Standard Penetration Test* (SPT)

Para caracterização geológica-geotécnica da área a ser dragada foram realizadas sondagens à percussão em cinco pontos da porção submersa da ADA (Figura 5.1.2.7-1). As profundidades atingidas pelo ensaio geotécnico foram de aproximadamente 15 metros, totalizando 77, 29 m de solo perfurado.

O levantamento foi realizado pela empresa A.R.S. Sondagens e Pesquisas LTDA nos dias 26, 29, 30 e 31 de julho de 2011, seguindo os preceitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelecidas através da NBR 6484 – “Solo: Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio”.

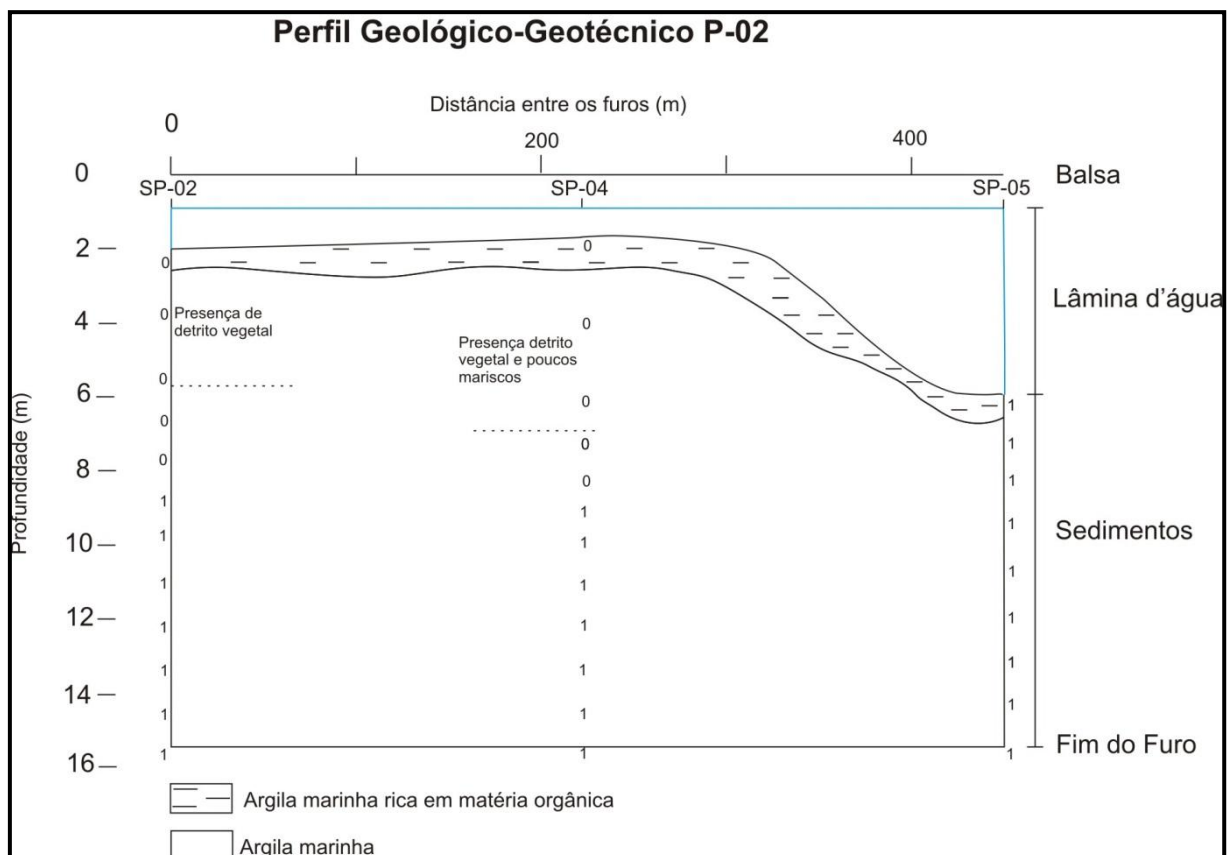
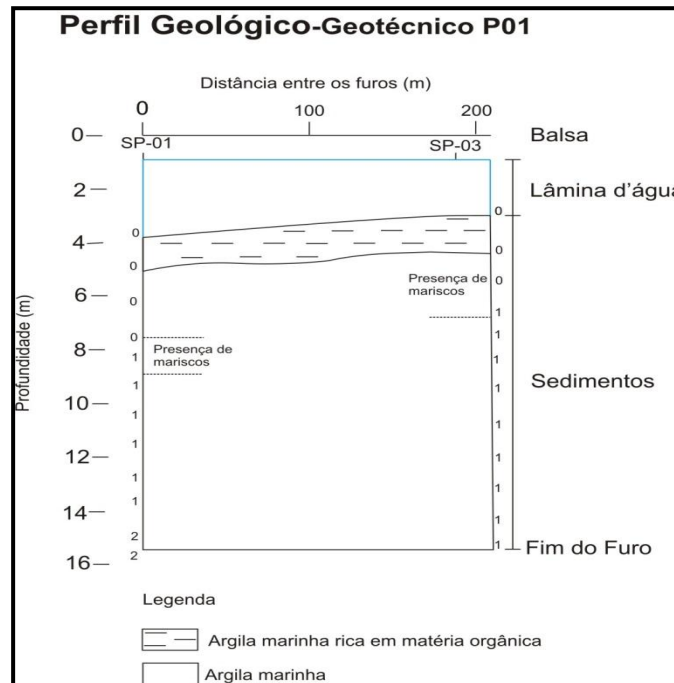
Foram recolhidas 24 amostras para análises laboratoriais, objetivando a avaliação da qualidade destes sedimentos. As profundidades atingidas pelo ensaio SPT foi em média 15,46 metros.

O método utilizado para sondagem, *Standard Penetration Test* (SPT), além de amostrar o solo em subsuperfície, permite avaliar a compacidade (solos não coesivos) e/ou consistência (solos coesivos) do solo ao longo da perfuração. O procedimento consiste na cravação de um barrilete amostrador padrão de 2” diâmetro externo e 1-3/8” interno, utilizando a queda de um peso de 65 kg a uma altura de 75 cm. O valor N (SPT) é o número de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar 30 cm no solo após a cravação inicial de 15 cm. Os ensaios realizados foram nomeados como SP-01, SP-02, SP-03, SP-04 e SP-05 e seus perfis descritivos encontram-se em anexo (Anexo VII – subitem B: Ensaio Geofísico - SPT).

As investigações realizadas indicaram unidade geológica-geotécnica composta por camada de argila marinha siltosa, de coloração cinza a cinza escura (subordinada à quantidade de matéria orgânica), presença de detritos vegetais e restos de conchas em eventuais porções, apresentam consistência muito mole com valores de SPT variando entre 0 e 2, registrado com frequentes valores entre 0/90 a 0/50, seguido de índices que variam entre 1/45 a 1/55 em 1 golpe e 1/10 a 3 golpes.

A partir dos resultados das sondagens foi possível confeccionar dois perfis geológico-geotécnicos da área a ser dragada, P01 e P02, cuja localização encontra-se na figura 5.1.2.7-1 (Figura 5.1.2.7-4).

**Figura 5.1.2.7-4 Seções geológica-geotécnicas representando as sequências das camadas na área a ser dragada.**





#### e) CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS

O Estuário de Santos engloba o maior porto da América Latina, o Porto de Santos, e o pólo industrial de Cubatão, importante centro industrial do Brasil, os quais acarretaram intensa degradação do Estuário de Santos, decorrente principalmente do descarte inadequado de resíduos. Assim, a região apresenta histórico de contaminação, que causou modificações na vegetação, solo, águas superficiais e subterrâneas, com significativos reflexos na área social e de saúde pública.

A poluição proveniente do continente levada para o estuário por intermédio da rede de drenagem ou emitida para o ar e transferida pela precipitação passa por processos físico-químicos, como dissolução, adsorção e decantação, e acumula-se nos sedimentos. Com isso, os sedimentos presentes no estuário podem constituir reservatório e/ou fonte de poluentes, devendo passar por monitoriamento mediante análises químicas para se verificar a possibilidade de contaminação, o que geraria impactos na qualidade das águas superficiais e/ou subterrâneas e na saúde dos organismos aquáticos.

Os contaminantes presentes nos sedimentos de um estuário podem ser transportados para a coluna d'água e depositados em áreas distantes da fonte primária, enquanto que os sedimentos de fundo podem causar problemas ambientais quando dragados e dispostos nos locais de descarte. O tamanho da partícula do sedimento, a quantidade de matéria orgânica, a composição química dos diferentes tipos de sedimentos, assim como a quantidade e a propriedade dos contaminantes, influenciam o grau e a extensão da contaminação no ambiente aquático.

Assim, torna-se necessária a caracterização dos sedimentos a partir de análises físico-químicas para avaliar seu grau de contaminação e suas características físicas.

A caracterização dos sedimentos presentes na área do empreendimento da expansão do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR foi realizada considerando as normas estabelecidas na Resolução do CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente nº344/04, a qual estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras.

Na Área Diretamente Afeta (ADA) foi realizada a coleta de sedimentos superficiais em três pontos amostrais e na área a ser dragada foram coletados sedimentos superficiais e em profundidade em cinco estações de coleta, para atender o volume estimado a ser dragado de 1.328.594 m<sup>3</sup>.

As análises foram coletadas e levadas ao laboratório por técnicos responsáveis da empresa ECOLABOR Comercial Consultoria e Análises Ltda.

Caracterizações químicas anteriores dos sedimentos da região do Estuário de Santos e da área do terminal da DEICMAR foram consultados para o reconhecimento histórico da poluição na região e para um melhor entendimento da contaminação atual dos sedimentos.

- CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DA AID E ADA

A caracterização dos sedimentos do estuário, incluindo ADA e AID, também é discutida no capítulo 5.1.5 – Recursos Hídricos. Na prática, a Análise de Águas Superficiais e de Sedimentos são parte de um mesmo sistema, já que as águas estuarinas são uma solução, composta de água e sedimentos e sólidos em suspensão, provenientes de diversas fontes.

Contudo, seguindo a itemização proposta no Termo de Referência e apresentando uma discussão mais aprofundada, a caracterização dos Sedimentos da AID e ADA será apresentada a seguir.



#### ✓ Estudos Pretéritos

Estudos que avaliaram os impactos da poluição em águas, sedimentos e organismos aquáticos realizados antes do início da década de 1980 na região do Estuário de Santos e São Vicente relataram o comprometimento do ambiente aquático causado pela poluição de origem industrial e doméstica, as quais tiveram consequência a contaminação química e microbiológica, além de alterações físicas na região, como processos de erosão, assoreamento, aterro de canais e manguezais, e intervenções no sistema de drenagem (CETESB, 2001).

A degradação do sistema costeiro e os efeitos deletérios da poluição no Estuário de Santos começaram a ser revertidos a partir de 1984, quando se deu início o "Programa de Recuperação da Qualidade Ambiental de Cubatão" realizado pela CETESB, objetivando o controle da poluição do ar, das águas e do solo causada pelo pólo industrial de Cubatão (CETESB, 2001). A partir deste programa, observou-se gradativo processo de recuperação dos ecossistemas aquáticos e estuarinos como consequência da implantação de sistemas de tratamento dos efluentes industriais e da redução da carga de poluentes para o sistema hídrico.

Os programas de redução da poluição industrial na região de Santos durante as últimas décadas fizeram com que a contaminação das águas do estuário sofresse redução. Contudo, os sedimentos do estuário ainda apresentam contaminantes lançados em épocas passadas, o que representa problema para a operação de dragagens do canal estuarino. Assim, no desenvolvimento deste estudo foi realizado levantamento de dados históricos de contaminação na região do Porto de Santos, por intermédio de análises dos sedimentos obtidas em estudos pretéritos.

A última compilação oficial de dados levantados para a avaliação do sistema estuarino de Santos foi realizada pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) em 2001, com os objetivos de avaliar a contaminação da água, dos sedimentos e dos organismos aquáticos do sistema estuarino de Santos e São Vicente e da Baía de Santos, fornecer subsídios técnicos às ações de prevenção da contaminação, de controle da poluição e de recuperação ambiental na Baixada Santista e apoiar o gerenciamento costeiro subsidiando o zoneamento ecológico-econômico da região Metropolitana da Baixada Santista.

Este trabalho baseou-se em estudos anteriores realizados pela CETESB e, principalmente, em um programa de amostragem realizado em 1999. Os resultados dessa avaliação foram publicados em 2001 no relatório "Sistema Estuarino de Santos e São Vicente". Desde este relatório, a CETESB realiza monitoriamento para o Porto de Santos com análises de água e sedimento, com o objetivo de melhorar o entendimento da situação do Estuário de Santos, assim como avaliar os contaminantes presentes nos sedimentos do estuário.

A DEICMAR também realiza campanhas de monitoriamento nas proximidades de sua área desde 2006, nas quais são coletadas e analisadas amostras de sedimentos e de águas subterrâneas provenientes de poços contruídos para este objetivo.

Nesta compilação, deu-se destaque às análises dos sedimentos realizadas pela CETESB incluídas no relatório sobre o estuário e às análises presentes nos estudos de monitoriamento da DEICMAR para a comparação das características físico-químicas dos sedimentos entre as obtidas em estudos pretéritos e aquelas obtidas neste EIA-RIMA de Implantação do Terminal Portuário Multiuso da DEIMAR.

Análises de sedimentos presentes nos EIAs/RIMAs de outros empreendimentos na região do Estuário de Santos, como os realizados pela Brites (2009), BTP-Brasil Terminal Portuário (2008), EMBRAPORT-Empresa Brasileira de Terminais Portuários (2003) e Dragagem do Canal do Porto de Santos (2008), todos inseridos na Área de Influência





Direta (AID) deste EIA, também foram consultadas. Contudo, ressaltam-se as diferentes metodologias de amostragem e procedimentos analíticos utilizadas, o que faz com que a comparação entre os dados obtidos em estudos anteriores seja feita com ressalvas, embora constituam dados úteis para serem utilizados como guia de orientação.

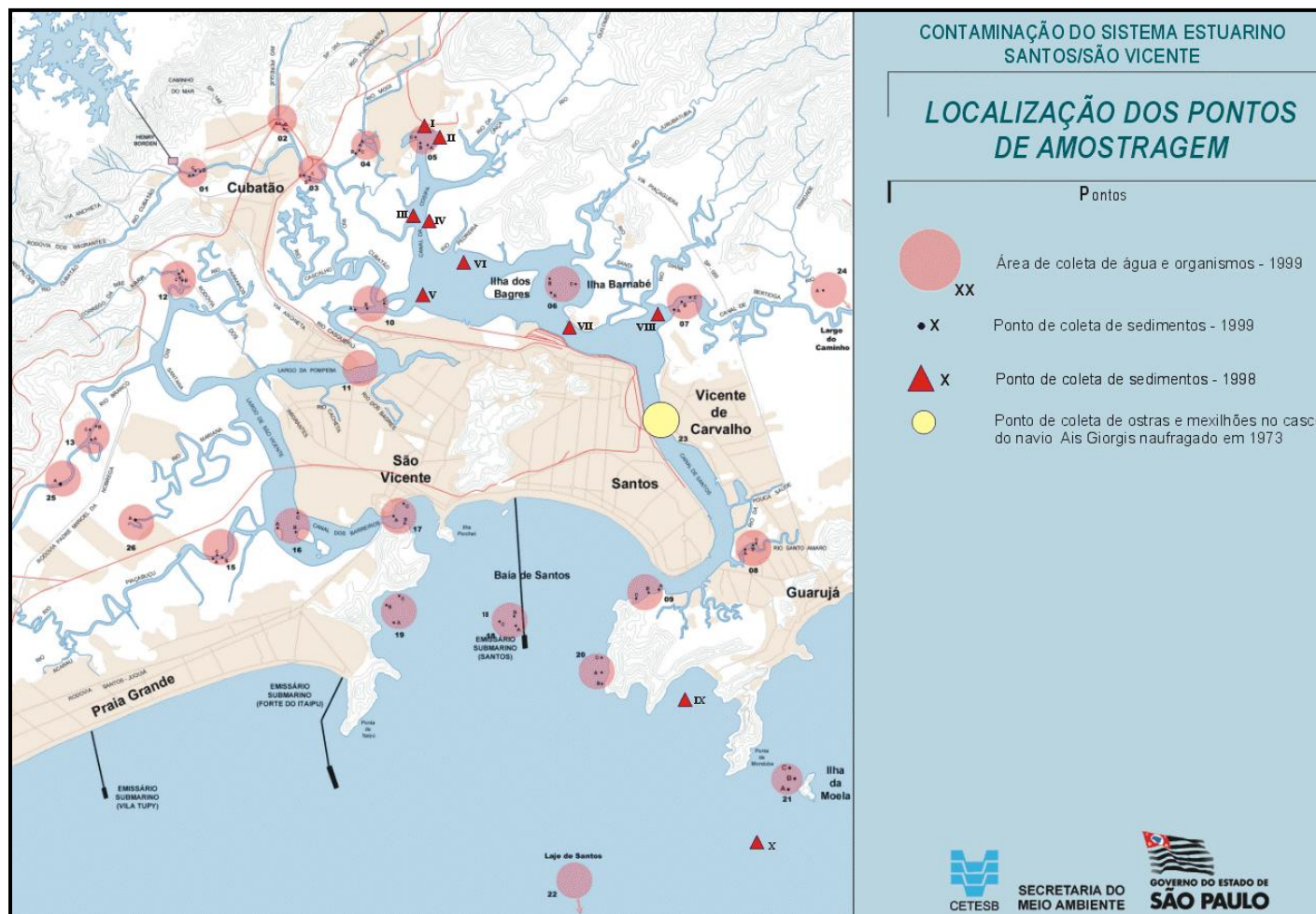
As análises realizadas pela CETESB foram feitas em 1999 e abrangeram 26 pontos de coleta, incluindo rios, estuários e o mar, com 63 amostras de sedimento (Figura 5.1.2.7-5), coletadas entre fevereiro e maio, para as quais foram analisadas três réplicas. Para uma melhor caracterização ambiental da região, o relatório "Sistema Estuarino de Santos e São Vicente" incluiu 10 pontos de amostragem de sedimentos coletados em 1997 e 1998, diferenciados por números romanos (Figura 5.1.2.7-5).

Neste relatório, o Estuário de Santos e São Vicente foi dividido em 5 regiões principais para uma melhor caracterização da área: Baía de Cubatão, Estuário de Santos, Estuário de São Vicente, Baía de Santos e Zona Marinha Adjacente. Os pontos de coleta e a quantidade de amostras coletadas na área denominada Estuário de Santos, local que engloba a região do presente estudo, estão descritos no Quadro 5.1.2.7-2, o qual também inclui algumas fontes de poluição para cada ponto analisado.

Em 2001, época em que foi elaborado pela CETESB o trabalho sobre a qualidade dos sedimentos e das águas do Estuário de Santos, não existia legislação ambiental brasileira que dispusesse de critérios de qualidade de sedimentos e valores basais de substâncias químicas em sedimentos na região do Estuário de Santos.

Assim, optou-se por utilizar critérios de classificação de acordo com a abordagem canadense de critério de qualidade de sedimentos que definem dois valores: *Nível Limiar de Efeito (Threshold Effect Level-TEL; concentração abaixo da qual não são esperados efeitos adversos sobre organismos aquáticos )* e *Nível de Efeito Provável (Probable Effects Level-PEL; concentração acima da qual são esperados efeitos adversos severos sobre organismos aquáticos)*. Valores entre TEL e PEL representam o intervalo de concentração que poderia potencialmente estar associado a efeitos biológicos adversos.

**Figura 5.1.2.7-5 Localização dos pontos de amostragem dos sedimentos realizados pela CETESB incluídos no relatório “Sistema Estuarino de Santos e São Vicente” publicado em 2001.**





**Quadro 5.1.2.7-2 Localização dos pontos de amostragem e as principais fontes de poluição no levantamento da contaminação do sistema estuarino de Santos e São Vicente (1999) (pontos 1 a 26) e do estudo de 1997 (pontos I a X).**

Zona	Pontos de Coleta	Localização	Principais Fontes de Poluição	Número de Amostras
				Sedimentos
Estuário de Santos	5	Bacia de Evolução da Cosipa	Cosipa	3
	6	Largo do Caneu-Ilha dos Bagres	Fontes Diversas	3
	7	Canal do Estuário de Santos, próximo ao Canal de Bertioga	-	3
	8	Rio Santo Amaro	Esgotos, marinas	3
	9	Saída do canal de Santos	Porto, fontes diversas	3
	10	Rio Casqueiro	Lixão da Alemoa, esgotos	3
	23	Porão do navio Ais Georges	Fontes diversas	*
	24	Canal de Bertioga-Largo do Candinho	Fontes diversas	1
	I	Canal da Cosipa-margem do canal dragado	Cosipa	1
	II	Canal da Cosipa-fundo do canal dragado	Cosipa	1
	III	Foz do Rio Cubatão-leito original	Indústrias em geral	1
	IV	Alemoa-margem do canal dragado	Fontes diversas	1
	V	Alemoa-fundo do canal dragado	Fontes diversas	1
	VI	Ilha Barnabé-margem	Terminais, Fontes diversas	1
	VII	Ilha Barnabé-canal dragado	Fontes diversas	1
	VII	Canal de Bertioga-Monte Cabrão	Fontes diversas	1

Fonte: CETESB, 2001.

Pontos de Coleta I a X: análises realizadas em 1997 (MEMORANDO INTERNO CETESB CS/150/99).

No relatório "Sistema Estuarino de Santos e São Vicente", os sedimentos analisados apresentaram, em comparação com as águas e os organismos, maior variedade de contaminante e maior frequência de detecção, sendo que as maiores concentrações de contaminantes foram encontradas próximas às fontes poluidoras, como fontes industriais e lixões, representadas no Estuário de Santos principalmente pela Cosipa, pela indústria Dow Química e pelo lixão da Alemoa.

Os estudos efetuados para o monitoramento e diagnóstico ambiental do atual Terminal Portuário da DEICMAR resultaram em relatórios internos produzidos entre os anos 2006 a 2010. As análises físico-químicas dos sedimentos e águas foram primeiramente realizadas em 2006, as quais resultaram no relatório "Investigação Ambiental Inicial nos Compartimentos do Terminal Portuário da Deicmar (TPD)". Nesta campanha foram realizadas sondagens e coletados sedimentos em 10 pontos de amostragem e as análises tiveram como objetivo levantar os passivos ambientais e iniciar o processo de investigação da contaminação do solo nas dependências da Deicmar.

As análises posteriores dos sedimentos foram coletadas nos anos 2007, 2008 e 2010. Em 2007 foram construídos 4 poços de monitoramento (PM1 a PM4) e cinco pontos para a



amostragem de solo superficial (S01 a S05) próximos aos locais que indicaram contaminantes na campanha de 2006.

Em 2008 foram instalados três poços de monitoramento (PM5 a PM7) e em 2010 ocorreu a instalação de mais seis poços de monitoramento (PM8 a PM13), para o detalhamento das investigações nas áreas de entorno dos poços de monitoramento PM-01 e PM-02 que apresentaram concentrações de mercúrio (Hg) acima do valor de intervenção da CETESB durante a campanha de monitoramento realizada em março de 2010, que foi feita somente para as águas subterrâneas.

As análises de sedimentos realizadas pela CPEA para o monitoramento ambiental da área da DEICMAR foram coletadas em 13 poços de monitoramento e em 15 pontos de coleta de sedimentos, ambos localizados nos arredores da área do Terminal Portuário (Figura 5.1.2.7-6).

As amostras de sedimentos dos poços de monitoramento foram subsuperficiais, com profundidade de até 2,5 m, enquanto que as amostras realizadas em 2006 e 2007 não ultrapassaram 1,00 m e 60 cm, respectivamente (Quadro 5.1.2.7-3). A profundidade do sedimento a ser amostrado baseou-se na sua granulometria, sendo escolhida a fração mais fina dos sedimentos para as análises químicas, já que os contaminantes associam-se preferencialmente às frações finas dos solos e sedimentos.

Os resultados analíticos de solo superficial e em profundidade realizados foram comparados com os valores orientadores de prevenção e intervenção industriais propostos pela listagem da CETESB. Esta listagem, aprovada pela Decisão de Diretoria nº. 195-2005-E e atualizada em 11/11/05, consiste relatório de qualidade de solo e água subterrânea elaborado com o objetivo de estabelecer limites aceitáveis para os contaminantes frequentemente associados à degradação ambiental.

Os parâmetros analisados não contemplados pela CETESB foram comparados com os padrões (*target value* e *intervention value*) propostos pela Holanda (Netherlands, 2000). Os procedimentos para as análises realizadas pela CPEA atenderam as exigências da Norma CETESB de 1988 para "Amostragem de Solo" constante no "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, Projeto CETESB - GTZ", atualizado em 1999. Os relatórios técnicos referentes às análises, juntamente com os perfis descritivos dos poços, encontram-se no anexo VIII Monitoramento Ambiental TPD-DEICMAR.



**Figura 5.1.2.7-6 Localização dos pontos de amostragem dos sedimentos realizados pela CPEA para o monitoramento ambiental do Terminal Portuário da DEICMAR realizada entre os anos 2006 e 2010.**



**Quadro 5.1.2.7-3 Profundidade e data de coleta dos sedimentos analisados no programa de monitoramento ambiental da DEICMAR.**

<b>Ponto</b>	<b>Data</b>	<b>Profundidade da coleta</b>	<b>Ponto</b>	<b>Data</b>	<b>Profundidade da coleta</b>
<b>P00</b>	Abril/2006	0,5 até 1,0 m	<b>S-01</b>	Maio/2007	0,54 m
<b>P01</b>	Abril/2006	0,5 até 1,0 m	<b>S-02</b>	Maio/2007	0,50 m
<b>P02</b>	Abril/2006	0,3 até 1,0 m	<b>S-03</b>	Maio/2007	0,60 m
<b>P03</b>	Abril/2006	0,1 até 1,0 m	<b>S-04</b>	Maio/2007	0,42 m
<b>P04</b>	Abril/2006	0,3 até 1,0 m	<b>S-05</b>	Maio/2007	0,47 m
<b>P05</b>	Abril/2006	0,3 até 1,0 m	<b>PM5</b>	Janeiro/2008	2,0 m
<b>P06</b>	Abril/2006	0,5 até 1,0 m	<b>PM6</b>	Janeiro/2008	2,2 m
<b>P07</b>	Abril/2006	0,4 até 1,0 m	<b>PM7</b>	Janeiro/2008	2,0 m
<b>P08</b>	Abril/2006	0,5 até 1,0 m	<b>PM8</b>	Junho/2010	1,50 m
<b>P09</b>	Abril/2006	0,5 até 1,0 m	<b>PM9</b>	Junho/2010	1,0 m
<b>PM1</b>	Maio/2007	1,3 m	<b>PM10</b>	Junho/2010	1,0 m
<b>PM2</b>	Maio/2007	2,0 m	<b>PM11</b>	Junho/2010	0,80 m
<b>PM3</b>	Maio/2007	1,1 m	<b>PM12</b>	Junho/2010	2,0 m
<b>PM4</b>	Maio/2007	1,0 m	<b>PM13</b>	Setembro/2010	2,50 m

A Embraport (Empresa Brasileira de Terminais Portuários) realizou estudo na área estuarina de Santos, especificamente na porção leste da Ilha de Barnabé, com a finalidade de caracterizar e avaliar a contaminação dos sedimentos presentes na Área de Influência Direta (AID) e na Área Diretamente Afetada (ADA) definidos para o EIA para a construção de seu terminal portuário. Foram realizadas coletas em 12 pontos amostrais em outubro de 2002 (Figura 5.1.2.7-7).

A Brasil Terminal Portuário, localizada a oeste do empreendimento da DEICMAR na área do antigo lixão do Alemoa, realizou a coleta e análise dos sedimentos superficiais e aqueles presentes na área do a ser dragada para a confecção do EIA/RIMA referente à implantação de seu terminal portuário.

As amostras coletadas na área da dragagem foram feitas em oito pontos amostrais entre os dias 19 e 20 de dezembro de 2007, de forma a atender a Resolução CONAMA 344/04 para um volume a ser dragado de 3.800.00 metros cúbicos (Figura 5.1.2.7-7). Foram coletadas amostras superficiais e em profundidade, que alcançaram até 5 metros e totalizaram 38 amostras, as quais foram analisadas segundo os parâmetros da resolução mencionada.

Os resultados das análises dos sedimentos superficiais do estudo da BTP foram consistentes com o estudo realizado pela CETESB publicado no relatório de 2001 mencionado.



Figura 5.1.2.7-7 Localização dos pontos de coleta dos sedimentos nos estudos pretéritos realizados no Estuário de Santos.



Objetivando a caracterização detalhada dos sedimentos do canal do porto de Santos para o seu aprofundamento, foi realizada a coleta e caracterização química dos sedimentos em grande área do canal do porto, visando a análise das condições dos sedimentos que serviram como base para inferir sobre as alternativas de disposição do material dragado.

Foram coletadas 67 amostras de sedimentos superficial, 52 amostras de sedimento até 1 metro de profundidade e 52 amostras de sedimento até 2 metros de profundidade em 3 campanhas de coleta, realizadas em outubro de 2006, fevereiro de 2007 e entre os meses de agosto e setembro de 2007 (Figura 5.1.2.7-7).

Essas análises foram incluídas no EIA/RIMA da Dragagem de Aprofundamento do Canal de Navegação, Bacias de Evolução e Berços de Atracação do Porto Organizado de Santos, publicado em 2008. Foi realizada distribuição da área em 03 micro regiões de acordo com a divisão adotada pela própria CODESP (Companhia Docas do Estado de São Paulo) para uma melhor análise dos resultados químicos dos sedimentos nos seus 67 pontos de coleta: barra-fortaleza, fortaleza-torre grande e torre grande-alemoa, a qual engloba a ADA do presente EIA (Figura 5.1.2.7-8).



**Figura 5.1.2.7-8 Distribuição da área do canal do porto de Santos em 3 micro-regiões: 1-Barra-fortaleza. 2- Fortaleza-Torre Grande. 3-Torre Grande-Alemoa.**



Fonte: EIA/RIMA Dragagem do Canal do Porto de Santos, 2008.

O Terminal Brites finalizou em 2009 o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) referente à implementação de sua instalação portuária em frente ao Largo de Santa Rita, no Estuário de Santos. Neste estudo foram realizadas análises de 175 amostras sedimentos em 37 pontos amostrais (Figura 5.1.2.7-7), coletadas em março e abril de 2009 pela CPEA, para atender a Resolução 344/04 para um volume estimado de 15.400.000 metros cúbicos de sedimentos a serem dragados. Foram coletadas amostras de sedimento superficial e subsuperfície até 5 metros de profundidade.

#### ✓ Nutrientes

Análises dos sedimentos para os nutrientes nitrogênio Kjeldahl e fósforo totais e para carbono orgânico total foram feitas nos estudos para a realização dos EIA/RIMAs consultados. Na área da BTP, os sedimentos analisados da área dragada não apresentaram nutrientes e carbono orgânico total acima dos níveis 1 e 2, referentes ao limiares de contaminação da Resolução CONAMA 344/04.

O mesmo ocorreu na análise dos sedimentos analisados da área da Emraport e da Brites, enquanto que as análises realizadas na área a ser dragada do aprofundamento do canal do porto de Santos apresentou 6 amostras (5 de superfície e 1 de 0 a 1 metro) com valores de carbono orgânico total acima do valor de alerta estabelecido pelo CONAMA e apenas 01 ponto na profundidade de 1 a 2 metros apresentou nitrogênio Kjeldahl acima do recomendado.



#### ✓ Metais e Semi-Metais

O arsênio está presente em sedimentos do sistema estuarino com distribuição difusa, tendo maior concentração próxima às fontes industriais, aos locais de deposição de material dragado e ao lixão da Alemoa. Os sedimentos do Estuário de Santos apresentaram níveis de arsênio ligeiramente superiores ou abaixo do TEL, o que não afeta a biota marinha (CETESB, 2001).

Os metais pesados cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, níquel e zinco apresentaram valores acima do recomendado em algumas análises dos sedimentos do estuário realizadas pela CETESB. O cádmio foi encontrado em efluentes líquidos lançados no Rio Cubatão pela Companhia Santista de Papel e pela refinaria de petróleo (RPBC-PETROBRÁS) e nos lançamentos das indústrias Cosipa e Dow Química no estuário de Santos. Os níveis de cádmio no sedimento apresentaram-se em concentrações com possibilidade de causar efeito tóxico à biota, principalmente na região do rio Piaçaguera, no canal da Cosipa e na desembocadura do Rio Santo Amaro no canal de Santos, próximo à indústria Dow Química.

As amostras de sedimentos analisadas para o chumbo indicaram que os sedimentos localizados próximos aos pontos de lançamento de efluentes contendo este metal, como a RPBC-PETROBRÁS e a Ultrafértil-CB que lançam seus efluentes no rio Cubatão e a Cosipa e a Dow Química que lançam os efluentes diretamente no Estuário de Santos, apresentam níveis de chumbo que podem causar risco à biota aquática, mesmo em níveis baixos de concentração. As concentrações encontradas no canal de evolução da Cosipa são superiores ao PEL, indicando probabilidade significativa de efeitos severos à biota aquática.

O cobre foi detectado em efluentes da Companhia Santista de Papel, RPBC-PETROBRÁS, Cosipa, Dow Química e de alguns terminais portuários de granéis líquidos, sendo encontrado também em chorume de lixões e aterros sanitários e nos esgotos lançados no mar e nos estuários. A maior concentração de cobre foi atribuída aos sedimentos presentes na desembocadura do Rio Santo Amaro, com valores que ultrapassam o valor de TEL e são próximos ao valor de PEL, enquanto que os sedimentos localizados no canal da Cosipa apresentaram a segunda maior concentração de cobre, com valores de  $53 \text{ g.g}^{-1}$ .

Sais de cromo foram largamente utilizados como anti-corrosivo nos sistemas de resfriamento de grande parte das indústrias na região da Baixada Santista, provocando aporte significativo do metal para o sistema hídrico. Depois da implantação do programa de controle da poluição em 1984, esses sais foram substituídos por outras substâncias menos nocivas ao ambiente, mas o cromo continuou a ser detectado em efluentes da RPBC-PETROBRÁS, da Carbocloro e da Cosipa em estudos posteriores da CETESB. As maiores concentrações deste metal nos sedimentos do estuário ocorrem próximas aos locais de lançamento de efluentes da Cosipa e no rio Piaçaguera, com valores que variam entre  $23$  e  $70 \text{ g.g}^{-1}$ , respectivamente.

Na região sobre influência da Cosipa, em trabalho anterior da CETESB realizado em 1997 (dados não publicados), foram encontradas concentrações de cromo de até  $106 \text{ g.g}^{-1}$ , o que demonstra uma diminuição deste contaminante. Contudo, em dados da zona do Estuário de Santos verifica-se aumento do cromo nos sedimentos, como observado no Quadro 5.1.2.7-4 abaixo.



#### **Quadro 5.1.2.7-4 Concentrações ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) mínimas e máximas de cromo nos sedimentos do Estuário de Santos.**

<b>Zona</b>	<b>Concentrações</b>	<b>1979<sup>1</sup></b>	<b>1989<sup>2</sup></b>	<b>1999<sup>3</sup></b>
Estuário de Santos	Mínimo	12,5	<1,00	6,2
	Máximo	42,2	5,37	70
	Nº de Amostras	18	4	26

Fonte: CETESB, 2001.<sup>1</sup> CETESB, 1981; <sup>2</sup> CETESB, 1990; <sup>3</sup> CETESB, 2001.

Os maiores níveis de manganês no sedimento da região do estuário foram observados na área de influência da Cosipa, com níveis de 599 a 1561  $\text{g.g}^{-1}$ . O manganês não possui critérios para classificação em TEL e PEL e as concentrações observadas nos sedimentos são, em média, similares às encontradas na maioria dos solos da região, indicando não ser um poluente prejudicial à biota aquática.

No estudo da CETESB, o mercúrio apresentou-se distribuído nos sedimentos em toda a área de estudo, sendo que a comparação dos níveis atuais de mercúrio com os encontrados em sedimentos de trabalhos anteriores indicaram redução nos rios de Cubatão e no estuário de Santos (quadro 5.1.2.7-5).

Contudo, cerca de 40% das amostras analisadas estão acima dos valores de TEL 0,13  $\text{g.g}^{-1}$  para águas salobras e salinas, e destas cerca de 8% das amostras situam-se acima do valor de PEL 0,696  $\text{g.g}^{-1}$ . Os locais de maior concentração de mercúrio no estuário de Santos encontram-se na região da Cosipa e na foz do Rio Santo Amaro, nas proximidades da Dow Química.

Na região sobre influência da Cosipa, em trabalho anterior da CETESB realizado em 1997 (dados não publicados), foram encontradas concentrações de mercúrio no sedimento de até 0,83  $\text{g.g}^{-1}$ , o que sugere uma redução dos níveis de contaminação no Estuário de Santos dos níveis de mercúrio nos sedimentos.

#### **Quadro 5.1.2.7-5 Concentrações ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) mínimas e máximas de mercúrio nos sedimentos do Estuário de Santos.**

<b>Zona</b>	<b>Concentrações</b>	<b>1973<sup>1</sup></b>	<b>1979<sup>2</sup></b>	<b>1989<sup>3</sup></b>	<b>1999<sup>4</sup></b>
Estuário de Santos	Mínimo	0,13	0,10	<0,04	0,021
	Máximo	8,20	1,79	2,14	0,85
	Nº de Amostras	18	16	4	26

Fonte: CETESB, 2001.<sup>1</sup> Tommasi, 1979; <sup>2</sup> CETESB, 1981; <sup>3</sup> CETESB, 1990; <sup>4</sup> CETESB, 2001.

Os resultados das análises dos solos para mercúrio das amostras dos poços de monitoramento 8 a 13, localizados na área do Terminal Portuário da DEICMAR e construídos em função do detalhamento das investigações em locais com concentrações de mercúrio acima do valor de intervenção, indicaram valores abaixo do limite de quantificação do laboratório e, conseqüentemente, abaixo dos valores de prevenção e intervenção adotados, indicados pela CETESB.

Assim, foi concluído que as concentrações de mercúrio encontradas na campanha de monitoramento de março de 2010 em águas subterrâneas eram pontuais e que seriam avaliadas durante monitoramentos subsequentes.

Os sedimentos analisados no estudo da CETESB de 2001 apresentaram valores de níquel que variam entre 0,97 a 34  $\text{g.g}^{-1}$ . Como os dados de análise de sedimento da bacia do Rio Cubatão e porção superior do estuário obtidos pela CETESB em 1989 indicaram valores de níquel entre <0,22 e 10,8  $\text{g.g}^{-1}$ , o relatório "Sistema Estuarino de Santos e São Vicente" de 2001 sugere ter ocorrido possível efeitos de acumulação deste metal



entre os anos de 1989 e 1999. Assim, ocorre indicação de aumento dos nível de níquel com valores superiores às concentrações capazes de causar efeito tóxico à biota.

O zinco é encontrado nos efluentes de grande parte das indústrias, dos terminais e em áreas contaminadas da região, estando presente também nas habitações (telhas, utensílios) e em diversos produtos, sendo achado, assim, no lixo e nos esgotos domésticos.

Nos sedimentos da região em estudo, observa-se acumulação do zinco próxima às fontes industriais, nas quais se destaca a Cosipa, onde o valor de zinco nos sedimentos encontra-se entre 260 e 957 g.g<sup>-1</sup>, valor que supera o PEL. Assim, as concentrações de zinco nos sedimentos do estuário requerem medidas de controle, já que são capazes de provocar efeitos tóxicos à biota aquática. No período entre 1979 e 1999 foi observado um incremento deste metal nos sedimentos da zona do Estuário de Santos devido à presença da Cosipa (Quadro 5.1.2.7-6), o que não foi observado nas outras zonas analisadas.

#### **Quadro 5.1.2.7-6 Concentrações (µg.g<sup>-1</sup>) mínimas e máximas de zinco nos sedimentos do Estuário de Santos.**

<b>Zona</b>	<b>Concentrações</b>	<b>1979<sup>1</sup></b>	<b>1989<sup>2</sup></b>	<b>1999<sup>3</sup></b>
Estuário de Santos	Mínimo	35,1	4,20	15,5
	Máximo	209	94,5	957
	Nº de Amostras	16	4	26

Fonte: CETESB, 2001.<sup>1</sup> CETESB, 1981; <sup>2</sup> CETESB, 1990; <sup>3</sup> CETESB, 2001.

Na área construída da DEICMAR, contemplada por análises de solos e sedimento efetuados pela CPEA para no programa de monitoramento da DEICMAR foram observados valores de cromo acima dos valores orientadores para solos, oriundo da Netherlands (2000), para o poço de monitoramento PM3, o que pode estar relacionado ao material utilizado no aterro da área construída.

As análises de metais e semi-metais para sedimentos do poço de monitoramento PM7 e para as amostras de solo superficial S04 e S05 apresentou resultados para o bário acima do valor orientador de prevenção, não existindo outras ocorrências de concentrações de metais e semi-metais no solo acima dos valores de intervenção da CETESB.

Nos sedimentos superficiais analisados na área da BTP foram identificados teores de metais pesados dentro da faixa entre o TEL e PEL, constituindo sedimentos que podem acarretar algum efeito sobre a biota aquática. Na análise do mercúrio, foram detectados dois valores acima do PEL, localizados na desembocadura do Rio Saboó, o que pode ser resultado de possível influência do antigo lixão já desativado, localizado dentro da área do empreendimento da BTP.

Os sedimentos da área dragada da BTP apresentaram teores de arsênio e cobre acima do Nível 1. As concentrações de arsênio observadas podem ser de ocorrência natural, já que este elemento foi quantificado em praticamente todas as amostras. O mercúrio também apresentou valores acima do Nível 1 e uma das amostras analisadas revelou valor deste metal acima do Nível 2, a partir do qual prevê-se provável efeito adverso à biota.

Os metais chumbo e níquel apresentaram concentrações acima do recomendado em duas amostras de sedimentos de testemunho analisadas pela Embraport, enquanto que os sedimentos superficiais apresentaram mercúrio e arsênio com teores acima do Nível 1 para 3 pontos de coleta.

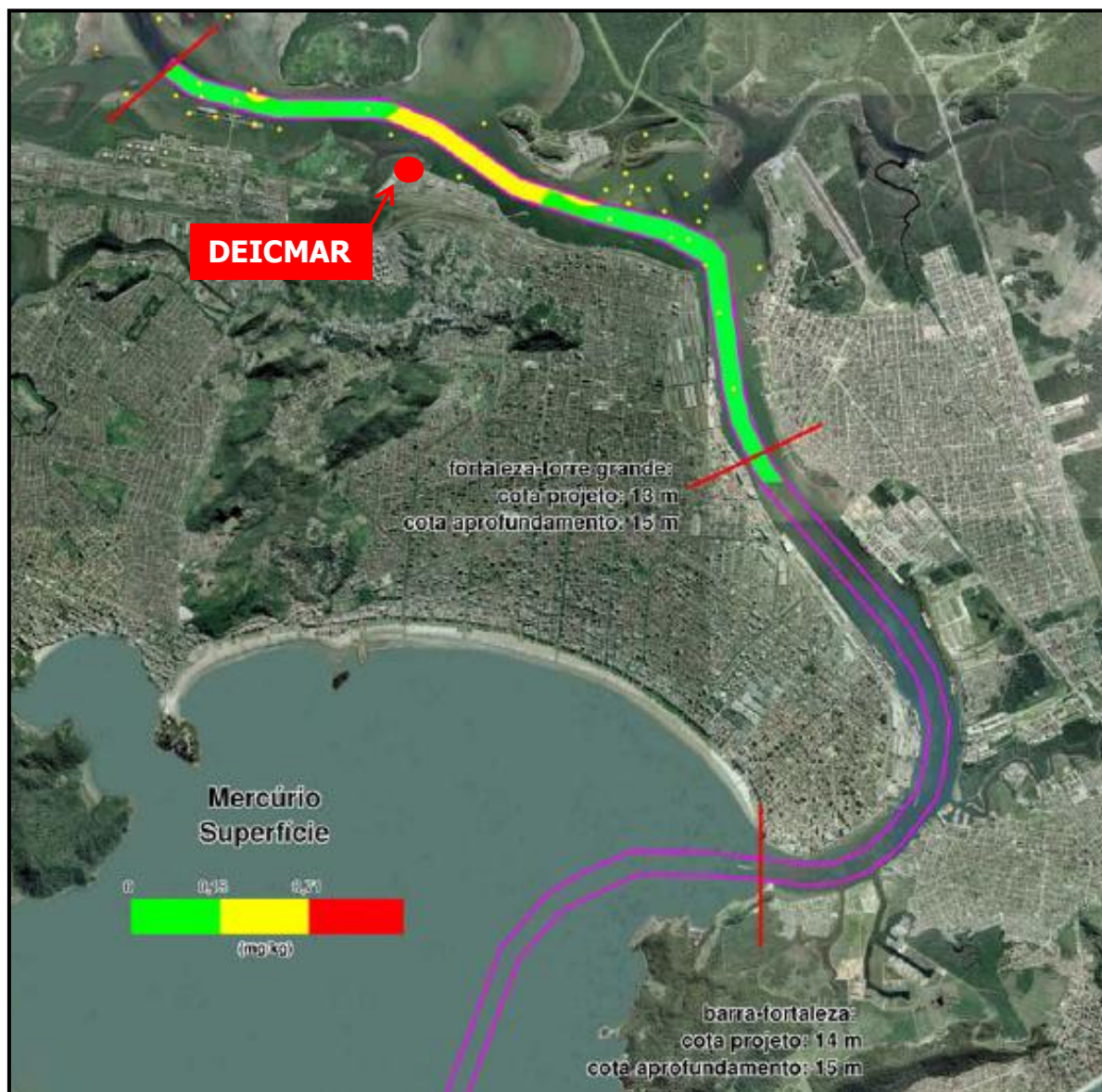
Nas amostras de sedimento coletadas pela Brites foram identificados arsênio, níquel, zinco e mercúrio em quantidades superiores aqueles estabelecidos pela Resolução



CONAMA 344/04. O mercúrio apresentou valores superiores ao Nível 1 em 21 amostras de superfície e 8 amostras em profundidade, sendo que 11 amostras apresentaram teores superiores ao Nível 2, destas 10 amostras são de sedimentos superficiais. Das 175 amostras analisadas, foram quantificadas concentrações de arsênio acima do Nível 1 em 133 amostras, enquanto que nenhuma amostra apresentou concentração de As acima do Nível 2. Neste estudo, ainda foi identificado teores de níquel acima do Nível 1 em 10 amostras, localizadas principalmente nas camadas superficiais do setor mais interno do Largo de Santa Rita (Figura 5.1.2.7-7).

As análises realizadas para metais no EIA da dragagem do canal do porto de Santos apresentaram problemas devido à inadequação da metodologia empregada. Assim, foram analisadas somente 35 amostras de sedimentos para este parâmetro, as quais apresentaram concentrações de metais acima do Nível 1 para o arsênio em 5 amostras e o mercúrio foi encontrado acima do Nível 2 em 4 amostras. Essas amostras encontram-se na microrregião Torre Grande-Alemoa e constituem os pontos de coleta PSS11, PSS13, PSS14 e PSS15 para o mercúrio e arsênio, e o ponto PSS12, onde se foi apresentado altos teores somente de arsênio. Isto é verificado no mapa de contaminação de mercúrio da Figura 5.1.2.7-9, confeccionado pelo EIA/RIMA da Dragagem do Canal do Porto de Santos.

**Figura 5.1.2.7-9 Mapa de contaminação de mercúrio para os sedimentos superficiais do canal do porto de Santos analisados, com destaque para a área do empreendimento da DEICMAR em vermelho.**



Fonte: EIA/RIMA Dragagem do Canal do Porto de Santos, 2008.

✓ Pesticidas Organoclorados

Os pesticidas são produtos orgânicos e inorgânicos utilizados no controle de pragas e doenças na agricultura e em áreas urbanas, constituindo materiais tóxicos aos seres vivos. Devido aos impactos provocados à biota e à saúde pública, o uso de agrotóxicos organoclorados foi proibido no Brasil a partir de 1985, mas devido à sua alta resistência à degradação química e biológica em condições naturais, estes compostos são ainda encontrados no ambiente, especialmente em sedimentos e organismos aquáticos.

Existem diversos isômeros de BHC (hexaclorociclohexano) identificados por letras gregas (alfa, beta, gama, etc.). Este pesticida consiste inseticida utilizado na agricultura e no ambiente doméstico, bastante difundido nos anos 60 e 70 em todo o mundo e que ainda é encontrado em estuários e oceanos apesar de sua produção ter sido interrompida na



década de 1980. O composto de maior ação inseticida é o gama BHC, cujo produto comercial, de nome técnico lindane, contém pequenas quantidades de outros isômeros. Por ter sido o mais utilizado, é o que tem maior expressão ambiental. Os demais produtos comerciais são uma mistura de dois ou mais isômeros.

Os sedimentos aquáticos da Baixada Santista encontravam-se contaminados com BHC na década de 1970, com valores que atingiram  $103 \text{ g.kg}^{-1}$  (CETESB, 2001).

Nas análises realizadas pela CETESB (2001) em amostras de sedimento do Estuário de Santos foram encontrados isômeros de BHC na região da desembocadura do Rio Santo Amaro (ponto de amostragem 8; ver figura 5.1.2.7-5), a qual apresentou valores positivos para todos os tipos de pesticidas organoclorados, e em amostras do ponto 9 (Figura 5.1.2.7-5), que indicaram a presença de BHC-alfa. Os pesticidas clorados aldrin, endrin, dieldrin, alfa e gama clordane não foram encontrados nas águas, sedimentos e organismos aquáticos coletados no estudo da CETESB de 2001.

As análises dos elementos pertencentes à classe dos pesticidas organoclorados indicaram redução nos sedimentos presentes no Estuário de Santos, com exceção dos localizados na desembocadura do Rio Santo Amaro, não sendo mais significativa a acumulação deste poluente pela biota (CETESB, 2001).

Nos estudos de monitoramento da área da DEICMAR não foram identificados nenhum pesticida organoclorado nas amostras de solo, assim como nos estudos realizados para o EIA/RIMA da BTP. Já nas amostras de sedimento analisadas pela Brites foram encontrados teores de pesticidas organoclorados em duas amostras, sendo que em uma delas este teores foi acima do Nível 2, e nas amostras de sedimento realizadas no canal do porto de Santos foram detectados teores acima do Nível 1 em duas amostras, sendo uma na microrregião Torre Grande-Alema (amostra PSS 65-2).

#### ✓ Bifenilas Policloradas (PCB's)

As bifenilas policloradas consiste um dos mais importantes poluentes organoclorados nos ambientes marinhos e faz parte de um grupo de compostos sintéticos de hidrocarbonetos halogenados, os quais eram utilizados como fluidos dielétricos de transformadores e capacitores, trocadores de calor, fluidos hidráulicos, lubrificantes, retardadores de fogo, plásticos e outros materiais. A produção e comercialização de PCB's no Brasil estão proibidas desde 1981, mas capacitores e transformadores contendo PCB's ainda estão em uso, contribuindo para o aporte deste contaminante para o ambiente aquático. As maiores concentrações destes contaminantes nesse ambiente encontram-se nos sedimentos e, frequentemente, são provenientes de lançamentos industriais.

Nas análises realizadas pela CETESB (2001) no Estuário de Santos, os sedimentos apresentaram níveis de PCB's totais que variaram entre  $0,5 \text{ ng.g}^{-1}$  a  $12,85 \text{ ng.g}^{-1}$  (Quadro 5.1.2.7-7), sendo que sedimentos localizados no Canal da Cosipa e na saída do emissário submarino na Baía de Santo (ponto de amostragem 18; Figura 5.1.2.8-5) apresentaram valores deste poluente entre o nível limiar de efeito (TEL) e o de efeito adverso provável sobre os organismos aquáticos (PEL).

De acordo com o relatório "Sistema Estuarino de Santos e São Vicente" (CETESB, 2001), as concentrações de bifenilas policloradas na Baixada Santista sugerem contribuição difusa para o meio aquático, ocorrendo com níveis de concentração nos sedimentos acima do TEL na região da saída do emissário, Rio Cubatão e Cosipa.



**Quadro 5.1.2.7-7 Resultados das análises para o parâmetros de PCB's ,  
expressos em  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  nos sedimentos do Estuário de Santos.**

Zona	Ponto	PCB's Totais	Zona	Ponto	PCB's Totais	
Estuário de Santos	5	A	12,85	8	A	5,81
		B	3,89		B	6,05
		C	74		C	8,49
	6	A	1,02	9	A	0,5
		B	1,51		B	1,88
		C	0,71		C	0,56
	7	A	3,62	10	A	8,81
		B	1,13		B	2,43
		C	1,1		C	0,95

Fonte: CETESB, 2001.

Nas análises do monitoramento da DEICMAR foram encontrados valores de Bifenilas Policloradas totais acima do valor de prevenção, definido pela CETESB (2005), nos sedimentos superficiais do ponto de amostragem P07, com concentração de 69,5  $\mu\text{g/kg}$  acima do valor orientador de prevenção, que neste caso é de 0,30  $\mu\text{g/kg}$ . Assim, foi instalado o poço de monitoramento PM-04 com a finalidade de investigar os resultados de PCB obtidos na campanha anterior. A amostra de solo oriunda do PM-04 também apresentou resultados de PCB totais acima do valor de prevenção para solos: 29, 3  $\text{mg/kg}$ , sendo que o valor de prevenção para solos é de 0,30  $\text{mg/kg}$ . Como não existem aplicações atuais de PCBs nos solos, estas concentrações devem ser provenientes de atividades realizadas no passado.

Nos sedimentos analisados da área da dragagem da BTP e nos sedimento analisados para o EIA dragagem do canal do porto de Santos não foram quantificadas PCBs totais acima do limites de quantificação, ou seja, não foram encontradas amostras com teores acima do Nível 1.

Já nas análises dos sedimentos da Embraport foram encontrados PCBs em todos os pontos dos sedimentos de testemunho, sendo que em 2 pontos amostrais o teor de PCBs ultrapassou o Nível 1 da Resolução 344/04. Nas amostras de sedimento superficial, as análises realizadas pela Embraport quantificou PCB totais em 4 amostras, mas nenhum valor encontrado foi acima do Nível 1. O mesmo ocorreu nos valores de PCBs para os sedimentos analisados pela Brites, os quais estiveram abaixo dos valores de orientação da Resolução CONAMA 344/04.

✓ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH's)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são divididos em dois grupos: os de baixo peso molecular, considerados os compostos com 2 e 3 anéis aromáticos fundidos (antraceno, acenafteno, fluoreno, naftaleno e fenantreno), e os de alto peso molecular com 4, 5 e 6 anéis aromáticos fundidos (pireno, fluoranteno, dibenzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)pireno e criseno) (CETESB, 2001). Os compostos de baixo peso molecular não são carcinogênicos para grande número de organismos marinhos, porém são muito tóxicos, enquanto que os de alto peso molecular são menos tóxicos, mas apresentam alto potencial carcinogênico.

Os PAH's presentes em ambiente aquático são predominantemente de origem antrópica, mas também podem ser oriundos de bactéria e fungos, carvão mineral e petróleo ou de processos naturais, como incêndios florestais e emissões vulcânicas. As fontes significativas de PAH's constituem efluentes industriais e esgotos domésticos, incineração de lixo, derramamentos de petróleo (óleos crus contém 0,2 a 7% de PAHs), produção de asfalto, óleo creosoto e queima de combustíveis fósseis.





Os sedimentos de áreas que recebem efluentes industriais podem apresentar um total de PAHs da ordem de  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$  (ppm) ou mais, enquanto que em regiões sem atividade antrópica, os valores de PAHs estão frequentemente na faixa de ppb ( $\text{g.kg}^{-1}$ ). Na região da Baixada Santista, este poluente tem como fonte provável refinarias de petróleo e siderurgia, queima de queima de combustíveis, atividade industrial, incineração de resíduos sólidos.

Nas análises obtidas pela CETESB (2001), os valores de PAH's totais encontrados nos ambientes costeiros da Baixada Santista indicaram que a área próxima à Cosipa apresenta elevadas concentrações destes poluentes, com níveis de até  $733.700 \text{ g.kg}^{-1}$  (peso seco), o que representa valores muito acima dos encontrados em áreas poluídas (Quadro 5.1.2.7-8). Elevados níveis de PAH's também foram encontrados nos sedimentos da entrada do canal de Bertioga (ponto 7; Figura 5.1.2.7-5), mas com níveis abaixo dos da área da Cosipa. No canal de navegação da Cosipa e do Porto de Santos (pontos 6 e 9, Figura 5.1.2.7-5) os níveis de PAHs são inferiores quando comparados aos locais de lançamento de efluentes industriais da própria Cosipa (ponto 5) e aos locais de deposição natural dos sedimentos contaminados (CETESB, 2001).

A presença de despejos de óleos e outros combustíveis por marinas ou embarcações existentes no rio Santo Amaro (ponto 8, Figura 5.1.2.7-5) pode ser responsável pela presença dos PAH's identificados nesta região, os quais apresentaram valores acima do TEL para o acenafteno e acima do PEL para o acenaftileno.

Na Baixada Santista não existem dados históricos de contaminação por PAHs nas águas, sedimentos ou organismos aquáticos, o que impossibilita a análise em escala temporal desses poluentes (CETESB, 2001).

Nos pontos de amostragem de solo da campanha de 2006 (P0 a P07) realizada para o monitoramento da área do Terminal Portuário da DEICMAR foram quantificados hidrocarbonetos policíclicos aromáticos acima do valor orientador de prevenção, obtido da CETESB, para os parâmetros Benzo(a)antraceno nos pontos P01 e P03 e Naftaleno no ponto de amostragem P05. Com o objetivo de detalhar o ponto P05, foram alocados os pontos de coleta de sedimentos superficiais S-01 a S-03, cujos sedimentos não apresentaram o PAH naftaleno.

As amostras de solo superficiais obtidas na campanha de monitoramento em 2007 apresentaram o antraceno benzo(g,h,i)perileno e indeno(1.2.3-cd)pireno para os pontos S-01 a S-03 e benzo(a)antraceno no ponto S-03. Estes níveis de PAH's quantificados no solo superficial devem ser oriundos de atividades realizadas no passado ou vazamentos pontuais.

Nas amostras de sedimento coletadas na área da dragagem da BTP foi encontrado concentração de PAHs acima do Nível 1, limite definido como adequado pela Resolução 344/04 do CONAMA, para uma amostra de sedimento, localizada a 5 metros de profundidade. Esta concentração pode ter sido originada por uma possível inversão das camadas depositadas de sedimento em função de escorregamento do talude do canal de navegação da Codesp ou por obras próximas ao local (BTP, 2008).

Os PAH's foram encontrados em oito pontos de amostragem de sedimento nas análises realizadas pela Embraport nos sedimentos de testemunho, sendo que Fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno e benzo(a)pireno foram os compostos mais frequentemente encontrados. Nos sedimentos superficiais o único hidrocarboneto policíclico aromático encontrado acima do Nível foi o antraceno em uma amostra.

No Largo de Santa Rita foram identificados nas análises realizadas pela Brites teores de PAHs acima do Nível 1 em 43 amostras. Os parâmetros que se encontraram acima do limite de critério de qualidade foram o acenafteno, criseno, fluoreno, acenaftileno e



benzeno(a)antraceno, além do benzeno(a)pireno e dibenzo(a,h)antraceno, sendo que estes apresentaram altos teores em 18 amostras cada.

Entre os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos analisados nas amostras de sedimento na região do porto de Santos pela dragagem do canal de porto de Santos, alguns dos compostos foram quantificados acima do Nível 1 do CONAMA 344/2004. Entre estes estão os parâmetros dibenzo(a,h)antraceno, fluoreno, acenafteno, benzo(a)antraceno e antraceno. A microrregião que apresentou mais pontos amostrais contaminados pelos PAHs foi Torre Grande-Alemoa. Contudo, estes compostos foram encontrados ao longo de todo o canal.



**Quadro 5.1.2.7-8 Resultados de PAH's para as amostras de sedimento ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) da zona do Estuário de Santos coletadas pela CETESB, 2001.**

Parâmetro	Grupo	AMOSTRAS COLETADAS																	
		5			6			7			8			9			10		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Benzo (a) Antraceno	GRUPO A	18000	13000	52000	130	13	19	220	900	950	43	67	<1	5,6	34	2,9	140	120	10
Benzo (a) Pireno		1800	2700	24000	180	60	35	700	860	1000	36	42	35	13	38	6	210	410	26
Criseno		18000	13000	55000	140	15	20	240	860	860	30	27	<1	4	33	2	110	110	12
Dibenzo (a,h) Antraceno		950	1300	9700	48	16	14	110	180	390	11	24	<1	3,7	7,5	2	90	150	12
Acenafteno	GRUPO B	950	1000	64000	11	2,2	3	34	18	9,2	9,8	8,4	44	<1,0	1,4	0,16	8,2	10	1,2
Acenaftileno		3600	3400	68000	26	13	12	140	180	22	4,6	8,1	160	1,1	5,3	0,64	25	63	5
Antraceno		5400	11000	56000	78	7,9	12	160	170	110	9	8	<1	1,6	11	<1,0	38	31	5,4
Fenatreno		8900	21000	88000	190	23	37	250	380	150	42	39	54	5,8	27	5,4	95	40	9,8
Fluoranteno		26000	27000	94000	300	31	49	340	1200	1100	41	49	64	5,2	68	5,3	110	57	6,8
Fluoreno		1500	4500	80000	34	5,1	9	120	53	16	21	9,6	69	0,48	2	0,38	15	15	<1,0
Naftaleno		2100	860	73000	28	11	<1,0	140	54	15	7,2	<1,0	<1	2,1	<1,0	1,8	18	<1	3,2

Pireno	22000	20000	70000	230	24	36	450	1000	1000	35	47	34	6,4	57	3,5	150	320	87
Somatória de PAH's	109200	118760	733700	1395	221,2	246	2904	5855	5622,2	289,6	195,6	221	27,6	194	20,3	588	692	130

Fonte: CETESB, 2001.



#### ✓ Fontes Poluidoras

As agências ambientais da CETESB realizaram na região de Santos e Cubatão o monitoramento dos efluentes industriais e domésticos produzidos, identificando as principais fontes de poluição hídrica que é drenada para o estuário.

O levantamento da presença e distribuição dos contaminantes químicos no sistema estuarino de Santos e São Vicente envolveu a determinação de parâmetros relativos à poluição de origem industrial (efluentes líquidos, resíduos sólidos e deposição atmosférica) e doméstica (esgoto e lixo), abrangendo também as substâncias químicas armazenadas ou empregadas na atividade portuária e produtos considerados defensivos ou pesticidas (inseticidas, fungicidas, herbicidas), que poderiam atingir o sistema hídrico da Baixada Santista.

Foram identificadas também as fontes poluidoras potenciais existentes na região, que incluem os terminais rodoviários, lixões, aterros sanitários, áreas contaminadas pela disposição inadequada de resíduos tóxicos, estações de tratamentos das águas e esgotos e lançamentos *in natura* de esgotos em canais, rios e mar.

O critério utilizado para enquadrar fontes potenciais de um determinado poluente baseou-se na premissa que o poluente é produzido ou manipulado pela fonte ou está presente como contaminante na matéria prima, nos insumos ou no produto, ou, ainda, é gerado direta ou indiretamente pelo processo produtivo ou sistemas de tratamento (CETESB, 2001; Quadro 5.1.2.7-9).

A maioria das fontes poluidoras identificada apresentou poluentes nos efluentes dentro dos padrões legais de lançamento. Assim, infere-se que os resultados de contaminação do estuário são causados pelo lançamento contínuo de poluentes de diversas fontes no sistema hídrico que deságuam nas águas do estuário e contaminam os sedimentos e organismos aquáticos (CETESB, 2001).

Os dados referentes às fontes de poluição não refletem a situação atual dos efluentes lançados no sistema hídrico, já que algumas fontes não existem mais ou apresentam sistemas de circulação de efluentes que não atingem o estuário. Contudo, o histórico de lançamento dos poluentes no Estuário de Santos permite avaliar a contribuição destes poluentes na contaminação dos sedimentos do estuário, já que estes tendem a acumular os poluentes.

Segundo a CETESB (2001), a poluição de origem industrial constitui a principal fonte de contaminantes químicos para o estuário, não só pela diversidade dos efluentes, mas também pelo volume lançado, que é superior à contribuição de fontes poluidoras provenientes de terminais e outras áreas contaminadas.

O pólo industrial de Cubatão representa a principal fonte de poluentes químicos para os rios de Cubatão, sistema estuarino, baía de Santos e para o ambiente marinho adjacente, pela diversidade e quantidade de substâncias emitidas atualmente e pela contaminação pretérita (passivo ambiental). Nos estudos da CETESB foi identificado que a região da bacia hidrográfica do Rio Cubatão, que inclui o canal da Cosipa, apresenta a maior contribuição de poluentes industriais para o estuário.

As fontes de origem portuária são diversificadas devido à ampla variedade de produtos manipulados nos terminais, especialmente os de granéis líquidos. O potencial de contaminação dessas fontes, salvo em caso de acidentes, é inferior ao das indústrias porque apresentam vazão de efluentes menor.

A contribuição para a poluição das águas e sedimentos pelo lançamento de esgotos domésticos diretamente para o estuário provém do aumento de nutrientes, matéria orgânica e microrganismos, os quais aumentam a eutrofização do ambiente aquático, o



que compromete a qualidade das águas e influencia no aumento da capacidade de contaminação dos sedimentos do estuário (aumento da adsorção de contaminantes pelos sedimentos).

A disposição irregular de resíduos sólidos domésticos constitui outra importante fonte de poluentes para o solo e para as águas superficiais e subterrâneas do sistema estuarino. Estes resíduos podem apresentar poluentes perigosos como mercúrio e metais pesados, presentes em lâmpadas e baterias.

Os lixões são expressivas fontes de poluentes, já que não reduzem a lixiviação de poluentes e não promovem o tratamento do chorume. A decomposição da matéria orgânica contida no lixo também pode contribuir com poluentes tóxicos ao ambiente como cianeto e certos compostos fenólicos, sendo o risco de contaminação tanto maior quanto mais precária for a forma de disposição final do lixo.

Durante mais de 50 anos, existiu, a oeste do Terminal Portuário da DEICMAR, uma área que servia como local de descarte de resíduos provenientes das diversas atividades portuárias locais, denominada Lixão do Alemoa. Atualmente esta área é ocupada pela Brasil Terminal Portuário-BTP.

A contribuição de poluentes para o sistema hídrico ocorre também a partir da deposição atmosférica, que pode constituir uma das principais formas de contaminação do ambiente aquático por poluentes como PCBs, PAHs, dioxinas e furanos, gerados por processos de combustão das indústrias e, muitas vezes, ausentes dos efluentes líquidos. A contribuição de poluição por intermédio de partículas e substâncias dissolvidas nas águas também pode ocorrer a partir da drenagem superficial de grandes pátios de estocagem de matérias primas e produtos a céu aberto, como ocorre nas indústrias de fertilizantes e na Cosipa.

A disposição final de material dragado para viabilizar a navegação e a construção de aterros e outros empreendimentos no Porto de Santos é uma forma indireta de contaminação dos ecossistemas estuarinos e marinhos por poluentes de origem industrial, portuária e doméstica. Isso ocorre devido à contaminação contínua dos sedimentos do estuário por efluentes domésticos e industriais, sendo que a sua retirada acaba distribuindo poluentes para outras áreas. Assim, o monitoramento da área controle próxima ao local de disposição final dos sedimentos dragados no canal do Porto de Santos é imprescindível para a avaliação da contaminação das águas e organismos aquáticos próximos à área de descarte.

As principais formas de entrada das substâncias químicas no sistema estuarino de Santos e São Vicente e na zona marinha adjacente são por intermédio da água de escoamento superficial, pelo lançamento de efluentes líquidos industriais, portuários e domésticos, por vazamentos e acidentes ambientais, por deposição atmosférica de poluentes, pela disposição inadequada de resíduos sólidos domésticos e industriais em diversos locais das bacias de contribuição, contaminando as águas superficiais e subterrâneas e consequentemente os sedimentos do estuário, e através do lançamento de sedimentos contaminados resultante da atividade de dragagem nos canais portuários.

a poluição observada na região resulta, em geral, de um conjunto de fontes que, isoladamente, podem não representar riscos ao ambiente. Considerando que o monitoramento da qualidade dos efluentes não é contínuo, sendo realizado por amostragens mensais a anuais ou mesmo esporádicas (de acordo com a priorização da fonte), entende-se que a detecção do poluente, desde que devidamente comprovada, é suficiente para o enquadramento da fonte como potencialmente poluidora.

A área de instalação da DEICMAR foi alvo de contaminação decorrente de vazamentos de petróleo e derivados até a década de 1980, época que a área era de responsabilidade da Companhia Docas de Santos. A medida tomada pela Companhia Docas de Santos, em



relação a estes vazamentos, foi a instalação de barreiras de contenção e a remoção do material derramado, mas alguns resíduos acabaram infiltrando no solo, já que na época a área não era impermeabilizada.

A empresa DEICMAR assumiu a área na década de 1980 e realizou parte do aterramento com solo argiloso, areia e entulho de construção, sendo que na mesma década a área foi pavimentada e atualmente grande parte da área encontra-se impermeabilizada com asfalto. Atualmente, não ocorrem operações com produtos químicos na área da Deicmar/IPA.



**Quadro 5.1.2.7-9 Localização dos pontos de amostragem, principais fontes de poluição e número de amostras coletadas para o levantamento da contaminação dos sedimentos e águas do Estuário de Santos e São Vicente no estudo realizado pela CETESB, 2001.**

Indústria	Produção Principal	Fósforo	Nitrogênio	Cianeto	Fluoreto	Fenóis	Solventes Aromáticos	Solventes Halogenados	Organoclorados Aromáticos e Pesticidas	Organoclorados	Carbonatos	Arsênio	Metais Pesados							
													Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercúrio	Níquel	Zinco
Alba <sup>1</sup>	Resinas, formol		A			D									D					
Carbocloro	Cloro, soda, EDC					D		B							D		D	D		
CBE	Estireno		E			D	A								E	D	E	D		
Cia. Santista de Papel	Papel					D							D		D	D	D	D		
CIEL	Coque verde														*		*	*		
Columbia	Negro de fumo																			
Copebrás	Ácido fosfórico, Fertilizantes(P)	D	A		D										E		E	E		
Cosipa	Aços		D	D	D	D	B					B	E	E	D	A	D	E	D	D
Dow Química	Latex, polióis, poliestireno		D	E	D	B	A	A				E	D	D	D	E	D	D	D	D
IFC	Fertilizantes (mistura)	A	A		B															



Indústria	Produção Principal	Fósforo	Nitrogênio	Cianeto	Fluoreto	Fenóis	Solventes Aromáticos	Solventes Halogenados	Organoclorados Aromáticos	Pesticidas Organoclorados	Carbonatos	Arsênio	Metais Pesados							
													Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Manganês	Mercurio	Níquel	Zinco
Manah <sup>2</sup>	Fertilizantes (P)	<b>D</b>	<b>D</b>		<b>D</b>															
Petrobrás.RPBC	Derivados de petróleo		<b>D</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>						<b>E</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>D</b>		<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
Petrocoque	Coque verde		<b>E</b>			<b>D</b>						<b>E</b>				<b>E</b>	<b>D</b>		<b>D</b>	<b>D</b>
Rhodia – Agro <sup>2</sup>	Pesticidas carbamatos										<b>A</b>									
Rhodia – UQC	Organoclorados					<b>D</b>		<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>										
Serrana	Fertilizantes (N, P)	<b>A</b>	<b>A</b>		<b>B</b>															
Solorrico	Fertilizantes (N, P)	<b>D</b>	<b>D</b>		<b>D</b>								<b>D</b>							
Ultrafertil – CB	Fertilizantes (N)	<b>D</b>	<b>D</b>		<b>D</b>	<b>D</b>						<b>E</b>		<b>D</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>		<b>D</b>	<b>D</b>
Ultrafertil – PG	Fertilizantes (N, P)	<b>D</b>	<b>D</b>		<b>D</b>															
Union Carbide	Polietileno				<b>D</b>	<b>B</b>					<b>D</b>						<b>A</b>			<b>D</b>

<sup>1</sup>Indústrias paralisadas; <sup>2</sup>Indústrias com circuito fechado de efluentes líquidos; \*Contaminante presente na matéria prima / produto. **A.** O poluente constitui matéria prima, produto ou insumo do processo produtivo. **B.** O poluente é resíduo (líquido ou sólido) obrigatório do processo produtivo. **D.** O poluente foi verificado em análises químicas dos efluentes (mesmo dentro dos padrões legais) – entre 1979 e 1999. **E.** O poluente foi verificado em análises químicas dos efluentes cujo resultados apresentaram valores menor que (<).





#### ✓ Caracterização Físico-Química dos Sedimentos da ADA

Com o objetivo de caracterizar a contaminação dos sedimentos da Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento foi realizada a caracterização química dos sedimentos superficiais dispostos na área de mangue entre o Terminal Portuário DEICMAR e a área a ser dragada. Foram analisados sedimentos de solo superficial de três pontos de coleta (Figura 5.1.2.7-10).

Apesar dos sedimentos coletados na área da ADA serem superficiais e não provenientes de dragagem, a descrição de suas características geoquímicas e granulométricas foram realizadas considerando os parâmetros das tabelas II, II e IV do ANEXO 2 da Resolução CONAMA nº 344/04. Assim, as análises químicas para os sedimentos coletados foram obtidas para os seguintes parâmetros:

- ✓ Metais e semi-metais:
- ✓ Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco;
- ✓ Pesticidas Organoclorados (POC);
- ✓ Bifenilas Policloradas (PCBs Totais);
- ✓ Nutrientes:
- ✓ Nitrogênio Kjeldahl Total e Fósforo Total;
- ✓ Carbono Orgânico Total;
- ✓ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs):
- ✓ Benzeno(a)antraceno, benzeno(a)pireno, criseno, dibenzeno (a,h)antraceno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metinaftaleno, naftaleno, pireno;
- ✓ Granulometria.

Os laudos analíticos das análises físico-químicas estão apresentados no anexo IX.

Os resultados das análises foram comparados com os estudos desenvolvidos pela CETESB em 2001 no estuário, os estudos de monitoramento da área do Terminal Portuário da DEICMAR realizado pela CPEA e os estudo da BTP, os quais mostram que os sedimentos da Área de Influência Direta (AID) do empreendimento apresentam níveis de poluição, especialmente para os parâmetros mercúrio e arsênio.

As amostras de sedimento foram coletadas no dia 27 de junho de 2011 (Quadro 5.1.2.7-10) e sua respectiva localização encontra-se descrita no Quadro 5.1.2.7-11.



Figura 5.1.2.7-10 Localização dos pontos de coleta dos sedimentos do mangue.



**Quadro 5.1.2.7-10 Identificação das amostras de sedimento.**

Ponto Amostral	Identificação	Data	Horário da Coleta
Sedimento 01	S-01	27/6/2011	15:20
Sedimento 02	S-02	27/6/2011	16:05
Sedimento 03	S-03	27/6/2011	15:50

**Quadro 5.1.2.7-11 Coordenadas UTM dos pontos amostrais (Datum: SAD69).**

Ponto Amostral	Zona	Coordenadas (UTM)	
		Leste (E)	Norte (N)
S01	23Sul	362919,00	7353413,00
S02	23Sul	363024,00	7353558,00
S03	23Sul	363206,00	7353642,00

✓ Granulometria

Os resultados obtidos na avaliação da granulometria dos sedimentos coletados no mangue da Área Diretamente Afetada (ADA) são apresentados nos quadros 5.1.2.7-12, 5.1.2.7-13 e 5.1.2.7-14 abaixo.

**Quadro 5.1.2.7-12 Composição Granulométrica para a amostra S-01.**

Sedimento 01					
Granulometria (mm)	Massa (g)	Porcentagem (%)	$\phi^*$	Classe do Material	
> 2,0	-	-	-6 a -1	Seixos e grânulos	6.83%
2,0 a 1,0	16.352	9.47	-1 a 0	Areia	63.83%
1,0 a 0,5	20.1036	11.65	0 a 1		
0,5 a 0,25	25.3308	14.68	1 a 2		
0,25 a 0,125	27.6468	16.02	2 a 3		
0,125 a 0,063	20.7437	12.02	3 a 4		
0,063 a 0,031	16.11	9.33	4 a 5	Silte	26.81%
0,031 a 0,016	11.385	6.6	5 a 6		
0,016 a 0,008	10.49	6.08	6 a 7		
0,008 a 0,004	8.29	4.8	7 a 8		
<0,004	10.815	6.27	>8	Argila	6.27%
Total:	179.0619	103.74	*	Total	103.74

\*Phi ( $\phi$ ) corresponde à unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento.



**Quadro 5.1.2.7-13 Composição Granulométrica para a amostra S-02.**

<b>Sedimento 02</b>					
Granulometria (mm)	Massa (g)	Porcentagem (%)	$\phi^*$	Classe do Material	
> 2,0	-	-	-6 a -1	Seixos e grânulos	3.70%
2,0 a 1,0	6.7268	3.38	-1 a 0	Areia	68.34%
1,0 a 0,5	10.7488	5.4	0 a 1		
0,5 a 0,25	18.5507	9.31	1 a 2		
0,25 a 0,125	27.8767	13	2 a 3		
0,125 a 0,063	72.2468	36.27	3 a 4		
0,063 a 0,031	18.545	9.31	4 a 5	Silte	25.58%
0,031 a 0,016	13.955	7.01	5 a 6		
0,016 a 0,008	11.815	5.93	6 a 7		
0,008 a 0,004	6.635	3.33	7 a 8		
<0,004	13.59	6.82	>8	Argila	6.82%
Total:	208.0592	104.44	*	Total	104.44

\*Phi ( $\phi$ ) corresponde à unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento.

**Quadro 5.1.2.7-14 Composição Granulométrica para a amostra S-03.**

<b>Sedimento 03</b>					
Granulometria (mm)	Massa (g)	Porcentagem (%)	$\phi^*$	Classe do Material	
> 2,0	-	-	6 a 1	Seixos e grânulos	5.62%
2,0 a 1,0	12.9458	9.51	-1 a 0	Areia	82.32%
1,0 a 0,5	20.27	14.9	0 a 1		
0,5 a 0,25	24.8977	18.3	1 a 2		
0,25 a 0,125	29.2949	21.53	2 a 3		
0,125 a 0,063	24.6091	18.08	3 a 4		
0,063 a 0,031	8.68	6.38	4 a 5	Silte	13.42%
0,031 a 0,016	4.12	3.03	5 a 6		
0,016 a 0,008	3.375	2.48	6 a 7		
0,008 a 0,004	2.09	1.54	7 a 8		
<0,004	3.29	2.42	>8	Argila	2.42%
Total:	1.412.214	103.78	*	Total	103.78

\*Phi ( $\phi$ ) corresponde à unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento.

As frações granulométricas dos sedimentos apresentadas caracterizam os sedimentos amostrados como arenosos, já que todas as amostras apresentam mais que 60% dos grãos com granulometria de areia e a somatória do material representativo de silte e argila não ultrapassa 35%. Esta classificação baseou-se na classificação granulométrica da Escala Granulométrica de Wentworth, 1922.

A contaminação dos sedimentos por poluentes ocorre preferencialmente nas frações finas dos sedimentos (Förstner & Salomons, 1980), representados pela granulometria silte e argila, que são predominantes nos solos de manguezais. Contudo, os solos de manguezais do Estado de São Paulo são caracterizados como arenosos com pouca argila



e quantidade de silte variável (Rossi, 2002), o que está de acordo com os resultados obtidos nas análises do sedimento da ADA.

Assim, a capacidade dos sedimentos analisados de agregar contaminantes é menor, já que a adsorção diminui com o aumento das partículas. Entretanto, apesar da textura arenosa dos sedimentos, a presença do mineral illita e de matéria orgânica pode aumentar a capacidade de adsorção de contaminantes pelos sedimentos, permitindo a retenção de material poluente e favorecendo a fixação de minerais pesados, como chumbo, zinco, cobre e níquel, como o sugerido por Fortunato (2009) para a área da Alemoa, atual BTP-Brasil Terminal Portuário, localizada a oeste da área do Terminal Portuário da DEICMAR, nas margens oposta do Rio Saboó.

✓ Metais

O quadro abaixo apresenta os resultados para a análise da concentração de metais nos sedimentos superficiais para os três pontos de coleta:

**Quadro 5.1.2.7-15 Resultados obtidos na ADA para as análises de metais (mg/kg).**

Parâmetro	S-01	S-02	S-03	Nível 1	Nível 2
Arsênio	nd	3	11	8.2	70
Cádmio	nd	0.1	nd	1.2	9.6
Chumbo	23	163	20	46.7	218
Cobre	nd	45	9.4	34	270
Cromo	11	20	18	81	370
Mercúrio	nd	nd	nd	0.15	0.71
Níquel	15	14	7.7	20.9	51.6
Zinco	89	227	94	150	410

As análises químicas dos sedimentos superficiais da área do mangue não demonstraram a presença de metais poluentes com teores que superam os aceitados pelo Ibama, ou seja, teores acima do Nível 2, para os quais são previstos prováveis impactos adversos à biota.

Níveis de cromo e níquel inferiores ao Nível 1 da Resolução CONAMA 344/04, para os quais é prevista baixa probabilidade de efeitos adversos à biota, foram encontrados em todas as amostras de sedimentos, enquanto que o mercúrio não foi detectado em nenhuma amostra e o cádmio só foi detectado na amostra S-02, em baixa concentração (0.1 mg/kg < Nível 1).

Os elementos metálicos zinco, cobre e chumbo apresentaram valores acima do Nível 1 na amostra de sedimento S-02 e abaixo do Nível 1 na amostra S-03.

A amostra de sedimento S-01 apresentou teores dos elementos chumbo, cromo, níquel e zinco abaixo do Nível 1, enquanto que os outros metais analisados não foram detectados.

O arsênio constitui elemento com ampla distribuição na superfície terrestre ocorrendo na maioria das rochas com concentrações entre 2 a 5  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , podendo atingir 13  $\mu\text{g.g}^{-1}$ . Este elemento não foi detectado na amostra de sedimento S-01, sendo detectado na amostra S-02 abaixo do Nível 1 e na amostra S-03 apresentou teores de arsênio acima do Nível 1, o qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.



✓ Bifenilas Policloradas (PCBs)

O Quadro 5.1.2.7-16 apresenta o resultado para as bifenilas policloradas (PCB).

**Quadro 5.1.2.7-16 Resultados obtidos para as análises do sedimento para Bifenilas Policloradas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).**

Parâmetro	S-01	S-02	S-03	Nível 1	Nível 2
PCB's	nd	nd	nd	22.7	180

Os PCB's totais não foram detectados nas análises dos sedimentos superficiais dos pontos amostrados.

✓ Nutrientes (Parâmetros Não-Metálicos)

O enriquecimento natural por nitrogênio e fósforo (eutrofização) em estuários tem como consequência o aumento da produção de matéria orgânica, a qual adsorve metais pesados formando complexos organometálicos. Quando esses metais são tóxicos, auxiliam a contaminação dos sedimentos do estuário.

No quadro abaixo são apresentados os resultados das análises de nitrorrogênio Kjeldahl, fósforos totais e carbono orgânico total.

**Quadro 5.1.2.7-17 Resultados obtidos para as análises do sedimento para nitrogênio Kjeldahl total ( $\text{mg}/\text{kg}$ ), fósforo total ( $\text{mg}/\text{kg}$ ) e carbono orgânico total (%).**

Parâmetro	S-01	S-02	S-03	Valor de Alerta
Fósforo Total	2856	1597	607	2.000
Nitrogênio Kjeldahl Total	554	3020	1819	4.800
Carbono Orgânico Total	0,3	2,13	4,5	10

Os níveis de nutrientes, nitrogênio e fósforo, encontram-se em concentrações inferiores aos níveis de alerta previstos na Resolução 344/00 para as amostras de sedimento S-02 e S-03. A amostra S-01 apresentou valores de fósforo total acima do valor de alerta, mas a análise do nitrorrogênio Kjeldahl total apresentou nível bem abaixo do valor de alerta.

Níveis de carbono orgânico total abaixo do Nível 1 foram encontrados para todas as amostras de sedimentos coletadas no mangue.

✓ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH)

Os PAH são divididos em dois grupos principais, segundo a resolução do CONAMA 344/04: grupo A e grupo B. No primeiro grupo estão inseridos os compostos prioritários e característicos de maior preocupação em relação à presença de valores acima do aceitável.

Estes compostos são importantes de serem determinados em ambientes marinhos e estuarinos, pois apresentam potencial carcinogênico, mutagênico e teratogênico tanto para organismos aquáticos como para o homem.

No Quadro 5.1.2.7-18 são apresentados os resultados das análises para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH) obtidos nas análises dos sedimentos da ADA.

**Quadro 5.1.2.7-18 Resultados de PAHs para as amostras de sedimento (µg/kg).**

Parâmetro	Grupo	S-01	S-02	S-03	Nível 1	Nível 2
Benzo (a) Antraceno	<b>GRUPO A</b>	nd	92	52	74.8	693
Benzo (a) Pireno		nd	72	39	88.8	763
Criseno		nd	153	71	108	846
Dibenzo (a,h) Antraceno		nd	nd	nd	6.22	135
Acenafteno	<b>GRUPO B</b>	nd	nd	5.6	16	500
Acenaftileno		nd	nd	nd	44	640
Antraceno		nd	nd	16	85.3	1100
Fenatreno		8.8	94	69	240	1500
Fluoranteno		23	170	132	600	5100
Fluoreno		nd	nd	nd	19	540
2-Metilnaftaleno		nd	38	nd	70	670
Naftaleno		nd	9.9	nd	160	2100
Pireno		21	156	108	665	2600
Somatória de PAH's		53	785	493	3000	

A amostra S-01 apresentou teores de PAH's em 4 parâmetros, enquanto que as amostras S-02 e S-03 apresentaram teores detectáveis em 9 parâmetros cada uma, sendo que nenhum valor apresentado foi superior ao Nível 1 da Resolução CONAMA 344/04, ou seja, a concentração de PAHs não é prejudicial à biota. Os hidrocarbonetos detectáveis nas três amostras foram o fenatreno, fluoranteno e pireno, enquanto que o benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno, acenafteno, 2-metilnaftaleno e naftaleno apareceram em duas ou uma amostra.

✓ Pesticidas Organoclorados – POC

O Quadro 5.1.2.7-19 apresenta o resultado para as bifenilas policloradas.

**Quadro 5.1.2.7-19 Resultados de POC para os sedimentos (g/kg).**

Parâmetro	S-01	S-02	S-03	Nível 1	Nível 2
alfa - BHC	nd	nd	nd	0.32	0.99
beta - BHC	nd	nd	nd	0.32	0.99
delta - BHC	nd	nd	nd	0.32	0.99
gama - BHC (lindano)	nd	nd	nd	0.32	0.99
alfa - Clordano	nd	nd	nd	2.26	4.79
gama - Clordano	nd	nd	nd	2.26	4.79
4,4 - DDD	nd	nd	nd	1.22	7.81
4,4 - DDE	nd	nd	nd	2.07	374
4,4 - DDT	nd	nd	nd	1.19	4.77
Dioldrin	nd	nd	nd	0.71	4.3
Endrin	nd	nd	nd	2.67	62.4

As análises para os Pesticidas Organoclorados (POCs) não apresentaram valores acima dos níveis de detecção do método analítico para todos os parâmetros analisados.

✓ Comparação entre a Qualidade dos Sedimentos



O quadro abaixo contém os valores encontrados para as amostras de sedimento superficiais da BTP, as amostras de sedimento analisadas pela CETESB incluídas no relatório de 2001 e as amostras de sedimento da ADA deste estudo para os parâmetros metais, pesticida organoclorado e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs).

Os sedimentos presentes na Área Diretamente Afetada (ADA) do empreendimento apresentam valores das análises químicas dos sedimentos superficiais similares aos encontrados nos estudos da BTP e da CETESB.

Dentre os parâmetros analisados, o chumbo, fenatreno e naftaleno apresentaram valores superiores àqueles encontrados nos sedimentos da área da BTP, mas estão em conformidade com os teores encontrados pelo estudo da CETESB, enquanto que o criseno apresentou valores superiores ao apresentado pela CETESB, mas dentro do limite máximo deste parâmetro nos sedimento da BTP.

**Quadro 5.1.2.7-20 Resultados de POC para os sedimentos (g/kg)**

Parâmetro	BTP		CETESB, 2001	DEICMAR, 2011	CONAMA 344/04	
	Média	Máximo		Máximo	Nível 1	Nível 2
<b>METAIS E SEMI-METAIS (mg/kg)</b>						
Arsênio	5,30	13,57	9,5 a 18	11	8,2	70
Cádmio	<0,83	<0,83	<0,05 a 1,7	0,1	1,2	9,6
Chumbo	27,36	55,20	26 a 295	163	46,7	218
Cobre	25,07	53,00	0,41 a 100	45	34	270
Cromo	27,76	39,31	6,2 a 70	20	81	370
Mercúrio	0,40	0,94	0,021 a 0,85	nd	0,15	0,71
Níquel	10,56	15,00	0,91 a 34	15	20,9	51,6
Zinco	126,72	266,0	15,5 a 957	227	150	410
<b>PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (g/kg)</b>						
alfa - BHC	<0,33	<0,33	<1	nd	0.32	0.99
beta - BHC	<0,33	<0,33	<1	nd	0.32	0.99
delta - BHC	<0,33	<0,33	<1	nd	0.32	0.99
gama - BHC (lindano)	<0,33	<0,33	<1	nd	0.32	0.99
alfa - Clordano	<0,33	<0,33	<1	nd	2.26	4.79
gama - Clordano	<0,33	<0,33	<1	nd	2.26	4.79
4,4 - DDD	<0,33	<0,33	<1	nd	1.22	7.81
4,4 - DDE	<0,33	<0,33	<1	nd	2.07	374
4,4 - DDT	<0,33	<0,33	<1	nd	1.19	4.77
Dieldrin	<0,33	<0,33	<1	nd	0.71	4.3
Endrin	<0,33	<0,33	<1	nd	2.67	62.4
<b>HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (PAH)</b>						
Benzo (a) Antraceno	31,9	212	13 a 130	92	74.8	693
Benzo (a) Pireno	56	420	35 a 180	72	88.8	763
Criseno	35,3	233	15 a 140	153	108	846
Dibenzo (a,h) Antraceno	17,6	176	14 a 48	nd	6.22	135
Acenafteno	<5,7	<5,7	2 a 11	5,6	16	500
Acenaftileno	35,6	147,0	12 a 26	nd	44	640
Antraceno	25,4	68,0	12 a 78	16	85.3	1100
Fenatreno	25,6	46,4	-	94	240	1500
Fluoranteno	103,18	401,0	31 a 300	170	600	5100
Fluoreno	3,6	22,0	5,1 a 34	nd	19	540
2-Metilnaftaleno	<50,7	<50,7	-	38	70	670





Naftaleno	<5,7	<5,7	<1 a 28	9,9	160	2100
Pireno	100,2	498,0	24 a 230	156	665	2600

- Caracterização dos Sedimentos de Dragagem
- ✓ Aspectos Legais

Os aspectos legais das atividades de dragagem em águas jurisdicionais brasileiras norteiam os procedimentos de autorização, de avaliação e das alternativas da disposição final do material dragado, constituindo importante aspecto para o gerenciamento dessa atividade.

Em 1982, o Congresso Nacional aprovou, pelo Decreto nº 87.566, o texto da Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias, concluída em Londres, em 29 de dezembro de 1972. A Convenção de Londres de 1972 (*London Convention 1972- LC 72*) foi aderida pelo governo brasileiro em 26 de julho de 1982, mediante a deposição da Carta de Adesão à Convenção, e entrou em vigor no dia 25 de agosto de 1982. As diretrizes gerais dessa convenção regulamentam a disposição de dejetos no mar no mundo, com objetivo de prever, reduzir e, onde possível, eliminar a poluição causada pela disposição de dejetos no mar.

A legislação brasileira aborda a questão da dragagem e a disposição final do material dragado em ambiente marinho e estuarino na NORMAN 11/DPC (norma da Marinha do Brasil), a qual estabelece as "Normas da Autoridade Marítima para Obras, Pesquisa e Lavra de Minerais Sob, Sobre e às Margens das Águas Jurisdicionais Brasileiras". Esta norma foi aprovada pela Portaria nº 109/DPC, de 16 de dezembro de 2003 (que cancela a Portaria nº 52/DPC, de 04 de setembro de 2001), e pelo Decreto nº 87.566, de 16 de setembro de 1982, que promulga o texto da LC 72.

Por intermédio da NORMAN 11 é estabelecido o procedimento para a solicitação de parecer para realização de obras sob, sobre e às margens das águas jurisdicionais brasileiras; estabelecem-se as normas e os procedimentos para padronizar a autorização para as atividades de dragagem e de emissão de parecer atinente a aterros, em águas jurisdicionais brasileiras; e esclarece que a autorização para a dragagem está vinculada à obtenção, pelo interessado, do respectivo licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente.

No Decreto 87.566, o qual promulga a Convenção de Londres de 1972, no ANEXO 1 estão enumeradas as substâncias e resíduos não permitidos para alijamentos, como compostos orgânicos halogenados, mercúrio e compostos de mercúrio, cádmio e compostos de cádmio, plásticos persistentes, petróleo cru, óleo combustível, óleo diesel pesado, fluidos hidráulicos, lubrificantes e resíduos radioativos; e menciona o material de dragagem:

*"O presente Anexo não se aplicará a resíduos ou outras substâncias, por exemplo, à lama de águas residuais e entulhos de dragagens que contenham as substâncias (...), como vestígios de contaminantes. Tais resíduos estarão sujeitos às disposições do Anexo 2 ou 3."*

O anexo 2 do Decreto 87.566 numera os materiais e substâncias que requerem especial atenção prévia para seu alijamento, como resíduos com quantidades consideráveis de arsênio, chumbo, cobre, zinco, cianuretos, fluoretos, pesticidas, e ácidos e álcalis com presença de berílio, cromo, níquel e vanádio, enquanto que o ANEXO 3 do mesmo decreto trata dos fatores que deverão ser examinados ao estabelecer critérios que regulem a concessão de permissões para o alijamento de substâncias no mar, como características e composição da substância e característica do local de lançamento e método de depósito.



Assim, o critério para definir restrições ao alijamento de material de dragagem baseia-se nas concentrações dos contaminantes referidos nos anexos do Decreto 87.566, já que a LC 72 não apresenta definição específica a cerca das quantidades consideráveis de contaminante ou dos vestígios de contaminante, ambos os termos referidos no decreto citado.

O Protocolo de 1996 aprimora a Convenção de Londres, definindo regras para o descarte intencional de resíduos no mar com revisão e atualização da LC 72, na forma de resoluções complementares. Este Protocolo entrou em vigor no dia 24 de março de 1996, após a adesão pelo México, o 26º país a aderir o Protocolo e a partir do qual o Protocolo passou a ter número suficiente de países para entrar em vigor.

A adesão do Brasil ao Protocolo de 1996 permitiu que o país tivesse mais instrumentos para que órgãos, como IBAMA ou secretarias estaduais de meio ambiente, exerçam fiscalização efetiva no processo de dragagem. O Ministério do Meio Ambiente considera a adesão brasileira ao Protocolo de importante para o fortalecimento da legislação brasileira que trata da prevenção, do controle e da fiscalização da poluição das águas jurisdicionais brasileiras.

O Anexo 1 do Protocolo de 1996 trata de resíduos e outros materiais que podem ser considerados para disposição marinha, incluindo o material de dragagem. Diretrizes específicas para tratar a questão da dragagem já estavam sendo discutidas desde 1986, ano que ocorreu a 10ª Reunião Consultiva da LC 72 e que resultou no "Guidelines for the Application of the Annexes to the Disposal of Dredged Material". Na 18ª Reunião Consultiva da LC 72, realiza em dezembro de 1995, foi adotado o "escopo para avaliação de material de dragagem" (*Dredged Material Assessment Framework*) por intermédio da Resolução LC 52 (18). Após esta reunião, o escopo foi revisado nos anos 1997 e 2000, sendo que neste último, durante a 22ª Reunião consultiva da LC 72, foram adotadas as "Diretrizes para a avaliação de material de dragagem", as quais substituíram o escopo proposto em 1995.

A diretriz de 2000, ilustrada no fluxograma da Figura 5.1.2.7-11, estabelece a metodologia para a avaliação e a tomada de decisão quanto a disposição do material de dragagem (área de dragagem). Destaca-se a etapa da caracterização do material dragado, que representa o principal foco da Resolução CONAMA 344/04.

Em 25 de março 2004 o CONAMA aprovou a resolução 344/04 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, visando o gerenciamento de sua disposição que segue todos os preceitos da LC 72 e suas emendas. Esta resolução objetivou a contenção do descarte de poluentes, que acabam levando para o mar metais pesados, com efeito extremamente prejudicial na cadeia alimentar.

O Artigo 3º da Resolução 344/04 define critérios de qualidade, a partir de dois níveis, para a classificação do material a ser dragado:

- ✓ Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.
- ✓ Nível 2: limiar acima do qual prevê-se provável efeito adverso à biota.

Os critérios de qualidade fundamentam-se na comparação dos resultados da caracterização do material a ser dragado com os valores orientadores previstos na tabela III do anexo 2 da Resolução 344/04.

- ✓ Volume e Localização da Área Dragada

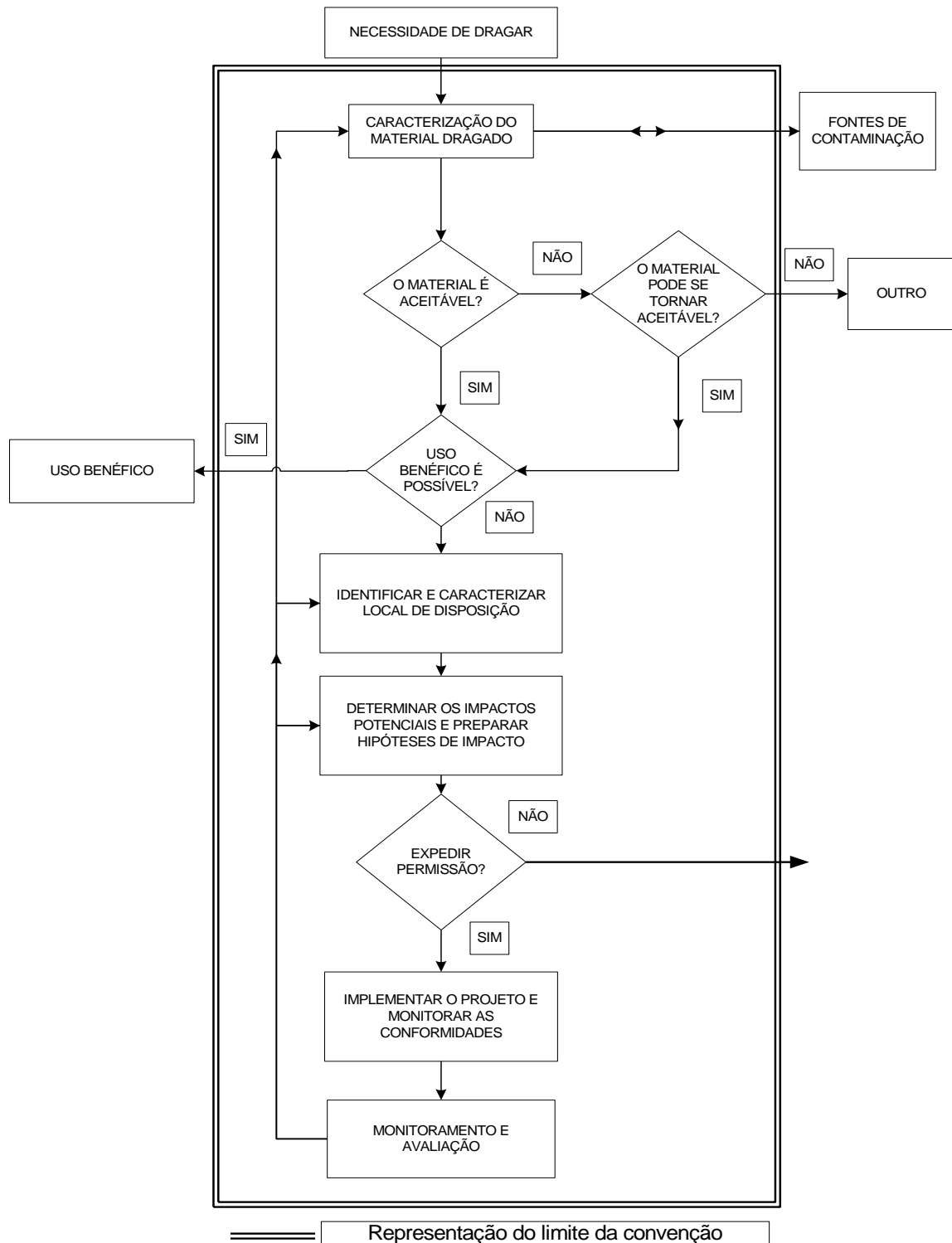
A localização da área de dragagem está representada na Figura 5.1.2.7-12



A estimativa do volume da dragagem para a implantação do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR é de 1.328.594,70 metros cúbicos, com profundidade estabelecida de 13 metros. Não haverá necessidade de derrocamentos e nem de aterros, já que o levantamento batimétrico na área do terminal não identificou a presença de bancos arenosos ou fundo rochosos na área, conforme anexo VI (batimetria).

A execução da dragagem será por intermédio de dragas auto-transportadoras, a qual apresenta dispositivo para a retirada do material mediante sistemas de pás rotativas que efetuam a escavação do solo e a deposição do material nas cisternas da própria embarcação. No momento em que as cisternas atingem a capacidade máxima, a draga se dirige à área de descarte e lança o material dragado no fundo do mar.

**Figura 5.1.2.7-11 Metodologia a respeito da destinação do material da dragagem (área de descarte)**



Fonte: Adaptado de IMO-2002-*Specific Guidelines for Assessment of Dredged Material*).



Figura 5.1.2.7-12 Localização da área a ser dragada.



#### ✓ Localização e Caracterização da Área de Descarte

A disposição final do material dragado, ou seja, a área de descarte será a mesma utilizada para os sedimentos dragados no empreendimento "Dragagem de Aprofundamento do Canal de Navegação e Bacias de Evolução do Porto Organizado de Santos" realizado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP.

Nesta dragagem de aprofundamento, realizada com o intuito de permitir a movimentação de embarcações de maior calado, foi realizado estudo para estabelecer novas áreas de disposição oceânica como suporte ao grande volume de sedimento dragado. Assim, três empresas do Porto de Santos responsáveis por terminais privados existentes (COSIPA e FOSFERTIL) e em implantação (EMBRAPORT) se uniram à CODESP e realizaram a contratação dos estudos necessários ao estabelecimento de novas áreas de disposição oceânica de material dragado e de diretrizes de uso e monitoramento dessas áreas.

Os estudos realizados para estabelecer as novas áreas de descarte utilizaram os princípios de que os impactos decorrentes devem ser avaliados a partir da análise da qualidade e quantidade do material, das condições oceanográficas do local escolhido, especialmente o comportamento das correntes marinhas, sua capacidade de transporte dos sedimentos e as características físicas e químicas do fundo oceânico, além da análise da susceptibilidade da biota aquática aos efeitos físicos, químicos e eco-toxicológicos decorrentes da disposição de sedimentos dragados.

A região de estudo selecionada para a determinação de novas áreas de descarte de material dragado com base nos critérios estabelecidos encontra-se ilustrada na Figura 5.1.2.7-13. A área de descarte anteriormente utilizada, utilizada desde 1996 sem restrições de caráter ambiental, também foi inserida na área de estudo (Figura 5.1.2.7-13).

A área controle está situada no local mais próximo da futura área de disposição dentro do limite da zona de amortecimento do parque marinho. Esta área foi selecionada por apresentar condições similares à da área escolhida para estudo, por não ter sofrido a influência da área de disposição oceânica utilizada anteriormente e para servir como monitoramento de eventuais riscos de influência da área de disposição sobre o Parque da Laje de Santos, distante 10 km da área controle. Esse monitoramento e controle apresentam fundamental importância já que o lançamento no mar, de sedimentos dragados, pode impactar áreas que extrapolam àquelas autorizadas para a disposição do material dragado, devido ao carreamento dos sedimentos e/ou poluentes pelas correntes marinhas.

Como resultado dos estudos realizados foi identificada uma área como a mais propícia para receber os sedimentos provenientes da dragagem do estuário de Santos (Figura 5.1.2.7-13). Esta área será utilizada como área de disposição final dos sedimentos dragado no empreendimento da Implantação do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR e é delimitada pelas coordenadas geográficas:

**Quadro 5.1.2.7-21 Coordenadas Geográficas**

Ponto 01	7.334.000 mN x 358.000 mE;
Ponto 02	7.330.000 mN x 358.000 mE;
Ponto 03	7.330.000 mN x 368.000 mE;
Ponto 04	7.334.000 mN x 368.000 mE.

A partir da definição da nova área, foi realizado plano de disposição oceânica de materiais dragados visando à mitigação de eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho. Neste plano foi estabelecido o Polígono de Disposição Oceânica – PDO que apresenta formato retangular medindo 4 km por 10 km com uma área total de cerca



de 40 km<sup>2</sup> e localizado na porção sul da área originalmente selecionada para estudo (Figuras 5.1.2.7-13 e 5.1.2.7-14).

O Polígono de Disposição Oceânica é composto por 10 quadrículas com 2,0 km de lado destinadas à disposição de materiais dragados na região do Porto de Santos (Figura 5.1.2.7-14), em regime de rodízio quando verificada o risco de saturação da quadrícula. As quadrículas são identificadas pelo número sequencial precedido da letra "Q" e cada quadrícula é dividida em quatro quadrantes de 1 km de lado, os quais apresentam as denominações Q-A, Q-B, Q-C e Q-D, no sentido horário (Figura 5.1.2.7-13). O PDO foi zoneado em dois setores com base na capacidade de transporte e na qualidade dos sedimentos (Figura 5.1.2.7-13):

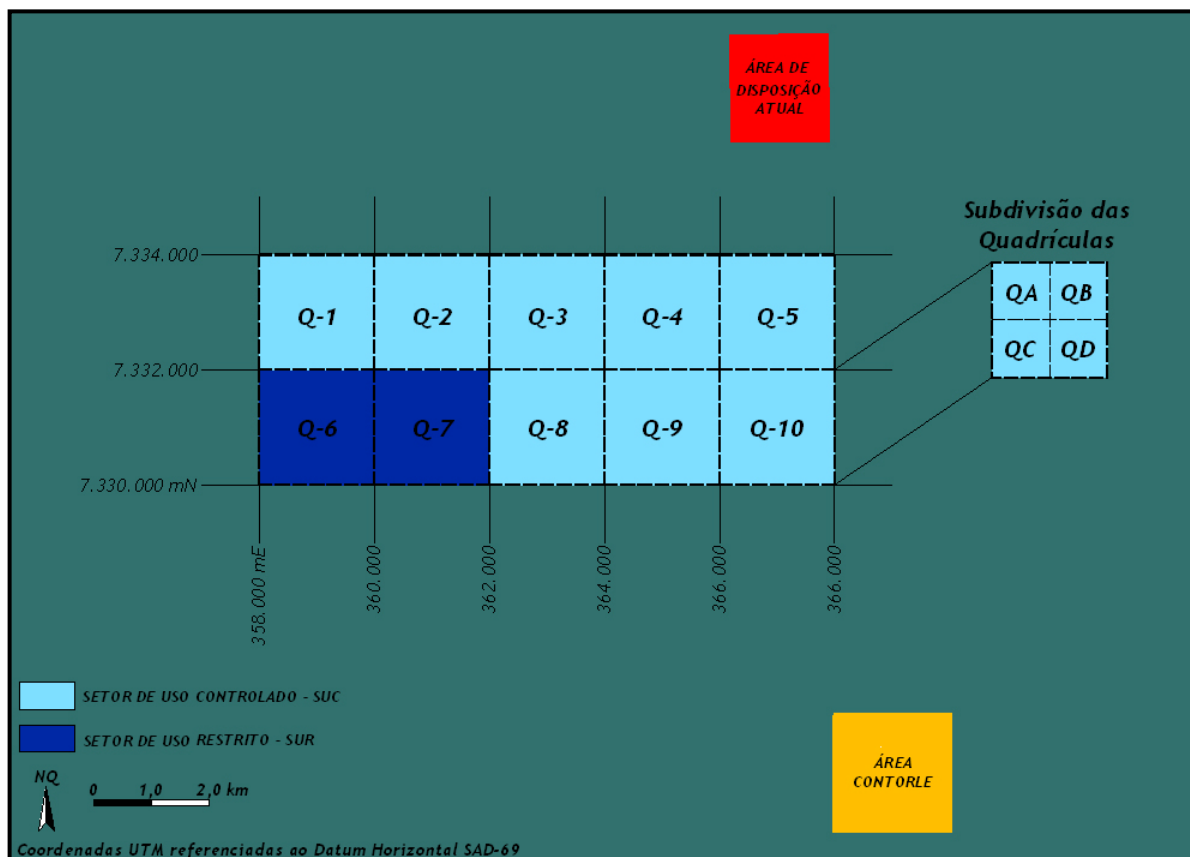
- ✓ Setor de Uso Controlado (SUC): constituído por oito quadrículas de disposição (Q-1 a Q-5 e Q-8 a Q-10) com potencial equivalente de transporte dos sedimentos lançados, sendo destinadas a materiais de dragagem de Classe A, que constituem materiais de melhor qualidade e com volume de material de até 1.000.000 m<sup>3</sup>/mês.
- ✓ Setor de Uso Restrito (SUR): constituído por duas quadrículas de disposição (Q-6 e Q-7) situadas em local de maior potencial de transporte dos sedimentos lançados na coluna d'água, sendo destinadas a materiais de dragagem de Classe B, que constituem materiais de pior qualidade com volume mensal de até 300.000 m<sup>3</sup>.



**Figura 5.1.2.7-13 Localização da antiga área de descarte, da área estudada para a seleção da nova área de descarte, da nova área selecionada para a disposição do material dragado e da área controle.**



**Figura 5.1.2.7-14 Disposição das quadrículas do Polígono de Disposição Oceânica (PDO) da área de descarte do material dragado.**



Fonte: EIA/RIMA Dragagem do Canal do Porto de Santos, 2008.

- ✓ Estudos Realizados na Área de Disposição de Materiais Dragados na Região do Estuário de Santos

Nos estudos realizados para a escolha de uma nova área de disposição de sedimentos de materiais dragados na região do Estuário de Santos, efetuado pela CODESP e associadas entre os anos 2005 e 2008 e inserido no EIA/RIMA da Dragagem do Canal do Porto de Santos de 2008, foram avaliadas as características e a qualidade dos sedimentos presentes na área de descarte escolhida, além do comportamento hidrodinâmico e de transporte da região.

Os sedimentos da área de descarte apresentam granulometria arenosa, com poucos valores indicativos de sedimentos mais grossos (casalhos) e, em pontos isolados, ocorrem manchas de sedimentos finos. Esta característica indica que a área estudada para a seleção da área de descarte apresenta componente hidrodinâmico que não permite a deposição e redistribuição sedimentos finos eventualmente depositados.

A qualidade dos sedimentos, de forma geral, apresenta-se de moderada a boa, até mesmo na área destinada ao monitoramento da disposição do material dragado, ou seja, a área de controle. Isto pode estar relacionado às características físicas do sedimento e não necessariamente a degradação deste compartimento.

Os pontos que apresentam piores níveis de qualidade dos sedimentos estão relacionados à antiga área de descarte e às áreas adjacentes com influência do despejo dos materiais dragados. Esses pontos apresentaram concentrações dos contaminantes arsênio e mercúrio e benzeno(a)pireno, e também estão relacionadas à presença de sedimentos



mais finos. Foi detectada também a presença de mercúrio nos sedimentos que excepcionalmente alcançou níveis superiores ao Nível 1, mas de forma pontual e errática.

O estudo de imageamento de fundo da área indicou que a região de fundo é homogênea com predominância de areia compacta e indica tendência de aumento da rugosidade e dureza do fundo na mesma direção das isóbatas de maior profundidade (direção a SE-ESE).

Os estudos de imageamento e modelagem matemática indicaram ainda que as condições de transporte dos sedimentos pelas correntes marinhas são mais favoráveis em direção ao sul da área, o que assegura que o material disposto não seja disperso para áreas do litoral.

O local escolhido para a disposição oceânica não apresenta estruturas submarinas, como emissários, tubulações de abastecimento de água, cabos de energia ou telecomunicações e dutos de gás ou petróleo, assim como está situado afastado de unidades de conservação marinhas. Por intermédio dos estudos de fundo oceânico assegurou-se também que a área escolhida para descarte não apresenta vestígios arqueológicos de maior porte, especificamente possíveis naufrágios.

A área anteriormente utilizada como área de disposição final para os sedimentos dragados indicaram a ocorrência de efeitos potencialmente tóxicos sobre a biota, o que foi entendido como um sinal de saturação da atual área de disposição.

Com base em dados de monitoramento, a CETESB – órgão responsável pelo controle ambiental da dragagem no Estado de São Paulo - estabeleceu um limite máximo para o lançamento de material dragado de 300.000 m<sup>3</sup> por mês, procurando assegurar a redução do efeito tóxico observado por meio de ensaios de laboratório. Paralelamente, a agência ambiental recomendou a realização de estudos de novas áreas de disposição onde as condições fossem mais propícias à redução de impactos decorrentes da dragagem.

Analisando-se conjuntamente os resultados obtidos no estudo efetuado concluiu-se que o ambiente demonstra ser capaz receber material dragado na região do Porto de Santos sem que sejam esperados impactos significativos sobre a biota local.

- CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DA ÁREA DA DRAGAGEM

O Estuário de Santos apresenta sedimentos com níveis variados de contaminantes decorrentes de lançamento pretérito de efluentes e da disposição inadequada de resíduos nas bacias contribuintes na região estuarina. As fontes de contaminação do estuário encontram-se atualmente controladas, mas ainda constitui passivo ambiental com reflexos na atividade da dragagem e disposição do material dragado, sendo necessária a adoção de medidas especiais.

Assim, em função da dragagem pretendida para o empreendimento da Implementação do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR e de forma a atender a Resolução CONAMA nº344/2004, foram realizadas análises dos sedimentos da área a ser dragada com o objetivo de caracterizar a situação da contaminação dos sedimentos de fundo. A coleta dos sedimentos foram feitas em 5 pontos na área da dragagem (Figura 5.1.2.7-15), as quais atingiram até 9 metros de profundidade.

A definição da rede de amostragem dos sedimentos foi estabelecida a partir do determinado na Resolução CONAMA 344/04, que é em função do volume a ser dragado em metros cúbicos, para o qual se determina um número entre 16 a 30 amostras para a caracterização dos sedimentos. Assim, foram coletadas 24 amostras de sedimentos no local proposto para a dragagem.

- ✓ Caracterização Físico-Química dos Sedimentos da Área da Dragagem



A caracterização físico-química dos sedimentos presentes na área a ser dragada para a implantação do Terminal Portuário Multiuso da DEICMAR teve como objetivo a verificação da presença ou a ausência de poluentes que podem causar danos à biota na área da disposição final do material dragado. A caracterização dos sedimentos foi realizada de forma a atender a Resolução CONAMA 344/04 com a coleta de sedimentos superficiais (0,0 metros) e em profundidade em 5 pontos amostrais (Quadro 5.1.2.7-22; Figura 5.1.2.7-15).



**Figura 5.1.2.7-15 Localização dos pontos de coleta dos sedimentos na área a ser dragada.**



As amostras de sedimento foram coletadas entre os dias 28 e 31 de julho de 2011. Nos pontos de coleta foram amostrados até 05 amostras de sedimento em profundidade, a qual atingiu o máximo de 9 metros, totalizando 24 amostras.

O Quadro 5.1.2.7-22 apresenta a nomenclatura dos pontos amostrados e das amostras coletadas, a profundidade e data da coleta dos sedimentos. O Quadro 5.1.2.7-23 apresenta a localização dos pontos de coleta em coordenadas UTM, Datum SAD/69.

As tabelas com os parâmetros analisados utilizaram os valores de referência estabelecidos na Resolução CONAMA 344/04 sobre a caracterização do material de dragagem. Estes valores compreendem valores de níveis definidos para cada parâmetro analisado, conforme o anexo 2 da Resolução, referente às análises laboratoriais.

Assim, a caracterização química das amostras dos sedimentos superficiais e profundos da área a ser dragada foi realizada utilizando os seguintes parâmetros:

- ✓ Metais e semi-metais:
- ✓ Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco;
- ✓ Pesticidas Organoclorados (POC);
- ✓ Bifenilas Policloradas (PCBs Totais);
- ✓ Nutrientes:
- ✓ Nitrogênio Kjeldahl Total e Fósforo Total;
- ✓ Carbono Orgânico Total;
- ✓ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs):
- ✓ Benzeno(a)antraceno, benzeno(a)pireno, criseno, dibenzeno (a,h)antraceno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, 2-metinaftaleno, naftaleno, pireno;
- ✓ Granulometria.

Os laudos analíticos das análises físico-químicas estão apresentados no anexo IX.



**Quadro 5.1.2.7-22 Identificação e profundidade das amostras de sedimento coletadas na área a ser dragada.**

Ponto Amostral	Identificação	Prof. Coleta (m)	Data
SD-01	SD-01-A	0,00	28/07/2011
	SD-01-B	1,00	28/07/2011
	SD-01-C	3,00	28/07/2011
	SD-01-D	5,00	28/07/2011
	SD-01-E	7,00	28/07/2011
	SD-01-F	9,00	28/07/2011
SD-02	SD-02-A	0,00	31/07/2011
	SD-02-B	1,00	31/07/2011
	SD-02-C	2,00	31/07/2011
	SD-02-D	4,00	31/07/2011
SD-03	SD-03-A	0,00	31/07/2011
	SD-03-B	1,00	31/07/2011
	SD-03-C	2,00	31/07/2011
	SD-03-D	4,00	31/07/2011
	SD-03-E	6,00	31/07/2011
SD-04	SD-04-A	0,00	30/07/2011
	SD-04-B	1,00	30/07/2011
	SD-04-C	2,00	30/07/2011
	SD-04-D	4,00	30/07/2011
SD-05	SD-05-A	0,00	29/07/2011
	SD-05-B	1,00	29/07/2011
	SD-05-C	3,00	29/07/2011
	SD-05-D	5,00	29/07/2011
	SD-05-E	7,00	29/07/2011

**Quadro 5.1.2.7-23 Coordenadas UTM dos pontos amostrais.**

Ponto Amostral	Zona	Coordenadas (UTM)	
		Leste (E)	Norte (N)
SD-01	23Sul	363022.00	7353992.00
SD-02	23Sul	363068.00	7353860.00
SD-03	23Sul	363202.00	7353935.00
SD-04	23Sul	363287.00	7353827.00
SD-05	23Sul	363507.00	7353783.00

✓ Procedimentos Adotados para a Análise dos Sedimentos

Para efeito de classificação do material a ser dragado, são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis, conforme procedimentos estabelecidos no anexo da Resolução do CONAMA 344/04, que estabelece diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado.

Para sedimentos presentes em águas salobras ou salinas são definidos dois níveis. O nível 1 apresenta limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos

à biota, enquanto que o nível 2 apresenta limiar acima do qual é previsto um provável efeito adverso à biota.

✓ Granulometria

No Quadro a seguir são apresentados os resultados obtidos na avaliação da granulometria dos sedimentos coletados na área a ser dragada. Na formulação deste quadro foram colocadas as classes dos materiais mais representativos de cada amostra analisada, a qual seguiu a Escala Granulométrica de Wentworth.

**Quadro 5.1.2.7-24 Composição Granulométrica dos sedimentos na área destinada à dragagem.**

Amostra	Profundidade da Coleta (m)	Granulometria		Classificação do Sedimento
		Classe do Material	Porcentagem	
SD-01-A	0,00	Areia	57,84%	Areia
		Silte	37,56%	
		Argila	5,71%	
SD-01-B	1,00	Areia	26,30%	Silte
		Silte	49,23%	
		Argila	22,20%	
SD-01-C	3,00	Areia	51,70%	Areia
		Silte	31,51%	
		Argila	12,65%	
SD-01-D	5,00	Areia	81,02%	Areia
		Silte	17,02%	
		Argila	3,14%	
SD-01-E	7,00	Areia	52,43%	Areia
		Silte	26,62%	
		Argila	19,89%	
SD-01-F	9,00	Areia	56,09%	Areia
		Silte	37,59%	
		Argila	6,40%	
SD-02-A	0,00	Areia	32,98%	Silte
		Silte	43,76%	
		Argila	18,18%	
SD-02-B	1,00	Areia	25,93%	Silte
		Silte	48,36%	
		Argila	26,42%	
SD-02-C	2,00	Areia	28,29%	Silte
		Silte	43,91%	
		Argila	28,60%	
SD-02-D	4,00	Areia	41,77%	Silte
		Silte	52,46%	
		Argila	7,47%	
SD-03-A	0,00	Areia	37,54%	Silte-Areia
		Silte	38,47%	
		Argila	26,71%	
SD-03-B	1,00	Areia	33,89%	Silte
		Silte	52,18%	
		Argila	18,02%	

<b>SD-03-C</b>	2,00	Areia	54,10%	Areia
		Silte	41,09%	
		Argila	8,21%	
<b>SD-03-D</b>	4,00	Areia	54,09%	Areia
		Silte	37,95%	
		Argila	6,89%	
<b>SD-03-E</b>	6,00	Areia	31,90%	Silte
		Silte	65,84%	
		Argila	1,47%	
<b>SD-04-A</b>	0,00	Areia	65,24%	Areia
		Silte	27,87%	
		Argila	2,80%	
<b>SD-04-B</b>	1,00	Areia	58,77%	Areia
		Silte	38,30%	
		Argila	3,94%	
<b>SD-04-C</b>	2,00	Areia	64,52%	Areia
		Silte	35,52%	
		Argila	3,16%	
<b>SD-04-D</b>	4,00	Areia	52,36%	Areia-Silte
		Silte	48,42%	
		Argila	2,66%	
<b>SD-05-A</b>	0,00	Areia	73,41%	Areia
		Silte	26,82%	
		Argila	1,79%	
<b>SD-05-B</b>	1,00	Areia	71,27%	Areia
		Silte	27,45%	
		Argila	4,85%	
<b>SD-05-C</b>	3,00	Areia	68,63%	Areia
		Silte	30,49%	
		Argila	2,08%	
<b>SD-05-D</b>	5,00	Areia	58,58%	Areia
		Silte	35,12%	
		Argila	6,34%	
<b>SD-05-E</b>	7,00	Areia	54,87%	Areia
		Silte	39,41%	
		Argila	6,17%	

Na análise granulométrica realizou-se a classificação textural do sedimento em cada ponto de coleta para cada nível amostrado, assim como foi discriminada a composição percentual granulométrica das classes de cada amostra.

Como é visualizado no quadro acima, a maioria das amostras dos sedimentos presentes na área a ser dragada é incluída na classe areia, que representa materiais com tamanho dos grãos entre 0,063 mm e 2 mm.

O silte também representa os sedimentos analisados, sendo encontrado principalmente no ponto de coleta SD-02, onde representa todas as profundidades dos sedimentos amostrados.

A quantidade de argila nos sedimentos analisados não ultrapassa 28%, sendo mais comuns quantidades menores que 10%, enquanto que a quantidade de grãos do





tamanho de seixos e grânulos (64 a 2 mm) não ultrapassa 5% e aproximadamente 60% das amostras apresentam menos que 1% deste material.

✓ Nutrientes

No Quadro a seguir são apresentados os resultados das análises de carbono orgânico, nitrogênio Kjeldahl total e fósforo total.

**Quadro 5.1.2.7-25 Resultados obtidos para as análises do sedimento para carbono orgânico total (%), nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg) e fósforo total (mg/kg).**

Amostra	Parâmetro		
	Fósforo Total	Nitrogênio Kjeldahl Total	Carbono Orgânico Total
SD-01-A	947	1127	2,6
SD-01-B	913	1405	3,68
SD-01-C	491	1451	2,8
SD-01-D	112	1013	1,6
SD-01-E	384	2091	4,7
SD-01-F	415	2286	5,4
SD-02-A	526	2021	9,5
SD-02-B	530	2044	7,8
SD-02-C	457	1771	11,7
SD-02-D	304	2003	9,0
SD-03-A	531	1204	4,4
SD-03-B	623	1487	4,6
SD-03-C	443	1484	2,2
SD-03-D	260	721	2,9
SD-03-E	467	976	4,1
SD-04-A	134	2477	8,6
SD-04-B	230	2387	8,9
SD-04-C	141	974	2,1
SD-04-D	210	400	2,2
SD-05-A	166	517	0,3
SD-05-B	307	1420	1,4
SD-05-C	377	682	1,2
SD-05-D	423	1022	1,4
SD-05-E	493	1195	1,8
<b>Valor de Alerta</b>	<b>2.000</b>	<b>4.800</b>	<b>10</b>

Este estudo não identificou valores de concentração para o nutriente nitrogênio Kjeldahl total e fósforo total acima dos valores orientadores da resolução. Contudo, a amostra de sedimento SD-05-C apresentou 11,7% de carbono orgânico total, o que está 1,7% acima do recomendado pelo CONAMA.

A presença de nutrientes acima dos valores de alerta definidos pela Resolução 344/04 é indicativa de contaminação oriunda, principalmente, de efluentes urbanos, como esgotos, mas também pode ser proveniente de efluentes industriais. A intensa eutrofização,



processo natural de enriquecimento por nitrogênio e fósforo em águas e sua consequente produção de matéria orgânica, traz prejuízo à biota aquática, além de aumentar as chances dos poluentes serem absorvidos pela matéria orgânica.

✓ Metais e Semi-Metais

Os metais podem ocorrer na forma dissolvida, coloidal ou particulada nas águas salobras e salinas. Como são reativos com partículas, rapidamente são adsorvidos pelas partículas suspensas e, assim que entram no ambiente aquático, depositam-se nos sedimentos do fundo do estuário. Os metais adsorvidos nas partículas também podem ser realocados devido a tempestades e revolvimento mecânico do fundo ou em atividades humanas, como a passagem de embarcações e dragagem.

As análises químicas de metais para as amostras de sedimento estão apresentadas no Quadro 5.1.2.7-26.

**Quadro 5.1.2.7-26 Resultados obtidos para as análises de metais (mg/kg).**

Amostra	Parâmetro							
	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco
SD-01-A	13	0,1	20	14	30	n.d	11	64
SD-01-B	8,7	n.d	23	15	40	0,960	15	77
SD-01-C	14	n.d	6,1	5,5	18	n.d	7,0	35
SD-01-D	4,1	n.d	2,1	1,4	8,1	n.d	2,9	12
SD-01-E	7,0	n.d	6,7	4,3	18	n.d	7,3	29
SD-01-F	12	n.d	8,0	5,0	25	n.d	9,0	37
SD-02-A	9,4	n.d	12	5,4	32	n.d	11	48
SD-02-B	8,0	n.d	10	4,5	24	n.d	8,4	40
SD-02-C	6,7	n.d	12	4,8	27	n.d	9,0	41
SD-02-D	12	n.d	8,2	2,7	21	n.d	7,2	34
SD-03-A	9,8	n.d	21	13	29	1,01	11	66
SD-03-B	7,0	n.d	19	11	27	n.d	10	59
SD-03-C	11	n.d	11	6,9	20	n.d	7,6	38
SD-03-D	12	n.d	8,0	2,6	16	n.d	6,0	25
SD-03-E	5,9	n.d	8,1	2,9	23	n.d	7,9	31
SD-04-A	10	n.d	11	6,4	19	n.d	7,0	37
SD-04-B	13	n.d	9,0	4,6	21	n.d	7,7	39
SD-04-C	9,8	n.d	8,8	4,6	27	n.d	9,6	40
SD-04-D	11	n.d	7,0	3,3	24	n.d	8,2	34
SD-05-A	10	n.d	5,0	1,8	14	n.d	4,4	23
SD-05-B	4,1	n.d	7,8	2,8	22	n.d	8,0	32
SD-05-C	10	n.d	8,2	2,6	23	n.d	7,8	31
SD-05-D	10	n.d	9,2	2,8	18	n.d	7,7	32
SD-05-E	8,6	n.d	10	3,9	30	n.d	11	44
<b>Nível 1</b>	<b>8.2</b>	<b>1.2</b>	<b>46.7</b>	<b>34</b>	<b>81</b>	<b>0.15</b>	<b>20.9</b>	<b>150</b>
<b>Nível 2</b>	<b>70</b>	<b>9.6</b>	<b>218</b>	<b>270</b>	<b>370</b>	<b>0.71</b>	<b>51.6</b>	<b>410</b>



Os metais arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio são considerados prioritários pela Resolução CONAMA 344/04 e quando são encontrados acima do Nível 1, necessitam de estudos adicionais para a avaliação do comportamento desses contaminantes nos sedimentos.

Para os outros metais e semi-metais não existe a necessidade de estudos complementares e não há problemas para a disposição do material dragado quando estes elementos ocorrem com valores entre os níveis 1 e 2. Contudo, caso apresentem concentrações acima do Nível 2, estudos complementares podem ser necessários.

Os metais que apresentaram concentrações (mg/kg) acima dos níveis estabelecidos pela Resolução da CONAMA foram somente o mercúrio e o arsênio. O mercúrio foi encontrado em duas amostras de sedimento em profundidades rasas, 1,00 m e 0,0 m, enquanto que o arsênio foi encontrado em 16 amostras, o que equivale mais que 65% das amostras, em todas as profundidades.

A presença de mercúrio nos sedimentos do Estuário de Santos é relatada desde 1979 e diversos estudos na região indicam a presença de mercúrio em concentrações superiores ao Nível 1 e ao Nível 2 da Resolução 344/04. Luiz-Silva *et al.* (2006), em trabalho realizado nos rios e tributários ao longo do Estuário de Santos, identificou valores de *background* de alguns metais acima dos apresentados como Nível 1, como para os metais arsênio e mercúrio, para os quais foram encontrados valores de *background* entre 12 e 14 mg/kg e entre 0,08 e 0,17 mg/kg, respectivamente.

Valores de mercúrio e arsênio acima dos valores para os quais são previstos efeitos adversos à biota também foram encontrados nas análises dos sedimentos em todos EIAs/RIMAs realizados no Estuário de Santos consultados (BTP, Brites, Embraport e Dragagem do Canal do Porto de Santos). Em alguns casos estes valores foram superiores ao Nível 2, para o qual são previsto um provável efeito adverso à biota.

Nas análises realizadas pela BTP foram detectados valores de mercúrio superiores ao PEL em sedimentos superficiais na desembocadura do Rio Saboó, o que pode ser resultado de possível influência do antigo lixão já desativado, localizado dentro da área da BTP. Este lixão pode também ter influenciado os valores encontrados nas amostras SD-01-B e SD-03-A.

A contaminação de arsênio tem sido atribuída nos levantamentos geoquímicos realizados no estuário de Santos a disponibilidade deste semi-metal na região, dentro do *background* regional.

No Relatório da CETESB este elemento foi encontrado em 98% das amostras de sedimento, sendo que em 19% das amostras os teores ultrapassaram o valor correspondente de TEL. Isto sugere que esses níveis de arsênio sejam de fontes naturais, já que ocorrem em quase todas as amostras em diversas profundidades. Os valores obtidos para o arsênio nas amostras de sedimentos do presente estudo apresentam-se abaixo destes valores de *background* regional e também são consistentes com os valores encontrados em estudos pretéritos.

#### ✓ Bifenilas Policloradas (PCB)

As bifenilas policloradas são nocivos à vida dos seres marinhos, já que os sistemas biológicos não apresentam capacidade de metabolizar este composto. O PCB tem sido associado às anormalidades na reprodução de mamíferos marinhos e a diversas doenças crônicas em humanos.

Por apresentarem alta afinidade por particulados, os PCB são rapidamente adsorvidos por partículas finas dos sedimentos e matéria orgânica, decantando no sedimento de fundo.



O Quadro 5.1.2.7-28 apresenta os resultados obtidos para as benfenilas policloradas nas amostras de sedimento da área a ser dragada pela DEICMAR.

**Quadro 5.1.2.7-27 Resultados obtidos para as análises do sedimento para metais e semi metais (mg/kg).**

Parâmetro			
PCB's			
Amostra	PCB's	Amostra	PCB's
SD-01-A	n.d	SD-03-C	n.d
SD-01-B	n.d	SD-03-D	n.d
SD-01-C	n.d	SD-03-E	n.d
SD-01-D	n.d	SD-04-A	n.d
SD-01-E	n.d	SD-04-B	n.d
SD-01-F	n.d	SD-04-C	n.d
SD-02-A	n.d	SD-04-D	n.d
SD-02-B	n.d	SD-05-A	n.d
SD-02-C	n.d	SD-05-B	n.d
SD-02-D	n.d	SD-05-C	n.d
SD-03-A	n.d	SD-05-D	n.d
SD-03-B	n.d	SD-05-E	n.d

O benfenila policlorada previsto na proposta da Resolução CONAMA 344/04 refere-se apenas aos valores totais. Os PCB's não foram encontrados nas amostras de sedimento do presente estudo.

✓ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos-PAHs

Na Resolução Conama 344/04, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são divididos em dois grupos de compostos. Os compostos do grupo A são considerados prioritários e despertam maior preocupação que os compostos do grupo B, mesmo quando os elementos deste grupo são encontrados acima do Nível 1. Caso haja a detecção de PAHs do grupo A acima do Nível 1 ou do grupo B acima do Nível 2, é necessária a realização de estudos complementares para a observação de uma possível disponibilidade destes compostos à biota aquática.

No Quadro 5.1.2.7-29 a seguir são apresentados os resultados de PAHs obtidos nas análises dos sedimentos.

Nos pontos de coleta SD-01, SD-03 e SD-04 foram encontrados valores de PAHs acima do Nível 1. Estes valores encontram-se principalmente em amostras rasas, até 1 metro, sendo que apenas uma amostra com teores acima do Nível 1 foi encontrada em uma profundidade superior (3 metros). As amostras SD-01-B e SD-03-B foram as que apresentaram mais parâmetros acima do Nível 1, sendo que a primeira foi a única amostra que apresentou a somatória de PAHs acima do recomendável. Ambas as amostras apresentaram os compostos do grupo A acima do Nível 2, sendo o Dibenzo(a,h)Antraceno o composto que ocorreu em um maior número de amostra (5 amostras).

Segundo a CETESB (2001), as principais fontes dos PAHs para o ambiente são provenientes da atividade microbiana, do descarte de resíduos originados da incineração do lixo, da produção de asfalto e óleo cresoto, da queima de combustíveis fósseis e do aporte de esgotos domésticos e efluentes industriais. Sendo o Estuário de Santos alvo de



lançamento dos esgotos oriundos das cidades limítrofes, como Cubatão e Santos, assim como dos efluentes das indústrias e pólos petroquímicos instalados no entorno do canal do estuário, são esperados valores de PAHs acima do recomendável nas análises dos sedimentos provenientes do estuário.

Nas análises realizadas nos sedimento do canal do porto de santos em função de seu aprofundamento identificou-se que os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos foram a classe de contaminantes encontrados em maior quantidade ao longo do trecho do canal, o que indica o grande aporte de esgotos domésticos e industriais.



**Quadro 5.1.2.7-28 Resultados de PAH's para as amostras de sedimento (g/kg).**

12	Amostras																				Nível 1	Nível 2				
	SD-01						SD-02				SD-03					SD-04				SD-05						
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	A	B	C	D	E	A	B	C	D	A			B	C	D	E
2-Metilnaftaleno	2,7	n.d	59	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1,0	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	70	670
Acenafteno	n.d	22	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	20	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	16	500
Acenaftileno	8,3	113	14	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	5,8	20	17	n.d	n.d	12	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	44	640
Antraceno	5,1	166	n.d	n.d	n.d	n.d	5,1	n.d	n.d	n.d	1,8	39	n.d	n.d	n.d	7,5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	85.3	1100
Benzo (a) Antraceno	15	331	19	n.d	n.d	n.d	23	n.d	n.d	n.d	n.d	223	23	n.d	n.d	31	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	74.8	693
Benzo (a) Pireno	34	293	26	27	n.d	n.d	15	n.d	n.d	n.d	17	280	14	n.d	n.d	43	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	88.8	763
Criseno	28	560	27	n.d	n.d	n.d	37	n.d	n.d	n.d	n.d	317	35	n.d	n.d	41	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	108	846
Dibenzo (a,h) Antraceno	10	75	12	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	84	n.d	n.d	n.d	13	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	6.22	135
Fenatreno	8,2	240	n.d	n.d	n.d	n.d	5,5	n.d	n.d	n.d	2,6	22	n.d	n.d	n.d	14	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	240	1500
Fluoranteno	18	763	39	n.d	n.d	n.d	64	n.d	n.d	n.d	n.d	504	46	n.d	n.d	60	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	600	5100
Fluoreno	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	19	540
Naftaleno	2,1	19	42	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	3,7	n.d	n.d	n.d	2,4	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	160	2100
Pireno	44	772	37	n.d	n.d	n.d	48	n.d	n.d	n.d	19	892	56	n.d	n.d	59	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	665	2600
Somatória de PAH's	175,6	3355	275,2	27	n.d	n.d	197,7	n.d	n.d	n.d	45,6	2444	191	n.d	n.d	283	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	3000	



✓ Pesticidas Organoclorados – POC

No Quadro 5.1.2.7-29 são mostrados os resultados de POC encontrados nas análises dos sedimentos superficiais e em profundidade da área destinada à dragagem do presente estudo. Verifica-se que os sedimentos analisados não obtiveram valores de pesticidas organoclorados detectáveis.

**Quadro 5.1.2.7-29 Resultados de POC para as amostras de sedimento na área a ser dragada (g/kg).**

Amostras	Parâmetro										
	4,4 - DDD	4,4 - DDT	4,4 - DDE	alfa - BHC	alfa - Clordano	beta - BHC	delta - BHC	Dieldrin	Endrin	Gama-BHC (lindano)	gama - Clordano
SD-01-A	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-01-B	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-01-C	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-01-D	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-01-E	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-01-F	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-02-A	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-02-B	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-02-C	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-02-D	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-03-A	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-03-B	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-03-C	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-03-D	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-03-E	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-04-A	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-04-B	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-04-C	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-04-D	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-05-A	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-05-B	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-05-C	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-05-D	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
SD-05-E	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Nível 1</b>	<b>1.22</b>	<b>1.19</b>	<b>2.07</b>	<b>0.32</b>	<b>2.26</b>	<b>0.32</b>	<b>0.32</b>	<b>0.71</b>	<b>2.67</b>	<b>0.32</b>	<b>2.26</b>
<b>Nível 2</b>	<b>7.81</b>	<b>4.77</b>	<b>374</b>	<b>0.99</b>	<b>4.79</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>4.3</b>	<b>62.4</b>	<b>0.99</b>	<b>4.79</b>



#### ✓ Conclusão

Foram apresentados resultados das análises químicas dos sedimentos presentes na área a ser dragada com o intuito de caracterizar estes sedimentos para a avaliação em relação à sua disposição na área destinada para o descarte.

Com relação à granulometria, os sedimentos analisados apresentam grande predominância de areia, ou seja, não favorecem a adsorção de alguns tipos de contaminantes, como os metais e nutrientes.

Foram detectados teores acima dos recomendáveis, como para arsênio e mercúrio, atingindo, às vezes, valores superiores ao limite considerado tóxico para os organismos aquáticos. O ponto de coleta que apresentou maior contaminação foi o SD-01, como para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e os metais arsênio e mercúrio. Isto pode estar relacionado à sua proximidade com o Terminal Portuário da BTP, local que antes comportava o Lixão da Alemoa, importante fonte de contaminação do estuário.

Os contaminantes metálicos e semi-metálicos apresentaram tendência de concentração dos maiores teores nas amostras superficiais. Este padrão repetiu-se para as análises dos PAHs e nutrientes, os quais apresentaram maiores valores nas amostras localizadas em pequenas profundidades.

Dentre os poluentes detectáveis nos sedimentos da área a ser dragada para a implantação do terminal da DEICMAR, os PAHs e o mercúrio constituem os contaminantes que representam maior risco para a biota aquática. Contudo, como dito anteriormente, estes contaminantes são encontrados principalmente em amostras de sedimento rasas.

Os contaminantes encontrados nas amostras dos sedimentos analisados são provavelmente originários das atividades industriais e portuárias, além das descargas de resíduos domésticos.

Segundo a CETESB (2001), os sedimentos do estuário foram os que apresentaram maior variedade e frequência de contaminantes em relação à água e aos organismos aquáticos. Isto retrata a contaminação pretérita do estuário, já que desde a década de 1980 o Estuário de Santos têm passado por programas de controle de poluição, o que levou a uma melhora significativa da qualidade das águas do estuário. Assim, os níveis de contaminação dos sedimentos constituem o acúmulo de contaminantes ocorrido em épocas passadas.

A legislação ambiental prevê restrições para o descarte de material dragado em caso de se observar efeitos adversos à comunidade biológica do local de lançamento. Contudo, visto que os sedimentos que correspondem ao material a ser dragado na área de implantação do TPMD apresentam qualidade similar ou superior ao material lançado na provável área de descarte escolhida, não são esperados impactos significativos pelo lançamento dos sedimentos que serão dragados pela DEICMAR.