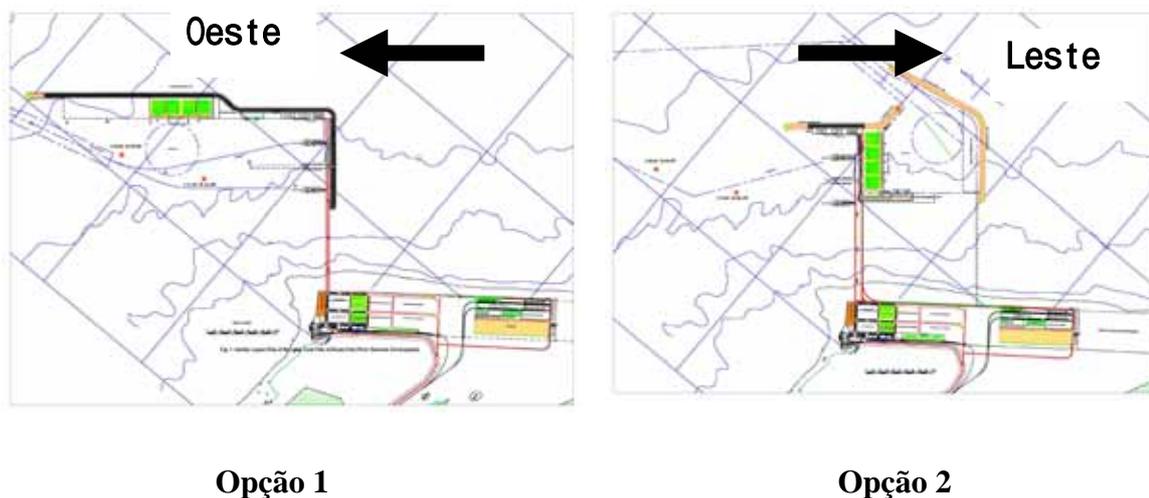


6.3.5 Projeto de *Layout* da Instalação

(1) Direções Potenciais de Expansão do Porto

Na consideração da direção da expansão do porto, duas direções, nominalmente, leste e oeste das instalações existentes foram contempladas. As duas opções, expansão para o oeste (Opção 1) e expansão para o leste (Opção 2) foram comparadas detalhadamente com os possíveis projetos de *layout* conforme demonstrado abaixo.



Como resultado da comparação, concluiu-se que o plano de expansão para o oeste, “Opção 1” tem as seguintes desvantagens fatais sobre o plano da expansão para o leste, “Opção 2”.

- Proteção insuficiente das bacias contra as ondas penetrantes da direção ESE devido a limitação da ampliação do quebra-mar sul existente;
- Excessiva distância de transporte da área do porto em terra para estocagem de carga
- Maior Custo de Construção

Desta forma, neste estudo, a “Opção 1” foi desconsiderada e a “Opção 2” foi dividida posteriormente em quatro alternativas que foram comparadas entre si para a seleção do projeto ótimo conforme mencionado no item (2) seguinte.

(2) Projetos Alternativos

Foram elaboradas quatro alternativas de projetos de *layout* atendendo as necessidades da instalação do novo porto na fase do Plano de Longo Prazo mencionada nas Seções 6.3.2.- 6.3.4 (ver Figuras 6.3.1 a 6.3.4). Os principais componentes de cada alternativa estão mostrados na Tabela 6.3.1.

Tabela 6.3.1 Componentes das Alternativas dos Projetos de *Layout*

Componentes		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	
Canal de Acesso	Largura do Fundo (m)	210	210	210	210	
	Profundidade da Água (m)	16,5	16,5	16,5	16,5	
Bacias	Profundidade da Água (m)	16	16	16	16	
Quebra-Mares	Comprimento (m)	3.400	3.400	3.400	3.680	
Muro de Contenção	Comprimento (m)	715	1,205	1,100	800	
Terminais Marítimos	Terminal de Contêineres	Comprimento do Berço (m)	900	900	900	900
		Profundidade da Água (m)	6	16	16	16
	Terminal de Grãos	Comprimento do Berço (m)	320	320	320	320
		Profundidade da Água (m)	16	16	16	16
		Capacidade de Armazenagem (1.000 t)	230	230	230	230
	Terminal de Múltiplo-Uso	Comprimento do Berço (m)	520	520	520	520
		Profundidade da Água (m)	16	16	16	16
		Armazéns de Trânsito (1.000 m ²)	15	15	15	15
	Terminal de Frutas	Comprimento do Berço (m)	160	160	160	160
		Profundidade da Água (m)	16	16	16	16
		Armazenagem refrigerada (1.000 m ²)	5,5	5,5	5,5	5,5
	Uso de terra para expansão (ha)	Área do Terminal (<i>off-shore</i>)	37	23	37	39
Área do Terminal (terra)		80	96	80	80	
Total		117	119	117	119	

Fonte: Equipe de Estudo JICA

(3) Comparação das Alternativas dos Projetos de *Layout* da Instalação

As quatro alternativas acima foram comparadas entre si a partir dos seguintes pontos:

a) Índice de Calmaria na Bacia

A Alternativa 4 é a que proporciona o índice de calmaria quase completo contra ondas que penetram do mar aberto em comparação com as alternativas restantes.

b) Acessibilidade aos terminais portuários para vagões ferroviários

Em todas as alternativas, vagões de carga são puxados diretamente a um posto de recebimento instalado em cada terminal terrestre, utilizando linhas independentes desviadas da principal linha ferroviária de acesso ao porto sem nenhuma interferência entre elas.

c) Acessibilidade aos terminais portuários para veículos de fora do porto

Em todas as alternativas, os veículos podem acessar os terminais terrestres usando a rodovia portuária planejada sem passagem de nível com as linhas ferroviárias.

d) Área necessária para a expansão do porto

Na Alternativa-2, a expansão do pátio de contêineres é planejada, principalmente, para a área atualmente reservada, adjacente ao terminal existente. Por outro lado, nas Alternativas 1, 3 e 4, a expansão do pátio de contêineres foi planejada para a área do aterro *off-shore*. Assim, as áreas totais adicionalmente requeridas para o porto são praticamente as mesmas em todas as alternativas.

e) Conservação da praia natural

Todas as alternativas têm projetos semelhantes de *layout* para o quebra-mar, e conseqüentemente, a extensão de possíveis impactos na praia natural próxima ao local do projeto é considerada quase a mesma. Os fenômenos previstos decorrentes da construção do novo quebra-mar são mencionados na Seção 6.5.

f) Custo de construção

Foram estimados os índices de custos de construção totais das infra-estruturas, das Alternativas 1 a 4 como segue.

Tabela 6.3.2 Índices de Custos de Construção Estimados das Infra-estruturas para as Alternativas

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
100.0	100.7	101.7	99.8

A Tabela indica que a Alternativa 4 é a mais econômica em termos de investimento inicial.

g) Facilidade de expansão adicional

Sobre a facilidade de expansão adicional além da fase do Plano de Longo Prazo, observa-se que a Alternativa-4 apresenta vantagem sobre as alternativas restantes permitindo que se propiciem comprimentos de berço adicionais, como mostrado nos projetos de *layout* (área possível de expansão futura está indicada em linhas pontilhadas).

h) Acessibilidade aos terminais marítimos para os navios

Todas as alternativas proporcionam aos navios acesso seguro à área de expansão planejada através do canal de acesso reto. Além disso, a área dentro do porto é protegida de ondas penetrantes através dos quebra-mares e proporciona distância de parada suficiente dentro das águas do porto.

i) Competitividade com outros portos marítimos em termos de profundidade da água

Todas as alternativas proporcionam ao Terminal Portuário do Pecém a competitividade contra os portos marítimos vizinhos, através da construção de berços de águas profundas preparados para receber navios de grande porte.

j) Capacidade de armazenamento

Todas as alternativas proporcionam áreas de armazenamento suficientes, fator essencial para operações eficientes nos terminais.

k) Eficiência das Operações de Movimentação de Contêineres no Cais

Nas Alternativas 1, 3 e 4, está projetada uma capacidade suficiente de estocagem de contêineres atrás dos berços e, conseqüentemente, elas asseguram operações de contêineres eficientes e rápidos. Por outro lado, na Alternativa 2, os contêineres precisam ser transportados entre o cais e o pátio de estocagem de contêineres localizado em terra através da ponte de acesso. Assim, a Alternativa-2 possui uma desvantagem em termos de eficiência operacional.

Por outro lado, a respeito da movimentação de carga geral e granéis, todas as Alternativas capacitam operações no cais eficientes e rápidas pela preparação de armazéns de trânsito atrás dos berços ou pela conexão com correias transportadoras.

A partir da comparação feita acima, a Alternativa-4 foi selecionada e proposta como o projeto ótimo.

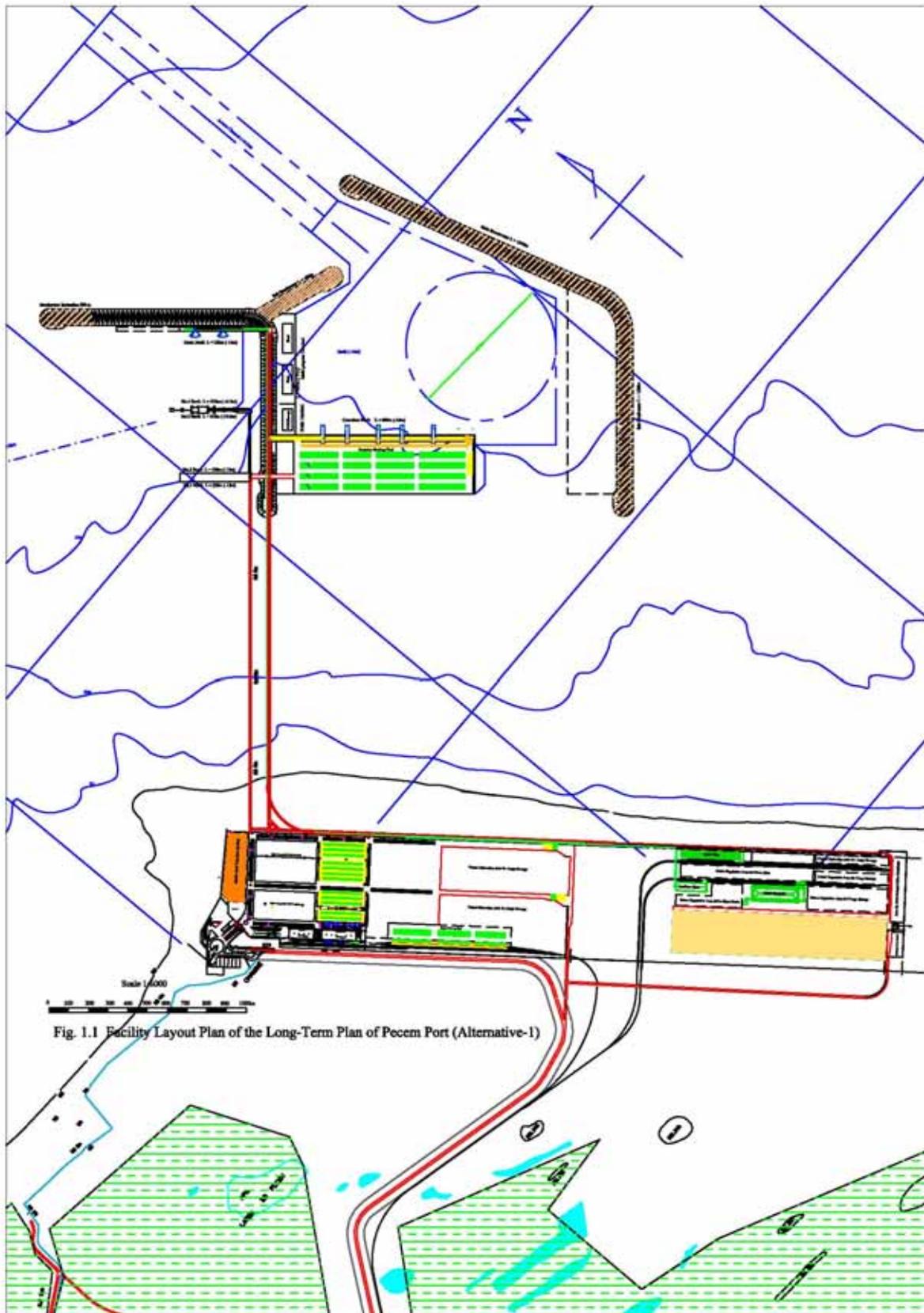


Figura 6.3.1 Projeto de *Layout* da Instalação no Plano de Longo Prazo(Alternativa - 1)

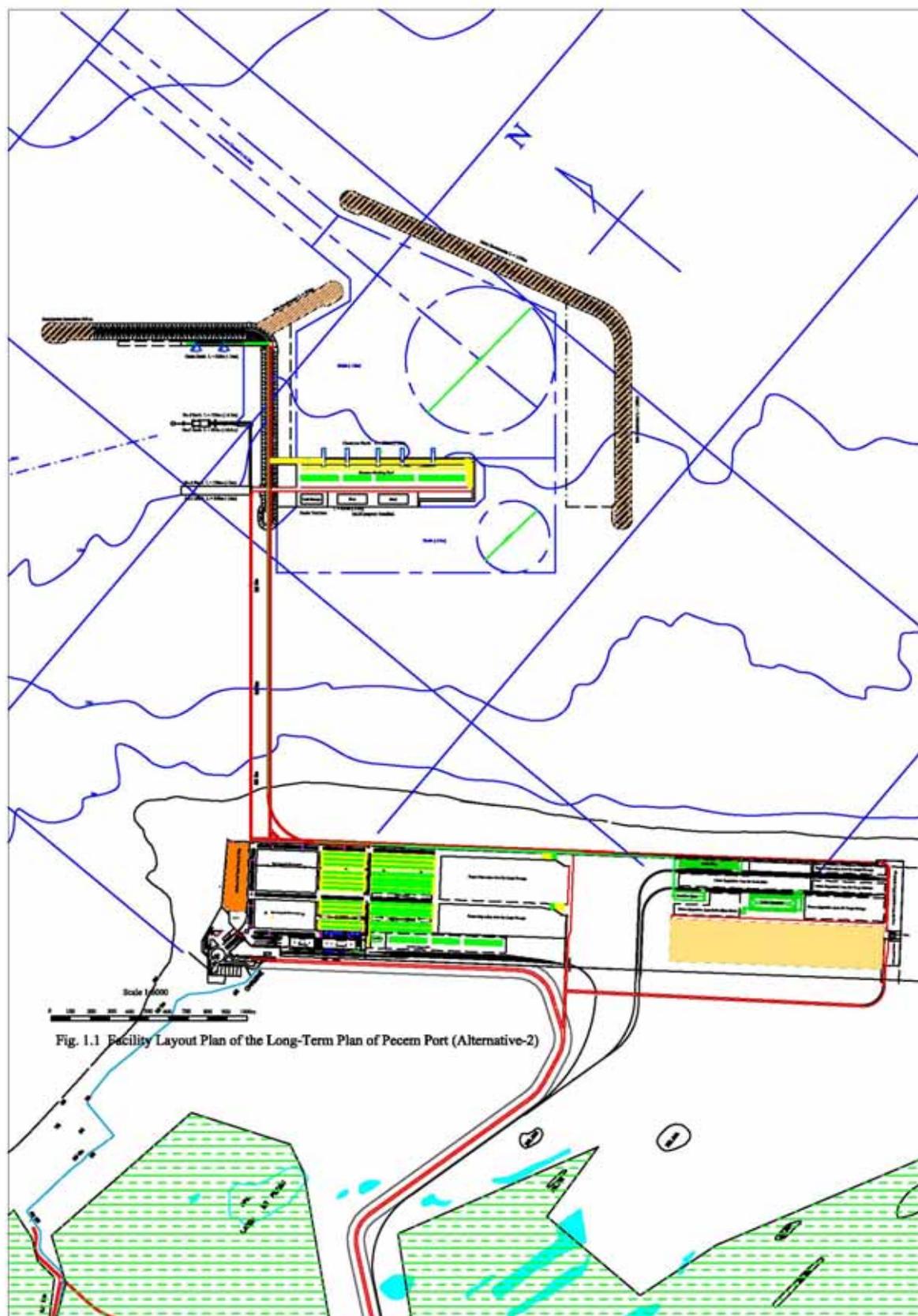


Figura 6.3.2 Projeto de *Layout* da Instalação no Plano de Longo Prazo(Alternativa - 2)

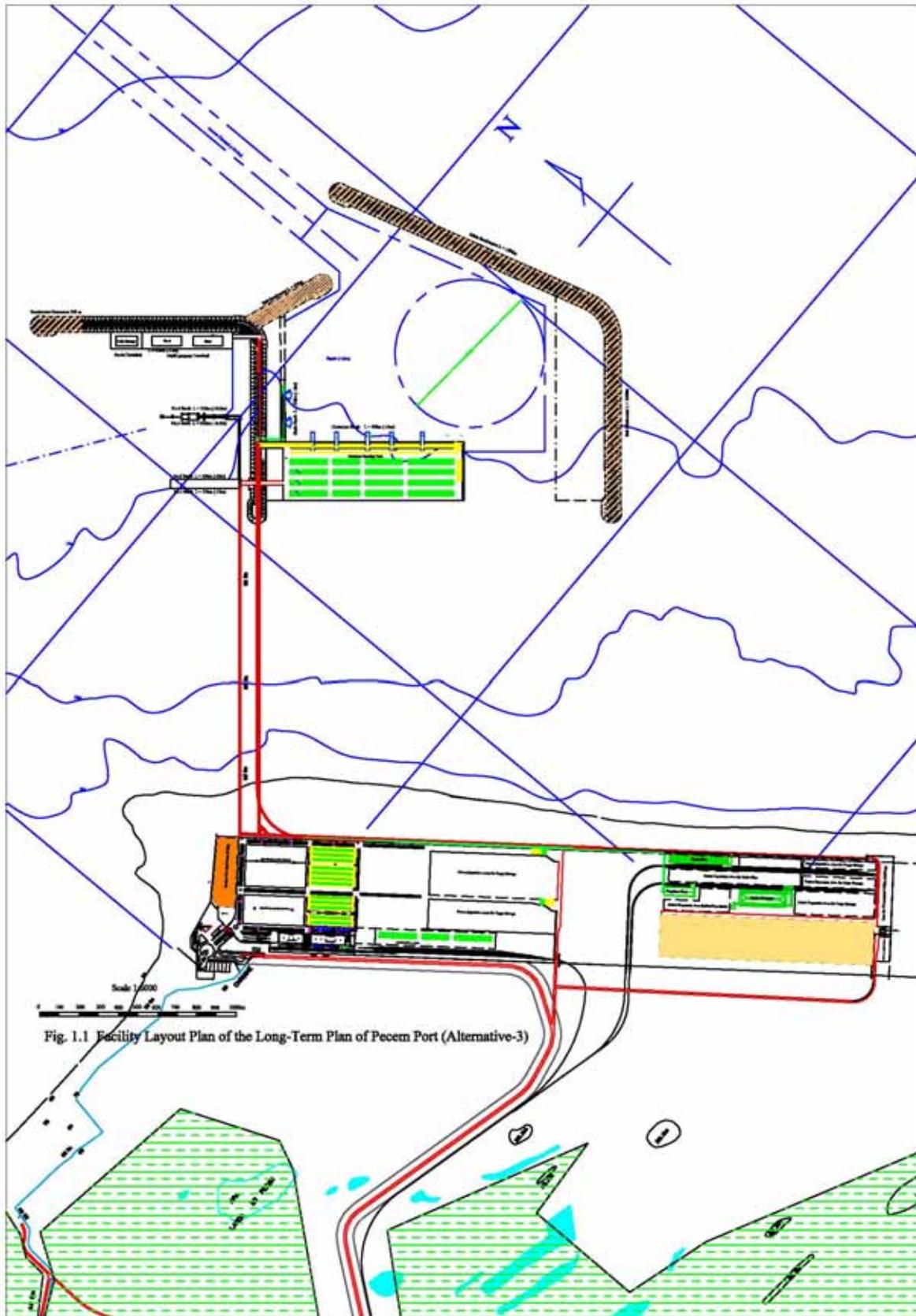


Figura 6.3.3 Projeto de *Layout* da Instalação no Plano de Longo Prazo(Alternativa - 3)

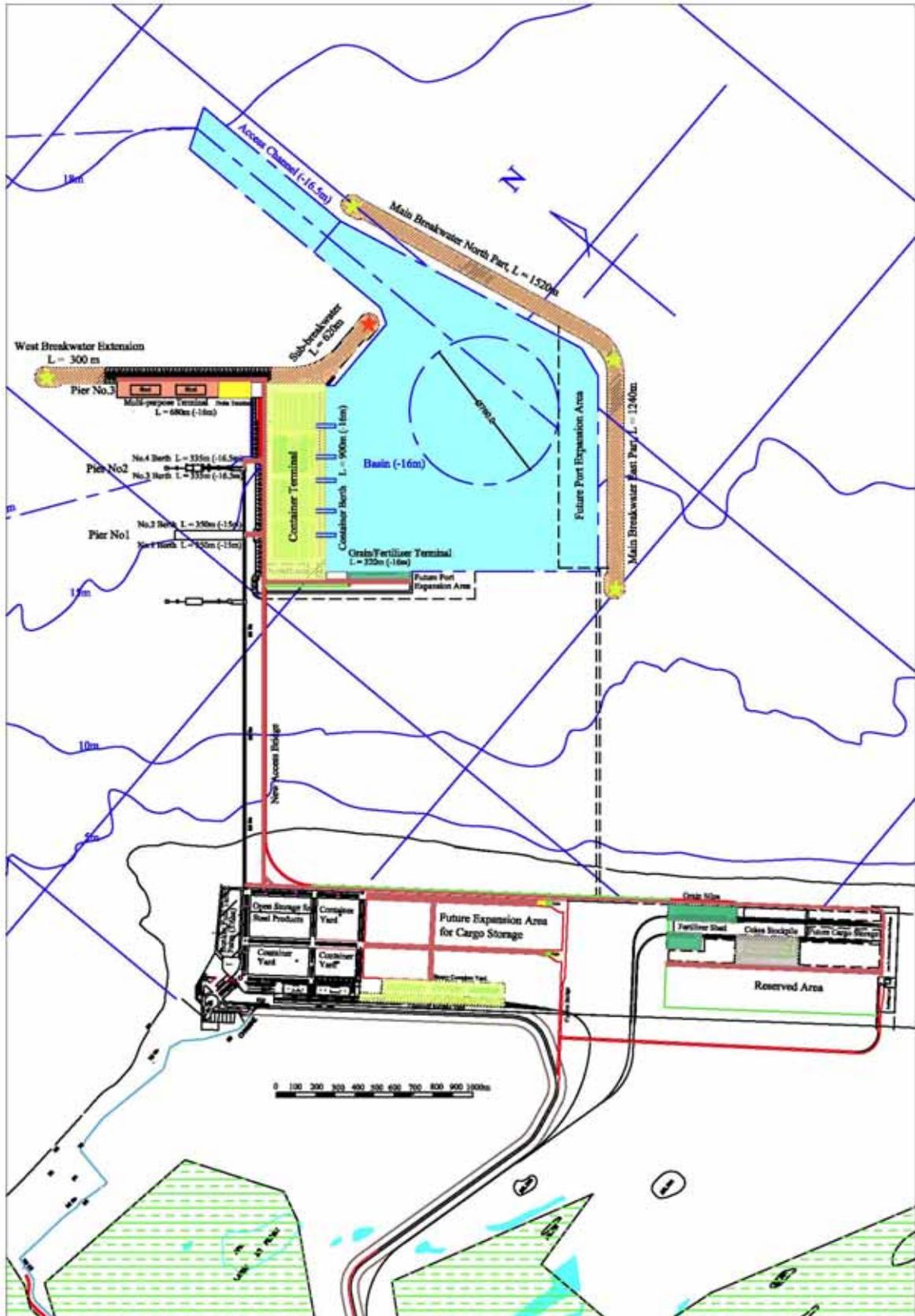


Figura 6.3.4 Projeto de *Layout* da Instalação no Plano de Longo Prazo(Alternativa - 4)

5.4.6 Sistemas de Movimentação de Carga

(1) Sistema Operacional de Movimentação de Contêineres

1) Importância do Papel do Sinaleiro

Embora a eficiência nas operações de contêineres dependa em grande parte da habilidade ou técnica do operador do guindaste de píer, o papel do sinaleiro no apoio ao guindasteiro é também muito importante para uma operação rápida e tranqüila. Um sinaleiro deve considerar a posição parada para sinalizar para o guindasteiro. Se a posição do sinaleiro for imprópria, o operador não pode vê-lo. Para evitar enganos, o significado dos sinais manuais deve estar unificado e padronizado. Caso contrário, deve-se realizar um treinamento especial com os empregados envolvidos nesta atividade.

Um sinaleiro no cais deve instruir o motorista da carreta corretamente para ajustar a posição de parada, de forma que o guindasteiro possa carregar a carreta com o contêiner suavemente.

2) Melhorias no Sistema de Controle das Operações de Carregamento / Descarregamento de Contêineres

Quando dois ou mais guindastes de píer são empregados em um navio, é necessário igualar os carregamentos em cada guindaste. Além disso, é importante preparar um plano de operação de forma que um guindaste não interfira na operação de outro. No caso do embarque de contêineres de exportação, é muito importante que este seja baseado no sistema de planejamento do pátio, pelo peso, porto de destino e tamanho do contêiner para garantir a estabilidade e segurança de navegação dos navios.

Os contêineres refrigerados e com carga perigosa devem ser embarcados de acordo com as regulamentações da IMO (Organização Marítima Internacional).

As funções requeridas para o sistema de operação de embarque / desembarque são as seguintes:

- Sistema de Operação de Desembarque de Contêineres;
- Sistema de Operação de Embarque de Contêineres;
- Sistema de Operação de Remanuseio de Contêineres;
- Sistema de Alocação de Guindaste de Píer;
- Sistema de Cálculo de Forças no Casco do Navio.

As informações necessárias sobre os contêineres devem ser obtidas junto às companhias de navegação ou com seus agentes o mais cedo possível. A obtenção da informação com antecedência, permite ao operador do terminal preparar a programação de trabalho da operação do navio indicando a ordem de contêineres desembarcados/embarcados e minimizando o tempo de operação. Antes da preparação da programação de trabalho da operação do navio, é necessário obter o último plano de desembarque / embarque do navio após a operação realizada no último porto de escala. São necessárias as seguintes informações sobre os contêineres:

- Nome do navio e número da viagem;
- Data de partida do último porto;

- Tempo estimado de chegada;
- Detalhes de contêineres como número, tamanho, peso, porto de embarque / desembarque;
- Contêineres especiais: controle de temperatura da carga e classificação IMO da carga;
- Calado do navio na saída do último porto e calado estimado na chegada.

Em portos mais avançados, as informações anteriores são transmitidas via EDI entre o operador do terminal e a companhia de navegação ou agente, entretanto, em portos mais simples, utiliza-se a Internet.

Após o embarque de contêineres, o operador prepara o plano de desembarque / embarque do navio, que indica o resultado da operação, e passa ao comandante ou ao agente de navegação. A elaboração do plano de desembarque / embarque é uma tarefa importante de um operador de terminal. Em terminais de contêineres mais avançados, o setor de operação da agência de navegação faz o plano de desembarque / embarque utilizando um sistema computacional. O plano de desembarque / embarque abrange os seguintes itens:

- Prefixo e tamanho do contêiner;
- Número do contêiner;
- Porto de embarque e desembarque;
- Peso e descrição de carga especial;
- Localização no porão / no convés (baia-fila-altura).

3) Controle de inventário de contêiner

O controle de inventário do pátio de contêineres é a atividade mais importante do terminal de contêineres. É essencial determinar a localização e tipo de contêineres estocados em um ponto do pátio de contêineres para operar o terminal eficientemente.

4) Melhoria do Sistema de Recebimento e Liberação da Documentação dos Contêineres

Com relação aos documentos que devem ser entregues ao terminal para o recebimento e entrega de cargas, são necessários quatro tipos de documentos para exportação e mais de dez tipos de documentos para importação. Com relação aos documentos para importação, há vários deles que requerem os mesmos dados. Assim, tais documentos deveriam ser combinados e a documentação necessária seria simplificada.

A simplificação de documentos seria claramente alcançada na operação de recebimento e liberação através do uso otimizado da declaração da Alfândega, que é um documento indispensável no comércio exterior de mercadorias.

No futuro, deveria ser utilizado o processo internacionalmente conhecido como “*One Stop Service Window*” para as operações, pela introdução do sistema de EDI (Intercâmbio Eletrônico de Dados).

2) Equipamentos de Movimentação de Contêineres

1) Equipamento de Movimentação de Contêineres de Píer

Escolha do Guindaste de Movimentação de Contêineres de Píer

Cada sistema tem suas próprias vantagens e desvantagens, conforme brevemente mencionado na Tabela 6.3.3. Para selecionar o equipamento, os itens seguintes devem ser considerados como fatores essenciais:

- Portêiner;
- MHC;
- Grua.

Tabela 6.3.3 Comparação dos Sistemas Operacionais de Píer

Tipo de Guindaste de Píer	Portêiner	MHC	Grua
Necessidade de Tamanho do Terminal	Grande	Médio	Muito Pequena
Custo de Investimento (Custo Inicial)	Grande	Médio	Pequena
Custo da Construção Civil	Grande	Grande	Baixo
Eficiência da Operação e Produtividade	Alta	Médio	Baixa
Flexibilidade Operacional	Médio	Alta	Alta
Custo de Manutenção	Alto	Médio	Baixo
Reputação do Porto	Boa	Médio	Baixa

Fonte: Equipe de Estudo JICA

2) Necessidade de Guindaste de Píer para Movimentação de Contêiner

Um fator chave que figura nos planos de expansão de muitos portos e de operadores de terminais é a decisão de se investir em guindastes de píer adicionais ou substituí-los, necessários para lidar com o aumento no serviço de maiores navios e volumes de carga, com taxas de produtividade mais altas.

O aumento em encomendas de guindastes de píer seguiu de perto o desenvolvimento de maiores navios sem refletir isto exatamente. Isto significa que muitos operadores de terminais de contêineres têm investido em unidades *Over-Panamax* prevendo o atendimento de navios Post-Panamax e Super Post-Panamax. Enquanto isso alguns portos, notadamente os portos europeus e asiáticos, têm atendido navios maiores do que a capacidade de seus guindastes de píer.

Quase atingindo a saturação, eles foram obrigados a usar guindastes com um maior alcance tanto para atrair os principais transportadores de contêineres a escalá-los com seus grandes navios como para persuadi-los a permanecer.

As principais linhas de navegação de contêineres têm demonstrado que, em alguns casos, esperarão pela construção e entrada em serviço de maiores guindastes de píer.

Recentemente, mais terminais estão procurando por evidências futuras de que seus investimentos serão recompensados através da aquisição de guindastes de píer maiores do que o necessário atualmente, em antecipação a um aumento do tamanho dos navios. As preocupações principais na aquisição de novos guindastes de pier, necessários na operação de navios maiores, incluem o tamanho, as dimensões e especificações estruturais. Como a velocidade é um ponto central no aumento da produtividade, esta questão está considerada na Tabela 6.3.4.

Tabela 6.3.4 Mudanças nos Guindastes e Particularidades

Itens	Tipo Panamax Padrão	1ª Geração, Post-Panamax	2ª Geração, Post-Panamax	Super Post-Panamax
Ano de Criação	1970	1975	1988	1996
Alcance (m)	Abaixo de 35m	36-43m	44-55m	55-65
Nº de Unidades Sobre o Convés	Abaixo de 13 Fileiras	14-16 Fileiras	18-20 Fileiras	Acima de 23 Fileiras
Alcance de Elevação	(+25.0m)-(-12.5m)	(+27.5m)-(-13.0m)	(+36.0m)-(-15.0m)	(+40.0m)-(-16.0m)
Velocidade de Elevação/min	72-36m/min	125-50 m/min	150m-70m/min	180-90m/min
Velocidade de Movimento/min	125m/min	180m/min	240m/min	240m/min

Fonte: Equipe de Estudo JICA

3) Necessidade de Equipamento de Pátio

A introdução de equipamento de pátio para movimentação de contêiner.

Atualmente, os principais equipamentos de pátio são empilhadeiras do tipo *Reach-Stackers* ou *Top-Lifters*. Entretanto, estes equipamentos são ineficientes para utilização em pátios. Assim, existiriam dificuldades na adaptação ao aumento da movimentação de contêineres no futuro próximo, baseado na demanda de contêineres estimada.

Considerando-se a situação atual, espera-se que seja necessária a introdução de transtêineres sob pneus (RTG) como equipamento de pátio ao redor 2010.

Após a introdução do transtêineres, espera-se que a capacidade atual dos *slots* no pátio se tornem 5 (cinco) vezes maior, e, assim, tornaria-se possível, até 2022, a adaptação ao aumento na movimentação de contêineres na atual área do porto (Ex.: não é necessária expansão na área de estocagem de contêineres).

Para a escolha dos equipamentos de movimentação de contêineres a serem utilizados, são considerados os seguintes sistemas:

- Transtêineres sob pneus (RTGs);
- Transtêineres sob trilhos (RMGs);
- *Straddle Carrier*;
- *Reach Stacker / Top-Lifter*;
- Carretas.

Cada sistema tem suas próprias vantagens e desvantagens como mencionado brevemente na Tabela 6.35. Para selecionar o sistema, devem ser considerados os seguintes itens como elementos essenciais.

Tabela 6.3.5 Comparação dos Sistemas de Movimentação de Contêineres

Tipo de Sistema de Operação	RTGs/RMG	Straddle Carrier	Reach Stacker / Top Lift	Carreta (Chassis)
Área Necessária de Pátio	Pequena	Média	Grande	Muito Grande
Custo de Investimento	Médio	Médio	Baixo	Alto
Equilíbrio com a Capacidade do Guindaste de Pier	Bom	Excelente	Bom	Bom
Eficiência Operacional	Média	Média	Baixa	Alta
Flexibilidade Operacional	Média	Alta	Média	Alta
Proporção de Danos nos Contêineres	Baixa	Média	Alta	Muito Baixa
Custo de Manutenção / Tempo de Reparo	Médio	Alto	Alto	Baixo
Aplicação de Automação por Computador	Fácil	Médio	Médio	Fácil
Custo de Construção do Pavimento	Médio	Alto	Alto	Baixo

Fonte: Equipe de Estudo JICA

4) Necessidade de Movimentação de Contêineres no Pátio (Caminhão e Reboque)

A Introdução de equipamentos de movimentação no Pátio de Contêineres

O caminhão usado no pátio com reboque circula entre a faixa de cais e o pátio de estocagem, e transporta contêineres a serem embarcados ou desembarcados dos navios. Eles também são utilizados para acelerar os movimentos de contêineres dentro do pátio (ex: inspeção, ova/desova e reparos).

3) Dimensionamento dos Equipamentos de Movimentação de Contêineres Necessários

1) Guindastes de Pier (*Quay-Side Gantry Crane - QSGC*) Necessários

O número disponível de guindaste de pier para movimentação de contêineres em terminais de contêineres é um fator preponderante na determinação do tempo de ciclo de navios porta-contêineres. Conseqüentemente, é necessário prover um número ótimo de equipamentos de movimentação de contêineres para assegurar operações eficientes. O número necessário de guindaste de pier para movimentação de contêineres pode ser dimensionado usando a fórmula seguinte em alguns casos:

$$N_{qgc} = A / (T \times 1 \times \dots \times P_{qgc} \times 2 \times E)$$

Onde,

N_{qgc} : Número Necessário de Guindastes de Pier (QSGC);

A: Movimentação Anual: 784.000 TEUs;

T: Número Máximo de Horas de Trabalho Disponíveis por Ano (8.760 horas);

: Taxa de Ocupação do Berço;

(= 55% para o Berço de Contêineres do Terminal Portuário do Pecém)

P_{qgc} : Produtividade dos Guindastes de Pier (27 unidades / hora / equipamento)

1: Disponibilidade e Fator de Pico (= 0,8)

2: Eficiência na Movimentação de Contêineres (= 0,8), e;

E: Fator de Conversão (= 1,72 TEUs / Box)

Cálculo para o Longo Prazo:

$$Nqgc = (8.760\text{hrs} \times 0,8 \times 55\% \times 27 \times 0,8 \times 1,72) = 143.199$$

$$= 784.000\text{TEUs} / 143.199 = 5,54 = 6 \text{ Unidades}$$

2) Equipamentos de Movimentação de Contêineres no Pátio Necessários

Necessidade de Equipamentos de Pátio

Enquanto não existe nenhum sistema de pátio que possa ser identificado como mais apropriado para um tipo específico de área portuária, há algumas tendências que podem ser identificadas em portos de todo o mundo.

Para alguns terminais, a escolha do *layout* do pátio e dos equipamentos é imposta pelo volume de contêineres e espaço de terra disponível.

O impacto principal das estratégias dos transportadores de contêineres na necessidade de equipamentos de pátio se dá na produtividade da área do pátio e no nível de serviço.

a) Equipamentos de Pátio Necessários

O número exigido de transtêineres sob pneus no pátio de estocagem de contêineres é dimensionado utilizando a fórmula seguinte, assumindo-se que todos os contêineres são estocados uma única vez, de forma temporária, no pátio de estocagem.

$$Nrtg = Nrtg_1 + Nrtg_2 + Nrtg_3$$

$$Nrtg = 2 \times Nqgc + (A) / (T \times P_1 \times P_2 \times E) + 2$$

Onde,

Nrtg: Número Necessário de Transtêineres sob Pneus (RTGs) (Unidades);

Nrtg₁: Número Necessário de Transtêineres sob Pneus (RTGs), principalmente para operações no píer (unidades);

Nrtg₂: Número Necessário de Transtêineres sob Pneus (RTGs), principalmente para operações no pátio (unidades);

Nrtg₃: Número Necessário de Transtêineres sob Pneus (RTGs) de reserva para serem utilizados na operação de pré-arrumação, imobilização devido a reparos ou manutenção periódica ou outras circunstância inesperadas (admitido como 2 unidades)

A: Movimentação Anual: 784.000TEUs;

T: Número Máximo de Horas de Trabalho Disponíveis por Ano (8.760 horas);

: Fator de Pico para a média diária de movimentação demandada;

$$= (\text{N}^\circ \text{ Max de Unid Estocadas} + \text{Atividade Max no Gate}) / (\text{N}^\circ \text{ Min de Unid Estocadas} + \text{Atividade Min no Gate})$$

Prtg: Produtividade dos Transtêineres sob Pneus = (18 boxes/hr/unid);

1: Percentual de Disponibilidade = (0,8);

2: Eficiência na Movimentação de Contêineres = (0,8), e;

E: Fator de Conversão = (1,72/TEU/box)

Cálculo para o Longo Prazo:

Movimentação Média em Unidades: $784.000 / 1,72 = 455.814$ unidades

Média por dia: $455.814 / 52 \text{ semanas} / 7 \text{ dias} = 1.252$ unidades

Movimentação máxima por dia: $1.252 \times 1,3 = 1.628$ unidades

Movimentação mínima por dia: $1.252 \times 0,7 = 877$ unidades

Atividade no Portão (excluindo-se transbordo 71:29)

Nº Máximo de Unidades Através do Portão: $1.628 \times 0,7 = 1.140$ unidades

Nº Mínimo de Unidades Através do Portão: $877 \times 0,7 = 614$ unidades

$$= (1.628 + 1.140) / (877 + 614) = 1,86$$

$$\text{Nrtg} = 2 \times 6 \text{ unidades} + (1,86 \times 784.000) / (8.760 \times 0,8 \times 18 \text{ Boxes} \times 0,8 \times 1.72) + 2$$

$$\text{Nrtg} = 12 + 8,40 + 2 = 22,4 = 22 \text{ Unidades}$$

Tabela 6.3.6 Necessidade de Equipamentos de Movimentação de Contêineres

Tipo de Equipamento	Unidades	Especificação
Guindaste de Píer	6	No cais – capacidade para operar navios com até 18 Fileiras
RTGs (com auxílio das Reach-Stacker existentes)	22 (4~5 Unidades de Reach-Stackers)	77' de Distância entre eixos – capacidade para 4 de altura com o quinto espaço livre
Transtêiner sobre Trilhos	1	Tipo Bitola Larga
Equipamentos Auxiliares Existentes		
Móbile Harbour Crane	2	Tipo MHC 300
Reach Stacker / Top Lifter	7	Tipo Variados

Fonte: Equipe de Estudo JICA

3) Número Necessário de Caminhões e Reboques

De acordo com a distância entre o portêiner e o pátio, o tempo de ciclo de uma unidade de caminhão-reboque varia. Além disso, uma estimativa do número necessário de caminhões e reboques para a opção proposta foi avaliado como segue:

Velocidade do caminhão-reboque:	Média de 20 km / h
Tempo de ciclo do portêiner:	2,0~2,5 minutos / contêiner
Tempo de ciclo do transtêiner:	2,5minutos / contêiner
Produtividade do portêiner (2022):	27 unidades / hora
Comprimento e largura do berço de contêineres (2022):	900 m / 300 m

O número exigido de caminhões e reboques para cada operação foi estimado como mostra a Tabela 6.3.7

Tabela 6.3.7 Número Estimado de Caminhões/Reboques Necessários

Ano Alvo		2022
Para operações de embarque/desembarque de contêineres	de de	20 Unidades
Para a movimentação de contêineres no pátio, CFS e área de reparo		Caminhão = +5 Unidades Reboque = +8 Unidades
Total	Caminhões	25 Unidades
	Reboque	28 Unidades

Fonte: Equipe de Estudo JICA

Para os reboques, o número mínimo exigido deverá ser igual ao das unidades principais (caminhões). Além do número mínimo, um número adicional de unidades deve estar preparado para a estocagem temporária de contêineres.

É frequentemente necessário manter um contêiner sobre um reboque no pátio de forma a satisfazer necessidades operacionais ou acelerar as operações com contêineres.

O número exigido de reboques para cada operação foi estimado como mostra a Tabela 6.3.7, considerando inclusive o auxílio citado acima, que foi assumido em 20%. Não somente a operação sistemática, mas também o gerenciamento dos caminhões/reboques é de grande importância nas operações em um terminal de contêineres.

6.3.7 Especificação dos Equipamentos de Movimentação de Contêineres

(1) Portêiner

As especificações de alcance do portêiner que deverá realizar operações em navios porta-contêiner do tipo *Post-Panamax* estão planejada com as dimensões apresentadas a seguir. O esboço do portêiner planejado é mostrado na Figura 6.3.5.

- 1) Sistema de controle anti-balanço;
- 2) Sistema de estabilização do *Spreader*;
- 3) Sistema de monitoramento das atividades;
- 4) Sistema de monitoramento da condição da máquina;
- 5) Sistema de advertência contra vento forte.

Especificações:

- Distância entre trilhos: 30,0m
- Alcance Frontal: 50,0m
- Alcance Anterior: 16,0m
- Capacidade de Içamento: Total 60,0m
- Sobre o nível do trilho: 40.0m

- Abaixo o nível do trilho: 20,0m
- Altura máxima da lança sobre o trilho: 112,5m
- Largura total: 25,6m
- Velocidade de travessia: 240,0m / min
- Tempo de ciclo de içamento da lança: 6 min / ciclo
- Capacidade de içamento: Um Contêiner : 40,0 toneladas
- Dois Contêineres (simultâneos): 60,0 toneladas
- Sem *spreader*: 70,0 toneladas
- Tipo de *spreader* (tipo telescópico): 20', 40' e 45'
- Suprimento de energia através de eletricidade: AC 6.000V, 50Hz, Trifásico

(2) Transtêineres sob Pneus (RTGs)

Os transtêineres estão planejados para ocuparem um espaço de: 4 contêineres empilhados com o quinto espaço de altura usado para passagem, 6 filas de contêineres mais 1 uma pista de tráfego para carretas, com as seguintes especificações, mostradas na Figura 6.3.6.

- 1) Sistema de direção automática;
- 2) Sistema de controle anti-balanço
- 3) Sistema de ajuste do fixador do *Spreader*;
- 4) Direção de 90° graus para mudança da pista de passagem;
- 5) Sistema de monitoramento das atividades.

Especificações:

- Capacidade Nominal (debaixo do *spreader*): 40,0 toneladas
- Tipo de *spreader* (tipo telescópico): 20', 40' e 45'
- Distância entre rodas (interna): 23,5m
- Capacidade de içamento: - mais baixa: Nível do Piso + 0m
- - mais alta: Nível do Piso + 15,2
- Base da roda: Min 6,4m
- Largura total: Max 12,2m
- Número de rodas: 2 rodas / canto (8 rodas totais)
- Suprimento de energia: Motor a diesel que gera eletricidade para o equipamento funcionar

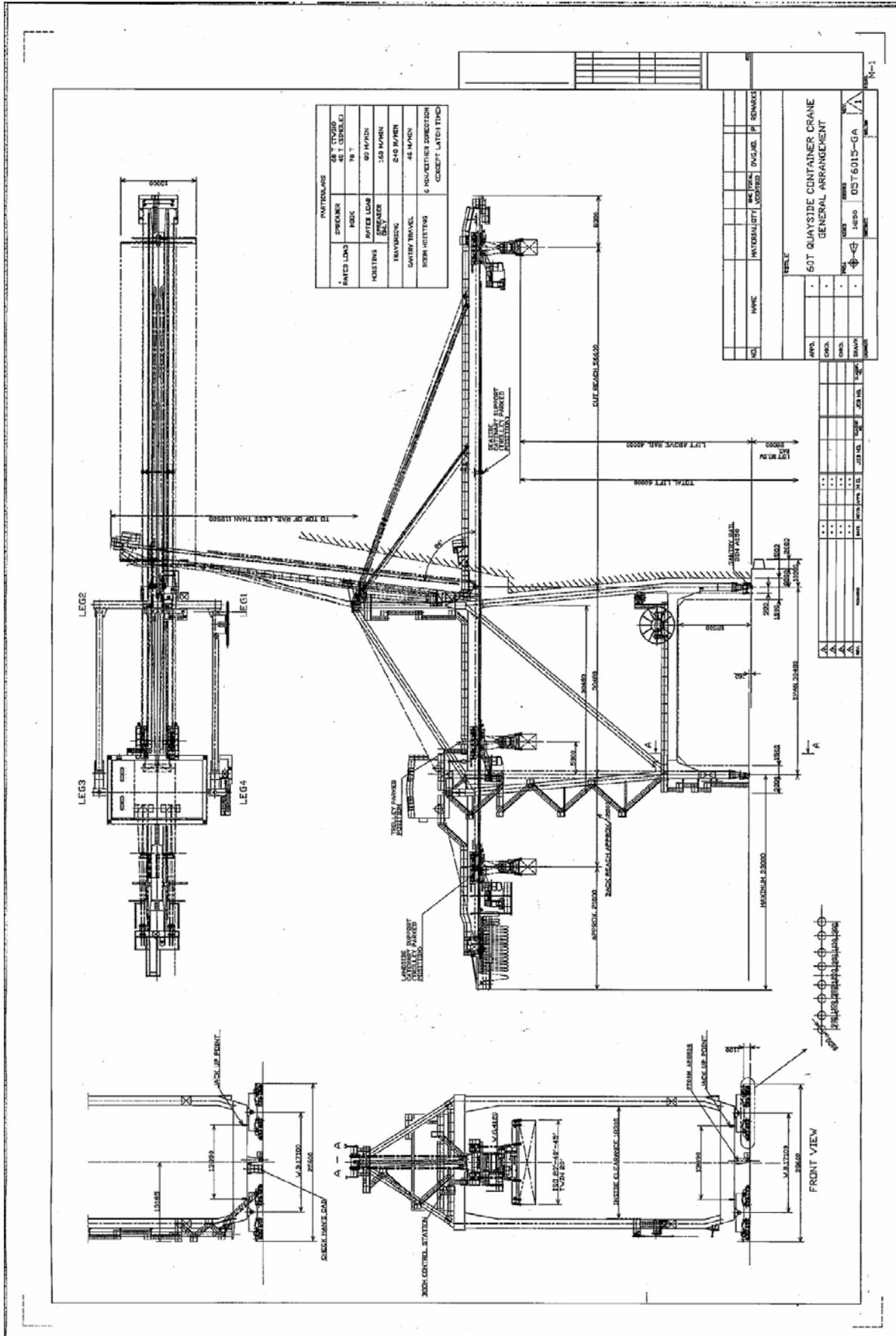


Figura 6.3.5 - Perfil do Porteiner

6.3.8 Sistema Operacional da Carga Geral Convencional

A eficiência operacional dos navios convencionais varia significativamente dependendo da habilidade da mão-de-obra e das ferramentas de manuseio apropriadamente usadas. Para a melhoria das operações com a carga geral e nos armazéns deve-se adotar as seguintes medidas:

1) Aumento da eficiência do transporte entre a faixa de cais e a área de estocagem de contêineres. Aumento do número de equipamentos de manuseio de carga (por exemplo: empilhadeiras tipo garfo) dentro dos armazéns.

2) Saída rápida dos navios que escalam o porto

- Estabelecimento de sistema de informações rápido;
- Introdução de sistema de programação de atracação levando em consideração a eficiência na movimentação da carga.

3) Evitar a contaminação da carga montando uma separação para carga limpa e carga que gere poeira (por exemplo: algodão/produtos de papel e carga suja) no armazém.

(1) Sistema Operacional de Movimentação de Granéis Sólidos

Os principais granéis sólidos previstos de serem movimentadas no futuro próximo são a soja e o urânio mineral, para operações de exportação, e o minério de ferro e fertilizante, na importação, respectivamente. O sistema operacional aplicado para essas cargas abrange equipamentos instalados no píer, assim como correias transportadoras que conectam estes equipamentos aos locais de armazenagem.

O equipamento instalado no pier pode ser usado tanto para o carregamento como para o descarregamento através da troca da parte do cume. No caso de carregamento (embarque), a parte do cume deveria ser trocada por um tubo de cume universal. No caso de descarregamento (importação), deveria ser trocado por uma correia de caçamba vertical. Como o equipamento no pier pode ser usado nas operações de carga e descarga através do método de reversão, pode-se esperar uma redução no investimento de capital.

Entre o pier e a área de armazenamento, existe a conexão através das correias transportadoras. As correias transportadoras, dependendo dos modos de operação, invertem sua rotação. Deve-se prestar atenção as partes de encaixe das correias transportadoras.

Com relação à operação de exportação, a carga é conduzida pela conexão com o silo de forma automatizada. Na importação, através da conexão com a área de armazenamento. O método combinado de *stacker / reclaimer*, almejando a eficiência das operações e redução de custos, possibilita a combinação das funções de pilhas de estocagem e *reclaimer*.

As especificações recomendadas para a correia transportadora estão mencionadas na Tabela 6.3.8.

Tabela 6.3.8 Especificações da Correia Transportadora

Função	Especificação
Capacidade Máxima	2.500 t / hora
Largura da Correia	1.600mm
Velocidade de Transporte	230m/min ~ 280m/min
Carregamento Admissível	600kgs / metro

1) Descarregador/Carregador e *Stacker/Reclaimer* para a Movimentação de Granel Sólido

Com relação aos equipamentos de movimentação para granéis sólidos, tais equipamentos são previamente desenvolvidos e usados exclusivamente para cada tipo de carga.

Entretanto, recentemente, com a diversificação nos tipos de carga, estão sendo usados frequentemente equipamentos de múltiplo-uso que podem movimentar diferentes tipos de carga.

A especificação de tais equipamentos varia amplamente entre os portos que estão introduzindo os mesmos em suas operações.

É essencial que seja proposto antecipadamente ao fabricante um projeto que leve em consideração os aspectos estruturais e a adequabilidade do equipamento para a movimentação das cargas.

Os pontos a serem checados antecipadamente são os seguintes:

- Eficiência por hora (produtividade);
- As características do local onde o equipamento será instalado;
- Qualidade do método de manutenção;
- Custo operacional anual;
- Sistema de alocação e divisão entre cada máquina e função;
- Considerações ambientais relacionadas à área do entorno.

(2) Sistema Operacional dos Granéis Líquidos

O atual sistema de operação aplicado aos granéis líquidos é somente o de transbordo dos navios principais (*mother vessel*) para os navios alimentadores (*feeder*). Se os tanques de estocagem já estivessem instalados, o sistema de transporte de dutos poderia ser utilizado. Entretanto, deve-se lembrar que a eficiência dessas operações depende, em grande parte, do desempenho das bombas e da manutenção dos dutos.

Observam-se, na área ao redor do Terminal Portuário do Pecém, forte ação dos ventos e a presença de ondas *sea* e *swell*. Para evitar a poluição marinha, é necessário ampliar a barreira de óleo e mudar o sistema de colocação da barreira por um sistema automatizado.

6.4 Conexão para a Rede de Transporte Interior

A rede de transporte de terra composta de ferrovias e rodovias ligadas a um porto é um fator determinante da hinterlândia de um porto, assim como a localização dos principais portos vizinhos e suas capacidades, a distribuição de exportadores e importadores e os principais aspectos de suas atividades econômicas. Conseqüentemente, antes de elaborar o Plano de Desenvolvimento de Longo Prazo do Terminal Portuário do Pecém, a futura rede de transporte interior foi imaginada, com base em informações obtidas das autoridades relacionadas com o assunto, inclusive as companhias ferroviárias.

Foi considerado, na elaboração do Plano de Desenvolvimento de Longo Prazo do Pecém, que o projeto ferroviário mostrado a seguir, de construção de novas linhas e melhoria das linhas existentes a serem conectadas ao Terminal Portuário do Pecém, estará completado antes do ano alvo deste estudo (2022).

- Rota: Eliseu Martins – Salgueiro - Missão Velha – Terminal Portuário do Pecém (construção de nova linha de Eliseu Martins até Missão Velha e melhoria, através da troca, da bitola estreita (1m) para bitola larga (1,6m) de Missão Velha até o Pecém em um trecho total de aproximadamente 1.040 km).

Após a conclusão da nova rede de transporte terrestre a linha ferroviária de bitola larga, espera-se que o Terminal Portuário do Pecém funcione como um portão da Região Nordeste e além, para o comércio internacional, de forma a contribuir para as economias regionais do Estado de Ceará, da Região Nordeste e além.

Além das exportações atuais pelo Terminal Portuário do Pecém como frutas frescas, castanhas de caju, camarões, e produtos do setor têxtil produzidos principalmente no Ceará e estados vizinhos, consideram-se ainda como cargas com grande potencial de serem exportadas pelo porto os produtos agrícolas colhidos no Cerrado. Também são consideradas cargas potenciais a serem movimentadas no porto o cimento e/ou o clínquer. A possibilidade de movimentação de produtos do Cerrado é mencionada na próxima seção.

Para receber as novas cargas supracitadas advindas da hinterlândia expandida do porto, que deverão ser transportadas principalmente por ferrovias, é necessário que o Terminal Portuário do Pecém prepare instalações de recebimento de vagões com layout bem projetado e capacidade suficiente de linhas. Nesta visão, foi elaborado o plano de layout de linhas (ver Figuras 6.3.1 – 6.3.4).

6.5 Estudo Hidrológico e Costeiro

6.5.1 Incidentes Envolvendo Navios Atracados no Porto Atual

(1) Investigação de Incidentes Envolvendo Navios Atracados

Houve alguns incidentes no píer nº 1 envolvendo navios atracados relativos à movimentação do navio, desde o início das operações. De acordo com entrevista com pessoas envolvidas, aconteceram incidentes em que os cabos de amarração foram rompidos ou houve colisão entre o navio e a defesa ou o píer. A principal razão para estes incidentes é a onda tipo *swell*. A tabela 6.5.1 apresenta os incidentes envolvendo navios atracados devido a ondas *swell*, de junho de 2004 a maio 2005. Embora a frequência de incidentes durante a estação chuvosa seja muito mais alta que durante a estação seca, estes incidentes aconteceram ao longo do ano.

Tabela 6.5.1 Incidentes Envolvendo Navios Atracados no Píer nº 1 devido a Ondas Swell. (Desde maio de 2004 a junho de 2005)

Atracação		Nome do Navio	Posição	DWT	Condição de Onda			Incidentente
Data	Hora		Atracação		Hs(m)	Tp(s)	Direção	
26/7/2004	6:40	OSTFRIESLAND	P1 Ext - BE	17,800	-	-	-	Incidentes sérios, quebra de cabos, navio em rota de colisão com a ponte, mudança de berço.
26/10/2004	16:45	CALA PARADISO	P1 Int - BB	30,250	-	-	-	Durante a permanência no Porto, 04 linhas de amarração se partiram.
2004/11/10	7:45	CALAPARANA 2	P1 Ext - BE	26,100	-	-	-	Alta instabilidade de navio, apoio contínuo de 02 rebocadores, com prático a bordo, sem freios na ancoragem.
18/1/2005	17:18	CALA PARADISO	P1 Ext - BE	30,250	-	-	-	Ancoragem de proa, 02 cabos partidos, 01 normal, o outro com cabo de aço. Navio muito instável.
22/1/2005	12:45	MSC GIORGIA	P1 Int - BE	29,693	-	-	-	Grande oscilação do navio, houve rompimento de cabos.
2005/2/4	9:55	MAERSK FUNCHAL	P1 Ext - BE	11,150	1.54	7.7	54	Em 02/03 houve a tentativa de atracação, no entanto foi abortada.
2005/2/8	10:20	MARINUS GREEM	P1 Int - BE	?	1.49	10.0	38	Durante o desembarque houve rompimento de cabos.
2005/2/10	15:45	CAP SAN LORENZO	P1 Ext - BB	50,200	1.34	9.1	39	Durante a manobra de atracação, a corda do rebocador Eridanos foi rompida.
2005/3/8	9:25	MAERSK FALMOUTH	P1 Ext - BE	11,150	-	-	-	Desatracação muito perigosa, navio perto do Píer 1, houve colisão com a estrutura na altura do cabeço 07 do berço externo.
20/3/2005	8:15	LAURA MAERSK	P1 Ext - BE	63,200	1.31	13.3	34	Houve rompimento de cabos durante a desatracação.
21/3/2005	14:40	MSC GIOVANNA	P1 Ext - BE	29,693	1.24	13.3	35	Houve rompimento de cordas durante a atracação.
22/3/2005	0:01	MAERSK FUNCHAL	P1 Ext - BE	11,150	1.14	14.3	35	Durante a operação, houve colisão do navio com o Píer 1, cabeço 08, o final da operação e a desatracação foram atencipados.
23/3/2005	13:35	LIBRA SALVADOR	P1 Ext - BE	33,742	1.08	11.8	19	A estrutura do Píer 1 foi danificada, navio colidiu com o cabeço 08.
23/5/2005	10:52	JUNIOR S	P1 Int - BE	?	-	-	-	Atracação com alto grau de dificuldade, presença de Swell, rajadas = 17m/s, ondas 2,5m, visibilidade baixa, chuva torrencial.

Notar

- P1 Pier Nº 1
- Ext Berço externo (lado *off-shore*)
- Int. Berço Interno (lado *on-shore*)
- BE Boreste
- BB Bombordo

A figura 6.5.1 apresenta o espectro de frequência de onda e direção de onda média para cada frequência do incidente que aconteceu em 22 de março de 2005. Neste incidente, o navio com 11.000 DWT, foi atracado no berço externo do píer nº 1. Através das imagens de vídeo, foi observado que o **balanço** e **caturro** eram predominantes na movimentação de navio. Durante este incidente, a altura da onda era bem menor ($H_s=1,1m$) que as características normais de distribuições de frequência de altura de onda em Pecém. Porém, a frequência do pico do espectro da onda era 0,07 Hz ($T_p=14,3s$) e direção da onda média na frequência de pico era 35 graus (NE). Através das imagens de vídeo, o período observado de oscilação do **balanço** para este navio foi de cerca de 14 para 16 s. Este período quase se igualou com o período natural do **balanço** para o mesmo tamanho de navio com condição de carga prevista. Então, este incidente é presumivelmente devido ao fato que a frequência de pico do espectro de onda ter sido igualada com o período natural para este navio.

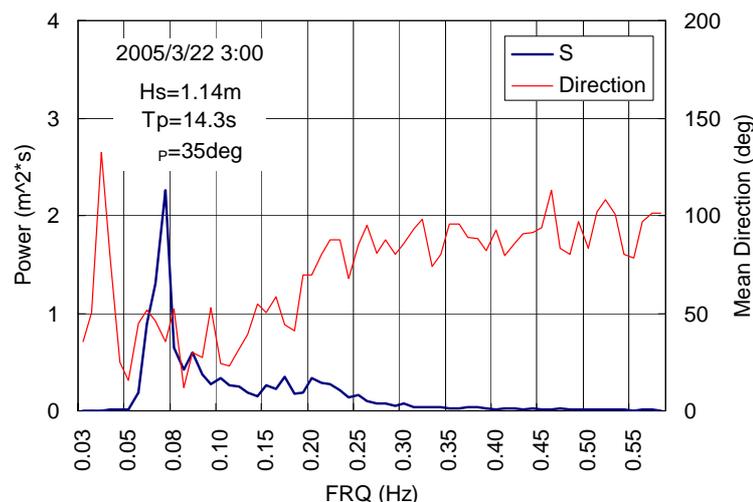


Figura 6.5.1 Frequência do Espectro de Onda Observado e Direção de Onda Média (22 de março de 2005)

(2) Possibilidade de Ocorrer Problemas de Movimentação do Navio

Há dois tipos de ondas de longo período que afetam o problema de movimentação de navio. Elas são ondas *swell* e ondas de período longo (chamadas “*surf beat*”). Os seis tipos de movimentos de navio são caturro, balanço, cabeceio, descaimento, abatimento e arfagem. Geralmente, abatimento, balanço e caturro são causados pelas ondas *swell*, porque o período natural destes movimentos é praticamente idêntico ao período de onda para ondas *swell*, que é de aproximadamente 8 a 30 segundos. Por outro lado, a *surf beat* com um período com mais de 30 a 300 segundos afeta o movimento de descaimento. No caso do Porto do Pecém, as ondas *swell* são a principal razão para a movimentação de navios. Para confirmar isso, o balanço produzido pelas ondas *swell* foi examinado. O período natural de balanço (T_{roll}) é calculado usando a seguinte fórmula:

$$T_{roll} = 2,01 * K_{xx} / GM$$

Aqui,

K_{xx} : Raio de giração (= 0,3 a 0,4 * B, B: Largura do navio(m))

GM : Distância do Centro de Gravidade ao Metacentro (m)

A tabela 6.5.2 mostra o período natural calculado de balanço para cada tamanho de navio de contêiner, que chega no porto do Pecém. O valor de GM muda para cada condição de carga. Neste estudo, o valor de GM foi calculado com a suposição que o GM abaixo de condição de carga completa é 0,04*B e que os navios de contêiner que chegam têm 70% da condição de carga completa. O período natural calculado de balanço varia de 13s a 20s, de acordo com cada tamanho de navio. Isto é, há uma possibilidade de ocorrer problemas de movimentação do navio quando a magnitude do espectro de frequência de onda com quase o mesmo período correspondente ao período natural para o navio, ficar alta. A figura 6.5.2 mostra a frequência e distribuições acumuladas durante o período de onda que corresponde ao pico de frequência do espectro de onda (T_p). Aproximadamente 10% das ondas observadas ao longo do ano têm o período que excede 13 s. A possibilidade de ocorrer problemas de

movimentação de navio no Pecém a qualquer momento é igual ou maior que a frequência de distribuição de ondas com períodos similares aos do navio.

Mais adiante, como mostrado no Capítulo 3, o espectro de frequência de onda no Pecém tem normalmente dois picos que correspondem a componentes de ondas *swell* e *sea*. Quando a energia de ondas *sea* excede as de ondas *swell* e o primeiro pico do espectro aparece na frequência correspondente para o componente de ondas *sea*, o valor representativo para o período de onda (T_p) fica menor. Mas a questão sobre ondas *swell* também existe. Isto é, embora o valor representativo para período de onda seja curto, há uma possibilidade de causar os mesmos problemas.

Para melhorar a condição atual dos navios atracados, é necessária a expansão do quebra-mar oeste. O comprimento necessário da expansão do quebra-mar é apresentado na Seção 6.5.2 do Capítulo 6 e 9.5.2 do Capítulo 9.

Tabela 6.5.2 Período Natural Calculado de Balanço

DWT	B (m)	K_{xx} (m)	GM (m)			Período Natural de Balanço (s)		
			Full	Full*0.7	Light	Full	Full*0.7	Light
10,000	21	7.4	0.84	1.19	2.00	16.1	13.6	10.4
20,000	25	8.8	1.00	1.30	2.00	17.6	15.4	12.4
30,000	29	10.2	1.16	1.53	2.39	18.9	16.5	13.2
40,000	32	11.2	1.28	1.60	2.34	19.9	17.8	14.7
50,000	34	11.9	1.36	1.65	2.33	20.5	18.6	15.7
60,000	37	13.0	1.48	1.74	2.33	21.4	19.8	17.1

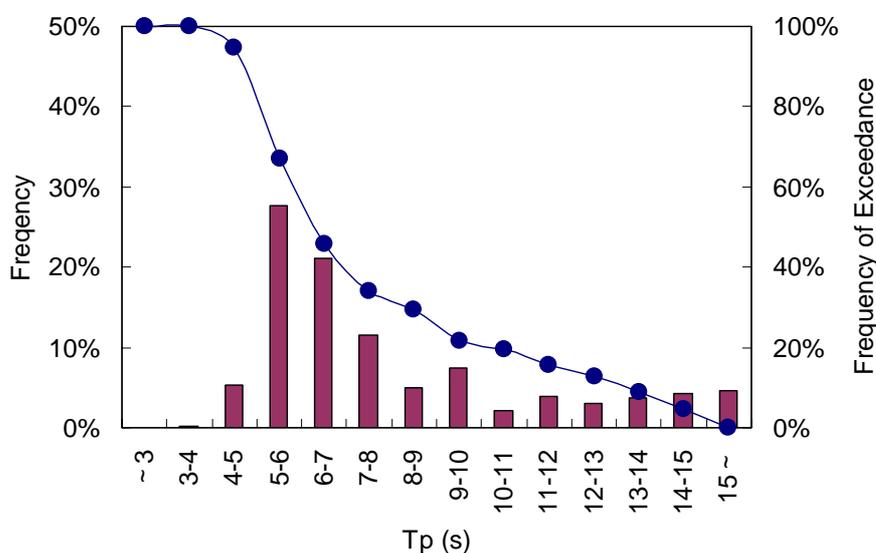


Figura 6.5.2 Frequência e Distribuições Acumuladas para o Período de Onda (T_p)

6.5.2 Estimativa do Índice de Calmaria

O *layout* dos quebra-mares *off-shore* para o plano de desenvolvimento de longo-prazo deve ser determinado de maneira a se manter a calmaria necessária dentro da baía. Para estimar a distribuição de altura de onda dentro da baía, que é necessária para estimar o índice de calmaria, foi realizado um programa computacional do campo de onda. Para estimar a altura de onda dentro da baía com grande precisão, a difração,

refração e a reflexão de onda devem ser consideradas sob as condições esperadas do campo de onda com espectros de onda direcionais. Alguns modelos numéricos foram propostos, porém, atualmente os modelos que podem considerar as condições acima mencionadas são muito limitados.

Uma das causas do erro na estimativa do índice de calmaria no Píer N.º 1 existente foi a falha em considerar os espectros de onda direcionais no teste do modelo físico. Neste estudo, o modelo do programa computacional recém desenvolvido, “*Time-Dependent Mild Slope Equation on Multi-Directional Irregular Waves*” (Ishii e Isobe, 1994¹), foi aplicado para permitir a estimativa do índice de calmaria considerando quase todas as condições do campo de onda real. Os dados de entrada usados nesse programa computacional são mostrados na Tabela 6.5.3. Aqui, S_{max} é o parâmetro que representa o grau de propagação direcional da Energia de Onda. De acordo com as Normas Técnicas do Japão (1999), S_{max} é fixado em 10 para ondas de vento e 25 para ondas *swell*. Já que não é necessário considerar a quebra das ondas para a estimativa do índice de calmaria dentro da baía, isso foi eliminado nesse programa computacional.

Tabela 6.5.3 Dados de Entrada para a Análise do Campo de Onda

Direção de Onda	T1/3(s)	Smax	Nível de Água	Observação
NNE	10	30	MSL	Ondas <i>Swell</i>
NE	10	30	MSL	Ondas <i>Swell</i>
ENE	8	20	MSL	Ondas <i>Sea</i>
ESE	7	10	MSL	Ondas <i>Sea</i>

Para obter a distribuição de frequência para altura e direção de onda, que é necessária para a predição do índice de calmaria, foi adotada a distribuição de frequência recentemente verificada com dados diários existentes de 1997 para 2000 (recorra ao Capítulo 3). Nas Normas Técnicas e comentários das Instalações Portuárias no Japão (1999), é especificado que o aparecimento da frequência de altura de onda que não excede 0,5m seja alcançada em 97,5% dos dias do ano ou mais, para os navios de médio e grande porte. De fato, a altura limiar de onda (H_{allow}) para manuseio de carga deveria ser determinada considerando as condições de onda, tipo, tamanho do navio e características do manuseio da carga. Navios de contêiner geralmente requerem um alto grau de índice de calmaria comparado com navios de cargas gerais. Além disso, tem sido mostrado que o índice de calmaria no porto situado *off-shore* fica menor devido a ondas de período longo (ondas *Swell*). Para lidar com as condições mencionadas acima, é necessário determinar a altura limiar de onda (H_{allow}) considerando o limite de amplitude da movimentação do navio. O limite de altura de onda para cada tipo de navio foi apresentado em uma nova edição do Manual de Projeto Japonês para ondas de longo período, incluindo ondas *swell* (2004). A Tabela 6.5.4 mostra o limite da altura de onda para o manuseio de carga containerizada. Como o período de onda fica mais longo e a direção de onda para o navio fica maior, o limite de altura da onda se torna consideravelmente menor que 0,5m.

Embora o período de onda mais frequente ao longo da costa do Porto do Pecém seja de 5 a 6 segundos, existem aproximadamente 20% de distribuições de frequência de período de onda de mais de 10 segundos ao longo do ano. Considerando esta condição de onda junto com a localização *off-shore* do Porto do Pecém e o manuseio de carga para containerizada, é esperado que a altura limiar de onda seja muito menor que 0,5m. Conseqüentemente, o índice de calmaria para o berço de contêiner proposto e para o píer N.º 1 existente foi estimado usando ambas as alturas limiares de onda de 0,5m e

0,3m. Os índices de calmaria para os outros berços foram estimados usando a altura limiar de onda de 0,5m.

O mapa de localização dos pontos de estimativa do índice de calmaria é mostrado na Figura 6.5.3.

Tabela 6.5.4 Altura Limiar de Onda para o Manuseio de Carga Containerizada (Unidade: m)

Tamanho do Navio (DWT)	Direção de Onda (grau)	Período de Onda (s)					
		4	6	8	10	12	15
20.000 DWT	15	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45
	30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40
	45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,20
	60	0,50	0,50	0,50	0,25	0,20	0,20
30.000 DWT	15	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45
	45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,45	0,15
	60	0,50	0,50	0,50	0,40	0,20	0,20
40.000 DWT	15	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20
	60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25	0,20
50.000 DWT	15	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	45	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25
	60	0,00	0,50	0,50	0,50	0,25	0,20

(Fonte: Manual de Avaliação para Ondas de Longo Período na Bacia do Porto, 2004)

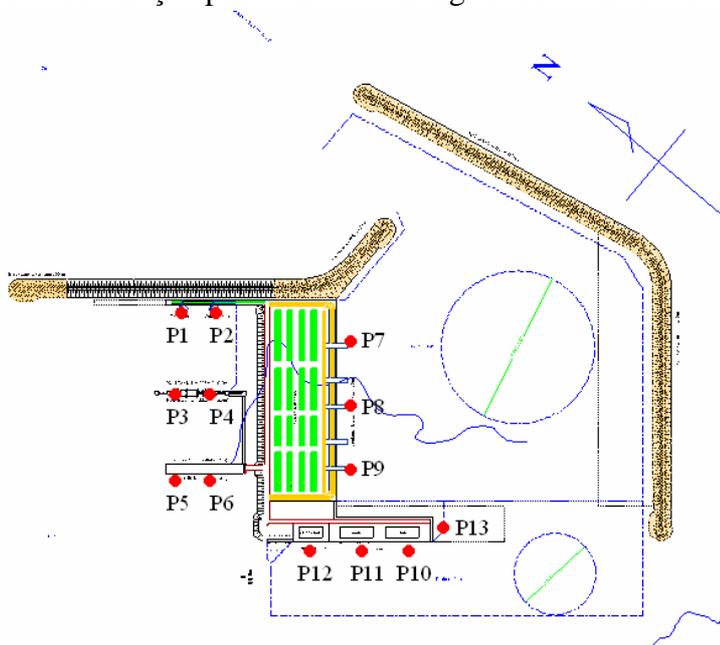


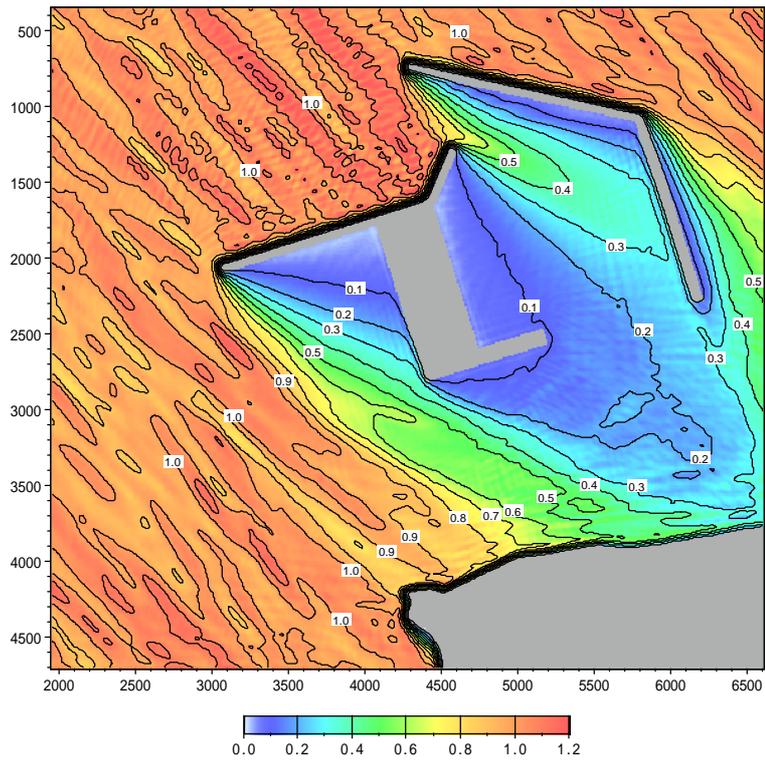
Figura 6.5.3 Pontos de Estimativa do Índice de Calmaria

As Figuras 6.5.4 e 6.5.5 mostram os resultados do programa computacional para o campo de onda para cada direção de onda incidente.. A região de abrigo das ondas é mudada correspondendo à diferença de direção de onda incidente. A tranqüilidade de onda ao lado de bacia existente piora quando as ondas *swell* são propagadas da direção NNE a NE. Por outro lado, um alto grau de tranqüilidade de onda pode ser assegurado

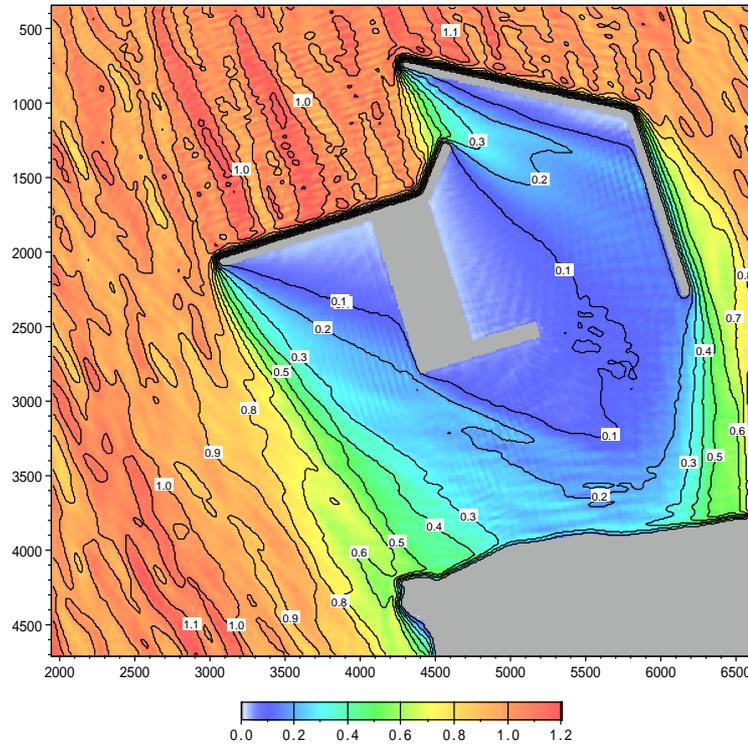
para todas as direções de onda incidentes ao lado da nova bacia. A Tabela 6.5.5 mostra o índice de calmaria obtido em cada ponto do berço.

- Os novos berços de contêiner e de grãos propostos podem ser protegidos de ambas as ondas *swell* e *sea* devido à construção dos quebra-mares Principal e Secundário, e o índice de calmaria pode ser assegurado em 100%, até mesmo no caso de altura limiar de onda de 0,3m.
- O prolongamento do quebra-mar oeste é necessário para assegurar o índice de calmaria exigido no Píer N. ° 1 existente. O índice de calmaria na ponta do Píer N. ° 1 pode melhorar de 89,3% a 95,7% na ponta (ponto n. ° 4) com o prolongamento de 300 m do quebra-mar oeste. O píer n. ° 3 (berço de múltiplo-uso e frutas) também pode assegurar 100% do índice de calmaria.

O índice de calmaria no Píer N. ° 0 é também mostrado na tabela 6.5.5 como referência, apesar dessa instalação não estar incluída nesse estudo. Assumindo $H_{cr} = 50\text{cm}$ como altura limiar de onda no Píer N. ° 0, o mesmo que o Píer N. ° 2, o índice de calmaria obtido é 89,2% e 91,3% na ponta e no centro do píer, respectivamente. Esse índice de calmaria é pior que o do Píer N. ° 1 na atual condição. Se for necessário um índice de calmaria de valor superior, um prolongamento maior do quebra-mar oeste será necessário para prevenir a invasão das ondas *swell*. Este estudo é apresentado no Anexo A.6.5.2.

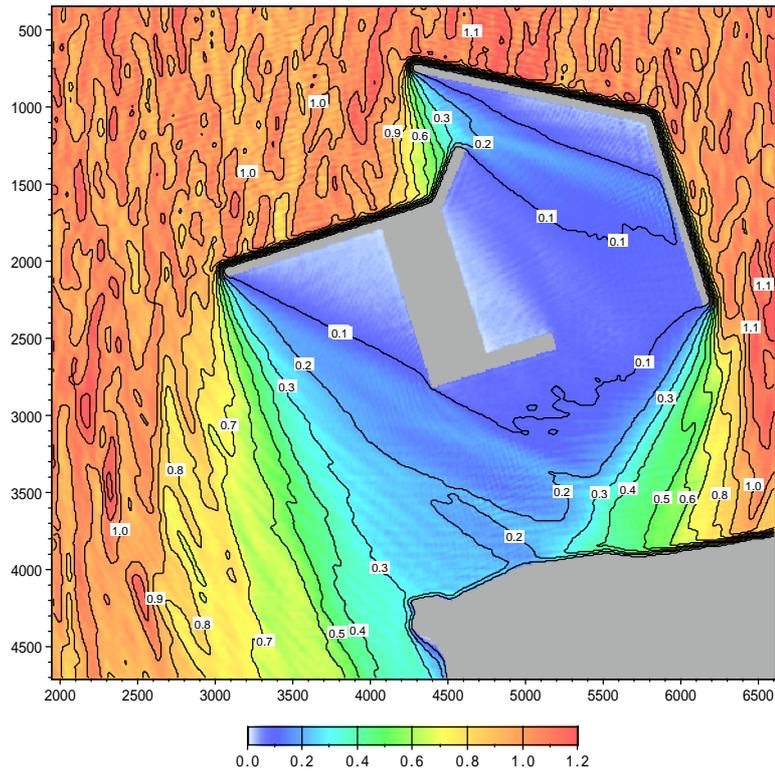


(1) Direção de Onda NNE (T=10seg, Smax30)

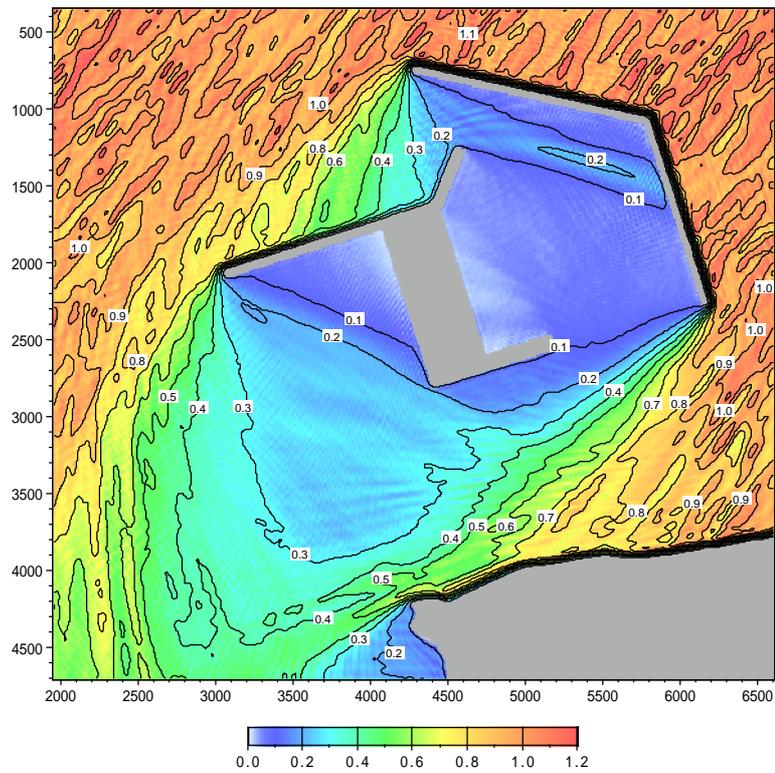


(2) Direção de Onda NE (T=10seg, Smax30)

Figura 6.5.4 Distribuição da Taxa de Altura de Onda (H/H_i)



(3) Direção de Onda ENE (T=8seg, Smax20)



(4) Direção de Onda ESE (T=7seg, Smax10)

Figura 6.5.5 Distribuição da Taxa de Altura de Onda (H/H_i)

Tabela 6.5.5 Índice de Calmaria Estimado em Cada Berço

Berço	Posição	Ponto N.º	Plano de Longo-prazo		Atual	
			Hcr<50cm	Hcr<30cm	Hcr<50cm	Hcr<30cm
Pier N.º 3	Ponta	1	-	100	-	100
	Centro	2	-	100	-	100
Pier N.º 2	Ponta	3	100	-	93,0	-
	Centro	4	100	-	100	-
Pier N.º 1	Ponta	5	95,7	70,3	89,3	29,1
	Centro	6	99,2	91,9	93,0	64,0
Pier N.º 0 (para Referência)	Ponta	7	89,2	-	-	-
	Centro	8	91,3	-	-	-
Berço de Contêiner	Ponta	9	100	100	-	-
	Centro	10	100	100	-	-
	Fundo	11	100	100	-	-
Berço de Grãos	Ponta	12	100	-	-	-

6.5.3 Estudo do Impacto Costeiro

O *layout* atual do porto com berço *off-shore*, foi definido a fim de evitar o transporte litorâneo de sedimentos para o oeste ao redor desta área da costa. A previsão do impacto para costa circunvizinha é um dos estudos mais importantes na avaliação dos impactos ambientais para plano de desenvolvimento futuro do porto.

INPH e DHI (1997) realizaram o estudo de impacto costeiro para o porto existente e para o TEP, que foi construído durante período de implementação.

No porto do Pecém, o monitoramento da linha da costa com 4 km de extensão foi continuamente realizado e fotos aéreas e de satélite também foram tiradas desde antes da construção do porto. Estes dados estão disponíveis para saber a real mudança do litoral depois da construção.

Neste estudo, o impacto para a costa circunvizinha no plano de desenvolvimento de longo prazo foi previsto usando o método de programa computacional, com os dados do monitorando e fotos aéreas e de satélite como dados de recorrência.

(1) Características do Transporte Litorâneo

Na área do Pecém, é óbvio que o transporte litorâneo de sedimentos para o oeste é dominante. Da forma geográfica da linha da costa mostrada na fotografia de satélite (Fotografia 6.5.1), existem alguns promontórios rochosos na área de Fortaleza a Pecém. Os promontórios rochosos proeminentes ao redor desta costa são "Ponta do Mucuripe" e "Ponta do Pecém".

O lado oeste da costa do outro lado do promontório é curvo e o lado leste mantém uma linha quase reta. Isto significa que o transporte litorâneo de sedimentos para o oeste é bloqueado pelo promontório rochoso.



Fotografia 6.5.1 Forma Geográfica ao Redor da Costa do Pecém

Dos estudos prévios, o transporte litorâneo anual líquido no porto do Mucuripe foi estimado em aproximadamente 600.000 m³ / ano (VALENTINI, 1997) a 876.000m³ / ano (INPH, 1992). Por outro lado, o transporte litorâneo anual líquido na área do Pecém foi estimado aproximadamente na ordem de 350.000m³ / ano (INPH & DHI, 1997).

O transporte litorâneo de sedimentos para o oeste é causado por ambas as ondas *sea* e *swell*. As ondas *sea*, que chegam à costa com grande ângulo, causam um forte transporte litorâneo de sedimentos para o oeste no lado leste da Ponta do Pecém. Ao longo do lado oeste do promontório, o transporte litorâneo é fortemente reduzido devido ao efeito de abrigo da Ponta do Pecém. A redução do transporte litorâneo e a mudança de orientação da linha de costa no lado oeste do promontório, causam a acumulação de sedimento no lado oeste do promontório. No caso de domínio da onda *sea*, um banco de areia é criado a sotavento do promontório. As ondas *swell* causam o transporte de sedimento, que é dirigido para leste do lado oriental da Ponta do Pecém e para oeste do lado ocidental. Este padrão de transporte neutraliza a acumulação de sedimento ao redor do promontório. O transporte de sedimento líquido do lado oriental diminui devido à ação das ondas *swell*. Do lado ocidental da Ponta do Pecém, as ondas *swell* criam um transporte de sedimento para o oeste adicional.

O padrão do transporte litorâneo para ondas *sea* e *swell* é mostrado na figura 6.5.6.

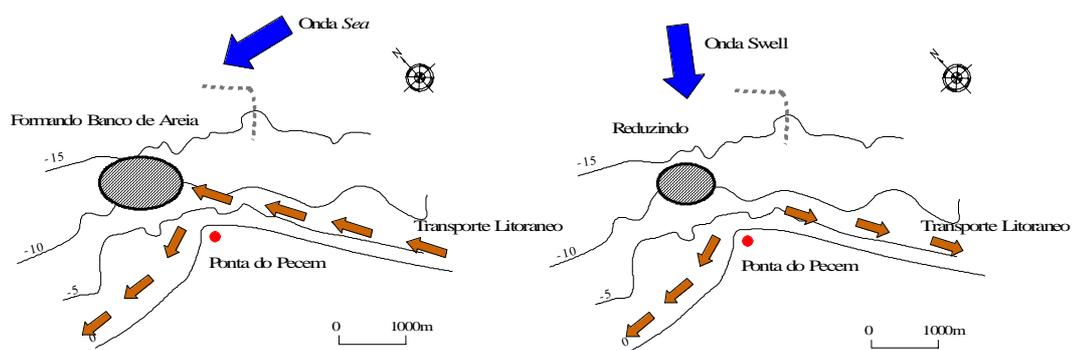
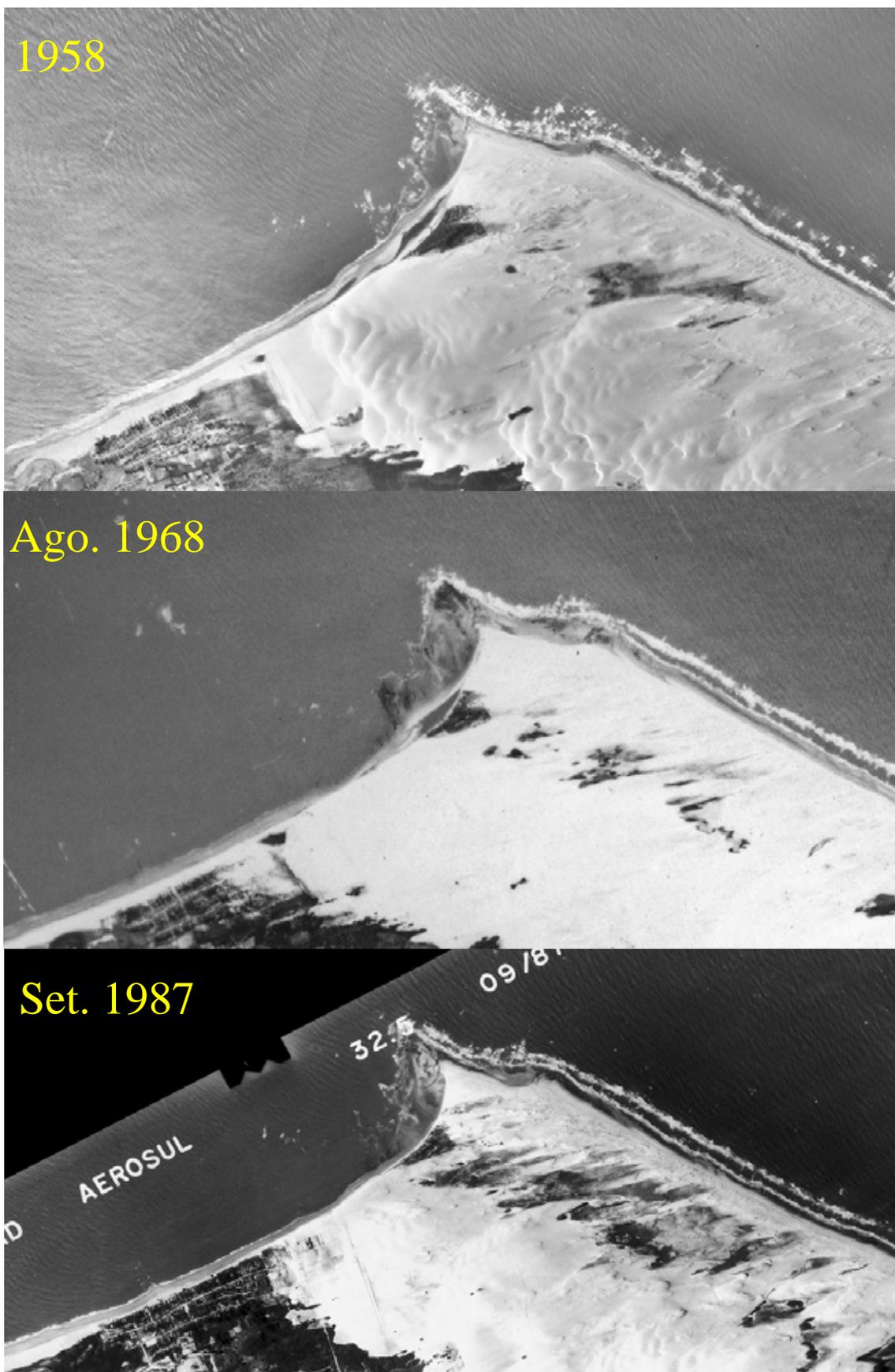


Figura 6.5.6 Padrão do Transporte Litorâneo para Ondas *Sea* e *Swell*

(2) Processo de Mudança da Linha da Costa

1) Antes da Construção do Porto

No estudo do impacto costeiro anterior, que foi realizado pelo INPH & DHI (1997), o recuo da linha de costa em frente à vila do Pecém antes da construção do porto foi de aproximadamente 50 m durante os últimos 25 anos, pelas análises de fotografias aéreas. O Grupo de Estudo JICA também realizou a mesma análise usando as fotografias aéreas e de satélite.



Fotografia 6.5.2 Linha da Costa ao Redor do Porto do Pecém em 1958, 1968 e 1987

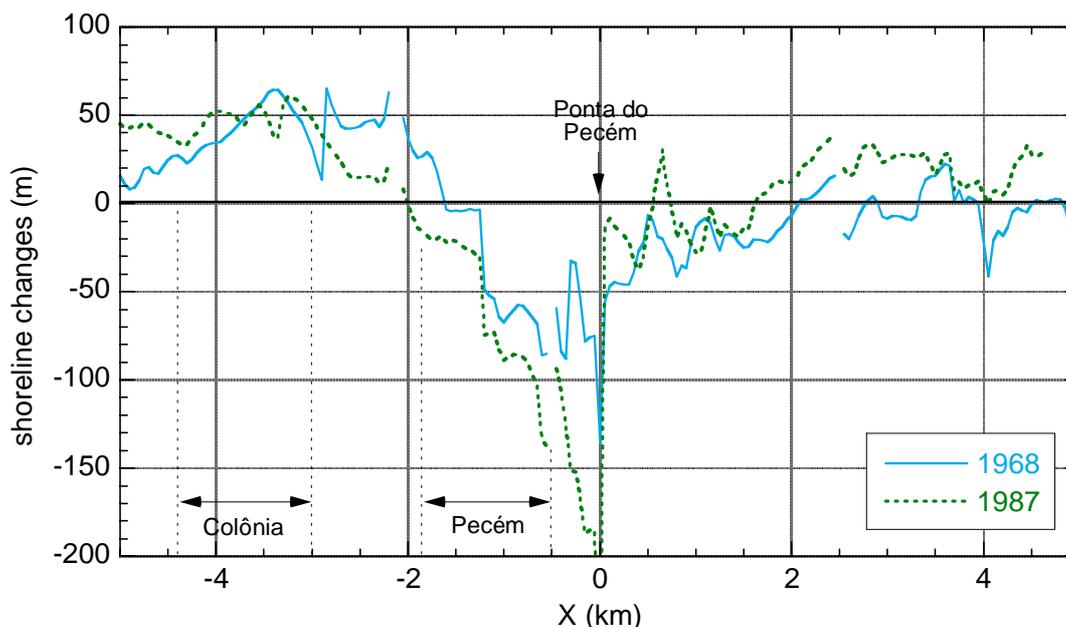


Figura 6.5.7 Mudança da Linha da Costa (Ano de Referência - 1958)

A fotografia 6.5.2 mostra as fotos aéreas processadas ao redor do porto do Pecém em 1958, 1968 e 1987 com a mesma área e escala, e a Figura 6.5.7 mostra a mudança da linha da costa com uma distância de aproximadamente 20 km ao redor da área da costa do Pecém, que foi traçada através das fotos aéreas processadas. Aqui, a linha da costa em 1958 foi usada como dado de linha de base. Este resultado tem algum grau de erro, devido à falta de informação a respeito das condições de maré, porém, foi observado que a linha da costa da Ponta do Pecém até a vila do Pecém obviamente recuou desde 1958, em aproximadamente 60 m durante 30 anos (aproximadamente 2 m/ano). Especialmente, um recuo notável foi causado a partir de 1968 a 1987. Da fotografia 6.5.2, foi observado que a área coberta pela vegetação (parte escura na fotografia) sobre a duna costeira se expandiu durante este período. O índice pluviométrico de 1984 a 1986 foi maior que 2.000mm/ano e foi muito superior à média. Isso pode ter causado as mudanças nas dunas. O transporte de areia das dunas é uma das principais formas de aporte de areia na costa do Pecém. A partir disto, a mudança na condição da duna pode causar o recuo na costa do Pecém. No lado oriental da Ponta do Pecém, não foi observada uma diferença notável entre os anos de 1958 a 1996.

2) Durante e Depois de Período de Construção

A linha da costa ao redor do porto do Pecém durante e depois da construção do porto existente é mostrada na fotografia 6.5.3. Aqui, a fotografia de satélite de 2005 foi obtida recentemente pelo Grupo de Estudo JICA. Durante o período de construção, o molhe temporário (TEP) foi concluído em março de 1997 e removido no primeiro semestre de 2001. O quebra-mar *off-shore* foi construído em aproximadamente 3 anos, desde o começo de 1999 até dezembro de 2001. Da diferença entre as fotografias em Dezembro de 1997 e em Março de 2001, é óbvio que houve um acúmulo na linha da costa no lado leste do TEP e um recuo na linha da costa no lado oeste da vila do Pecém. Depois da remoção do TEP, a areia acumulada no lado oriental do TEP deslocou-se para o lado ocidental e formou o banco de areia no lado ocidental da Ponta do Pecém, como mostrado na fotografia em Dezembro de 2001 (fotografia

6.5.4). Esse banco de areia se expandiu para o oeste, e a linha da costa em frente à vila do Pecém se recuperou voltou em direção a posição anterior.

A Figura 6.5.8 mostra a comparação da mudança da linha da costa que foi obtida do monitoramento desde 1996 até 2004. Nesta figura, a linha da costa obtida em 1996, que mostra a condição antes da construção, foi tomada como. Depois de construção do TEP, o transporte litorâneo para o oeste estava completamente bloqueado e isto causou a acumulação da linha da costa no lado oriental da Ponta do Pecém e o recuo no lado ocidental. A mudança da linha da costa ocorreu principalmente em 1 ou 2 anos depois de construção do TEP. A linha da costa do lado oriental (lado de onde vem o sedimento) do TEP acumulou aproximadamente 180 m no máximo depois da construção do TEP. O transporte litorâneo anual líquido pode ser estimado medindo o tamanho da área de acumulação junto com a profundidade ativa para a movimentação de sedimento (d_{act}). O tamanho da área de acumulação pode ser medido aproximadamente em 78.000 m² durante 2 anos através da análise de fotografia aérea e 40.000 m² durante 1 ano através do resultado do monitoramento. A profundidade ativa para a movimentação de sedimento d_{act} é estimada em aproximadamente 7 a 9m considerando a condição de onda do Pecém e outros exemplos, o transporte litorâneo anual Q (m³/ano) pode ser bruscamente estimado em aproximadamente 280.000 a 360.000 m³/ano. Este volume é quase da mesma ordem do estudo prévio (INPH & DHI, 1997).

No lado ocidental (lado para onde vai o sedimento) do TEP, o recuo de linha da costa foi aproximadamente de 200 m no máximo a sotavento do TEP, e aproximadamente de 30 a 40 m em frente da vila do Pecém. A fotografia 6.5.5 mostra a foto que foi tirada em fevereiro de 2001 e agosto de 2005, quase na mesma posição em frente da praia perto da igreja do Pecém. A altura da berma em 2001 era aproximadamente 1,5 a 2,0m mais baixo que em 2005. O declive da praia é aproximadamente 1/20 da seção transversal do resultado do monitoramento, e a mesma largura do recuo com 30 a 40 m pode ser visto na fotografia 6.5.5.

A Figura 6.5.9 mostra a mudança na linha da costa em Agosto de 2004 e em Novembro de 2005. Aqui, a linha da costa em 1987 é usada como dado de referência. Se o movimento de deposição de areia na Ponta do Pecém for contínuo, a linha da costa no lado leste deve recuar e do lado oeste acumular. No entanto, uma mudança notável na linha da costa não é observada entre 2004 e 2005. A partir disto, é esperado que a mudança drástica causada pela construção e remoção do TEP esteja quase no fim. A saber, o impacto costeiro devido ao porto existente pode ser mostrado a partir de agora através do monitoramento da linha da costa.



Dez.1997



Mar.2001



Fotografia 6.5.3 Linha da Costa ao Redor do Porto do Pecém em 1996, 1997 e 2001



Fotografia 6.5.4 Linha da Costa ao Redor do Porto do Pecém em 2001, 2004 e 2005

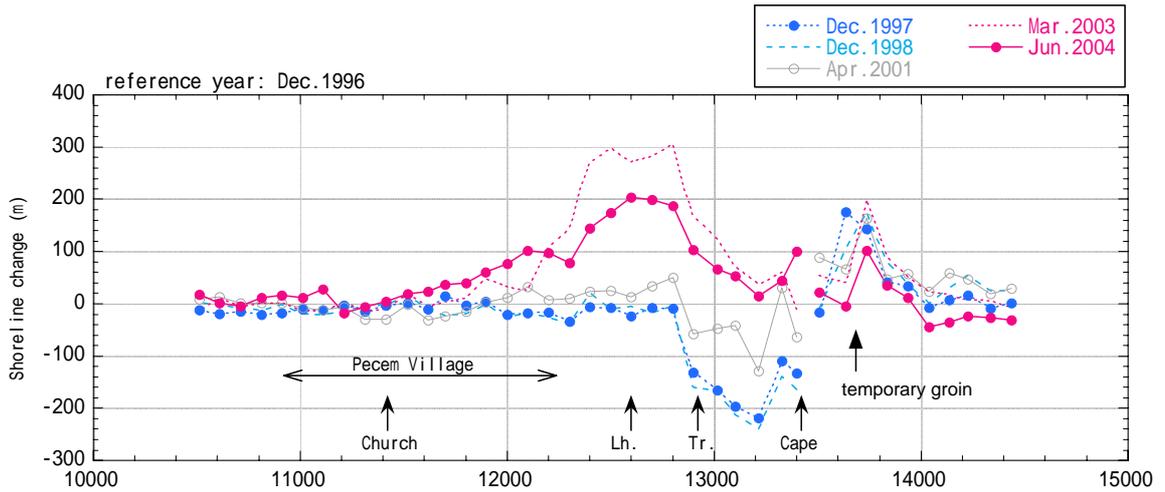


Figura 6.5.8 Mudança da Linha da Costa Obtida Através do Monitoramento desde 1996 até 2004 (referência 1996)



Fevereiro 2001



Agosto 2005

Fotografia 6.5.5 Comparação da Altura da Berma

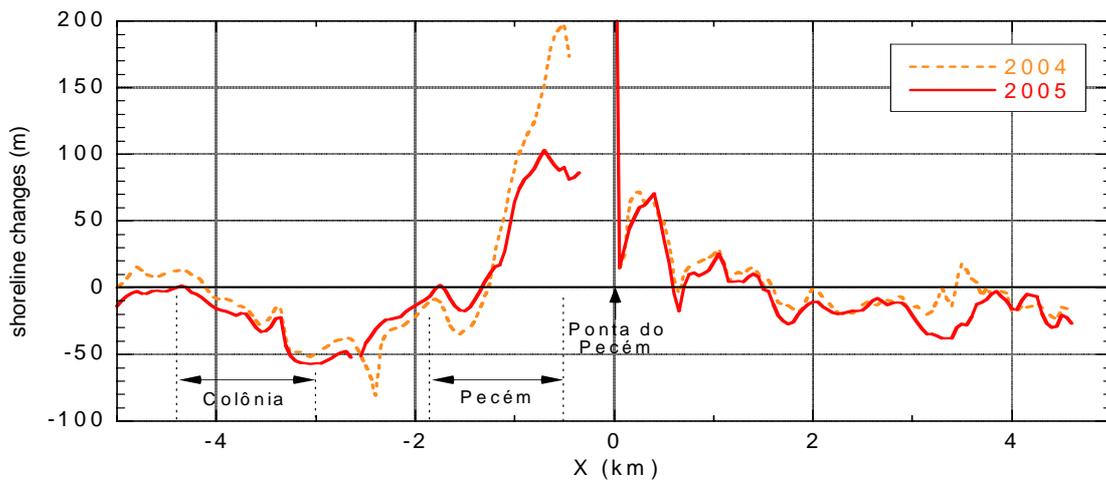


Figura 6.5.9 Mudança da Linha da Costa (Ano de Referência - 1958)

(3) Análise de Reprodução

O método do programa computacional foi adotado para prever a mudança do litoral na condição futura. Para isto, é importante conferir a exatidão da reprodução entre fenômenos computacionais e reais. Os dados do monitoramento durante o trabalho de implementação foram adotados como os dados de reprodução, porque a mudança da linha da costa típica foi observada antes, durante e depois da construção do TEP.

O programa computacional foi realizado usando o modelo recentemente melhorado *multi contour line* (Serizawa, 2003). Este modelo não só pode considerar o transporte de sedimento ao longo da costa, mas também o transporte de sedimento na direção *on-offshore*.

A figura 6.5.10 mostra o resultado da computação de reprodução desde o ano de 1996 a 2001, sob a condição da existência do TEP. Embora algum grau de diferença entre resultado computacional e medição seja observada do lado para onde vai o sedimento, o resultado computacional para o lado de onde vem o sedimento é bem de acordo com medição.

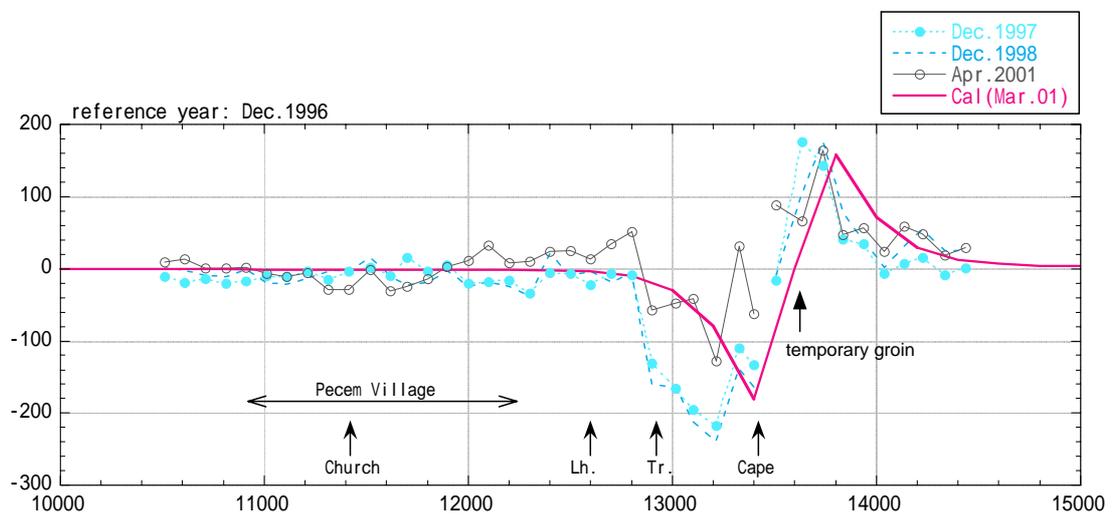


Figura 6.5.10 Comparação da Mudança da Linha da Costa Computacional e de Medição (Durante o Período de Construção)

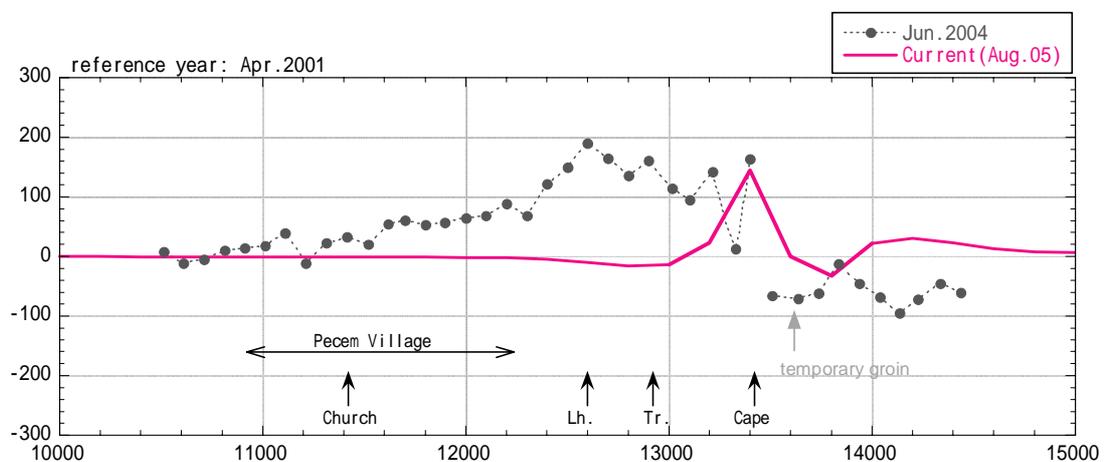


Figura 6.5.11 Comparação da Mudança da Linha da Costa Computacional e de Medição (Depois da Remoção do TEP)

A figura 6.5.11 mostra a linha da costa prevista depois da remoção do TEP. A tendência da areia acumulada no lado oriental do TEP se deslocar em direção do lado ocidental e se acumular atrás da região de abrigo das ondas é bem assentida. Este resultado reproduz bem os atuais fenômenos reais causados perto da Ponta do Pecém.

(4) Impacto Costeiro para o Plano Futuro

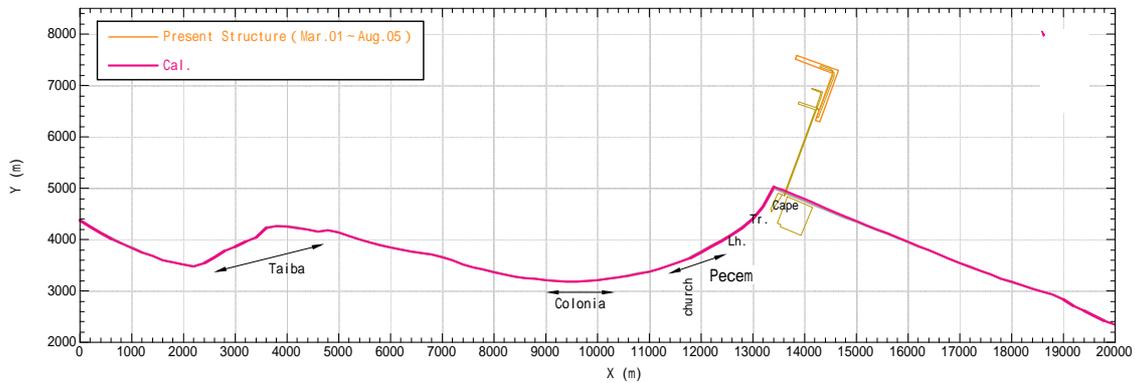
O impacto costeiro para o do *layout* do plano de desenvolvimento do porto de longo prazo foi examinado usando o mesmo modelo do programa computacional. O ponto de consideração é conhecer o grau de impacto do *layout* do plano de desenvolvimento de longo prazo, comparando com aquele do *layout* do porto existente. Mais adiante, a computação para o caso do tipo quebra-mar *off-shore* como o porto do Pecém e o caso do tipo com molhe, que é expandido do lado da terra, o mesmo que o TEP ou o quebra-mar do Porto do Mucuripe, também foi computado para saber o impacto costeiro devido a diferença de *layout* dos quebra-mares. No programa computacional, assumiu-se o transporte litorâneo de 300.000 m³/ano como sendo a condição de fronteira, a barlamar do terminal. É complicado lidar com a influência da Ponta do Pecém sob a condição de equilíbrio dinâmico do transporte litorâneo, assim como a costa do Pecém na modelagem numérica. Por essa razão, o modelo numérico foi simplificado para omitir a influência da Ponta do Pecém, a fim de ficar claro apenas a influência do *layout* dos quebra-mares.

As figuras 6.5.12 e 6.5.13 mostram a linha da costa prevista depois de 10 e 20 anos para o *layout* do porto existente e do plano futuro proposto, respectivamente. A figura superior mostra a forma prevista da linha da costa, a figura do meio mostra a mudança da linha da costa baseada na linha da costa inicial (atual) e a figura inferior mostra o transporte litorâneo anual líquido ao longo da linha costeira.

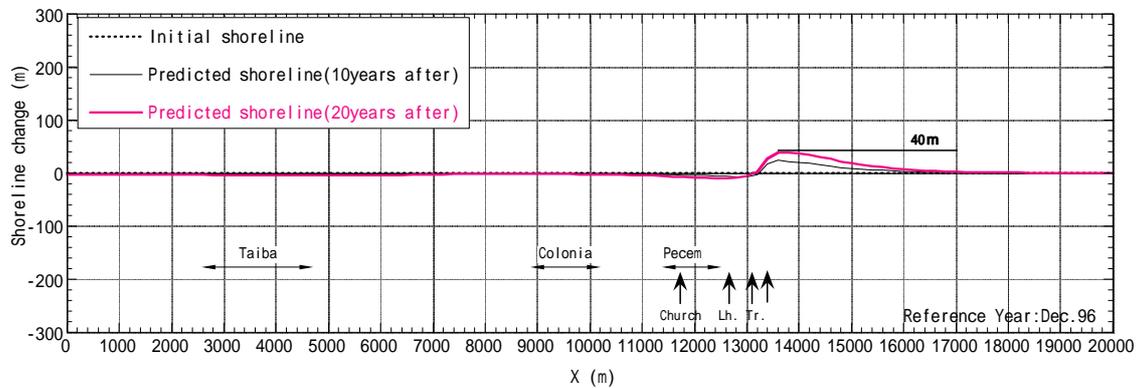
- No caso do futuro plano proposto, uma grande área de acumulação é formada atrás do quebra-mar *off-shore* comparado com o *layout* atual. A mudança na linha da costa no ponto de acumulação máxima, aumenta em aproximadamente 4 vezes comparado com o caso do porto existente.
- Essa acumulação é causada pelo decréscimo da taxa de transporte litorâneo devido a diminuição da ação das ondas na região de sombra. O decréscimo da taxa de transporte litorâneo é de 13% no caso do porto existente e 63% para o plano futuro proposto.
- A localização onde aparece a acumulação máxima desloca-se aproximadamente 1,5km para o leste.
- O recuo começa na vila do Pecém em ambos os casos, no entanto, a mudança no recuo da linha da costa para o plano futuro é maior, com no máximo 110m em 20 anos.
- O recuo ocorre continuamente a sotamar (lado oeste) até a Taíba, mas a quantidade do recuo diminui.

A figura 6.5.14 mostra a comparação entre o plano futuro e aquele do tipo com molhe, o mesmo que o porto do Mucuripe. A mudança na linha da costa para o quebra-mar do tipo com molhe é significativo com um máximo esperado de 800m em 20 anos, porque o transporte litorâneo para oeste é completamente interceptado pelo molhe. Portanto, apesar de se esperar que a mudança na linha da costa no plano futuro

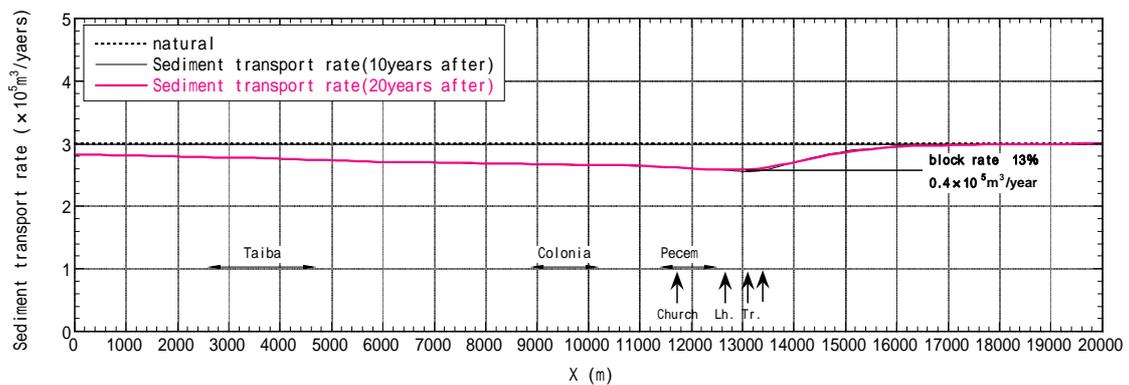
proposto seja maior do que a do porto existente, devido a expansão do quebra-mar, essa mudança é muito menor do que aquela do tipo com molhe, como mostra a Figura 6.5.14.



(1) Forma da Linha da Costa Prevista

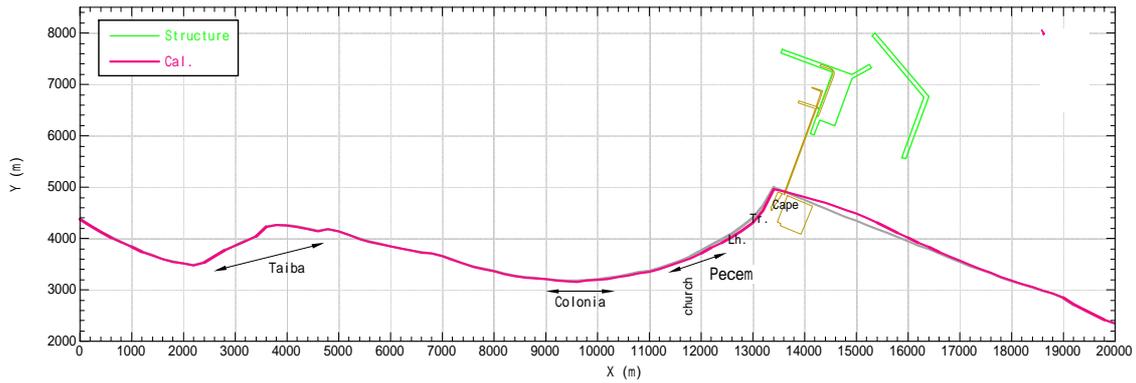


(2) Mudança da Linha da Costa Baseada na Linha da Costa Inicial (Atual)

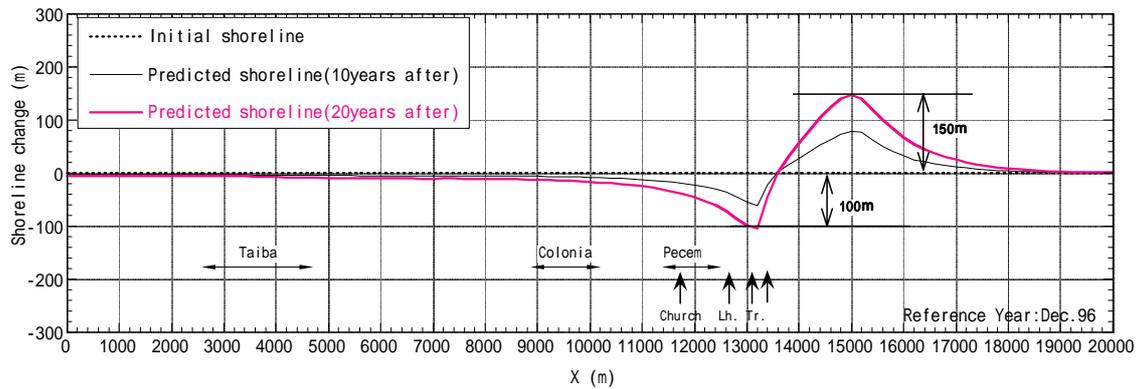


(3) Mudança na Taxa do Transporte Litorâneo

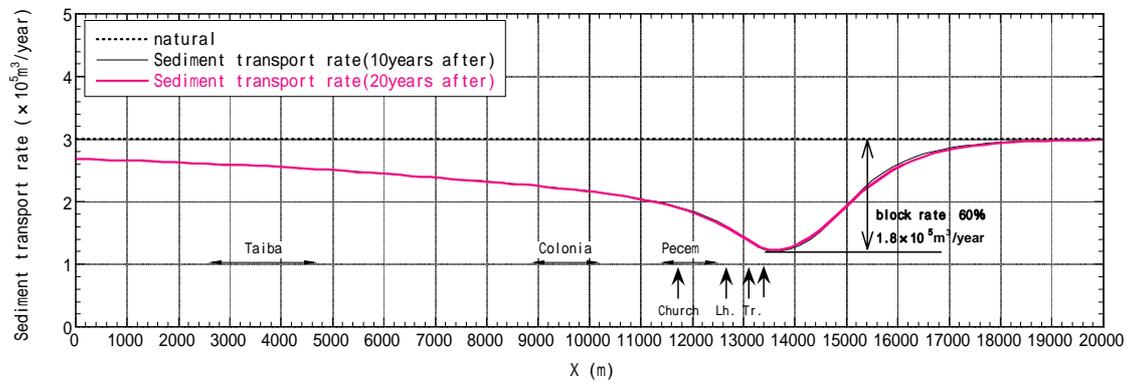
Figura 6.5.12 Linha da Costa Prevista para o *Layout* do Porto Existente



(1) Forma da Linha da Costa Prevista



(2) Mudança da Linha da Costa Baseada na Linha da Costa Inicial (Atual)



(3) Mudança na Taxa do Transporte Litorâneo

Figura 6.5.13 Linha da Costa Prevista para o Plano de Desenvolvimento de Longo Prazo

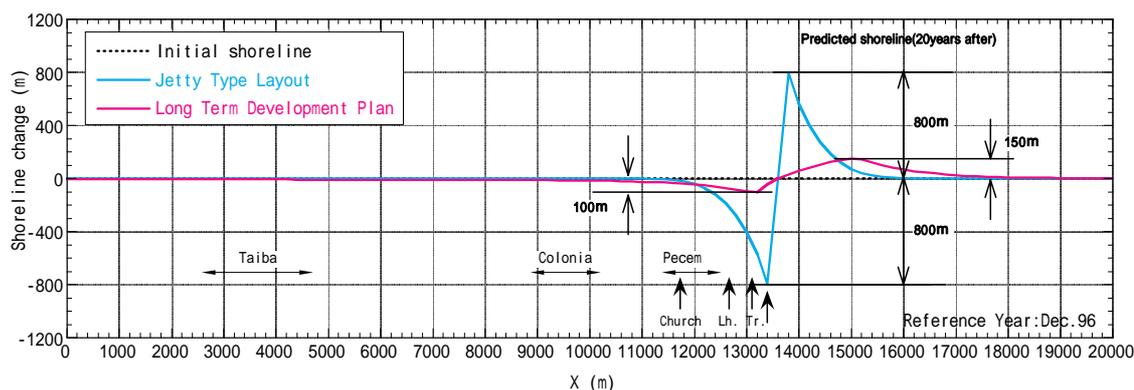


Figura 6.5.14 Comparação da Mudança na Linha da Costa para Dois Tipos de Quebra-mares (*Layout* Futuro Proposto e Tipo com Molhe)

Tabela 6.5.6 Equilíbrio de Sedimento Para Cada *Layout* do Porto

<i>Layout</i>	Transporte Litorâneo Anual Líquido (m ³ /ano)		Perda de sedimentos devido a condições naturais (m ³ /ano)	Acumulação devido a Existência do Porto (m ³ /ano)
	Barlamar (Lado Leste)	Sotamar (Lado Oeste)		
Sem o Porto	280.000 - 360.000	240.000 - 320.000	40,000	0
Porto Existente	280.000 - 360.000	210.000 - 280.000	40,000	30.000 - 40.000
Plano de Desenvolvimento de Longo-prazo	280.000 - 360.000	120.000 - 160.000	40,000	120.000 - 160.000
(ref.) Quebra-mar tipo molhe (O mesmo que o Porto do Mucuripe)	280.000 - 360.000	0	-	280.000 - 360.000

A Tabela 6.5.6 mostra o equilíbrio de sedimento, o qual foi estimado pelas análises numéricas e de dados, e as Figuras 6.5.15 e 6.5.16 mostram as imagens do equilíbrio de sedimento para as condições existentes e futuras. Antes da construção da instalação portuária, o litoral ao redor do Pecém estava em equilíbrio dinâmico com o transporte anual líquido de cerca de 280.000 a 360.000m³/ano do lado leste da Ponta do Pecém e 240.000 a 320.000 m³/ano do lado oeste, e nenhuma acumulação líquida existia. Para o caso do porto existente, é estimada aproximadamente de 30.000 a 40.000 m³/ano de acumulação líquida, devido ao efeito de abrigo do porto. Por causa disto e da perda de sedimento devido a condições naturais, o transporte litorâneo do lado oeste (a sotamar) da área de acumulação diminui em aproximadamente 24% (o transporte litorâneo líquido a sotamar é 210.000 a 280.000m³/ano). Para o plano de desenvolvimento a longo-prazo, a acumulação líquida aumenta de aproximadamente 120.000 a 160.000 m³/ano, e um decréscimo do transporte litorâneo do lado oeste ocorre em aproximadamente 63% (transporte litorâneo líquido a sotamar é de 120.000 a 160.000m³/ano). Para o tipo com molhe, o transporte litorâneo para o lado oeste seria completamente bloqueado e nenhum transporte litorâneo a sotamar existiria.

Já que somente agora a influência real do porto existente na costa circunvizinha começará a aparecer, é importante a continuidade do monitoramento para observar o comportamento da linha da costa ao redor da costa do Pecém. Após a coleta de um

número suficiente de dados do monitoramento, é esperado que seja possível prever o impacto costeiro para a condição futura com alta precisão.

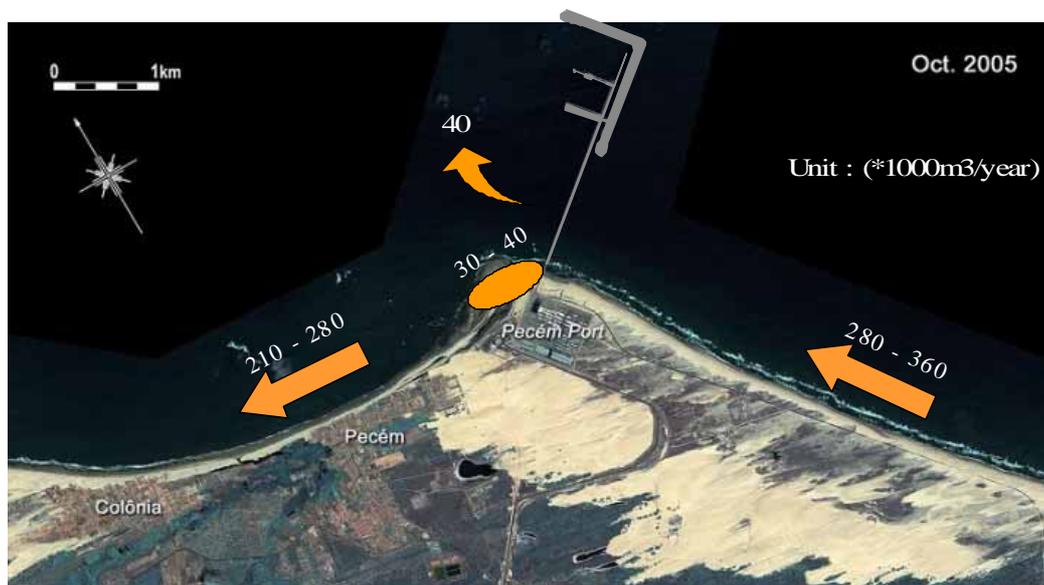


Figura 6.5.15 Imagem do Equilíbrio de Sedimento Previsto para o Porto Existente



Figura 6.5.16 Imagem do Equilíbrio de Sedimento Previsto para as Condições Futuras

6.5.4 Possibilidade de Sedimentação na Bacia do Porto

A batimetria tem sido constantemente realizada pelo INPH, desde antes da construção do porto do Pecém. Usando estes dados, foi analisada a possibilidade de sedimentação na bacia do porto depois da construção do quebra-mar. Foram comparados os resultados dos levantamentos realizados em maio de 1999 (durante as obras de implementação), em março de 2003 (aproximadamente dois anos após sua conclusão) e em outubro de 2004 (aproximadamente três anos após sua conclusão).

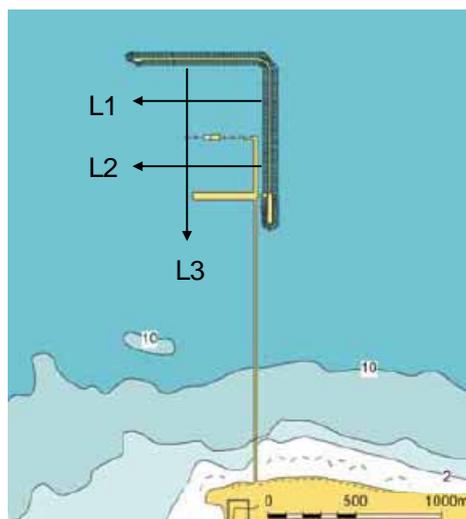


Figura 6.5.17 Linhas Representativas

As três linhas representativas foram levadas em consideração na área do porto para comparação, como mostrado na Figura 6.5.17. A figura 6.5.18 mostra os resultados para cada linha. A significativa sedimentação não foi observada depois da conclusão do quebra-mar. Através destes dados, a profundidade média após a conclusão tornou-se ligeiramente maior que durante o período de implementação. Embora não se possa esclarecer se este é um fenômeno real ou não, pode ser dito pelo menos que a sedimentação não aparece.

A profundidade crítica para sedimento é estimada usando a seguinte fórmula apresentada por Sato e Tanaka (1962).

$$\frac{H_0}{L_0} = \left(\frac{d}{L_0} \right)^n \left(\sinh \frac{2 h_i}{L} \right) \frac{H_0}{H}$$

Aqui, H_0 : Altura da Onda *Off-shore*

L_0 : Comprimento da Onda *Off-shore*

d : Tamanho Médio do Grão para o Sedimento

h_i : Profundidade Crítica para Sedimentação

H : Altura da Onda

L : Comprimento da Onda

Vários coeficientes de n nesta fórmula foram propostos de acordo com cada forma de movimento, movimento inicial, movimento geral, transporte líquido de sedimento de superfície e transporte líquido de sedimento total. Entre estes, a profundidade crítica para transporte líquido tanto de sedimento de superfície, quanto de sedimento total, é importante do ponto de vista da engenharia, porque eles causam a significativa mudança no fundo.

Outra fórmula para estimar a profundidade crítica da água foi proposta por Uda et.al (2002), baseada em dados coletados no campo para ondas e topografia como a seguir:

$$h_i = 3,64H_{5\%}$$

Aqui, $H_{5\%}$ é os 5% da altura de onda excedente. Da distribuição da altura de onda mostrada na tabela 3.2.3 do Capítulo 3, H_5 é estimado em 1,83m. Usando a fórmula

acima, a profundidade crítica da água para sedimento foi estimada em aproximadamente 6,7m.

As profundidades médias no píer nº 1 e nº 2 são aproximadamente 15,5m e 16,5m, respectivamente, e é bem mais fundo que a profundidade crítica para movimento de sedimento. Por esta razão pode-se dizer que a possibilidade de ocorrer uma sedimentação significativa na bacia é bem pequena, desde que a profundidade da bacia seja assegurada no mesmo nível atual. Porém, há uma possibilidade de ocorrer sedimentação no caso em que a bacia esteja posicionada perto da profundidade crítica para movimentação de sedimento, ou, se a região da bacia abrigada ficar mais larga devido à construção de um longo quebra-mar devido ao estabelecimento dos sedimentos em suspensão na região da bacia abrigada. Dos resultados das amostras de fundo, que foram conduzidos pelo Grupo de Estudo da JICA, observou-se que foram depositados lodo e lama em todos os seis pontos de amostragem na bacia.

[References]

- 1) Ishii, T., M. Isobe and A. Watanabe: "Improved boundary conditions to a time-dependent mild-slope equation for random waves", Proc. 24th Int. Conf. on Coastal Eng., 1994 pp.272-284
- 2) Serizawa, M. et.al: "Improvement of contour line change model in terms of stabilization mechanism of longitudinal profile", Coastal Sediments, 2003, pp.1-15.
- 3) Shoji SATO: "A Study of littoral drift related to harbor construction", Tech. Note of PHRI, N° 5, 1962, 156p. (in Japanese)

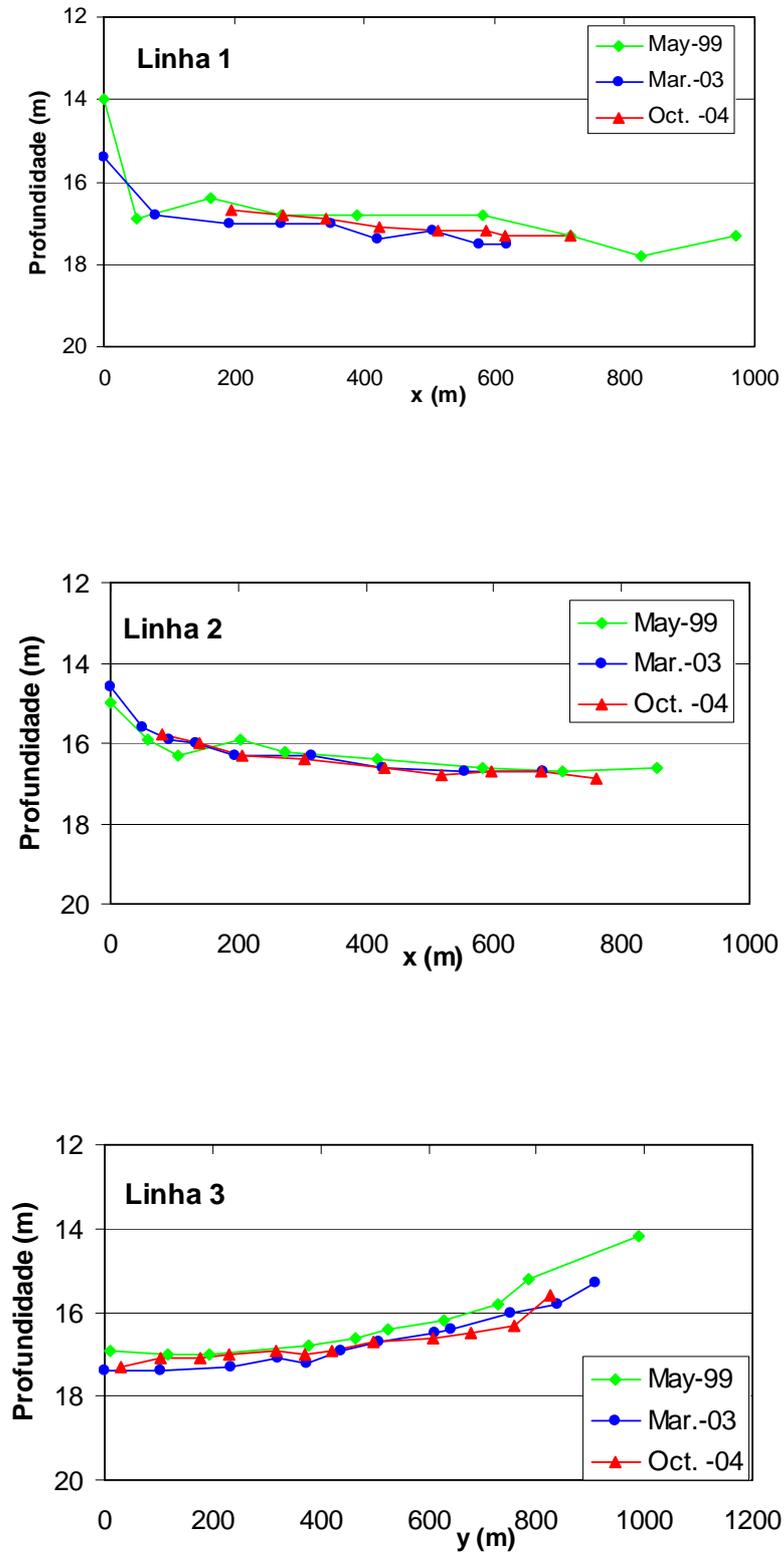


Figura 6.5.18 Comparação de Mudança de Profundidade para cada Linha