

OBRAS PORTUÁRIAS RECENTES



Índice

1	Institucional	3
2	Introdução	4
3	Breve Histórico da Construção de Portos no Brasil	5
4	A Área Portuária	11
5	O Conceito de Porto	24
6	A Presença de Solo Mole na Área Portuária	28
7	A Solução CPR Grouting	30
8	Áreas Portuárias Tratadas Recentemente	32
	• Porto Chibatão	32
	• Porto Navegantes	36
	• Porto do Itaqui	40
	• Porto da Base dos Fuzileiros Navais da Ilha do Governador, RJ	44
	• Estaleiro Renave	46

Institucional

O Soft Soil Group tem mais de 30 anos de experiência no desenvolvimento e na aplicação de modernas e inovadoras técnicas de enrijecimento de solos, sejam arenosos ou argilosos, particularmente em áreas portuárias.

Este nível de conhecimento permite identificar soluções diferenciadas para todo tipo de projeto e solo, com atendimento diferenciado e eficaz, focado em critérios de qualidade e segurança.



Terminal de contêineres do Porto de Los Angeles.

Introdução

Em todo mundo, é cada vez maior a necessidade de se criar e ampliar áreas portuárias, invariavelmente sobre espessas camadas de solo argiloso mole. Neste particular, sobressai a mais moderna e eficiente técnica de enrijecimento de solos argilosos moles, idealmente desenvolvida para áreas portuárias, com objetivo de aumentar sua capacidade de carga, minimizando/eliminando os efeitos de recalques absolutos e introduzindo um grande diferencial neste tipo de construção. Apresentamos a evolução do tratamento de solos, específico para áreas portuárias, con-

mitantemente com o grande desenvolvimento da geotecnia, em relação ao aproveitamento eficiente do solo portuário com presença de depósitos argilosos moles. Ou seja, o domínio do conhecimento das propriedades mecânicas das argilas moles nas baixadas litorâneas e nas áreas portuárias da Amazônia, com o estabelecimento de solução única e viável, 100% eficiente e totalmente brasileira. Trata-se do CPR Grouting, tratamento específico para solos argilosos moles e muito moles, desenvolvida, fartamente aplicada e patenteada pela ENGEGRAUT. O CPR Grouting é um grouting com mecanismos



Terminal de contêineres do Porto de Kingston, Jamaica.

100% geotécnicos, baseado na teoria da consolidação do solo.

Apresentamos, também, algumas obras portuárias recentes onde, seja por escopo de ampliação e construção, mas também por motivo de reconstrução pós desastre (ruptura), fez-se uso do CPR Grouting para o enrijecimento do solo argiloso mole.



Terminal de contêineres do Porto de Houston, Texas, EUA.

Breve Histórico da Construção de Portos no Brasil



Na foto de Marc Ferrez, de 1890, vê-se um pedaço do Cais do Porto, o Arsenal da Marinha e o Mosteiro de São Bento, construído em 1652. O pequeno barco está a caminho do cais improvisado, provavelmente, para a chegada de Dom Pedro II quando ele regressou de sua última viagem à Europa. Mas, a esta altura, a área do Cais do Porto já havia sofrido um grande processo de urbanização.

A abertura dos portos brasileiros para o comércio internacional foi feita em 1808, no entanto, até o fim desse século não havia cais para atracação direta, o que significa dizer que os navios ancoravam ao largo e dele partiam barcos menores que ancoravam nos pequenos cais existentes. O início dos primeiros estudos de melhorias dos portos brasileiros foi em 1850, com a organização das primeiras linhas regulares de navegação entre Brasil e Europa.

Nessa época, inumeráveis projetos foram sendo feitos, como por exemplo, o projeto de um porto transatlântico para Cabedelo – Paraíba, em 1864, elaborado pelos engenheiros André Rebouças

e Charles Neate. O governo do Império procurava estimular a iniciativa privada. Nesse mesmo ano foi publicado o livro: “Melhoramentos dos Portos no Brasil” pelo engenheiro Manuel da Costa Galvão. A primeira obra e de grande importância a empregar o cimento Portland, que era importado da Europa, foi a Companhia Docas da Alfândega do Rio. O cais foi feito com parede de pedra e cimento executado sobre estacas de madeira.

Muitas concessões desejadas pelo governo nestes períodos não foram adiante, por falta de conhecimento técnico, falta de dados, entre outros. Contudo, conseguiu-se entre 1877 e 1879 construir, no Saco da Gamboa, um



A primeira mostra o porto por volta de 1902, tendo em primeiro plano o primitivo escritório da Companhia Docas e a chaminé da casa de compressores (que permitiam acionar os guindastes hidráulicos do cais)

cais com 160m de comprimento. A partir de alguns insucessos particularmente motivados pela presença de solos moles, no Rio de Janeiro, o Governo resolveu atrair a iniciativa privada para investimento em obras portuárias, mesmo que fossem estrangeiras. Em 1888, foi dada a concessão a uma empresa privada para a construção e administração do Porto de Santos. A construção do primeiro trecho do cais em Santos, de 260m, deu início em 1890 e foi o primeiro cais brasileiro a permitir atracação de navios transoceânicos. Em 1895 o cais já contava com 2300m construídos, sendo formado por um muro de pedra sobre um maciço de concreto apoiado sobre estacas. Em 1909, seu comprimento já era de 4720m, permitindo exportar a maior safra de café do país.

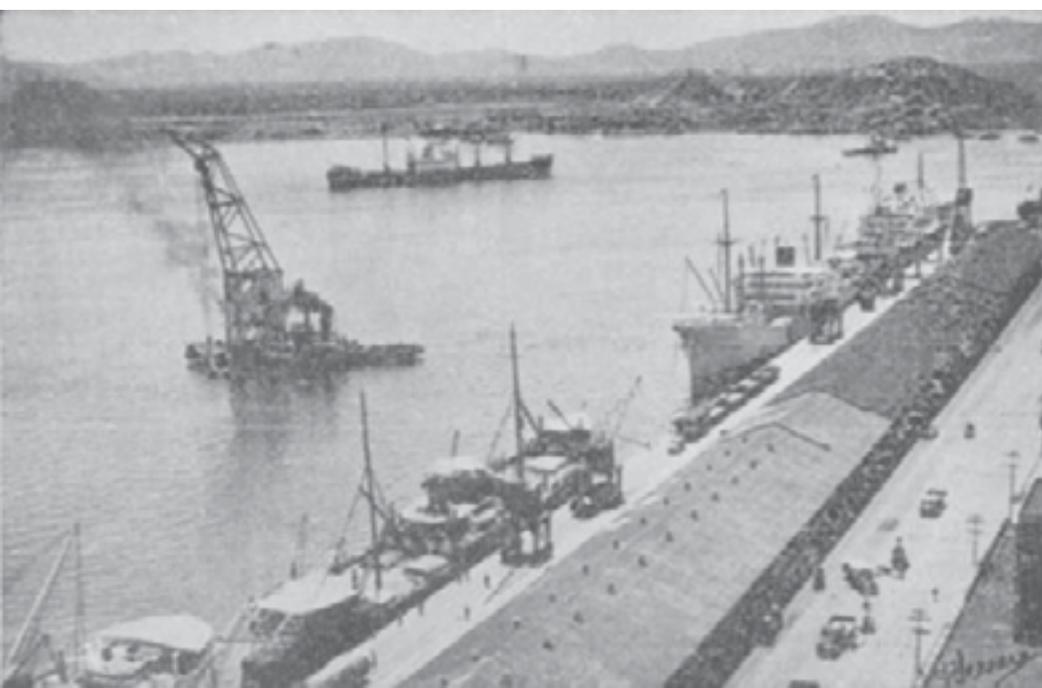
Em 1919 foi organizada a primeira empresa nacional especializada



Armazéns do novo cais no Rio de Janeiro, 1911.

em construções portuárias e fundações a ar comprimido, a Companhia Nacional de construções Civis e Hidráulicas (Civilhidro), empresa esta a qual pertencia ao grupo industrial Lage, responsável pelos estaleiros em Niterói e pela companhia Costeira de Navegação. Esta foi a responsável pelo detalhamento do projeto e pela execução, sobre tubulões a ar comprimido, do prolongamento do cais do Porto do Rio de Janeiro.

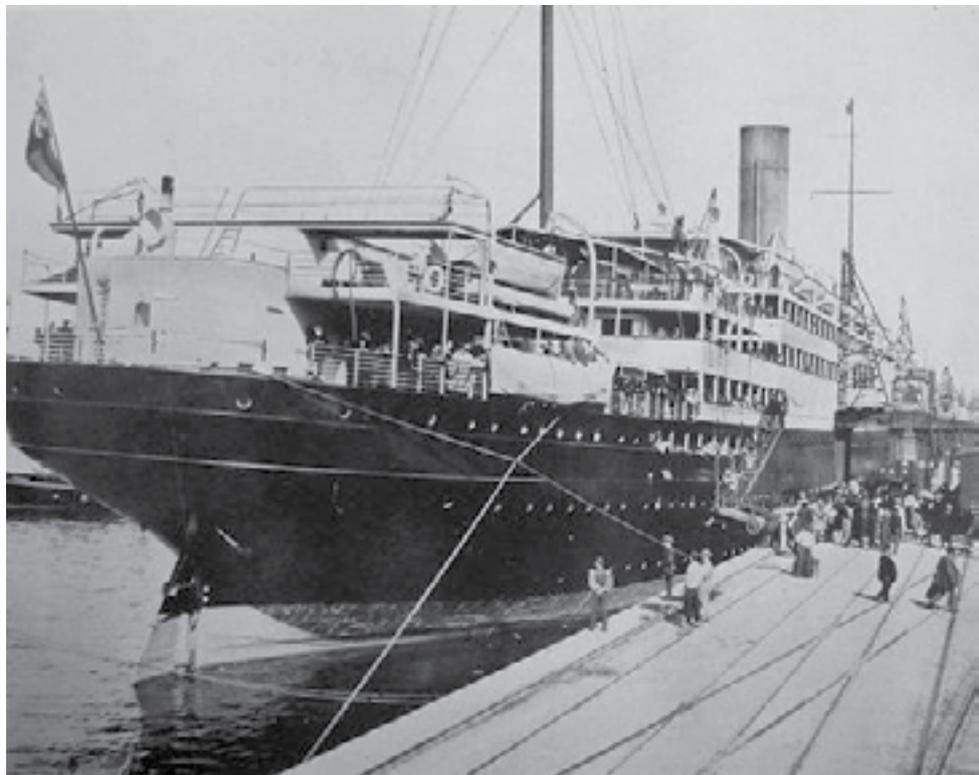
Em 1927 e 1928 a Companhia Docas de Santos, sob a direção técnica do eng. Oscar Weinschenk, engenheiro civil da Escola Politécnica de São Paulo, liberou um trecho do cais de Santos em função da construção de tanques para combustíveis líquidos na ilha de Barnabé, em Santos. Com essa liberação, o cais de Santos ficou com cerca de 5000 metros de extensão. A empresa Christiani-Nielsen Engenheiros Consultores S/A foi a responsável por essa obra. Foi o primeiro cais de concreto armado sobre estacas com muro de arrimo de estacas-pranchas realizada no Brasil.



Aspecto parcial do porto, com a cámbrea (guindaste flutuante), 1958.

O Estado do Rio de Janeiro foi o primeiro que solicitou concessão para a construção e administração de portos. Foi obtida uma concessão para a construção de 400m de cais acostável de 8,0m de calado e cerca de 1000m de cais com 2,0m de calado. Previam-se também um extenso aterro atrás do cais e uma extensa área reurbanizada. Essa empreitada foi concedida à Companhia Construtora Nacional, sucursal da companhia construtora alemã Weyss & Freitag. Os muros de arrimo do cais são de estacas-pranchas e a plataforma, de concreto armado sobre estacas.

A segunda concessão portuária ao Estado do Rio de Janeiro foi para a construtora e administração do porto de Angra dos Reis.

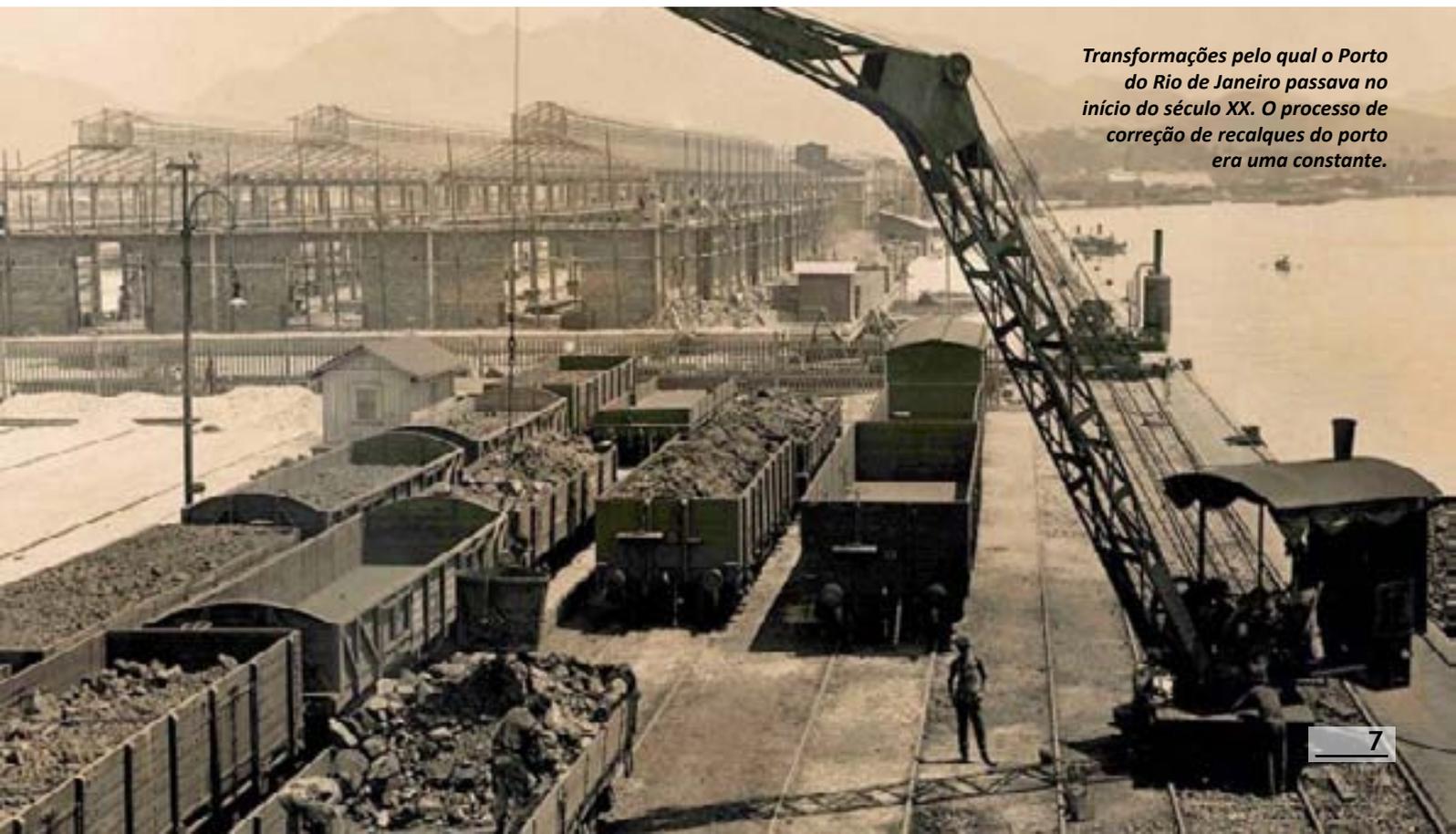


Transatlântico Arlanza, em uma de suas escalas no porto santista, em 1915.

O muro do cais era de pedra e sustentava um aterro. Posteriormente, foi construído um cais de 350m com muro de arrimo de estacas-pranchas e 8m de calado.

O Estado de São Paulo conseguiu, em 1934, a concessão federal para a construção do porto de

São Sebastião. A Civilhidro venceu a concorrência apresentando a proposta de um cais de concreto armado sobre tubulões cravados a ar comprimido, moldados em canteiro de obra em Ilha Bela e depois transportados ao local da cravação por uma cámbrea marítima.



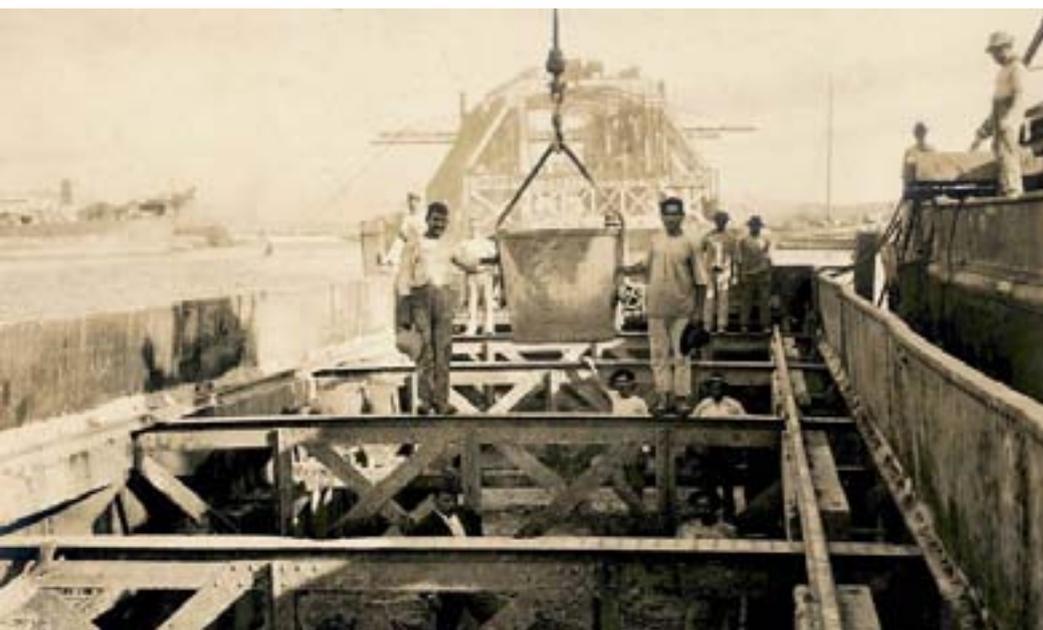
Transformações pelo qual o Porto do Rio de Janeiro passava no início do século XX. O processo de correção de recalques do porto era uma constante.



Transformações pelo qual o Porto do Rio de Janeiro passava no início do século XX.

Nesta obra, pela primeira vez no país, instituiu-se a assistência tecnológica direta à obra, por meio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). A tecnologia empregada na construção desse porto era avançada para a época – 1934 a 1942. Na mesma época,

o porto de Imbituba – SC, estava sendo construído pela Civilhidro pelo mesmo processo executivo. A Companhia Docas de Santos, aproveitando a Legislação favorável da época, projetou uma ampliação de cerca de 1200m de cais para além do Macuco, em direção ao estuário. A plataforma deste também era composta por concreto armado e sobre estacas e foi executado pela Christiani-Nielsen. Nessa obra também foi solicitada assistência tecnológica do IPT para questões de solos e fundações, inclusive sondagens, provas de carga sobre estacas, observações de recalques e pareceres tecnológicos sobre estabilidade do cais e de suas fundações. Outras assistências foram solicitadas neste período



Obras de ampliação do Porto do Rio de Janeiro no início do século XX.



e com isso houve um grande desenvolvimento da geotecnia nacional, principalmente no que se refere às fundações sobre terrenos moles.

Estabeleceu-se, assim, um sistema industrializado na construção civil portuária: o dono da concessão preparava a viabilidade técnica e econômica do empreendimento. Posteriormente preparava um anteprojeto, apoiado em escritórios de cálculo e de assistência tecnológica. Finalmente a obra era empreitada a uma construtora organizada em moldes industriais, como por exemplo, a Christiani-Nielsen, que era também encarregada do projeto executivo da obra.

A partir da Segunda Guerra Mundial, a natureza do transporte marítimo veio transformando-se

e foram surgindo muitos portos especializados como minérios, fertilizantes, petroleiros, grãos, contêineres, etc.

A partir de 1975 é generalizada a utilização dos contêineres nos

portos nacionais e ocorre uma expansão nos portos. Ainda somado ao aumento do porte dos navios, aumenta-se a necessidade de portos maiores e melhores condições de operação.



Trabalhadores que viviam do transporte de carga e operários que ajudaram a fazer os aterros e a construir o cais e os armazéns da futura Avenida Rodrigues Alves são flagrantemente recorrentes.



Porto de São Sebastião, São Paulo.



Porto do Itaqui (MA), que recentemente recebeu um acesso ferroviário graças ao enrijecimento de espessos depósitos de solo mole com CPR Grouting.

A Área Portuária

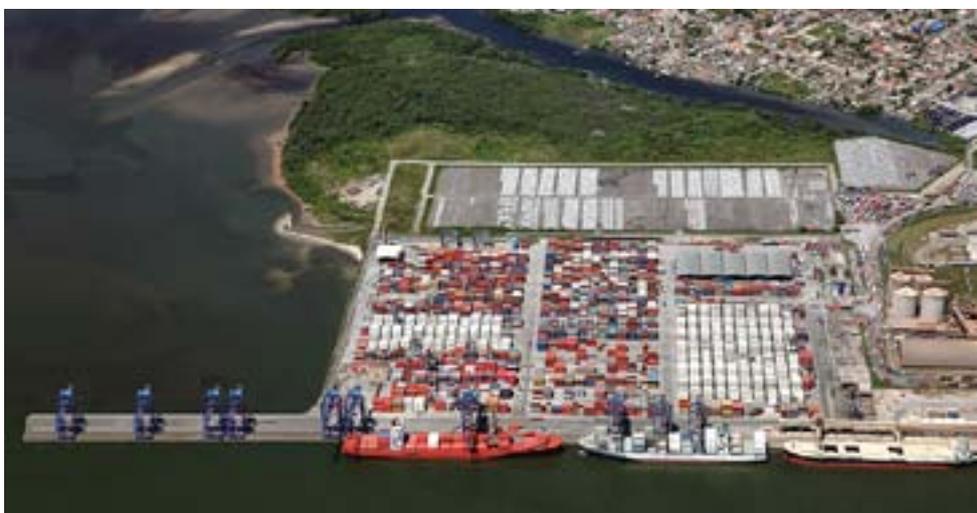


Porto do Itaqui, São Luís, MA. Serviços de CPR Grouting para acesso da ferrovia ao cais.

Depósitos de solos moles são comuns em áreas portuárias, devido ao aporte de sedimentos depositados por milhares de anos, inclusive recentes, devido a atividades antrópicas. Terminais portuários são, essencialmente, formados por um cais de atracação, associado a uma retroárea com a finalidade de armazenagem de contêineres e de produtos gerais. As figuras abaixo, apresentam os

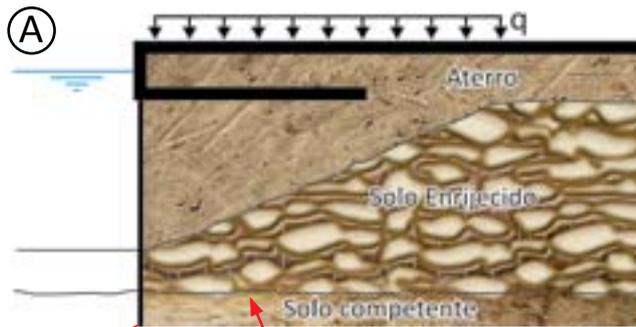
dois esquemas construtivos básicos de obras portuárias.

Um cais pode ser idealizado do tipo sólido, com contenção fron-

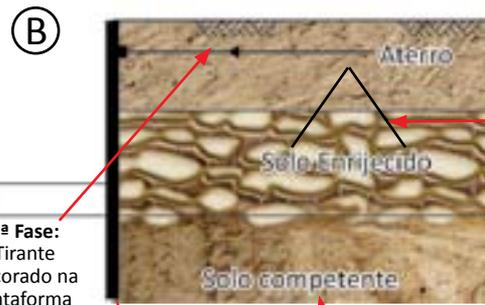


Terminal de contêineres de Paranaguá.

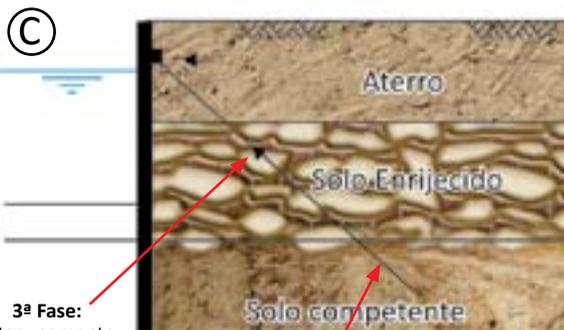
• Infraestruturas do tipo s3lida



1ª Fase: estrutura de contenção para o aterro.
2ª Fase: estruturação do aterro, com CPR Grouting, adequado às cargas de projeto.



3ª Fase: Tirante ancorado na plataforma de al3vio ou em estacas de tração/tirantes.
1ª Fase: estrutura de contenção para o aterro.
2ª Fase: estruturação do aterro, com CPR Grouting, adequado às cargas de projeto.

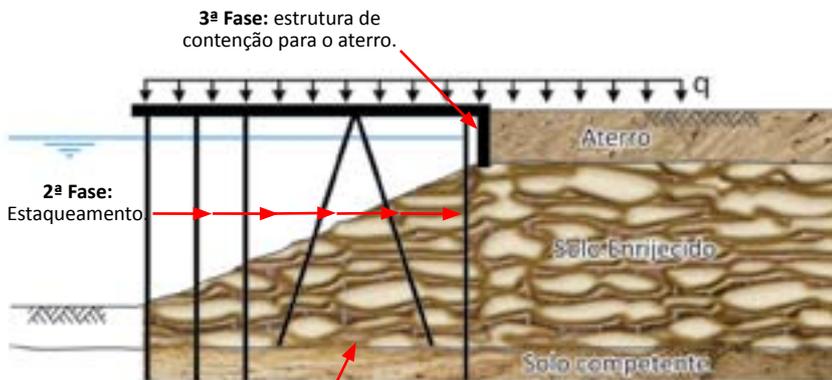


3ª Fase: Estaqueamento de tração.
1ª Fase: estrutura de contenção para o aterro.
2ª Fase: estruturação do aterro, com CPR Grouting, adequado às cargas de projeto.



Perfil de infraestrutura portu3ria do tipo s3lida.

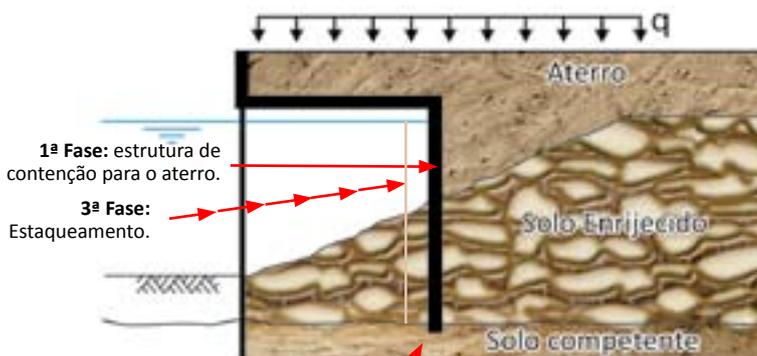
• Infraestruturas do tipo aberta



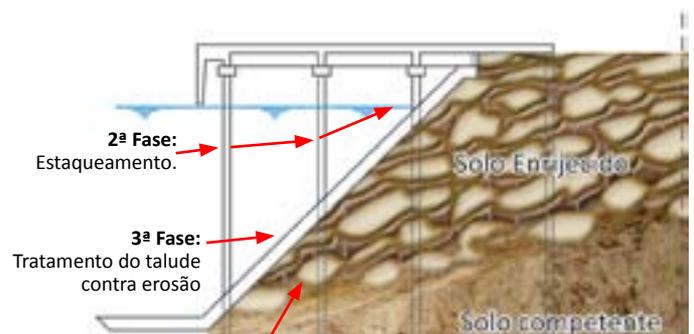
3ª Fase: estrutura de contenção para o aterro.
2ª Fase: Estaqueamento
1ª Fase: estruturação do aterro, com CPR Grouting, adequado às cargas de projeto.



Perfil de infraestrutura portu3ria do tipo aberta.



1ª Fase: estrutura de contenção para o aterro.
3ª Fase: Estaqueamento.
2ª Fase: estruturação do aterro, com CPR Grouting, adequado às cargas de projeto.



2ª Fase: Estaqueamento.
3ª Fase: Tratamento do talude contra eros3o.
1ª Fase: estruturação do aterro, com CPR Grouting, adequado às cargas de projeto.

tal, geralmente com estacas prancha, seguido do enrijecimento do solo com CPR Grouting, podendo ou não terem dispositivos complementares de tração (figuras B e C). Muito frequentemente recebem, também, plataforma de concreto, de modo a reduzirem os empuxos atuantes nas estacas de contenção. No caso da figura B, quando o cais trabalha com cargas muito elevadas, o sistema suporte pode, ainda, levar tirantes ancorados por sistema de estacas em cavalete, com uma funcionando por compressão e outra por tração. Na figura C, apenas por tração. Os modelos B e C apresentados podem, também, servirem de modelos de cais



Obras de CPR Grouting, ao longo do Rio Negro, para ampliação da área portuária de Manaus, com infraestrutura tipo sólida.

para limitar a retroárea, tendo um cais do tipo aberto, com estacas, na frente. Modernamente, terminais portuários recebem embarcações de grande calado, tornando necessário construir estrutura de contenção a grandes profundidades, de forma a ter comprimento de ficha adequa-

do. Para tanto, o reforço do solo com CPR Grouting deverá atingir todas as camadas de solo que não apresentem condições estáveis. Muito comumente, amplia-se a estrutura do cais, utilizando-se ou não plataforma de alívio (figuras D, E e F). A utilização do CPR Grouting para tratar o solo portuário

Após a fase de recuperação do solo de fundação da área portuária de Manaus, colapsada pelo desastre de 2010, teve início obras de ampliação do porto, possível graças ao CPR Grouting, com profundidades de tratamento superiores a 30m. A infraestrutura, como se vê, é do tipo sólida. Nesta foto, tirada em Outubro de 2015, o Rio Negro está na vazante máxima. Na cheia, com 15m a mais, chega no topo do muro gabião. Infraestrutura do tipo sólida. Cinco anos ininterruptos de obras de enrijecimento da área portuária de Manaus, totalizando mais de 300.000m².





Cravação de geodrenos. Obras de enrijecimento de depósitos de solo argiloso mole sob aterro recém lançado, com CPR Grouting, de modo a viabilizar a construção da ferrovia no Porto do Itaqui, Maranhão.

é fundamental para a obtenção de análises de estabilidade e de recalques seguros, eliminando a possibilidade de superfícies de ruptura. Terminais portuários trabalham com sobrecarga atuante na superfície, da ordem de 50 a 100kPa, decorrente de grandes equipamentos e do armazenamento de pilhas de contêineres. A tolerância ao tamanho

dos valores de recalques, pós construtivos é insignificante ou inexistente com o enrijecimento com CPR Grouting. Muito comumente, em obras portuárias, torna-se necessário a dragagem de espessas camadas superficiais de sedimentos. Nestes casos, é comum que a camada superficial apresente contaminação, de modo que órgãos ambientais

não permitam sua disposição em corpos hídricos e, frequentemente, também na própria área do empreendimento portuário. Uma alternativa interessante, em serviços de CPR Grouting, é que todo o sedimento dragado pode ser utilizado como material para o enrijecimento do solo, tornando-se inerte com o uso de aditivos e aglomerantes específicos.



Formação das verticais de bulbos de compressão do solo, com CPR Grouting, no Porto do Itaqui, Maranhão.

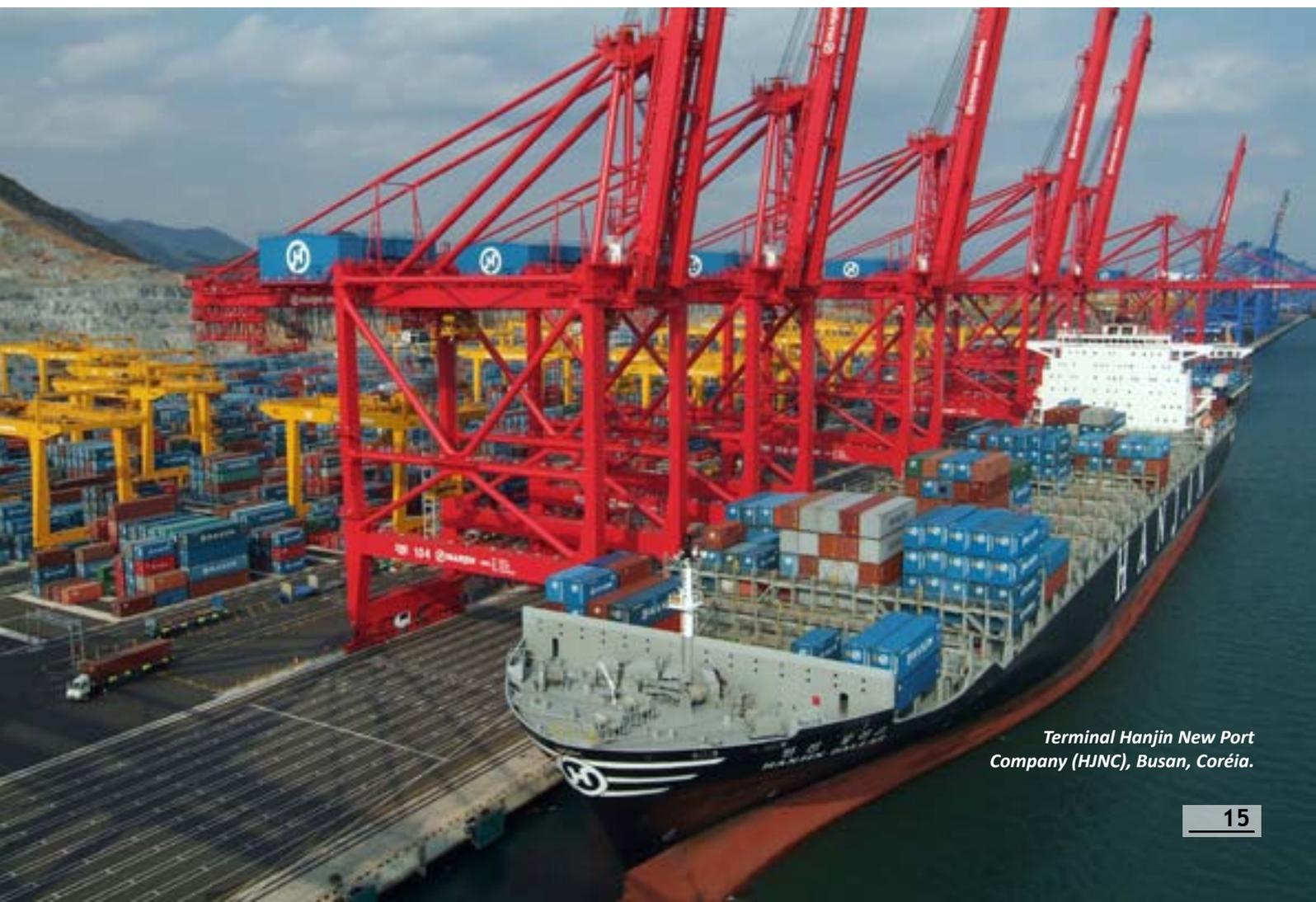


Terminal marítimo de Ponta da Madeira, São Luís, MA.

Terminais portuários, basicamente, são formados pelo cais, que recebe equipamentos de carga e descarga (portêineres, Reach Stacker, MHC- “Mobile Harbour Crane”, carretas, entre outros), esforços de atracação e

amarração dos navios (que estão associados ao vento, às ondas, correntes marítimas e principalmente ao impacto do navio) e ações geotécnicas (empuxos de solo, efeito Tschebotarioff, etc). E pela retroárea, onde são

movimentados e armazenados contêineres, raramente estruturada com laje apoiada sobre estacas, mais comumente apoiada diretamente no solo, geralmente mole, comumente tratado com CPR Grouting, adequando-o à



Terminal Hanjin New Port Company (HJNC), Busan, Coréia.

capacidade de carga de projeto, estabilizando-o e isentando-o de deformações posteriores.

Por tratar-se de um terminal especializado, fica nítido o arranjo estrutural função dos equipamentos e das cargas ao contrário, por exemplo, dos terminais de carga geral, onde o arranjo geral permite trabalhar com múltiplas finalidades.

Outra característica importante do terminal é a dimensão da área necessária para acomodar os contêineres que estão embarcando ou desembarcando. A disposição e o empilhamento dos contêineres estão diretamente ligados aos tipos



Terminal Portuário de Bellingham, EUA.

de equipamentos utilizados e à capacidade resistente da estrutura. Também não menos importante é a proximidade do terminal em relação aos modos de transporte rodoviário e ferroviário, para que essa mudança modal de transporte seja feita de maneira rápida e eficiente com custo adequado. Portanto, o ideal é que o cais tenha uma disposição longitudinal, ou seja, paralelo à linha costeira e também à embarcação e que

a retroárea esteja diretamente ligada ao cais em todo o seu comprimento, de modo a facilitar a movimentação dos equipamentos entre cais e retroárea. No entanto, uma outra concepção para terminal seria do cais “off-shore”, com ponte de acesso até a retroárea. Esta segunda opção não pode ser otimizada, pois, dificulta o transporte das cargas do navio até a retroárea ou da retroárea ao navio. Este caso é usado quando



Terminal Portuário em Houston, Texas, EUA.

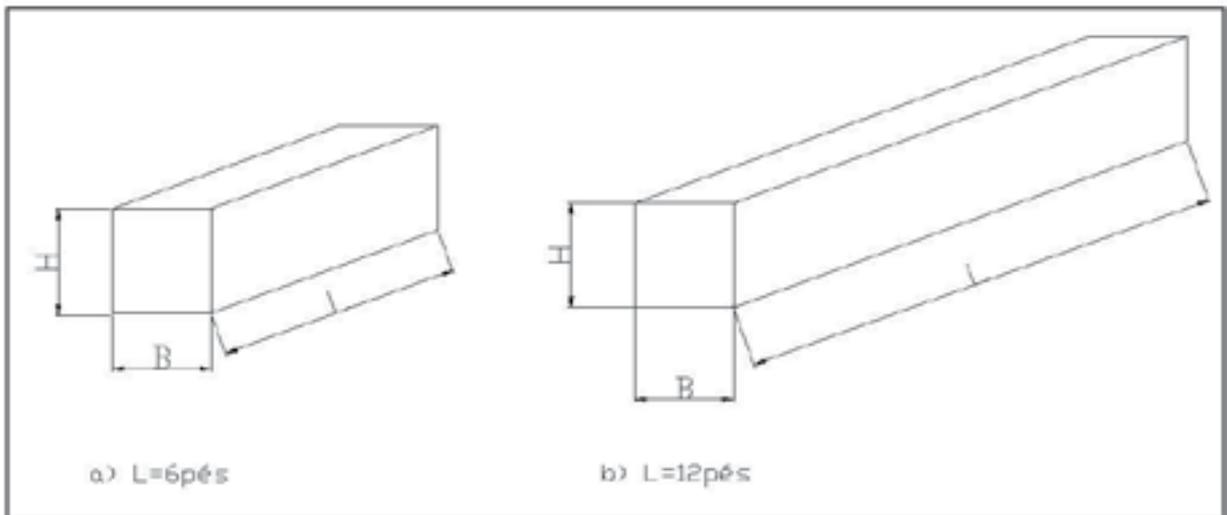
não se torna viável atingir uma certa profundidade junto à linha costeira, que atenda ao calado do navio.

A tabela ao lado mostra as características dos TEU's.

A figura abaixo mostra um esquema geral de uma operação no

comprimento (pés)	material	L (m)	B (m)	H (m)	peso do contêiner (tf)	peso de carga máxima (tf)	peso máximo total (tf)	volume interno (m ³)
40	alumínio	12,19	2,44	2,44	2,8	27,7	30,5	63,3
40	alumínio	12,19	2,44	2,59	3,4	27,1	30,5	67
40	alumínio	12,19	2,44	2,89	3,9	26,6	30,5	75
40	aço	12,19	2,44	2,44	3,4	27,1	30,5	63
40	aço	12,19	2,44	2,59	3,6	26,9	30,5	67
20	alumínio	6,06	2,44	2,59	1,9	18,4	20,3	33
20	aço	6,06	2,44	2,44	2,0	18,3	20,3	31
20	aço	6,06	2,44	2,59	2,2	18,1	20,3	33

Características dos contêineres (ALFREDINI, 2005)

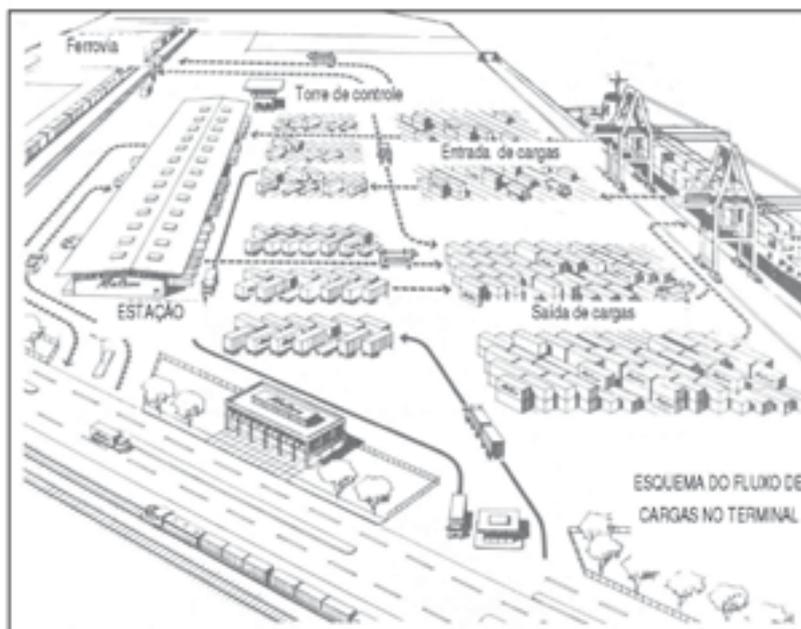


Dimensões dos contêineres.

terminal portuário. Pode-se observar o cais onde estão localiza-

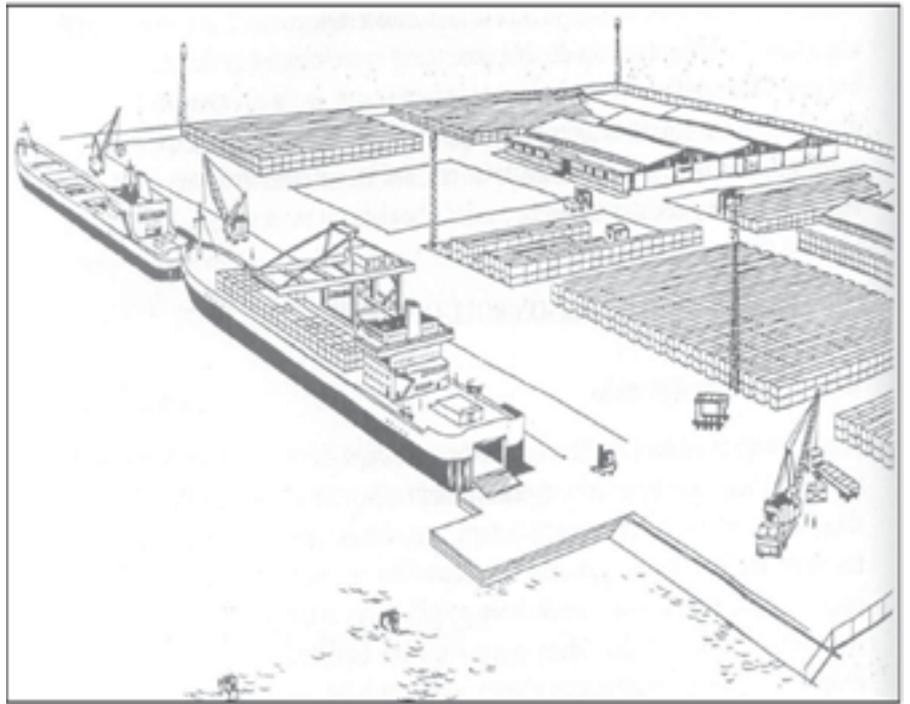
dos os portêineres e, logo atrás, a retroárea onde são armazenados

os contêineres para embarque e desembarque.

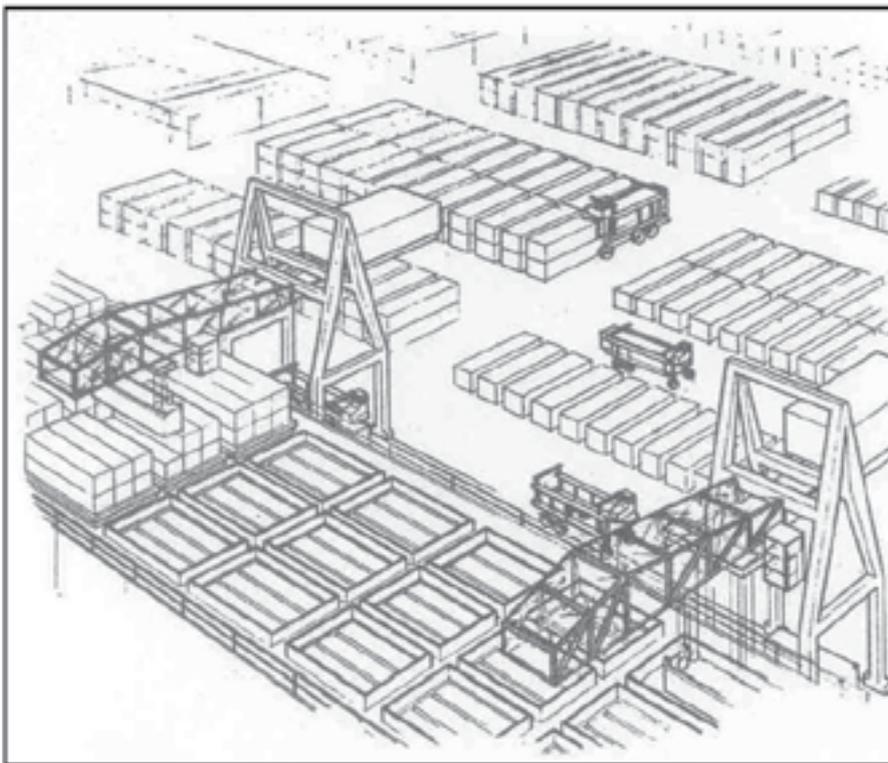


Lay-out de um terminal típico de contêineres (AGERSCHOU, 1983)

Há possibilidades de terminais mistos, para carga geral e contêineres. Normalmente, acontece quando o volume de contêineres é pequeno, sem perspectivas de crescimento, não havendo adoção de outros gêneros de carga, o que viabiliza economicamente o empreendimento. São os terminais Roll-on/Roll-off ou Rô-Rô. Característica comum, nestes dois tipos de terminais, é a proximidade da área de estoque junto à embarcação.



Terminal misto e carga geral, tipo Rô-Rô – (AGERSCHOU, 1983).



Terminal tipo Lô-Lô (AGERSCHOU, 1983).



Fila de caminhões no acesso do terminal portuário.

O terminal tipo lift-on / lift-off ou Lô/Lô tem como característica o alinhamento de carretas vazias, de modo a serem carregadas fácil e rapidamente.



Os equipamentos mais utilizados nos terminais de contêineres são:

- *Portêineres.*
- *Transtêineres.*
- *Reach Stacker.*
- *Carretas.*
- *RTG – Rubber Tired Gantry.*
- *MHC – Mobile Harbour Crane (guindaste sobre pneus).*

Para a implantação de um cais, alguns requisitos básicos devem ser atendidos. A cota mínima necessária ao nível do cais resulta da combinação da preamar (maré cheia) com a agitação das ondas, cujo período de retorno deve ser bem maior que a recorrência anual.

Em função dos equipamentos de operação e sua movimentação no terminal de contêineres, como embarque, desembarque e armazenamento de contêine-

res na retroárea, é desejável que o cais seja longitudinal, ou seja, paralelo à linha costeira. Já a retroárea seja, preferencialmente, justaposta ao cais.



Enrijecimento do solo de fundação com CPR Grouting na retroárea do Porto de Navegantes, SC.



Porto do Rio de Janeiro. Enrijecimento de solo na retroárea.

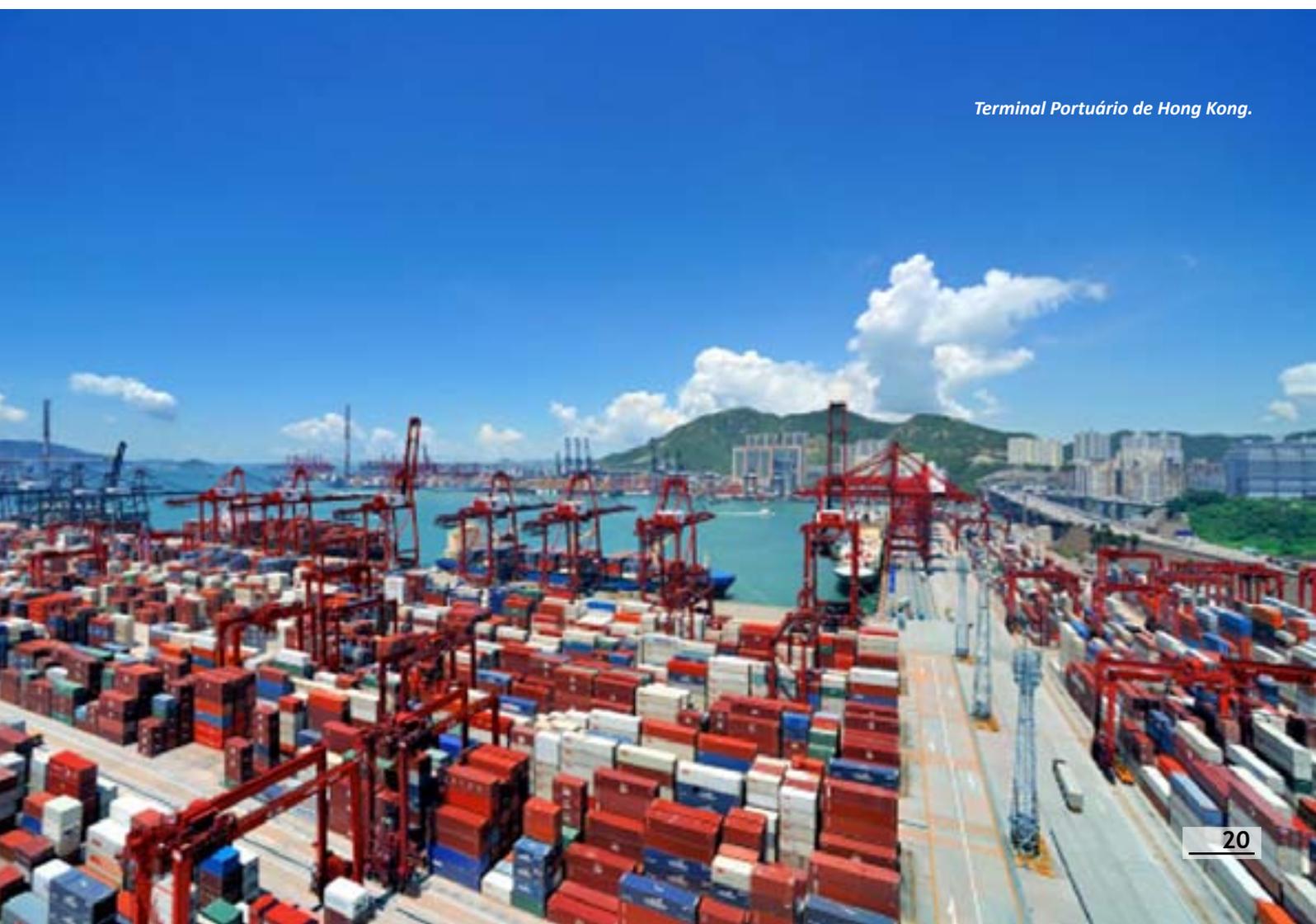
A largura do cais deve ser condicionada aos equipamentos de carga e descarga do navio. Por exemplo, o portêiner, pode variar entre 18,0m e 50,0m dependendo da necessidade. Outra situação que pode determinar a largura do cais é a estabilidade geotécnica do solo ao longo do cais, particularmente os de pequeno porte. Determinante o enrijecimento deste solo com CPR Grouting, adequando-o às condições de projeto. No caso de cais de grande porte, é determinante os equipamentos de portêineres. No entanto, o bom senso sugere a necessidade de verificação dessas duas condições, sempre.

Há, ainda, uma condição que deve ser verificada quando o cais está off-shore, ou seja, afastado da retroárea. Neste caso, após a determinação da largura do cais pelos equipamentos ou pela condição geotécnica, deve verificar

se há possibilidade de apoiar a tampa da escotilha do navio. Deve haver, também, espaço mínimo no cais para que os equipamentos móveis possam se locomover. Este espaço é chamado via de rodagem.



Terminal Hanjin New Port Company (HJNC), Busan, Coréia.



Terminal Portuário de Hong Kong.

O segmento portuário que apresenta as maiores alterações tecnológicas, tanto no manuseio do transporte de carga como no porto e, também não menos o avanço de equipamentos especializados e navios, é o terminal de contêineres.

Com a chegada no mercado da nova geração mundial de grandes navios do tipo pós-panamax, acima de 6.000 (seis mil) TEU*’s, os administradores de terminais estão planejando seus investimentos levando isso em conta, ou seja, a necessidade de criar uma

** TEU é a unidade equivalente de transporte de um contêiner de 20 pés. O contêiner de 40 pés equivale a 2 TEU’S.*



Terminal de contêineres do Porto de Shanghai, China.

infra-estrutura adequada ao crescimento do mercado. Há também a necessidade de incluir novos equipamentos como por exemplo, o portêiner pós-panamax e portêiner de dupla ação.

O Terminal de Contêineres de Paranaguá (TCP) apresentou um crescimento bastante significativo de 2003 a 2005, em movimentações de contêineres. Passou de 290.000 TEU’s em 2003 para



Terminal de contêineres do Porto de Baltimore.

400.000 TEU's em 2005. Em função do crescimento econômico, o TCP antecipou investimentos para ampliação da área do Terminal em mais de 100.000m², passando de 220.000m² para 320.000m².

No prazo de três anos, o Tecon Rio Grande projeta um movimento de 1.000.000 (um milhão) de TEU's.

O Terminal de Contêineres do Vale do Itajaí (Teconvi) também antecipou seus investimentos em função do crescimento econômico. Em 2004, o Teconvi movimentou mais de 560.000 TEU's, isso representou um crescimento de 21% em relação ao ano.



Terminal de contêineres do Porto de Tianjin, China.

O Terminal de Contêineres de Suape movimentou 142.600 TEU's em 2004, isso representou um aumento em relação a 2003 de cerca de 128%.

O Porto de Santos, possui o maior e mais importante terminal de contêineres da América Latina. Há dez anos a movimentação de contêi-

neres era de 8/hora, atualmente movimenta cerca de 50/hora.

No Brasil, está em marcha um mercado muito promissor para projetos portuários, tanto para o aumento da capacidade dos portos existentes como para a construção de novos terminais portuários.



Porto de Zeebrugge, Bélgica.



O Porto de Navegantes foi recentemente ampliado, em sua retroárea, com espessos depósitos de solo argiloso mole, enrijecidos com CPR Grouting.

O Conceito de Porto

O conceito atual de porto está ligado a cinco características, segundo (AGERSCHOU, 1983): abrigo, profundidade, acessos, área de retroporto e ambiental.

O abrigo é uma condição essencial para garantir acostagem das embarcações e permitir movimento de carga ou de passageiros, devendo proteger a embarcação de ventos, ondas e correntes, de modo a garantir deslocamentos e esforços mínimos de atracação e



Terminal de contêineres na costa do mar Egeu, Turquia.



As obras de ampliação da retroárea no Porto de Navegantes, utilizou CPR Grouting para enrijecer depósitos de solos moles, a partir de junho de 2014. A primeira fase foi concluída em janeiro de 2015 e agregou 24 mil metros quadrados ao pátio do terminal. Após a conclusão das três fases, 400 mil metros quadrados de área operacional e mais de 2,1 mil tomadas para contêineres reefers, com o dobro da capacidade estática, passando de 15 mil para 30 mil TEUs.

amarração durante a operação. A profundidade está ligada à acessibilidade dos navios em função do calado do navio.

Os acessos provêm a chegada ou retirada das cargas ou de passageiros no porto. Podem ser terrestres (rodoviários, ferroviários e/ou dutoviários) ou hidroviários. A área do retroporto está ligada à movimentação e ao armazenamento das cargas, passageiros e também pode servir de local para instalações da administração portuária.

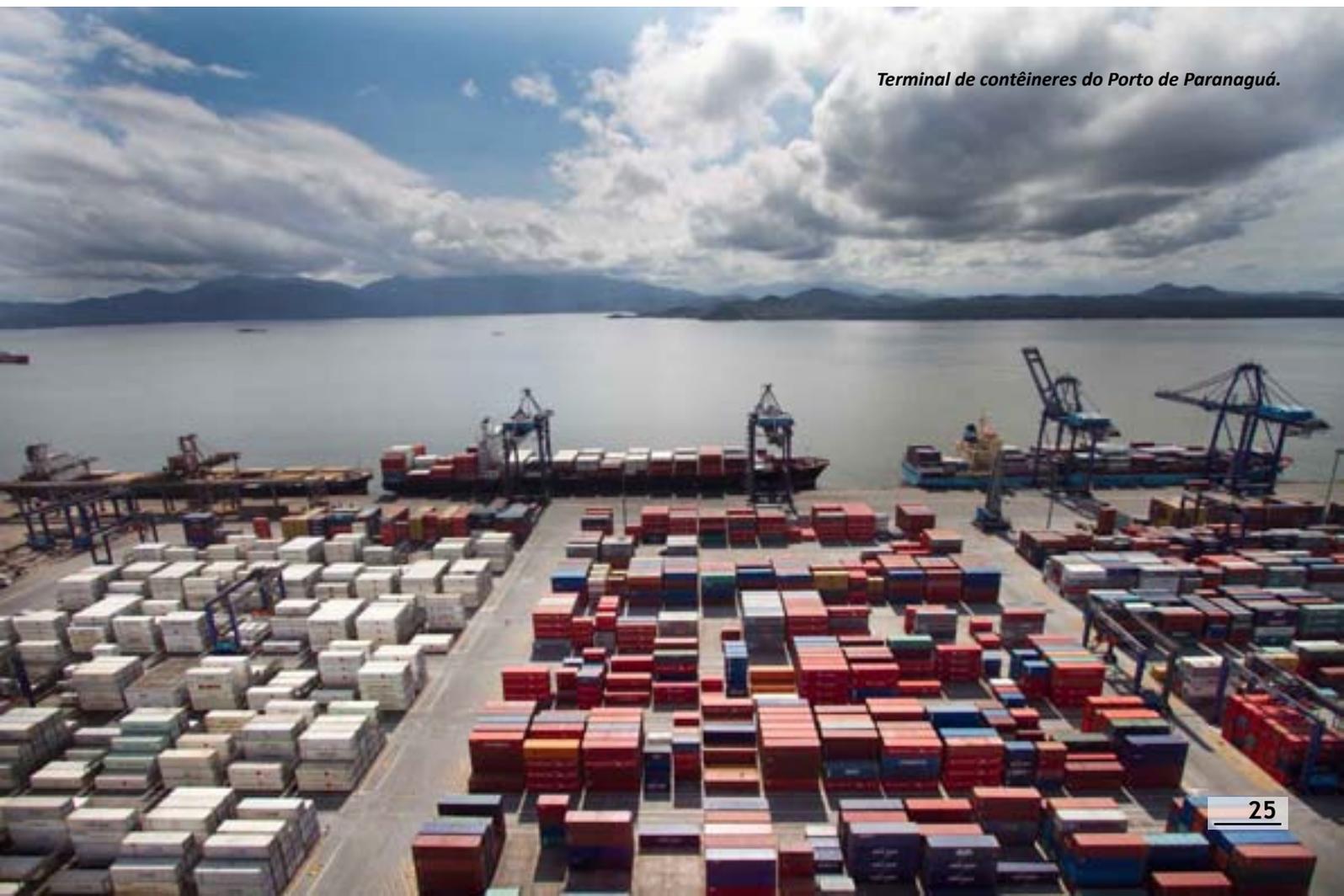
A construção e implantação do porto podem causar um impacto ambiental de grandes proporções, alterando as condições

físicas e biológicas do meio. Atualmente, deve-se fazer um estudo de impacto ambiental avaliando as condições sócio-econômicas do local para obtenção de licença nas agências de controle do meio ambiente.

Os portos ainda podem ser classificados de naturais, onde as obras de abrigo são intrínsecas ou artificiais, onde as obras de abrigo são executadas pelo homem. Em relação à localização dos portos marítimos, podem ser: exteriores,



Terminal de contêineres do Porto de Abu Dhabi.



Terminal de contêineres do Porto de Paranaguá.



Terminal de contêineres do Porto de Elizabeth, EUA.

interiores ou ao largo. Exteriores situam-se diretamente na costa, formados em terra ou salientes à costa (avanço de terra no mar). Os portos interiores são estuarinos, lagunares ou no interior de deltas. Ao largo, são distantes da costa junto à zona de arrebenção.

Para o quesito utilização podem ser de carga geral, movimentando

volumes de qualquer tipo, mas em pequenas quantidades, como sacarias, barris, caixas, bobinas, etc. ou especializado, movimentando determinados tipos de cargas, em quantidades maiores como granéis sólidos ou líquidos, contêineres, pesqueiros, militares (base naval).

Para o projeto de uma obra portuária, caracterizado como

um projeto multidisciplinar, a Geotecnia e a Mecânica dos Solos, fornecem ferramentas para o tratamento do solo, cálculo das fundações, verificações de estabilidade dos taludes, estabilidade global das estruturas, capacidade das cargas geotécnicas, ações provenientes do empuxo do solo, efeito Tschebotarioff, entre outros.



Terminal de contêineres do Porto de Hamburgo, Alemanha.

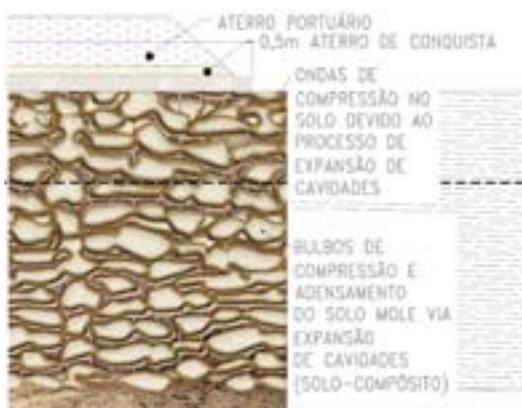
Área portuária de Manaus, AM. Serviços intermitentes de recuperação do solo de fundação com CPR Grouting, desde o episódio trágico de outubro de 2010.



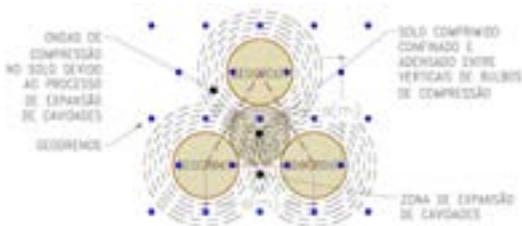
A Presença de Solo Mole na Área Portuária

Solos moles são sedimentares, com baixa resistência à penetração ($SPT \leq 4$), onde a fração argila imprime características de solo coesivo e compressível. São, em geral, argilas moles ou areias fofas de deposição recente. Solos portuários.

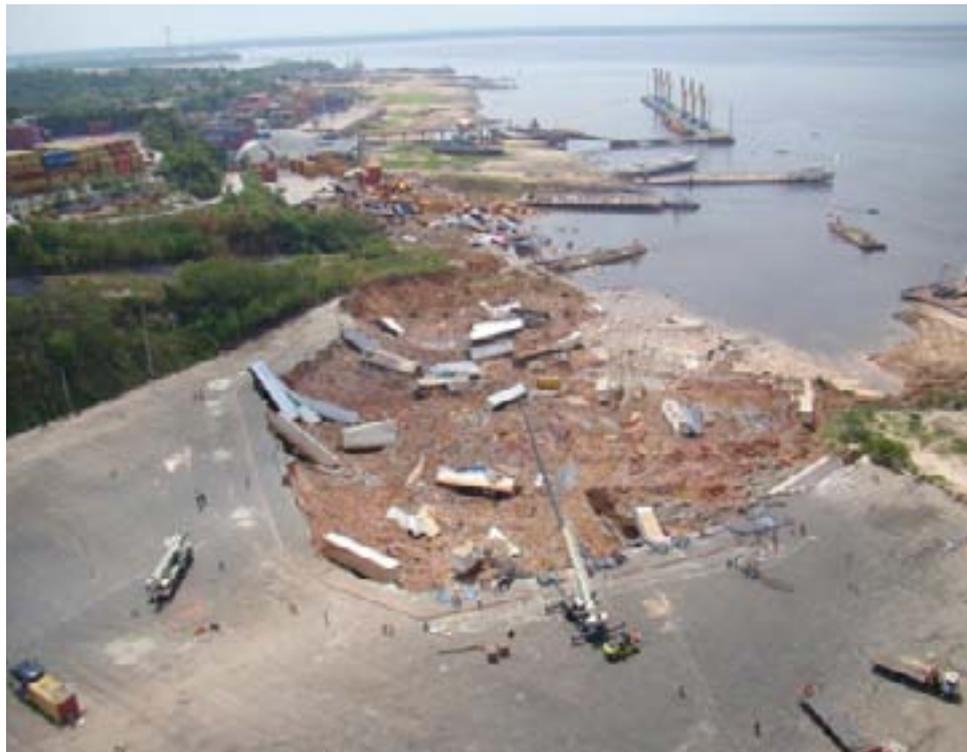
O solo do terminal portuário, pela presença de solos moles, exige condições geotécnicas de solos estáveis. A presença de solos compressíveis, ou que apresentem grande deformação implica, se nada for feito, após a construção de aterro e cargas projetadas, em grandes recalques do pavimento e de construções, inclusive podendo levá-los a ruptura.



Detalhes de projeto do CPR Grouting.



Visão em um local, no desastre de outubro de 2010, na área portuária de Manaus. Técnicas de tratamento à base de estacas de contenção, com a variação do nível do Rio Negro em 15m, em 6 meses, não conseguem segurar as enormes tensões provocadas pela alta poropressão no aterro. O resultado é a ruptura com efeito dominó na orla portuária.

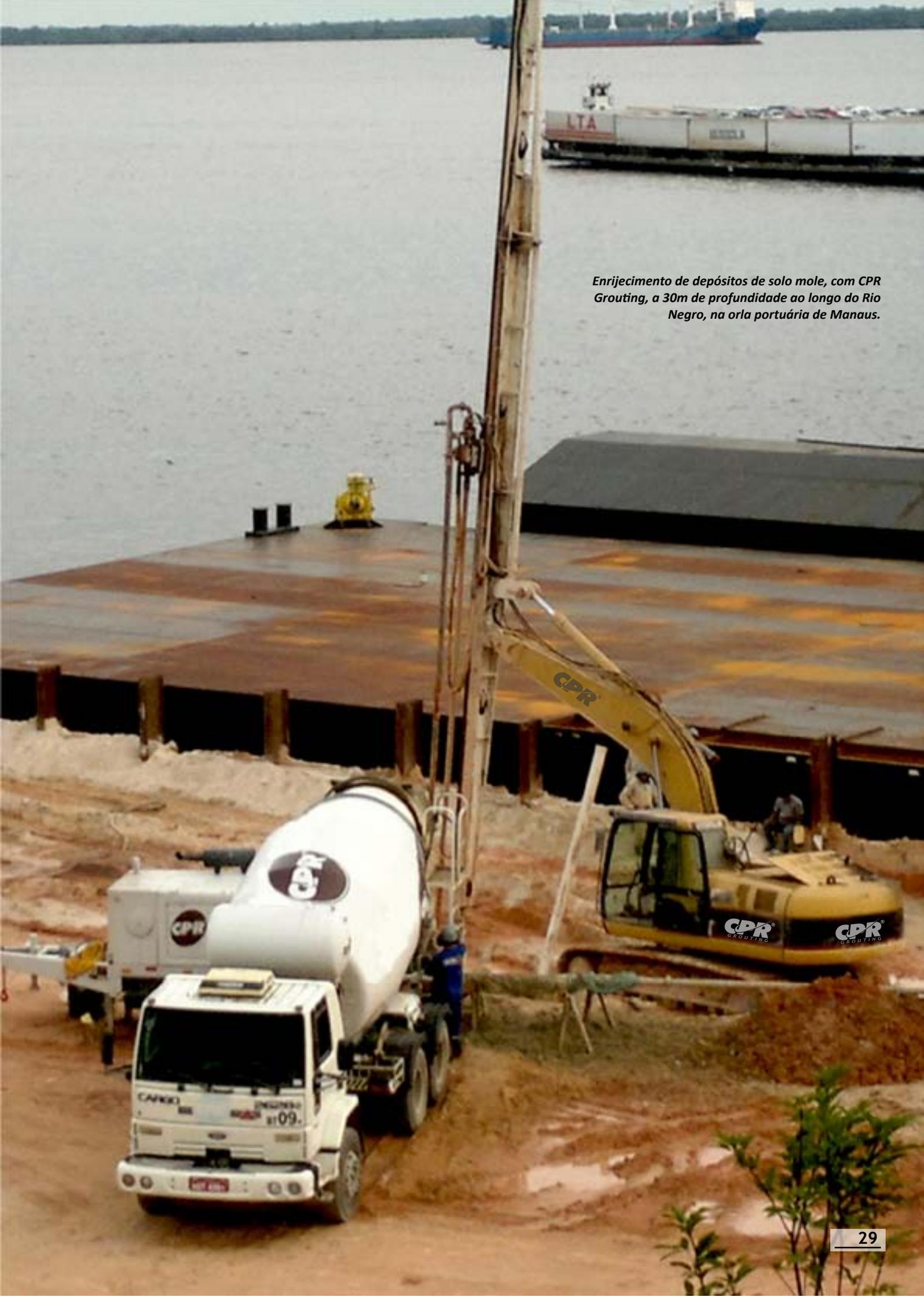


Vista aérea de parte do porto de Manaus em Outubro de 2010, mostrando o arco de ruptura. Na sequência, áreas afetadas dos pátios alfandegados, rampa de acesso e cais flutuante.

Vantagens do enrijecimento do solo com CPR Grouting em relação às técnicas de fundação profunda.

- Não há nenhuma escavação ou impacto ambiental, resultante de transportes caros e disposição especial, particularmente de solos contaminados.
- Não há necessidade de rebaixar o lençol freático e, conseqüentemente, sem obrigação de licenças ou risco à construção próximas.
- Nossas técnicas de grouting adequam-se a todos os tipos de solos e projetos.
- Utilizamos apenas materiais naturais da própria região.
- Para solos argilosos moles, com o CPR Grouting, é possível atingir a capacidade de carga necessária de projeto, a qualquer profundidade, com qualquer coeficiente de segurança. Nossa produção de geodrenos especiais hidrófilos chega a 10.000 metros por dia. Nosso geodreno elimina totalmente a contaminação do colchão superficial drenante, durante o trabalho.





Enrijecimento de depósitos de solo mole, com CPR Grouting, a 30m de profundidade ao longo do Rio Negro, na orla portuária de Manaus.

A Solução CPR Grouting

O CPR Grouting é a principal técnica de enrijecimento de solos moles no Brasil, considerando-se seu tempo de atuação superior a 10 anos, o enorme volume de serviços realizados e, principalmente, sua grande eficiência. Sua característica maior sobressai pelo aumento significativo dos parâmetros de resistência e rigidez dos solos argilosos moles, ampliando, de modo preciso, sua capacidade de carga, eliminando o recalque por consolidação, o que justifica o mais alto nível de eficiência nos tratamentos (cerca de 95%). O método de cálculo para enrijecimento de solos argilosos moles, com CPR Grouting, é feito com base no método de homogeneização desenvolvido por Priebe (1978), associado a critérios e hipóteses desenvolvidas pela empresa.



A moderna tecnologia CPR Grouting em área portuária.

O CPR Grouting tem como performance modificar as características do solo como um todo, tornando-o homogêneo, desprezando os conceitos de transferência de carga e consequentes efeitos de arqueamento, característicos dos métodos de tratamento com base no efeito coluna, como coluna de brita, deep soil mixing e aterro estaqueado. Sua atividade é 100% geotécnica, assentada na teoria da consolidação de solos

argilosos. Dentro deste contexto cria, inicialmente, um ambiente drenante artificial no solo argiloso para, a seguir, comprimir e confinar o solo via expansão de cavidades, com bulbos de geogROUT. O resultado é o adensamento do solo, impondo resistência, em sua totalidade, e um extraordinário processo de confinamento, que estabelece níveis de rigidez incomparáveis, eliminando futuros processos de recalque.

O CPR Grouting em uma ampliação do retroporto de terminal portuário.





Porto de Auckland, Nova Zelândia.

Áreas Portuárias Tratadas Recentemente

- Porto Chibatão



Vista aérea de parte da região portuária de Manaus, onde se processa um volumoso processo de enrijecimento de depósitos de solo mole, a profundidades de 30m, com CPR Grouting, ao longo do Rio Negro. Tanto para efeito de recuperação das áreas degradadas pela tragédia de 2010, quanto para ampliação da zona portuária.

Avocação natural da Amazônia, no que se refere a modal de transporte é, sem dúvida, a forma hidroviária, no entanto, a condição geotécnica da incomparável Zona Portuária de Manaus, submetida ao cíclico e inigualável fenômeno do rápido esvaziamento das águas do Rio Negro, com cerca de 15m de altura, estabelece desafios enormes para manter esta obstinada capacidade. As condições do solo de fundação, com fortes características geotécnicas de antigas rupturas pouco conhecidas, e a heterogeneidade dos aterros superpostos, ao longo de décadas, tornam crítico o cíclico fenômeno do rápido esvaziamen-



Serviços de CPR Grouting na ampliação da área portuária de Manaus.



Serviços de CPR Grouting de reforço do solo próximo as áreas afetadas pelas rupturas ocorridas em 2010.

to do Rio Negro, nesta região pois, perde-se o efeito estabilizante da água em toda a margem portuária, com o agravante do aumento da poropressão no solo, junto a possíveis superfícies de ruptura. Como resultado, a estabilidade da margem portuária é dramaticamente reduzida. O maior acidente portuário do norte do país ocorreu na manhã de domingo, no dia 17 de outubro de 2010. O tempo estava bom e o Rio Negro estava em plena vazante, com nível de 14,71m. Veio a tragédia, caracterizada pela ruptura de extensa margem portuária, então sustentada por muros de contenção suportado por linhas de estacas metálicas, que não suportaram o volumoso aumento da poropressão nos aterros do cais e retroárea, deslizando com seus contêineres, guindastes, veículos



CPR Grouting ampliando a zona portuária.



CPR Grouting na ampliação do porto.

e vidas humanas. A ruptura ocorreu formando superfícies semi-

-circulares, de ruptura rotacional, com cerca de 100m de raio.



CPR Grouting na retroárea portuária.

A presença de fontes e vertentes d'água na base da margem portuária, além dos fatores condicionantes já citados, também indicavam a ocorrência de erosão subterrânea retrogressiva, colaborando para o grande quadro de rupturas. O processo de recuperação do solo de fundação, da extensa área portuária afetada, além do reforço do solo nas demais áreas superiores que permaneciam críticas, teve início com o CPR Grouting.

Até o presente momento, em mais de quatro anos de serviços seguidos de CPR Grouting, a área

de enrijecimento atingiu cerca de 300.000m², contando-se áreas

do retroporto, cais e obras de ampliação.



Visão aérea de parte da zona do cais, onde ocorreram as rupturas, sendo enrijecido com CPR Grouting.

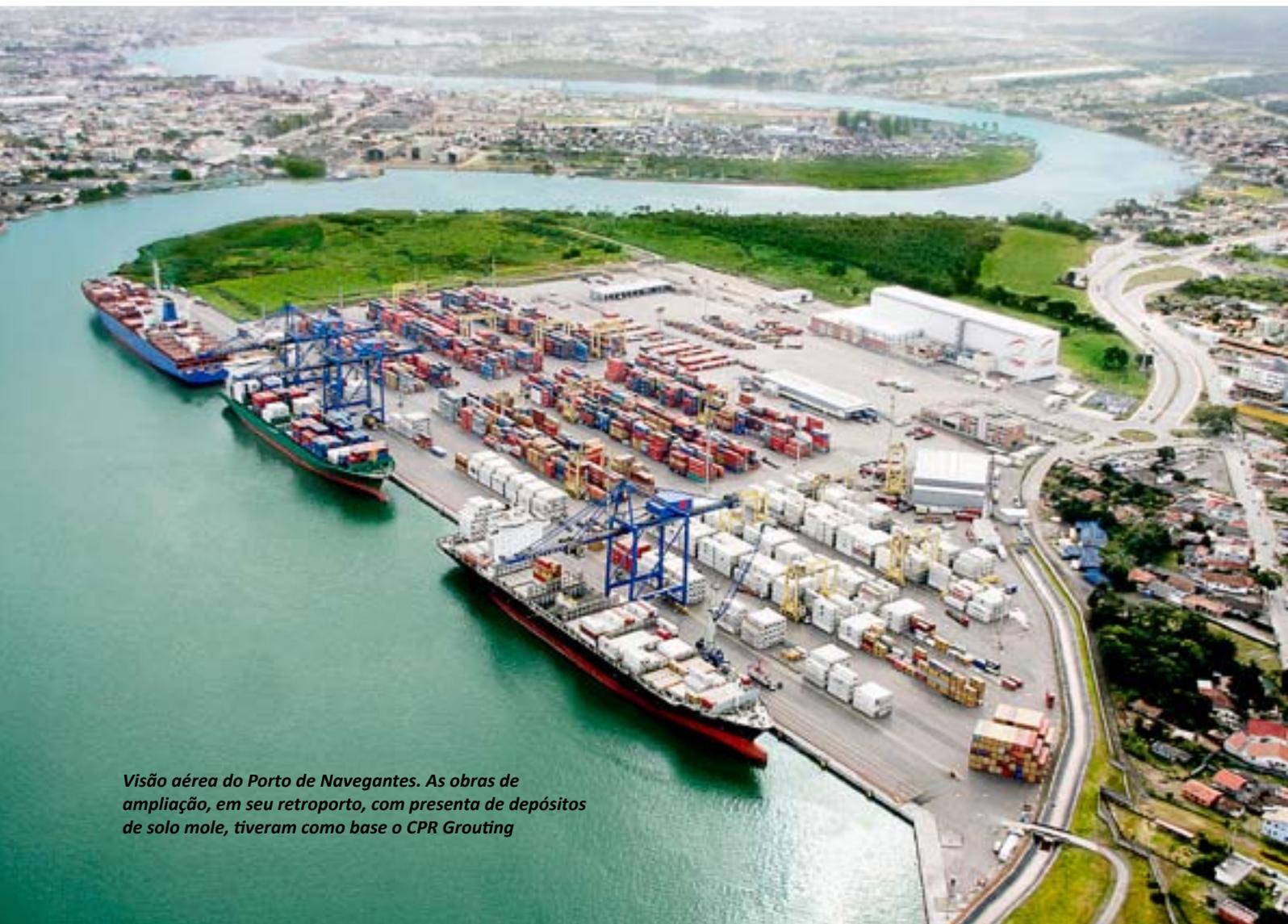


Visão, no solo, da zona do cais, com enrijecimento do solo, em profundidades de 30m.



Serviços de enrijecimento do solo ao longo do cais de Manaus, nas zonas não afetadas pelo desastre de 2010.

• Porto Navegantes



Visão aérea do Porto de Navegantes. As obras de ampliação, em seu retroporto, com presença de depósitos de solo mole, tiveram como base o CPR Grouting

O Porto de Navegantes é um porto privado, localizado na foz do Rio Itajaí, no município de Navegantes, no estado de Santa Catarina.

Em 9 de agosto de 2010 o terminal atingiu a marca de 1 milhão de TEUs movimentados. Até setembro de 2014 o porto movimentou mais de 3,6 milhões de TEUs e recebeu mais de 3,6 mil escalas de navios.



O CPR Grouting ao longo do retroporto.

O porto opera integrado ao Iceport S/A – Terminal Frigorífico de Navegantes, que é um centro de armazenamento, manuseio, distribuição e consolidação de carga frigorífica, com integração de gestão e logística, nacional e internacional, como transporte rodoviário, liberação aduaneira e fretamento marítimo.



A execução de pré-furos necessários para atingir-se os depósitos de solo mole.



Após a cravação dos geodrenos, a execução das verticais com bulbos de compressão do solo.



Visão aérea do Porto de Navegantes.



O controle de qualidade dos serviços, junto as estacas do cais, foi feito com a instalação de inclinômetros

Consolidada como a maior movimentadora de cargas containerizadas de Santa Catarina, responsável por 45% da participação de mercado do Estado, o porto de navegantes finalizou às obras da segunda fase do Terminal Portuário. Esta etapa, na infraestrutura

do Terminal, faz parte do planejamento da Companhia desde a sua fundação. Com a obra, a empresa praticamente dobrou a capacidade estática do pátio de 15 mil para 30 mil TEUs (unidade de medida equivalente a um contêiner de 20 pés).

A área a ser ampliada fica no lado direito do Terminal. O pátio, que



As obras de ampliação do cais, com CPR Grouting.



Visão noturna de parte do cais do Porto de Navegantes.



Porto de Navegantes: Parte da retroáreas tendo seu solo de fundação tratado. tem hoje 270 mil m², passará para cerca de 400 mil m². Com a expansão, ganhará mais 810 tomadas para contêineres

reefers – utilizados para cargas congeladas e refrigeradas. Somadas com as 1.890 tomadas já existentes, a capacidade do Terminal será para 2.700 contêineres refrigerados, importante diferencial tendo em vista que a carga congelada, principalmente frango, representa cerca de 50% da movimentação, no sentido da exportação.

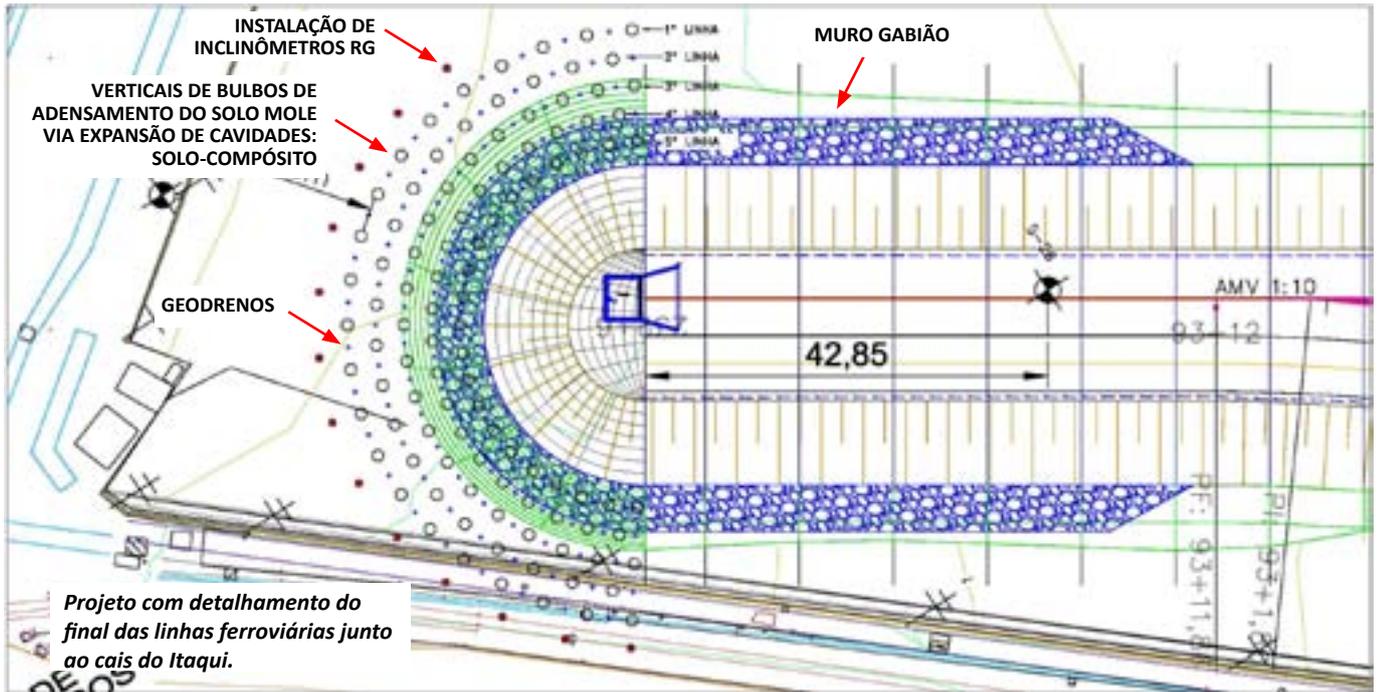


Visão aérea do belo Porto de Navegantes, SC.

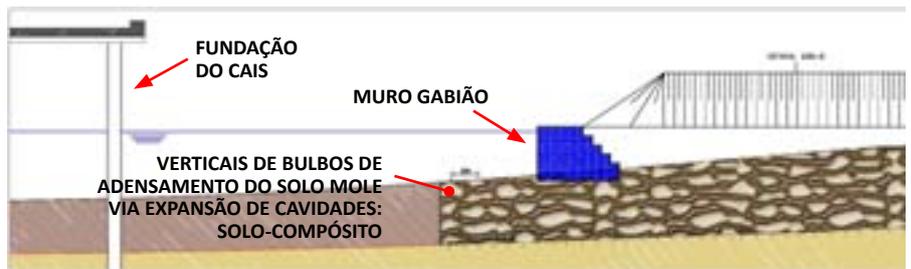


*Visão noturna do Porto do Itaqui,
próximo a São Luís, Maranhão*

• Porto do Itaquí



O porto do Itaquí tem posição estratégica como importante corredor norte, além de principal exportador de grãos da região e do nordeste no Brasil, com posição estratégica em relação aos mercados europeu, norte americano e o Canal do Panamá. Para tanto, foi fundamental a execução do acesso ferroviário a este porto, proveniente das Ferrovias Norte-



Vista em corte da planta acima, evidenciando a presença de muro gabião e do próprio aterro da ferrovia totalizando cerca de 8m de altura, assentados sobre depósito de solo ultra-mole.



Os depósitos de solo mole, com profundidade de até 15m, estavam sob um aterro com 5m de espessura.



A formação das verticais com bulbos de compressão e enrijecimento do solo mole.



Situação do solo no final da ferrovia junto ao cais do Porto do Itaquí.

-Sul e Companhia Ferroviária do Nordeste. O desafio foi dar condição suporte ao solo, devido aos extensos depósitos de solos moles e muito moles presentes na área portuária, provenientes da deposição de sedimentos da bacia hidrográfica do Itaqui e do Bacanga, originário dos rios Grajaú, Pindoré, Mearim e dos Cachorros, que apresentavam alta compressibilidade, e baixíssima resistência.



O assentamento das linhas ferroviárias sobre o solo tratado.



A ferrovia em funcionamento...



... ativando o terminal de grãos no Porto do Itaqui.





*As linhas da ferrovia, recém construídas,
ao longo do Porto do Itaipu.*

- Porto da Base dos Fuzileiros Navais da Ilha do Governador, RJ.



O cais do Porto da Base Naval, na Ilha do Governador, RJ.

A história da Ilha do Governador, na zona norte do Rio de Janeiro, começou cedo. Os primeiros “donos” do espaço, pelo menos aqueles de quem se tem notícia, foram os índios da tribo Temiminós, que perderam o posto de mandatários da região quando, em 1502, os portugueses aportaram ali.

A Ilha do Governador, tem uma área total de 4.081 hectares, ou 40,81 km², e abriga mais de 200 mil moradores das mais distintas classes sociais. O porto serve de base para a Marinha.



O enrijecimento do solo junto ao cais do porto.



Uma extensão do cais da base naval.

O enrijecimento dos depósitos de solo mole na área portuária.



• Estaleiro Renave



Visão aérea do Estaleiro Renave, situado na Ilha do Viana, RJ.

Fundada em 1974 e situada na Ilha do Viana, na Baía de Guanabara, a RENAVE é o maior estaleiro de reparos navais da América Latina. A empresa executa obras gerais de reparos, jumborização, remotorização, conversão e extensão de vida útil de navios, além de reparos de embarcações flutuando, em qualquer parte do Brasil, estando física e tecnologicamente capacitada a atender navios de até 80.000 TPB.

A empresa, sob o controle do “Grupo REICON”, agregou as facilidades da ENAVI, transferindo para a Ilha do Viana o dique flutuante “Almirante Guilhem”,



Os trabalhos de CPR Grouting, sendo executados...



... de modo a tratar depósitos de solo mole.



Visão aérea do estaleiro, situado na Ilha do Viana.

bem como todos os equipamentos, o ferramental e os profissionais daquele estaleiro. Operando em associação com a RENAVE, a ENAVI está apta a prestar todos os tipos de reparos e serviços aos armadores, como a revisão de motores principais e auxiliares, de trocadores de calor, caldeiras, sistemas de refrigeração, bombas, etc., além dos serviços rotineiros de docagem.



Instalação de inclinômetros para controle de qualidade junto às estacas.



Um dos diques do estaleiro, situado na Ilha do Viana, RJ.