

técnica

construção

Revista de
Tecnologia e
Negócios da
Construção

PINI

apoio
IPT

www.piniweb.com

ARTIGO

Coordenador
do Núcleo de
Real Estate da
USP ensina a
avaliar
investimentos
imobiliários

COMO CONSTRUIR

Tratamento
antipó para pisos
de concreto

Usina flutuante, Porto de Aratu

Dolphins e fundações
submersas de concreto

ENTREVISTA

José Roberto Braguim
"Segurança não se
mede apenas pela
resistência do concreto"

P&T INTERNACIONAL

Produtos espanhóis
em busca do Brasil

Instalações elétricas

Uma pesquisa mostra o descaso com as redes domésticas e a falta de manutenção. Fabricantes procuram oferecer produtos mais seguros e de fácil instalação. Conheça também as vantagens do barramento blindado

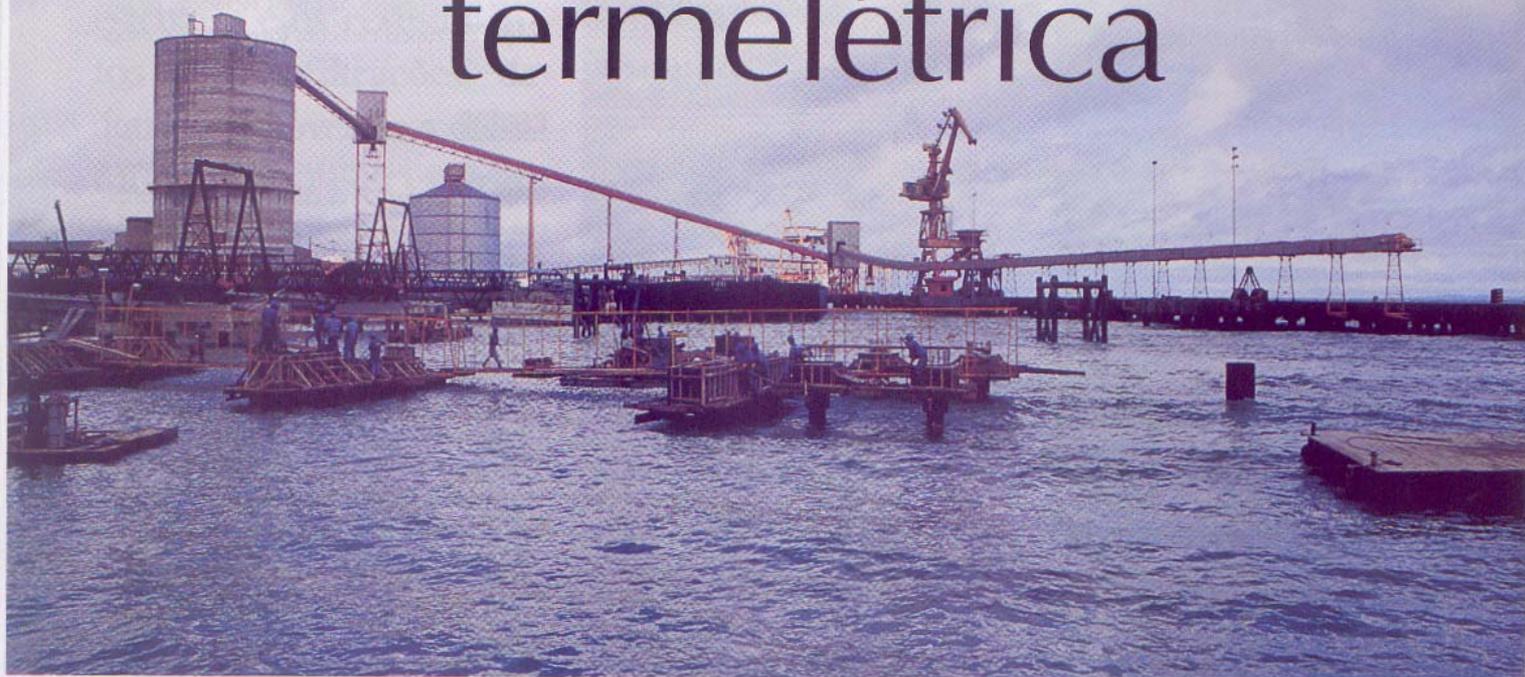
agosto, n.º 65, ano 10 R\$ 8,00



PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Corrida tecnológica nas estradas



Como atracar uma termelétrica



Usina-balsa chega ao Porto de Aratu, em Salvador, e ganha atracadouro especial. *Dolphins* e pontes de acesso precisam garantir estabilidade frente à força dos ventos e oscilação das marés: engenharia até debaixo da água

Reportagem Tania Bértolo

Uma das obras estratégicas do Programa Emergencial de Energia do Governo Federal, a nova termelétrica flutuante do Porto de Aratu acrescentará 190 MW na oferta de energia do Estado da Bahia. A Nordeste Generation, empresa do grupo cingapuriano Keppel Fels Energy, arrendou uma área no porto baiano para a instalação de cinco balsas de geração de energia a diesel. O investimento total chega à casa dos 6 milhões de dólares, que financiam, ainda, a construção de uma subestação em terra e uma linha de transmissão para interligar o sistema à rede da Chesf (Companhia Hidrelétrica do São Francisco).

Sob a responsabilidade da Belov Engenharia, o projeto inclui a construção de toda a infra-estrutura necessária à atracação e transferência de combustível entre as balsas. Além disso, serão construídas uma subestação de energia, uma central de abastecimento, pontes de acesso sobre o mar e tubovias. Segundo a construtora, o principal desafio da obra foi a adaptação ao regime das marés. “As balsas so-

bem e descem de acordo com a maré e foi necessário submeter o sistema de atracamento a essas condições”, explica o engenheiro Hildegardo Nogueira, da Belov Engenharia.

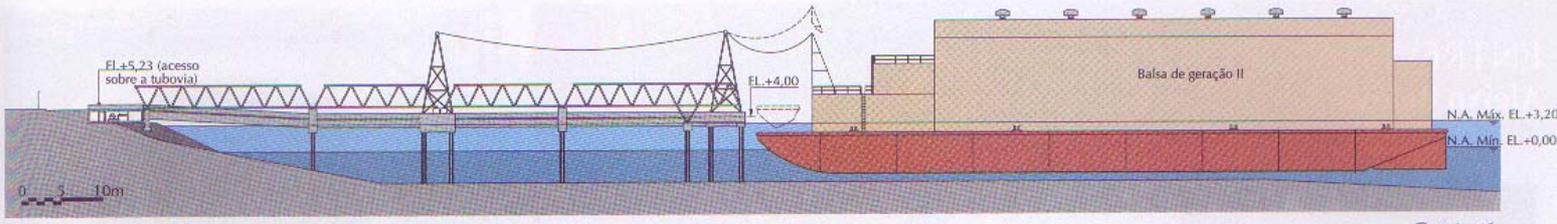
Os *dolphins* de amarração foram projetados para suportar as cargas oriundas das correntes marítimas, adicionadas dos excessivos esforços dos ventos nas balsas, considerados muito maiores do que os das correntes marítimas. A balsa II de geração, por exemplo, tem uma altura, acima do *deck*, de 14 m, o que gera uma carga de vento máxima – em situação de tempestade – de 113 tf de arrastamento lateral. “Isso significa quase o dobro da carga normal, que seria de cerca de 60 tf para uma balsa de 2 ou 3 m de altura”, explica o engenheiro Bruno de Mello Campos Limmer, da PC&M, empresa responsável pelo cálculo estrutural.

Estruturas de mar

Localizado do lado Leste da Baía de Todos os Santos, o Porto de Aratu está plantado sobre um solo formado por



uma camada de alteração de folhelho de resistência variável, que permite a cravação de estacas até a camada de rocha mais dura. A possibilidade de uso de explosivos foi descartada depois de estudos de preservação ambiental. Des-



Corte 1

A TODA PROVA

Os *dolphins* que ancoram a balsa II de geração suportam forças de arrastamento lateral da ordem de 113 tf. As alocações no mar foram feitas por triangulação, apenas com o uso de aparelhos topográficos

sa forma, o tipo de solicitação sobre os *dolphins* demandou a construção de três ou quatro tubulões de sustentação da estrutura em diversas alturas – de 4 a 12 m –, ancorados no mar por estacas-raiz, que ajudam a resistir aos esforços de tração.

A construção dos *dolphins* foi feita por etapas. Em primeiro lugar os tubulões das fundações – tubos de aço com diâmetro de 96 cm e espessura de 3/8” – foram cravados no folhelho até a nega. A essa etapa seguiu-se a retirada da água salgada contaminada do interior do tubo com um equipamento do tipo *lift*. Depois de uma limpeza fina feita por um mergulhador, os tubos foram cravados até a camada de folhelho duro.

Na base dos tubulões foi feita a injeção de estacas-raiz com tirante. O engenheiro Laurent Couvignou, da PC&M, explica que “as estacas-raiz ajudam o *dolphin* a suportar as grandes cargas de vento, que levam a esforços de tombamento e de tração da ordem de 60 ou 80 t em condições normais”.

A concretagem dos tubos foi executada com tremonha e concreto auto-adensável, até determinada altura, o que depende do tamanho da balsa. A tolerância das estacas para desalinhamento é de 5 cm, quando o usual seria 10 cm. “O concreto usado para encher os tubos tem resistência de 20 MPa e relação água/cimento de 0,45”, explica o engenheiro Francisco Santana, da Belov Engenharia.

Depois dessa primeira etapa de concretagem, uma jaqueta, composta por um tubo de aço de 50 cm de diâmetro, com parede de 5/8”, foi encaixada sobre o tubo de aço do tubulão. Essas jaquetas foram projetadas, com altura entre 6 e 8 m, para permitir o trabalho das guias metálicas de fixação das balsas durante a subida e descida das marés (veja figura 1). A diferença de diâmetro entre os dois tubos originou um espaço que foi preenchido com concreto submerso do tipo *pre-packed* com resistência mínima de 25 MPa.

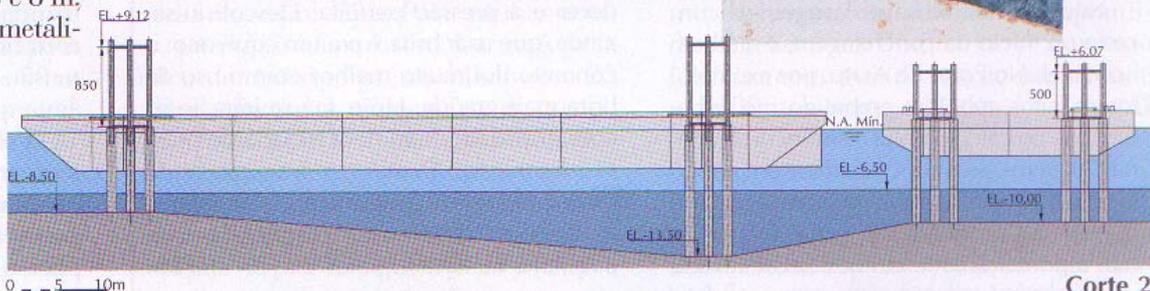
Preservação ambiental

O sistema de refrigeração da usina termelétrica flutuante é composto por 3 ramais de alimentação de água salgada, abastecidos por uma balsa especial com sistema de bombeamento. Das cinco balsas geradoras, duas têm captação própria de água do mar destinada à refrigeração.



DOLPHINS DE AMARRAÇÃO

Cada uma das estruturas é sustentada por três (à esquerda) ou quatro (acima) tubulões e composta por tubos intertravados, com um trecho de tubo livre, sem travamento para o recebimento das balsas (corte 2). Uma guia, chamada guia de estaca (à esquerda), é aclopada à balsa, ligando-a ao tubo do *dolphin*. A guia de estaca corre livremente, no sentido vertical, submetendo-se aos movimentos da balsa. As guias de estaca são peças de aço com elementos de transição de madeira e chapas de polietileno de alta densidade (detalhe abaixo), o que evita o efeito indesejável do atrito entre o aço da balsa e o da própria guia



Corte 2

Obra

ENTREVISTA Aleixo Belov

História concreta

Engenheiro russo conta a trajetória do concreto em obras marítimas no Brasil



SOFIA MATTOS

A construção de portos como o de Tubarão e pontes como a Rio-Niterói, na década de 70, demandaram uso contínuo de concreto submerso. Como foi essa evolução?

Há 30 anos começou o trabalho com concreto submerso na Bahia, na mesma época em que foi construída a Rio-Niterói. A equipe da obra iniciou o uso do concreto submerso com tremonha da seguinte forma: levava-se o concreto para o fundo de uma fundação subaquática através de um tubo com a tremonha inserida no concreto fresco, e a fôrma se enchia até expulsar toda a água. Na época, lembro-me que a equipe da obra mantinha essa técnica em absoluto segredo. O terminal marítimo de Tubarão, que estava sob a responsabilidade da construtora carioca Christiani Nielsen, tinha sérios problemas para conseguir preencher as fundações com concreto sem paralisar ou lavar o concreto durante a execução, justamente por isso: quem sabia alguma coisa, escondia.

E como essa técnica foi aperfeiçoada?

A técnica de concretagem com concreto submerso foi quase totalmente aperfeiçoada no próprio Porto de Aratu, que tem tubulões de 54 m de profundidade. O segredo todo está na tremonha, que deve estar lisa por dentro e sem rugosidades, e não pode ter a borracha das juntas estragada para evitar a entrada de água. Além disso, o traço do concreto tem de ser muito bem dosado para evitar segregação.

A "lavagem" do concreto, que ocorre em áreas submersas, representa risco à estrutura como um todo?

Não é proibitivo haver lavagem de concreto no início da concretagem, é até bem aceitável. No Porto de Aratu, por exemplo, foram feitos tubulões embutidos no folheto, que no cálculo tinha resistência de apenas 7 kg/cm². Se o concreto fosse um pouco lavado no início, bastava programar um furo 0,5 m mais profundo na rocha. Dessa forma, o primeiro concreto que saísse lavado

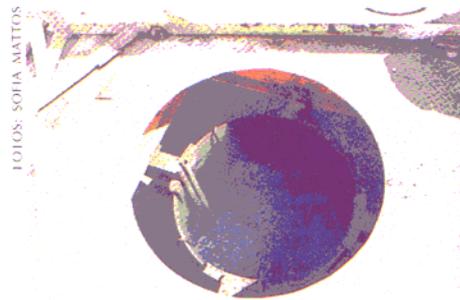
poderia ser considerado substituição desse espaço de escavação excedente da rocha. E mesmo lavado o concreto tinha uma resistência muito superior a 7 kg/cm², então não haveria prejuízo.

Como surgiu o concreto submerso injetado?

Os americanos foram os primeiros a utilizar o *pre-packed*, ou concreto injetado. Faziam as fôrmas, colocavam a brita e as ferragens e injetavam a nata de cimento pura no vazio da brita por pressão. O resultado era bastante bom: cabia maior quantidade de brita de maior tamanho. Até então, porém, nunca houve oportunidade de se fazer isso por aqui por causa, principalmente, da falta de bibliografia técnica.

E quando foram as primeiras experiências brasileiras com concreto injetado?

Eu era superintendente de produção da Mendes Júnior durante a obra de uma plataforma de petróleo *off-shore* flutuante de concreto armado, construída na Baía de Todos os Santos e instalada no Rio Grande do Norte. Durante uma determinada manobra, a plataforma bateu e houve avarias em um dos tubulões de amarração, localizado embaixo d'água. Foi aí que tive a oportunidade de emendar esse tubulão com concreto submerso injetado, pois seria muito trabalhoso preparar tudo para fazer uma tremonha apenas por causa de um pequeno reparo. Depois de uma experiência feita em terra, no próprio local, partimos para a concretagem *in loco*. Anos mais tarde, uma empresa chamada Corema pediu um projeto de uma carreira naval para atracamento de embarcações de até 1.200 t. Para construir a carreira, as emendas entre as estacas, os blocos e as vigas de 10 t de concreto pré-moldado, foi usado concreto injetado, transformando a carreira em uma viga hiperestática contínua. Tudo isso foi pensado com estudos até que se conseguiu o espaçamento ideal entre os purgadores e a pressão perfeita. Descobriu-se, ainda, que usar brita 1 era um equívoco: o concreto fluiu muito melhor com o uso de brita mais graúda. Hoje, faz-se injeção só com gravidade, sem necessidade de pressão nenhuma. O mesmo processo pode ser usado para diversos materiais: argamassa comum, argamassas especiais com pozolana ou fibras. **T.B.**



FOFOS: SOFIA MATTOS

CONCRETAGEM

Os tubulões foram preenchidos com concreto *pre-packed* de 20 MPa e relação a/c 0,45



REFRIGERAÇÃO

Depois de abastecer duas das cinco balsas que necessitam de resfriamento, a água salgada é lançada em um canal que conduz ao despejo

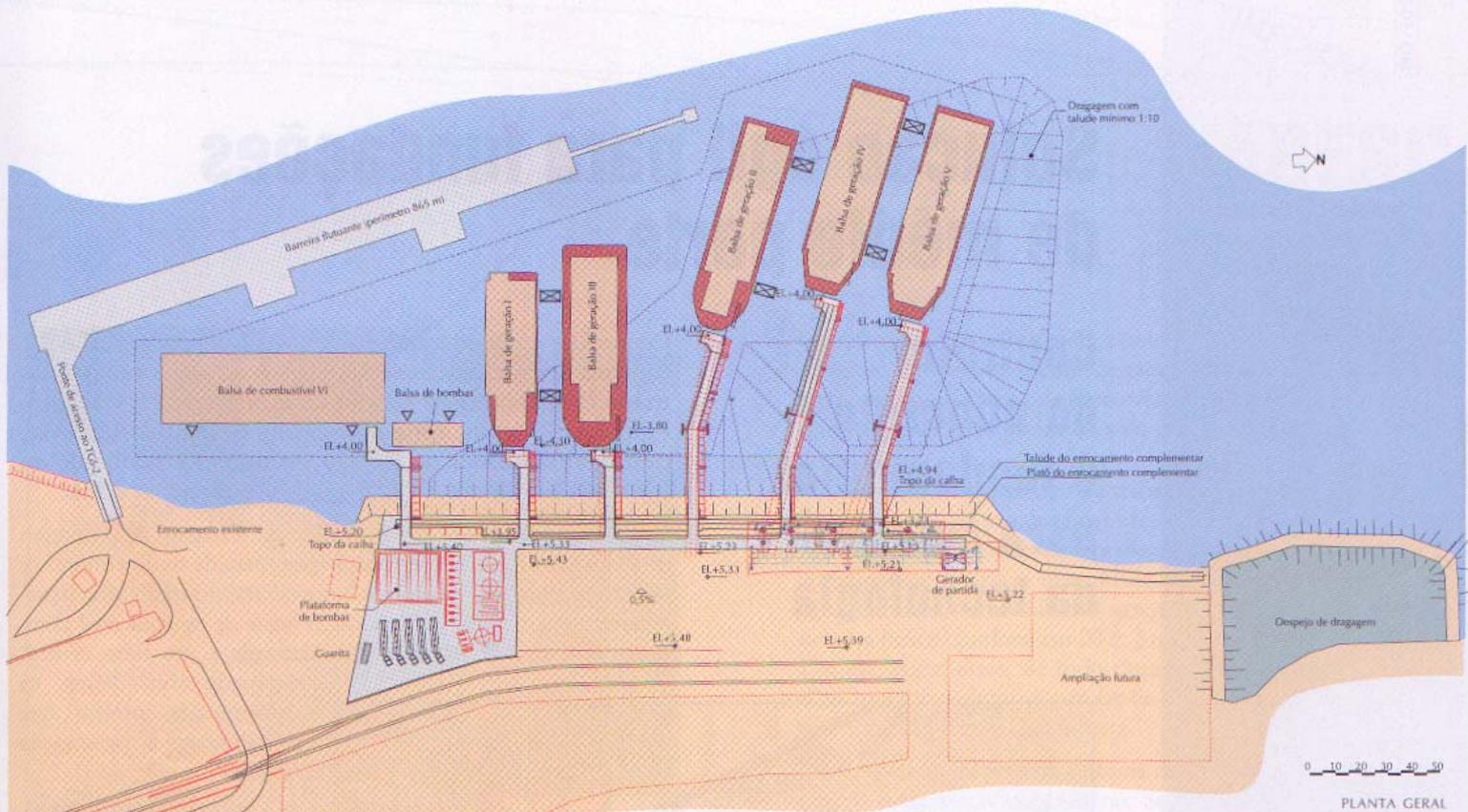


PONTES

Treliças metálicas com vãos de 20 a 35 m suportam as tubulações metálicas

Depois do resfriamento dos geradores nas balsas, a água do mar – sem sofrer nenhum tipo de contaminação durante o resfriamento – é lançada, por meio de tubulações em um canal. Essa calha é constituída por concreto armado reforçado com fibras de polipropileno por uma extensão de 500 m e recebe cerca de 5 m³ de água a cada segundo.

“Foi necessário analisar variações de temperatura em microclimas na Bahia e manter a temperatura dentro dos limites permitidos pela legislação ambiental”, explica o engenheiro Couvignou. O comprimento do canal permite que a água esfrie



ao longo do caminho e seja jogada de volta no mar em temperatura ideal.

Todas as tubulações e as flanges utilizadas na planta de resfriamento foram fabricadas de acordo com um detalhamento especial feito pela Belov Engenharia e pela PC&M. Os diâmetros utilizados foram 26" e 28", pouco usados no País.

Para suportar a tubulação que liga a terra e as balsas, junto às pontes de concreto protendido, foram feitas treliças metálicas com vãos de 20 a 35 m para suportar a tubulação das balsas.

Economia de tempo

O complexo de geração de energia possui acessos terra-mar-terra para veículos e pessoas, inicialmente programados para serem executados com concreto armado convencional. A construção dessas obras, porém, esbarrou no tempo escasso – sete meses –, já que implicaria a cravação de uma estaca ou a execução de uma sapata a cada 10 m. “Optamos por vãos de 20 m vencidos com vigas protendidas, o que eliminou pontos de fundações, além de fugir dos pontos de enrocamento”, explica o engenheiro Nogueira, da Belov Engenharia.

Os decks com alargamentos – ou píeres – que ficam no final das pontes deveriam, a princípio, ser feitos com di-



CONCRETO FLUTUANTE

Projetados para fazer a ligação terra-mar-terra de pessoas e veículos, os píeres foram construídos com uma estrutura monolítica. A peça pré-moldada de concreto foi preenchida com poliestireno expandido e trazida até o Porto de Aratu rebocada pelo mar

versas vigas pré-moldadas, vigas intermediárias e pré-lajes. Para ganhar tempo, porém, a construtora fez uma peça única de concreto pré-moldado com 25 t. Dessa forma, a maior parte dos serviços – fabricação de fôrmas, armaduras e concretagem dos pré-moldados – foi feita em terra, em Salvador, ficando apenas a montagem para o mar.

A laje do pier não poderia ser trazida a Aratu com balsa, por conta do peso ex-

cessivo. A solução foi preencher o interior das peças com poliestireno expandido e rebocá-las flutuando. O içamento foi feito com guindastes de capacidade para 30 t na ponta da lança. **t**

Ficha técnica

construção: **Belov Engenharia**; projeto de tubulações e estruturas de mar: **PC&M**; projeto estrutural das pontes: **João Sanches Engenharia**