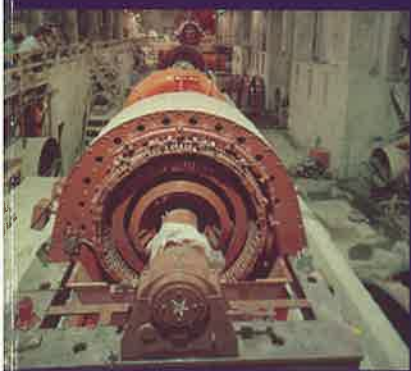


100 ANOS DA ENGENHARIA BRASILEIRA



Publicação especial da revista
O EMPREITEIRO



Editor
Joseph Young

Coordenador do projeto e textos
Nildo Carlos de Oliveira

100 ANOS DA ENGENHARIA BRASILEIRA

Publicação especial da revista

O EMPREITEIRO

EDITORA
UNIVERS

© by Editora Univers

Editor

Joseph Young

Coordenador do projeto e textos

Nildo Carlos Oliveira

Pesquisa

Cinira Boranga, Regina Célia Silva Ruivo,
Lilian Moreira, Zeca Bringel e João Yuasa

Produção Gráfica e diagramação

Miguel de Oliveira

Edilaine Carriel e Christian J. S. Maillfaud

Revisão

Adriana Cristina Carvalho Maciel

EDITORA

UNIVERS

Rua Diogo Moreira, 124 – CEP 05423-904 – São Paulo – SP – Brasil – Tel.: (011) 814-5022

100 ANOS
DA ENGENHARIA
BRASILEIRA

*P*atrocínio
por ordem de adesão

CASE

FIATALLIS

CATERPILLAR

KNAUF
Sistemas de Construção a Seco

BR PETROBRAS

ABCP
ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
CIMENTO PORTLAND

100 ANOS DA ENGENHARIA BRASILEIRA

*P*refácio dos Patrocinadores

A proposta de reunir 100 anos da engenharia brasileira em um livro é mostrar a história e a geografia do País, pois nenhuma função influencia tanto a realidade como a do engenheiro.

Em um país que continua em construção, a Associação Brasileira de Cimento Portland, presente neste livro, vê nas obras retratadas a inspiração para as grandes construções do século XXI.

Francisco Sanz Esteban, presidente da Associação Brasileira de Cimento Portland

O emprenho, a criatividade e o arrojo são condicionantes fortes na construção brasileira. Materializar 100 anos de história é o fruto da capacidade de nossos engenheiros. Parabéns à engenharia brasileira.

Gilberto da Costa, vice-presidente da Case Brasil & Cia.

A Caterpillar possibilita aos planejadores e construtores do mundo transformar suas idéias em realidade. Temos muito orgulho da nossa capacidade de criar e dar suporte aos melhores equipamentos e motores do planeta. Mas não é somente o que fazemos que nos deixa orgulhosos – é o que tornamos possível realizar.

Caterpillar Brasil

A Knauf do Brasil, iniciando suas operações industriais no Brasil em janeiro de 2000 e introduzindo no País novos conceitos, visando à racionalização da construção civil, sente-se honrada em poder associar-se a este projeto, que relata a brilhante e criativa trajetória da engenharia brasileira ao longo do século XX.

Sebastian Richers, presidente da Knauf do Brasil

A Fiat Allis sente-se extremamente gratificada por presenciar e participar da evolução da engenharia brasileira nas últimas cinco décadas. Acompanhamos as necessidades tecnológicas que foram surgindo na medida em que o País crescia e as obras apresentavam crescente sofisticação. Sabemos que crescemos e evoluímos junto com o Brasil e nossos clientes. Hoje em dia, assim como os produtos da Fiat Allis são comercializados e conhecidos globalmente, a engenharia brasileira também atua e é reconhecida no mundo inteiro. E isso é motivo de orgulho para todos nós que atuamos no setor.


Valentino Rizzjulli, diretor-superintendente da Fiat Allis Latino Americana

A engenharia da Petrobras chega a quase trinta anos de existência com expressivas realizações e novos e imensos desafios para o novo milênio. Ao longo de sua trajetória tem desempenhado um papel de destacada importância no desenvolvimento das empresas nacionais da engenharia, construção e montagem, com importante contribuição ao desenvolvimento do País. A perspectiva de futuro é de realizações crescentes, lastreada pela sólida capacidade de inovar, romper fronteiras e realizar com qualidade.

Luiz Eduardo Guimarães Carneiro, superintendente do serviço de engenharia, da Petrobras - Petróleo Brasileiro S.A.

100 ANOS DA ENGENHARIA BRASILEIRA

*P*refácio dos Editores

 encerramento de um século pressupõe uma simbologia cronológica à qual todos nos rendemos pelo que ela representa do ponto de vista da esperança do constante recomeço. E não poderíamos fechar as páginas dos últimos 100 anos sem um tributo, o mais simples possível, àqueles que tornaram possível o desenvolvimento de uma atividade que tem sido o motivo central de nosso cotidiano, ou seja, o jornalismo direcionado para as realizações da engenharia.

De 1900 para cá muitas obras de engenharia foram realizadas em todo o Brasil. Algumas fizeram época, outras caíram no anonimato, mas todas tiveram a sua finalidade em um País que só veio a contar com alguma infra-estrutura razoável, para suporte ao seu desenvolvimento econômico e qualidade de vida da população, depois dos anos 40.

Considerando a importância da data histórica – fim não somente de um século, mas também de um milênio – e a importância da engenharia brasileira no século XX, não poderíamos deixar de pensar na elaboração de um livro que tivesse simultaneamente um sentido documental e de homenagem. Documental do ponto de vista do registro de obras que forneceram as bases para a consolidação de uma engenharia brasileira. E de homenagem aos engenheiros, projetistas, arquitetos e construtores em geral que contribuíram, de uma forma ou de outra, para o desenvolvimento dessa engenharia.

Mais de duas dezenas de empresas entenderam o alcance de nosso propósito e passaram de imediato a apoiar esse projeto editorial. A elas, o nosso agradecimento.

E não poderíamos deixar de lembrar o agente, invariavelmente aviltado e esquecido, em empreendimentos dessa natureza: o peão de obra. No geral, tem sido ele, ao longo do tempo, o responsável pelas notáveis realizações da engenharia. O operário brasileiro, criativo e anônimo, tem marcado presença, seja na construção mais simples, seja na obra que passa a espelhar o emprego da tecnologia mais apurada. Sem ele, não estaríamos contando esta história da engenharia brasileira.

Joseph Young,
idealizador do livro e
editor da revista *O Empreiteiro*

<i>A</i> construção desta história, obra a obra	16	<i>Manaus</i> –Porto Velho	84
<i>Estação da Luz</i>	20	<i>Capibaribe</i>	86
<i>Teatro Amazonas</i>	22	<i>Colombo Salles</i>	88
<i>Lajes</i>	24	<i>Metrôs</i>	90
<i>Parnahyba</i>	26	<i>Galeão</i>	92
<i>Theatro José de Alencar</i>	28	<i>Imigrantes</i>	94
<i>Teatro Municipal</i>	30	<i>Porto de Rio Grande</i>	96
<i>Madeira</i> –Mamoré	32	<i>Carajás</i>	98
<i>Viaduto Santa Ifigênia</i>	34	<i>Emborcação</i>	100
<i>Via Dutra</i>	36	<i>Viaduto do Chá</i>	102
<i>Martinelli</i>	38	<i>Cieps</i>	104
<i>Elevador Lacerda</i>	40	<i>Confins</i>	106
<i>Congonhas</i>	42	<i>Fraque</i>	108
<i>Santos Dumont</i>	44	<i>Pampo</i>	110
<i>Estação Júlio Prestes</i>	46	<i>Serra do rio do Rastro</i>	112
<i>Volta Redonda</i>	48	<i>Angra</i>	114
<i>Quitandinha</i>	50	<i>Expressway</i>	116
<i>Guandu</i>	51	<i>Shopping Paulista</i>	117
<i>Paulo Afonso</i>	52	<i>Metrô-SP</i>	120
<i>Maracanã</i>	54	<i>Ponte do Morumbi</i>	122
<i>Garagem América</i>	56	<i>Ponte Ulysses Guimarães</i>	123
<i>Baía de Ilha Grande</i>	58	<i>Infovia</i>	124
<i>Rio–Teresópolis</i>	60	<i>Anchieta</i>	126
<i>Brasília</i>	62	<i>Agarapava</i>	128
<i>Henry Borden</i>	65	<i>Serra da Mesa</i>	130
<i>Sirio-Libanês</i>	68	<i>GENU Torre Norte</i>	132
<i>Masp</i>	70	<i>Pedro Taques</i>	134
<i>Funil</i>	72	<i>Petróleo</i>	136
<i>Jupia e Ilha Solteira</i>	74	<i>Plataforma</i>	137
<i>Cantareira</i>	76	<i>Sasbol</i>	138
<i>Ataipu</i>	78	<i>Replan</i>	140
<i>Linhão</i>	80	<i>Poliduto Urucu–Coari</i>	142
<i>Rio–Niterói</i>	82	<i>Perfis das empresas participantes</i>	143

Nildo Carlos Oliveira

Luiz Dias, Diogo Peres, Pedro Goes e Pedro de Carvalhais são os primeiros nomes que avultam na história da engenharia e da construção no Brasil. Eles integravam a comitiva do governador-geral Tomé de Souza, que aqui desembarcou, em março de 1549, com a incumbência da Coroa portuguesa para fundar na colina, defronte da baía de Todos os Santos, a cidade de Salvador.

Luís Dias, considerado o mais hábil dentre aqueles profissionais, olhou o entorno, morros, mar e mata abundante e sentiu que a tarefa não seria das mais fáceis. O embrião da futura capital teria de nascer praticamente do nada e, o que é pior, obedecendo a um cronograma de obras extremamente apertado, pois ainda em dezembro daquele ano o núcleo urbano teria de estar funcionando. Com o mestre-de-obras português Luís Dias, identificado na literatura especializada como o primeiro engenheiro a trabalhar no Brasil, o País deu os primeiros passos para desenhar o que no futuro ficou autenticado como engenharia brasileira.

Aquelas primeiras construções coloniais, com alicerces em fundação direta de alvenaria de pedra rejuntada com barro, pedriscos secos ou argamassa de cal, difundiram-se e aperfeiçoaram-se, com as espessuras variando segundo o destino da obra: fortalezas erigidas prevendo a ação de invasores estrangeiros, cadeias públicas, residências ou igrejas. Essa engenharia, que recebeu influências pontuais de holandeses e franceses, adquiriu feição própria, consolidada nos casarios de Ouro Preto, em Minas Gerais, nas frontarias azulejadas de São Luís do Maranhão, nos traços dos bairros antigos de Olinda e Recife, em Pernambuco, na cidade de Marechal Deodoro, em Alagoas, no Brasil inteiro, enfim.

Projetada séculos afora, ela alcançaria o limiar de 1900 preservando uma característica de origem: um sentido de desbravamento, de pioneirismo. Era que, passado tanto tempo, o Brasil ainda estava para ser construído. Havia, entretanto, dados novos nesse

horizonte: a possibilidade da incorporação das técnicas construtivas oferecidas pela arquitetura e engenharia de outras nações, em especial França e Inglaterra. Sob as sombras de um passado cada vez mais remoto ficavam obras como o conjunto formado pela igreja e o colégio dos jesuítas, no Terreiro de Jesus, em Salvador, construído sob a responsabilidade do sargento-mor, engenheiro José Antônio de Caldas; a Calçada de Lorena, em São Paulo, construída em fins de 1700 pelo engenheiro e brigadeiro João da Costa Ferreira; a ponte que os holandeses fizeram de 1639 a 1641 na confluência dos rios Capibaribe e Beberibe, no Recife; as pontes de pedra lavrada erguidas em São João del-Rei (MG); a igreja Santa Cruz dos Militares (Rio de Janeiro) e o mosteiro de São Bento (São Paulo), projetados e construídos por José Custódio de Sá e Faria, além de diversas outras obras de maior ou menor expressão.

Posteriormente ganhariam importância histórica edificações realizadas sob o salto qualitativo proporcionado pelo uso do tijolo. Os exemplos de construções com esse material se difundem amplamente, sobretudo em São Paulo, onde instalações fabris e estações ferroviárias passam a incorporar, nas últimas décadas de 1800, esse tipo de alvenaria. Presentes, então, em inúmeras construções da época, a influência de italianos e ingleses, de que são exemplos a Vila de Paranapiacaba, conjunto de construções em estilo vitoriano, e o Museu Paulista, no bairro do Ipiranga, concebido pelo arquiteto italiano Tommaso Bezzi.

O País vive no começo do século outro momento histórico, com as cidades em processo de crescimento, as populações, em especial as elites, reivindicando luz, água e esgoto, mais conforto para as moradias e casas senhoriais, espaço para as atividades de lazer e cultura e com os barões do café, depois os industriais, exigindo melhor infra-estrutura urbana e transportes rodoviário e ferroviário para escoar produtos até os armazéns portuários. Esses fatores teriam que

impulsionar o desenvolvimento da engenharia para atender a essas necessidades.

É a partir daí que esta história – a história da engenharia brasileira – ganha ímpeto. E não seria para menos. Afinal, desde meados do século anterior, na vigência do Império, o Brasil buscava costurar uma cultura técnica mais consistente, formando profissionais na Escola Central, mais tarde Escola Politécnica do Rio de Janeiro; na Escola de Minas de Ouro Preto e, depois, já na fase da República, na Escola Politécnica de São Paulo, fundada por Antônio Francisco de Paula Souza, cujo gabinete da resistência dos materiais deu a partida para o desenvolvimento das pesquisas tecnológicas no Brasil, nessa área. Inegável, nessa trajetória, a valiosa contribuição dos engenheiros militares ao fortalecimento da engenharia no País.

Da ferrovia do barão de Mauá à Ferronorte, o Brasil aprendeu a caminhar sobre trilhos

O avanço da engenharia brasileira prosperou inicialmente sobre trilhos. A exportação do café impôs a concentração de preocupações em obras ferroviárias. A primeira estrada de ferro do País, empreendimento de Irineu Evangelista de Souza, o barão de Mauá, uma linha inicial de 15 km que seguia da baía de Guanabara até o contraforte da serra de Petrópolis (só mais tarde é que ela seria prolongada até a cidade de Petrópolis), abriu campo para outras iniciativas. Em 1858 foi iniciada a construção da estrada de ferro Pedro II, feita por ingleses, mas sob o comando de Christiano Otoni; a Santos–Jundiá, construída também por ingleses, entre 1860 e 1867; a ligação Curitiba–Paranaguá, tocada, em 1872, pelo engenheiro Antônio Rebouças, e que se caracterizaria pela sucessão de túneis e viadutos, evitando cortes e aterros – obra construída por uma empresa belga – e a expansão de linhas ferroviárias no Nordeste, servindo os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte, cujas diversas companhias, resgatadas pelo governo federal, foram arrendadas para a companhia inglesa Great Western.

Data dessa época o começo da saga da ferrovia Madeira–Mamoré, no Norte do País, e da maior evolução das técnicas de construção ferroviária em São Paulo, que permitiram a descida para o litoral mediante a abertura de túneis e execução de viadutos. O conjunto dessas conquistas da engenharia ferroviária se projetaria, mais tarde, na construção de estradas de ferro como Carajás ou o ambicioso plano da ferrovia do Aço – a ferrovia dos Mil Dias, até hoje inconclusa – projetada para atender aos reclamos de outro importante ciclo econômico brasileiro: o do minério de ferro, que exigiu também a construção e modernização de enormes terminais portuários. Ferronorte, destinada a escoar a produção da soja na região Centro-Oeste, seria outro capítulo, mais recente, dessa história.

Das primeiras rodovias às grandes rotas de penetração

Claro que a ênfase ao transporte ferroviário colocaria as estradas de rodagem em segundo plano. Mas veio o automóvel e a sociedade começou a pensar que, sobre pneus, se movimentaria com

maior conforto. A primeira estrada de rodagem construída no Brasil foi a União Indústria, ligando Petrópolis a Juiz de Fora. Data do começo do século a abertura da São Paulo–Jundiá, que ficou conhecida, na época, como estrada dos sentenciados, uma vez que foi construída por detentos. Sob a custódia do Estado, eles eram levados, aos magotes, para os canteiros de obras, para trabalhar como operários.

O maior volume das obras rodoviárias brasileiras deu-se, entretanto, a partir da década de 20, com Washington Luís no governo do estado de São Paulo, quando se projetou a ligação São Paulo–Rio de Janeiro–Mato Grosso e Paraná. Nessa época foi instituído um fundo especial para a construção da infra-estrutura rodoviária, que incidia sobre a comercialização de combustíveis, veículos e peças automotivas.

A expansão rodoviária continuou, ainda com maior força, quando Washington Luís assumiu a presidência da República para cumprir o mandato de 1926 a 1930. É dele a frase célebre: “Governar é abrir estradas”. Posteriormente, quando ele regulamentou a lei 1835-C, que inspirou a legislação rodoviária brasileira, a frase ganharia a conotação e a força de um programa político. O engenheiro Joaquim Timótheo de Oliveira Penteado, da Inspetoria das Estradas de Rodagem de São Paulo (depois DER), vinha seguindo à risca a orientação contida na frase mencionada. Tanto assim que havia aberto a estrada São Paulo–Jundiá, prolongando-a depois até Campinas, e construído a Campinas–Itu; a São Paulo–Santos, com a restauração parcial da estrada velha da serra de Cubatão; a São Paulo–Sorocaba; a São Paulo–Bananal e assim por diante. Em 1927 foi concluída a pavimentação do trecho da serra, na estrada São Paulo–Santos, com o uso de concreto, o que caracterizou essa rodovia como a primeira a ser pavimentada no Brasil.

Com a criação do fundo especial idealizado por Washington Luís para a construção e a conservação das estradas de rodagem federais, o País não parou mais de fazer rodovias. O Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), que seria criado em 1937, lista, por exemplo, algumas das obras da época: o tronco norte–este, passando por Petrópolis, onde aproveita a estrada União e Indústria, entre Juiz de Fora e Petrópolis; o trecho Rio–Petrópolis; o tronco sul–oeste, que deveria passar por São Paulo em direção ao Sul, e a construção do trecho entre Pouso Seco e a então capital federal, o Rio de Janeiro.

Estudos de mecânica dos solos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o advento de novos equipamentos para movimentação de terra e compactação, abrem novas possibilidades para a engenharia rodoviária. Começam as construções de estradas que sinalizam um tempo novo para essas obras no País: a Rio–Bahia e a Rio–Porto Alegre, a rodovia Presidente Dutra, a Anchieta, a Anhangüera, a Castelo Branco – cujo único defeito, segundo o presidente Juscelino Kubitschek, estava nesse nome (anteriormente a auto-estrada fora batizada como rodovia do Oeste) –, a Imigrantes – que projetou a engenharia rodoviária brasileira no mundo –, a Bandeirantes, a rodovia dos Trabalhadores e outros marcos expressivos, anteriores, como a rodovia Rio–Santos e a ponte Rio–Niterói, sem falar em obras que tiveram um sentido estratégico de penetração, como a Belém–Brasília, a Manaus–Porto Velho, a Cuiabá–Santarém e a Transamazônica, além de diversas outras do Nordeste, Centro-Oeste e Sul do País, englobadas, em meados dos anos 90, no conjunto de obras do Corredor Mercosul.

No bojo do desenvolvimento rodoviário registraram-se notáveis obras-de-arte, com as quais o Brasil bateu recordes sucessivos em termos de concepção, técnicas de construção e dimensões das pontes e viadutos realizados, utilizando concreto armado, concreto protendido e

componentes metálicos. A listagem é imensa e por isso citaremos apenas alguns exemplos mais evidentes: as pontes em arco ou abóbada de concreto da estrada de ferro Mairinque-Santos; a ponte do Estreito, sobre o rio do mesmo nome, na Belém-Brasília, projetada em viga reta contínua por Sérgio Marques de Souza, com 140 m de vão (recorde mundial, na época); as pontes projetadas por Emílio Baumgart, configurando as grandes experiências brasileiras em concreto armado; a ponte rodoferroviária Propriá-Colégio e a ponte rodoferroviária em viga contínua em Juazeiro, ambas sobre o rio São Francisco; a terceira ponte de Vitória; a nova ponte Pênsil, em São Vicente (SP), que embora tenha vão central de 120 m, a espessura média da superestrutura foi dimensionada para apenas 60 cm; a ponte Colombo Salles, em Florianópolis (SC); a ponte Tancredo Neves (ponte de amizade), ligando Brasil e Argentina; o conjunto de viadutos e túneis da Imigrantes (SP) e do ramal ferroviário de Aguas Claras (MG) e a ponte Rio-Niterói, um marco em estruturas do gênero.

O domínio das técnicas da construção de hidrelétricas

A história da engenharia voltada às atividades de geração e distribuição de energia elétrica no Brasil registra dois períodos: o primeiro, antes da chegada do grupo canadense, a Light; o segundo, depois que ele passou a atuar aqui. Autorizado a funcionar no País por decreto do presidente Campos Sales, assinado em julho de 1899, o grupo viria a expandir suas atividades por conta do desenvolvimento do complexo exportador cafeeiro. Não demorou para que monopolizasse os serviços de bondes elétricos e de fornecimento de energia. Daí em diante partiria para outros empreendimentos, como o aproveitamento da cachoeira do Inferno, no rio Tietê, onde foi construída a usina hidrelétrica de Parnaíba e, logo depois, a usina de Fontes, no município fluminense de Pirai, iniciando o conjunto de obras que ficaria conhecido como o complexo de Lajes.

A firme expansão da engenharia hidrelétrica – momento em que começou a adquirir uma feição vincadamente brasileira – começou na década de 40, a partir do sonho nacionalista de Delmíro Gouveia. O governo federal tomou a decisão de aproveitar as famosas quedas de Paulo Afonso, no rio São Francisco, na divisa dos estados da Bahia e de Alagoas, para ali iniciar a construção da Paulo Afonso I.

Essa obra registra algumas brasileirices notáveis. O exemplo maior desse jeito brasileiro de dar asas à criatividade talvez seja o modo pelo qual o engenheiro Octávio Marcondes Ferraz, que tocava as obras, tentou barrar as águas do São Francisco. Ele idealizou nada menos do que o simulacro de um grande navio que seria encravado no canyon de Paulo Afonso para desviar as águas. Claro que a solução submergiu. Mas foi a partir daí que a engenharia brasileira aprendeu a realizar obras desse tipo recorrendo ao lançamento, no rio, de pedras com granulometria apropriada, até mudar-lhe o curso.

Essa engenharia evoluiu também a partir da criação do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), que iniciou o planejamento do sistema elétrico estadual, ensejando, logo depois, a constituição das Usinas Elétricas do Paranapanema (Uselpa) e das Centrais Hidrelétricas do Rio Pardo (Cherp), responsáveis pela construção das usinas Salto Grande, Jurumirim, Xavantes, Limoeiro, Euclides da Cunha, Graminha, Tietê, Barra Bonita, Bariri e Promissão. Estudos desenvolvidos pelo IPT e pelo

laboratório de hidráulica da Politécnica da USP começaram, com essas obras, a consolidar uma tecnologia nacional nas áreas geológica, geotecnológica, hidráulica e hidrológica.

Nos anos 60 e daí em diante, esses estudos se refletiriam nas soluções técnicas que vieram a ser adotadas nas obras que projetaram o País no campo da construção das grandes barragens de terra ou de concreto. Os conhecimentos obtidos com a construção de Jupuíá, Ilha Solteira, Água Vermelha, Itaipu e Tucuruí despertariam interesse técnico no mundo. O Brasil detinha, enfim, o domínio das técnicas para fazer hidrelétricas em todas as suas regiões: no rio Araguari, no Amapá, com a usina de Paredão; no rio Iguaçu, Paraná, com Foz de Areia; no rio Paraíba (RJ), com a barragem do Funil, toda em concreto e em forma de abóbada; Salto Osório e Salto Santiago, no rio Iguaçu (RS); e tantas outras como Passo Fundo, Marimbondo, Cachoeira Dourada e as hidrelétricas que vieram a complementar o aproveitamento do São Francisco — como as usinas de Paulo Afonso II, III e IV, Sobradinho e Xingó.

Atualmente, quando o Brasil faz uma inflexão para a construção de termelétricas, dada a disponibilidade do gás via gasoduto Bolívia-Brasil, há que se assegurar para que tantas tecnologias assimiladas com a construção de hidrelétricas não sejam colocadas em algum “arquivo morto” da burocracia brasileira.

Com Saturnino de Brito o começo das obras mais notáveis na área do saneamento

O País registrou muitos avanços, ao longo do século, no campo das obras de abastecimento de água e esgotamento sanitário. O exemplo das obras realizadas em Santos, a partir de 1905, pelo engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, cujo planejamento previu a adequada separação dos esgotos sanitários dos condutos para escoamento de águas pluviais, com estação elevatória dotada de motores-bombas elétrico-automáticos, ganhou notoriedade. Tanto assim que o seu trabalho espalhou-se por todo o País. Ele atuou no saneamento de Recife, Belém, Aracaju e Rio de Janeiro, onde desenvolveu notáveis projetos hidráulicos. É dele a experiência pioneira, em 1919, no Recife, do emprego do tratamento químico das águas

A engenharia no campo do abastecimento de água se desenvolveria em São Paulo com a idéia concebida pelo engenheiro e escritor Euclides da Cunha da construção de obras para a adução das águas do rio Claro. Contramarchas ao longo do tempo foram prorrogando as obras e o projeto definitivo só veio a ser elaborado no fim dos anos 50 pelo escritório de José Carlos de Figueiredo Ferraz. A construção só seria concluída em 1962 quando, com a construção da barragem, o sistema do rio Claro começou a aduzir 2 m³ de água por segundo. Os avanços prosseguem, em São Paulo e em outros núcleos urbanos do País, confluindo para as grandes obras de engenharia do século nessa área: o sistema Cantareira, em São Paulo, e o sistema do Guandu, no Rio de Janeiro.

A década de 70 marca obras memoráveis na área de saneamento, tais como os emissários de esgotos de Ipanema (RJ), Salvador, Maceió, Guarujá (SP) e Manaus (AM).

Arquitetura e engenharia de braços dados no desenvolvimento urbano

A expansão das cidades brasileiras, em especial São Paulo e Rio de Janeiro, determina, num primeiro momento, a evolução de técnicas construtivas e do emprego de materiais para as edificações. Arquitetura e engenharia entrelaçam-se em empreendimentos que vão definindo estilos e contribuindo para pesquisas nessas áreas. Em São Paulo, o escritório Ramos de Azevedo, mais tarde Severo e Villares, deu significativa contribuição para o desenvolvimento da cidade.

Com as soluções viárias para acomodar o trânsito em crescimento contínuo, vêm novas avenidas e viadutos, impondo a necessidade de inovações do ponto de vista da resistência dos materiais empregados. É a partir daí que o antigo gabinete da resistência de materiais da Politécnica transforma-se no laboratório de ensaios de materiais, nas mãos de Ary Frederico Torres, pontuando os primeiros passos para a criação do IPT. Mais tarde, nesse instituto, seriam criadas duas seções dirigidas para a construção civil: a de verificação de estruturas, dirigida por Telêmaco Hipólito de Macedo van Longendonk, e a de solos e fundações, sob a responsabilidade de Odair Grillo.

A Paulicéia muda de fisionomia. Já não é a mesma da época em que o prédio Martinelli constituía a sua atração principal, do ponto de vista da engenharia. O mesmo ocorria no Rio de Janeiro, onde o edifício A Noite, na praça Mauá, projetado e calculado por Emílio Baumgart, passava a constituir apenas uma referência histórica. Outros interesses e outras construções já predominavam nas duas metrópoles.

Em meados da década de 50 veio o advento da construção de Brasília, que seria inaugurada em abril de 1960. Encravada no Planalto Central, ela passaria a constituir a referência maior, em termos de planejamento urbano e de arquitetura. O trabalho de Lúcio Costa e de Oscar Niemeyer, dando forma e cor ao sonho do presidente Juscelino Kubitschek, atrairia para o País as atenções do mundo.

No decorrer dos anos 60 seria construído, em São Paulo, o edifício Itália, com cálculo estrutural desenvolvido pelo escritório de Nelson de Barros Camargo e Waldemar Tietz. Mais tarde outros edifícios alterariam a fisionomia da área central. E a arquitetura bancária, que vivia confinada no chamado centro velho, começou a se mudar para o espigão da avenida Paulista, onde surgiram depois os edifícios do Bamerindus, Citibank, Safra, Real e outros, expressando a influência das instituições financeiras. No conjunto de obras que se espalha pela Paulista, o prédio do MASP, projetado por Lina Bo Bardi, é a marca, sem retoque, de uma arquitetura que veio para desafiar os tempos.

Outros ícones arquitetônicos espalham-se pela cidade mostrando os trabalhos de Villanova Artigas, Fábio Pentecost, Paulo Mendes da Rocha, Eduardo Kneese de Mello e outros arquitetos que lutaram e continuam a lutar em favor de uma arquitetura capaz de espelhar raízes próprias, calcadas numa identidade cultural e não em valores episódicos ou estranhos a sua natureza e ambiente.

No Rio, o antigo e o moderno, que vinham disputando espaço lado a lado, abrem uma clareira para a arquitetura e o urbanismo, com a construção dos edifícios que abrigaram o antigo BNH e abrigam a sede da Petrobras e do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social.

Nas duas cidades e em outras capitais, sobretudo em Belo Horizonte, as estruturas de concreto armado deixam espaço também para as modernas construções que empregam estruturas metálicas.

A expansão urbana inaugura um novo ciclo importante para as cidades brasileiras: a tecnologia da construção e operação metroviária, cujas linhas mudaram as feições de São Paulo e Rio de Janeiro, repercutindo a seguir nos sistemas de transporte de massa em Belo Horizonte, Recife, Curitiba, Porto Alegre e em outras capitais. A combinação do planejamento urbano com arquitetura pontual (estações) e a engenharia, que começou a utilizar técnicas não-destrutivas para construir túneis em centros urbanos, sem abrir valas, constituiu outro notável passo da engenharia brasileira.

A amnésia histórica ainda é um dos grandes problemas brasileiros

Essa história, a história da engenharia brasileira, que vai contada aqui passo a passo, obra a obra, na medida das possibilidades do tempo e do espaço, é uma idéia que nasceu na cabeça do editor da revista *O Empreiteiro*, da Editora Univers, Joseph Young, convencido, com seus colaboradores, de que ela deveria prosperar e tornar-se viável. Tanto é, que está aqui, na forma deste livro.

É fato notório, entretanto, que a engenharia brasileira, por parte das empresas que exercem essa atividade em todas as suas áreas, corre o risco de amnésia histórica. Como o ato de fazer obra pressupõe uma atividade nômade, no geral essas empresas não consideram prioritária a necessidade de preservar a memória dos empreendimentos que realizam. E a história de cada obra costuma ficar sepultada sob as camadas de concreto utilizado em suas construções.

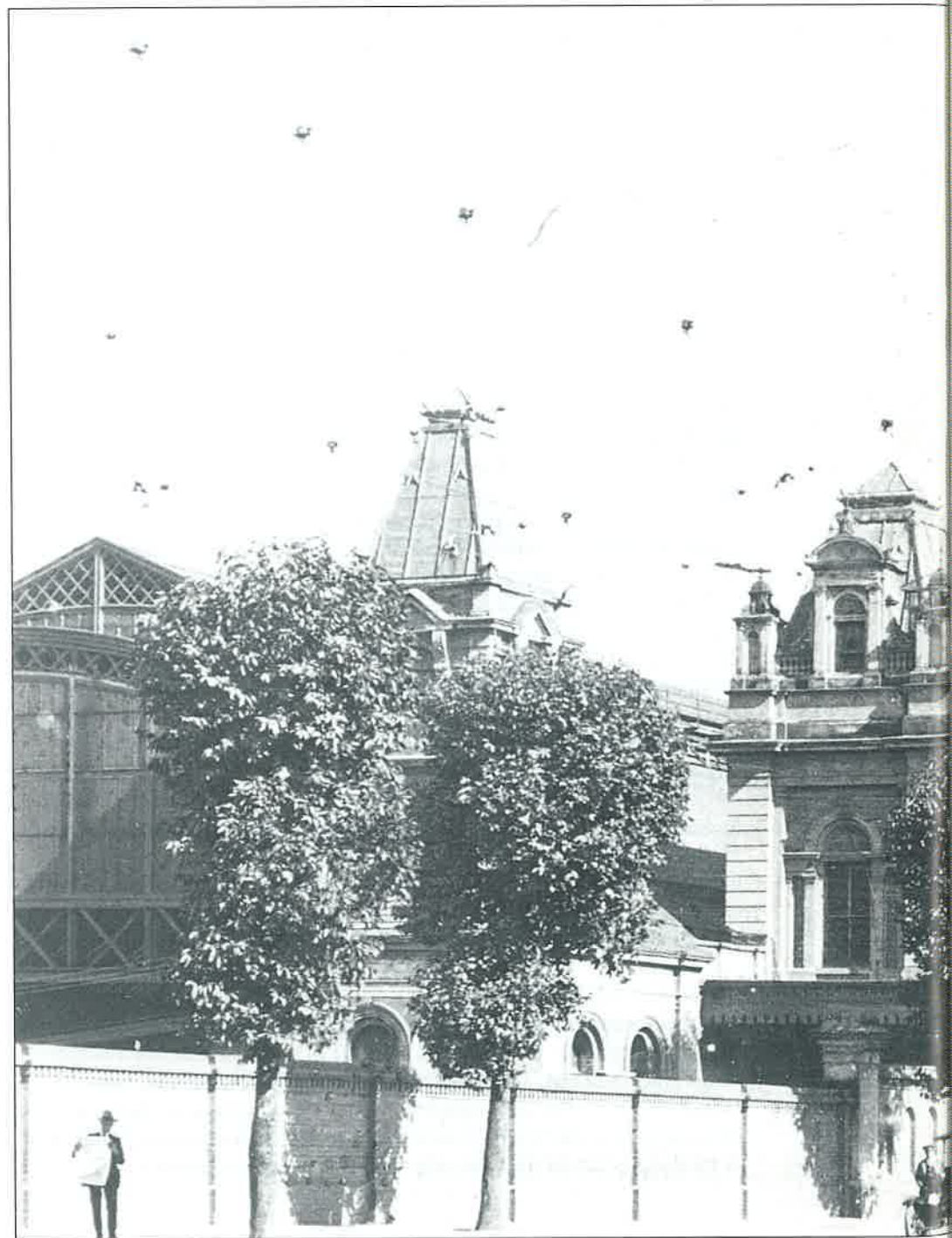
As exceções, nesse caso, apenas confirmam a regra. A documentação que se salva invariavelmente está sob a responsabilidade das empresas de consultoria e planejamento e dos escritórios de arquitetura, sabidamente mais hábeis no manuseio e preservação de papéis. De qualquer modo, a história dos marcos mais importantes desse século nessas áreas está aqui registrada, com as lacunas que certamente serão preenchidas a seu tempo.

O impacto da ferrovia no início do século

A estação da Luz insere-se no conjunto de obras que modificaram a fisionomia urbana de São Paulo no começo do século e estimularam a sua expansão, quando a economia do estado beneficiou-se do primeiro trecho ferroviário aqui construído para estabelecer a ligação entre o porto de Santos e Jundiaí.

O projeto arquitetônico da estação foi desenvolvido na Inglaterra por Charles Henry Driver, falecido em 1900, e a técnica de construção ali adotada, optando pelo uso do tijolo, vidro e ferro fundido, revelava a preocupação com a racionalidade e a pré-fabricação. No geral, as companhias ferroviárias tiveram papel relevante na difusão de elementos pré-fabricados tanto nas estações quanto em passarelas e viadutos construídos na época.

A construção das estradas de ferro era considerada prioritária para o progresso da província/estado. Quem primeiro pensou em expandir esse meio de transporte na província foi o padre Diogo Antônio Feijó, em 1832. A idéia ganhou corpo e, em 1855, o governo imperial concederia ao marquês de Monte Alegre, José da Costa Carvalho, ao marquês de São Vicente, José Antônio Pimenta Bueno, e ao



barão de Mauá, Irineu Evangelista de Souza, a autorização para construir e explorar a estrada de ferro cujo trecho deveria estender-se a São João do Rio Claro. Foi na gestão do presidente provincial Francisco Diogo Pereira de Vasconcelos que a São Paulo Railway (SPR), constituída em Londres, obteria a concessão para fazer a ligação de Santos a Jundiaí.

Os edifícios das estações ao longo do trecho, a cargo da SPR, eram muito simples naqueles anos de pioneirismo ferroviário. Com o passar do tempo, entretanto, e com o crescimento da economia regional, esses prédios tiveram de ser ampliados ou substituídos, a exemplo do que aconteceu com o prédio da estação da Luz, que começou a ser erguido em 1895. O edifício, em razão de incêndio ali

ocorrido em 1946, sofreu modificações que, no entanto, não afetaram suas características básicas.

Desenvolvidas segundo o projeto de Charles Henry Driver, as obras do novo edifício da estação da Luz, a cargo do engenheiro F. Ford, cobririam uma área de 7.520 m², com 150 m de fachada e 39 m entre a praça da Luz e a rua Mauá.

Os espaços foram distribuídos de modo a reservar, de um lado, um bloco exclusivamente para serviços operacionais, incluindo a administração, e de outro, a área coberta destinada a abrigar as plataformas. O vão das plataformas é vencido por meio de armações curvas de treliça metálica complementadas por elemento de ferro fundido, totalizando comprimento de 155 m. O conjunto foi coberto por telhas de zinco com forro de madeira e telhas de vidro.

Todo o material, incluindo tijolos e pregos, veio da Inglaterra, bem como os dois pontilhões dispostos sobre o leito ferroviário. Inaugurada no dia 1º de maio de 1901, a estação exibiu, na torre mais alta, relógios com 3,30 m de diâmetro. Começavam a registrar a passagem de um tempo de grande prosperidade, proporcionada pela expansão da lavoura cafeeira.



Notas bibliográficas:

Documentos da Emurb

Trabalho da professora Beatriz Mugayar Kühl, da FAU/USP, publicado no jornal *O Estado de São Paulo*

Fotos: Com sua construção iniciada em meados de 1895, a estação da Luz contribuiu para inovar, na época, concepções da arquitetura de estações ferroviárias, sobretudo em relação ao uso de materiais de cobertura

A *belle époque* no auge da borracha



T inaugurado em 7 de janeiro de 1897, com a estréia da Companhia Lírica Italiana que encenou, em *avant première*, a *La Gioconda*, de Ponchielli, o teatro de Manaus, construído na praça de São Sebastião e cuja conclusão se deu no governo provincial de Eduardo Ribeiro, espelha uma época de grande prosperidade. A sociedade amazonense compareceu em peso à inauguração. As damas, com seus vestidos de cauda, e os cavalheiros, de casaca e cartola.

O teatro representou uma vitória da economia, da política e de um projeto: o que foi elaborado pelo Gabinete de Engenharia de Lisboa, ao custo de 500 contos, descartando o projeto do arquiteto italiano Celeste Sacardim, que fora orçado pela metade do preço: 250 contos. Mas pesou, na opção, o currículo do Gabinete de Engenharia. Ele fora, afinal, o responsável pelo projeto e pela construção do Teatro Nacional de Dona Maria II, na capital portuguesa.

O teatro Amazonas refletia o fastígio da riqueza proporcionada pelo ciclo da borracha no País. A decoração e o requinte estavam coerentes com a concepção de modernidade da época. Deveria comportar espaços amplos para a complexidade cenográfica, grande número de figurantes, orquestra e refletores a reostato.

Tal como o teatro lisboeta mencionado, ele foi concebido para se tornar referência na história da arquitetura dedicada a prover espaços sofisticados para a arte dramática. Mas como fazer obra de tal importância em plena selva?

Apesar da ligação quase direta de Manaus com o mundo, havia o fator distância. E esse pormenor pesou no conjunto de dificuldades para a execução da obra. Afinal, todos os materiais de construção teriam de ser importados, preferencialmente, da Europa.

Da Alsácia chegaram as telhas vidradas; de Paris, as grades de ferro para os camarotes, frisas e balcões, a armação da cúpula e os móveis estilo Luís XV; da Itália, os mármore, escadas, pórticos, estátuas, colunas, lustres e espelhos de cristal, vasos de porcelana e candelabros. O vigamento de aço das paredes foi encomendado em Glasgow e as ferragens – escadas, gradis, bancos, estatuetas, colunas, mesas e cadeiras – seriam adquiridas na famosa casa Koch Frères, também em Paris.

A burocracia e a política retardaram a construção. Tanto assim que, idealizado em 1881, o teatro só foi inaugurado em 1897. A morosidade teria uma compensação no primor estilístico revelado nos ornatos, na aparência da decoração e, sobretudo, nos elementos estruturais. A estrutura metálica da cobertura e a cúpula multicolorida, semelhante à de uma catedral, tornaram-se exemplos de construção moderna para a época. Alguns pormenores dão idéia do requinte a que chegou o projeto: para que as carruagens circulassem sem que o ruído de suas rodas provocasse desconforto à platéia, o calçamento do entorno foi feito com pequenos paralelepípedos unidos por substância à base de látex.

Para realizar o conjunto das obras, artistas e artesãos foram recrutados na Europa. Mesmo depois da inauguração, muitas obras internas e externas continuaram a ser feitas ocupando, por mais de um ano, a mão-de-obra de mais de 200 operários e técnicos estrangeiros, custeados pelo poder público. Quando, finalmente, o teatro foi dado como terminado, o custo da construção já somava cerca de 20 mil contos, quantia bem diferente daquela prevista no orçamento inicial.

Acontece que ainda na primeira década do século XX a borracha da Malásia começou a ingressar no mercado mundial, provocando a *débâcle* do ciclo de ouro do látex brasileiro, que parecia eterno, mas durou apenas 60 anos: de 1850 a 1910. Curiosamente a produção estrangeira floresceu a partir de mudas levadas da Amazônia para a Malásia por Henry Wickhan. A decadência econômica silenciou as áreas, cancelou os espetáculos de balé e sacrificou o acervo arquitetônico e artístico.

Em 1926, 1962, 1974 e, finalmente, em 1990, o poder público reassumiu o encargo de recuperar o teatro Amazonas, depois de abandoná-lo, por muito tempo, à própria sorte. A restauração de 1974 inscreve-se como das mais importantes ali ocorridas. Os trabalhos aliaram a preservação do estilo original à necessidade de realizar aperfeiçoamentos impostos pelas técnicas contemporâneas imprescindíveis a edificações com fins culturais do gênero.

As paredes foram forradas com lã de vidro para melhorar a acústica, as poltronas foram novamente revestidas de veludo e os lustres de cristal tiveram de ser reconstituídos. O prédio recebeu novas instalações elétricas e substituíram-se as telhas e escamas



cerâmicas do telhado. As melhorias internas incluíram a construção de camarins, dependências de serviços, passarelas, escadas, sanitários e bar. Sessenta refletores especiais passaram a envolver o prédio com iluminação tão feérica que lembrava os tempos de apogeu. O edifício recebeu também sistema de ar condicionado.

A última restauração, concluída em 1990, foi projetada para durar pelo menos durante os próximos 90 anos. Mobilizou cerca de 600 homens, sob a orientação de 30 técnicos brasileiros e estrangeiros, ao longo de quatro anos. O empreendimento, financiado pelo governo estadual, a Caixa Econômica Federal e a Suframa, reconstituiu o teatro do piso ao teto. Num trabalho primoroso, artesãos brasileiros e espanhóis restauraram as pinturas do italiano Domenico de Angelis e do brasileiro Crispim do Amaral, – 32 lustres do salão nobre em cristal de Murano, 166 lustres de bronze com 1.630 tulipas, dois panos de boca com superfície total de 308 m², seis estátuas de ferro fundido, 42 carrancas em estuque e 26 pranchetas do projeto original. Foram revistas as instalações elétricas, com a aplicação de 15 mil cabos especiais, e construída uma caixa-d'água com capacidade para 40 mil l. O prédio ganhou central telefônica de última geração, ar condicionado central, circuito interno de TV e outras melhorias. Com essa última recuperação, o Teatro Amazonas voltou a ocupar lugar de destaque entre os melhores do mundo. Uma obra do século.

Notas bibliográficas

Documentos históricos fornecidos pela Secretaria da Cultura e Turismo do Estado do Amazonas

Fotos: Teatro Amazonas – foto dos arquivos da CNO (esquerda)
Os balcões na fase do restauro (direita)

A presença da Light e as primeiras usinas

À 100 anos a Light chegou ao Brasil para impulsionar o progresso do País através do fornecimento de energia elétrica. No dia 7 de abril de 1899 capitalistas canadenses, ingleses e americanos, liderados por Alexander Mackenzie, fundaram, em Toronto, Canadá, uma companhia para explorar a energia hidráulica e o serviço de transportes na cidade de São Paulo, com o nome de The São Paulo Railway, Light and Power Co. Ltd., que foi autorizada a operar no Brasil através do decreto 3.349 de 17 de julho daquele ano, assinado pelo presidente Campos Sales. A partir de 25 de junho de 1900, a empresa canadense passou a chamar-se The São Paulo Tramway, Light and Power Co. Ltd.

O empreendimento que assinala o início das atividades do grupo no Brasil é a usina hidrelétrica Parnaíba, no rio Tietê, em São Paulo, construída entre 1899 e 1901.

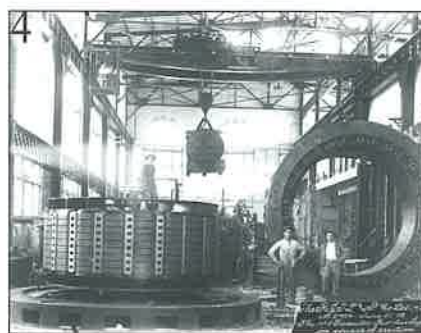
Para atuar na então capital federal, foi fundada, também em Toronto, em 9 de junho de 1904, a The Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Co. Ltd., que recebeu autorização para funcionar no

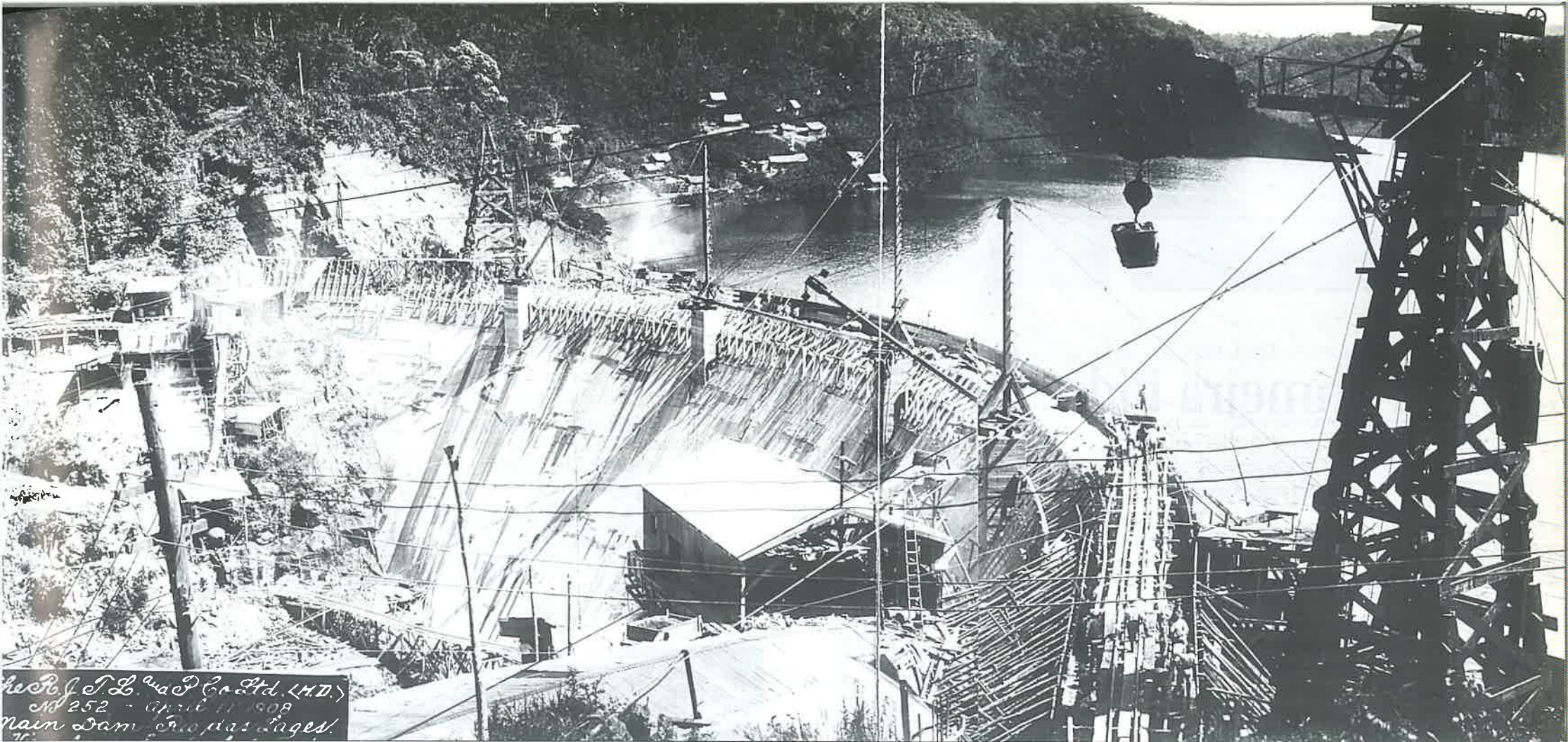
Brasil no dia 30 de maio de 1905. Nesse mesmo ano ela adquiriu o controle acionário da empresa concessionária de iluminação a gás, a belga Sociéte Anonyme du Gas de Rio de Janeiro. Em 1907 adquiriu e unificou as diversas companhias de carris urbanos que funcionavam na cidade e comprou, de um consórcio alemão, a concessão do serviço telefônico, passando a controlar um complexo de serviços públicos essenciais nas cidades do Rio de Janeiro e de São Paulo, formado por energia elétrica, transportes, telefone e gás.

A exemplo da construção, em São Paulo, da hidrelétrica Parnaíba, a empresa construiu, no Rio de Janeiro, uma grande usina hidrelétrica – usina de Fonte, no Ribeirão das Lajes, em Piraí. As obras começaram em 1905 e, dois anos depois, em 30 de junho de 1907, o Rio de Janeiro recebia energia elétrica por meio da estação provisória de Frei Caneca. No dia 22 de janeiro de 1908 foi oficialmente inaugurada a usina de Fontes, na época uma das maiores do mundo, com uma capacidade geradora total de 24 mil kW. Funcionavam ali cinco grupos geradores. Nas décadas seguintes, para acompanhar o crescimento da então capital federal, a Light inaugurou outras usinas: Ilha dos Pombos (1924), Fonte Nova (1940), Santa Cecília (1952), Vigário (1952), Nilo Peçanha (1953) e Pereira Passos (1962).

Uma barragem em arco, tipo gravidade, executada com concreto ciclópico, com 32 m de altura e 23 m de comprimento, represou as águas que moveriam os grupos geradores formando um reservatório de 180 milhões de m³. Contudo, em razão da necessidade posterior do aumento da capacidade instalada, estudou-se o desvio das águas da bacia do rio Paraíba. Um túnel de 8,5 quilômetros transportaria as águas do rio Piraí, as quais, represadas por uma barragem, formariam o armazenamento necessário ao acionamento das novas unidades de Fontes.

O túnel foi o maior obstáculo do projeto em face do estágio incipiente de desenvolvimento das máquinas e equipamentos de construção da época para as escavações em rocha dura. A construção estendeu-se de novembro de 1911 a setembro de 1913. A barragem de concreto media 56 m de comprimento e 25 m de altura. O reservatório tinha capacidade para captar 1.860.500 m³, cobrindo uma área de 430 km². As obras da barragem, iniciadas em abril de 1912, foram concluídas em outubro de 1913. A contribuição das águas represadas em Tocos possibilitou a instalação de mais dois grupos geradores, no total de 25 mil kW. Fontes passou a somar uma capacidade nominal de 49 mil kW que, em regime de sobrecarga, podia chegar a 64 mil kW





The Rio J. L. and P. Co. Ltd. (LTD.)
 No 252 - April 11, 1908
 Main Dam - Lajes Lages

Em 1939 tornou-se imperativo ampliar as instalações da usina de Fontes. No dia 1º de abril de 1940 foram autorizadas a ampliação e a modificação das instalações do Ribeirão das Lajes e do rio Pirai, incluindo a elevação da barragem da cota de 404 para 416, cota esta que seria elevada, ainda, para 420.

O projeto e os estudos para a realização dessas obras foram desenvolvidos por A. W. K. Billings. A solução previu a construção de uma barragem de contrafortes sobre a já existente, e essa elevação, alcançando a cota de 423, proporcionou o aumento de 180 milhões para 752,3 milhões de m³ de águas represadas. Para aduzir esse grande volume de água, foram construídos dois túneis com 2.200 m de comprimento e seção circular de 6,25 m de diâmetro. A ampliação permitiu a instalação de três novas unidades geradoras, em substituição às antigas. Ao fim, a usina de Fontes passou a contar com capacidade instalada de 154 mil kW, podendo atingir, em regime de sobrecarga, 170 mil kW.

As outras usinas do complexo são Nilo Peçanha e Pereira Passos. A construção da usina Nilo Peçanha representou o coroamento das obras do desvio das águas dos rios Paraíba e Pirai. Engenhoso projeto desenvolvido pelo engenheiro Billings previu um extraordinário conjunto formado de túneis, canal, barragem e usinas elevatórias, permitindo que as águas resultantes do desvio fossem recalçadas em aproximadamente 35 m, transpusessem o divisor das bacias do Paraíba e do rio Guandu e fossem despejadas no reservatório do Vigário. Daí, através de um canal, elas avançam para um túnel adutor ligado à câmara subterrânea de distribuição, atendendo simultaneamente às usinas de Nilo Peçanha e de Fontes.

Localizada a cerca de 5 quilômetros de Nilo Peçanha e Fontes, Pereira Passos permite o aproveitamento das águas que movem as turbinas daquelas duas hidrelétricas por meio de uma barragem

executada adiante do canal de fuga. A queda entre o canal de fuga e o nível do mar é de 38 m. A barragem ali construída é de terra compactada, com altura máxima de 55 m por 10 m de largura. Inaugurada em outubro de 1962, com um outro grupo gerador de 46.750 kW nominais, em março de 1963 ela passou a funcionar com gerador de igual potência, somando um total de 93.500 kW nominais. Com a entrada em operação da usina de Pereira Passos, a Light completou a obra auxiliar do complexo hidrelétrico de Lajes.

Notas bibliográficas

Light/Patrimônio Histórico

Foto 1: Instalações da usina de Fontes Velha

Foto 2: Vista interna da usina de Nilo Peçanha

Foto 3: Usina de recalque de Santa Cecília e da barragem central

Foto 4: Montagem dos geradores de Fontes Velha

Foto 5: Fase de construção da barragem de Salto

A primeira hidrelétrica de porte

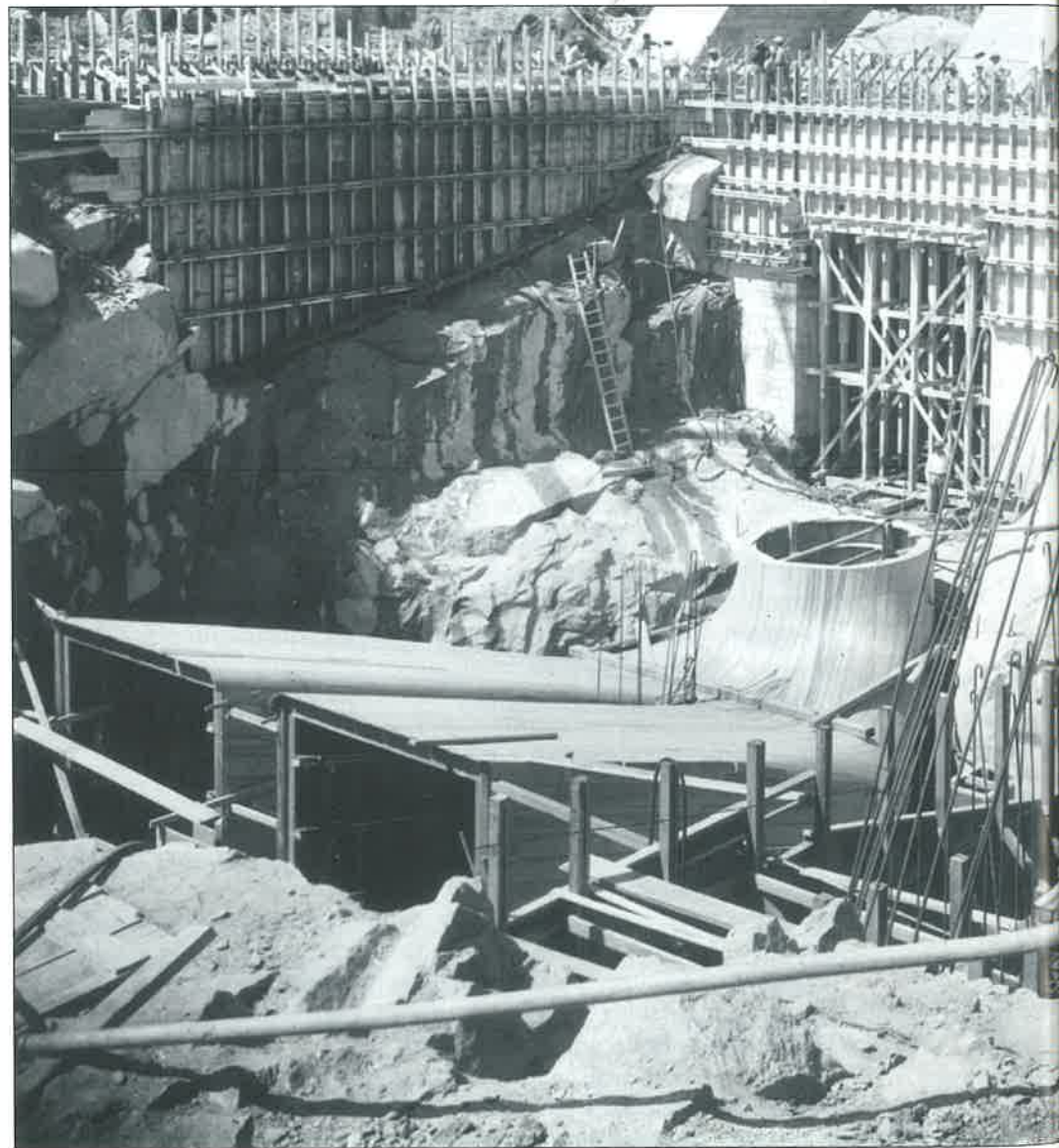
“Uma grande empresa canadense estabelecia-se em São Paulo – a Light. Meu pai, que era vereador, trazia notícias e pormenores sobre o grandioso empreendimento: construíam uma represa e uma usina na pequena cidade de Parnaíba por onde antes passávamos na direção do Santuário do Bom Jesus de Pirapora.”

*Oswald de Andrade, em seu livro de memórias
Um homem sem profissão*

A usina de Parnaíba, inaugurada em 23 de setembro de 1901, foi a primeira hidrelétrica de porte construída no Brasil e, ao mesmo tempo, constituiu o marco da presença da Light em São Paulo. Ela aproveitava as quedas da Cachoeira do Inferno, de 12 m de altura, no rio Tietê, a 40 km de São Paulo, no município de Santana do Parnaíba.

As obras das barragens principal e secundária em granito, as tubulações de aço com 3,66 m e 4,6 m de diâmetro e 701 m de extensão, casa de força com uma área de 500 m² em pilares de granito, estação transformadora e elevadora de tensão, linha de

transmissão para São Paulo e estação transformadora em São Paulo, iniciadas em 1899 e concluídas em 1901, foram suficientes para operar

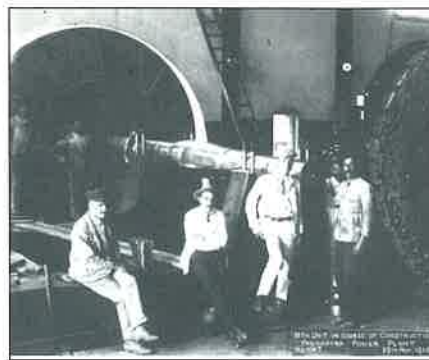


dois alternadores de mil kW cada um e alimentar as linhas de bondes, as ligações dos consumidores e garantir a iluminação pública.

Sua construção teve de superar dificuldades como falta de meios de transporte e comunicação, as estradas primitivas, o peso das peças transportadas, a escassez de engenheiros e operários qualificados. Todo o material, com exceção dos granitos encontrados em jazida próxima ao local, era levado por ferrovia até Barueri e daí em carros de boi até o local das obras, a 13 km da estação. É por isso que a usina hidrelétrica de Parnaíba ocupa hoje lugar de destaque na história da energia e da industrialização do País.

Para acompanhar o crescimento da cidade, a usina foi instalando novas unidades geradoras, chegando ao máximo de 16 mil kW em 1912. De 1901 a 1914 foi a principal fonte de energia elétrica utilizada em São Paulo. Mas a partir de então foi sendo suplantada gradativamente por novas instalações da Light em São Paulo, como a usina auxiliar a vapor de Paula Souza (1912), a usina de Itaparanga (1914), a usina do Rasgão (1925), o projeto da Serra e a usina de Cubatão, com obras a partir de 1926.

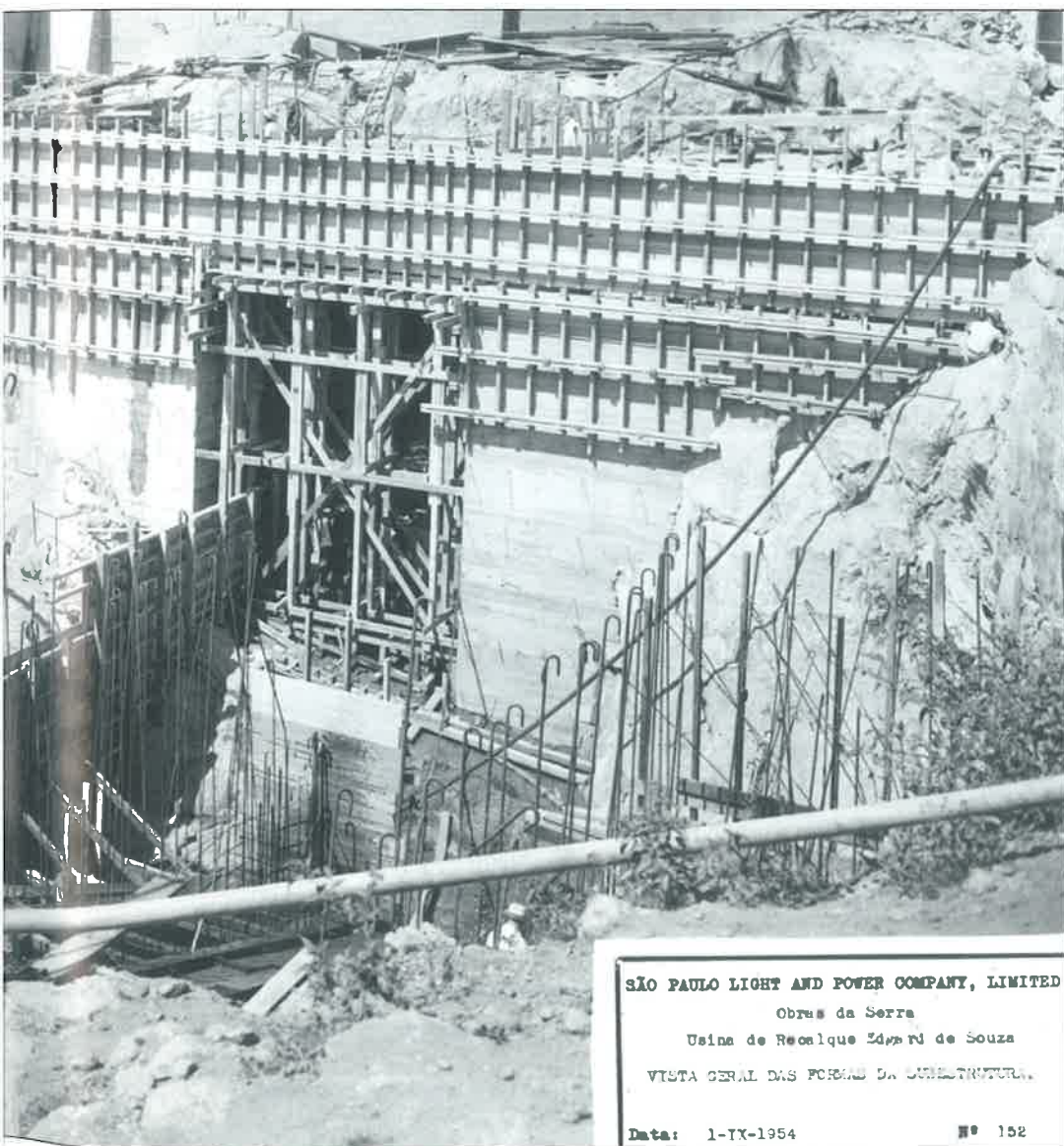
A usina passa a se chamar Edgard de Souza, em homenagem ao engenheiro brasileiro que assumiu a superintendência



geral da Light em 1924 e chegou à diretoria da Brazilian Traction Co., com sede em Ontário, Canadá, em 1948.

Com a ampliação da usina de Cubatão, hoje Henry Borden, a usina de Parnaíba foi desativada em 1952 e transformada em estação elevatória de águas Edgard de Souza (1954-1984), deixando de gerar energia e integrando-se no sistema de aproveitamento hidrelétrico do rio Tietê e afluentes, voltado à usina de Cubatão. Seu maquinário foi adquirido por diversas empresas. Alguns grupos geradores recentemente localizados na Cimento Maringá, em Itapeva (SP), foram remontados nos anos de 1956 e 1957 e estão operando até hoje com ótimo desempenho; segundo o engenheiro encarregado: “Sem defeitos e com o alinhamento da turbina perfeito”.

Em 6 de novembro de 1985, o governador paulista Franco Montoro aciona o detonador de dinamite para explodir 80 m de comprimento da Barragem Edgard de Souza (a partir de 1984). Nesse local são construídas duas comportas de fundo para aumentar a capacidade de escoamento do rio Tietê, facilitar o derrocamento e a ampliação da calha do rio e reduzir as enchentes em São Paulo.



SÃO PAULO LIGHT AND POWER COMPANY, LIMITED
Obras da Serra
Usina de Recalque Edgard de Souza
VISTA GERAL DAS FORMAS DA SUBESTRUTURA.

Data: 1-IX-1954

Nº 152



Notas bibliográficas

História da Light – Primeiros 50 anos, de Edgard de Souza

Memória Eletropaulo – São Paulo (nº 22, julho-dezembro de 1995)

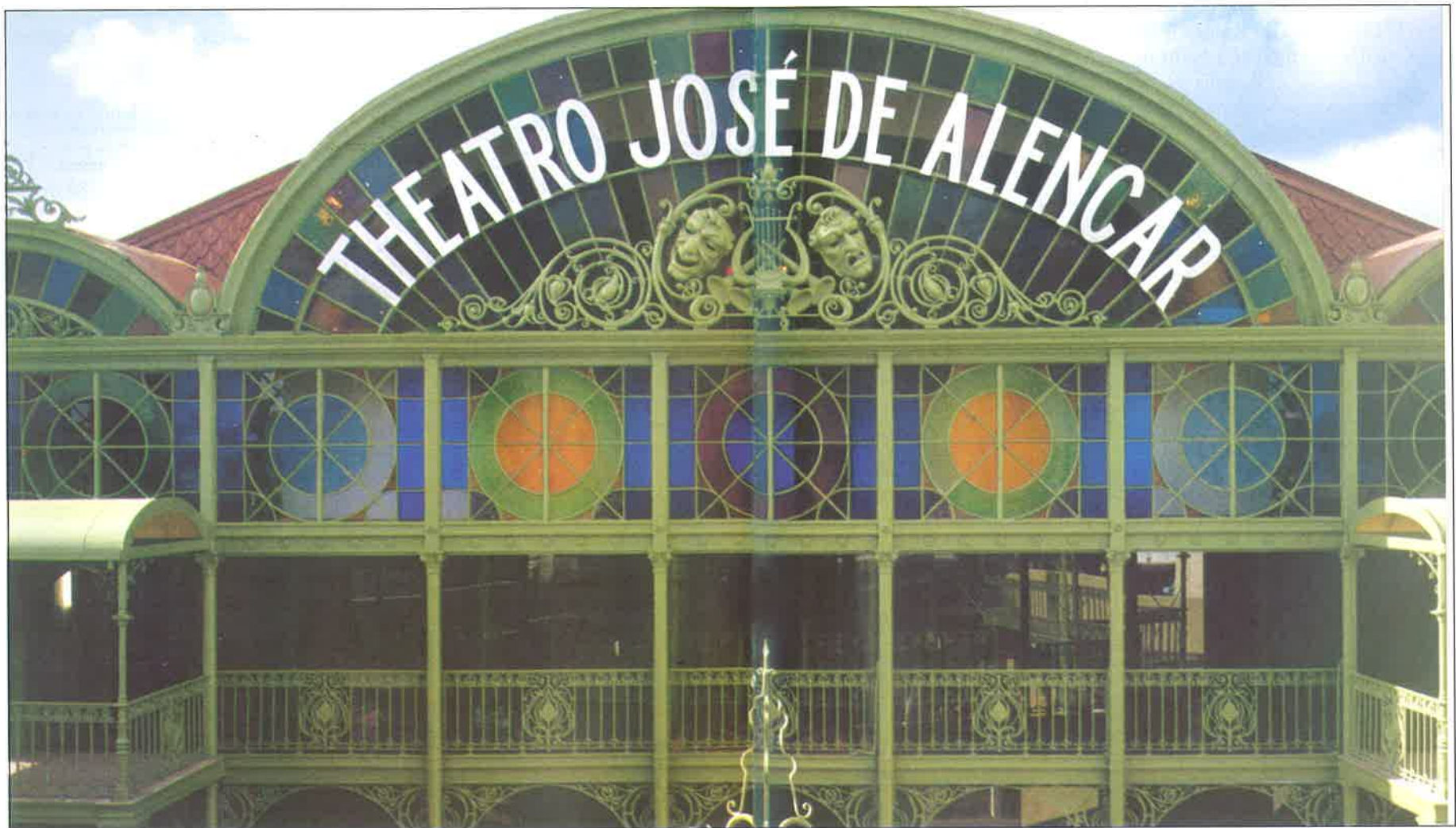
Monografias e material de arquivo da Fundação Patrimônio Histórico da Energia de São Paulo – FPHESP

Publicação sobre a barragem Edgard de Souza, da Eletropaulo – Governo Franco Montoro

Foto: Blocos de granitos extraídos de jazida local usados na construção da obra e vista das formas utilizadas para fazer a subestrutura (esquerda)

Foto: O andamento dos trabalhos ainda na fase inicial de implantação e, mais tarde, a usina já operando como estação elevatória Edgard de Souza (direita)

O legado da arquitetura do ferro



Exemplar emblemático da arquitetura do ferro no Brasil, o teatro José de Alencar é resultado de reivindicação coletiva de artistas, intelectuais e políticos cearenses que desde a metade do século 19 já insistiam na idéia de um espaço cultural do gênero. Houve várias iniciativas com esse fim, uma das quais avançou até as

fundações executadas na praça do Patrocínio, posteriormente Marquês do Herval, em Fortaleza. Mais tarde, com a interrupção das obras, as fundações tiveram de ser arrancadas.

A construção do teatro José de Alencar só começaria efetivamente em 1908, depois que o presidente da província, Antônio

Pinto Nogueira, abriu crédito especial de 450 mil réis, enfrentando críticas incisivas feitas pelos que se opunham ao projeto. A partir daí os trabalhos avançaram de tal modo que em 1910 ele estava pronto para ser inaugurado.

A originalidade da obra, cuja concepção arquitetônica é creditada a Bernardo José de Melo, está em sua divisão em dois blocos separados por um pátio intermediário, que funciona como um ambiente de espera ao ar livre.

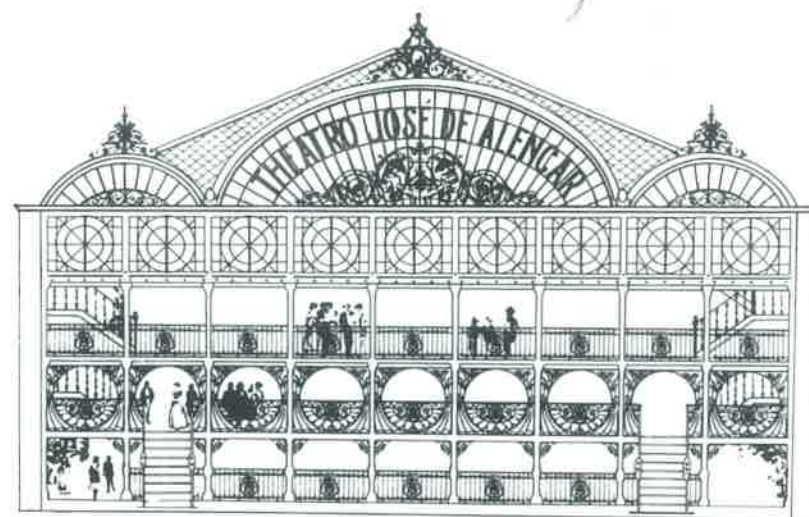
A rigor, teatro compreende um bloco único em que, vindo da rua, o público ingressa no hall de entrada, interligado diretamente à platéia. No José de Alencar as coisas não funcionam assim. Os espectadores entram ali pelo bloco do *foyer*, transpõem o pátio interno e chegam à platéia. O primeiro bloco abriga serviços de sanitários, bilheteria, bar e hall de entrada e, na parte superior, o *foyer* para pequenos recitais. No bloco dos fundos, cruzando o espaço caracterizado pela fachada de estrutura metálica, o público tem acesso à platéia, as galerias e ao palco. Na prática, o teatro é constituído por dois prédios interligados.

O projeto de arquitetura, definindo o bloco frontal, possivelmente assimilou a concepção do teatro italiano clássico. Tem estilo próprio, bem característico do ecletismo, e se difundiu mais amplamente em razão da fachada do segundo bloco. Com estrutura arrojada, dotada de elementos metálicos compondo estilo *art nouveau*, é um dos exemplos mais importantes da arquitetura do ferro no Brasil. Daí a justificativa de seu tombamento pelo Serviço de Proteção ao Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN).

Foi a empresa escocesa Walter MacFarlane & Co. que idealizou a fachada metálica seguindo um projeto de teatro que deveria ser implantado repetitivamente em várias cidades do mundo. Desenvolvido na Escócia na época em que o ciclo da borracha, no Brasil, estava no auge, era um tipo de projeto apropriado a regiões de clima tropical. Além disso, a facilidade de manuseio das peças metálicas combinava as facilidades de transporte com a vantagem da adaptação à arquitetura de países não-industrializados.

No curso de sua história o José de Alencar sofreu quatro grandes intervenções: uma em 1938, outra em 1956, a terceira em 1974 e a quarta, a mais abrangente, em 1989. Nesta última os trabalhos abrangeram o problema estrutural do bloco da frente, cuja cobertura e estrutura estavam em decomposição; o forro do *foyer*, que em razão da deterioração ameaçava ruir e comprometer valiosas pinturas originais de 1910; uma reforma completa da edificação, incluindo uma restauração em profundidade; e a recuperação total da infra-estrutura.

Os trabalhos foram precedidos de cuidadosos diagnósticos para descobrir e inventariar oitenta anos de sucessivas camadas de tinta nas paredes e nos forros, além das pesquisas em antigos catálogos da McFarlane para resolver o problema da oxidação da estrutura de ferro da fachada e da coleta de informações em outras áreas. A reforma considerou a necessidade da abertura da boca de cena, as questões da iluminação e da mecânica cênicas, incluindo a movimentação vertical no palco, a instalação de sistema de ar condicionado e a inserção de outros serviços essenciais ao conforto de artistas e público, sem que nenhuma dessas operações significasse arranhão à concepção original da obra. Ao final dos trabalhos, o teatro José de Alencar resgatou, com rigor e fidelidade, aspectos do cenário brasileiro do começo do século 20.



Notas bibliográficas

Documentação da Secretaria de Cultura, Turismo e Desporto do Estado do Ceará
Arquivos da Método Engenharia
Foto: Publicação da L&PM Editores S. A., com fotografias de Cristiano Mascaro

A face e a história da cidade

O Teatro Municipal de São Paulo já recebeu, desde sua inauguração, em 12 de setembro de 1911, os atores, bailarinos, cantores e regentes mais célebres do mundo: Alicia Alonso, Anna Pavlova, Arthur Rubinstein, Beniamino Gigli, Bidu Sayão, Caruso, Villa-Lobos, Gina Cigna, Guiomar Novaes, Isadora Duncan, Lily Pons, Magdalena Tagliaferro, Maria Callas, Margot Fonteyn, Nijinsky, Procópio Ferreira, Renata Tebaldi, Tito Schipa, Arturo Toscanini e muitos outros.

Ao lado de sua função de abrigar espetáculos culturais, ele próprio se tornou referência urbana internacional pelo valor artístico intrínseco: é documento do potencial da arquitetura e da construção praticadas no País no começo do século.

A construção do teatro começou em 1903, em terreno desapropriado no morro do Chá, seguindo a orientação do projeto elaborado pelo escritório do engenheiro e arquiteto Francisco de Paula Ramos de Azevedo que se inspirou, nesse trabalho, no edifício da Ópera de Paris. O cenógrafo Cláudio Rossi coordenou a respectiva decoração, encarregando-se de acompanhar, na Europa, a execução das obras artísticas encomendadas. E foi ele quem supervisionou o embarque do acervo para o Brasil.

Com seus espaços distribuídos em sete pavimentos, um deles subterrâneo, cinco correspondendo aos planos e ordens da sala de espetáculos e o pavimento alto, sob a cúpula central, destinado à cenografia e depósito de material cênico, o teatro, que passou a constituir o referencial mais conhecido da face urbana de São Paulo, com o passar do tempo deu margem a dúvidas quanto à sua acústica. Os recursos cênicos foram se tornando obsoletos e já no início da década de 30 ele precisava de reformas. Essa primeira intervenção foi realizada com base em projeto elaborado pelo escritório Severo e Villares. Outra remodelação ocorreu na década de 50, por conta das comemorações alusivas ao IV Centenário de São Paulo. No final da década de 60, programou-se ali mais uma reforma, limitada, entretanto, à pintura e à reorganização de algumas áreas de serviços.

O teatro, que abrigou um dos eventos mais importantes do País – a Semana de Arte Moderna de 1922 – chegou à década de 80 necessitando de operação de restauro e de uma reforma mais profunda que considerasse todos os aspectos e dificuldades intervenientes. E não era sem tempo. Em 1985 teve de ser fechado, uma vez que não oferecia mínimas condições de segurança para funcionar.

Um parecer do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), apresentado ao então secretário da Cultura, o ator Giafrancesco



Guarnieri, advertia que eventual incêndio poderia consumir o edifício num piscar de olhos. E mais: cupins minavam as tesouras de madeira de sustentação do teto, que ameaçava ruir. Caso não fossem tomadas providências urgentes, ele poderia ter o mesmo destino do teatro São José, no começo do século: arderia em chamas.

A restauração e a reforma alcançaram os 25 mil m² do Municipal e exigiram a mobilização de arquitetos do Departamento do Patrimônio Histórico daquela secretaria, engenheiros, especialistas de diversas empresas contratadas para a realização de serviços específicos, além de artesãos, alguns dos quais contratados de outros estados. Ao todo, no pico das obras, um contingente da ordem de 800 pessoas.

A idéia que norteou os trabalhos procurava conjugar o respeito ao projeto de Ramos de Azevedo às exigências de se proporcionar ao público uma estrutura funcionalmente moderna. A edificação recebeu novos sistemas hidráulicos, elétricos, de ar condicionado e de combate a incêndio. O sistema de iluminação foi remodelado, com o teatro passando a dispor de mesa que controla 280 fontes, além de refletores telecomandados por computador. O palco passou a dispor de novos elevadores cênicos e de uma plataforma elevatória para a entrada de cenários. Uma equipe de 30 restauradores

reconstituiu a arte do teatro. Durante os trabalhos descobriu-se, sob camadas de tinta e poluição, dois mosaicos venezianos compostos com minúsculos ladrilhos ouro e verde. Em um deles apareceu a *Cavalcada das Valquírias*, de Richard Wagner.

Deteriorada, com os balaústres carcomidos pela umidade, a fachada deu muito trabalho aos responsáveis pelo restauro. Em nome da fidelidade ao projeto, a prefeitura recorreu à União para conseguir reativar a mesma mina de arenito bege, em Sorocaba (SP), que forneceu o material para a construção do teatro, na primeira década do século.

O salão nobre ou *foyer* mereceu cuidado especial, sobretudo na estrutura de sustentação do forro, valorizado pelas pinturas de Oscar Pereira da Silva, alusivas aos primórdios da arte teatral. Uma nova estrutura, metálica, introduzida sobre o telhado existente, passou a sustentar, por intermédio de tirantes, a original, que fora comprometida pelos cupins.

O grande lustre central da sala de espetáculos sofreu completo restauro. Sua armação é toda de metal dourado, atravessada por filetes de cerca de 7 mil peças de cristal.

O palco teve tratamento acústico rigoroso em razão das várias modalidades de espetáculos que ele poderia receber. Foi projetada uma concha acústica para apresentação de orquestras, principalmente. É formada por um conjunto de placas verticais móveis e um teto acústico articulável com acionamento automático.

O subsolo do prédio, onde estão os pilares de sustentação da estrutura, não era originalmente utilizado. Nas covas de onde saem esses pilares, cuja base é feita de blocos de granito, há esbeltos arcos de alvenaria de tijolos, que funcionam como estrutura das abóbadas, também de alvenaria de tijolos. Esse local foi preparado para receber exposições e recebeu sistemas adequados de iluminação e de prevenção contra incêndio, climatização, saída de emergência e serviços operacionais.

Para o entorno foi desenvolvido plano específico e o resultado foi a obtenção de uma releitura do espaço originalmente circundante ao prédio, na perspectiva de sua história e das suas novas necessidades funcionais.



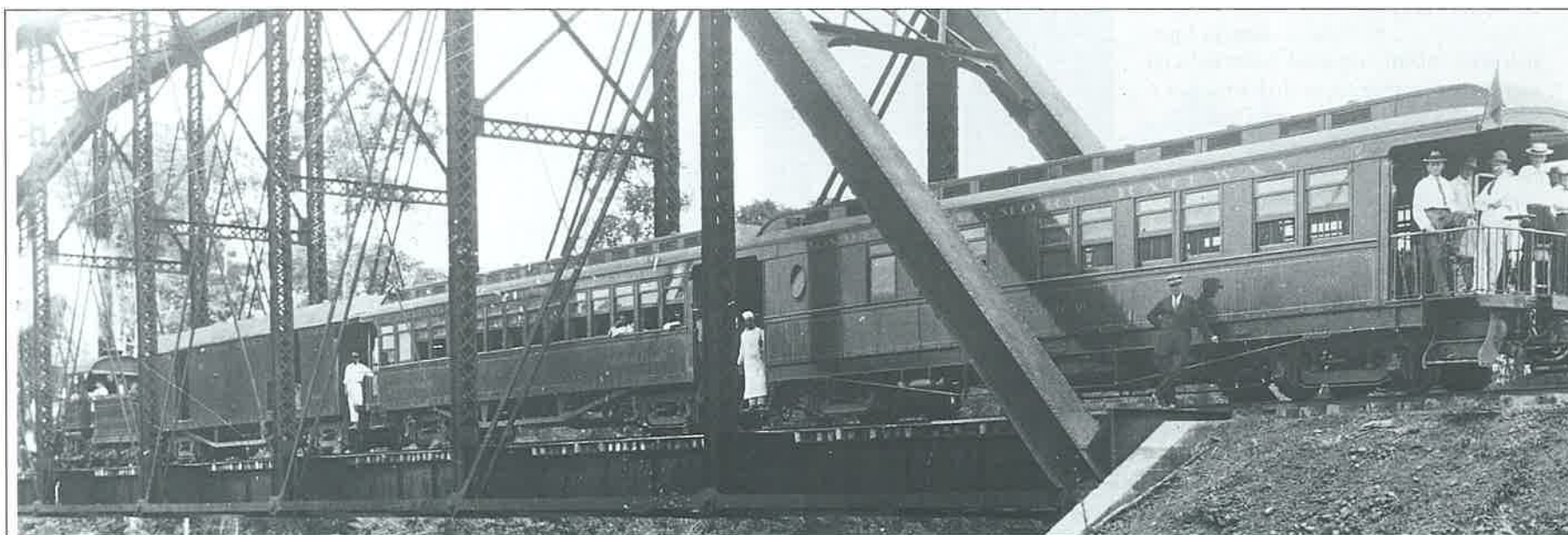
Notas bibliográficas

Documentos da Secretaria Municipal de Cultura de São Paulo
Revista *Atlante*, publicação bimestral da Ointer Editores Associados
Edição comemorativa dos 80 anos do Teatro Municipal de São Paulo
Grandes Momentos, livro patrocinado pelo Banco Francês e Brasileiro
Arquivos da Método Engenharia

Foto: O edifício é exemplar do estilo e concepção adotados na cidade por Ramos de Azevedo. (esquerda)

Foto: O teatro e seu amplo entorno ajardinado numa época em que São Paulo ainda preservava toques provincianos (direita)

Uma saga heróica sobre trilhos



A ferrovia Madeira-Mamoré, construída no começo do século, desativada em 1978 e cuja reconstrução vem sendo defendida nos planos para o escoamento da produção da soja do sul de Rondônia e norte do Mato Grosso, é um episódio dos mais curiosos e traumáticos.

A idéia de uma ferrovia que estabelecesse uma ligação entre os rios Madeira, em Porto Velho, e Mamoré, em Guajará-Mirim, vencendo uma distância de 364 km, remonta quase a meados do século XIX. E quem possivelmente a difundiu pela primeira vez foi o general boliviano Quentin de Quevedo, em 1861, seguido do engenheiro ferroviário brasileiro João Martins da Silva Coutinho.

Chamada de “ferrovia do diabo” por muitos dos trabalhadores que a construíram, ela dominou o imaginário popular e relatos de historiadores como uma saga sobre trilhos.

O fato é que naqueles idos de 1861 o general Quevedo, descendo o rio Madeira, viu a necessidade de encontrar uma solução para a transposição das 18 cachoeiras do rio Madeira, a fim de que o trecho se

tornasse navegável. Só assim seria possível o estabelecimento de uma ligação do Brasil com o Atlântico, via Bolívia, depois que a guerra do Paraguai interrompeu a navegação ao longo da bacia do Prata.

O engenheiro João Martins da Silva, que viajara pelo Madeira a serviço do governo da província do Amazonas com o objetivo de estudar a viabilidade da navegação e da colonização naquelas áreas, considerou um projeto que previsse um sistema integrado de navegação a vapor e ferrovia. A diplomacia brasileira da época entendia que essa possibilidade extravasava os limites do ponto de vista econômico e adquiria uma conotação geopolítica. A partir dessa perspectiva o governo imperial assinou, com a Bolívia, o Tratado de Amizade, Limites, Navegação, Comércio e Extradução, abrindo caminho para a ligação Madeira-Mamoré, embora sem especificar se ela seria feita por ferrovia. Em fins daquele ano os engenheiros alemães Joseph e Franz Keller (pai e filho), que haviam trabalhado na construção de várias ferrovias brasileiras, realizaram estudos para o governo e apresentaram propostas prevendo a construção de um sistema de planos inclinados, capaz de

permitir aos navios superar os declives do leito do Madeira e Mamoré, a abertura de um canal de navegação na margem direita das cachoeiras ou a construção de uma estrada de ferro entre Santo Antônio e Guajará-Mirim.

O coronel norte-americano George Earl Church, com vivência na região e que era considerado um homem de espírito aventureiro, inclinado para o enriquecimento a qualquer preço, conseguiu, em 1870, a concessão do Império para fazer a ferrovia. Para tanto foi constituída a empresa Madeira-Mamoré Railway Co. Ltda. A empresa inglesa Public Works Construction Co., contratada para a construção, montou um canteiro de obras ao pé da cachoeira de Santo Antônio mas logo desistiu dos trabalhos. Outra empresa, a norte-americana Dorsey and Caldwell, agiu de forma semelhante e seus engenheiros e operários retornaram aos Estados Unidos.

O governo Imperial concedera a George Earl Church uma série de privilégios para que ele tocasse o empreendimento, incluindo direitos de servidão e mineração e controle sobre uma área de 1.394 km² ao longo da linha férrea. Ocorre que nenhuma das empresas por ele contratadas, incluindo a norte-americana P&T Collins, conseguiu levar o projeto adiante. Após a falência da Collins o governo cassou os direitos que havia concedido ao coronel Church.

As obras da ferrovia só se tornaram possíveis – e irreversíveis – com o advento do governo republicano quando, em 1903, sob a égide do barão do Rio Branco, foi assinado o Tratado de Petrópolis entre Brasil e Bolívia, pelo qual o País obrigava-se a fazer a construção “por si ou por empresa particular”.

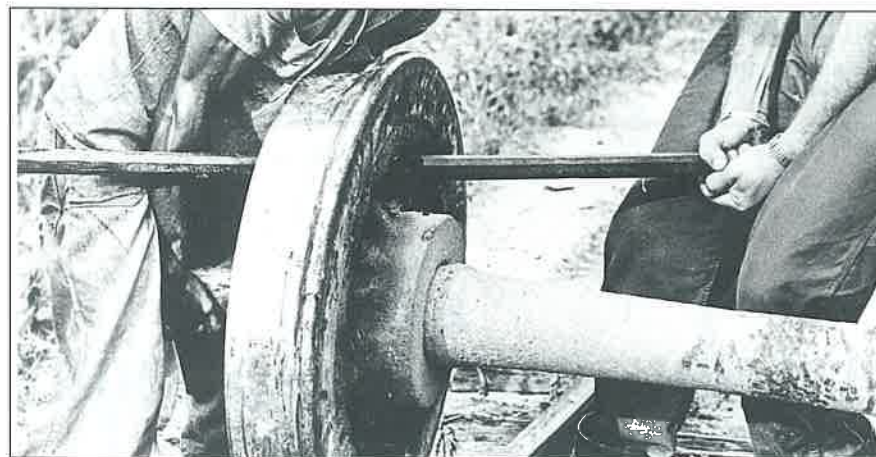
Em 1907 instalou-se em Santo Antônio a empresa May, Jekyll & Randolph, do empresário norte-americano Percival Farquhar, que já havia construído os portos de Belém e Manaus e era detentor do controle da navegação do rio Amazonas, da construção e exploração das linhas de transportes urbanos, telefônicos e de energia, não só de Manaus e Belém, mas de diversas cidades brasileiras.

Essa empresa, contando não só com mão-de-obra brasileira, mas também procedente da Índia, Escócia, China, Grécia, Suécia, Bélgica e de outros países, iniciou a construção da ferrovia utilizando material rodante, peças metálicas para pontes e outros materiais e insumos, tudo oriundo da Inglaterra e dos Estados Unidos.

As condições de trabalho absolutamente adversas, a presença de indígenas, a insalubridade da floresta amazônica e as doenças da região, sobretudo a malária, provocaram a morte de 1.953 trabalhadores ao longo do período em que se deu a construção: 1907 a 1912.

A conclusão da obra, feita com nuances de epopéia, coincidiu, entretanto, com a decadência do ciclo da borracha no Brasil. A produção dessa matéria-prima, na Ásia, superava a exportação brasileira do produto. E a ferrovia, que fora construída tendo em vista, em especial, o escoamento da borracha, não obtinha o necessário retorno econômico nem sequer com o transporte complementar de passageiros, castanha, peles de animais silvestres, toras beneficiadas de madeira, etc. A Madeira-Mamoré Railway, não vendo mais futuro na ferrovia, manifestou a intenção de devolver a concessão ao governo, sem, entretanto, arcar com a indenização prevista no contrato. A estrada acabou voltando, deficitária, para as mãos dos brasileiros.

Ela ainda funcionou precariamente até 1966, quando passou à responsabilidade do ministério do Exército. Em 1968, uma rodovia ligando Porto Velho a Guajará-Mirim, seguindo o traçado do leito da ferrovia, entrou em operação e contribuiu para colocar uma pá de cal na estrada de ferro. Em 1979, quando Rondônia estava sob o



governo do coronel Jorge Teixeira, ela ainda deu sinais de vida. Um trecho de 25 km, entre Porto Velho e a cachoeira de Teotônio, começou a funcionar para fins turísticos. Atualmente o leito da ferrovia foi substituído por duas estradas pavimentadas: a BR-364 (Porto Velho a Abuanã) e a BR 425 (de Abuanã a Guajará-Mirim).

A reconstrução da Madeira-Mamoré implicará a aplicação de investimentos da ordem de US\$ 100 milhões. Ela evitaria a construção de eclusas para tornar navegável o rio Madeira. No trecho do rio entre Porto Velho e a fronteira com a Bolívia há cachoeiras e acidentes geográficos que impedem a navegação. A ferrovia seria usada no transporte de produtos brasileiros para a Bolívia e no escoamento da safra de soja boliviana através da hidrovía Madeira-Amazonas. Os benefícios econômicos com a reconstrução da Madeira-Mamoré mostram que o sonho que conduziu o projeto dessa ferrovia ainda não acabou. A saga pode continuar.



Notas bibliográficas

Trem Fantasma – a Modernidade na Selva, de autoria de Francisco Foot Hardman
Artigo Memória – Boletim Informativo do Sinicesp
Gazeta Mercantil (edição de 29 de março de 1999)

Foto: Vista da ferrovia, em sua fase inicial de operação, e em cuja construção, na selva amazônica, significou a necessidade de superação das maiores adversidades

Art nouveau muda o centro paulistano

O viaduto, destinado a estabelecer a ligação entre dois importantes logradouros tradicionais da cidade – o largo São Bento e o largo Santa Ifigênia – era uma exigência do progresso urbano local. Ao longo do tempo transformou-se em exemplo das extraordinárias possibilidades da tecnologia da estrutura metálica. Esbelto e sugerindo leveza, resolveu o problema da transposição do Vale do Anhangabaú e projetou a imagem dessa tecnologia para o futuro. No dia 26 de julho do ano 2013 ele completará 100 anos de funcionamento ininterrupto.

O projeto dessa obra previa a importação de 1.100 t de ferro belga, o que só poderia ser feito mediante a obtenção de investimentos externos. A prefeitura paulistana conseguiu levantar na

Inglaterra o empréstimo de 750 mil libras esterlinas num financiamento que seria pago ao longo de 70 anos. Foi a primeira dívida externa do município de São Paulo.

Inaugurado pelo prefeito Raymundo Duprat no dia 26 de julho de 1913, o viaduto avança sobre o Vale do Anhangabaú numa extensão de 225 m formado por três arcos de 53,5 m entre as articulações e uma flecha de 7,5 m. A construção começou em 1910, depois que o então prefeito Antônio da Silva Prado assinou a lei 910, autorizando a contratação das obras.

A necessidade dessa ligação era objeto de estudos e discussões no legislativo municipal e em outras instâncias da cidade já nos primeiros anos daquela década. Em 1904, por exemplo, a Câmara de



Vereadores examinou projeto naquele sentido mas a aprovação para que ele saísse do papel só foi dada depois que a Comissão de Obras formulou o parecer 47. Tal documento justificava técnica e economicamente a realização dos serviços, considerando que o viaduto era imprescindível ao processo de transformação da cidade, embora as despesas com desapropriações, projeto de engenharia e execução propriamente ditos significassem encargos com as quais a prefeitura não poderia arcar, a não ser que viesse a contar com financiamento externo.

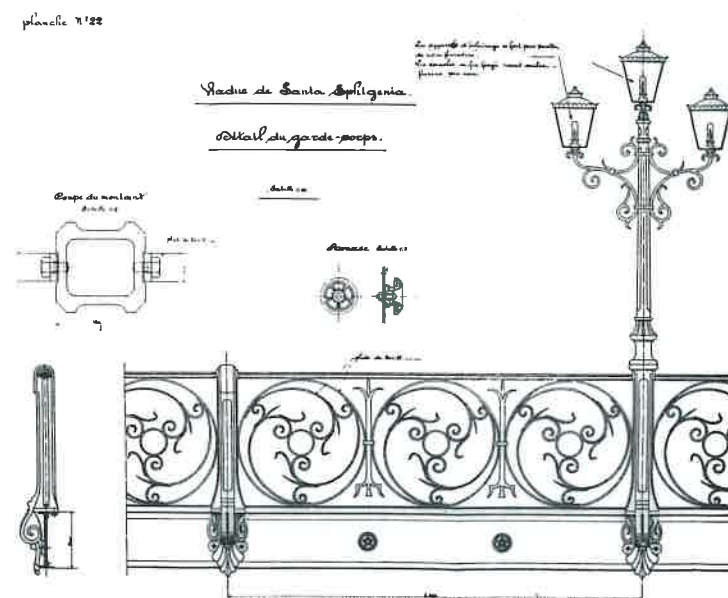
Das 20 empresas que se revelaram habilitadas para fazer a construção acabou selecionada a do engenheiro italiano Giulio Micheli, que começou os trabalhos contando, inicialmente, com a colaboração de Mário Tibiriçá e, posteriormente, com a do engenheiro Giuseppe Chappori.

A estrutura metálica, totalmente fabricada na Bélgica, foi transportada de navio até o porto de Santos e, de lá, encaminhada de trem para o canteiro da obra. No local os trabalhos de construção previam a montagem das partes já perfuradas e prontas para o recebimento dos rebites. A operação foi, de certa forma, facilitada pelos cuidados prévios que cercaram a operação, uma vez que todas as peças estavam numeradas. A montagem ocorreu no período de 1911 a 1913 sob a supervisão do mestre-de-obras alemão Johann Grundt. O resultado foi uma estrutura metálica em estilo *art nouveau*, singularizada pela concepção arquitetônica e esbeltez do conjunto.

Com o correr dos anos, a falta de conservação e a crescente poluição atmosférica, essa notável obra-de-arte entrou em processo de deterioração. A tal ponto, que ao longo de algumas administrações eram colocadas as seguintes indagações: qual a melhor solução para o Santa Ifigênia? Reconstruí-lo? Recuperá-lo? Demoli-lo? Eram insistentes as informações de que, condenado, o viaduto poderia ser interditado a qualquer momento.

Diante da controvérsia assim suscitada e sobretudo considerando a importância histórica e a utilidade da obra, definiu-se que antes de qualquer intervenção teria de ser realizado um minucioso estudo, mostrando o real comportamento da estrutura. Laudo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) revelou que do ponto de vista estrutural o viaduto estava seguro, mas teria de ser recuperado com a substituição das peças comprometidas. Os testes que proporcionaram as bases para o laudo consideraram as condições de resistência, evolução da corrosão nas partes expostas às intempéries e outros fatores.

A primeira intervenção que ali ocorreu foi em 1978, portanto 65 anos depois da inauguração. Ela consistiu em nova pintura na cor ocre, na colocação de peças cerâmicas antiderrapantes no piso, na substituição de 140 t de peças da estrutura metálica e em outros trabalhos do gênero, tudo desenvolvido em obediência ao desenho original. O conjunto dessas tarefas, incluindo o processo de limpeza com lixas, espátulas e jatos de areia, a pintura dos 14.635 m² da estrutura, a troca das rosáceas corroídas das balustradas por novas peças forjadas de modo a evitar a adulteração do estilo de origem, a colocação de floreiras dispostas sobre o tabuleiro e outros ajustes técnicos e urbanísticos, constituiu uma das operações de engenharia mais complexas que a Empresa Municipal de Urbanismo (Emurb) realizou na área central da cidade. O projeto de restauração preocupou-se adicionalmente com o entorno, entendendo que o processo de revitalização ali aplicado deveria irradiar-se para outras obras-de-arte e demais bens históricos e culturais do centro paulistano.



Notas bibliográficas:

Documentos da Emurb
Arquivos da revista **O Empreiteiro**

Foto: Vista do viaduto Santa Ifigênia, na época em que recebeu sua primeira e ampla reforma (direita)

Foto: O viaduto em 1913, quando o entorno ainda se caracterizava pelas edificações térreas ou de pequeno porte (esquerda)

Os percursos da estrada até a concessão

O Rio de Janeiro e São Paulo sempre procuraram encurtar a distância que as separa. Só que as dificuldades para isso eram muitas. D. Pedro I, por exemplo, fez uma viagem nesse percurso, em 1822, depois de proclamada a Independência do Brasil, e a cavalgada demorou 12 dias, naturalmente com algumas paradas em fazendas à beira do caminho. Em 1908, o conde de Lesdainm, viajando a bordo de um Brassier, um automóvel que trouxera da França, tentou vencer a mesma distância em menos tempo. Deu-se mal. A estrada ainda não estava apropriada para esse meio de transporte. Ele chegou a São Paulo só depois de 876 horas de viagem, ou seja, quase 37 dias.

A ligação rodoviária entre as duas grandes cidades brasileiras estava decidida desde 1724. Entretanto, ela somente seria inaugurada 202 anos depois, ou seja, 5 de maio de 1928, pelo presidente Washington Luís, com a extensão de 508 km, oito dos quais pavimentados.

Assim como os vários nomes que teve — Rio-São Paulo, BR-2, BR-116 e, finalmente, Presidente Dutra — a rodovia tem seu calendário histórico com muitos eventos. Em 1949, o presidente

Eurico Gaspar Dutra constituiu a Comissão Especial da Construção da Rio-São Paulo e, sob orientação do engenheiro Edmundo Régis Bittencourt, autorizou créditos e normas especiais para construí-la. Ainda em 1949, foi concluído e inaugurado trecho pavimentado entre São Miguel e Mogi das Cruzes e a denominação Presidente Dutra, indicada pelo Conselho Rodoviário Nacional, foi ratificada. A falta de recursos, porém, refletiu-se na redução de suas características técnicas. Foram construídas apenas duas faixas, com exceção dos 46 km do limite do Rio de Janeiro ao pé da serra do Mar e dos 19 km que atravessavam os subúrbios industriais de São Paulo, que tiveram quatro faixas.

Seu primeiro trecho de duas pistas de 7 m cada separadas por um canteiro central entre Parada de Lucas (km 0) e Garganta da Viúva Graça (km 46), com doze trevos, pavimentadas em concreto de cimento asfáltico e macadame betuminoso, foi inaugurado em julho de 1950. Na travessia do Vale do Paraíba, onde o solo mostrou-se instável e um dos mais antigos, de cuja decomposição surgem argilas multicoloridas, foram usadas estacas de areia antes de lançar os aterros.



No ano seguinte, o presidente Dutra inaugurava a rodovia com retificação do traçado, redução de 101 km de percurso e dois terços pavimentados. Nos trechos de alta densidade de tráfego, perto das capitais, e no ponto crítico da serra (8,2 km), foram construídas duas pistas adicionais nos anos de 1959 e 1960.

Com 12 km a menos em relação ao traçado anterior, a Dutra, duplicada, foi inaugurada em 1967 pelo presidente Costa e Silva, com a presença do ex-presidente Dutra, do ministro Mário Andreazza, dos Transportes, e do governador Abreu Sodré, de São Paulo.

Em 1993, o DNER contratou a execução de mais 63 km de duplicação e no ano seguinte outros quatro contratos foram firmados, incluindo a construção de 80 obras-de-arte especiais e a restauração da pista velha com aplicação de 88 mil t de asfalto.

A privatização rodoviária foi o caminho encontrado para superar a falta de recursos do governo federal para investir em infra-estrutura. Em 1995, a Nova Dutra, assinou o contrato de concessão por 25 anos para operar, manter e investir na rodovia. Até o ano 2000 a Nova Dutra deverá ter investido R\$ 469 milhões, realizando alargamento de pontes e viadutos, recuperação profunda do pavimento, construção de 39 km de marginais duplas (uma em cada sentido), sendo 15 km no Rio de Janeiro, 14 km em São Paulo e 10 km entre Jacareí e São José dos Campos. Está prevista a construção de acessos, trevos e travessias e foi feita a implantação de sistema eletrônico de comunicação, com cerca de 800 telefones de emergência, estações meteorológicas, telecomunicações e SOS ao usuário, com equipes médicas e paramédicas, com frota de 100 veículos, sendo 13 UTIs e 13 carros de resgate.



Notas bibliográficas:

Histórias das Rodovias (n° 3)

Revista das Estradas (n° 68), do acervo da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

Obras que Mudaram São Paulo, do Sinicesp (ano 30)

Fotos: A estrada ganhou novos postos de pedágio e recebeu melhorias que a colocam no nível das grandes rodovias modernas do mundo

O sonho alto de Giuseppe Martinelli

Giuseppe Martinelli, natural da cidade italiana de Luca, chegou ao Brasil em 1889 e, segundo alguns dados históricos da época, iniciou sua vida comercial como dono de um açougue no antigo largo da Sé, em São Paulo. Com o passar dos anos transformou-se em poderoso empresário, vindo a construir o edifício batizado com o seu nome.

O Martinelli, construído no período de 1925 a 1929, foi o primeiro arranha-céu de São Paulo e da América Latina. Sua construção tornou-se viável depois que Martinelli vendeu o Lóide Nacional e os estaleiros Guanabara para a União. O local que ele escolheu para erguer a torre era uma das áreas mais movimentadas da cidade: a praça Antônio Pado onde funcionavam o Palacete João Briccola, as sedes dos jornais *Correio Paulistano* e *A Notícia*, confeitarias de luxo como a Castelões e a Brasserie Paulista, além de bancos e casas comerciais.

Para a construção, ele contratou o engenheiro e arquiteto húngaro William Fillinger, que se formara em Viena e, chegando ao Brasil, trabalhou na Companhia Construtora de Santos, no Escritório Técnico Ramos de Azevedo e para o arquiteto Cristiano Stockler das Neves. Tinha formação em cálculo de concreto.

O primeiro anteprojeto do Martinelli, de autoria de Fillinger e com data de 1923, previa uma edificação de apenas 12 pavimentos. Para resolver problemas de ventilação e iluminação, ele elaborou um segundo anteprojeto, propondo os quatro corpos que constituem a característica do prédio, inspirado em projetos de grandes hotéis e edifícios residenciais norte-americanos.

A construtora Amaral & Simões Engenheiros foi contratada para realizar os serviços de concreto armado e alvenaria. Mudanças no projeto permitiram que o prédio fosse construído com 14 andares. Os cálculos da estrutura previam, entretanto, a possibilidade da construção de mais quatro pavimentos.

Pelo contrato realizado, as obras se estenderiam por um ano. Mas sofreram atrasos devido às dificuldades de fornecimento em larga escala de alguns materiais, tais como madeira, pedra britada e ferro redondo ou aço doce. Outra razão do atraso relacionou-se às fundações, realizadas 7 m abaixo da rua Líbero Badaró e 16 m abaixo da rua São Bento, com estaqueamento de madeira e sapatas conjugadas. Durante as escavações houve necessidade de drenagem no subsolo para desvio de



água. Esses trabalhos abalaram os alicerces do prédio vizinho, na rua São Bento, 63, de propriedade de Stella Penteadó da Silva Prado, que embargou as obras. Martinelli, porém, resolveu o problema a seu modo: adquiriu o prédio vizinho e, em seguida, mandou demolí-lo. Mas os contratemplos na construção continuaram e acabaram levando a construtora à falência.

Martinelli, então comendador, assumiu a construção instalando um escritório para ajudá-lo. Contratou Amleto Nipote para fazer os cálculos e deixou o sobrinho Italo Martinelli como responsável pelas obras, que em maio de 1928 mobilizavam um contingente de 600 trabalhadores.

Gradativamente, conforme o prédio avançava, Martinelli acrescentava-lhe novos pavimentos, o que levava a imprensa da época a questionar as condições de segurança do prédio, então com 24 andares. Para demonstrar sua confiança na estrutura do edifício, Martinelli mobiliou luxuosamente o 9º andar e ali se instalou, com seu mordomo japonês, dedicando mais tempo às obras em andamento.

Nesse ínterim, peritos recolheram amostras dos materiais para serem analisados no laboratório da Escola Politécnica. O laudo concluía haver necessidade de redução das cargas, quer pela supressão de andares, quer pela supressão de paredes internas, passadiços ou outros elementos que pudessem ser removidos. Como perito, o arquiteto Cristiano das Neves buscou alternativas conciliatórias, pois o receio do comendador era a possibilidade de ter de suprimir alguns pavimentos. Na ânsia de evitar essa possibilidade, o comendador solicitou parecer a um grupo de engenheiros especialistas em concreto armado no Rio de Janeiro: José Mattoso, Roberto Marinho, Emílio Baumgart e Sampaio Corrêa. A conclusão desse grupo foi a seguinte: a estrutura do prédio satisfazia plenamente as condições de estabilidade e resistência, “já que todas as suas obras foram executadas com esmero e nelas empregados materiais de primeira qualidade.” A notícia sobre a segurança do arranha-céu circulou com extremo alarde, dando conta: “O prédio Martinelli não cai mesmo!”

Apesar das dificuldades de toda ordem, inclusive a campanha difamatória da imprensa, Martinelli conseguiu, em 1928, colocar a última laje do prédio, então com 25 pavimentos, no qual ele e a família passaram a morar a partir de 1929.

O prédio, à época, já era uma referência. Os visitantes ilustres que chegavam à Paulicéia iam olhar a cidade do alto do edifício, onde eram recepcionados pelo comendador. Considerado o mais alto do mundo em concreto armado, era apontado como um fenômeno em termos de dimensões: com uma área construída de 46.123 m², em 2 mil m² de terreno, possuía 60 salões, 960 salas, 247 apartamentos, 510 telefones, 1057 degraus e 2.133 janelas. Possuía três entradas principais: a da rua São Bento, a da avenida São João e a da Líbero Badaró. Abrigava cinema, restaurantes, salões de chá, cassinos, *night clubs*, barbearias, escritórios, um hotel de luxo e lojas no térreo.

Reforçando a idéia de que pretendia imortalizar-se através do prédio, Martinelli usou abusivamente seu monograma nas portas. Mandou gravar, em duas placas de mármore, o seu e o nome de Italo Martinelli, com as respectivas qualificações de proprietário, arquiteto e engenheiro, colocando-as nas entradas das ruas São Bento e Líbero Badaró.

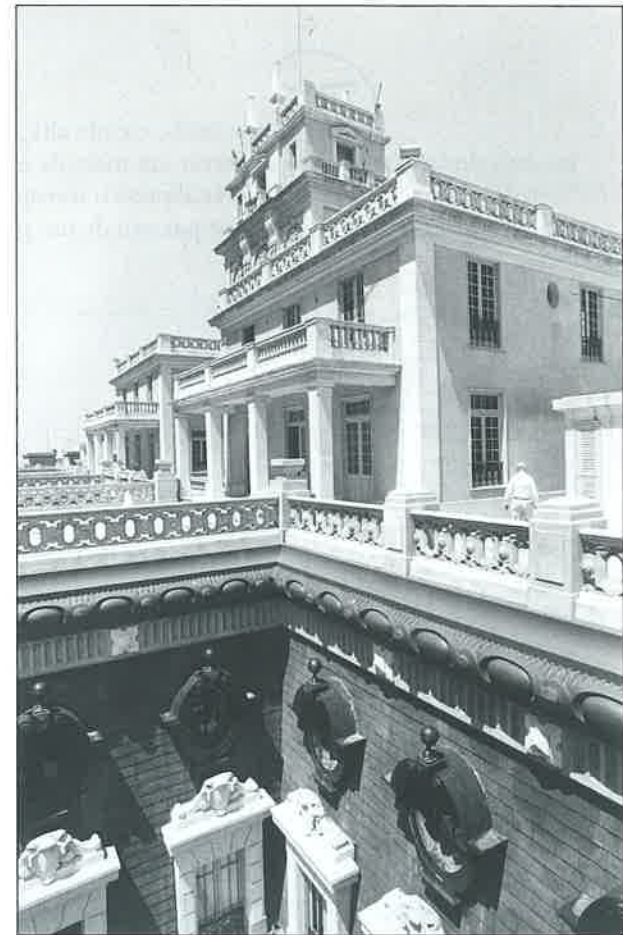
A crise de 1929 levou o empresário a vender o arranha-céu para o Instituto Nazionale di Credito per il Lavoro Italiano all'Estero, conhecido pela sigla Icle; depois disso, ele se retirou de São Paulo e instalou-se no Rio de Janeiro, onde conseguiu recuperar o que perdera.

Com o correr dos anos, o edifício, que se tornara o orgulho dos paulistanos e o monumento por excelência de São Paulo, entraria em decadência. O escritor Osman Lins, em seu romance *Avalovara*, registra assim a agitação observada ali: “Mas é um mundo. Encontro advogados nos seus corredores, oficiais de Justiça, prostitutas, famílias, no 6º andar há uma escola de danças, um bilhar. No 10º, um sindicato.”

Nos anos 70 viviam oficialmente no Martinelli 521 pessoas, 16 das quais fichadas na polícia por delitos diversos. Uma sindicância foi realizada e, a partir dessa documentação, a prefeitura tomou providências para desocupação total do imóvel. A Câmara Municipal aprovaria, mais

tarde, a lei 8.255, que tinha em vista a reurbanização da área constituída pelo edifício, cuja revitalização contribuiu para a melhoria de todo o entorno em que ele está inserido.

O Martinelli, para urbanistas e estudiosos do crescimento paulistano, é um divisor de águas. Depois que ele foi construído, acentuou-se o crescimento vertical da cidade e tornou-se maior a produção de materiais de construção. Ele forma, com o prédio Matarazzo e com o edifício Itália, a trilogia que lembra, em alto estilo, a presença da colônia italiana na capital paulistana.



Notas bibliográficas

Livro *Concreto no Brasil*, do professor Augusto Carlos Vasconcelos
Revista *Memória*
Documentos da Emurb

Obs: o projeto da revitalização do Martinelli foi entregue ao Escritório Técnico J. C. de Figueiredo Ferraz e, segundo a Emurb, resultou de duas partes: uma referente à reciclagem, de autoria do arquiteto Edith Gonçalves, e outra dedicada à restauração, idealizada pelo arquiteto Bernardo José Castello Branco. A execução coube à Construtora Guarantã, vencedora de concorrência

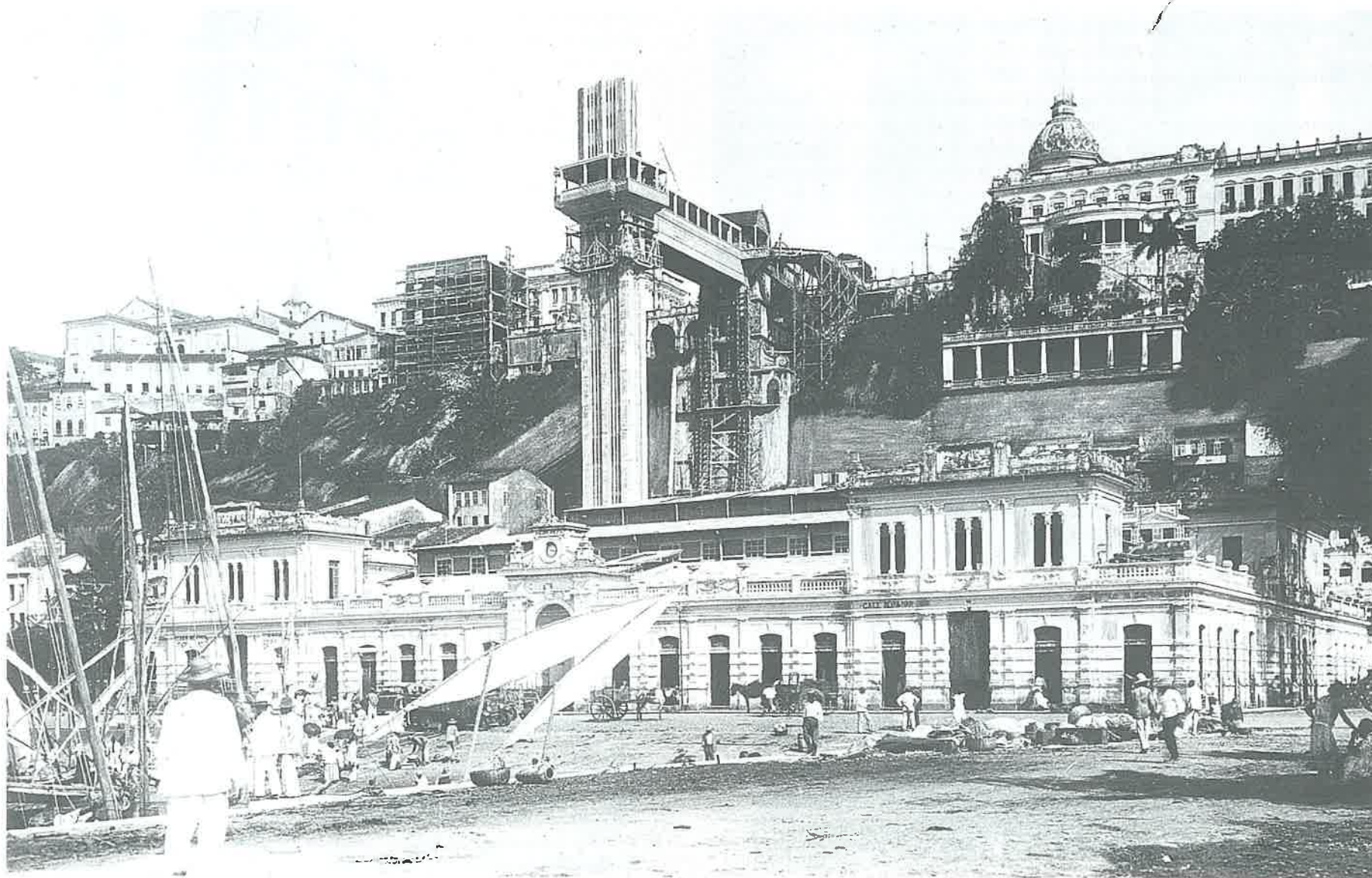
Foto: O Martinelli, apesar do tempo transcorrido, ainda é referência importante para a cidade (esquerda)

Foto: Na época em que foi construído chamava atenção pela ousadia da concepção e pela prodigalidade dos materiais empregados (direita)

Marco pioneiro na história do concreto armado

E cidade baixa, cidade alta, Salvador, não teria mesmo alternativa senão encontrar um meio de estabelecer, entre as duas “cidades” o necessário elo que facilitasse o transporte vertical da imensa massa humana que todos os dias passam de um para outro plano urbano local.

Havia uma ligação antiga, executada nos primeiros anos da década de 1870, quando o engenheiro brasileiro, J. Lacerda – daí o nome de elevador Lacerda – fez ali a primeira obra de transporte vertical. A obra maior, definitiva, viria muitos anos depois, quando entre as praças Rio Branco e da Alfândega seria construído o elevador que se



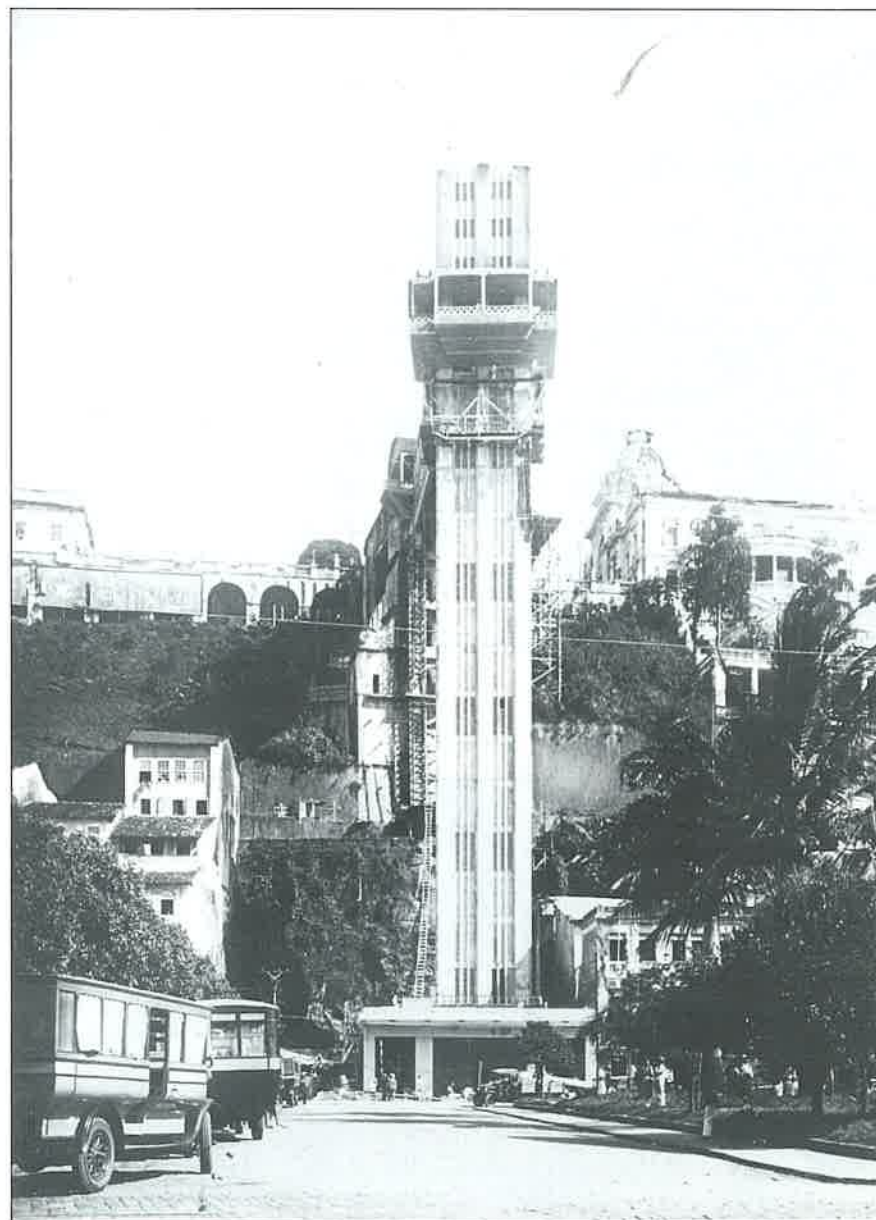
transformou em um dos mais emblemáticos cartões postais da cidade. A obra, um exemplo de estrutura em concreto armado, se transformaria em personagem da história dessa tecnologia no Brasil.

Foi em 1928 que, para aumentar a capacidade do transporte vertical naquela área, beneficiando o comércio e agilizando processos de serviços no centro da capital baiana, decidiu-se abrir concorrência para a elaboração de projeto e imediata construção do novo elevador Lacerda. A concorrência, entretanto, não tinha em vista apenas o elevador, mas relacionava um conjunto de obras prevendo: a construção de um edifício de um pavimento na praça da Alfândega, destinado a abrigar casas de comércio e servir de bilheterias e corredores de acesso aos usuários; a torre de concreto armado de 73,5 m de altura para abrigar duas cabinas de elevador, com capacidade para transportar 27 passageiros em 17 segundos; a ponte entre a torre antiga e a torre que seria construída, com 28,7 m de vão e 6 m de largura, com teto de concreto e fechamentos envidraçados; e um prédio de escritórios de três andares, na praça Rio Branco. A concorrência previa adicionalmente modificações na torre antiga, bem como a construção de duas colunas de concreto armado para suportar a nova ponte.

A torre é formada por seis pilares ligados transversalmente por vigas de 3,5 m que funcionam de modo a ajudar a absorver as forças horizontais provocadas pelo vento. Contribuem também para reduzir o comprimento de flambagem dos pilares.

As fundações dessa estrutura foram realizadas na rocha. Dadas as condições geológicas favoráveis e a profundidade atingida na rocha (4 m), tornou-se possível o engastamento adequado da torre. Segundo a Christiani & Nielsen, empresa dinamarquesa fundada em 1904 e que, à época da construção do elevador Lacerda já mantinha uma filial no Rio de Janeiro, (incorporada em 1988 pela Carioca Engenharia), o cálculo estático dessas fundações levou em conta a teoria concebida pelo professor Christian Nokkentved, da escola de engenharia de Copenhague, quanto a engastamento em rocha. As obras de construção do elevador, iniciadas em janeiro de 1929, só foram concluídas um ano depois.

O professor Augusto Carlos de Vasconcelos, em seu livro *O Concreto no Brasil*, narra fato curioso relacionado à inserção do elevador Lacerda na história do concreto armado no Brasil. Quando a torre de concreto armado já estava em processo de construção, a direção da Electric Bond & Share, de Nova York, matriz das Empresas Elétricas Brasileiras, às quais a Linha Circular de Carris da Bahia era filiada, exigiu que a obra fosse feita com aço. Se a torre não estivesse em estado de construção considerado irreversível, teria havido o risco de o Brasil não registrá-la como um de seus marcos da tecnologia do concreto armado.



A luta para não ficar no passado

Com duas pistas paralelas e curtas, a principal com 1.939 m de extensão, a auxiliar com 1.437 m e ambas com 49 m de largura. Quem pousa no aeroporto de Congonhas tem a sensação de pousar num porta-aviões. Só que não balança. Em sua evolução, que acompanhou o crescimento da cidade e o desenvolvimento da indústria aeronáutica, acabou virando uma verdadeira cidade de 11 mil habitantes, embora a 8 km da praça da Sé, centro de São Paulo.

O projeto de engenharia do aeroporto de Congonhas foi desenvolvido depois da inundação ocorrida em 1934 no campo de Marte às margens do rio Tietê. Ali operava a VASP com dois bimotores Havilland Monospar. Interditado o campo por seis meses, a empresa ficou sem outra opção de pouso. Sendo o Estado seu principal acionista, não foi difícil convencê-lo a adquirir o terreno de 800 mil m² no parque de Congonhas, onde já existia uma pista de terra de 300 m de extensão por 40 m de largura para operação de pequenos aviões. O interventor do Estado, Armando Salles de Oliveira, autorizou a compra (decreto de 5/7/1935), mas o negócio só foi fechado no dia 15 de setembro de 1936, superada a pendência de preço.

O projeto original de Congonhas, idealizado pela empresa Auto-Estradas, que vendeu o terreno para o Estado, era considerado tecnicamente bom, prevendo a construção de quatro pistas duplas, totalmente pavimentadas, com 1.110 m a 1.400 m de extensão e largura de 30 m. A limitação de recursos permitiu a construção de apenas duas pistas. Nos primeiros anos, foi erguida uma pequena estação de

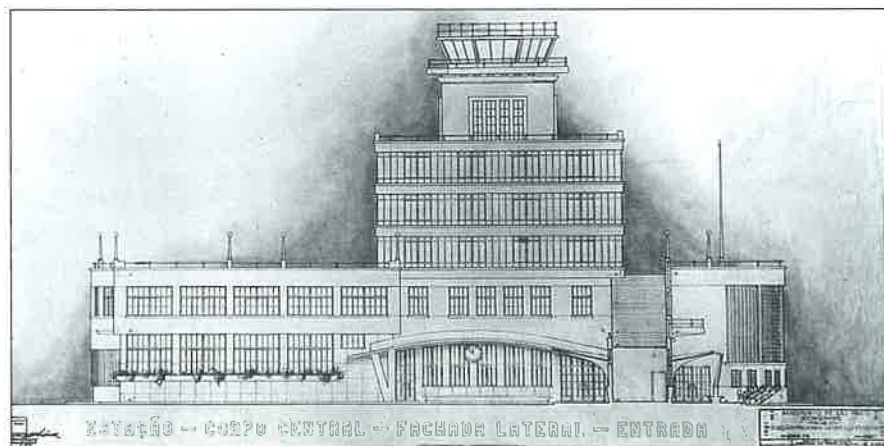


passageiros no estilo *art déco*, que funcionou até 1948. O Estado efetuou desapropriações que propiciaram a atual área ocupada: 1.638.183 m².

O crescimento do tráfego, logo após a Segunda Guerra, saturou o aeroporto e forçou as aeronaves de maior porte a operarem na base aérea de Cumbica. Em 1946, foi firmado o contrato de concessão entre o Departamento de Aeronáutica Civil (DAC) e o Estado, com validade de 25 anos, definindo as condições de manutenção e exploração do aeroporto e as bases da reforma total de suas pistas e instalações.

Entre 1947 e 1949 as pistas foram prolongadas e receberam pavimento de concreto. A principal ficou com 1.865 m de extensão e a auxiliar com 1.445 m. Depois de diversas reformas e modernizações em seu sistema de operações, Congonhas, então sob a responsabilidade da Infraero, foi alvo de novas obras de engenharia: reformas nos terminais de carga e de passageiros, obras no pátio de manobras, ampliação da pista principal para 1.934 m, construção dos armazéns no TECA, edificação dos bombeiros e ampliação da cabeceira 16, o que propiciou maior agilidade às manobras de aviões grandes, como o Boeing 727.

Passados vários anos, o aeroporto de Congonhas está novamente saturado. Para fazer frente à demanda prevista de





15 milhões de passageiros por ano em 2005, foi desenvolvido um projeto de modernização e ampliação, executável por etapas, por ser modular, o qual prevê: reestruturação do sistema viário da região com a construção de uma passagem subterrânea e dois viadutos sobre a avenida Washington Luís, construção de novo terminal de passageiros com 100 mil m² de área e 26 pontos de atracação.

O projeto prevê ainda a construção de dois edifícios-garagem com sete pavimentos e capacidade para 5.100 veículos. Os primeiros cinco pavimentos da garagem serão no subsolo, de modo que suas lajes de cobertura fiquem no mesmo nível do atual terminal de passageiros, com o qual serão ligados por passagens cobertas. Sobre essas lajes será construída uma praça pública de 65 mil m².

A construção de um hotel cinco estrelas com 12 andares e 240 apartamentos e um terminal de ônibus com 1.900 m² destinado à interligação com metrô e ônibus urbano, integram o plano da Infraero.

O aeroporto abriga hoje 51 lojas e 119 empresas, ali operam sete empresas aéreas e circulam mais de 11 mil pessoas diariamente.

Notas bibliográficas:

Livro *No Ar: 60 anos do aeroporto de Congonhas - 1956-1996*, Infraero
Flap Internacional (no 292, ano 34), edição especial de aeroportos, do acervo da ABCP.

Patrimônio da arquitetura modernista

O aeroporto do Calabouço, depois chamado de Santos Dumont, é, até hoje, um dos mais belos e bem-localizados do mundo. Começou a operar na década de 30 recebendo hidroaviões e aeronaves anfíbias e foi o de maior tráfego do País enquanto a capital da República funcionava no Rio de Janeiro. Atualmente ele permite até a operação de modernos Boeing 737.

Só a partir de 20 de janeiro de 1977, com a inauguração do Galeão (hoje aeroporto internacional Tom Jobim), é que ele ficou sem o título de principal aeroporto do Rio de Janeiro. De qualquer modo, com o intenso movimento da ponte aérea e da aviação regional e com a operação de aviões e helicópteros de fretamento e particulares, ainda permanece entre os cinco mais importantes do País, além de constituir um referencial expressivo da arquitetura moderna brasileira.

Quando se divulgou a proposta de se construir o aeroporto no aterro do Calabouço, houve uma repercussão positiva, com elogios até de especialistas em aviação de todo o mundo, entre eles o piloto francês Jean Mermoz, o primeiro a cruzar o Atlântico em 1901 e a voar entre França e Brasil.

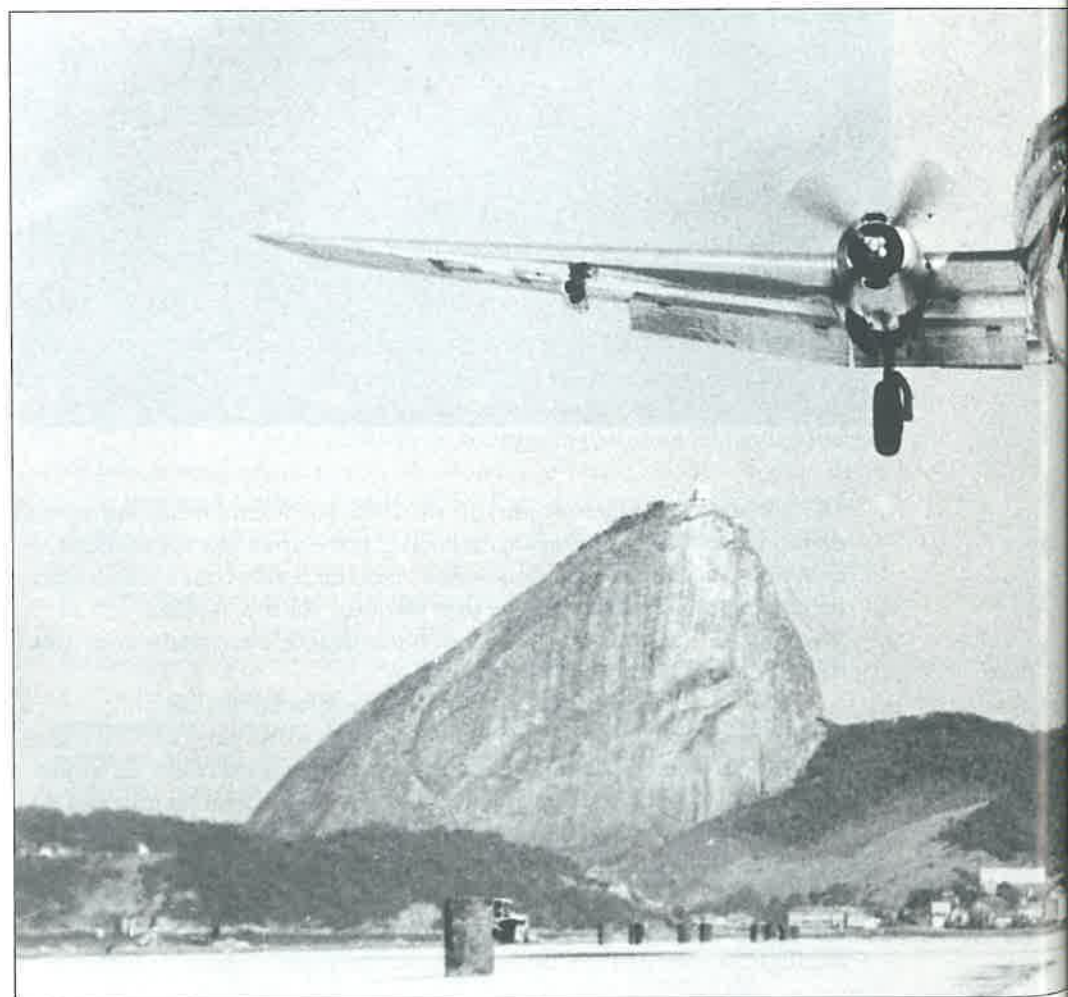
As obras do aeroporto começaram em 1934 em terreno cedido pela prefeitura do Distrito Federal. A primeira parte do trabalho consistiu em ampliar o aterro local em mais 370 mil m², com a construção de muralha de contenção e o lançamento de mais de 2,7 milhões de m³ de terra, sem interromper a operação de pequenas aeronaves numa pista liberada de 400 m. Ali, na Ponta do Calabouço, assim chamada pela existência anterior de uma prisão de escravos, atracavam os hidroaviões e anfíbios, responsáveis pelo então incipiente transporte aéreo comercial.

O Santos Dumont só veio a ser batizado com o nome do pioneiro da aviação a partir de 16 de outubro de 1936, quando o presidente Getúlio Vargas inaugurou o primeiro aeroporto civil do País, sem as modernas instalações das estações de hidroaviões e sem a estação central, que seriam construídas posteriormente, com uma pista estendida para 700 m.

A inauguração de um grande edifício da Pan American para instalar seus vários departamentos, amplo saguão, bar e restaurante para receber seus passageiros com maior conforto levou o governo a projetar instalações públicas para receber os passageiros de outras companhias que operavam no aeroporto. Foi então que as novas instalações do aeroporto foram projetadas pelos arquitetos Atilio Corrêa Lima, responsável pelo projeto da estação de hidroaviões, e os irmãos

Roberto, Marcelo e Milton Roberto, que projetaram a estação central. Em ambos os casos houve o respectivo concurso de projetos.

O projeto da estação de hidroaviões resultou de concepção moderna, geométrica e funcional. Ela foi construída entre 1938 e 1939 e a estação central, que levava em conta as preocupações modernistas, então difundidas a partir das obras de Gregory Warchavchik e da presença de Le Corbusier no Brasil, teve suas obras interrompidas várias vezes, sendo concluída e inaugurada em 1947 pelo



ministro Armando Trompowski, da Aeronáutica. As paredes do hall principal receberam dois painéis de pintura, *Aviação Antiga* e *Aviação Moderna*, inaugurados em 1951.

A pista principal foi ampliada para 1.350 m a fim de se adequar aos aparelhos de porte crescente, como os DC4 e o Constellation. A ponte aérea São Paulo–Rio de Janeiro, inaugurada em 1959, passa a operar com os Electra II em 1974. A Aeroportos do Rio de Janeiro, criada em 1973, decidiu realizar várias obras de infra-estrutura, como a renovação do pavimento de concreto da pista principal em 1977, além de obras de apoio, como a criação de sala para autoridades, instalações para atendimento médico de emergência, abertura de espaço para novas lojas e ampliação do estacionamento, entre outras.

Com 550 mil m², dos quais 7.600 m² da estação central, o aeroporto Santos Dumont cresceu significativamente e na década de 80 franqueou seu complexo a linhas regionais, empresas de táxi aéreo, com todos os serviços complementares, como posto telefônico, guarda-volumes, agências bancárias, agência de correios e telégrafos, livraria, café, bar e restaurante.

No início dos anos 90, foram acrescentados dois novos andares ao edifício, para atividades administrativas. Na ponte aérea, após 18 anos de serviços, os turbo-hélices Electra II para 90 passageiros foram substituídos pelos modernos Boeing EMB 120 para 132 passageiros, que reduziram a viagem em 7 minutos.

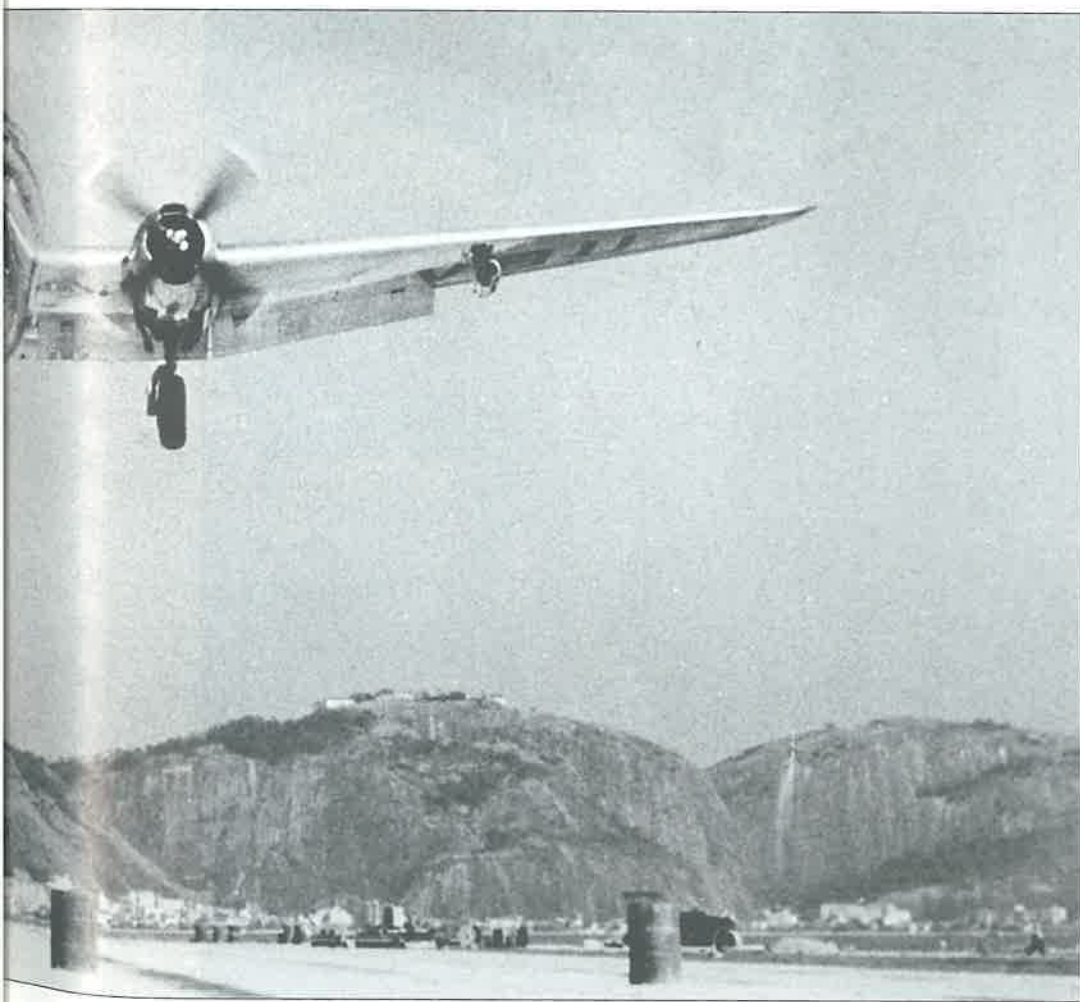
Na noite de 13 de fevereiro de 1998, uma sexta feira, o terminal de passageiros do Santos Dumont foi totalmente destruído por



um incêndio que durou oito horas. A reação pública em favor da reconstrução da obra fez com que as autoridades decidissem recolocar o aeroporto em funcionamento normal no prazo de 180 dias. Em 133 dias voltaram a operar os vôos regionais e, no dia 15 de agosto, foi reaberto o aeroporto.

Para fazer face ao crescimento da demanda, a Infraero estuda a ampliação do terminal de passageiros, que passaria a operar com dois pisos: um para embarque e outro para o desembarque, providos de *fingers*. Hoje os passageiros deslocam-se a pé, através do pátio de manobras das aeronaves.

A Infraero projeta movimento de 3,5 milhões de passageiros a partir de 2001. Seu programa de manutenção permanente executado pela superintendência do aeroporto Santos Dumont vem realizando obras como a recuperação da camada porosa da pista principal, construção da camada porosa na pista auxiliar, reformas nas nove subestações elétricas e nas instalações de salvamento marítimo e duplicação noturna do balizamento. Está prevista a construção de um edifício garagem para 4 mil veículos, um salão de convenções, um hotel e um minishopping.



Notas bibliográficas:

Publicação das Empresas das Artes sobre o aeroporto Santos Dumont — 1936-1996
Santos Dumont 60 anos, artigo da revista *Flap Internacional* (nº 292 A, ano 34)
Documentação do acervo da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

A nobre sala da orquestra sinfônica





A estação Júlio Prestes, da antiga estrada de ferro Sorocabana, foi construída no período de 1926 a 1938 com a participação do engenheiro Samuel das Neves, pai do arquiteto Christiano Stockler das Neves, responsável pela elaboração, em 1925, do projeto de arquitetura.

Entregue ao público em meados de 1999, depois de receber adaptações para abrigar a sala de concertos da Orquestra Sinfônica de São Paulo, o edifício lembra, com seu estilo Luís XVI, algumas estações norte-americanas, como a Pennsylvania Station. Foi concebido com um hall de 48 m de comprimento e 20 de largura e tem 26 m de altura. A torre de 72 m de altura, dotada de quatro relógios, constitui um nobre referencial da cidade.

A edificação integra o conjunto de bens tombados pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Arquitetônico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat), do qual fazem parte a estação da Luz, a Pinacoteca do Estado, o Museu de Arte Sacra, a igreja de São Cristóvão, o quartel Tobias de Aguiar, o viaduto Santa Ifigênia, o vale do Anhangabaú, o Teatro Municipal de São Paulo, o edifício Alexandre Mackenzie, o parque D. Pedro II, o Pátio do Colégio, o edifício da Bolsa de Valores e vários outros prédios, monumentos urbanos e logradouros do chamado centro expandido.

Exemplar importante do ecletismo, o prédio da estação Júlio Prestes mescla características típicas das arquiteturas francesa e italiana do fim do século XVIII que, por sua vez, vinham recebendo

influências de correntes mais antigas cujas origens remontam a Roma e à Grécia.

Essas peculiaridades, sumamente importantes para historiadores e estudiosos da arquitetura, conferem ao edifício notável importância, inserindo-o no contexto de uma produção arquitetônica cosmopolita. Daí a necessidade de ser preservado.

E não foi por outro motivo que a secretaria estadual de Cultura estimulou e patrocinou estudos arquitetônicos e de engenharia, em suas diversas ramificações, para destinar à antiga estação funções compatíveis com sua beleza e amplos espaços, transformando-a em sala de concertos.

Cuidadosos trabalhos de restauro e construção devolveram ao cenário da cidade um de seus mais belos monumentos. Precedidos de metucioso diagnóstico das condições da estrutura, arquitetos, engenheiros e especialistas em acústica e som examinaram as diversas interfaces do prédio do ponto de vista do isolamento externo e do melhor condicionamento interno. Com base nessas análises e no exame de documentação histórica, foram estabelecidas as diretrizes para o restauro, em sintonia com as determinações do Condephaat, sendo necessária uma intervenção nas fundações, reforçando-as com estacas tipo mega e raiz e empregando equipamento a ar comprimido para não afetar a capacidade de resistência do solo com a introdução de água no processo.

A maior intervenção ocorreu no antigo jardim interno do edifício, cujo pé-direito discrepava do projeto original. Foram estudadas alternativas para reequilibrar a composição das fachadas. A disposição dos balcões em dois níveis ensejou o equilíbrio estético planejado e obteve-se a dinâmica desejada para sinalizar o palco como o ponto focal de todo o ambiente.

A sala de concertos é encimada por um forro móvel composto de 15 grandes módulos subdivididos em três submódulos, os quais, por sua vez, são movimentados a partir de um piso técnico executado 1,60 m acima da cimalha do terceiro pavimento.

As áreas de todos os pisos foram reprojatadas de modo a contar com os camarins, salas para ensaios de naipes, do coro e da orquestra e *foyer* nobre, ambiente com cerca de 250 lugares para música de câmara, estúdio de gravação, etc. Além desses espaços, foram criados dois restaurantes, piano-bar no mezanino e serviços de apoio. O estacionamento subterrâneo tem capacidade para 600 veículos.

A preocupação com a necessidade da recomposição original ensejou um trabalho cuidadoso nas fachadas, nos elementos artísticos, paredes, pisos, vitrais, portas, esquadrias, forros, elevadores, escadas, poltronas e iluminação. Tudo com um toque de arte. Em favor da cidade.

Notas bibliográficas

Spenco e Construtécnica

Dupré Arquitetura

Documentos da Fundação Patrimônio Histórico

Fotos: Iatã Cannabrava

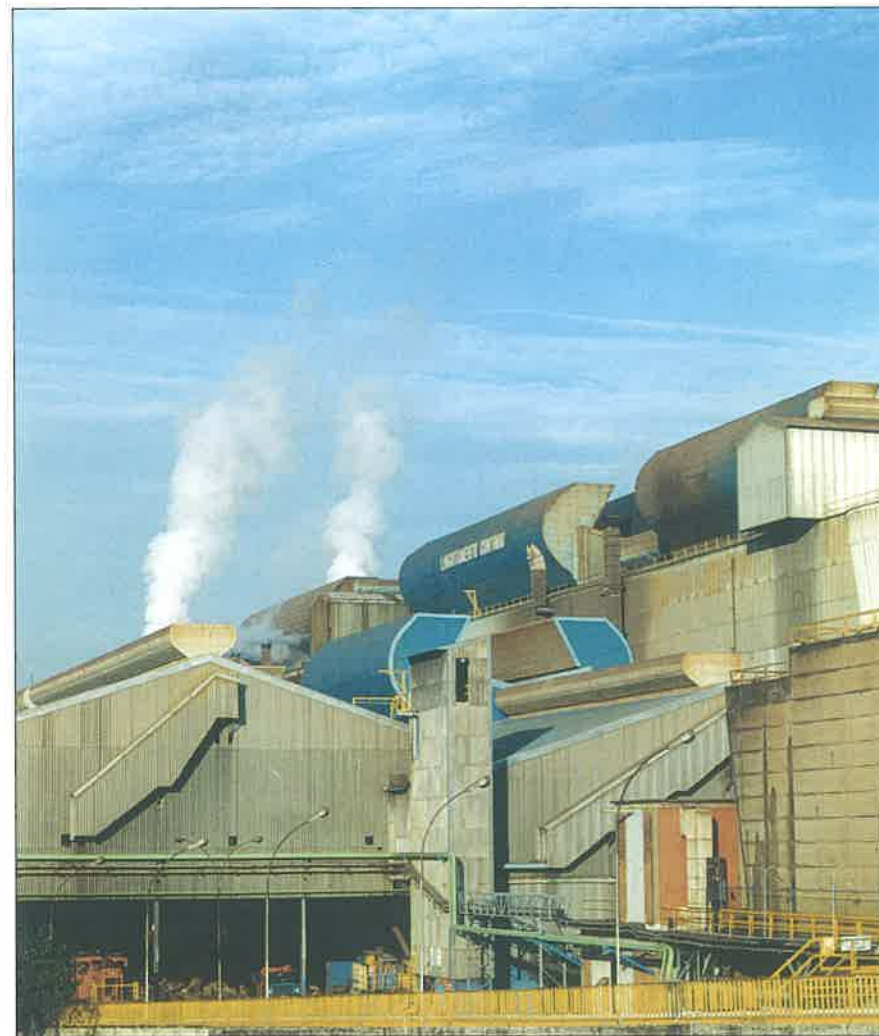
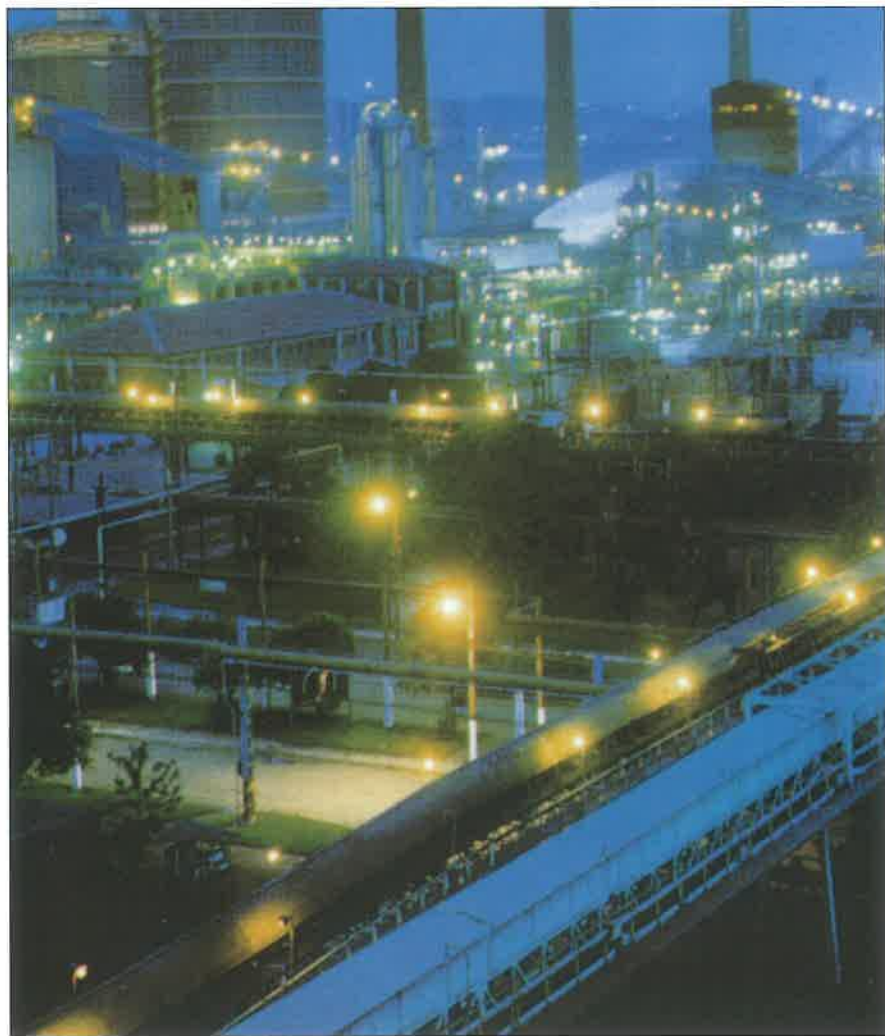
A fachada, detalhe da torre e do relógio e sala de concertos encimada pelo forro móvel

A maioria da engenharia brasileira

S documentos históricos da siderurgia brasileira mostram que Volta Redonda constituiu o divisor de águas da engenharia no País. A construção dessa siderúrgica fez amadurecer a engenharia brasileira. Ela desenvolveu-se tanto do ponto de vista de uma diversidade de tecnologias dirigidas para obras civis de infra-estrutura de uma usina siderúrgica, quanto do ponto de vista de planejamento global para os trabalhos de tal envergadura. Quando, mais tarde, foram

construídas a Cosipa (1963, em São Paulo) e a Usina Intendente Câmara, (Usiminas, em Ipatinga, MG, inaugurada em outubro de 1962) já se contava, portanto, com a ampla experiência obtida com a implantação de Volta Redonda.

É claro que o Brasil começou a colocar no mercado produtos siderúrgicos muito antes de Volta Redonda. Em São Paulo, em meados da década de 20, já se contava com a Usina São Caetano, do





adquirido nos Estados Unidos e aqui instalado sob a supervisão de técnicos daquele país. Engenheiros, que mais tarde vieram a desenvolver complexas obras de implantação de usinas siderúrgicas, confirmam: Volta Redonda foi um divisor de águas.

grupo Jafet, de propriedade da Companhia Mecânica Importadora; com a S. A. Comércio e Indústria Souza Noschese; com a M. Dedini S. A., a Mineração Geral do Brasil e a Aços Villares S. A. também em São Paulo. Todos esses e outros exemplos confluíram, mais tarde, para a implantação de Volta Redonda, a base em que a siderurgia paulista apoiou-se para deflagrar o processo da construção da Cosipa.

Volta Redonda começou a se desenhar a partir do pensamento de Getúlio Vargas que, mesmo antes de assumir o governo do País, em 1931, já identificava, no aço, a matéria-prima essencial do desenvolvimento brasileiro. Tanto assim que em 1930 a Comissão Siderúrgica Nacional, criada pelo Ministério da Guerra, recomendava a necessidade da construção de uma grande usina que utilizasse coque.

A grande siderúrgica preconizada por Getúlio começou a operar em 1946 com uma produção, na época, da ordem de 270 mil t de lingotes de aço. O êxito da usina levou industriais paulistas e mineiros a desenvolverem projetos semelhantes, daí surgindo as outras duas usinas.

A contribuição de Volta Redonda para o desenvolvimento da engenharia brasileira, no campo das obras civis, é considerada muito grande, sobretudo porque ela foi construída inteiramente por empresas nacionais, com engenheiros brasileiros, sob a orientação de alguns consultores norte-americanos. O emprego, então apontado como inusitado em usinas siderúrgicas, de estruturas de concreto armado, resultou em conquistas técnicas muito significativas do ponto de vista de aprimoramentos de cálculos matemáticos para aquele fim. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), requisitado para colaborar com as obras, desenvolveu investigações específicas para recomendar o tipo de fundação mais apropriada para a usina e concebeu os respectivos projetos. Em linhas gerais a construção civil ali realizada foi totalmente nacional, embora o equipamento industrial tenha sido

Notas bibliográficas

Tecnologia e Industrialização no Brasil – Uma Perspectiva Histórica. Maria Amélia M. Dantes e Joseleide Souza Dantas
A Engenharia Brasileira. Estudo do prof. Milton Vargas
Revista *O Empreiteiro* (abril de 1988)

Fotos: Aspectos da usina de Volta Redonda, cujas obras civis credenciaram a engenharia brasileira para outras obras do gênero

A cúpula de maiores dimensões na época

As obras do hotel Quitandinha, em especial a cúpula do salão de jogos, integram o imenso acervo técnico da história do concreto armado no Brasil. Construído em 1944, todo em estilo normando, resultou de uma política que naquela época favoreceu a instalação de cassinos no País.

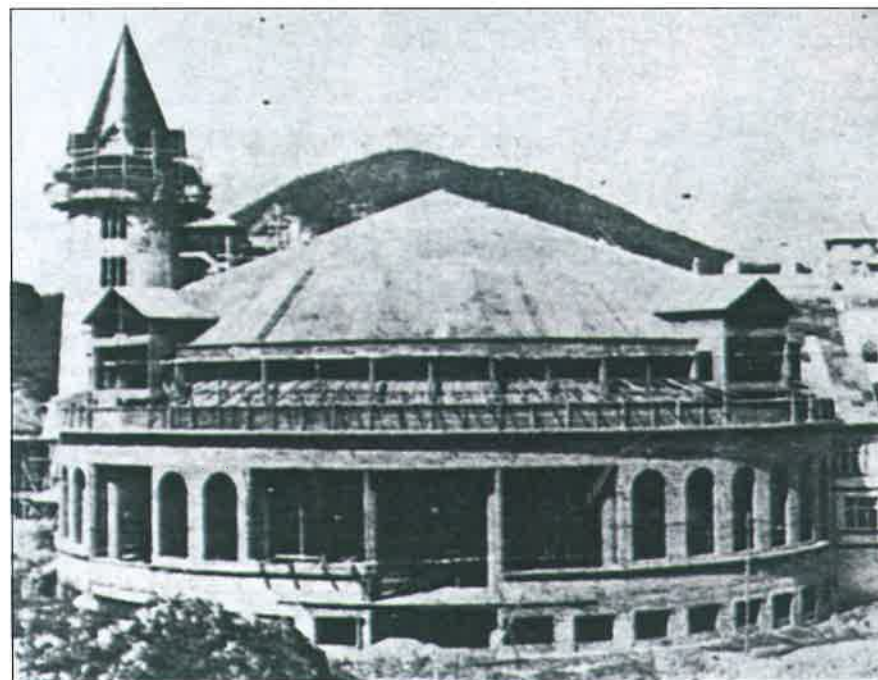
Ocupando área de 50 mil m², em Petrópolis (RJ), o prédio foi concebido com seis pavimentos e abrigava 440 apartamentos. Quando o cassino que ali funcionava encerrou suas atividades, com o fim do jogo no Brasil determinado no governo Dutra, os apartamentos começaram a ser vendidos a particulares. Além de haver constituído um referencial importante para a história brasileira do concreto armado, ele teve outro significado: foi um marco da história social e política do País naqueles anos que precederam a queda do Estado Novo.

O hotel, construído a partir da criatividade arrojada do engenheiro Antônio Alves Noronha, foi decorado com base em projeto da norte-americana Dorothy Drape. Quem o visitasse encontraria repuxos de água, viveiros de pássaros, espelhos bisotados, lustres de cristal e bronze, tudo sobre piso de mármore de Carrara. O salão Mauá (salão de jogos) distinguia-se pelo que era considerado um prodígio da engenharia: uma abóbada aparentemente sem sustentação, com 30 m de altura e 47 m de diâmetro. No lado externo chamava a atenção o espelho de água de 18 mil m², cujo contorno lembrava o mapa do Brasil.

O piso do salão de jogos é composto de uma laje circular de 47,2 m de diâmetro, apoiada sobre duas séries de colunas dispostas em círculo, e funciona como cobertura de outro salão.

A cobertura do salão é configurada como uma casca em forma elipsóide de revolução com 46,40 m de diâmetro na base e 12,8 m de flecha. A parte externa tem formato cônico. É constituída de dois cones formados de placas retangulares planas apoiadas na casca elíptica através de pilaretes, dispostos nos quatro cantos. Como as placas de telhado são planas, a superfície resultante é poliédrica. O conjunto, entretanto, é praticamente um cone cujo vértice está no eixo de revolução do elipsóide.

As placas do telhado, de 7 cm de espessura, apóiam-se em pilaretes de 15x25 cm, sem ligações rígidas com eles. Na união com a cúpula, os pilaretes são articulados de modo a funcionarem como pêndulos. O número de pilaretes é muito elevado, permitindo considerar o carregamento como uniformemente distribuído.



O apoio da cúpula é um grande anel circular de seção retangular de 90 cm de largura por 110 cm de altura, apoiado em 24 pilares. As cargas consideradas no projeto foram: peso do telhado, peso próprio da casca, peso dos pilares, carga accidental e diferença de temperatura entre casca e anel.

A cúpula do salão de jogos foi considerada, na época da construção do Quitandinha, a maior do mundo como “casca elíptica de revolução” não-nervurada.

Outra cúpula, de porte similar, na época, era a do Grande Mercado de Leipzig, construído em 1930 com vão livre de 76 m. Essa obra é constituída de três cúpulas iguais, que não são uma casca de revolução mas, sim, o resultado da interseção de quatro cascas cilíndricas que se cruzam a 45° e 90°.

Existe ainda a cúpula do hall do Centenário de Breslau, de 1913. Esta, entretanto, é uma cúpula comum, com vão de 65 m, nervurada, com 32 vigas dispostas segundo os meridianos.

Notas bibliográficas

Arquivos da Noronha Engenharia

Foto: Cúpula do salão social (jogos), considerado, na época, um prodígio da engenharia

Depois dos Arcos da Carioca

Foram dezenas as tentativas para solucionar o problema de abastecimento de água potável da cidade do Rio de Janeiro, que era servida pelo Aqueduto dos Arcos da Carioca, inaugurado em 1723 e que trazia as águas do rio Carioca até um chafariz no centro da cidade. O sistema constituiu a mais remota das experiências de captação e adução de água do antigo Distrito Federal. Só muito depois é que se cogitou da construção daquela que seria a segunda maior estação de tratamento de água do mundo: a ETA do Guandu, da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (Cedae).

Os estudos e anteprojetos dessa obra começaram a ser elaborados em 1950. Na primeira etapa, em 1955, a linha foi estendida até Engenho Novo, com a construção da estação de tratamento e adutora em tubos de concreto armado. Para levar a água à Zona Sul, através da adutora Guandu-Leblon, foi necessário abrir um túnel com 6,5 m² de seção e 7,3 km de extensão, obra concluída em 1958. No ano seguinte, começaram os estudos para a segunda adutora do Guandu para suprir a cidade com mais 28 mil l/s, incluindo o projeto básico da estação elevatória subterrânea do Lameirão, em caverna de 15 m de largura, 25 m de altura e 84 m de comprimento.

Em 1960 a cidade do Rio de Janeiro foi transformada em estado: estado da Guanabara. No ano seguinte as obras do Guandu ganharam novo fôlego e em abril de 1966 inaugurava-se a segunda adutora.

Localizada no km 19,5 da rodovia BR 465 (antiga Rio-São Paulo), em Nova Iguaçu, a ETA utiliza as águas do rio Guandu, formado pela junção das águas dos rios Ribeirão das Lajes, Pirai e Paraíba do Sul. Produz atualmente 40 mil l/s, três vezes mais do que sua capacidade inicial. São 3,4 bilhões de l que abastecem diariamente os municípios do Rio de Janeiro, da Baixada Fluminense e de Itaguaí, com água de padrão de qualidade considerado internacional.

A Cedae capta 42 mil l/s do rio Guandu, através de dois túneis de cerca de 300 m de extensão, logo após as tomadas de água, que são protegidas por uma barragem flutuante e por um sistema de gradeamento para bloquear galhos e plantas aquáticas. O processo de tratamento da água começa nos desarenadores (canais de 270 m de extensão por 9 m de largura) para remoção de materiais pesados e areia;



passa pela caixa de tranquilização e floculadores, sendo bombeada para o reservatório por grupos motobombas de alta capacidade e adutoras.

Um laboratório de controle de qualidade realiza análises físico-químicas e bacteriológicas para controle de cada fase do processo e garantia da potabilidade da água, segundo padrões internacionais.

O Guandu, que atendia na época de sua inauguração a demanda local, não foi capaz de acompanhar o crescimento do Rio de Janeiro. Tanto assim que a tomada de água da adutora inaugurada em 1957 teve de ser substituída pela nova estrutura de captação em 1963.

Essa segunda tomada de água era constituída de duas barragens: uma para controlar o nível do rio Guandu e outra para dar vazão às enchentes. Junto às comportas de captação existe um túnel de 600 m, ligando o canal de concreto que alimenta os tanques de sedimentação. Possui uma estação elevatória de baixo recalque, duas estações de bombeamento para os reservatórios de Marapicu e Lameirão. Especialistas já previam, contudo, que esse sistema esgotaria sua capacidade de atender à demanda no ano 2001. A expectativa é de que novas propostas serão necessárias para mais esse desafio.

Notas bibliográficas

Informações cedidas pela CEDAE-RJ

Revista do Clube de Engenharia (edição especial de fevereiro de 1981)

Tecnologia e Industrialização no Brasil: Uma Perspectiva Histórica. Shozo Motoyama, coordenador. São Paulo, Editora da Universidade Estadual Paulista

Foto: Fase da construção da estação elevatória de baixa recalque da nova adutora do Guandu

Usinas alavancaram a economia do Nordeste



As primeiras providências para exploração do potencial hidráulico do rio São Francisco foram adotadas no começo da década de 40 pelo ministério da Agricultura. O engenheiro agrônomo Apolônio Sales, que fora empossado no ministério em 1942, achava imprescindível o aproveitamento da cachoeira de Paulo Afonso, na divisa entre os estados de Alagoas e Bahia, para o desenvolvimento do Nordeste. E chegou a lançar uma campanha nacional defendendo esse ponto de vista.

Como resultado desse esforço, o presidente Getúlio Vargas autorizou a organização, no âmbito desse ministério, da Companhia Hidrelétrica do São Francisco. Uma assembléia geral elegeu a primeira diretoria da empresa. Era presidida pelo engenheiro Antônio José Alves de Souza e integrada pelo engenheiro Octávio Marcondes Ferraz, que assumiu a diretoria técnica. Esta ficou encarregada de estudar o projeto e construir a usina, incluindo o acampamento das obras e a implantação da infra-estrutura.

Os defensores da construção da usina entendiam que o acelerado desequilíbrio entre o Nordeste e o Sudeste só seria atenuado com a construção da hidrelétrica, na medida em que o fornecimento de energia elétrica desenvolvesse as atividades industriais na região e permitisse a irrigação de vastas áreas atingidas pela seca.

O projeto da usina foi sendo detalhado na medida das necessidades das obras. Estas compreendiam duas barragens de 25 m de altura – uma a leste e outra a oeste – que, formando o sinal de raiz quadrada, encontrar-se-iam na tomada de água, de onde as águas seriam conduzidas às turbinas da casa de máquinas subterrânea.

Paulo Afonso foi a primeira usina projetada no Brasil para ser instalada no subsolo. Em virtude da variação do nível da água – 30 m entre a estiagem e a cheia máxima no *canyon* onde termina o canal de descarga – não seria aconselhável a construção da usina a céu aberto. As duas outras opções apresentavam inconvenientes: a instalação da usina num ponto muito alto, livre das enchentes, provocaria grande perda de capacidade de geração; já a instalação em ponto mais baixo, para aproveitar melhor a queda-d'água, determinaria a construção de escudos de proteção no entorno da usina. Diante disso a solução tecnicamente mais adequada foi o projeto subterrâneo, que consistiu na escavação, na rocha, de uma caverna com 60 m de comprimento, 16 de largura e 30 de altura, para abrigar a casa de máquinas com três unidades geradoras de 60 mil kW.

As escavações para as fundações da barragem, primeira etapa dos trabalhos da hidrelétrica, começaram em março de 1949. Em agosto começou a concretagem. Contudo, o momento crítico das obras ocorreu em 1954, quando o engenheiro Marcondes Ferraz e sua equipe enfrentaram o maior desafio: o desvio do braço principal do São Francisco. Na primeira fase do desvio decidiu-se empregar o processo clássico das pranchas de aço flexíveis. Entretanto, devido à velocidade das águas e à profundidade, entre 10 e 12 m, tornou-se muito difícil tal operação.

A alternativa de Marcondes Ferraz foi construir um caixão flutuante de 18 m de comprimento e 12 m de altura, com 350 t de peso, em forma de navio, que seria utilizado como anteparo. Vieram as enchentes e o “navio” submergiu, ensejando um remanso de águas

quietas, permitindo, então, a montagem das pranchas metálicas. A segunda fase do fechamento do rio também apresentou problemas. Ocorre que a velocidade das águas, agora de 8,5 m/s, não permitiria mais o uso do “navio”. Marcondes Ferraz resolveu então adotar a solução das estruturas enrocadas, mergulhadas no leito do São Francisco. Ele teve até de viajar aos Estados Unidos para explicar ao Bird, que fiscalizava o andamento das obras, aquela solução. Em 19 de julho, depois de dez dias de trabalho, o rio foi controlado a um custo na época de US\$ 120 mil, considerado baixo comparativamente a obras similares realizadas em outros países.

Considerada, na época, a maior obra da engenharia nacional, a usina de Paulo Afonso – a Paulo Afonso I – foi inaugurada em janeiro de 1955 pelo presidente João Café Filho. No fim desse ano a capacidade instalada da Chesf era de 200 mil kW, sendo 180 mil de Paulo Afonso I e 20 mil kW da termelétrica de Cotegipe, que usava gás natural proveniente de Aratu, no Recôncavo Baiano.

O aproveitamento das potencialidades hidrelétricas de Paulo Afonso prosseguiram, ainda em 1955, com as obras da usina Paulo Afonso II. A concepção do projeto foi muito semelhante à da primeira usina, incluindo o mesmo tipo de tomada de água e a construção subterrânea da casa de máquinas. O ritmo dos trabalhos foi acelerado com a aprovação, por parte do governo federal, do plano de financiamento da expansão do sistema de Paulo Afonso apresentado pela Chesf. Esse plano compreendia a contratação de empréstimo junto ao Export-Import Bank, no valor de US\$ 15 milhões, e ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), no montante de Cr\$ 500 milhões, além de reinvestimentos da própria companhia e o aumento de seu capital, mediante subscrição da União, da ordem de Cr\$ 3 bilhões.

Em dezembro de 1961 entraram em operação as duas primeiras unidades geradoras de Paulo Afonso II, cada uma com 75 mil kW de capacidade instalada. A terceira unidade, de igual potência, começou a operar em dezembro de 1964. As três últimas unidades geradoras da usina, cada uma com 85 mil kW, entraram em serviço em 1967, passando Paulo Afonso II a contar com uma capacidade final de 480 mil kW.

O programa de expansão da Chesf prosseguiu na década de 60 com a construção de Paulo Afonso III, que seguiu o mesmo modelo das usinas anteriores. Foi projetada com quatro unidades de 216 mil kW cada.

Na década de 70 a Chesf ampliou sua capacidade de geração e transmissão buscando garantir o suprimento energético exigido pelo desenvolvimento sócio-econômico regional. O programa, nesse sentido, privilegiou a geração básica de origem hidráulica, em especial a partir da crise mundial de petróleo, ocorrida em 1973, que assinalou o fim do chamado milagre econômico brasileiro. A empresa, então, esgotou as possibilidades do complexo de Paulo Afonso, com os empreendimentos de Moxotó e Paulo Afonso IV, regularizando o curso do São Francisco com a barragem de Sobradinho, e iniciando mais um projeto hidrelétrico de grande porte, o de Itaparica, desenvolvido e concluído na década de 80.

Paulo Afonso IV, a exemplo das outras três usinas, tem casa de máquinas subterrânea. Sua primeira unidade geradora, de 410 MW, entrou em operação em novembro de 1979.

O vertedouro de Paulo Afonso IV e o seu canal de jusante estão situados na margem esquerda do reservatório, ao lado da cidade de Paulo Afonso. É do tipo de superfície, possui oito vãos e permite vazão de até 10 mil m³/s com o reservatório na cota 247,60. A



estrutura da tomada de água foi localizada próxima ao *canyon* do rio. Tem 33,75 m de altura e o seu topo está na cota 254,25.

A atuação da Chesf, na época da construção das usinas de Paulo Afonso, contribuiu para a reordenação do sistema de distribuição de energia elétrica no Nordeste. Em meados da década de 50, o sistema de distribuição era composto por um grande número de pequenas concessionárias privadas, de capital nacional e de prefeituras, tendo à frente o grupo norte-americano Amforp. Este prestava os serviços em importantes cidades, tais como Salvador, através da Companhia de Energia Elétrica da Bahia, Recife, através da Pernambuco Tramways, e Maceió e Natal, por intermédio da Companhia Força e Luz Nordeste do Brasil. As empresas da Amforp passaram a atender ao aumento da demanda mediante, basicamente, a energia elétrica comprada da Chesf.

A entrada em operação das hidrelétricas de Paulo Afonso estimulou a formação de empresas públicas estaduais de energia elétrica voltadas em especial para as atividades de subtransmissão e distribuição. No começo dos anos 60 a tendência dominante no Nordeste e em outras regiões do País foi a crescente absorção das pequenas concessionárias municipais pelas companhias estaduais. Esse processo foi consolidado com a incorporação das empresas da Amforp que, vendidas à Eletrobrás, em 1964, passaram, em seguida, à condição de subsidiárias da *holding*.

Notas bibliográficas

Publicação Chesf – 1948-1993
Relatório técnico da Cetenco Engenharia sobre Paulo Afonso IV
Revista *O Empreiteiro* (edição de abril de 1974)

Foto 1: Vista da cachoeira de Paulo Afonso em sua conformação original (esquerda)
Foto 2: Fase do desvio do braço principal do São Francisco (esquerda)
Foto 3: Etapa de construção de Paulo Afonso II (esquerda)
Foto 4: As obras de Paulo Afonso IV em setembro de 1978 (direita)

50 anos de história no futebol e na engenharia

Maracanã, construído na década de 50 para a 4ª Copa do Mundo de Futebol, continua no *ranking* dos maiores estádios de nível internacional e preserva uma característica muito brasileira: foi feito com projeto, mão-de-obra e materiais do País, segundo uma concepção que confere ao espectador a melhor visibilidade, esteja ele nas gerais, nas arquibancadas, nas cadeiras ou na tribuna de honra.

Inaugurado no dia 16 de junho de 1950 pelo presidente Eurico Gaspar Dutra, no dia seguinte o estádio receberia mais de 100 mil pessoas, as quais se entusiasmariam com o primeiro gol de sua história, surgido de um passe de Carlyle para o meia-direita Didi, na disputa entre os selecionados carioca e paulista.

Nem tudo foi alegria, entretanto, no Maracanã, naquele ano. No dia 16 de julho, durante a quarta Copa do Mundo, a seleção brasileira recebia, ali, a seleção uruguaia. Os brasileiros estavam tranquilos, possivelmente tranquilos demais, pois bastaria um empate para conquistar o título. A derrota por 2 X 1 alterou radicalmente o cenário: o País ficou de luto. Este, entre milhares de outros, seria um dos lances que projetariam o Maracanã na história do futebol, no Brasil e no mundo.

Do ponto de vista da engenharia, porém, ele jamais perderia qualquer partida. Sua construção exigiu investimentos de CR\$ 305 milhões (valores na moeda da época) e, em seu projeto e execução, trabalharam arquitetos e engenheiros do melhor time desses profissionais no País. Conceberam e elaboraram o projeto de arquitetura os arquitetos Antônio Dias Carneiro, Orlando Azevedo, Raphael Galvão e Pedro Paulo B. Bastos. No cálculo estrutural, considerado extremamente arrojado dadas as dimensões extraordinárias da estrutura, trabalharam engenheiros da estatura técnica de Antônio Alves Noronha, celebrizado por numerosas outras obras de concreto armado, Paulo Rodrigues Fragoso, Sérgio Marques de Souza e Alberto Costa.

Na época em que esse time de profissionais da arquitetura e da engenharia começou a trabalhar no projeto do Maracanã, os estádios de maior capacidade eram, pela ordem, o do River Plate, da Argentina, o de Wembley, na Inglaterra e, no Brasil, o do Pacaembu, em São Paulo, o do Vasco da Gama, no Rio de Janeiro, e o do América, em Belo Horizonte.

O Maracanã foi construído com capacidade para 163.620 espectadores assim distribuídos: 100 mil nas arquibancadas; 30



mil nas gerais; 31.409 nas cadeiras; 1.500 nos camarotes; 438 na tribuna de imprensa; 200 na tribuna desportiva e 73 na tribuna de honra.

Com área construída de 186.638 m², a obra foi desenvolvida na administração do prefeito Ângelo Mendes de Moraes. Algumas de suas características técnicas: maior diâmetro: 300,50 m; menor diâmetro: 262,80 m; balanço da marquise: 36.15 m.

Os arquitetos que elaboraram o projeto do Maracanã enfatizaram, ao longo dos anos, o fato de que o estádio preservou peculiaridades tipicamente nacionais, da concepção até o último pormenor construtivo.



Notas bibliográficas

Informações técnicas fornecidas pela Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S. A. Na época da construção do estádio, a então Christiani Nielsen participou do *pool* de construtoras que atuou nas obras do estádio, sendo a responsável pela execução da maior parcela de trabalho.

Dados foram pesquisados em publicações da época.

Foto: Um time formado pelos melhores profissionais da arquitetura e do cálculo estrutural da época deixou o Maracanã preparado para as grandes competições mundiais.

O primeiro edifício brasileiro em aço

Foi a necessidade de resolver problemas de fundações em terreno topograficamente problemático que levou à construção do primeiro edifício brasileiro totalmente em aço: a Garagem América. O projeto arquitetônico que previa o uso de concreto armado teve de ser revisto e, concluída a obra, ela consolidou-se, ao longo do tempo, como o marco brasileiro da estrutura metálica.

Corria o ano de 1954. Do começo do século até ali o País já registrava numerosas obras feitas com aço. Agregara amplas experiências nessa área com projetos tais como o viaduto Santa Ifigênia e



diversas edificações, mais tarde consideradas de grande valor histórico. Nenhuma, entretanto, fora realizada com projeto estrutural e tecnologia especificamente brasileiros.

Naquele ano, o empresário paulista Francisco Cintra Gordinho anteviu a necessidade de construir estacionamentos na região central de São Paulo. A indústria automobilística expandia-se e, em breve, a capital não teria ruas para tantos carros.

A partir da constatação de que na cidade não havia, na época, qualquer edificação com aquela finalidade, o empresário resolveu comprar um terreno situado aos fundos do prédio da faculdade de Direito do largo São Francisco, entre a rua Riachuelo e o local hoje limitado pela pista da avenida 23 de Maio, nas proximidades da praça da Bandeira. Tinha uma faixa de 13 m de largura entre um edifício de escritórios de 14 pavimentos e um conjunto de casas velhas, avançando cerca de 18 m em nível plano, a 3 m abaixo da rua Riachuelo, e daí abrindo-se, em leque, mas sempre irregularmente, em uma extensão de 25 a 30 m e depois descendo, com um desnível de mais de 18 m, até a atual avenida 23 de Maio, com uma frente da ordem de 25 m.



O projeto, elaborado pelo arquiteto Rino Levi, previa um edifício de 16 pavimentos e seria construído totalmente em concreto armado. O engenheiro Paulo Alcides Andrade, que na época dirigiu a montagem e acompanhou a execução dessa obra, lembra que o surgimento de alguns fatores técnicos alterou totalmente o plano original da edificação.

Caso fosse obedecido o projeto de origem, as colunas do primeiro pavimento atingiriam dimensões tais que deixariam, no trecho da rua Riachuelo, uma largura livre possivelmente inferior a 10 m, inconveniente, portanto, para o estacionamento de dois carros, um na frente do outro, o que dificultava também as operações de entrada e saída de veículos. Além disso havia o aspecto relacionado à segurança do entorno. Para a construção seria necessário escavar até o nível de 18 m abaixo da rua Riachuelo para, só então, serem feitas as sapatas de fundação. Claro que esse movimento de terra colocaria em risco de desabamento o prédio existente ao lado. Além disso, a construção de muro de arrimo e escoramentos se apresentava como solução custosa.

Diante dessa complexidade, partiu-se para a solução, pioneira no Brasil, de fundações com estacas metálicas. A empresa Cavalcanti Junqueira S. A., contratada para construir a obra, contou com projeto de fundação elaborado pela empresa Engenharia de Fundações S. A., cujos engenheiros Lauro Rios e Victor Mello, mais tarde reconhecidos como profissionais renomados, estudaram a solução de dois perfis I soldados pelas abas, formando um caixão. Há 45 anos, propostas do gênero eram consideradas desafio. Com o passar do tempo a técnica tornou-se convencional e veio a ser adotada nas obras dos metrô de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Para a fabricação das estacas, em um momento em que no Brasil ainda não se falava nas peculiaridades do aço Corten, foi procurada a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que forneceu os perfis em liga especial, com alto teor de cobre, o que deveria retardar eventual processo corrosivo. Coincidentemente, a empresa acabava de adquirir, nos Estados Unidos, uma fábrica de estruturas metálicas destinada à execução dos edifícios industriais na expansão da usina em Volta Redonda. A CSN convenceu o empresário Francisco Cintra Gordinho a avançar, com as peças metálicas, além das estacas para as fundações. Não havia impedimentos técnicos para que o prédio não fosse feito totalmente com aço.

O engenheiro Paulo Fragofo foi contratado para elaborar o projeto estrutural metálico e a Fábrica de Estruturas Metálicas

(FEM), que então era um departamento da CSN, começou a fabricar as peças.

Como a CSN não poderia montar as estruturas, uma vez que se achava absorvida com seus planos de expansão, foi realizada concorrência entre as três únicas empresas do gênero existentes em São Paulo — a Fichet, a Pierre Saby e a União dos Construtores Metálicos. Coube a esta última a tarefa de realizar as montagens. O engenheiro Paulo Alcides Andrade, que ganhou notoriedade especializando-se no segmento da construção metálica, coordenou a montagem do edifício.

Mais tarde, a tecnologia da estrutura metálica seria comprovada e assimilada em outras obras notáveis: o edifício Palácio do Comércio, com 22 andares, em São Paulo; o edifício Santa Cruz, em Porto Alegre, com 24 andares; a garagem do Jockey Clube do Rio de Janeiro; o edifício Avenida Central, também no Rio de Janeiro, com 28 andares, e inúmeros outros, em diferentes regiões do País.



Notas bibliográficas

Revista *Construção Metálica* (edição 38)

Depoimento do engenheiro Paulo Alcides Andrade

Foto 1: Vista do estado geral da montagem até o 13º teto

Foto 2: As vigas de transição colocadas sobre as vigas baldrame

Terminal petroleiro foi desafio no mar

A obra, contratada pela Petrobras em 1973 e concluída ao fim de 24 meses de serviços ininterruptos, deveria ter capacidade para a atracação de navios petroleiros de até 500 mil DWT, o que colocaria o Brasil no restrito grupo de países com terminais do gênero.

O projeto do terminal marítimo de petroleiros da Baía de Ilha Grande (Cotebig) previa píer para atracação, descarga e carregamento de um petroleiro com aquele potencial no berço externo e um de 350 mil DWT no berço interno, simultaneamente. O local escolhido para o terminal, em Angra dos Reis (RJ), é considerado o de maior profundidade natural do País para esse tipo de obra. Tem de 30 a 38 m.



O píer deveria comportar ponte de acesso de 666 m, uma ponte de distribuição de 540 m, uma plataforma de operação, oito *dolphins* de atracação e quatro *dolphins* de amarração.

A superestrutura encontra-se apoiada sobre 763 estacas metálicas tubulares, com 38" de diâmetro. Face às condições geológicas locais, 75 estacas tiveram de ser ancoradas na rocha, depois de perfurações feitas à lâmina de água de 34 m. Em alguns casos, foi preciso dinamitar a rocha. Para essa operação foram utilizados mergulhadores. Posteriormente, seguiu-se aos trabalhos de concretagem submersa. Jateamento e pintura com tintas à base de epóxi foram as medidas preventivas adotadas para proteger as estacas metálicas contra o processo de oxidação, as quais, adicionalmente, receberam proteção catódica.

A superestrutura da ponte é constituída de uma estrutura de peças pré-moldadas de concreto armado, enquanto as superestruturas dos *dolphins* e da plataforma de operação foram moldadas no local. Nesses trabalhos foram utilizados 26.750 m³ de concreto e 17.600 t de estacas de aço.

Para o desenvolvimento do conjunto dessa obra foram construídos equipamentos específicos, tais como o Ramlift III, bate-estacas de grande dimensão, e o Cantitravel II, uma estrutura metálica equipada com guindaste tipo plataforma.

Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S. A., que executou a obra. Certidão de acervo técnico liberada pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Rio de Janeiro (Crea-RJ)

Foto: Vista do terminal petroleiro, obra cuja construção demandou a fabricação de equipamentos específicos



As técnicas para superar os obstáculos da subida

A rodovia Rio-Teresópolis, o trecho Itaipava-Teresópolis e o contorno de Petrópolis, construídos em várias etapas nas primeiras décadas do século pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), exigiram, por conta das condições topográficas e geológicas extremamente adversas, soluções de engenharia fora do comum para a superação de obstáculos de toda ordem, alguns deles, pontuais. O emprego de pavimento de concreto, solo-cimento, o uso de bueiros de tubos metálicos e a fabricação de anéis de ancoragem de concreto foram algumas das técnicas a que a engenharia brasileira recorreu para superar obstáculos e proporcionar adequados coeficientes de segurança. Hoje, uma particularidade chama a atenção na história da Rio-Teresópolis: administrada, desde novembro de 1995, pela concessionária CRT, ela foi a primeira rodovia, na América Latina, a receber certificação ISO 9002.

Em fins da década de 40, algumas personalidades que formaram a sociedade civil Amigos de Teresópolis decidiram ajudar na execução das obras da rodovia Rio-Teresópolis. E começaram a injetar

investimentos na rodovia, que já contava com recursos da ordem de Cr\$ 5 milhões (valores da época), liberados pelo presidente Eurico Gaspar Dutra.

Um dos responsáveis pelo movimento era o então dirigente do Automóvel Clube do Rio de Janeiro, Carlos Guinle, que ao lado de 28 fundadores e de outros 90 sócios efetivos da entidade, doaram cerca de Cr\$ 2.253 milhões para a construção. O projeto que eles ajudavam a financiar previa a redução, em 78 km, do traçado antigo da estrada.

A história registra que a primeira ligação do Rio com aquela cidade serrana data de 1826. Seguiu-se do Rio a Magé (porto da Piedade) por via marítima. De Magé em diante prosseguia-se pela chamada estrada Imperial, que interligava o Rio de Janeiro a Minas Gerais.

Em 1859 uma empresa, a viação Therezopolitana, começou a fazer a ligação entre a Baixada Fluminense e a serra com uma frota de 16 carros – liteiras e carruagens – transportando pessoas e cargas. Quase vinte anos depois, construiu-se, nesse traçado, o ramal ferroviário da Serra de Teresópolis, extinto em 1956.

A ação da sociedade Amigos de Teresópolis teve efeitos muito positivos. A tal ponto que já em abril de 1949 um busto do presidente Dutra era inaugurado naquela cidade. Pelo traçado previsto no projeto, o percurso Baixada-Teresópolis começaria a partir do km 30, atravessaria um trecho nas proximidades de Magé e daí avançaria pela serra, desenvolvendo-se pelos vales dos rios Soberbo e Garrafão. Venceria a serra da Garganta do Soberto, a 956 m de altitude, e atingiria o parque Nacional da Serra dos Órgãos, que fora delimitado em 1939.

Anos mais tarde, mais precisamente em 1959, o presidente Juscelino Kubitschek inauguraria a ligação Rio-Teresópolis, no trevo 16 da BR-3 da Rio-Petrópolis. Essa ligação era o novo trecho inicial da Rio-Bahia.

Houve toda sorte de dificuldades construtivas na ligação Rio-Teresópolis. Para reduzir o percurso original em mais de duas horas, foram enfrentadas as chuvas, as escarpas formadas por grandes conjuntos de rochas soltas e tiveram de ser feitas obras-de-arte especiais – pontilhões, pontes e viadutos – entre as quais a ponte sobre o rio Corujas, com 56 m.

O cenário da Rio-Teresópolis hoje é totalmente diferente do cenário observada naquela época. Por ali passam mais de 540 mil veículos/mês e a rodovia é a primeira da América Latina a receber uma certificação de qualidade: a ISO 9002.



Petrópolis-Teresópolis

Datam de 1929 os primeiros estudos para encurtar o percurso entre Petrópolis e Teresópolis, com a supressão da passagem por Itaipava, através da estrada Rei Alberto. Essa passagem galgava a serra na cota 1431, na garganta Monte Alegre, por uma encosta com 14 reversões de raio inferior a 10 m, com rampa máxima de 15% e largura de leito de rodagem de 4 m.

Duas fases distintas foram registradas na construção dessa estrada: a primeira refere-se aos serviços iniciados em junho de 1933, quando foi executada a variante do Jacó, entre o km 8 da estrada Rei Alberto e a estaca 168, e teve de ser escavado um volume de terra de 162.534,670 m³. A segunda fase refere-se à retomada, em 1936, dos trabalhos de acabamento, paralisados desde 1934. A paralisação ocorreu porque se verificou, na prática, a impossibilidade de obedecer ao projeto original, em face do grande volume de artes que teriam de ser implementadas.

Em 1936 foram iniciados os serviços do trecho entre o rio Jacó e a décima volta da estrada Rei Alberto, primeira parte do trecho de acesso à garganta Monte Alegre. Esse trecho começa na travessia do rio Jacó, cerca de 500 m abaixo do local selecionado pelo projeto original. Ali foram construídos uma ponte com 12 m de vão, dois pontilhões com 6 m de vão e um muro de "grade" com 120 m de extensão. Tiveram de ser executados três bueiros de tubos metálicos de 1,80 m de diâmetro e, dada a declividade do terreno, levando-se em conta, ainda, a necessidade de estabilizá-lo, foram construídos anéis de ancoragem de concreto armado na fundação e nas ligações dos tubos. Esse trecho foi inaugurado pelo presidente Getúlio Vargas no dia 13 de maio de 1937.

Posteriormente, em fins desse mesmo ano, começava-se a construção da parte final da Itaipava-Teresópolis, que aproveitava o traçado da estrada antiga, por onde trafegavam muitos veículos. Os trabalhos começaram em princípios da estação das chuvas, prevendo-se a abertura da garganta de Monte Alegre, sem que o tráfego pelo local fosse interrompido.

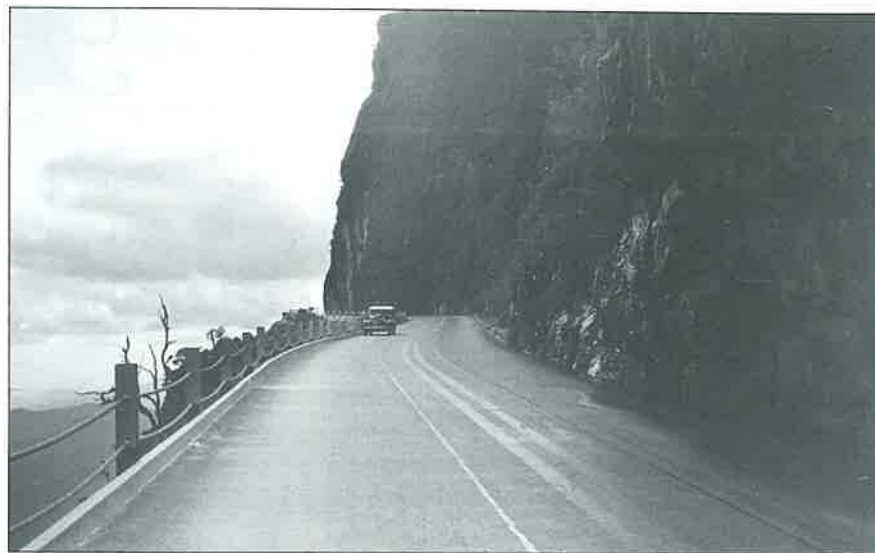
Corte alto, com bota-fora difícil, houve esforço concentrado nos trabalhos da 11ª reversão da antiga estrada, uma vez que sem essa reversão seria impossível atingir a garganta Monte Alegre. Todos os meios foram utilizados nas escavações e rebaixamento do corte, inclusive carroças de burros e dois *road-builders*. Esses trabalhos permitiram a obtenção de bom coeficiente de segurança. A parte externa da curva, que dá para um vale profundo, foi protegida por um muro de concreto ciclópico.

Outro trecho problemático era o que se conectava com a estrada antiga, em rocha viva, prolongando-se por 120 m. Houve necessidade de perfuração a ar comprimido e desmonte com explosivos nos trabalhos para a construção de um muro de sustentação da plataforma, em concreto ciclópico, dotado de guarda-corpo.

O Contorno de Petrópolis

O Contorno de Petrópolis é trecho da Rio-Petrópolis que integra a rodovia BR-3 (Rio-Belo Horizonte). Com 27,70 km de extensão, foi concluído em fins de 1958.

O engenheiro Maurício Joppert da Silva, em artigo da época para a *Revista do Clube de Engenharia do Rio de Janeiro*, relata que o governo Washington Luís havia melhorado substancialmente o traçado



da Rio-Petrópolis, inclusive dotando-a de pavimento de concreto, e que o DNER considerara que, para resolver o problema da subida da serra, teria de ser aberta uma nova estrada que se ligasse à tradicional União e Indústria. Esta, por sua vez, levava a Belo Horizonte pela BR-3 ou à Bahia pela BR-4.

Fixado o traçado da estrada do Contorno, começando no entroncamento do Grinco e avançando para Bonsucesso, até o km 57 da União e Indústria, os trabalhos foram iniciados. O projeto previu rampa máxima de 6 cm por m e um raio mínimo de curva superior a 100 m. A pista pavimentada deveria ter 7 m de largura, com plataforma de 14 m nos cortes, permitindo duas bermas laterais de 3,50 m. O volume de terraplenagem chegou a uma média de 145 mil m³ de terra e 38.300 m³ de rocha/km.

A estrada foi construída prevendo-se duas pontes, sete viadutos e dois túneis, com extensão total de 300 m. São obras-de-arte que, na previsão de Maurício Joppert, haveriam "de provocar, no futuro, a admiração de quantos por elas passarem e o respeito pelos técnicos que as executaram em situações extremamente perigosas, arriscando a vida a cada momento".

A estrada avança sobre abismos. Na subida, depois de um túnel de 200 m, surge o viaduto do Ouriço, sobre pilares de concreto fixados na rocha íngreme. Mais adiante, a partir do viaduto da Noiva, descortina-se a Baixada Fluminense. E assim prossegue a estrada, de abismo em abismo e de surpresa em surpresa, até que, após atravessar a ponte sobre o rio da Cidade, ela encontra a União e Indústria.

Ao longo de 15,50 km de extensão, do Grinco até a Fazenda Inglesa, a rodovia recebeu pavimentação de concreto rígido (cimento Portland) sobre base de macadame hidráulico. Da Fazenda Inglesa a Bonsucesso ela recebeu pavimento de concreto asfáltico sobre base de solo-cimento.

Notas bibliográficas

Informações e fotos do acervo da ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
Foto da rodovia em sua fase atual (esquerda)
Vista da etapa de construção (direita)

História, política, urbanismo e arquitetura

O desenho de Brasília, nas palavras de seu criador, o urbanista Lúcio Costa, “nasceu do gesto primário de quem assinala um lugar ou dele toma posse: dois eixos cruzando-se em ângulo reto, ou seja, o próprio sinal da cruz”. Em cima desse desenho veio a saga da construção. E Brasília, inaugurada no dia 21 de abril de 1960, chega ao fim do milênio como um exemplo do que seus empreendedores foram capazes de fazer: Juscelino Kubitschek, com a vontade política que determinou a mudança da capital da República do Rio de Janeiro para o Planalto Central; Lúcio Costa, com a sua visão urbanística totalizante; Oscar Niemeyer, concebendo as edificações que tornariam a sede da administração da República um espelho para a arquitetura do mundo; Joaquim Cardozo, poeta e engenheiro calculista, desenvolvendo os cálculos estruturais que tornariam possível a ousadia de Niemeyer; Israel Pinheiro, presidente da Companhia Urbanizadora da Nova Capital, a Novacap, dando unidade às ações práticas para a adequada integração entre planejamento urbano e construção, e o grande contingente de engenheiros e construtoras, mobilizando equipamentos e trabalhadores de todas as regiões do País para conferir forma e cor às projeções de um sonho de mudança que vinha de longe, desde a época do Brasil Colônia.

O plano-piloto de Lúcio Costa, que estabelecia as diretrizes urbanísticas de Brasília, resultou de concurso realizado pela Novacap em atendimento a reivindicações do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB). O concurso era uma grande oportunidade para que arquitetos e urbanistas se debruçassem sobre o mapa de uma ampla região ainda não desbravada do Planalto Central, a fim de que ali fosse criada uma cidade que levasse em conta, em seu processo de desenvolvimento, a correta integração do homem ao meio ambiente, considerando todas as suas interfaces.

Prevista inicialmente para uma população da ordem de 500 mil habitantes, Brasília ficaria, por via aérea, a 940 km do Rio de Janeiro, 890 km de São Paulo, 1.030 km de Salvador, 1.620 km do Recife, 1.500 km de Belém, 1.650 km de Porto Alegre, 725 km de Cuiabá e 125 km de Goiânia.

O concurso de projetos de arquitetura contou com a participação de 26 concorrentes. No geral, os trabalhos apresentados esboçavam o crescimento de Brasília a partir de um ou de vários núcleos. Nesse processo, só depois de algum período de ajustamentos é que ela viria a adquirir uma conformação mais definida.



O projeto de Lúcio Costa, entretanto, já marcava a feição definitiva de Brasília desde os seus primórdios. Extremamente conciso, ele resumiu o plano-piloto em cinco folhas datilografadas, salientando que o ponto fundamental do trabalho consistiria na adequação do núcleo urbano à topografia da área escolhida. Aplicou os princípios da técnica rodoviária à concepção urbanística, eliminou cruzamentos e introduziu pistas centrais de velocidade e pistas laterais para o tráfego local, ao longo dos quais concebeu a construção dos blocos de residências. Em torno do eixo transversal ordenou os centros cívico e administrativo, os quartéis, centros esportivos e outras áreas de lazer, zonas destinadas à armazenagem, ao abastecimento e às pequenas indústrias locais e à estação ferroviária. Ao lado do ponto de interseção dos dois eixos, mas participando funcionalmente do chamado eixo monumental, distribuiu os setores bancário e comercial e criou uma grande plataforma livre do tráfego para ali concentrar algumas das atividades culturais e de lazer da cidade: teatros, cinemas, restaurantes. Ele deixou espaços para livre trânsito dos pedestres ao longo da rede viária e concebeu a construção dos edifícios destinados aos três poderes da República num triângulo: a sede do Executivo e o Supremo Tribunal Federal na base e o edifício do Congresso no vértice, com frente para a esplanada, ao longo da qual seriam construídas as edificações dos ministérios e das autarquias. O setor das embaixadas e legações se estenderia ao longo de ambos os lados do eixo viário principal, paralelamente ao grande eixo rodoviário.

A partir dessa configuração, Brasília teria de harmonizar exigências aparentemente paradoxais: monumental, mas confortável e

acolhedora, ampla, mas com um sentido de proximidade na visão geral, e moderna, casando uma arquitetura extremamente avançada com a paisagem do cerrado.

É no núcleo desse plano que se encaixa a genialidade de Niemeyer. Em seu livro, *As curvas do tempo*, ele narra: “Em 1950 JK é eleito governador de Minas Gerais. Pampulha já está construída e, como ele previa, é o bairro novo e elegante de Belo Horizonte. Para tudo JK me convocava, já era seu arquiteto. Outras obras por ele programadas começaram a surgir pelo estado. Passaram-se os tempos, JK é eleito deputado e, pouco depois, presidente da República e logo me procura. Vem a minha casa de Canoas e, voltando juntos para a cidade, me confia, com entusiasmo: ‘Vou construir a nova capital do País e você vai me ajudar.’”

Os projetos de Brasília começaram a ser elaborados no ministério de Educação e Saúde (MES), no Rio de Janeiro. Só depois Niemeyer se transferiu para a área da Novacap, onde montou uma equipe. A partir daí as obras avançaram nos prazos contratados, com Israel Pinheiros as comandando “sem vacilações ou burocracia”.

O Palácio do Alvorada, com 13 mil m² e o hotel de Turismo, mais tarde Brasília Palace Hotel, com 13.562 m², começaram a ser feitos praticamente na mesma época em que o plano-piloto de Lúcio Costa era aprovado, 1957-1958. Essas obras pioneiras, projetadas por Niemeyer, contaram com a participação do engenheiro calculista Joaquim Cardozo (estrutura de concreto armado) e Paulo Fragoso (estrutura metálica).

Outros projetos que depois disso começaram a se espalhar no traçado de Lúcio Costa contaram com a participação de outros notáveis engenheiros, entre os quais podem ser citados Sérgio Marques de Souza, Bruno Contarini, Mário Vilaverde, Paulo Fragoso, Sérgio Vieira da Silva, Roberto Rossi Zuccolo, Arthur Luís Pitta e o professor Augusto Carlos de Vasconcellos.

Entre as empresas que tomaram parte na construção de Brasília estão a Serveng Civilsan, que desenvolveu amplo trabalho na implantação da cidade, construindo prédios, viadutos e os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e serviços em praticamente todas as demais áreas da engenharia; as construtoras Rabello, Coenge, Pederneiras, Mendes Júnior, Camargo Corrêa e Ecisa (terraplenagem, pavimentação e edificação); e a Empresa Brasileira de Engenharia (EBE), que cuidou de toda a instalação elétrica. Esta se instalou no Planalto Central em 1957 e, três anos depois, conforme o



cronograma previsto, já havia feito toda a instalação elétrica dos palácios, hotéis, hospitais, blocos residenciais, ruas, praças, avenidas, aeroporto e embaixadas.

Entre as obras construídas de 1957 a 1960, ano da inauguração da cidade, incluem-se as seguintes: prédio do Supremo Tribunal Federal, com 10.190 m²; Palácio do Planalto, obra iniciada em 10 de julho de 1958, com 36 mil m²; Congresso Nacional, com 32.776 m²; edifícios ministeriais, com 210 mil m²; hospital Distrital de Brasília, com 32 mil m² e catedral de Brasília, com 3 mil m². Quando Brasília foi inaugurada, ainda estavam em andamento dezenas de outras obras, incluindo edificações para abrigar autarquias, além daquelas de infra-estrutura previstas no plano de urbanização.

No conjunto das edificações sobressai-se o Palácio da Alvorada, caracterizado pela forma dos suportes que conferem um toque de leveza ao conjunto. Aparentemente Niemeyer não levou em conta as questões das dificuldades construtivas que poderiam advir de seu projeto ousado. Entendia que a tecnologia brasileira seria capaz de resolver problemas dessa natureza e ponto final. Além do mais ele contava com a sensibilidade poética e a capacidade técnica de Joaquim Cardozo para dar solução a questões de cálculo. E Joaquim Cardozo conseguiu calcular de



Brasília (continuação)

forma tal a estrutura do Alvorada que os suportes obtiveram o efeito preconizado pelo arquiteto.

O Palácio do Planalto e o prédio do Supremo seguiram a mesma concepção arquitetônica do Palácio da Alvorada: os pilares, com formas inusitadas, proporcionaram ao conjunto características leves e, ao mesmo tempo, monumentais. Foram concebidos com uma aresta retilínea na prumada externa e curvas inferiores e superiores na parte interna. Nas duas obras os pilares têm formato semelhante: no Palácio do Planalto localizam-se na fachada voltada para a praça dos Três Poderes; no Supremo, nas fachadas laterais, em direção perpendicular. As edificações do Congresso Nacional também se inscrevem, na história da arquitetura e da engenharia brasileiras, como obras singulares. O arrojo estrutural chamou a atenção de especialistas do mundo todo.

Essas e outras obras – como o Teatro de Brasília (cálculo de Bruno Contarini, obra iniciada em julho de 1960); a Universidade de Brasília, que deveria estar concluída até 1963; a catedral de Brasília, cuja estrutura foi concluída em 1960 mas que só ficou completamente pronta em 1967; o ministério da Justiça, concluído em 1969; o ginásio de esportes, que ficou pronto em 1971, e o estádio de Brasília, ambos projetados pelo arquiteto paulista Ícaro de Castro Mello – contribuíram também para lançar Brasília no cenário internacional da arquitetura e da engenharia.

Belém-Brasília

A ligação rodoviária Belém-Brasília adquiriu, no contexto da nova capital, significado estratégico, político e econômico. Ela integrava, há longos anos, planos da política rodoviária brasileira. A BR-14, a Transbrasiliana, do mesmo modo que a BR-22, tinha em vista

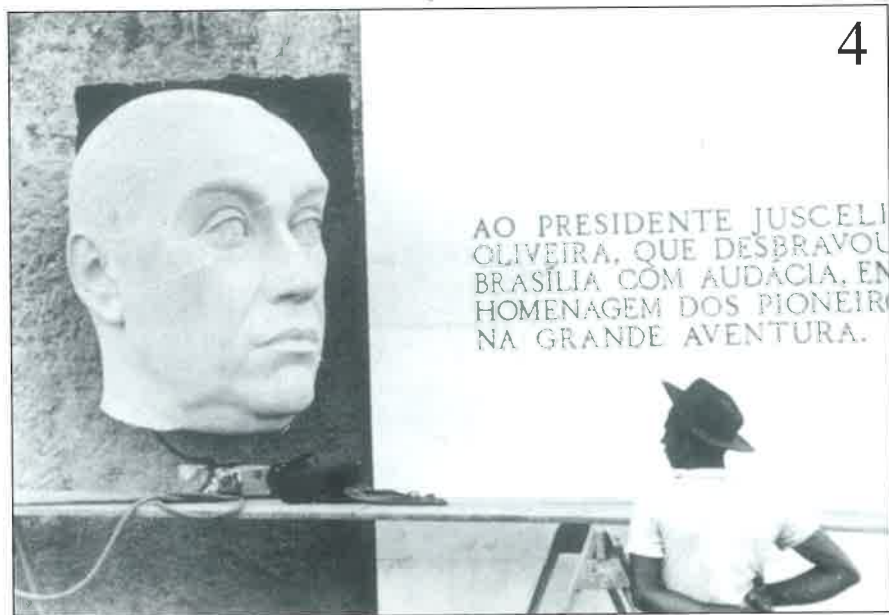
integrar a Amazônia. O nascimento de Brasília ditou a prioridade da Belém-Brasília.

Quando o presidente Juscelino Kubitschek, regressando de uma de suas visitas à região amazônica, foi mais uma vez inspecionar as obras da nova capital, verificou que aquela ligação vinha progressivamente de Anápolis em direção às selvas amazônicas, de onde partiam, através do Pará e do Maranhão, os primeiros trechos que se prolongavam em direção a Brasília. A construção da estrada já não possuía, portanto, a configuração de um sonho. Era um fato concreto.

A extensão total da ligação rodoviária, que seguia o novo traçado da BR-14 – ou Transbrasiliana – era de 2.276 km. Desse total, já haviam sido construídos, até janeiro de 1958, perto de 940 km. Um dos trechos mais difíceis situava-se entre Porto Franco e São Miguel do Guamá, numa extensão de 550 km. Dentre as obras de engenharia necessárias àquela ligação duas se destacavam: uma ponte sobre o Tocantins, na divisa Goiás-Maranhão, entre os municípios de Tocantinópolis e Porto Franco, com extensão da ordem de 1.200 m, e outra sobre o rio Guamá, com cerca de 400 m de extensão. Essas obras-de-arte completariam a ligação Belém-Brasília, construída sob a coordenação do engenheiro Régis Bittencourt.

Belém-Brasília constituiu um episódio à parte na história rodoviária brasileira. O engenheiro Bernardo Sayão, diretor-geral da Rodobrás, empresa responsável pelo andamento das obras, estava à frente da saga dessa construção. Espírito aberto, ousado, ele cuidava de prestar todo o apoio logístico aos trabalhos, que avançavam mata adentro, vencendo rios e toda sorte de adversidades. Eles prosperavam em duas frentes, uma a partir de Brasília e, outra, de Belém. As máquinas eram transportadas do Pará pela estrada de ferro que ligava Belém ao rio Guamá. Eram descarregadas na margem desse rio e embarcadas num rebocador que seguia paralelamente ao traçado da estrada até os trechos em terra de onde seguiam em comboio até os canteiros.

Foi nessa rodovia que Bernardo Sayão morreu prematuramente. Quando as últimas árvores do trecho final da rodovia eram derrubadas, ele quis fazer o registro fotográfico da operação e acabou atingido por uma delas. Sua morte abalou toda a equipe que trabalhava na rodovia e provocou comoção em Brasília.



Notas bibliográficas

Documentação da Biblioteca do Distrito Federal

Dados históricos fornecidos pela Construtora Serveng Civilsan e pela Empresa Brasileira de Engenharia (EBE)

O Concreto no Brasil, livro do professor Carlos Augusto de Vasconcelos

Foto 1: Inauguração de Brasília, no dia 21 de abril de 1960, vendo-se o Palácio da Justiça a partir do Palácio do Planalto

Foto 2: Congresso Nacional recebendo autoridades no dia da inauguração da cidade

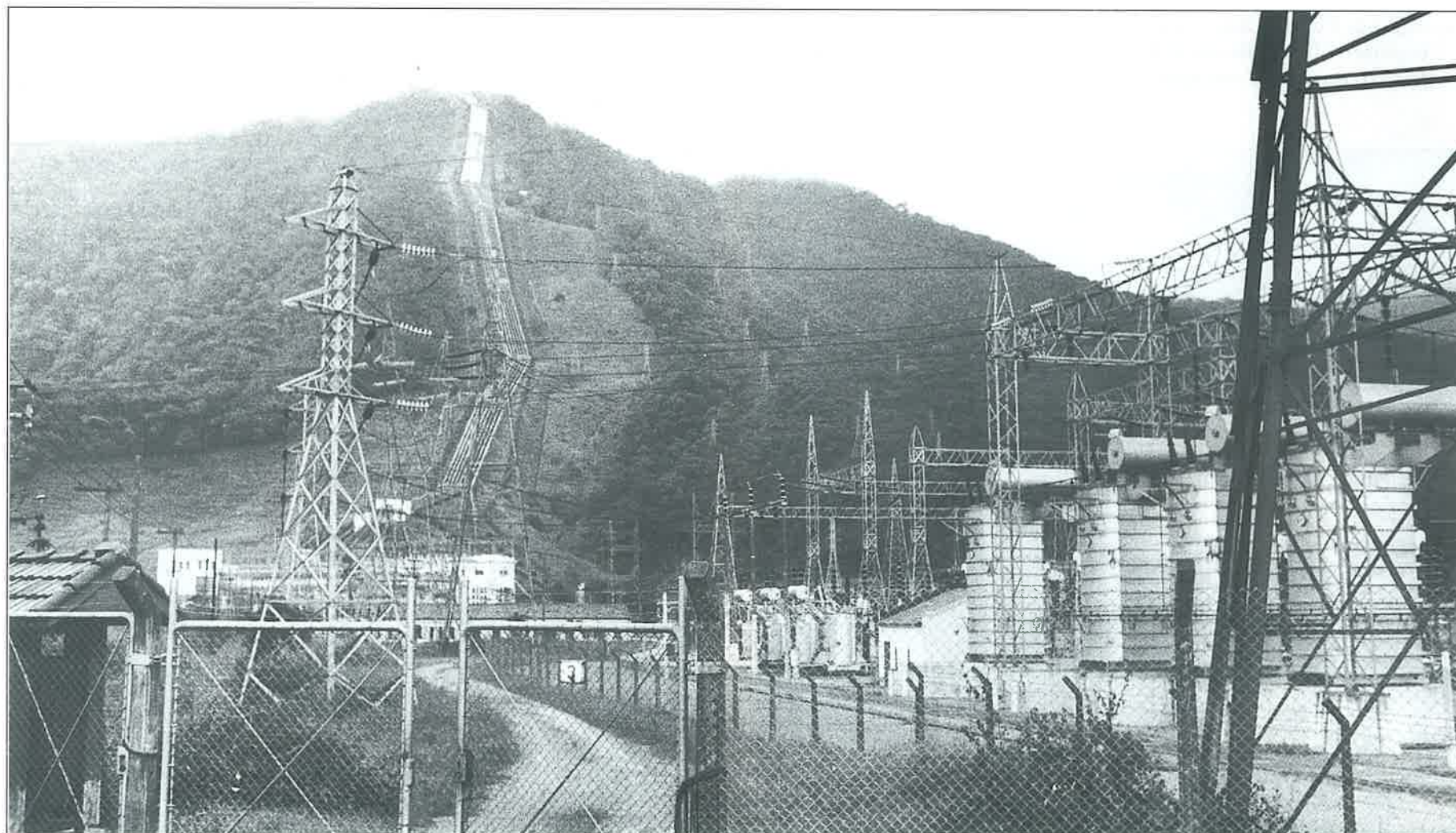
Foto 3: O Congresso Nacional visto do Palácio do Planalto

Foto 4: A memória de Juscelino Kubitschek

Engenharia hidráulica na dependência da água do planalto

A usina Henry Borden, em Cubatão (SP), principal complexo de geração hidrelétrica da Eletropaulo, com potência total de 880 MW, continua sendo um dos marcos da engenharia hidráulica

mundial, uma vez que ainda hoje não há nenhuma outra usina cujos geradores somem quase um milhão de kW e que sejam acionados por águas despejadas de altura superior a 700 m.



Henry Borden (continuação)

O funcionamento da usina, cujas obras se estenderam ao longo de 35 anos (1925-1961) e das quais participaram três gerações de trabalhadores, depende da reversão do curso das águas de rios, de barragens no topo da serra do Mar e do lançamento da água de uma altura de 700 m até os grupos geradores.

O complexo hidrelétrico de Cubatão, hoje chamado Henry Borden, é composto de duas usinas: uma seção externa cuja casa de força e adutoras situam-se no maciço da serra e outra, mais recente, subterrânea, com adutora e casa de força implantados no interior do maciço rochoso. A usina de Cubatão passou a ser chamada de usina Henry Borden a partir de 1964, em homenagem ao advogado canadense Henry Borden, que liderou o grupo Light no período de 1946 a 1965.

A seção externa tem oito unidades geradoras, duas de 35 MW (1926-1927) e 6 de 65 MW (1936-1950), totalizando 460 MW. A subterrânea tem seis unidades de 70 MW (1956-1961), totalizando 420 MW de potência instalada.

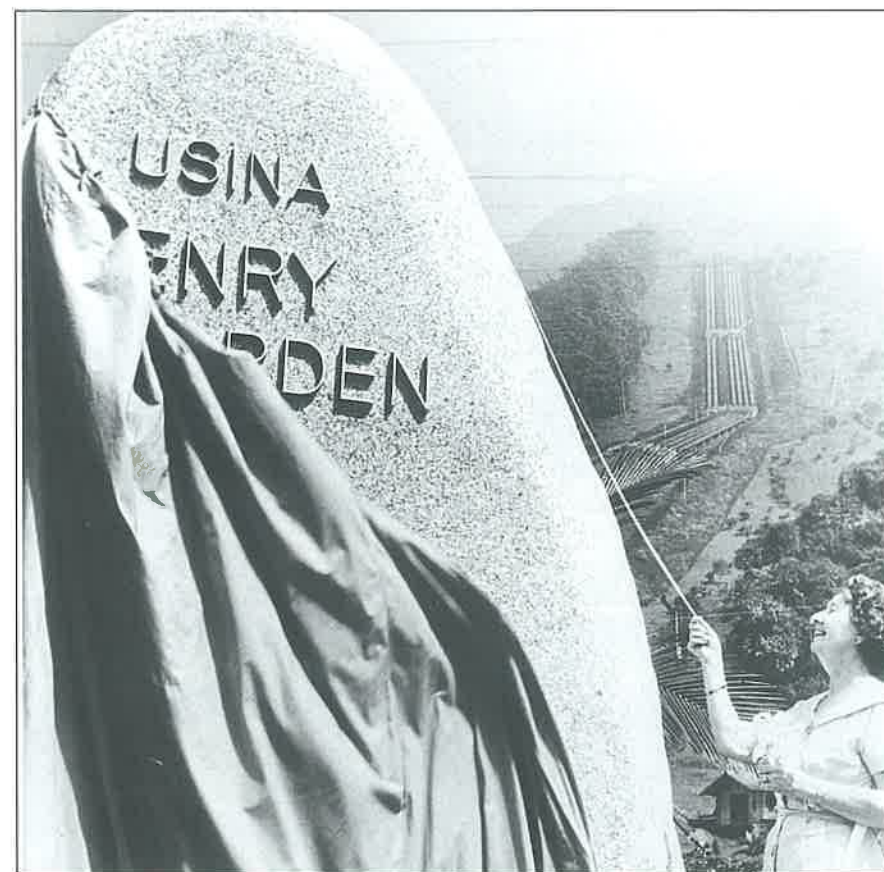
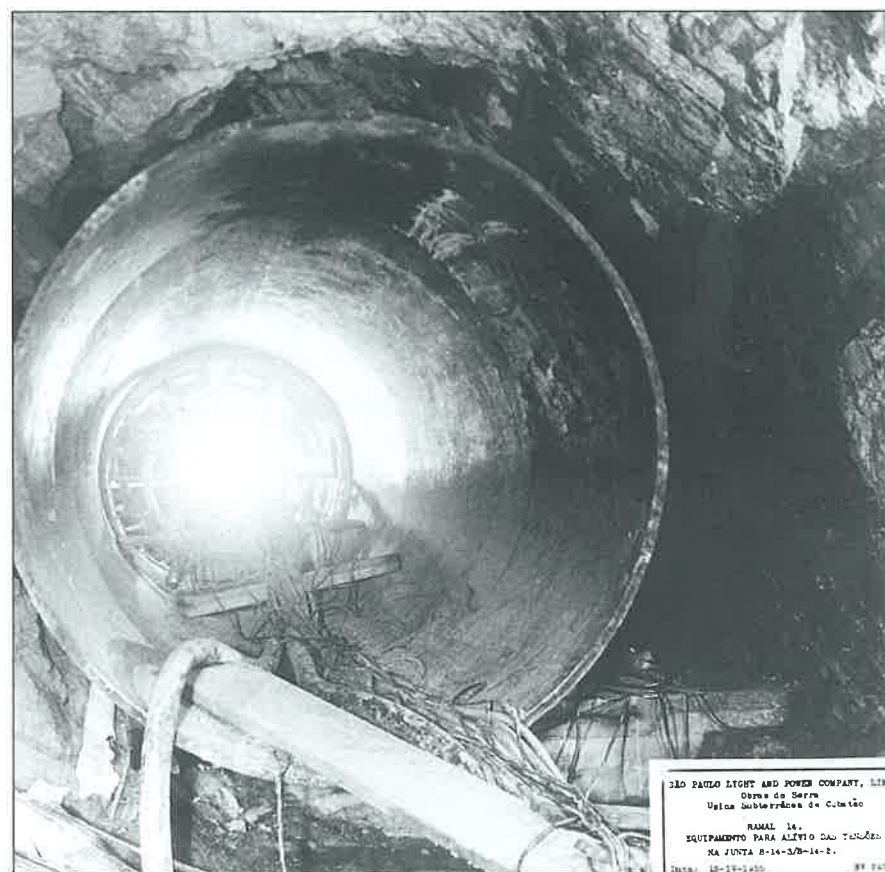
A construção do complexo resulta da perseverança do engenheiro Asa White Kenney Billings, consultor de todas as obras do grupo canadense Light, que buscava, desde 1923/1924, soluções para o problema brasileiro de energia na encosta marítima, especialmente na região de Cubatão. Sua convicção, bem como a de seu assistente, o engenheiro F.S. Hyde, era de que seria possível reverter os rios do planalto para lançar suas águas serra abaixo e gerar energia.

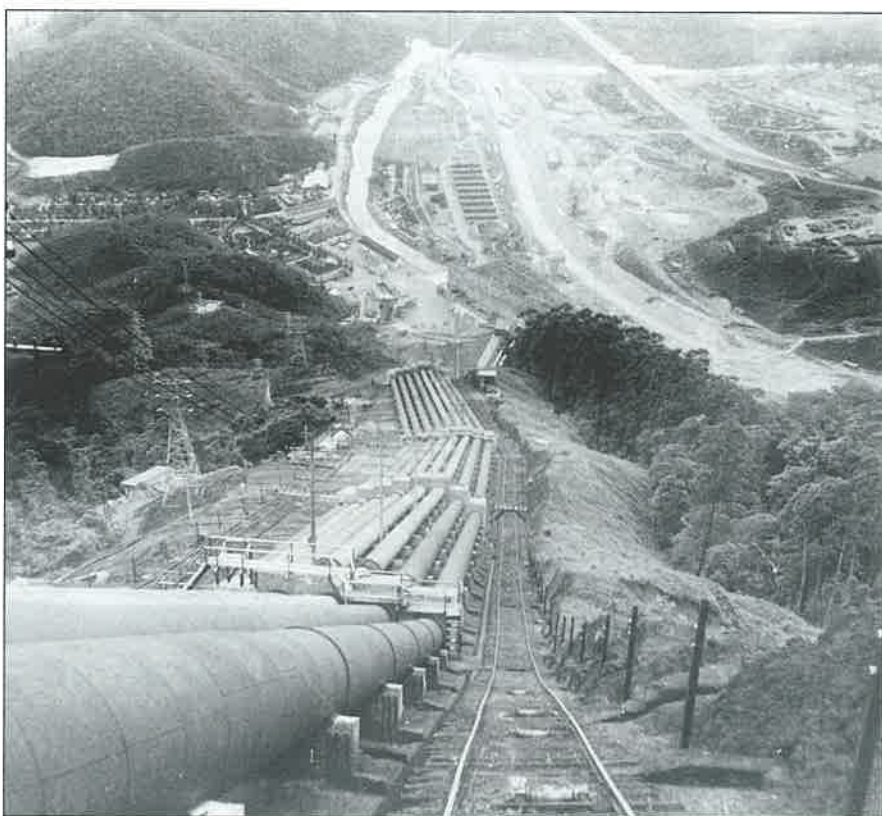
A idéia de Billings materializou-se com a reversão do Rio Grande, através do rio das Pedras, no alto da serra. Construiu-se uma barragem de gravidade com 173 m de comprimento e 51 m de altura, formando o reservatório Rio das Pedras. Uma tubulação adutora de aço fazia a água descer pela serra até a casa de força, em Cubatão.

Em 10 de outubro de 1926 foi inaugurado o primeiro grupo gerador com potência de 44 MW da usina de Cubatão e, logo a seguir, o segundo grupo, totalizando 60 MW, dando início ao empreendimento sem precedentes na história da engenharia universal. Com a construção da barragem do Rio Grande, formando no planalto a atual represa Billings, e do canal que reverte suas águas para o reservatório do Alto da Serra, a usina atingia 130 MW em 1936.

A construção da usina de Cubatão e de suas adutoras na encosta de Mata Atlântica ficou conhecida nos meios técnicos como “a saga da Serra”. Além dos desafios técnicos para domar a natureza e da busca de recursos financeiros, havia a malária como risco grave e permanente aos trabalhadores. Os engenheiros apelidaram a serra de “mar Morto”, pelas condições adversas ao homem e favoráveis aos germes, vírus e bactérias.

Depois de convencer seus acionistas a investir no projeto, a Light incluiu na equipe de trabalho um médico sanitário para tratar da endêmica malária, doença que já havia combatido nas obras do canal do Panamá.





No início das obras, o empreendimento mobilizou um formigueiro de gente, como dizia a imprensa da época. A Light construiu duas cidades improvisadas em madeira e folha de zinco para abrigar os 6.350 empregados no sopé e no alto da serra. A maioria era de brasileiros, portugueses, espanhóis, polacos e lituanos. Muitos morreram por doenças ou acidentes. Outros abandonaram o serviço. O trabalho era pesado, em meio a mosquitos e borrachudos, chovia semanas inteiras e o risco de contrair a malária estava presente. O isolamento pela dificuldade de transporte para Cubatão ou Santos e a dedicação integral ao trabalho agravava o regime de confinamento dos trabalhadores.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial vieram os planos de ampliação da capacidade geradora da usina, não mais a céu aberto, mas subterrânea, por falta de condições geológicas da serra. Essa opção economizaria aço e recursos de drenagem e proteção da encosta, além de ser mais segura contra desmoronamentos e ataques aéreos. A escavação em rocha viva começou em 1952. Tratava-se de uma galeria blindada com chapa de aço – adutora de águas do reservatório rio das Pedras – com 3,25 m de diâmetro, numa inclinação de 42°, com 1.630 m de extensão até o sopé da serra, onde lança seis ramais que alimentam os grupos geradores instalados numa caverna de 120 m de comprimento, 26 m de largura e 39 m de altura. Em 1956, começam a operar as primeiras quatro unidades na seção subterrânea da usina. As últimas unidades entraram em operação em outubro de 1961, encerrando o ciclo de 35 anos de obras.

Notas Bibliográficas

Tecnologia e Industrialização no Brasil: Uma Perspectiva Histórica. Shozo Motoyama coordenador. São Paulo, Editora Universidade Estadual Paulista – Unesp: Centro de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994. ISBN 85-7139-073-8

Revista *Memória*

Eletrópaulo: Apresentação da Usina Henry Borden e Seu Desempenho Palestra do Engenheiro B. F. Barros Barreto, no Instituto de Engenharia, em 12 de agosto de 1953 : Usina Subterrânea de Cubatão – Contribuição para o Desenvolvimento da Produção de Energia Elétrica

Fotos pag. 65: A usina de Cubatão, acionada com uma queda d'água de 700 m de altura

Foto 66: A usina subterrânea na fase da instalação de equipamento para alívio de tensões e nome de Henry Borden inscrito na pedra

Foto 67: A casa de força em operação

Complexo hospitalar funciona integrado

O hospital Sírio-Libanês, construído e modernizado em várias etapas ao longo de sete décadas, transformou-se em referência de centro hospitalar em São Paulo, ao mesmo tempo em que continua a ser uma notável obra de engenharia. Isso resulta de um projeto arquitetônico bem-resolvido e das soluções técnicas adotadas em sua implantação. Situa-se em terreno com desnível de 30 m que apresenta variação de tipo de solo.

A idéia da construção nasceu em 1921, na Sociedade Beneficente de Senhoras da comunidade sírio-libanesa, e prosperou em razão do empenho da senhora Adma Jafet, que hoje dá nome à rua da Bela Vista em que o hospital está localizado.

A história dessa obra tem lances interessantes. Em 1940 o imóvel foi desapropriado pelo governo do estado e cedido ao governo federal, que ali instalou a Escola de Cadetes. Após dezoito anos de demandas, a sociedade conseguiu reaver o prédio, então bastante danificado e exigindo reformas.

O hospital começou a funcionar em 1965, com 50 leitos. O segundo prédio foi inaugurado em 1971. Tinha dez andares e 91 apartamentos, mas o destaque foi a primeira unidade de terapia intensiva do Brasil.

A obra começou a se delinear como complexo hospitalar com o arrojado projeto, apresentado em 1981, pelo arquiteto Emílio Guedes Pinto, vencedor da licitação. O projeto previa não só o atendimento da demanda existente, mas o atendimento das necessidades futuras. Fixava as diretrizes de ocupação do terreno de 17 mil m², com todas as unidades, inclusive as construções já existentes, uma de três pavimentos e com 50 anos de uso e outra mais recente com 10 andares.

O projeto previa uma torre de 10 andares, em forma de cruz, destinada à internação, com nove pavimentos de 1.130 m² de área e 22 apartamentos cada, apoiada sobre um grande bloco retangular de 2.600 m² de área em três pavimentos e levantada a 1,60 m do bloco antigo. Devido às limitações de gabarito quanto à altura da construção, foi preciso projetar cinco subsolos.

Um dos diferenciais do projeto foi a preocupação com a integração dos vários setores do hospital para agilizar o atendimento aos pacientes e a circulação geral, aliada ao conceito inovador de acessos diferenciados para médicos, pacientes e visitantes, bem como entrada de material hospitalar limpo e saída do material usado. O desenho em cruz eliminou os longos corredores típicos de hospitais, reduzindo a distância a ser percorrida até o último apartamento.





Foi previsto um piso técnico com vão de 1 m no espaço entre as lajes de concreto, para a passagem de todas as fiações, dutos de ar condicionado e de oxigênio, e as do transporte pneumático de mensagens e medicações em cápsulas, que comportam até 1 kg de carga.

Dado inovador diz respeito ao conceito de UTI, unidade modelo visitada por especialistas do mundo todo. Ela resgata a privacidade de cada paciente criando dormitórios individuais com toda a aparelhagem necessária, entrada de luz natural e a tradicional separação do acesso para visitantes e médicos.

O novo bloco, iniciado em 1983, acrescenta 40 mil m² de área construída, 20 pavimentos, 5 subsolos e 240 apartamentos. Sua construção exigiu escavações de 50 mil m³ de terra e 2 milhões de m³ de reaterro, em um desnível de 20 m, cuja contenção exigiu 2,5 mil m² de cortinas atirantadas, 4,5 mil m de tirantes protendidos e 600 m de drenos subhorizontais, cujas fundações compreenderam 85 estacas barretes, 115 estacas injetadas e 2,6 mil m³ de concreto, compondo uma estrutura em concreto armado protendido de 12 mil m³ de volume.

Entre os desafios vencidos estavam o complicado perfil topográfico do terreno (30 m no ponto mais alto), o grande bloco horizontal de sustentação da torre construído a 1,60 m do prédio antigo (50 anos), e a necessidade de não prejudicar o funcionamento do hospital.

Além de toda a geotecnia ali aplicada, a engenharia acomodou os sistemas de hidráulica, energia elétrica, gás, vapor, telecomunicações e transmissão de dados, com centrais de máquinas, centrais de bombas de recalque de água fria, caldeiras de vapor, geradores de energia a diesel, cabine primária de entrada de energia elétrica, centrais de ar comprimido industrial e hospitalar, central de vácuo, central de oxigênio e óxido nitroso e ventiladores de grande porte. Tudo isso instalado no quinto subsolo.

Essa complexa rede de suprimentos é suficiente para abastecer uma cidade de mais de 2 mil habitantes, o que de fato ocorre, já que o hospital conta hoje com 2 mil funcionários e 900 médicos.

O empreendimento iniciado pelo grupo de senhoras em 1921 já parte para nova etapa: a construção do bloco D, uma estrutura



horizontal para suportar duas outras torres, o bloco E, com 20 andares, e o bloco F, com 10. O bloco D abrigará uma garagem para 850 carros, um centro de estudos e pesquisas e um centro de diagnóstico por imagens, numa área de 30 mil m². A torre E será para procedimentos ambulatoriais, com clínicas, consultórios e flats. A torre F será destinada à internação, com 500 novos apartamentos.

Com essa última complementação, que vem sendo executada desde 1981, o complexo hospitalar Sírio-Libanês ficará com 130 mil m² de área construída.

Notas bibliográficas

Informações fornecidas pela Schahin Engenharia e Comércio Ltda., empresa responsável pela construção do complexo

Outras empresas e profissionais envolvidos: Escritório Técnico César Pereira Lopes (estrutura); MHA Engenharia de Projetos (instalações); Consultrix (fundações); Jamil Kfourri (paisagismo); engenheiro Ricardo de Luna Pinheiro, pela Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio-Libanês (coordenação).

Foto: O prédio foi concebido de forma a integrar as funções previstas no programa do complexo (esquerda)

Fotos: Os ambientes internos foram concebidos de forma a manter a privacidade dos pacientes e proporcionar conforto aos visitantes e acompanhantes (direita)

A arquitetura monumental

Rimeiro, era necessário marcar plasticamente o edifício de forma a distingui-lo em meio aos demais da avenida Paulista, sobretudo pela sua função cultural: ia abrigar as instalações do Museu de Arte de São Paulo. Segundo, o edifício não deveria prejudicar a visão panorâmica da região da Bela Vista, descortinada também para o traçado da avenida Nove de Julho. Construído defronte do parque Siqueira Campos, na área do antigo Trianon, preservaria valioso acervo artístico, até então, começo da década de 60, recolhido nas instalações dos Diários Associados, na rua Sete de Abril, na capital paulista.

O projeto de arquitetura, de autoria de Lina Bo Bardi, proporcionou a solução para aquelas duas exigências. E colocou um novo desafio técnico, na medida em que previa um vão de 74 m, fato absolutamente insólito na época para edifícios do gênero, tanto aqui quanto em outras regiões do mundo. Não havia, entretanto, qualquer motivação que pudesse ser atribuída a alguma vaidade; havia tão-somente a necessidade de unir a estética arquitetônica à funcionalidade do prédio, explorando os valores paisagísticos do entorno.

À engenhosidade do projeto arquitetônico somou-se, portanto, a engenhosidade do projeto estrutural desenvolvido pela equipe do professor Figueiredo Ferraz.

A estrutura elevada, que avança horizontalmente sobre a área do belvedere que existia no local, é formada de quatro pilares e quatro vigas, compondo um pórtico articulado de 74 m de vão e 3,50 m de altura.

No nível do solo nada deveria ser construído para manter a visão da paisagem circundante. Na cota + 8,40, uma laje nervurada com 50 cm de espessura seria suspensa por meio de tirantes de aço, não-revestidos. A laje nervurada, com 2.100 m², foi construída com a utilização do sistema de “caixão perdido”, possuindo uma laje de fechamento de 4 cm de espessura. Tal laje, com 5 m de balanços laterais, é suspensa por duas ordens de tirantes. Os tirantes externos, em fila dupla, localizam-se na prumada da alma externa da grande viga. Os internos, também em fila dupla, ficam na prumada da alma interna da viga.

O projeto estrutural foi concebido de tal modo que as reações dos tirantes nas duas faces da grande viga acabam sendo iguais, minimizando, portanto, o efeito de torção, que seria muito prejudicial para um vão daquela dimensão. As obras, iniciadas no início de 1960, foram interrompidas em razão do movimento militar de 64, sendo retomadas em 1966 e concluídas em 1968.



Foi realizada ali uma fundação direta que fica a apenas 8 m do túnel da avenida Nove de Julho. Na época da construção não havia nenhuma planta, nenhum cadastro pormenorizando interferências no subsolo da região, o que requereu trabalho local muito cuidadoso para evitar que as obras de fundação não viessem a prejudicar a estrutura do túnel que serve de ligação do Centro com a Zona Sul da cidade.



Referencial urbano dos mais significativos, com destaque entre as obras representativas da arquitetura internacional, ele abriga o museu propriamente dito, cujo acervo inclui obras de mestres do Brasil e do mundo, dois auditórios, um com capacidade para 80 e, outro, para 420 pessoas, equipados para cinema, música e vídeo, loja de objetos artísticos, biblioteca aberta a pesquisadores e a universitários, restaurante, salas de exposições temporárias e da coleção permanente, e espaços para serviços de apoio.

É um exemplo da confluência dos interesses culturais e da combinação da boa arquitetura com a engenharia de cálculo estrutural e a construção. O MASP foi inaugurado em 7 de novembro de 1968 com a presença da Rainha Elizabeth II, da Inglaterra, Assis Chateaubriand, idealizador do museu, Pietro Maria Bardi, presidente da entidade, e autoridades federais, estaduais e municipais.

Em um de seus depoimentos sobre a obra, Lina Bo Bardi afirma: “Eu considerava aquele lugar importante para a história de São Paulo. A Paulista, naqueles anos, década de 50, ainda estava intacta, com seus grandes jardins e as casas dos barões do café. Um dia, ao passar por ali, vi o belvedere destruído. Foi quando decidi que ia fazer um museu no local.”

Notas bibliográficas:

Revista *Memória*

Revista *O Empreiteiro*

Dados do Sinicesp (Sindicato da Construção Pesada do Estado de São Paulo), do Escritório Figueiredo Ferraz e da Construtora Heleno & Fonseca

Foto: O toque de Lina bo Bardi e o equilíbrio obtido pelo cálculo estrutural

Barragem de concreto em abóbada de dupla curvatura

A barragem para aproveitamento hidrelétrico de Funil, no rio Paraíba, em Itatiaia (RJ), foi construída no período de 1960 a 1969 e chama a atenção por sua característica considerada absolutamente inusitada: é de concreto, em forma de abóbada e tem dupla curvatura, com altura máxima de 85 m e 385 m de comprimento.

Projetada pela companhia portuguesa Coba, sob a direção do célebre engenheiro Lajinha Serafim, foi concebida com casa de força para abrigar três grupos turbina-alternador com capacidade total de 210 mil kW. O edifício, com 3.200 m², é ligeiramente curvo em planta.

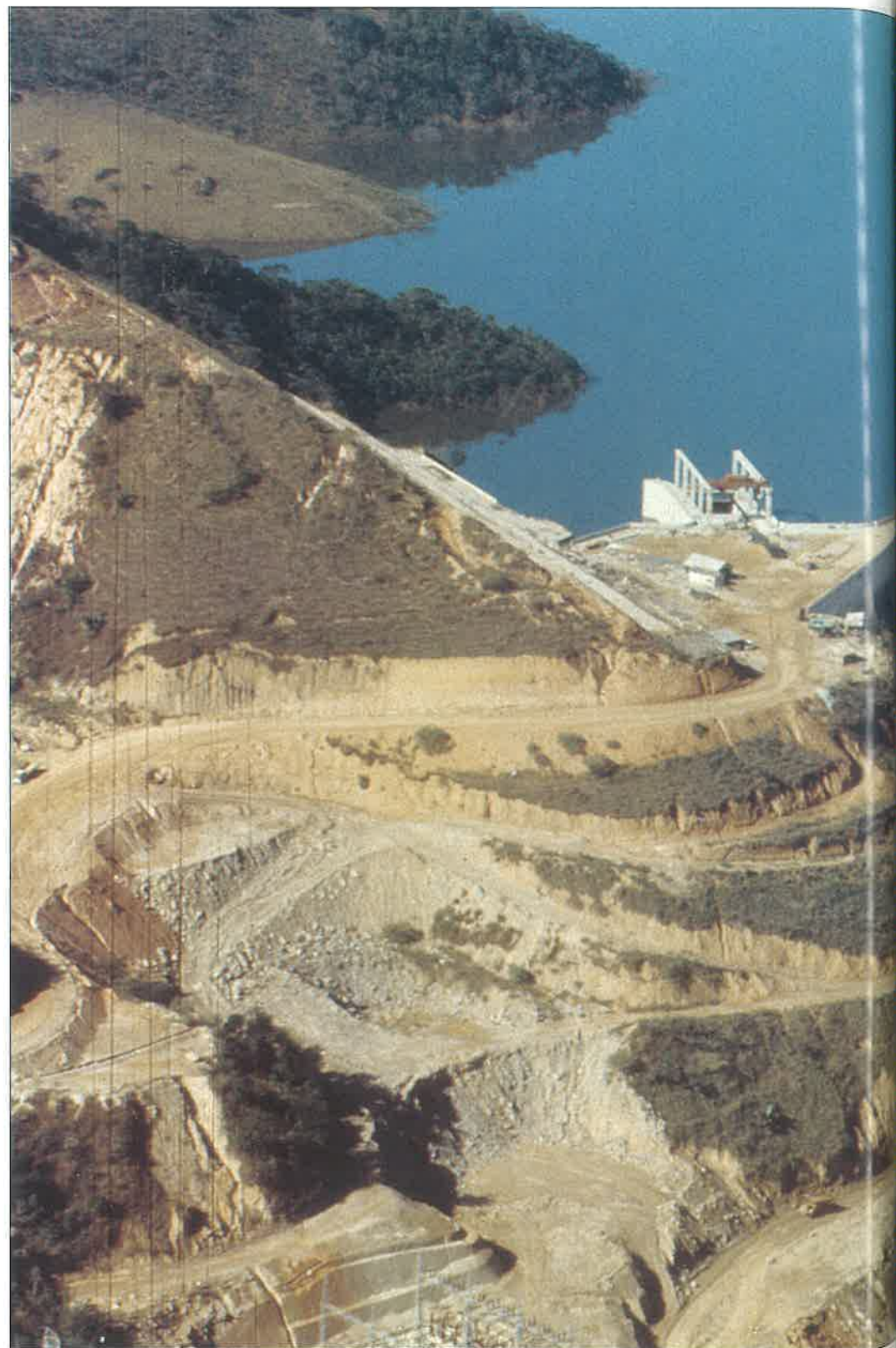
Conta com três torres de tomada d'água, onde foram instaladas as comportas tipo *stop-logs* e grades fixas de montante. Dispõe de uma quarta tomada d'água para descarga de fundo.

O vertedouro da margem direita aproveita parte da galeria de derivação provisória do rio, com descarga máxima nominal de 1.700 m³/s, e o da margem esquerda foi dimensionado para uma descarga máxima nominal de 2.700 m³/s.

A abóbada de dupla curvatura tem parâmetros definidos em cada cota por um arco central e dois laterais simétricos. A espessura da abóbada no coroamento é de 3,6 m e na base é de 12 m.

O projeto da barragem de concreto previu cuidadoso trabalho de instrumentação para medição dos movimentos das juntas, variações térmicas no concreto, deflexões, etc. Para esse fim, foram instalados no corpo da barragem extensômetros, medidores de deformações, pares termoeletricos, bases para medição de alongamento, piezômetros e prumos diretos, invertidos e óticos.

Como resultado do projeto elaborado e da construção que seguiu à risca as especificações técnicas, obteve-se uma barragem que durante muito tempo atraiu a atenção de técnicos nacionais e internacionais. Até hoje ela se inclui entre as barragens mais inusitadas construídas no Brasil e é um exemplo da facilidade da engenharia brasileira em absorver e utilizar tecnologias.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos por Furnas Centrais Elétricas, Crea-RJ e Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S. A.

Foto: A barragem, uma das mais inusitadas construídas no Brasil e no mundo



O pleno domínio da engenharia de barragens

Com a construção e operação do complexo de Urubupungá, constituído pelas usinas hidrelétricas de Jupia (hoje Engenheiro Souza Dias) e Ilha Solteira, a engenharia brasileira impôs controle sobre as cheias do rio Paraná e injetou, no início da década de 70, mais 4,6 milhões de kW no processo de desenvolvimento do País.

Jupia e Ilha Solteira, com apenas 60 km de distância entre elas, aparentemente não existiriam uma sem a outra. Estão amarradas à história das hidrelétricas brasileiras a partir de estudos que aconselharam a construção de ambas para aproveitamento das quedas de Urubupungá. A tecnologia aplicada a uma foi utilizada, com eventuais aperfeiçoamentos, à construção da outra. E as duas têm um significado notável no desenvolvimento da área da consultoria de projetos e de vários segmentos da engenharia, sobretudo a tecnologia do lançamento de concreto a baixas temperaturas.

O primeiro plano de aproveitamento total do Alto Paraná surgiu na década de 50 com a formação da Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai (CIBPU), integrada por representantes dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás. Em 1955 a comissão encomendou à Societá Edison, de Milão (Itália), estudos para o aproveitamento das quedas de Urubupungá. Em 1960 ela recebia anteprojeto propondo a construção das duas usinas. Já no ano seguinte criava-se, pelo governo paulista, as Centrais Elétricas de Urubupungá (Celusa), mais tarde integradas às Centrais Elétricas de São Paulo (Cesp).

O anteprojeto recebido da Itália mereceu exame cuidadoso por parte de técnicos brasileiros. A partir dessa análise, eles propuseram uma variante para as obras civis, o que não só garantiu tecnicamente a execução dos trabalhos, como proporcionou vantagem sobre a idéia original. A variante, depois desenvolvida pela empresa projetista como projeto executivo, reduziu o prazo de entrega de Jupia, planejada como a primeira etapa do complexo, tanto do ponto de vista de atendimento prioritário da demanda energética como do ponto de vista de base estratégica para enfrentar o desafio da construção de Ilha Solteira.

O primeiro grupo gerador de Jupia entrou em operação em abril de 1969, mas as obras da usina só foram concluídas em 30 de junho de 1974. A barragem é do tipo terra/concreto, com 5.600 m de comprimento. O reservatório, formado pelos rios Paraná, Tietê e



Sucuriú, com 330 km², alcançou os municípios de Castilho, Pereira Barreto e Itapura, no estado de São Paulo, e o município de Três Lagoas, no Mato Grosso do Sul.

O salto de Itapura, no baixo Tietê, a usina elétrica Itapura, na margem esquerda desse rio, a jusante do salto, a 6 km da foz do rio Paraná, e a cidade de Itapura foram inundados. Nas imediações surgiu uma nova cidade de Itapura. A pequena usina Itapura fora desmontada antes da inundação e vários de seus equipamentos puderam ser reutilizados em Jupia, cuja região se caracterizava, então, pela pecuária extensiva, muitos latifúndios e baixa densidade demográfica.

A experiência do conjunto de Urubupungá, além de constituir um divisor de águas na história da aquisição de tecnologia na construção de grandes barragens, significou rico material de estudo quanto à conveniência da implantação de vilas operárias provisórias ou permanentes, como apoio a obras de tal magnitude.

Em Jupia foi construída a Vila Piloto, núcleo fechado, de traçado concêntrico, que chegou a abrigar uma população de 15 mil habitantes e cujo equipamento comunitário era completado pela rede urbana da região. Já em Ilha Solteira optou-se pelo planejamento e construção de um núcleo urbano que deveria proporcionar apoio logístico às obras e evoluir como cidade permanente.

Antes de Jupia, as maiores usinas construídas em São Paulo eram da ordem de grandeza de Barra Bonita, no rio Tietê, com cerca de 200 mil m³ de concreto. Em Jupia a escala aumentou para quase

1,4 milhão de m³ de concreto. As vazões máximas dos rios até então dominados eram de pouco mais de 4 mil m³/s, quando a vazão máxima admitida para Jupuí era de aproximadamente 50 mil m³/s.

As razões pelas quais as obras de Jupuí precederam as de Ilha Solteira foram: a infra-estrutura da região de Jupuí era muito mais favorável do que a de Ilha Solteira, demandando, portanto, menor investimento; o custo da usina de Jupuí, de US\$ 400 milhões, em valores de junho de 1975, era menos da metade do previsto para Ilha Solteira; a construção de Jupuí capacitaria a Celusa (depois Cesp) a adquirir a experiência necessária a um empreendimento do porte de Ilha Solteira, cujo investimento, em valores de junho de 1978, chegou a US\$ 1.180 milhões.

Ilha Solteira

Variantes do anteprojeto de Ilha Solteira, cujas grandes estruturas de concreto seriam inicialmente de concreto aliviado, previam a localização do vertedouro na parte central do rio.

Estudos hidráulicos em modelo reduzido indicaram, entretanto, que uma inversão de posições, locando-se a casa de força na parte central do rio e o vertedouro na margem esquerda, resultaria mais vantajosa. A alteração devia-se à localização, à jusante, da ilha que emprestava o nome à hidrelétrica. Com a inversão assim efetuada e o correto posicionamento da casa de força, obteve-se uma expressiva redução da perda de carga na usina, possibilitando um melhor aproveitamento energético.

Ilha Solteira incorpora soluções de engenharia até então inéditas no País, tais como o desvio do rio pela casa de força, a disposição do hall de montagem, a adoção de *stop-logs* flutuantes e a construção da subestação em plataforma sobre o canal de fuga da usina.

A programação das obras foi elaborada pelo método dos caminhos críticos (Pert/CPM), levando em conta todas as restrições referentes ao relacionamento com Jupuí, problemas de montagem do canteiro e aquisição e chegada de equipamentos, tanto os de construção quanto os permanentes da usina. Foram observadas igualmente as previsões de produção calculadas com base em experiências estatísticas e *know-how* adquiridos na obra anterior. E consideraram-se, em especial, o regime hidrológico do Paraná bem como as previsões meteorológicas sazonais, tendo em vista, primeiro, o controle do rio na fase da construção e, segundo, as estimativas de produção nos diversos setores das obras.

A característica que distingue Ilha Solteira dentre as demais hidrelétricas feitas no País e no exterior é o esquema de desvio do rio pela casa de força, em lugar do tradicional processo que utiliza as aberturas provisórias no corpo do vertedouro de superfície. Essa concepção tem a vantagem de dar prioridade à execução das estruturas da tomada de água e da casa de força, antecipando a abertura das frentes de montagem das unidades geradoras.

Para a operação de desvio foram feitos estudos e ensaios de laboratório considerando os diversos regimes de vazões e várias quantidades de aberturas de tomada de água. A operação, nessas circunstâncias, significava assumir um risco cuidadosamente calculado, porém, com tais repercussões na antecipação do programa de geração, compensava realizá-lo.

A principal inovação nas obras, tanto em Jupuí quanto em Ilha Solteira, foi a técnica de produção e lançamento do concreto a baixas temperaturas. Ela dispensa o uso de aditivos plastificantes e

retardadores de pega, permitindo a execução de camadas de concretagens de grandes dimensões (blocos com mais de 3.500 m³).

Os estudos técnicos indicaram a utilização de cascalho e areia provenientes de uma jazida submersa, localizada no pontal do rio Sucuriú, no reservatório de Jupuí, como a solução mais adequada em agregados para concreto. O uso econômico dessa jazida só se tornou viável mediante a sua exploração por dragagem profunda e transporte via fluvial.

A montagem dos equipamentos eletromecânicos de Ilha Solteira, envolvendo processos integrados de planejamento, programação, provisionamento, execução e controle de grande número de atividades, transcorreu em tal ritmo que permitiu o atendimento ao enorme desafio proposto: antecipar a geração para julho de 1973.

Paralelamente às obras e aos estudos preparatórios que proporcionaram a infra-estrutura necessária à construção de Ilha Solteira, ganhou destaque o planejamento do núcleo urbano local. O plano diretor da cidade foi elaborado pelos arquitetos Ernest Robert de Carvalho Mange e Ariaki Kato, que lhe conferiram um traçado em forma de violão, com a avenida Perimetral servindo o tráfego rápido. A avenida Central nasce do anel rodoviário que liga a estrada de Jupuí à de Pereira Barreto e Santa Fé do Sul. Uma série de alamedas transversais estabelece a ligação entre as avenidas Central e Perimetral, com o esquema de vias principais de circulação delimitando as áreas de zoneamento segundo suas funções.

Iniciado em 1967, o núcleo urbano de Ilha Solteira atingiu, em 1971, sua população máxima, estimada em 32 mil habitantes. Em 1973, sua população decresceu para 26 mil habitantes, devido ao término da obra principal. Emancipada a partir de 1991 (anteriormente era administrada pela Cesp), a cidade de Ilha Solteira mantém uma população fixa de 22.641 habitantes e considera-se privilegiada tanto do ponto de vista geográfico e climático quanto do ponto de vista econômico: está na área de influência da hidrovia Tietê-Paraná, conta com importantes recursos naturais, possui indústria, comércio e serviços e até universidade e faculdade de engenharia.

Notas bibliográficas

Reportagens da revista *O Empreiteiro*

Edição especial da *Revista do Instituto de Engenharia* sobre a inauguração de Ilha Solteira
Dados da Construtora Camargo Corrêa, da Themag Engenharia e da prefeitura de Ilha Solteira

Foto: Jupuí e Ilha Solteira (foto) se tornaram exemplo da capacidade técnica alcançada pelo Brasil na construção de grandes barragens

Documentos da Cesp – Centrais Hidrelétricas de São Paulo

Sistema abastece São Paulo há duas décadas

O sistema Cantareira, maior já construído em São Paulo para captação, adução, tratamento e distribuição de água potável, garantiu, a partir de 1973, quando foi inaugurado, o suprimento de mais 33 m³/s para a Região Metropolitana. As diversas obras que o complementam só puderam ser concluídas no começo da década de 80.

A Região Metropolitana de São Paulo que abrange 39 municípios e registra, hoje, uma população da ordem de 17 milhões, conta com um suprimento total de água tratada da ordem de 60 m³/s proveniente de cinco sistemas: Cantareira, Guarapiranga, Rio Claro, Rio



Grande e Cotia. Esse conjunto representa cerca de mil quilômetros de adutoras, 120 reservatórios e 21 mil km de rede de distribuição.

Os prenúncios da escassez de água no início da década de 60 levaram o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), do governo paulista, a estudar a construção de um sistema que viesse a garantir o abastecimento. Os estudos previam a captação de águas do rio Juqueri (proximidades de Mairiporã) e o recalque para um reservatório e estação de tratamento na Serra da Cantareira.

A Companhia Metropolitana de Águas e Esgotos (Comasp), que esteve à frente daqueles estudos e das obras do sistema, foi absorvida na época pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), criada em 1973, por conta do advento do Plano Nacional de Saneamento (Planasa). Esse plano condicionava a liberação dos investimentos para obras desse tipo à criação de companhias estaduais de saneamento.

O sistema da Cantareira teve suas obras iniciadas pela Comasp em 1966. É composto de seis grandes represas que acumulam cerca de 1,5 bilhão de m³, em cerca de 87 milhões de m², 48 km de túneis e canais, uma estação elevatória de 80 mil hp e a maior estação de tratamento de água da América Latina: a estação de tratamento do Guaraú, com capacidade para 33 m³/s.

As represas que compõem o sistema localizam-se em diferentes cotas: Jaguari e Jacaré, interligadas por um canal de 670 m de comprimento por 10 m de largura, constituem a maior e mais alta delas: 844 m. A água desce até a represa Cachoeira (822 m) através de um túnel de 5,9 km de extensão e seção de 28 m². Daí para a represa de Atibainha (787 m), por outro túnel, este de 4,8 km e seção de 14 m². A passagem



para a represa do Juqueri (745 m) é feita por dois canais de 2,4 km e 6,4 km e um túnel de 9,8 km e seção de 18 m². Para chegar à estação elevatória de Santa Inês, a água desce por um canal de 8 km e largura de fundo de 21 m.

Da elevatória, que fica no pé da serra (740 m), a água sobe até a represa de Águas Claras, no alto da Serra da Cantareira, a 860 m, através de bombeamento. Dessa última represa, a água desce 30 m até a Estação de Tratamento de Água do Guaraú por um túnel de 4,9 km e seção de 20 m². Sua distribuição alcança até o espigão da avenida Paulista, que se encontra na cota 820 m.

Para transpor a Serra da Cantareira, grande obstáculo natural entre as fontes e a ETA do Guaraú, foi construída a Estação Elevatória Santa Inês, na época um desafio à engenharia. A casa de máquinas está implantada a 60 m abaixo da superfície do terreno e é acessível por um túnel em rampa (para veículos), por escadas e elevador, a partir do edifício central de operação.

Quatro tubulações de recalque, munidas de válvulas esféricas de 1,1 m de diâmetro juntam-se num único duto e a água impulsionada pelas bombas é lançada ao alto da serra, seguindo daí por gravidade por um túnel de 1,2 km até atingir a represa de Águas Claras, considerada de segurança e projetada para, no caso de uma paralisação da Estação Elevatória de Santa Inês, manter um fluxo contínuo de 33 m³/s durante três horas.

A Estação de Tratamento de Água do Guaraú, que ocupa uma área de 1.573.000 m² teve seu projeto básico concluído no fim de 1968. No projeto foram introduzidas diversas técnicas consideradas inovadoras, como o polieletrólito, misturadores e

floculadores, com base no tipo de escoamento e no gradiente de velocidade, filtros rápidos de dupla camada e reservatório de água de lavagem.

O sistema Cantareira trouxe benefícios que ultrapassam os limites da região metropolitana. O represamento das águas dos rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Juqueri permite manter constante o fluxo na estiagem e evitar enchentes no período das chuvas, beneficiando as populações das cidades de Piracaia, Bom Jesus dos Perdões, Atibaia, Itatiba, Campinas, Paulínia, Bragança Paulista, Pedreira, Cosmópolis, Jaguariúna, Americana, Santa Bárbara d'Oeste e Piracicaba, próximas às bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Protege também as populações de Franco da Rocha, Caieiras e Perus, da bacia do médio Tietê.

Notas bibliográficas:

Literatura técnica e fotos fornecidas pela Sabesp

Depoimentos publicados pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Divisão de Engenharia Sanitária, do Instituto de Engenharia-SP, dentro do Projeto Memória da Engenharia Ambiental e Sanitária

Tecnologia e Industrialização no Brasil: uma perspectiva histórica, publicado pela Editora Universidade Estadual Paulista – Unesp, sob coordenação do professor Shozo Motoyama, do Centro de Educação Tecnológica Paula Souza

OBS: Entre as empresas que participaram dos projetos das obras do sistema incluem-se: Planidro, Escritório Técnico Figueiredo Ferraz, Serete, Hidroservice, Azevedo Travassos e os consórcios Serveng-Civilsan e Construtor Juqueri.

Fotos: As obras exigiram muita movimentação de terra, abertura de canal para interligar as represas Jaguari e Jacaré, escavações de túneis e a instalação da casa de máquinas a 60 m de profundidade



A epopéia para gerar 12.600 MW

A usina hidrelétrica de Itaipu, no rio Paraná, considerada o maior complexo hidrelétrico em operação no mundo, com 18 unidades geradoras de 700 MW cada e potência instalada de 12.600 MW, começou a ser construída em outubro de 1974, cinco meses depois de constituída a entidade Itaipu Binacional, gerida, no Brasil, pelas Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás) e, no Paraguai, pela Administración Nacional de Electricidad (Ande). Responsável pelas obras do complexo, posteriormente ela se tornou responsável também pela produção e venda da energia para o Brasil e o Paraguai.

Os antecedentes dessa hidrelétrica, que coroou o conjunto de técnicas desenvolvidas, assimiladas e dominadas pelo Brasil em notáveis aproveitamentos hidrelétricos anteriores, datam de junho de 1966. Na época, delegações chefiadas pelos chanceleres Sapefia Pastor, do Paraguai, e Juracy Magalhães, do Brasil, tiveram encontro histórico no hotel das Cataratas, em Foz do Iguaçu, e no hotel Acaray, em Puerto Presidente Stroessner, hoje Ciudad del Este, quando foi redigida a Ata de Iguaçu. O documento era resultado de uma série de negociações iniciadas em setembro de 1965 e resumia o entendimento dos dois países de que se tornava imprescindível a conjugação de esforços para o estudo e o levantamento dos recursos hídricos pertencentes em especial ao trecho entre os saltos de Sete Quedas e a foz do rio Iguaçu. Ficou definido que a energia elétrica a ser produzida com o desnível do rio Paraná no local seria dividida equitativamente entre os dois países.

O projeto de Itaipu foi iniciado quando o Brasil já detinha ampla experiência na construção de usinas hidrelétricas, implantadas para garantir a energia indispensável ao desenvolvimento do País. Depois de efetivamente instalada a entidade binacional para construir Itaipu, foram definidos os termos da concorrência para as obras civis e o planejamento geral da construção. Equipes de engenheiros com vivência em outras hidrelétricas passaram a operar nas obras de Itaipu.

Em 1974 foi montado às margens do Paraná o acampamento pioneiro, com as primeiras edificações de serviços e as instalações de dois ancoradouros, e contratou-se a empresa paraguaia que funcionou no transporte de pessoal, material e equipamentos. A Itaipu coube montar o canteiro industrial compatível com os níveis de produção previstos, fiscalizar a execução do projeto e o cumprimento das metas, bem como as especificações técnicas pelos consórcios das construtoras. Ela deteve sob sua responsabilidade os laboratórios de solos, concreto, hidrologia, hidráulica e geologia, de cujos ensaios dependeriam em boa parte a qualidade da obra.





O canteiro foi planejado segundo metas quantitativas e qualitativas e todos os equipamentos, entre eles centrais de concreto e refrigeração, moinhos de clínquer, cabos aéreos, escavadeiras, caminhões fora-de-estrada, etc., custaram, na época, US\$ 300 milhões.

Embora as obras civis tenham ficado basicamente a cargo de engenheiros e técnicos brasileiros, em sua maior parte, e também de paraguaios, houve participação estrangeira no desenho e no projeto.

A equipe binacional introduziu, entretanto, duas importantes alterações no projeto dos consórcios. A primeira foi a construção de uma ponte no canal de desvio, que permitiu, ao longo de todo o período da construção, a facilidade de comunicação entre as duas margens do rio. A segunda mudança foi a instalação de sete cabos aéreos para as operações de lançamento de concreto. Eles possibilitaram a locomoção de enormes caçambas ao longo de toda a área a ser concretada, proporcionando economia e rapidez nessas tarefas.

Enquanto os equipamentos chegavam e se desenvolvia a construção de vilas residenciais, ia ficando mais clara a divisão de trabalho no canteiro. De 1975 a 1977 foram construídas ali 5,1 mil casas – 2.708 na margem esquerda, junto à cidade de Foz do Iguaçu, e 2.392 na margem direita, entre as cidades de Puerto Presidente Stroessner, Hernandarias, Puerto Presidente Franco e a colônia Puerto Presidente Stroessner. Em 1978 foram construídas mais 3.960 habitações, 2.227 das quais na margem esquerda.

O desvio do rio, a operação mais notável da construção, ocorreu às 11h15 do dia 20 de outubro de 1978. O solo local tremeu durante alguns segundos quando 58 t de dinamite foram detonados para determinar uma correção de curso das águas, na altura de Itaipu. O rio começou a fluir por um novo caminho de 2 km de extensão e 150 m de largura e 90 m de profundidade máxima, capaz de permitir o escoamento durante a construção da barragem principal, de uma vazão excepcional de 39.790 m³/s, superior à da maior enchente registrada no local até aquela data e que fora de 33.031 m³/s. Para a abertura do canal de desvio foi preciso escavar 22,5 milhões de m³ de rocha e terra, material usado na construção da barragem de enrocamento. As demais escavações somaram 23 milhões de m³ de terra e rocha.

No domínio da construção civil, Itaipu atingiu um índice de nacionalização, considerando o parque brasileiro, da ordem de 100%. Na área de fabricação e montagem dos equipamentos, o índice de nacionalização foi inferior a 85%.

Logo após a operação do desvio, com a presença dos presidentes Ernesto Geisel, do Brasil, e Alfredo Stroessner, do Paraguai, foi assinado com o consórcio Itaipu Eletromecânico um contrato de US\$

800 milhões para a compra das 18 turbinas e dos turbos-geradores de 700 mW cada.

A primeira dessas turbinas teve o primeiro giro mecânico em 17 de dezembro de 1983, um ano depois de formado o lago de Itaipu. No dia 5 de maio do ano seguinte Itaipu deixa de ser apenas uma grande obra, começando a produção industrial de energia de sua primeira unidade instalada. No dia 27 de setembro seguinte inaugura-se a segunda unidade e no dia 1º de março de 1985 é iniciada a venda de energia. A 18ª turbina foi inaugurada em 6 de maio de 1991, entrando em operação comercial no dia 30 do mesmo mês.

O impacto econômico da obra tanto no Brasil quanto no Paraguai e em países vizinhos foi considerável. O Brasil estabeleceu um parâmetro com essa hidrelétrica julgada monumental por especialistas internacionais em obras de barragem. Do ponto de vista regional, o impacto não foi menos mensurável. Basta dizer que em 1970 a cidade de Foz do Iguaçu tinha 20.147 habitantes. Dez anos mais tarde a população havia quintuplicado: era de 101.447 pessoas.



Notas bibliográficas

Itaipu, a Luz – publicação da Itaipu Binacional, comemorativa dos 25 anos da entidade, com redação e edição de Nilson Monteiro
Reportagens da revista *O Empreiteiro*

As obras civis foram realizadas pelo consórcio brasileiro-paraguaio Unicom/Conempa e para a montagem dos equipamentos permanentes foi contratado o consórcio Itamon.
Fotos: A fase da concretagem das grandes estruturas, a formação do lago e os vertedouros

Projeto assimilou tecnologia pioneira





governo Geisel decidira que a transmissão da energia gerada em Itaipu seria realizada através de dois sistemas paralelos, em corrente alternada e contínua, com capacidade para transportar 6 mil MW cada um. Furnas, responsável pelo empreendimento, decidiu licitar em regime de empreitada global as duas estações conversoras do sistema de corrente contínua (*high voltage direct current*). Elas não tinham similar no mundo; seriam, simplesmente, as maiores até então construídas.

Consociadas, ASEA e Promon ganharam a concorrência internacional realizada por Furnas e tornaram-se responsáveis pela execução de um contrato cujo valor, com seus diversos desdobramentos, viria a atingir cerca de US\$ 1,2 bilhão de dólares, um terço dos quais a cargo da Promon. O contrato foi assinado no dia 8 de abril de 1980, em Brasília, no gabinete do ministro das Minas e Energia, César Cals.

Anos antes, a Promon havia sido contratada pela Itaipu Binacional para executar os projetos básicos e executivos da barragem principal e da tomada de água da hidrelétrica.

Ao consórcio coube a realização do empreendimento como um todo. A Promon respondeu pela coordenação geral do empreendimento, pelos serviços de engenharia prestados no Brasil, pela construção e montagem e pelo fornecimento parcial dos equipamentos nacionais. As empresas do grupo ASEA forneceram a tecnologia especializada em transmissão de energia em corrente contínua.



As duas estações do empreendimento, uma retificadora, em Foz do Iguaçu, e outra conversora, em São Roque (SP), estão situadas a aproximadamente 800 km uma da outra, distância que deveria ser vencida para fornecer a energia de Itaipu aos mercados consumidores do Centro Sul.

Alguns números dão a dimensão do empreendimento: movimento de terra, 9,7 milhões de m³; concreto, 75 mil m³; pavimentações, 960 mil m²; equipamentos e materiais, 100 mil t; horas trabalhadas, 22 milhões.

A utilização do sistema HVDC para transmissão da energia de Itaipu simplifica as conexões entre redes de corrente alternada, de igual ou diferentes frequências. Enquanto o Brasil utiliza 60 ciclos como sua frequência, muitos dos países vizinhos adotam 50 ciclos. Em Itaipu, as nove turbinas paraguaias geram corrente alternada de 50 ciclos. Elas são convertidas para corrente contínua no próprio local e transmitidas através de dois bipolos de HVDC a 600 KV até São Roque, onde novamente são convertidas para corrente alternada, agora, porém, em 60 ciclos, para distribuição aos consumidores.

A construção do sistema de transmissão em corrente contínua de Itaipu foi um dos mais bem-sucedidos programas de transferência tecnológica feitos no Brasil. Essa era uma das condições impostas por Furnas na licitação internacional para o empreendimento.

Para desenvolver o projeto e assimilar o *know-how* nele envolvido, vários profissionais da Promon chegaram a permanecer três anos na Suécia. O projeto chegou a mobilizar, nos momentos de pico, um efetivo de 300 profissionais da empresa, além de mais de 7 mil pessoas nas obras, em Foz do Iguaçu e São Roque.

As dificuldades da economia no início da década de 80 afetaram profundamente o cronograma inicial do projeto, que passou por diversos adiamentos e foi concluído em novembro de 1991.



Fotos: A construção do sistema de transmissão em corrente contínua foi um dos grandes programas que permitiram a transferência tecnológica

Os recordes sobre (e sob) a baía de Guanabara

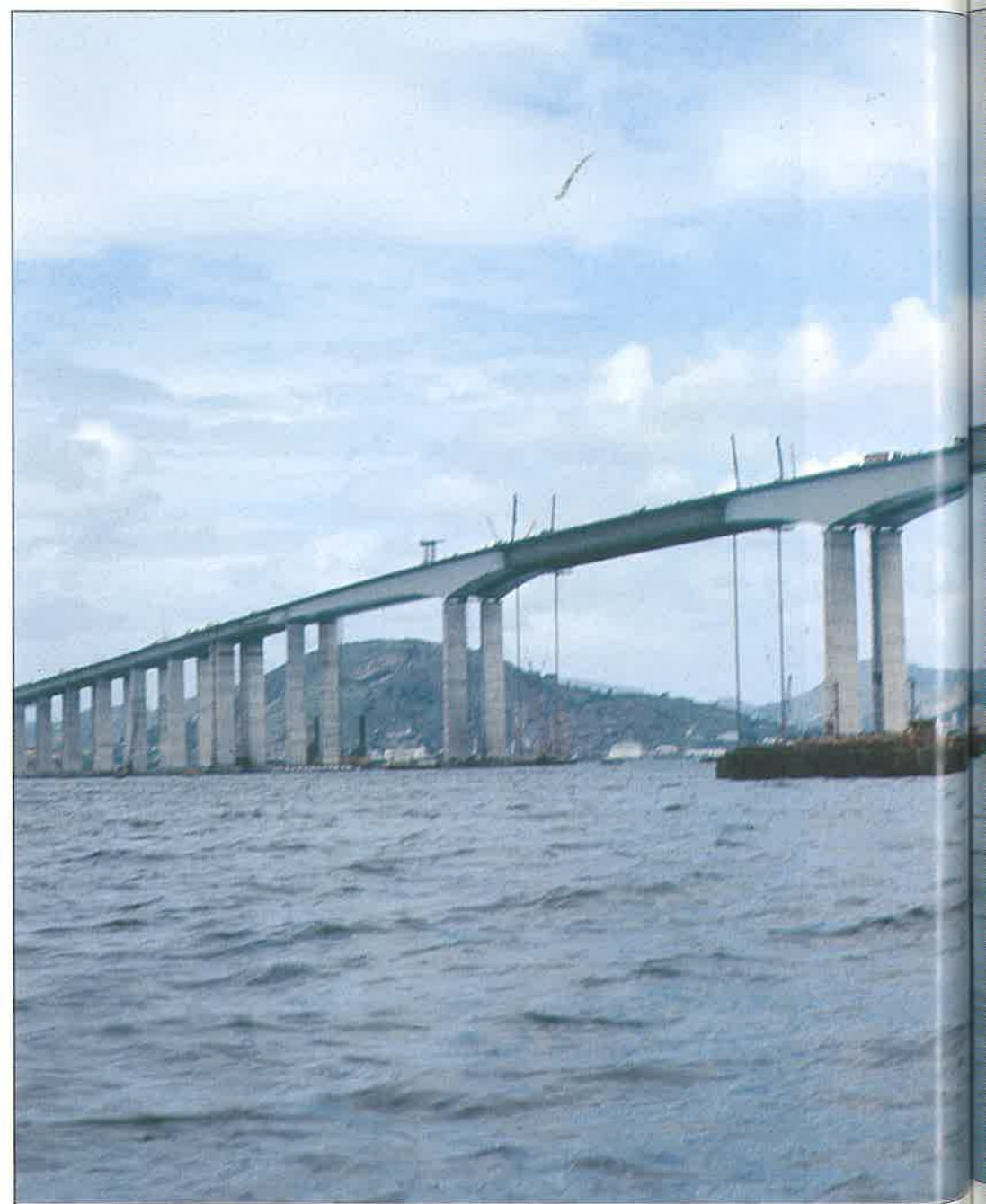
A ponte Rio-Niterói, construída na década de 70, inaugurou, com seus quase 14,32 km de extensão, 8 deles sobre a baía da Guanabara, uma série de recordes em obras desse tipo. Projetada como alternativa (15 minutos) à ligação rodoviária de 110 km (duas horas) entre as duas principais cidades do estado do Rio de Janeiro, que contorna a baía, e à travessia por barcas (uma hora e meia), deveria receber um volume de tráfego de 50 mil veículos/dia, com duas pistas de três faixas por sentido.

As exigências de altura mínima de 60 m para passagem de navios de grande porte e a altura máxima de 72 m acima do nível do mar para segurança do pouso e decolagem dos aviões no aeroporto Santos Dumont determinaram escolha da superestrutura que poderia ter no máximo 12 m de altura no vão central. Tais exigências invalidaram a opção por uma ponte pênsil ou de viga estaiada, determinando a escolha da viga contínua de aço, com placa ortotrópica, totalmente soldada. A viga reta, em caixão tubular, compreende três vãos contínuos, sendo o central de 300 m e outros dois adjacentes de 200 m, dois balanços de 30 m em cada extremidade da viga e dois vãos de 44 m que se apóiam nos balanços respectivos das estruturas de concreto e de aço. A extensão total da estrutura de apoio é de 848 m, com peso aproximado de 14 mil t.

Essa opção introduziu a ponte no **Guinness Book** como recordista do maior vão em viga reta metálica do mundo. Um dos autores do projeto afirma que a Rio-Niterói é recordista mundial em outros três itens: como ponte em aduelas pré-moldadas de concreto protendido coladas com resina epóxi para a extensão de 7.184 m e largura de 26,6 m; pelos 20 milhões de m³ de volume de sólido que a circunscvem e pelo prazo de 20 meses para completá-la.

A concorrência para consórcios, já que não havia empresa que pudesse assumir sozinha a responsabilidade de construir a ponte, foi realizada em 1968. As obras começaram em 1969, tiveram uma interrupção em 1971 e foram concluídas em 1974.

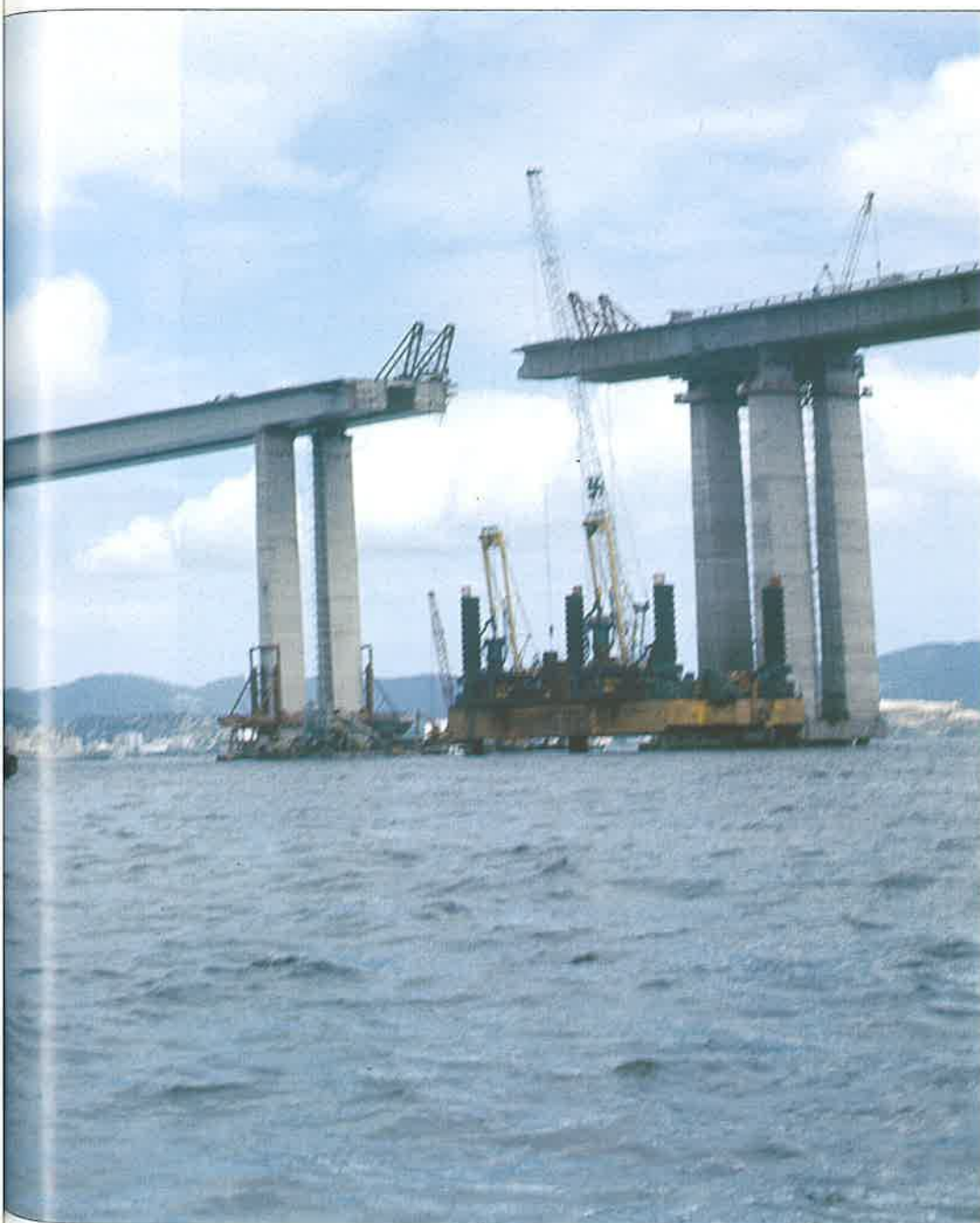
As obras da ponte foram divididas em onze trechos: acesso Rio com três viadutos em concreto protendido e área total de estruturas de 76.153 m²; viaduto de 1.600 m em concreto protendido na avenida Rio de Janeiro; ponte de 4.912 m em concreto protendido pré-moldado; ponte de 848 m em viga caixão de aço, sobre o canal principal de navegação, com vão central de 300 m e dois vãos adjacentes com 200 m cada; ponte de 1.632 m em concreto protendido pré-moldado; trecho de 219 m em corte e aterro na ilha de Mocanguá Grande, com duas rampas de acesso à ilha; ponte de 1.340 m em concreto protendido pré-moldado; trecho de 176 m em corte e aterro na



ilha do Caju; ponte de 104 m da ilha do Caju ao aterro de Niterói; praça de pedágio com 424 m sobre aterro hidráulico; acesso Niterói com 18 rampas, 8 das quais em viadutos, com um total de 25.096 m² de estruturas.

A construção da ponte empregou 1.142 longarinas nos acessos Rio e Niterói e 3 mil aduelas correntes, 182 de apoio e 68 de articulação. As aduelas são peças pré-moldadas de 12,6 m de largura, 4,80 m de comprimento e pesando cerca de 110 t que constituem os caixões sobre os vãos. Elas foram fabricadas em linha industrial (10 unidades por dia) com aquecimento do concreto para acelerar a cura. À medida que ficavam prontas, eram transportadas por um pórtico até o flutuante que as levava aos locais de içamento.

Para construir os 247 pilares em terra e 103 pilares duplos no mar, com igual número de blocos de coroamento, foram cravados 199 tubulões de estacas metálicas. A ponte utilizou ainda 452



tubulões a ar comprimido para 49 fundações que atingiram 30 m abaixo da água. Outro tipo de tubulão foram os 489 escavados com equipamento Bade-Wirth para 36 fundações. Pela primeira vez no Brasil foram usadas plataformas auto-elevatórias (pontões metálicos de 46 m x 24 m e 4,20 m de altura, deslocáveis por reboque e providos de 4 pernas hidráulicas de até 60 m) e a técnica de concretagem submersa na execução de tubulões de grande capacidade de carga em obras no mar.

Com suas cargas transmitidas aos tubulões por blocos de concreto armado de 2 a 2,5 m de altura, os pilares da meso-estrutura foram executados com fôrmas metálicas deslizantes. A superestrutura do trecho em concreto sobre o mar é de viga contínua em caixão, de concreto protendido pré-moldado em aduelas e executada pelo processo de balanços sucessivos.

A estrutura metálica do vão central, fabricada em módulos na Inglaterra, foi montada na ilha do Caju compondo cinco unidades. A unidade central, lançada na água, serviu de flutuante para o transporte das demais peças até o eixo da ponte, de onde eram içadas até o topo, com o uso de macacos hidráulicos e, a partir daí, “deslizavam” até os aparelhos de apoio. Por fim, a mesma operação foi realizada para o encaixe da unidade central.

Notas bibliográficas:

Publicação *Principais Obras*, da Camargo Corrêa
Revista *O Empreiteiro* (edição de janeiro de 1974)

Fotos: Vista da superestrutura de concreto em viga contínua sobre o mar e a fase do içamento do vão metálico central

Uma estrada sobre as águas



A construção da rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319), com 874 km de pista pavimentada, foi uma das mais curiosas experiências da engenharia rodoviária brasileira: ela foi construída praticamente sobre as águas.

A rodovia estende-se ao longo de terreno invariavelmente plano caracterizado por grandes áreas de pântanos e alagadiços. O projeto previa implantação básica e pavimentação, 17 obras-de-arte especiais, 23,2 milhões de m² de desmatamento, 40,9 milhões de m² de destocamento e limpeza, 20,8 milhões de m³ de terraplenagem, 18,1 milhões de m³ de compactação controlada, 1,1

milhões de m² de sub-base de solo estabilizado e 855 mil m³ de base estabilizada de solos lateríticos.

O primeiro obstáculo colocado pela obra era o incógnito. Os engenheiros, procedentes de Minas Gerais, só tiveram noção exata das dificuldades que enfrentariam para fazer a obra quando chegaram àquela região. Ao longo do trecho definido para a estrada não havia qualquer estrutura satisfatória para um adequado apoio logístico. A situação se agravava na medida em que eles deveriam preocupar-se simultaneamente com as questões da engenharia propriamente dita e da estrutura administrativa, uma vez que teriam de prover o canteiro e, ao mesmo tempo, prestar assistência tanto às centenas de empregados



isolados na selva quanto a suas famílias, fossem as que se mudaram para Manaus ou Porto Velho, fossem as que ficaram em suas regiões de origem.

No início a expectativa quanto ao inusitado ainda constituiu um estímulo. Era a atração do desconhecido. Depois os obstáculos quotidianos sobrevieram. Os engenheiros e trabalhadores viam a obra progredir e, de repente, vinham as chuvas, colocando literalmente por terra tudo o que haviam construído. As obras avançavam mais um pouco e novamente se deparavam com imensas áreas alagadas que deveriam ser transpostas.

Do quilômetro 25 ao 40, a partir de Manaus, tudo ficava sob água no período das cheias. Do km 40 ao 100, alguns trechos ficavam inundados e outros, não, porque a cota já começava a subir. Na época da seca, o nível da água abaixava deixando sua marca em todas as árvores. Um acidente comum, conforme depoimento dos engenheiros, era o carro descontrolar-se à margem do trecho da estrada em construção e precipitar-se água adentro.

Diante de tanta água, alguma coisa teria de ser feita. Era preciso “inventar” uma terra firme capaz de proporcionar sustentação às obras em andamento. Na época de seca escavava-se nas laterais da faixa de domínio da estrada e jogava-se terra na pista. Com isso deixavam-se buracos ao longo do traçado que, na época das chuvas, viravam piscinas de até 10 m de profundidade. Além disso, não havia pedras na região para fazer a sub-base do pavimento. Era preciso ir buscá-las a 420 km de distância, numa pedreira administrada por um engenheiro da própria empreiteira. Um pormenor: além de se situar àquela distância da obra, a pedreira ficava inundada na época das cheias. Por isso, quando o tempo firmava, o trabalho tinha de ser intensificado. Explorava-se a pedreira, embarcava-se a brita em barcaças e levava-se esta para algum ponto estratégico de suprimento da rodovia.

A manutenção das máquinas era feita na linha de frente. Às vezes, com o trabalho desenvolvendo-se no meio da selva, os



operadores avisavam que havia apenas três tambores de óleo diesel de 200 l e que a qualquer momento o combustível poderia acabar. O jeito, nessas circunstâncias, era apanhar uma canoa e ir buscar o óleo. A viagem durava horas, quase dias, pelas águas do Sólímões e pelos igarapés, até o posto de abastecimento.

Por todas essas dificuldades a construção da Manaus–Porto Velho reveste-se de uma aura de epopéia. A estrada, iniciada em julho de 1968, foi concluída em dezembro de 1975.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Construtora Andrade Gutierrez, que construiu a BR-319
Fotos: A rodovia transpôs igarapés, avançou sobre pântanos e ganhou a selva, adequadamente pavimentada

Obras barram enchentes no Recife

Por 17 vezes, no período de 1854 a 1975, enchentes excepcionais transtornaram a vida da população do Recife, onde se registrou a média de uma inundação a cada sete anos. As três últimas enchentes que provocaram o caos na capital pernambucana ocorreram em 1966, 1970 e 1975. A mais volumosa foi da ordem de 3.400 m³/s. Levando-se em conta o fato de que o leito do rio Capibaribe só tinha capacidade para conter, sem transbordamentos, cerca de 700 m³/s, pode-se avaliar as proporções dos estragos ocasionados por essa inundação.

Na cheia de 1975 cerca de 5.100 hectares de áreas urbanas e suburbanas do Recife ficaram submersas por uma lâmina de água que, em alguns pontos, chegou a 3 m. Diante desse quadro de catástrofe o governo federal foi acionado e os estudos então realizados recomendaram a inserção de um conjunto de obras de engenharia no Programa Especial de Controle de Enchentes e Recuperação de Vales para resolver o problema. Segundo os estudos, a opção técnica e economicamente mais viável para bloquear as cheias seria reter as águas excessivas do Capibaribe e de seus afluentes com a construção de barragens e a retificação da calha do rio. Com tais obras seria assegurada



a capacidade de vazão em níveis suficientes para escoar as águas pluviais que caíssem abaixo das regiões controladas pelas barragens. A partir desses estudos foram desenvolvidos os projetos e em 1976 começou a construção das obras de Tapacurá, Carpina, Goitá e a retificação da calha do rio Capibaribe, a primeira do projeto.

Tapacurá, construída em 15 meses em São Lourenço da Mata, foi dimensionada com uma capacidade de controle de 360 km² de sua área total, correspondendo a cerca de 5% da bacia do Capibaribe. Tem capacidade de acumulação de 50 milhões de m³ de água. Os maciços da barragem possuem os taludes revestidos de enrocamento e sua largura, no coroamento, é de 6 m.

Carpina, no município do mesmo nome, executada em 29 meses, é barragem tipo mista, com capacidade de controle de 6 mil m² de sua área total, correspondendo a 81% da bacia. Tem capacidade de acumulação de 270 milhões de m³. O maciço de terra e enrocamento possui 42 m de altura e 950 m de extensão, com largura de 200 m na base maior e 8 m de largura no coroamento. Ele é atravessado por uma galeria com 2 tubos circulares de 4,50 m de diâmetro, que funciona como descarga de fundo. Cada tubulação foi calculada para vazão da ordem de 200 m³/s, o que permitiu reduzir em até 15 vezes a maior enchente ocorrida na região, com apenas uma de suas comportas aberta. A barragem tem sangradouro de emergência com 400 m de extensão, com capacidade para dar vazão a um volume de água da ordem de 12 mil m³. Quatro diques de terra fecham os pontos de fuga.

Goitá, no município de Glória de Goitá, construída em 19 meses, é tipo concreto, com capacidade de controle de 450 km², correspondendo a 6% de toda a bacia do Capibaribe. Sua capacidade de acumulação é de 52 milhões de m³. O maciço de concreto, tipo

gravidade, tem 38 m de altura e 200 m de comprimento, dos quais 55 constituídos pelo vertedouro destinado a controlar a vazão. O maciço dispõe de duas descargas de fundo providas de acionamento eletrônico.

A retificação da calha do rio Capibaribe, realizada ao longo de 10 meses, compreendeu os serviços de retificação e o alargamento da calha com o uso de dragas especiais e derrocamento de material rochoso, através de trabalhos de desmonte com fogo controlado.

Notas bibliográficas

Informações prestadas pela Construtora Queiroz Galvão, que executou as obras do projeto Capibaribe

Fotos: A barragem de Goitá (esquerda) e barragem de Carpina



Viga contínua de 320 m ainda é recorde

Concluída em fevereiro de 1975, a ponte Colombo Salles, que liga Florianópolis (Ilha de Santa Catarina) ao continente, constituiu recorde em termos de extensão de viga contínua na época de sua construção.

Hercílio Luz, a tradicional obra-de-arte que estabelecia a ligação dessa capital com o continente e que, sumariamente, era definida como um cartão postal de 800 m de estrutura metálica, apresentou graves problemas de corrosão em sua estrutura. Diante disso o governo do Estado determinou a realização de estudos para construir uma nova transposição. E optou-se pela construção de uma ponte em balanços sucessivos, de concreto protendido, com 1.227 m de comprimento e uma viga contínua de 320 m. Posteriormente foi construída outra ponte, a Pedro Ivo, concebida em estrutura mista.

As fundações da ponte Colombo Salles exigiram solução singular de engenharia no conjunto das demais etapas da obra. Chegaram a alcançar, em alguns trechos do traçado, no mar, 57 m de profundidade. Até 25 m de profundidade foi possível cravar os tubulões a ar comprimido, aprofundando-os até a rocha e promovendo-se o respectivo alargamento de base. Para as profundidades maiores elas tiveram de ser feitas em tubulões providos de camisas metálicas posicionadas e cravadas até o nível especificado. Em seguida procedeu-se à concretagem submersa dos tubulões, em cujo interior ficaram engastadas as respectivas estacas metálicas. A solução de engenharia para as fundações foi apresentada com a consultoria do engenheiro Sigmundo Golombek.

A execução da estrutura significou também trabalho extremamente engenhoso. A viga contínua é composta de três tramos com vãos de 77,5 e 160 m e largura total de 17 m. O vão central, o maior dentre eles, foi construído em duas metades e em balanço juntamente com os tramos de 77,5 m. Os 5 m centrais de ligação foram executados posteriormente. No total há 18 tramos. Com exceção daqueles que formam a viga contínua, os demais são simplesmente apoiados e têm comprimento variável de 75 m, 50 m e 42,5 m.

Considerando-se a carga de peso próprio do concreto, a estrutura teria de funcionar, na primeira fase, como dois duplos balanços independentes engastados no pilar. O engastamento foi obtido com a execução de duas paredes provisórias de concreto, com espaçamento de 16 m entre elas. Ambas foram executadas simultaneamente ao trecho inicial da superestrutura sobre cimbramentos comuns. As 18 aduelas sucessivas, de 4 m, previstas para a obra, foram moldadas no local.

Na segunda fase foram introduzidos, na parte central, os cabos para a execução da viga contínua e, então, foram concretados os 5 m de fechamento. Depois da protensão dos cabos foram demolidas as paredes provisórias, iniciando-se, a partir daí, uma das operações mais interessantes da construção: feita a demolição das paredes, a viga passou a se comportar como viga contínua para todas as cargas aplicadas dali em diante. Cuidadosos cálculos estruturais previram, com precisão, a necessária distribuição das cargas: 35% delas seriam transferidos para a





estrutura em viga contínua e 65% permanecendo na estrutura isostática de duplos balanços.

Paralelamente aos trabalhos de engenharia, chama a atenção, nessa obra, na qual foram aplicados 28.200 m³ de concreto, 61%

nos trechos protendidos, a concepção da arquitetura, que conferiu esbeltez ao conjunto ao mesmo tempo em que proporcionou conforto aos usuários. Os pedestres podem passar por ela protegidos do sol, da chuva e do vento.

Notas bibliográficas

Dados fornecidos pelo Escritório Técnico Figueiredo Ferraz
Livro *Pontes Brasileiras*, do professor Augusto Carlos Vasconcelos
A obra foi construída pela Norberto Odebrecht e o projeto de arquitetura teve a assessoria do escritório Croce, Aflalo & Gasperini.

Fotos: Arquivo do Escritório Técnico Figueiredo Ferraz
A obra de arte, que bateu um recorde em seu gênero, virou outro cartão postal de Florianópolis, depois da Herculio Luz



Engenharia metroviária fez escola

São Paulo deu a partida na evolução da engenharia metroviária no País. De uma forma geral, a década de 70 se caracterizaria por profundas mudanças na tecnologia dos metrô no mundo. E essas mudanças acabaram se refletindo no projeto inicial do metrô paulistano, elaborado pelo consórcio HMD, formado pelas empresas alemãs Hochtief e Deconsult e pela brasileira Montreal.

Técnicos do Metrô inteiraram-se das inovações que vinham ocorrendo em metrô construídos em outros países e conseguiram introduzir alterações no projeto de origem, que acabou incorporando conquistas tecnológicas tanto nas soluções de engenharia para abertura de valas, túneis e construção de estações e demais equipamentos, com aprimoramentos que mais tarde vieram a se refletir na tecnologia do concreto, quanto na parte do material rodante e no avançado sistema de controle operacional.

Os projetos de engenharia, coerentes com as inovações que lhes eram incorporadas, dividiam cada linha em trechos bem definidos a fim de que em cada um deles fossem utilizadas técnicas construtivas apropriadas ao traçado, terreno e características ambientais.

Foi o que ocorreu na linha 1 – (Azul), anteriormente chamada de Norte-Sul.

Exemplo dessa preocupação quanto à racionalidade e busca de métodos construtivos que levassem em conta a especificidade de cada trecho foi a ligação das estações Sé e São Bento, considerada a mais difícil ao longo da Norte-Sul. É que o metrô deveria passar sob edifícios, ruas estreitas e monumentos históricos. Os estudos para superar esse problema levaram à opção pelo uso de equipamento até então inédito no Brasil e mesmo na América do Sul: o *shield*, um simulacro de broca gigante que operou sob a terra, sem interferir na superfície, deixando o túnel pronto, com suas paredes revestidas com anéis metálicos ou de concreto. O primeiro *shield*, o *tatução*, era semi-automático e foi adquirido nos Estados Unidos por uma das construtoras do metrô, a Camargo Corrêa.

O andamento das obras, que transformou a cidade de São Paulo em um dos maiores canteiros de obras do mundo, teve resultado auspicioso. No dia 11 de fevereiro de 1975 foi realizada a primeira viagem de uma composição metroviária. Ela percorreu toda a



linha, de Santana a Jabaquara, em uma extensão de 16,7 km. Em 1998 foi entregue à população a extensão Norte, que adicionou à linha 1 (Azul) mais 3,5 km de vias e três novas estações: Jardim São Paulo, Parada Inglesa e Tucuruví.

A linha Leste (Vermelha), deveria ter apenas 7 km, ligando a Casa Verde à Vila Maria, e seria totalmente subterrânea. Novos estudos, entretanto, recomendaram que ela deveria ser bem mais longa e com um desenho muito diferente daquele original. A exemplo do que acontecia com os metrô de São Francisco, México, Washington e Atlanta, ela acabou projetada para ser construída em superfície. Teria mais de 30 km entre a praça da Sé e Guaianazes e seria construída paralelamente aos trilhos da antiga Rede Ferroviária Federal. Mais tarde seria construído o trecho Guaianazes-Calmon Vianna, utilizando plenamente o leito ferroviário. A solução permitiu uma economia equivalente a 1/3 do orçamento original.

Ocorre, entretanto, que a realidade impôs novas alterações de projeto. A linha teria de ser prolongada até Itaquera. A deficiência da rede ferroviária fez com que a linha Vermelha já nascesse sobrecarregada. Posteriormente, em 1975, foi definido o trecho rumo ao Oeste. E a estação da Barra Funda foi escolhida como o ponto de conexão do metrô com a malha ferroviária local, ou seja, a Fepasa e a estrada de ferro Santos-Jundiaí.

A construção dessa linha representou, mais do que as outras, ampla renovação urbana, sobretudo no entorno das estações, com a recuperação de áreas deterioradas. A linha Leste-Oeste ficou marcada por três características predominantes: inovação, reurbanização e nacionalização de equipamentos.

Lições importantes foram extraídas da linha 2 (Verde), ou Vila Madalena—Sumaré, cujos estudos de viabilidade, desenvolvidos em 1973, consideravam-na uma prioridade. Esses estudos, entretanto, só começariam a ser formatados como projeto em 1979, quando o desenvolvimento urbano exigiu a expansão da rede metroviária. As coisas, entretanto, continuaram muito lentas. A tal ponto, que as obras só começaram efetivamente em 1987. A preocupação, nesse trecho, voltou-se para a necessidade de se reduzir ao mínimo os impactos no meio ambiente, em especial porque o traçado previa passagem sob a avenida Paulista. Ao longo desse trecho houve uma ampla conjugação de técnicas construtivas, algumas inéditas no País. Atualmente a linha 2 (Verde) tem 7 km de extensão e 8 estações.

Em seu conjunto, o metrô registra notáveis marcos técnicos: o uso de *shield* na construção de túneis; os aperfeiçoamentos contínuos de obras desse tipo recorrendo ao processo Berlinense; a substituição de anéis importados por nacionais; o uso de anéis pré-moldados de concreto; o emprego do método austríaco de túneis (NATM); o uso de dormentes de concreto monobloco nos trechos de superfície; a evolução de novos métodos de cálculo de estruturas a partir de modelos unidimensionais simplificados; o emprego de material rodante nacional e notáveis avanços no campo da supervisão centralizada da operação.

Cabe destaque especial à arquitetura das estações, bem-resolvidas em cada trecho e todas de concepção coerente com os valores estéticos e históricos da cidade. Exemplo disso é o projeto da Ponte Pequena (hoje estação Armênia), pelo qual seu autor, o arquiteto Marcelo Frajelli, recebeu prêmio internacional.

O metrô do Rio de Janeiro foi outro amplo canteiro de experiências técnicas

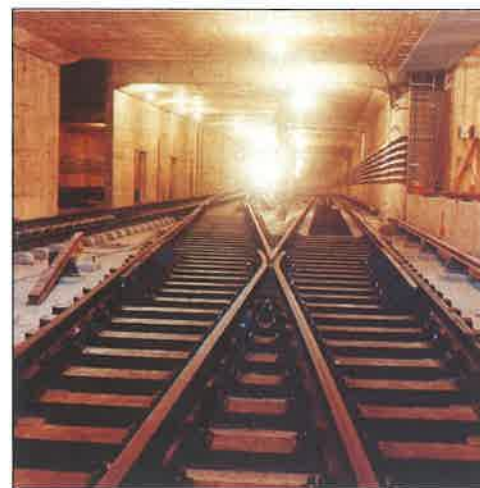
O metrô carioca, outra obra marcante da década de 70, constituiu, a exemplo do metrô paulistano, outra notável experiência para a engenharia brasileira em seus diversos segmentos.

Construída a linha prioritária (primeira fase), que ia da Central do Brasil até a Glória, prolongando-se, depois, até a praça Saens Peña, na Tijuca, o Metrô demoraria muitos anos até dar segmento ao seu plano de expansão, construindo a linha 2.

Se, na primeira fase, a construção foi marcada por técnicas específicas, sobretudo em consequência de escavações em áreas centrais, o que exigiu cuidadoso trabalho de contenção de paredes de galeria mediante a construção de paredes-diafragma e emprego de perfis pranchados, tendo em vista a preservação de edifícios históricos e a manutenção das atividades de toda ordem ao longo do traçado, na linha 2 as exigências não foram menores.

Paralisada há cerca de duas décadas, a obra cruzando os bairros de Acari e Pavuna e prevendo a construção de estações tais como as de Coelho Neto, Fazenda Botafogo, Rubens Paiva e Pavuna, não poderia provocar impactos demasiados sobre as vias urbanas. Em vista disso, o Metrô aconselhou a montagem de fábrica de pré-moldados fora do canteiro mas não tão distante que tornasse problemático o transporte das peças até o local de sua utilização. Nessas circunstâncias os elementos pré-moldados eram produzidos de acordo com a demanda, evitando-se a formação de estoques e garantindo a obra no prazo.

As peculiaridades de solo em cada estação demandaram estações diretas e estacas escavadas a profundidade de até 18 m. Localizada em terreno com presença de turfa e alto nível de lençol freático, a estação Pavuna, a maior de todas, com 8.562 m² de área, recebeu fundação tipo tubulão. Ela se difere das demais pelo sistema de cobertura adotado, que emprega estrutura metálica espacial.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Companhia do Metropolitano de São Paulo, Construtora Queiroz Galvão e Escritório Técnico Figueiredo Ferraz
Revista *O Empreiteiro*.

Em dia com os avanços da tecnologia aeroportuária

A construção do aeroporto internacional do Rio de Janeiro, inicialmente Galeão e hoje Tom Jobim, incorporou tudo o que havia de mais avançado em tecnologia aeroportuária, marcando a maturidade da engenharia brasileira em empreendimentos do gênero.

Principal entrada de aeronaves no Brasil e a única para passageiros de supersônicos, o aeroporto internacional do Rio de Janeiro tem porte gigantesco. Sua construção envolveu procedimentos e métodos especiais. O sistema elétrico pode iluminar uma cidade de 50 mil pessoas. As escavações e os aterros tiveram movimentação suficiente para construir um novo aterro do Flamengo. Seu reservatório é capaz de abastecer uma cidade de 520 mil habitantes. O concreto utilizado foi equivalente ao volume usado para construir cinco estádios do porte do Maracanã. Para as obras civis foram utilizados 30 mil desenhos de detalhamento e cerca de 50 mil operários foram cadastrados para suprir a necessidade de mão-de-obra, que contou com um efetivo médio mensal de 6.500 homens.

A primeira fase das obras físicas foi entregue em agosto de 1976 com a conclusão da primeira pista (14/32) de 3.700 m de extensão e das áreas A, B e C. Conferiu ao aeroporto a capacidade para atender 6 milhões de passageiros no embarque e desembarque, serviços e estacionamento para 1.761 veículos.

O edifício da administração e controle, de sete andares (43 m de altura), é totalmente climatizado e provido de complexo sistema antiincêndio. No térreo estão a central telefônica, agência bancária, restaurante, auditório e estacionamento para 400 carros. Nos primeiros andares estão o departamento de aviação civil, o departamento de eletrônica e proteção ao voo, saúde, polícia e escritórios das empresas aéreas. Nos outros andares estão a superintendência geral do Airj e escritórios da Arsa. A central de computadores, que comanda e controla a rede interna de tv, informações ao público por televisores, teleindicadores de partidas e chegadas e a central telefônica, primeira semi-eletrônica da América Latina quando da sua implantação, ficam no sexto andar. Na cobertura há um terraço panorâmico.

Outros sistemas em operação na primeira fase foram: a torre de resfriamento dos sistemas de refrigeração do prédio e das áreas dos passageiros; o reservatório semi-enterrado de 1,5 milhão l de água para a rede de combate a incêndio e reposição ao sistema de resfriamento; central de grupo gerador diesel de emergência que garante



o pleno funcionamento do aeroporto, no caso de falha do fornecimento de energia elétrica, podendo entrar em funcionamento em 30 segundos com comando à distância; o eixo viário de entrada do aeroporto com 1.600 m de extensão em duas pistas de 7 m de largura e previsão para outras duas na faixa central.

O presidente Ernesto Geisel inaugurou o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, no Galeão, no dia 20 de janeiro de 1977, sete anos após iniciada a sua construção. Sua operação começou com o



terminal doméstico, em forma de meia lua, com as passarelas telescópicas (*fingers*) de embarque e desembarque.

As pistas de rolamento para aeronaves têm extensão de 2.242 m e largura de 22 m numa área total de 52.480 m². Foi empregado pela primeira vez na América Latina o concreto protendido pelo processo *Dynwidag* na pavimentação de pistas de aeroportos. A exigência da tecnologia eletrônica dos novos aviões, o alto custo de manutenção de juntas, a simplicidade executiva, além da economia de 50% de volume de concreto, foram fatores decisivos para adoção do processo. Para se ter uma idéia, foi possível estabelecer o recorde de 35 mil m² de pavimentação dessas pistas em concreto, num único mês.

A segunda pista – 09/27 – tem 4 mil m de extensão, 45 m de largura e 7,5 m de acostamento para cada lado e é provida de duas pistas de rolamento PR5 e PR6 em concreto protendido, com 22,5 m de largura e 11,25 m de acostamento de cada lado; pátio de concreto protendido para servir à área industrial de 90 mil m² e viaduto V5 para conexão da pista 09/27 com os pátios dos terminais de passageiros 1 e 3. A pista é dotada do mais avançado sistema de sinalização para operação de aeronaves de noite ou em condições atmosféricas adversas.

Em janeiro de 1980, o ministro Délio Jardim de Mattos reinaugurou a pista 14/32, que ficara interditada desde maio de 1979. Foi reconstruída em sete meses, passando a operar na Categoria I, para pousos com visibilidade de 600 m e teto de 60 m, e duplicando a capacidade de atendimento às aeronaves do aeroporto. As obras incluíram a recuperação do pavimento da pista principal com 3.180 m, sendo as cabeceiras de concreto (150 m na cabeceira 14 e 300 m na cabeceira 32) e o restante em concreto asfáltico. Foi refeito o sistema de drenagem, construídas duas saídas em concreto, executada a rede de dutos elétricos e eletrônicos com cerca de 15,5 km de dutos e aprimorado o sistema eletroeletrônico de proteção ao voo.

A crescente demanda do tráfego aéreo e o risco de saturar o aeroporto nos horários de pico levaram à construção do segundo pátio de estacionamento de aeronaves, envolvendo um volume de concreto da ordem de 84 mil m³ numa área de 245 mil m². O novo pátio permite de 27 a 32 posições de estacionamento de aeronaves, praticamente dobrando a capacidade, que era de 34 posições no primeiro pátio. O projeto do aeroporto tem flexibilidade para novas ampliações sempre que forem necessárias.



Notas bibliográficas:
Dados da Odebrecht
Revista O Empreiteiro

A maior lição da engenharia rodoviária brasileira

A Rodovia dos Imigrantes foi construída para atender ao fluxo de veículos entre a baixada e o planalto, uma vez que a via Anchieta já se achava, na época em que as obras foram iniciadas – começo da década de 70 – com a sua capacidade de vazão praticamente esgotada.

Fixada como o objetivo número um da Desenvolvimento Rodoviário S. A. (Dersa), criada pelo governador Abreu Sodré em março de 1969, a rodovia continua sendo, a maior contribuição técnica que uma estrada do gênero poderia proporcionar à engenharia rodoviária brasileira.

A nova alternativa de ligação entre São Paulo e Santos deveria atravessar os municípios de Diadema, São Bernardo do Campo e Cubatão enfrentando condições geológicas absolutamente adversas em seus vários trechos: o planalto, numa extensão de 30 km, com predominância de extraordinária movimentação de terra e que foi inaugurado em 23 de janeiro de 1974; a serra do Mar, com 16 km; e a Baixada Santista, numa extensão de 12 km, avançando em área de mangue e exigindo também a construção de várias obras-de-arte especiais.

As dificuldades da construção da rodovia começaram no planalto com as desapropriações necessárias para o andamento das obras. Um considerável obstáculo consistia na necessidade de passar por Diadema sem seccionar o tráfego urbano local e sem prejudicar o futuro desenvolvimento do município.

Os 1.100 m de largura da represa Billings exigiram aterro sobreposto para a construção das pistas, sendo um dos trechos mais complexos. Mais de 2 mil trabalhadores tiveram de ser mobilizados durante oito meses consecutivos para fazer essa transposição.

A construção da barragem sobre a represa demandou o lançamento de 8.900 m³ de pedra para o enrocamento. Inicialmente, para dragagem e limpeza do fundo da Billings, utilizaram-se equipamentos sofisticados e de grande porte, que retiraram 2.400 m³ de lodo. Em um só dia foram movimentados, em duas frentes distintas de trabalho, 50 mil m³ de aterro, operação que envolveu, até então, a maior



concentração de máquinas e homens do continente em uma operação desse tipo.

Condições climáticas difíceis, em especial a chuva, que destruiu o trabalho que acabara de ser feito, concorreram para complicar o andamento das obras na serra do Mar. Nesse trecho, os poucos momentos de sol eram aproveitados da melhor forma possível.

A alternativa mais viável para a estrada, no maciço da serra, seria o uso de pavimento de concreto, julgado mais seguro e eficiente diante das características da futura rodovia, em termos de solicitação e de volume do tráfego. Uma das empreiteiras chegou a importar sofisticada maquinaria, incluindo um trem concretador, para fazer esse tipo de pavimento. Preliminarmente decidiu-se utilizar essa técnica na construção da interligação do sistema Anchieta-Imigrantes, com 8 km de extensão, mas antes mesmo que esse trecho fosse terminado, já se optava por construir as pistas, na serra, também com concreto. A técnica usada possibilitou a eliminação de emendas.

Estudos da Dersa mostraram que o pavimento de concreto apresenta três vantagens básicas: sua maior durabilidade justifica o custo inicial, mais elevado, é baixa sua despesa de manutenção e ele oferece maior segurança de tráfego pelas condições de rolamento e de visibilidade que proporciona. A qualidade e intensidade do tráfego então previsto para o sistema Anchieta-Imigrantes, como corredor de exportação e lazer de fim-de-semana, sobrevalorizaram a qualidade de rolamento, a durabilidade e a baixa necessidade de conservação do pavimento.



Trabalho de técnicos da empresa enfatiza que os bons resultados obtidos na execução do pavimento de concreto decorreram da conjugação de vários fatores positivos, entre eles o bom nível da mão-de-obra e dos equipamentos utilizados, o rigoroso controle tecnológico do concreto e a eficiente disciplina adotada na verificação dos parâmetros necessários para que o usuário tivesse o melhor padrão de conforto possível.

Na serra, a sucessão de túneis e viadutos minimiza o impacto causado no ambiente, preservando, na medida do possível, a vegetação primitiva. Ainda assim, na contenção de taludes, foram plantados 3,7 milhões de m^2 de grama.

Algumas das técnicas usadas no trecho: emprego de “armadura seguro” para compensar desaprumos de tubulões; uso de estacas-raiz de 20 t cada para absorver esforços das cargas normais; uso de estacas de escavação mecânica mediante utilização de bentonita, sem alargamento da base e com concretagem submersa; proteção dos tubulões com anéis de concreto; emprego de fôrmas deslizantes e trepantes na execução dos pilares; uso da cura eletrotérmica no concreto das vigas protendidas dos viadutos; a adoção de diversos tipos de emboque nos túneis, entre eles o suíço Bernold, no qual as lanças metálicas têm perfil especial, formando couraça articulada de proteção apoiada sobre cambotas recuperáveis.

O trecho final, na Baixada Santista, avançou sobre o mangue, dragando-se a faixa de domínio com a posterior execução de aterro hidráulico de areia.

Já a solução adotada para a construção dos viadutos foi a estrutura isostática, considerando-se as condições geológicas e a grande capacidade desse tipo de estrutura em absorver eventuais recalques e movimentações diferenciais do terreno.

Por causa das grandes alturas dos pilares implantados em vales profundos, prevaleceu a solução em torre para as alturas maiores e pilares singelos para o restante, dentro de um mesmo viaduto. A torre, sob a forma de pórtico, por sua grande rigidez e capacidade de absorção dos esforços longitudinais, foi considerada uma saída vantajosa.

A inauguração das obras dos trechos da serra e da Baixada ocorreu no dia 28 de junho de 1976.



Notas bibliográficas

Livro *Dersa – 20 Anos. Memória Técnica*, publicado pela Dersa com execução editorial da PW Gráficos e Editores

Processos executivos de pavimento de concreto, trabalho dos engenheiros Manoel Carlos Ferrari, Aymoré Santos Mattos Júnior e Edmundo Amaral Neto, da Dersa.

Reportagens publicadas na revista *O Empreiteiro* (edições de agosto de 1970, junho de 1974 e novembro de 1989)

Informações do Escritório Figueiredo Ferraz, da Cetenco Engenharia, da Construtora Camargo Corrêa e da Construtora Beter S. A.

Dados fornecidos pela ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

Fotos: Um conjunto de técnicas especiais foi empregado segundo o trecho específico – Planalto, Serra e Baixada Santista

Terminal para exportação de grãos





Construído para armazenar e escoar em direção ao mercado externo, sem estrangulamentos, a produção de grãos do Sul do País, o Terminal de Trigo e Soja do Porto de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, era apontado, quando entrou em operação nos anos 80, a maior obra portuária da América Latina. Com a possibilidade de movimentar 11 milhões de t/ano de grãos, ele foi projetado para duplicar a capacidade do porto do Rio Grande, assegurando o armazenamento e o escoamento de mais da metade de produção do trigo brasileiro, o que representava, na época, uma exportação de 3 bilhões de dólares/ano.

Os responsáveis pelo empreendimento consideraram, quando da elaboração do projeto e início efetivo das obras, que a operação do terminal se refletiria em expressiva redução dos valores dos fretes, no incremento da estocagem e no aumento da competitividade do produto brasileiro no plano internacional. Ainda hoje ele ocupa primeiro lugar no *ranking* dos maiores terminais graneleiros do continente.

Funcional, versátil e ágil, ele é dotado de instalações de grande porte. Sua parte terrestre é composta de silo vertical para 130 mil t, dois armazéns horizontais para 76 mil t cada, torres de transferência que controlam automaticamente o fluxo dos granéis e de moegas de recepção rodoviária e ferroviária. São dois cais, um de dois berços (450 m de extensão e 14,50 m de profundidade), dimensionado para receber navios de grande porte (de até 80 mil TDW), e outro de seis berços (630 m de extensão e 5 m de profundidade), especial para barcas e embarcações fluviais de até 3 mil TDW.

Dificuldades não faltaram na construção do Terminal de Trigo e Soja. As condições locais, bastante específicas (área arenosa), obrigaram os construtores a fazer escavações que chegaram, em alguns casos, a 9 m abaixo do lençol freático – isso a 50 m da orla marítima. Foi preciso cavar poços profundos e lançar mão de bombas injetoras de dois estágios e potência total de 300 hp. Outra investida pioneira

concentrou-se na construção da infra-estrutura do edifício de distribuição e pesagem das células, moegas e torre de transferência. O baixo suporte do solo – rico em argila orgânica e sob uma camada de areia superficial com espessura de 25 m – levou ao emprego de estacas de grande diâmetro. Moldadas no próprio local, elas foram executadas por perfuratrizes à rotação acopladas a guindastes de 60 t. No total foram confeccionadas 646 estacas de 53 m de comprimento (em média), 565 delas com 1.600 mm de diâmetro e 81 com 1.500 mm.

Não é demais lembrar que o Porto de Rio Grande é o quarto mais importante do País. Além de grãos, tem forte presença no embarque e desembarque de contêineres. No ano passado, Rio Grande movimentou 80 mil contêineres, volume que deve chegar a 100 mil em 1999 e a 200 mil no ano que vem.

Notas bibliográficas

Texto elaborado a partir de elementos da construtora Andrade Gutierrez, que construiu o terminal
Revista *O Empreiteiro*
Informações da superintendência do porto de Rio Grande

A ferrovia que transforma a região

A ferrovia Carajás, principal obra de engenharia do gênero construída na década de 80, é peça-chave do projeto desenvolvido pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) para o escoamento de uma produção global de minério de ferro de 35 milhões de t/ano, além de outros minerais. Na verdade, a ferrovia propiciou o

desenvolvimento econômico de toda a região do Carajás, não só de empreendimentos ligados à mineração como fora dela.

Para reduzir os custos do transporte ou para diminuir a “distância econômica”, como costumava dizer Eliezer Baptista, mentor do projeto Carajás quando ocupava a presidência da CVRD, a empresa



procurou a adequada integração entre as obras da ferrovia, as complexas montagens de equipamentos e infra-estrutura para operar as minas em Carajás e a construção do porto de Ponta da Madeira.

Em 1983, estavam concluídas as obras das usinas de britagem primária e secundária e montadas as instalações industriais com os respectivos equipamentos de lavra, beneficiamento e manuseio do minério da serra de Carajás. Simultaneamente, eram realizados os trabalhos de engenharia da infra-estrutura da estrada de ferro.

Dimensionada para transportar aquele volume de minério, a ferrovia avança ao longo de 890 km, sem a necessidade de túneis e com obras-de-arte em número relativamente reduzido. A infra-estrutura compreende plataforma com largura útil de 7,60 m nos cortes, 8,20 m nos aterros e sublastro com 20 cm de espessura. A superestrutura tem padrões brasileiros para bitola larga, com componentes nacionais. Os trilhos foram soldados eletricamente (sistema *flash-butt*) no terminal de Ponta da Madeira, formando barras de 400 m, unidas posteriormente no campo. Os dormentes são de madeira tratada, aproveitando as madeiras da região, selecionadas segundo recomendações adotadas após estudos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). O tratamento da madeira foi feito em São Luís, onde se concentraram as operações para o lançamento da superestrutura da ferrovia, que chegou ao ritmo de 2 km/dia.

Foram previstos 53 pátios de cruzamento, os mais importantes dos quais situados no terminal de Ponta da Madeira e no terminal de Carajás, onde os vagões são carregados. O terminal de Ponta da Madeira, com 6,5 milhões de m², funciona de modo a abrigar tanto as atividades de desembarque de minério, quanto as do centro de coordenação de todas as operações ferroviárias: o transporte do minério propriamente dito, o de passageiros, o de carga geral e o tráfego dos trens de manutenção.

A construção da estrada de ferro significou a execução de 62 pontes e viadutos, somando 11,3 km de obras-de-arte, destacando-se a ponte rodoferroviária sobre o Tocantins, com 2.310 m de extensão. Essa ponte, nas proximidades da cidade de Marabá, é a maior da ferrovia e permite também o tráfego rodoviário, substituindo a travessia por balsa. Os serviços de terraplanagem somam cerca de 110 milhões de m³ de volume total, ou seja, 120 mil m³/km, incluída a terraplanagem para os terminais, pátios intermediários e desvios.

Em novembro de 1983 foram entregues ao tráfego os primeiros 213 km da ferrovia, ligando Santa Inês a São Luís do Maranhão. Em fevereiro de 1985, 18 meses antes do cronograma originalmente estabelecido, foi oficialmente inaugurada a ferrovia, com a presença do presidente João Baptista Figueiredo. A cerimônia teve a presença de 150 empresas estrangeiras, em sua maior parte clientes da CVRD ou investidores potenciais, atraídos pelo Programa Grande Carajás.

O trem-tipo utilizado na ferrovia opera com três locomotivas diesel elétricas de 3 mil hp e 160 vagões de minério, pesando cada um 120 t e podendo carregar até 98 t de minério de ferro. O ciclo do transporte rodante é de 52 horas, sendo 43 em percurso, incluindo paradas e 9 horas nos terminais da mina e do porto. Para o transporte de 35 milhões de t/ano – a previsão da empresa na época – seriam necessários 68 locomotivas e 2.876 vagões.

No projeto do porto de Ponta da Madeira levou-se em conta o fato de que o sítio de sua implantação, a baía de São Marcos, onde o terminal foi instalado, apresentava largura e profundidade adequadas para receber graneleiros de até 280 mil TPB e um canal de



acesso natural que permitiria o tráfego simultâneo, em ambos os sentidos, dos navios de grande porte. Além de proporcionar boa visibilidade, a região localizava-se fora de qualquer rota de tempestades, com a vantagem de que o terminal poderia operar, livre da ação de fortes ondas, praticamente durante todo o ano. Como medida preventiva foram construídos dois molhes perpendiculares à linha de atracação.

A implantação do projeto Ferro Carajás empregou enorme contingente de trabalhadores da região e de outros pontos do País. No pico das obras, em 1982, trabalhavam ali 27.483 pessoas.

Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Companhia Vale do Rio Doce

Foto: Fase de montagem da superestrutura da ferrovia
Foto: Execução de pátio de minério de ferro da CVRD

A primeira em concretagem a vácuo



Foi uma sucessão de desafios, desses que exigem muita engenhosidade, coisa que a engenharia civil brasileira demonstra reunir de sobra. Precisou-se adotar soluções criativas para tirar do papel a usina hidrelétrica de Emborcação, no rio Paranaíba, inaugurada em 1982. Erguida na divisa de Minas Gerais com Goiás, essa usina, administrada pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), a terceira construída naquele rio, utilizou tecnologias avançadas para a época: concretagem a vácuo, aeração da calha do vertedouro e escavação mecanizada dos condutos forçados – serviços que exigiram o emprego de equipamentos especialmente projetados para a obra.

Os condutos forçados têm comprimento médio de 286 m e apresentam um longo trecho inclinado, que faz ângulo de 50° com a horizontal. No trecho revestido em concreto o diâmetro da escavação chegou a 8,70 m, tendo oscilado em torno de 7,40 m no intervalo blindado (40 m de trecho horizontal inferior). O volume de concreto utilizado no revestimento, incluindo a blindagem, foi de 30 mil m³.

A escavação foi feita em três fases: a primeira cuidou do trecho horizontal inferior; a segunda, do horizontal superior; e a terceira, do trecho inclinado. Nas duas primeiras fases a construtora responsável empregou como equipamento de perfuração um jumbo dotado de quatro perfuratrizes montadas sobre braços hidráulicos. Para facilitar o deslocamento do jumbo, optou-se por deixar uma soleira em rocha na seção de conduto, posteriormente removida. Na terceira fase, a primeira medida prática levou à escavação de uma galeria piloto com seção de 2,40 x 3 m, trabalho manual que contou com a ajuda de martelos de coluna. A providência seguinte foi a instalação de trilhos em toda a extensão do conduto, os quais serviram de guia para o deslocamento de equipamentos (jumbos, carros porta-fôrmas eletrohidráulicos, plataformas de acabamento, etc.). Uma curiosidade: a concretagem do trecho inclinado foi executada com o auxílio de uma bomba posicionada à montante da tomada d'água. Isso fez com que o bombeamento de concreto se processasse de cima para baixo, contrário, pois, às condições normais. Era grande o risco de aceleração do concreto dentro da



tubulação, situação que poderia derivar para a formação de vazios, segregação e conseqüentes entupimentos. Decidiu-se então pela colocação de curvas de 90° na tubulação a cada 6 m ao longo do trecho inclinado, formando um ziguezague que resultou no aumento da perda de carga e, conseqüentemente, na eliminação dos problemas técnicos.

Tantos cuidados valeram a pena. A usina hidrelétrica de Emborcação, a 455 km de Belo Horizonte, ganhou uma barragem de 1.507 m de comprimento e 156 m de altura máxima. Seu reservatório chega a receber até 17,6 bilhões de m³ de água e as quatro unidades geradoras somam, em conjunto, 1.192 mil kW.

Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela construtora Andrade Gutierrez, que executou a obra, e pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig).

Fotos: Fases da execução da barragem que entrou em operação em 1982

Os dois tempos e as duas técnicas



Em novembro de 1992 o viaduto do Chá completou 100 anos. É emblemático de duas técnicas construtivas: originalmente construído com estrutura metálica, muitas décadas depois deu lugar a outro viaduto, este construído com concreto armado. Foram dois momentos e duas técnicas absolutamente incorporadas à experiência da engenharia brasileira.

O nome decorreu da região à qual ele daria acesso – o morro do Chá –, propriedade do barão de Itapetininga, por onde, posteriormente, com o processo intensivo de urbanização da cidade, se

abririam numerosas ruas, entre as quais a Barão de Itapetininga, e surgiram notáveis edificações, entre elas a obra representativa da arte de Ramos de Azevedo, o Teatro Municipal.

O viaduto seria, simbolicamente, um divisor de águas entre pontes portuguesas tradicionais, erigidas solidamente com pedras, e os viadutos propriamente ditos, projetados prevendo-se a inserção da tecnologia aplicada pelos ingleses – os componentes metálicos.

Com o crescimento da cidade, o vale do Anhangabaú, imensa chácara onde se cultivavam verduras, legumes e chá, teria de ser

transposto. Pontes portuguesas, como as do Marechal, em direção à Santa Ifigênia, e a do Lorena (chamada Sete de Abril, mais tarde do Piques), rumo à Consolação, uniam a chamada cidade velha aos sítios e chácaras que constituíam o que, por volta de 1800, passou a ser conhecido como cidade nova.

Foi a partir da necessidade de se estabelecer essa união que o litógrafo Jules Victor André Martin, nascido em Montiers, França, e que aqui chegou em 1868, a convite de Joaquim Eugênio de Lima, lançou a idéia – e o projeto – da construção do viaduto.

Martin ganhou da Assembléia Provincial o privilégio de executar a obra. Iniciou, entretanto, demorado litúgio com o barão de Tatuí, que se opunha à demolição do seu solar, uma exigência do traçado do viaduto. O litúgio obrigou Martin a transferir o direito de executar a obra à Companhia Paulista do Viaduto do Chá, criada especificamente com aquele fim.

O projeto do viaduto previa comprimento de 240 m. Como as treliças metálicas tinham apenas 180 m de comprimento, os demais 60 m seriam obtidos com o aterramento adicional dos encontros com a rua Barão de Itapetininga. Teria 14 m de largura e passeios laterais para pedestres. Pela faixa carroçável passava o clássico bondinho puxado por burro, que transportava passageiros de uma parte à outra da cidade. Nas cabeceiras haveria portões que seriam fechados à noite. Como o pedágio por pessoa era de três vinténs, logo o viaduto passou a ser chamado de “viaduto de três vinténs”.

As peças metálicas da obra, conforme lembra o professor Augusto Carlos Vasconcelos em seu livro *O Concreto no Brasil*, chegaram ao País procedentes da Alemanha no navio Pascal. O projeto da estrutura e os cálculos preliminares foram feitos pelo engenheiro E. Stevaux e os detalhamentos ficaram a cargo da fábrica alemã Hankert de Duisburg. A complexidade do transporte atrasou de tal modo o cronograma da obra que provocou a falência da Companhia Paulista do Viaduto do Chá. Foi outra empresa, a Companhia Ferro Carril de São Paulo, que a concluiu. Foram empregadas 3 mil peças metálicas, pesando 500 t. A inauguração, em 6 de novembro de 1892, teve a presença do presidente do Estado, Bernardino de Campos.

O viaduto era esbelto, eficiente, cumpriu seu papel ao longo dos anos, mas já em fins da década de 20 se observava que ele não estava mais compatível com o ritmo do desenvolvimento da cidade. A paisagem era radicalmente outra: a várzea do Anhangabaú dera espaço a um parque projetado pelo urbanista francês Bouvard; as praças Ramos de Azevedo e Patriarca, o Teatro Municipal, o prédio Alexandre Mackenzie e os primeiros arranha-céus consolidavam o traçado urbano da área central e a população e os automóveis disputavam o espaço existente. O viaduto, então, passou a ser visto como obsoleto.

Do concurso de arquitetura para o projeto do novo viaduto do Chá saiu vencedor o projeto da Companhia Construtora Nacional, de autoria do arquiteto Elizário Antônio da Cunha Bahiana. Mas coube à Sociedade Comercial e Construtora construí-lo.

As obras do novo viaduto começaram em 1936, ao lado do antigo, que continuou em uso. Elas impuseram a necessidade de sacrificar palmeiras imperiais e de demolir o solar do barão de Tatuí, preservado na construção anterior. Com 108 m de extensão, o viaduto de concreto armado compõe-se de um arco central, triarticulado, de 66 m, e de dois vãos laterais de 17,5 m cada. Devido à natureza fraca do solo, a superestrutura foi fundada sobre estacas de concreto armado, moldadas *in loco*, com 15 m de profundidade. O aproveitamento dos encontros nas cabeceiras era considerado inédito na época. Previa amplos espaços para abrigar mercado de flores, pontos de espera de



ônibus, sanitários, garagens públicas e ambiente para exposições. Os guarda-corpos, previstos originalmente em alvenaria, foram substituídos por gradis de ferro de seção circular, sustentados por pequenas muretas a espaços regulares.

A inauguração, dessa vez sem festa, ocorreu em abril de 1938. Com a demolição do viaduto metálico, a nova obra integrou-se harmoniosamente à paisagem do vale. Em 1970, tendo em vista o conforto e a segurança dos transeuntes, foi inaugurada uma passarela de concreto, composta de duas rampas direcionais, em forma de arco, sob o vão central do viaduto, projeto do escritório Aflalo & Gasperini.

Notas bibliográficas

Revista *Memória*
Livro *O Concreto no Brasil*
Documentação histórica da revista *O Empreiteiro*

Fotos: O viaduto, na década de 20, com o Vale do Anhangabaú ao fundo e uma vista do tabuleiro, a partir do vale

A industrialização da construção





s Centros Integrados de Educação Pública, os Cieps, constituíram programa de construção de escolas elaborado em 1984, no Rio de Janeiro, pelo governador Leonel Brizola. Estruturado com base na visão educacional do antropólogo Darcy Ribeiro, um dos criadores da Universidade de Brasília (UnB), que defendia a permanência da criança na escola em tempo integral, o programa contou com a criatividade do arquiteto Oscar Niemeyer na concepção e na elaboração dos projetos e com a disponibilidade de empresas tradicionais de engenharia que apostaram na possibilidade de construir cerca de 500 desses estabelecimentos de ensino em todo o estado, em tempo recorde. Para tanto, elas dimensionaram canteiros apropriados para a industrialização dos componentes de concreto em larga escala.

O Ciep se estrutura a partir de um modelo padrão que favorece a pré-moldagem dos componentes. O projeto previa uma edificação principal de 3.864 m² de área construída, uma biblioteca de 322 m² e um ginásio esportivo de 1.066 m².

O prédio principal, invariavelmente construído em locais de fácil acesso e boa visibilidade, tem seus espaços distribuídos em três pavimentos e utiliza 48 pilares com 12,90 t cada; 92 lajes com 7,70 t cada; 84 lajes com 5,30 t e 36 placas de cobertura com 1,60 t. O ginásio, também todo feito com peças pré-moldadas, emprega 16 pilares de 9,60 t cada e 14 vigas de cobertura com 23,05 m de comprimento. Tais peças, pelas suas características de peso, esbeltez e dimensão, exigiram das construtoras programa muito criterioso na fase de içamento e montagem final. Adicionalmente, essas obras significaram a necessidade do emprego de grandes quantidades de alvenaria, pintura, esquadrias etc., na fase de acabamento, tendo em vista, sobretudo, a durabilidade da edificação e um esforço pela especificação de materiais que dispensassem extensa manutenção posterior.

Em consequência das dimensões das peças, tais como vigas de cobertura pré-moldadas de 23,05 m, as construtoras tiveram de se aparelhar adequadamente, do ponto de vista de logística, para complexas operações de transporte e montagens. Invariavelmente, os canteiros situavam-se em terrenos topograficamente irregulares.

O plano de logística condicionava a ordem de produção dos componentes à demanda da obra, a fim de que as liberações fossem realizadas sequencialmente. A liberação das peças para o canteiro dava-se de modo a que nunca as que tivessem de ser utilizadas por último dificultassem a seqüência natural das obras. Dessa forma, eliminava-se a necessidade do armazenamento intermediário. Como a maior parte dos Cieps era prevista para terrenos compactos, entre 6 mil e 6.500 m², essa solução minimizou estocagens e reduziu custos com operação de guindastes. A solução tornou possível a montagem simultânea de até seis unidades escolares/mês. Houve escola que chegou a ser montada em cerca de 15 dias e foi entregue entre cinco e seis meses após o início da montagem do canteiro.

Para produzir as peças especificadas no projeto, foram desenvolvidas fôrmas seccionadas, tornando viável a montagem de mais de 25 peças cada uma. Esse processo proporcionou a qualidade prevista no acabamento e reduziu custos de mão-de-obra com carpintaria. A industrialização de pilares, vigas e lajes ensejou considerável economia, uma vez que a parte estrutural correspondia a cerca de 40% do custo da edificação.

Os Cieps constituíram, enfim, uma valiosa lição: a industrialização da construção é o caminho para programas destinados a produzir edificações de ensino ou habitacionais em larga escala.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Carioca Engenharia, que construiu 140 dos Cieps previstos no programa de 500 unidades escolares
Revista *O Empreiteiro* (edição de novembro de 1996)

Fotos:Essas construções abriram um ciclo novo para os pré-fabricados de concreto. A produção seriada barateia custos e encurta cronogramas

A engenharia aliada ao meio ambiente

A partir de uma boa solução de arquitetura, de obras de engenharia bem-realizadas e de uma operação eficiente, o aeroporto internacional Tancredo Neves, de Belo Horizonte, com capacidade para atender até 4 milhões de passageiros e movimentar 40 mil t de carga/ano, conquistou o reconhecimento internacional. Está certificado, desde janeiro de 1999, com as normas ISO 9001.

Inaugurado em 28 de março de 1984, o aeroporto de Confins, como se tornou conhecido, tem cumprido papel importante

como parceiro no desenvolvimento sócio-econômico de Minas Gerais. Foi projetado para ser construído em quatro etapas, levando em conta o progressivo aumento do volume de passageiros. A expectativa, quando da elaboração do projeto e das medidas iniciais para a sua construção, era a de que até o final deste século ele pudesse estar atendendo a uma demanda de 10 milhões de passageiros/ano.

O Confins, situado no distrito de Confins, município de Lagoa Santa, região conhecida pelo seu rico acervo científico e





arqueológico, foi projetado para substituir o tradicional aeroporto de Pampulha que, dadas as suas condições operacionais e limites urbanos, não poderia receber ampliações em suas instalações.

Desde o começo das obras, em maio de 1980, o Confins registrou números consideráveis. Haja vista que os serviços de terraplenagem compreenderam a escavação de 28 milhões de m³ de solo e a execução de 23 milhões de m³ de aterro.

Devido à necessidade de se utilizar nos aterros todo o material escavado, desenvolveram-se estudos de equilíbrio de volumes. Esses estudos, realizados em computador, permitiram uma compensação satisfatória entre cortes e aterros.

A estrutura do pavimento das pistas de pouso e decolagem, com espessura de 90 cm, tem sub-base de 32 cm de espessura de material granular e base de brita graduada de 45 cm de espessura. A cabeceira principal da pista de pouso, o pátio de estacionamento das aeronaves e o pátio do terminal de cargas foram projetados prevendo-se o emprego de concreto cimento. O pavimento rígido é constituído de placas de concreto simples de 6 x 6 m e tem 33 cm de espessura.

Para impedir o carreamento de material (detritos de terraplenagem) em direção à bacia de Confins – o que poderia provocar o entupimento de sumidouros e canais de drenagem subterrâneos, além de causar eventual assoreamento das lagoas da região, foram construídas barragens e canais vertedouros filtrantes destinados a amortecer a velocidade das águas, conter os picos de vazão e reter materiais sólidos. Em razão dessas providências, as águas pluviais são lançadas nas lagoas com condições de pureza consideradas superiores às detectadas no período anterior ao início das obras. Foram adotados cuidados especiais quanto aos trabalhos de revestimento dos taludes e aterros com o plantio de grama em placas e por hidrossemeadura.

Cuidados semelhantes aos adotados na infra-estrutura externa e na estrutura das edificações foram aplicados também nos acabamentos, na decoração interior e na comunicação visual, que facilita a locomoção da massa de passageiros em todos os ambientes.

O terminal de passageiros ocupa área de 85 mil m² e exigiu um volume de concretagem final da ordem de 50 mil m³. Com

quinze anos de utilização (foi inaugurado em março de 1984), o aeroporto internacional Tancredo Neves é considerado uma das obras de engenharia mais importantes do País, tanto pelos cuidados de execução quanto pela forma como soube preservar os valores ambientais e arqueológicos da região em que está inserido.

Dados bibliográficos

Construtora Andrade Gutierrez, responsável pela construção do aeroporto, e Infracro – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária

Fotos: Visão geral do conjunto aeroportuário e um aspecto interno, concebido para proporcionar conforto



Uma ferrovia de 515 km de pura logística

A década de 70 é considerada também extremamente importante para a história da engenharia e da arquitetura brasileiras no exterior. São vários os exemplos do que empresas e profissionais do País realizaram naquele período em algumas regiões do mundo.

Dentre as diversas obras que se inserem nesse contexto está a ferrovia Baghdad-Hsaibah e al Qaim-Akashat, no Iraque, iniciada em novembro de 1978 e concluída em agosto de 1984. São 515 km com um número impressionante de obras de terraplenagem, drenagem, pontes, obras-de-arte e demais serviços complementares da via permanente.

Teoricamente, seria só chegar, montar o canteiro e tocar a obra. Mas não foi assim que aconteceu. Muitas dificuldades tiveram de ser contornadas e problemas solucionados, a começar pelo padrão ferroviário europeu adotado pelo Iraque, que nunca tinha sido usado no Brasil. Os trilhos da via permanente dessa ferrovia são do tipo UIC-60, soldados e contínuos, com lastro, em dormentes de concreto protendido, com fixação Pandrol, incluindo juntas isoladas. Ao todo são 963.460 m de trilhos, incluindo, nesse caso, os especiais.

Foi necessário desenvolver toda uma engenharia financeira para viabilizar fornecimentos de trilhos da Polônia e de material rodante da Romênia, países com os quais o Brasil tinha créditos por receber.

Engenheiros da construtora afirmam que “essa é uma obra da logística, puramente logística!”. De fato, foram realizadas concorrências e negociações com 350 grandes fornecedores de 22 países

dos cinco continentes para suprimento de materiais e equipamentos. Só na fase de implantação, foram transportados 450 mil m³ de cargas por 80 navios que aportaram em Basrah. Daí para o local da obra seguiram por 100 carretas fabricadas no Brasil.

A ferrovia caracteriza-se por 377 km em linhas simples, 144 km em linha dupla e 315 km de pátios e ramais, perfazendo um total de 980 km em linhas assentadas. Foram construídas 100 pontes, entre pequenas e de grandes dimensões, 62 das quais ferroviárias, totalizando 8 km de extensão. A maior ponte ferroviária, com 30 vãos de 40 m, tem 1.270 m de extensão. Na maior parte dessas obras-de-arte (66 feitas com fundações diretas e 34 com fundações concretadas no local) os encontros têm fundações de concreto maciço com muros laterais de contenção. Os pátios, estações e vias de cruzamento exigiram 80 mil m³ de asfalto.

A superestrutura das obras-de-arte consiste de longarinas de concreto protendido ou armado e lajes maciças concretadas *in loco* ou ocas. A maior longarina do tipo protendido tem 41,42 m de comprimento e pesa 160 t. As longarinas protendidas foram posicionadas e colocadas por três guindastes de 300 t sobre rodas e uma treliça lançadora de 102 m de comprimento e 160 t de capacidade. No caso de pontes com vãos múltiplos, a colocação foi feita com o uso de cavaletes móveis, com até 200 t de capacidade.

Na fase da implantação da infra-estrutura, foram realizados expressivos serviços de terraplenagem, que apresentaram números consideráveis do ponto de vista de produção. Por exemplo, o volume de escavação em solo comum, até o bota-fora, chegou a



1.218.500 m³. Esses serviços compreenderam corte para o leito da via, abertura de valas, remoção de aterros existentes e fundações de estruturas de concreto. A escavação para melhoramentos em áreas de solo mole, onde se fez necessária a substituição daquele material por materiais selecionados, atingiu o patamar de 1,3 milhões de m³.

A escavação em rocha, até o bota-fora – corte para o leito da via, escavação de valas de drenagem em rocha e escavação em rocha para fundações de estruturas de concreto – chegou a 1.305.300 m³.

Os aterros feitos com solo comum, proveniente das escavações mencionadas ou de cavas de empréstimos, foram compactados a 95% de densidade seca, segundo metodologia internacional recomendada para obras do gênero. O mesmo ocorreu em relação aos aterros construídos em forma de sanduíche, ou seja, em camadas de solo comum, proveniente de cortes para o leito da via, ou de material rochoso obtido de cavas de empréstimo, alternadas com camadas feitas de material arenoso, granular ou rochoso. No total, foram executados 29 milhões de m³ de aterro.

As obras de concreto compreenderam bueiros tubulares (pré-fabricação e instalação de tubos de concreto de 80 cm de diâmetro interno, embutidos em leito de concreto e outras peças complementares), bueiros capeados e proteção de taludes. Para as 29 estações distribuídas ao longo do trecho, foram realizadas obras de drenagem superficial e fabricados componentes de concreto para muros de contenção e passagens inferiores para carros e passageiros, e as peças para a cobertura das plataformas.

Para agilizar o lançamento da via permanente, foram montadas grades (18 m de trilhos paralelos, já fixados pelos dormentes) numa central de 17 mil m², provida de pórticos rolantes para produção de até 158 grades em dia de dois turnos, localizada a 30 Km de Bagdá.

A linha que deveria ser lançada a partir de Bagdá, acabou sendo iniciada na outra ponta, em Akashat e Al Qaim por uma questão de logística. A pedra britada para o lastro e o sublastro foi retirada de uma pedreira a 12 km da linha, nas proximidades de Akashat. A opção foi transportar esse material pela própria ferrovia.

As frentes de trabalho tiveram o apoio de 17 conjuntos de oficinas volantes. Trabalharam nas obras um contingente de cerca de 39 mil pessoas de 50 nacionalidades, as quais demandavam serviços de suporte, como alimentação e assistência médica.



Notas bibliográficas

Dados e fotos fornecidos pela Construtora Mendes Júnior, empresa que executou a referida obra

Informe especial do *Jornal do Brasil*
Revista *O Empreiteiro*

Fotos: As fases de implantação da obra e a festa com a operação do primeiro trem

Plataforma de Pampo: megaeestrutura com garantia de qualidade



A plataforma metálica de Pampo, construída para a Petrobras no canteiro de obras da baía de Aratu, em Candeias (BA), no período de julho de 1980 a fevereiro de 1984, obedeceu, em sua execução, a um sistema de garantia de qualidade específico para obras de tamanha importância. Manuais próprios elaborados com esse fim relacionam tanto os procedimentos de controle de qualidade quanto as instruções para o processo de soldagem.

A plataforma foi projetada e construída tendo em vista a prospecção e produção de 24 poços de petróleo da bacia de Campos, utilizando, para tal, duas torres de perfuração, além de equipamentos e acessórios indispensáveis ao desenvolvimento desses trabalhos.

O projeto previa a construção da jaqueta em estrutura metálica tubular, carregamento sobre barcaça, amarração, transporte até o local e sua instalação no mar. Outro contrato firmado com a Petrobras previa fabricação, jateamento, pintura, montagem, carregamento sobre barcaças, amarração e proteção dos módulos da mesma plataforma.

Para construir a plataforma metálica e os demais equipamentos acessórios foi montado o canteiro da baía de Aratu, com área de 8.650 m² e investimentos da ordem de US\$ 29 milhões.

Previram-se dois cais, um para load-out da jaqueta e outro para load-out do convés, estacas e módulos, com 8 m de calado, ambos nas dimensões de 16 X 50 m, apoiados sobre tubulões de concreto encamisados com chapas de aço e cravados na rocha.

Os principais volumes executados nesse canteiro foram: 1,4 milhões de m³ de escavação comum; 520 mil m³ de escavação em rocha; 150 mil m³ de aterro submerso e 200 mil m³ de aterro compactado.

A plataforma, com 137 m de altura, 68 x 68 m de seção inferior e 68 x 44 m de seção superior, foi instalada no campo de Pampo, na bacia de Campos, Rio de Janeiro, com profundidade local de 115 m.

A jaqueta respectiva é uma estrutura de aço convencional, com peso aproximado de 18 mil t, com fundações em estacas, sobre a qual se monta a estrutura do convés. Compõe-se de oito pernas, especificando-se cinco estacas de aço para cada uma das quatro pernas do vértice. A estrutura do convés é do tipo pórtico convencional, podendo ser fabricada e instalada em duas ou quatro seções, incorporando vigas de deslizamentos para a instalação dos módulos.

Todos os elementos metálicos receberam cuidados especiais quanto ao tratamento anticorrosivo (proteção catódica).

No convés foram instalados tanques para armazenagem de óleo, água potável e lama, tubulações, salas de controle, laboratório, acomodações completas para pessoal, heliporto, gerador e demais equipamentos, compreendendo 12 módulos de serviço pesando, cada um, em média, 900 t. Os procedimentos mais relevantes, referentes à construção e ao controle de qualidade, levaram em conta todos os ensaios não-destrutivos, inspeção dimensional, construção da jaqueta, identificação de soldadores e operadores de juntas soldadas. Os procedimentos de soldagem consideraram as diretrizes de manual específico, bem como os respectivos testes e ensaios requeridos pelo empreendimento.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Construtora Mendes Júnior, empresa que executou a obra.

Fotos: As etapas construtivas e, depois, o reboque da plataforma até o ponto de instalação, em Pampo, na-bacia de Campos

A difícil transposição dos despenhadeiros

A ligação rodoviária do litoral sul-catarinense (Tubarão, Laguna e Criciúma) a São Joaquim e Lajes, pela SC-438 – Rodovia Irineu Bornhausen – possivelmente não mereceria maior atenção do usuário, e até do meio técnico rodoviário, não fosse a transposição dos contrafortes da serra Geral, ou seja, a serra do rio do Rastro.

O traçado já estava definido pela trilha aberta pelos tropeiros que faziam o transporte de produtos, para comércio, entre Lages de Correia Pinto e Laguna, ainda no último quartel do século XVIII. Somente em 1952 o governador Irineu Bornhausen iniciou os serviços de consolidação do antigo caminho dos tropeiros, promovendo a ligação rodoviária com o alargamento da plataforma, a execução da drenagem e a realização de grandes correções no traçado, cujas características não permitiriam o emprego de equipamentos e técnicas convencionais. Mesmo assim foram escavados, ali, mais de 350 mil m³ de rocha.

Em 1984 foram iniciados os trabalhos de pavimentação dos 23,7 km que ligam Lauro Müller, no pé da serra, a Guatá, no planalto: foram 16,8 km em pavimento flexível com revestimento de concreto asfáltico e 6,9 km de pavimento rígido em concreto. Serviços de pavimentação invariavelmente exigem equipamentos que os tornam mecanizados e quase industriais. Mas como empregar tais recursos em um trecho que começa na altitude de 770 m e, depois de percorridos 6,9 km, alcança a altitude de 1.400 m, considerando-se, ainda, que ali as rampas atingem 14% e os raios de curvas chegam a 9 m numa plataforma de 6,60 m?

Poucas estradas no Brasil apresentam essas singularidades de traçado. São elas que, em composição com a altura dos contrafortes, a mata da serra Geral e os despenhadeiros, que fazem da superfície estradal um desafio para os que por ela trafegam, e transformam essa rodovia numa atração turística e em um marco importante para a engenharia brasileira, em especial a do estado de Santa Catarina.

O material do subleito tem um CBR de 6%. O concreto simples de base, na espessura de 20 cm, foi aplicado sobre uma sub-base de concreto pobre rolado com 140 kg/m³ de cimento e uma espessura de 10 cm, espalhado por uma vibroacabadora e compactado com um rolo.

As placas, com 3 m de largura e 6 m de comprimento, foram executadas com fôrmas-trilhos leves e o concreto, transportado em caminhões- basculantes, era espalhado com o uso de uma retro com





lâmina, ao invés da caçamba. Na regularização empregaram-se régua vibratórias com um motor apenas, ancoradas com cabos de aço e puxadas com *tirford* nos trechos mais íngremes.

Para aumentar a aderência da pista de rolamento optou-se pelo uso de um cilindro torneado com saliências para abrir estrias na superfície do concreto, cujo *slump* era menor que 2 e, conseqüentemente, muito seco.

Para assegurar estabilidade dos taludes dos cortes já escavados e proteger a flora que os ornamentava, os movimentos de terra foram os mínimos possíveis.

Não se pode deixar de considerar os transtornos causados aos serviços pela alta pluviosidade da região, as baixas temperaturas, às vezes abaixo de zero, e os constantes nevoeiros.

A equipe técnica da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que prestou consultoria ao DER-SC, considerou essa estrada como pioneira, pela topografia do terreno, pelas características da região e pela solução de engenharia adotada na época: a aplicação do concreto sobre uma sub-base de concreto pobre rolado.

A segurança, tanto nos trabalhos quanto a do usuário, foi o item de maior relevância no projeto. As defensas de concreto, tipo New Jersey, separam a estrada dos despenhadeiros. Muito tempo depois da conclusão dessa obra, não se tinha conhecimento de acidentes fatais devido aos cuidados com que o trecho foi tratado. O catarinense costuma dizer que é ali onde mais se reza no Brasil, seja em agradecimento pela beleza do local, seja pedindo pela tranquilidade da viagem.



Notas bibliográficas

Informações prestadas pela construtora C. R. Almeida, que executou as obras, e pela ABCP, que prestou consultoria para o DER-SC

Fotos do arquivo da C. R. Almeida

Aspectos da rodovia e a fase em que o seu trecho de maior risco - 6,9 km - recebeu pavimento de concreto

Brasil na era da energia nuclear



Angra 1 e Angra 2 têm ampla significação histórica para o País e importância especial para a engenharia brasileira. As obras das duas usinas nucleares permitiram ao Brasil a assimilação e o desenvolvimento de tecnologias fundamentais em diversas áreas, sobretudo as de construção e montagens.

Angra 1, iniciada em 1972 e que entrou em operação comercial em 1985, já produziu mais de 22 milhões de MWh, energia suficiente para abastecer uma cidade de aproximadamente 1,2 milhão de habitantes. Em seus ciclos mais recentes, ela operou com um fator de disponibilidade superior a 85%. No último ciclo atingiu 95,8%, o que a coloca entre as centrais nucleares de melhor desempenho.

Os serviços relativos às obras civis compreenderam amplas escavações, rebaixamento do lençol freático, aterros, infra-estrutura e superestrutura dos edifícios do reator, auxiliar do reator, auxiliar convencional, de segurança, do turbo gerador e área dos transformadores-elevadores, do edifício da administração e do edifício de manuseio de combustível.

Além dessas obras básicas havia as complementares, constituídas pelo túnel para água de circulação, os serviços de acabamento, construção do pátio da subestação, o sistema de água de circulação, cais e rampa de desembarque, tomada de água marítima em profundidade no quebra-mar, sistema de drenagem, arruamento e urbanização da área da usina.

A importância da obra no plano estratégico da energia brasileira, os altos investimentos e as questões relacionadas à segurança na operação da usina, exigiram um novo conceito no que diz respeito à fiscalização e à garantia de qualidade da obra. A empresa vencedora da concorrência para fazer esses serviços não viu outra alternativa diante da importância de seu papel no conjunto das obras, senão a de preparar para Furnas – Centrais Elétricas, subsidiária da Eletrobrás e responsável pelos trabalhos, um manual de garantia de qualidade onde fosse possível detalhar, com minúcias, todos os procedimentos respectivos. Os cuidados estenderam-se a



todos os itens, sem exceção, levando em conta cada particularidade no equilíbrio do conjunto.

Do ponto de vista estrutural a usina tem seis edifícios, entre os quais o do reator, de forma cilíndrica, com 75 m de altura e 36 m de diâmetro, concebido com dois envoltórios protetores: o exterior, de concreto, e o interior, de aço. Internamente ao envoltório de aço de contenção se encontram os componentes principais do sistema nuclear gerador de vapor (reator). No edifício de segurança está a maior parte dos componentes que se destinam a garantir a integridade da usina, tal como o sistema de injeção de segurança e o de remoção do calor residual. No edifício do combustível estão as áreas de armazenamento dos combustíveis novos e usados, assim como os equipamentos que possibilitam a sua movimentação nas operações de recarregamento do reator nuclear, recebimento de combustível novo e remessa do usado.

Angra 1 dispõe ainda de uma estrutura independente que abriga o circuito de captação e de descarga de água do mar, utilizada para refrigeração do condensador de vapor.

Angra 2

Angra 2 ocupa área de 75 mil m². É composta de cinco edifícios principais e várias estruturas auxiliares. O maior e mais importante entre eles é o do reator, em forma esférica, com 62 m de diâmetro. Uma das etapas mais difíceis das obras civis foi a das fundações. As exigências de projeto e a formação geológica do subsolo tornaram necessária a cravação de 1.626 estacas de grandes dimensões, com diâmetro variando entre 1,10 m, 1,30 m e 1,80 m, a profundidades de até 70 m.

Os trabalhos de construção exigiram, por isso, a mobilização de um grande conjunto de equipamentos, reunindo, entre outros, 30 guias e guindastes de esteira e de pneus, 14 perfuratrizes rotativas e 14 campânulas de ar comprimido. Muitas estruturas apresentaram elevado grau de dificuldade de execução, destacando-se a mesa da turbina. Trata-se de uma grande laje de 12 m por 30 m, com espessura de 3 m, apoiada em molas que funcionam como amortecedores para impedir que as vibrações sejam transmitidas ao restante das estruturas

de geração de energia. O serviço de construção civil mais notável foi o da chaminé para descarga de gases, que tem altura de 155 m, diâmetro de 12,5 m na base e de 3,6 m no topo. É a maior do gênero no País. Em sua execução foram utilizadas fôrmas deslizantes de seção variável, obtendo-se um perfil do tipo *venture*, que facilita a liberação de gases.

A fase decisiva da montagem eletromecânica foi iniciada em 1996 com a constituição do consórcio Unamon do qual fazem parte as empresas Norberto Odebrecht, Andrade Gutierrez, Camargo Corrêa, Empresa Brasileira de Eletricidade (EBE), Sade-Inepar, Ultratec e Techint.

O extremo rigor no controle da qualidade nas obras de Angra 1 e 2 conferiram à empresa responsável pelas obras civis a possibilidade de trabalhar com métodos altamente sofisticados em todas as fases da construção. Foi aplicado o sistema de garantia *Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants* emitido pela Agência Internacional de Energia Atômica, que supervisiona a construção de todas as usinas nucleares do mundo. Igualmente, o controle de garantia e qualidade foi extremamente rigoroso. Estima-se que ao longo do serviço cerca de 500 mil itens relacionados com soldagem foram inspecionados, além de realizados 25 mil ensaios não-destrutivos em juntas soldadas.

Notas bibliográficas

Informações fornecidas pela Construtora Norberto Odebrecht, que venceu a concorrência para fazer as obras civis de Angra 1 e 2 e que também integrou o consórcio montador de Angra 2 (Unamon), pela Eletronuclear, empresa do Sistema Eletrobrás, e pela Empresa Brasileira de Engenharia (EBE), sendo esta responsável pela manutenção de Angra 1 e líder do consórcio que constrói Angra 2

Fotos: As duas obras trouxeram inovações para a engenharia brasileira na medida em que representaram uma nova cultura técnica na forma de tratamento de seus vários segmentos, em especial quanto à fiscalização e à qualidade

A rodovia que recebe aeronaves

Com seis pistas de rolamento e especificações técnicas que a colocam entre as mais sofisticadas da engenharia contemporânea, a expressway nº 1 do Iraque, construída no período de março de 1981 a dezembro de 1987, estende-se rumo ao leste a partir da fronteira Síria-Jordânia. Passa por Bagdad ao sul e avança para o sudeste rumo a Basrah e a fronteira com o Kuwait, num percurso de 1.100 km.

O trecho aqui enfocado, com 128 km de extensão, incluindo a construção de 19 pontes sobre rios perenes ou de curso sazonal, entre as cidades de Ramadi e Tullaha, começa nas proximidades do cruzamento com a estrada Ramadi-Hit, numa região inóspita e de clima adverso, tornando extremamente difíceis as condições de trabalho.

Os serviços desenvolvidos nesse trecho compreenderam terraplenagem, pavimentação asfáltica, bueiros tubulares e drenagem em geral, bueiros celulares, pontes, viadutos e serviços complementares. A movimentação de terra somou cerca de 16 milhões de m³, equivalentes à carga de 1 milhão de caminhões convencionais. E o prazo: 36 meses, a partir de março de 1982, sob responsabilidade de uma única empresa. O grau de dificuldade pode ser avaliado se considerarmos o fato de que esse trecho é mais extenso e difícil do que a via Norte, ligando São Paulo a Campinas. A construção da rodovia paulista foi realizada pelas cinco maiores empreiteiras brasileiras e demorou três anos.

A expressway iraquiana foi provida de requintes técnicos poucas vezes ou jamais usados em qualquer parte do mundo: é protegida por telas laterais em toda a sua extensão, tem telefones de emergência a cada quilômetro para os usuários e possui dois hotéis e áreas para descanso do motoristas, com toda a infra-estrutura (água, esgoto, luz, telefone). Para assegurar a vida útil de 15 anos, sem ser superada pela demanda, a pavimentação foi feita com especificações inusitadas, consumindo 150 mil t de cimento asfáltico. Além disso, a cada 100 km, uma das pistas da rodovia alarga-se e tem sua base e pavimentação reforçadas para pousos e decolagens de aviões até o porte de um jato comercial, sempre que necessário.

Os trabalhos de terraplenagem e pavimentação começaram no sentido Ramadi, progredindo para Tullaha, tendo sido programados para um período de 34 meses. Ao longo de toda a extensão da rodovia, foram construídos 11 overpasses e seis underpasses. As vigas usadas nos overpasses foram pré-fabricadas no próprio canteiro de



obras. Algumas delas, protendidas, chegaram a ter 18,69 m de comprimento e 45 t. As vigas fabricadas por processo convencional têm 16,02 m de extensão e pesam 31 t. Os pilares dos overpasses foram fabricados com formas metálicas especiais. Os bueiros foram feitos simultaneamente à terraplenagem e a pavimentação iniciou-se com três meses de defasagem. A concretagem dos bueiros celulares deu-se em duas etapas: inicialmente concretou-se a laje de fundo e, posteriormente, as paredes laterais e a laje superior. Os tubos dos bueiros foram pré-fabricados no próprio canteiro, atendendo às normas internacionais DIN.

Alguns números dão idéia das principais quantidades executadas: escavação geral e compactação de aterros: 1,9 milhão de m³; escavação de empréstimo e compactação de aterro: 10,7 milhões de m³; camada de sub-base de cascalho: 1,3 milhão de m³; base de cascalho betuminosa, espessura de 15 cm: 3,2 milhões de m²; camada de ligação, espessura de 8 cm: 4 milhões de m²; pista de rolamento, espessura de 4 cm: 4 milhões de m²; concreto armado: 12.700 m³; aço para armação: 1.470 t.

O empreendimento teve pico de 4.500 pessoas de diversas nacionalidades trabalhando diretamente nas obras. Para suprir a demanda ocasionada pelos expressivos quantitativos envolvidos, foi preciso inventar aparelhos para abrir 300 mil sacos de cimento por mês ou para derreter em banho-maria milhares de t de asfalto acondicionado em tambores.

Notas bibliográficas

Dados e fotos fornecidos pela Mendes Júnior Engenharia S.A., empresa que executou a referida obra

Informe especial do *Jornal do Brasil*

Fotos: Fases compactação e pavimentação e, na segunda foto, obra de arte feita com peças pré-fabricadas em canteiro

Construir de cima para baixo

Quem passa hoje pelo Shopping Paulista, em São Paulo, ou quem o frequenta, nem de longe imagina a complexidade técnica dessa obra de engenharia realizada em fins da década de 80 em uma das regiões mais movimentadas de São Paulo. Tudo poderia ter sido diferente se a opção para fazer o shopping fosse demolir a tradicional loja de departamentos que funcionava no local, a Sears, e, no lugar dela, construir o novo prédio. Mas nada disso aconteceu. O que o projeto previa era a transformação do imóvel existente em uma nova edificação com 83 mil m², três pavimentos, 240 lojas, uma loja-âncora, quatro cinemas, cinco subsolos e 970 vagas de estacionamento.

A Sears continuou funcionando normalmente ao longo de quase todo o período da construção, que durou 23 meses; houve necessidade da transferência das cargas das fundações da estrutura antiga para a nova estrutura e, em razão das limitações para uma edificação horizontal, as obras tiveram de progredir verticalmente e, o que era mais problemático, de cima para baixo.

O prédio antigo resultava de duas construções: uma realizada em 1940, apoiada sobre sapatas, em fundação direta, e outra, de uma ampliação feita em 1972, apoiada em tubulões. O terreno não permitiria o crescimento horizontal porque estava limitado frontalmente pelas ruas 13 de Maio e Santa Ernestina (sem saída) e, aos fundos, pela rua Maestro Cardim, no espigão da avenida Paulista.

Para executar os subsolos seria necessária a transferência da carga da fundação existente para uma fundação provisória. Feito isso, o pilar respectivo seria seccionado, demolida a sapata e executado o novo tubulão, iniciando-se, na seqüência, as escavações. Resolvida essa etapa, passaria-se à outra, que consistia em alargar as bases dos tubulões, transformados em pilares. Cada um dos tubulões consumiu 50 m³ de concreto só no alargamento da base para o recebimento da carga posterior.

A transferência de cargas determinou o desenvolvimento de estudos prévios à execução, tendo em vista o emprego de sistema que aferisse, com rigor, as condições estruturais do conjunto e das peças específicas que estivessem sujeitas a cargas máximas. O sistema consistia no emprego de células elétricas que, instaladas nas escoras metálicas e na armadura, indicavam, com exatidão, a quantidade de cargas que elas estavam recebendo. Para o mesmo fim foi utilizado também um sistema à base de raios *laser*, constituído de um teodolito e receptores distribuídos por pontos predeterminados da





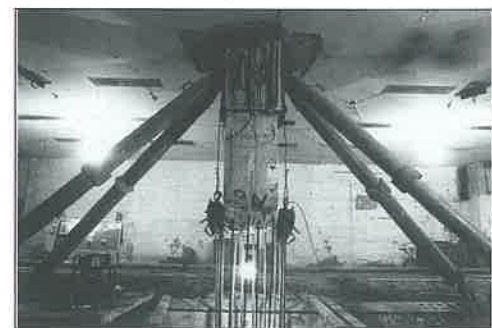
Shopping Paulista (continuação)

estrutura. Eram mantidos conjuntos de até doze pilares submetidos à transferência simultânea de cargas. Como todos estavam ligados ao sistema de leitura, poderia ser detectada, com segurança, qualquer anomalia que acaso aparecesse.

As dificuldades logísticas deixavam clara a necessidade de um planejamento cuidadoso para que os serviços atendessem ao cronograma muito apertado, tornando possível o acompanhamento pormenorizado de cada etapa da obra.

O monitoramento das tarefas distribuídas aos responsáveis pelas diversas frentes de trabalho permitiu uma visualização do empreendimento como um todo, em todos os seus aspectos e interferências. Enquanto a Sears continuava aberta ao público, sendo parcialmente desativada, as obras progrediam no ritmo previsto. O público só se deu conta do que ali estava acontecendo quando as obras já se encontravam em fase muito adiantada.

Ao fim, a loja Sears deu lugar ao shopping, e o conjunto de técnicas ali aplicadas configurou-se como solução adequada para a construção de novas edificações em terreno com limitações semelhantes, em áreas urbanas densamente ocupadas.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Racional Engenharia

Arquivos da revista *O Empreiteiro*

A obra pronta e, nas fotos seguintes, as diversas etapas dos trabalhos para transferência de carga

As técnicas especiais para avançar no subsolo

A Companhia do Metropolitano de São Paulo recorreu a técnicas especiais para construir a linha Paulista do metrô. As obras, sobretudo ao longo da tradicional avenida, teriam de se desenvolver no subsolo, evitando-se a abertura de valas a céu aberto e a interdição total de vias públicas.

Um dos trechos possivelmente mais problemáticos foi o que se estende da estação Paraíso até a rua Ministro Rocha Azevedo. A execução dos túneis, no período de maio de 1988 a dezembro de 1991, exigiu o emprego de um *shield* montado em Contagem (MG) pela empresa mineira Isomonte, a partir do repasse de tecnologia da empresa inglesa John Foster. A máquina, pesando 470 t e com 110 m de comprimento, avançou do Paraíso rumo ao poço da Ministro Rocha Azevedo, escavando cerca de 30 m por dia.

Em linhas gerais, a execução dos túneis da estação Paraíso em direção ao poço da rua Ministro Rocha Azevedo previa o uso do método *cut and cover* invertido, com uso de paredes-diafragma totalmente pré-moldadas, além de uma variante do mesmo método empregando-se, entretanto, escoramento com perfis metálicos e escavação em solo pelo sistema NATM.

O chamado sistema invertido consiste na execução prévia das paredes-diafragma, para só depois ser feita a escavação. Para evitar que o terreno cedesse, foi feita uma preparação local com lama betonítica e só depois as placas de concreto eram colocadas. Essas peças, com 40 cm de espessura, 1,58 m de largura e altura variável de 7 a 12,5 m, foram feitas no próprio canteiro da empreiteira.

Ao longo do trecho o Metrô optou pelo emprego do sistema de enfilagem tubular para fazer os mezaninos das estações. O





sistema previa a cravação de tubos metálicos ou de concreto protendido, de 3 m de comprimento e 1 m de diâmetro. Eles cruzariam a Paulista de lado a lado e se transformariam, depois da obra pronta, em base de distribuição da carga da própria avenida, proporcionando a conformação do teto dos mezaninos.

A partir de aberturas laterais de aproximadamente 6 m nos dois lados da via, os tubos eram cravados com o uso de macaco hidráulico. A cada peça cravada era feita a escavação manual da terra ali existente e, em seguida, realizava-se a soldagem de outro tubo e, assim, sucessivamente. Após a cravação dos tubos e da retirada da terra, processava-se a respectiva concretagem. Cada enfilagem consumiu, em média, 24 m³ de concreto.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela construtora Andrade Gutierrez, responsável pelas obras

Fotos: Sobre todo no trecho Paulista, a engenharia teve de recorrer a técnicas sofisticadas - e não-destrutivas - para que o metrô avançasse deixando incólumes as estruturas ali existentes no percurso

As particularidades geométricas da estrutura



T

rata-se de obra de 778 m de extensão sobre o rio Pinheiros, em São Paulo, em que o vão central foi construído em balanços sucessivos, em concreto protendido, com particularidades geométricas diversas do usual. De um dos lados, ou seja, do lado da cidade, ela é reta, seguindo projeto comum em pontes desse tipo. Do lado do bairro do Morumbi foi construída em curva, com altura do caixão variável, largura em planta também variável e com alta sobrelevação. Ao fim da implantação dos diversos segmentos em balanços sucessivos, a estrutura tornou-se hiperestática. Ela foi projetada em 1989 e inaugurada em 1990.

Construir mais essa ponte sobre o rio Pinheiros, ao lado da antiga ponte do Morumbi, foi tarefa complexa, em especial porque o andamento dos serviços exigia o remanejamento de uma série de interferências e, ao mesmo tempo, não deveria prejudicar demasiadamente o fluxo do trânsito na região, invariavelmente muito pesado.

Para implantá-la houve desvios de tráfego na área compreendida pelas avenidas Chucri Zaidan, Nações Unidas, Roque Petroni Jr., Morumbi e Dr. Alberto de Oliveira Lima e pela rua Ministro Nelson Hungria.

Simultaneamente foram realizadas demolições, remanejamentos de redes de gás, energia de alta e baixa tensão, canalizações de abastecimento de água e esgotamento sanitário e telefonia, ao lado de movimentação de terra, pavimentação, obras-de-arte correntes e sinalização horizontal, vertical e semafórica.

A supra-estrutura da obra, com tabuleiro em concreto protendido, requereu o uso de aduelas moldadas *in loco* na construção dos balanços sucessivos. Nos encontros das alças de acesso optou-se pela execução de lajes de transição.

Notas bibliográficas

Informações fornecidas pela Construtora Queiroz Galvão, pela empresa projetista Cyro Laurenza Consultores e pelo consultor estrutural e professor José Luís Cardoso



Os obstáculos técnicos sobre o Tietê



O projeto, muito sofisticado, previa uma estrutura desenvolvida em curva, em concreto protendido, a uma altura da ordem de 25 m, com vistas à ultrapassagem sobre outra ponte em funcionamento. E mais: a ponte teria de garantir, durante sua execução, a navegabilidade do Tietê e o fluxo normal do intenso trânsito nas marginais direita e esquerda do rio, em uma das regiões da capital paulista onde o sistema viário é invariavelmente o mais carregado.

Em consequência dessas interfaces, o projeto e a execução do cimbramento da ponte Ulysses Guimarães constituíram o primeiro desafio técnico colocado para a construtora que assumiu a obra.

Ela resolveu esse problema executando a ar comprimido 31 tubulões mistos com camisa metálica e concreto no leito do rio. Eles serviram de apoio ao cimbramento metálico, sem comprometer a navegabilidade de dragas e barcaças pelo local.

Com 1.083,50 m de extensão total, 483,50 m de comprimento da ponte propriamente dita e altura média de 25 m acima do nível da água, toda a estrutura do viaduto foi executada em concreto protendido, proporcionando a solução em curva, prevista no projeto, e com sobreelevação do pavimento. Foram consumidos cerca de 3,5 milhões de kg de aço e mais de 10 mil m³ de concreto.

A ponte Ulysses Guimarães, que dá acesso à rodovia dos Bandeirantes, passa à história da engenharia brasileira como obra estratégica, que possibilita solução de tráfego a toda a região das avenidas marginais do Tietê, na capital paulista. Foi inaugurada em novembro de 1994.

Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Construtora Heleno & Fonseca Construtécnica, que construiu a ponte

3.100 km de cabos ópticos no litoral brasileiro

Depois dos sinais telegráficos por cabos de cobre chegou, agora, a vez da transmissão de voz, imagem e dados em alta velocidade e de grande capacidade através das fibras óticas. A implantação em grande escala da infovia, como é chamado esse meio moderno de transmissão por fibras óticas, começou nesta década e deverá se tornar responsável pela alavancagem das economias mundiais no próximo século.

O Brasil, que aderiu aos cabos telegráficos submarinos de cobre em 1873, passados 120 anos entra na era da telecomunicação por fibra ótica. Em trabalho pioneiro, a Embratel implantou o primeiro sistema submarino, interligando o Rio de Janeiro a Natal, numa extensão de 2.600 km. O desafio de implantar a maior rede submarina do mundo começou em 1995 e foi concluído com sucesso em 1996. Foi preciso coordenar o trabalho de mais de 30 empresas nacionais e internacionais.



Em 1999, a Embratel contratou outros 500 km, estendendo a infovia até Santos e completando a conexão de 17 localidades entre Santos e Natal.

Os cabos foram fabricados no exterior pela Pirelli, da Itália, e pela Simplex, dos Estados Unidos, sendo de três especificações diferentes: Simplex Armado, Duplo Armado, e Triplo Armado. As especificações referem-se aos níveis de revestimento que cada feixe de fibras ópticas recebe, assegurando a proteção adequada às características ambientais de cada trecho do projeto. Os cabos são compostos por 18 fibras ópticas no sistema que vai do Rio de Janeiro a Natal e por 24 fibras no trecho que liga o Rio de Janeiro a Santos.

O lançamento dos cabos submarinos de fibras óticas exigiu estudos para definição da rota ideal, com levantamento hidrográfico envolvendo análises de climatologia, fisiografia, geomorfologia e oceanografia, realizadas por navios equipados para sondagem submarina, para identificar obstáculos naturais, como *canyons*, corais, rochas e arrecifes, ou legais, como zonas petrolíferas e pesqueiras.

A dimensão oceânica e a seqüência e precisão das atividades foram os desafios da coordenação logística de implantação dos cabos fabricados no exterior, sob medida para cada segmento da rede. Outras dificuldades foram o transporte dos cabos dos países de origem às diferentes áreas costeiras do Brasil pela logística e a implantação dos cabos na chegada à praia para interligação com a estação terrestre, devido às operações na zona de arrebentação. E houve a necessidade do uso de navios especializados nesse tipo de trabalho, sendo três instaladores e três transportadores.

Destacam-se as vantagens da solução submarina para implantação da rede: rapidez de instalação (50 a 100 km por dia), segurança e confiabilidade devido aos cabos ficarem mais protegidos – enterrados ou depositados no leito marinho – e baixa incidência de manutenção, que é rápida e precisa, quando necessária.

Com mais de 8 mil km de costa, o Brasil tem na sua faixa litorânea o grande mercado de telecomunicações, com 15 das 27 capitais representando os principais centros de tráfego, ao abrigar uma população de 50 milhões de habitantes responsáveis por 60% da riqueza nacional. Os cabos ópticos ficam enterrados entre dois e três metros na seção de praia e em até um metro para os trechos submarinos próximos da costa. Considerando-se a extensão total da infovia, aproximadamente 1.000 km foram enterrados e 2.100 km depositados no fundo do oceano.

O sistema de cabos submarinos de fibra ótica permitirá a interligação com os múltiplos sistemas submarinos internacionais, propiciando aos usuários brasileiros acesso a padrões de performance e conteúdo de serviços praticamente ilimitados. A capacidade atual de transmissão deste sistema é de 2,5 Gigabytes por segundo, podendo alcançar números ainda maiores com o avanço da tecnologia dos equipamentos instalados na superfície pelas operadoras.



Dados Bibliográficos

Fonte: Schahin Telecom, que executou a implantação da infovia
Fotos: As etapas da operação de lançamento dos cabos que exigiram uma adequada coordenação logística ao longo do litoral

O começo da construção rodoviária mecanizada

A Calçada do Lorena foi a primeira estrada revestida de lajões de pedra, para as tropas de burros vencerem as encostas e grotões dos 7,9 km da serra do Mar em qualquer época do ano. Foi construída pelo engenheiro e brigadeiro João da Costa Ferreira, com medidas entre 3,2 m e 4,3 m de largura e inaugurada em 22 de setembro de 1790 pelo governador Bernardo José de Lorena, da capitania de São Paulo. Na época ia-se de canoa de Santos a Cubatão, onde começava a calçada. Vencida a serra, pegava-se outra canoa pelo rio Pequeno, seguia-se pelo rio Grande e atingia-se São Paulo pelo rio Pinheiros. Esse era o trajeto percorrido no fim do século XVIII de Santos a São Paulo, subindo 800 m.

A estrada da Maioridade, assim chamada em homenagem à maioria de D. Pedro II, foi construída pelo engenheiro Daniel Pedro Müller e concluída em 1844 para o tráfego de automóveis. Ela acabou sendo mais conhecida como estrada Velha do Mar. Seu trecho do Planalto foi substituído pela estrada macadamizada do Vergueiro em 1864. A estrada demorou a assumir sua importância econômica. Durante muito tempo serviu mais para *rallies* esportivos.

Depois de alguns anos, entra em decadência e fica abandonada até 1905. A ferrovia ligava Paranapiacaba a Santos pelo sistema funicular na serra, construído pelos ingleses da São Paulo Railway. Os trens a vapor eram lentos, mas pontuais.

Reconstruída em 1913, foi considerada totalmente superada na virada da década de 30. Em 1925, a Inspetoria de Estradas de Rodagem – Ier, subordinada à secretaria da Agricultura e Obras Públicas do Estado de São Paulo, pavimentou os 8 km extremamente desfavoráveis da serra com concreto de cimento Portland, usado pela primeira vez na América do Sul. Estudos e experiências de campo sobre solos estabilizados, realizados pelo DER e IPT, indicavam seu uso. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) desenvolveu o solo-cimento para fins rodoviários a partir de 1940 e as novas experiências confirmaram os resultados positivos.

Em maio de 1935, o interventor Armando de Salles Oliveira autorizou, por decreto, a construção de uma estrada de rodagem entre São Paulo e Santos. Os recursos seriam provenientes da cobrança de pedágio dos usuários, a exemplo do que era feito um século antes na estrada da Maioridade: renda da barreira, que se destinava a financiar a construção da estrada.

Segundo o DER-SP, a nova estrada deveria ter padrões técnicos mínimos como curvas horizontais de no mínimo 50 m, faixa de 20 m, leito de 10 m, pista de 6 m e pavimentação de concreto. Em 1939,

o novo interventor federal em São Paulo, Adhemar de Barros determina a construção e pavimentação de uma estrada de rodagem de alta classe entre São Paulo e Santos com o nome de via Anchieta. Para isso, abriu um crédito de 32 mil contos de réis.

Um verdadeiro exército de operários enfrentou enormes dificuldades da serra e construiu a rodovia, que até hoje é admirada unanimemente como exemplo de obra de engenharia. A região é de topografia difícil, constantes movimentos de maciços de solo, floresta densa, o maior índice pluviométrico do Brasil – chuva em até 265 dias por ano –, umidade relativa do ar acima de 80% e neblina constante.

Nesse ambiente hostil, a construção da via Anchieta representou o que havia de mais avançado na época, sob o ponto de





vista tecnológico: ampliação do conhecimento do emprego do concreto, baseada na experiência alemã; construção de aterros no mangue da Baixada Santista, com uso de drenos verticais de areia; aperfeiçoamento da construção de túneis, com a experiência das obras da ferrovia Mairinque-Santos no trecho da serra; e uso da terraplanagem mecanizada no planalto para compactação de aterros. Muitas das escavações foram manuais. Os túneis foram concretados em vãos, com arcos moldados em fôrmas de madeira. O concreto era produzido em simples betoneiras. Os equipamentos pesados foram movimentados com guinchos primários.

Na construção da Anchieta, iniciada em 1939, o controle de compactação dos aterros no trecho do planalto e a observação de seu comportamento foram realizados pelo IPT. O movimento de terra no planalto foi feito com cortes por *scrapers* e lançamento dos aterros por camadas compactadas por rolos pé-de-carneiro. A partir daí, a construção rodoviária no Brasil transformou-se em construção mecanizada e organizada industrialmente. No trecho de serra, ocorreu a construção mecanizada tanto sob administração direta quanto na construção dos túneis e viadutos, bem como nos aterros sobre terreno mole na Baixada Santista, por empreitada a firmas empresarialmente organizadas. A construção da Via Anchieta, junto com a da Anhangüera, iniciada em 1940, marcaram a transição da construção rodoviária por meio de mão-de-obra intensiva para a construção mecanizada.

Com um tráfego de 768 veículos/dia na época da inauguração, em 1957 já chegava aos 4 mil/dia. De 1987 a 1992, a demanda aumentou de 3,4 milhões/ano para 8 milhões/ano, sendo 6,5 milhões de automóveis e ônibus e 1,5 milhão de caminhões com 40 milhões de t/ano de mercadorias.

Em 1972 foram iniciadas as obras da rodovia dos Imigrantes, para desafogar a Anchieta, mais uma vez superada pela demanda.

Em 1980, a Via Anchieta teve o primeiro serviço de manutenção rodoviária com a técnica da reciclagem de pavimentos desenvolvida pela Desenvolvimento Rodoviário S.A. (Dersa), numa extensão de 26 km na serra, considerando duas pistas de tráfego. Recapeamentos sucessivos sobre o concreto de cimento Portland original criaram espessuras de até 50 cm de mistura asfáltica nas pistas da

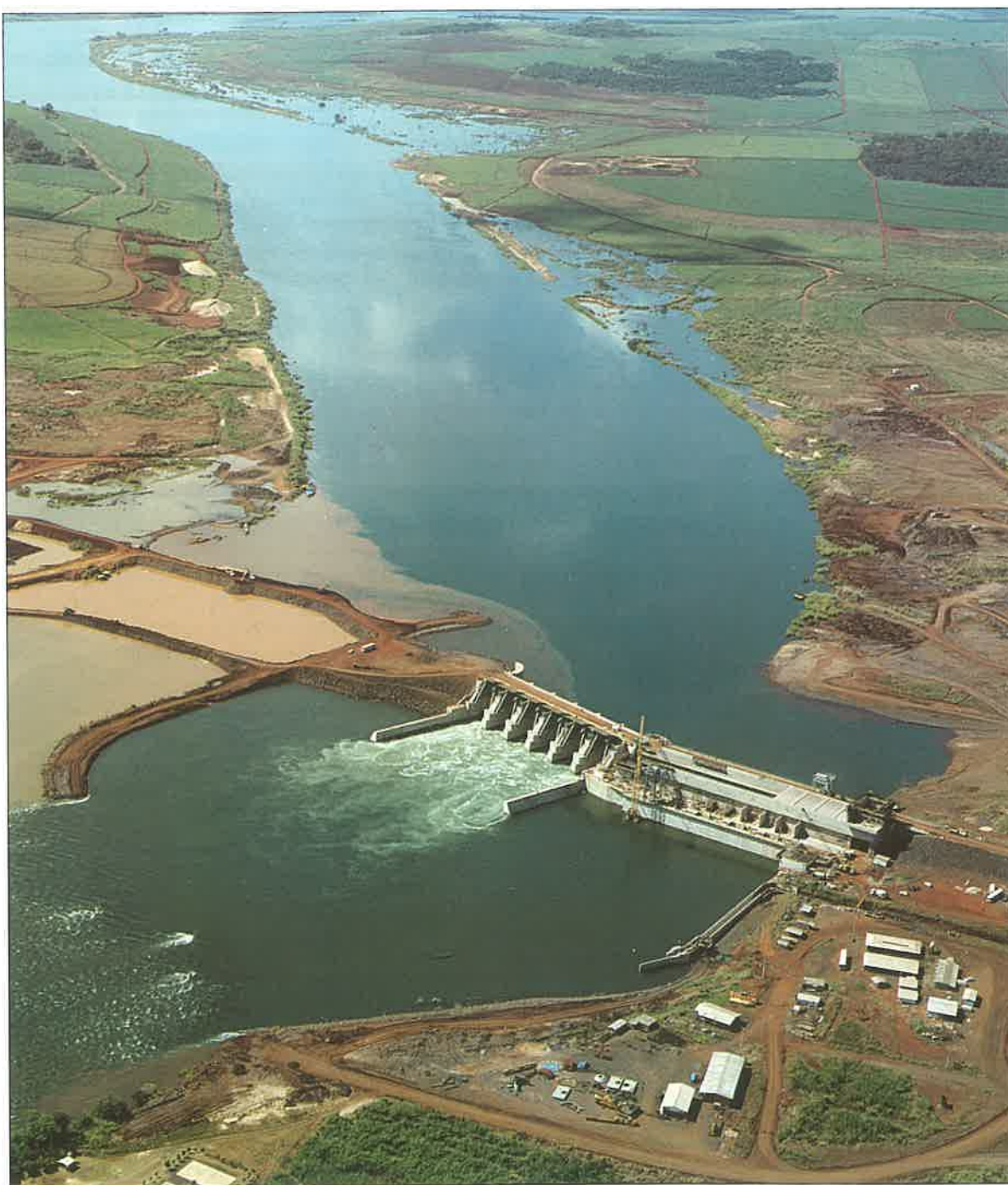


rodovia. Uma máquina fresadora a frio regularizou por corte a espessura média em 4 cm. Corrigida a declividade transversal, a superfície ficou nivelada e texturizada, pronta para a imprimação, com camada de 4 cm de pré-misturado a quente e uma camada de 7 cm de concreto betuminoso usinado a quente.

Notas bibliográficas:

- Caminho do Mar*. Boletim do Núcleo da Memória Odebrecht
Análise de Sensibilidade do Método Nível e Mira para Determinação de Irregularidade dos Pavimentos – trabalho do engenheiro Jorge Flamarion Vasconcelos, apresentado na 22ª Reunião Anual de Pavimentação, em Maceió, setembro 1987
Tecnologia e Industrialização no Brasil – Uma Perspectiva Histórica. Sob coordenação do prof. Shozo Motoyama – Editora Unesp – 1994
 Foto à esquerda: A via Anchieta na fase atual
 Foto acima à esquerda: A estrada, na época em que a pavimentação era feita com equipamento singelo e técnicas simples
 Foto acima à direita: Vista do traçado da estrada em cuja construção, em 1939, se aplicou pavimento de concreto

A primeira parceria com a iniciativa privada



A hidrelétrica de Igarapava, construída no rio Grande pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), em parceria com a Vale do Rio Doce, a Companhia Siderúrgica Nacional, a Mineração Morro Velho e a Companhia Mineira de Metais, traz várias inovações do ponto de vista de projeto, gerenciamento e especificação dos grupos geradores. Um dado que a distingue entre outras obras recentes – ela foi iniciada em 1995 e inaugurada no dia 18 de dezembro de 1998 – é o fato de ter sido a primeira hidrelétrica, no atual modelo do Estado brasileiro, colocada em construção e operação com a parceria da iniciativa privada.

Localizada entre os municípios de Igarapava e Rifaina (SP) e Conquista e Sacramento (MG), nas proximidades de Uberaba (MG), a nova hidrelétrica tem capacidade para gerar 210 MW. Sua construção resulta de uma iniciativa então considerada inédita no País: cinco empresas uniram-se à estatal para formar o consórcio que permitiu realizar o empreendimento em regime de parceria.

Duas questões foram consideradas básicas pelos empreendedores: a hidrelétrica deveria ser construída levando-se em conta, em especial, os critérios de qualidade e de economia.

O custo inicial da hidrelétrica, que era de R\$ 270 milhões, caiu para R\$ 237,4 milhões depois que foram adotadas ações para otimizar o projeto e a construção. Tais ações tiveram reflexos na redução do volume de concretagem das estruturas, da ordem de 29 mil m³, e na aplicação dos materiais escavados da usina, o que proporcionou diminuição das escavações de pedreiras superiores a 100 mil m³. Essas iniciativas, proporcionadas pelo gerenciamento da Cemig, geraram economia superior a R\$ 3 milhões. Foi a primeira vez que se conseguiu tal economia em obra semelhante.

Essa foi também a primeira vez que a Cemig prestou gerenciamento para terceiros e representou o consórcio no canteiro de obras. No

total, 1.400 operários trabalharam em Igarapava sob a coordenação geral do engenheiro Luís Alberto Cruvinel, que detém experiência anterior na construção de São Simão, Nova Ponte e Emborcação.

Outra inovação importante nesse empreendimento diz respeito à opção pelos grupos geradores: do tipo bulbo, com eixo na posição horizontal, adequados a baixas quedas-d'água; uma de suas vantagens é a significativa economia nas obras civis e no cronograma de construção.

Houve cuidados especiais relacionados com o impacto da usina no meio ambiente. O reservatório é proporcionalmente de pequenas dimensões: 36 mil km². A área de desapropriação tem 23 mil km². Como extensão desses cuidados, tomou-se a iniciativa de construir escada para peixes ao lado da casa de força.

Os trabalhos da formação do reservatório avançaram depois que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) concedeu ao consórcio a respectiva licença. De posse desse documento, uma equipe de técnicos começou a operação de resgate de animais silvestres remanescentes na área do reservatório. Foram resgatados, ao longo de 13 dias, 1081 animais, entre répteis, mamíferos e aves, que foram examinados e eventualmente tratados por veterinários. Toda essa fauna foi solta 48 horas depois, em 15 áreas de mata previamente mapeadas por biólogos.



O modelo de gerenciamento de Igarapava alcançou resultados considerados auspiciosos e começou a ser considerado em projetos futuros de hidrelétricas da Cemig, como Porto Estrela e Queimadas.



Notas bibliográficas

Dados fornecidos pela Cemig

Fotos: A usina marca uma nova etapa no ciclo de atividades da Cemig. Pela primeira vez ela gerenciou obra para terceiros

A interligação de dois sistemas de transmissão

A usina de Serra da Mesa, no rio Tocantins, cuja operação começou em março de 1998, interliga o sistema de transmissão Sul-Sudeste-Centro-Oeste com o do Norte-Nordeste, distinguindo-se em razão de um aspecto técnico peculiar: a casa de força, que abriga três turbinas geradoras de 425 MW cada, somando potência nominal instalada de 1.275 MW, opera numa caverna de 70 m de profundidade. Ela se destaca também porque inovou em procedimentos de operação e manutenção de hidrelétricas que utilizam a tecnologia digital.

Os estudos técnicos que deram base ao desenvolvimento do projeto consideraram a possibilidade do aproveitamento de uma garganta do rio, no norte do estado de Goiás, próximo à divisa com o Tocantins, entre os municípios de Minaçu e Colinas do Sul, encaixada na extremidade de uma serra formada por rocha granítica – a serra da Mesa. As favoráveis características morfológicas desse granito permitiram a construção do circuito hidráulico de geração subterrâneo e o desvio do rio para a construção da barragem no leito respectivo, através de dois túneis com 680 m de comprimento e 216 m² de seção.

A caverna exigiu uma escavação de 6,5 milhões de m³ de rocha. Desse total, 540 mil m³ referem-se apenas à parte subterrânea. Os túneis de acesso foram revestidos em concreto, com blindagem metálica no trecho entre o túnel de pressão e a casa de força.

O circuito de geração compreende três túneis de adução, três poços de comporta e três túneis de pressão até a casa de força – uma caverna com 157 m de comprimento, 30 m de largura e 67 m de altura. Saindo da casa de força a água passa por túneis de sucção, que desembocam na caverna da chaminé de equilíbrio com 69 m de comprimento, e entram no túnel de fuga com 500 m de comprimento e 288 m² de seção. Junto à casa de força foram abertos três poços de barramento blindados, com altura de 125 m e diâmetro de 5,5 m, por onde é transportada a energia gerada até os transformadores instalados na superfície. As escavações subterrâneas totalizaram 827 mil m³.

O acesso principal dos equipamentos e trabalhadores era realizado por um túnel à jusante da barragem, com 10 m de largura, 8 m de altura (do piso ao ponto mais elevado da abóbada) e 360 m de comprimento, ligando a plataforma de jusante à área de montagem. Além desse havia outro acesso, secundário, formado por um poço vertical, com seção de 6,25 m x 6,50, que abrigou os elevadores, a escada e o poço de exaustão.

Longe da área subterrânea, a barragem da usina foi construída em forma de arco, com maciço compactado de enrocamento e núcleo de argila. Com 154 m de altura, possui 1.510 m de extensão. As fundações foram executadas em rocha sã. Seu maciço é de 12 milhões de m³. Cinco comportas controlam enchentes com vazão de até 15 mil m³.

O vertedouro aproveitou um conduto topográfico natural, contribuindo com a disposição da casa da força para a economia do uso do concreto. Completam o complexo hidrelétrico as edificações externas, entre as quais o edifício de controle da usina e a plataforma dos transformadores.

O reservatório de Serra da Mesa tem uma área total de 1.784 km² para acumular 55 bilhões de m³ de água, três vezes o volume da baía de Guanabara. Trata-se do maior reservatório do Brasil em volume de água, embora seja o quinto em área inundada. Do concreto lançado na obra, 75% foi aditivado com sílica ativa para diminuir a permeabilidade e aumentar a durabilidade das estruturas.

Técnica inovadora foi a construção das ensecadeiras galgáveis de concreto compactado com rolo. Os 28 mil m³ desse tipo de concreto propiciaram redução de custos e avanço no cronograma de toda a fundação da barragem, além de dispensarem a construção das ensecadeiras incorporadas e projetando-se nova seção do maciço principal. Os túneis de pressão, com 9 m de diâmetro, 120 m de extensão, 55% de inclinação e desnível de 80 m, tiveram um revestimento de concreto com dupla armadura moldado com fôrmas de elementos retráteis de madeira e aço. A concretagem em uma única etapa foi realizada através de janelas de inspeção. O tempo de concretagem, em relação ao processo convencional, foi reduzido em 50%.

Os 1.100 m de poços e condutos forçados foram escavados a partir do topo, com um furo inicial de 20 cm de diâmetro, e alargados por *raise baring*, de baixo para cima.

Os três hidrogeradores da usina só perdem em tamanho para os de Itaipu e Tucuruí. Eles foram projetados e fabricados em Osasco (SP) levando-se em conta as condições e dimensões da caverna onde foram instalados. Dentre os equipamentos da casa de força, aquele considerado de maior avanço tecnológico é o barramento estatórico do gerador, cuja tecnologia a empresa fornecedora vem aperfeiçoando no que diz respeito ao tipo, à qualidade e aos cálculos. O rigoroso planejamento das montagens eletromecânicas foi fundamental para equacionar e superar as dificuldades técnicas ocasionadas pelo reduzido espaço da casa de força subterrânea.

Notas bibliográficas

Obs.: O projeto básico de Serra da Mesa foi desenvolvido por Furnas e detalhado pela Iesa Internacional de Engenharia S. A. e a construção foi realizada pela Camargo Corrêa. Dados sobre os equipamentos instalados em Serra da Mesa foram fornecidos pela ABB, empresa que os projetou, integrou e coordenou o consórcio Consema. A casa de força instalada numa caverna granítica



Edifício inteligente emprega concreto de alto desempenho

A torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas (CENU) está entre os últimos edifícios da capital paulista que, neste final de milênio, ingressaram no ainda fechado grupo de prédios AA, de alta tecnologia, ou seja, os chamados prédios inteligentes. Segundo a Bolsa de Imóveis de São Paulo, 40 edificações estão classificadas como AA, mas, destas, pelo menos 15 ainda estão no papel ou em fase de construção.

O CENU é constituído de três torres: a Oeste, já concluída e entregue em maio de 1998, a Norte, inaugurada em novembro de 1999, e a Leste, com o subsolo já em obras. Além de ser AA, outros motivos dão destaque ao CENU: seu projeto foi submetido a ensaios em túnel de vento para obtenção dos dados precisos sobre os esforços estruturais, o que permitiu uma economia de 1,5 t de aço por pavimento. Tornou-se a obra que mais consumiu concreto de alto desempenho (50 MPa) no País: 28 mil m³ nas estruturas.

Com área total construída da ordem de 300 mil m², o projeto do CENU tem as três torres de diferentes dimensões, mas com suas conformações estruturais semelhantes. Sua capacidade é para 12 mil pessoas e 3.700 automóveis. As torres são similares a uma base de prisma até determinado pavimento (24º na torre Norte) sendo chanfradas daí para cima. A estrutura básica comum, com 5.200 m² no andar térreo, tem cobertura de vidro, unindo todas as



torres e disponibilizando restaurantes, lojas de conveniência, bancos, posto de correio e outros serviços.

A torre Norte tem 158 m de altura e 134 mil m² de área construída. Das escavações que atingiram 20 m de profundidade, 14 m abaixo do lençol freático, foram retirados cerca de 800 mil m³ de terra. Ao centro ficou o *radier* octogonal, um bloco de 2.624 m³ de concreto (volume de 600 caminhões betoneira), de 4 m de altura e 28 m de diâmetro, sobre o qual incide a maior parte da carga estrutural de 62 mil t. A concretagem desse bloco foi realizada em 72 horas ininterruptas de trabalho. Para manter controlada a temperatura do concreto, lançado em torno dos 20° C, foram adicionados 136 kg de gelo por m³ de concreto úmido. Ainda nas fundações foram aplicadas algumas soluções como paredes-diafragma e estacas-raiz. As lajes dos pavimentos, com 21 cm de espessura, foram concretadas usando fôrmas do tipo mesas-voadoras, ao ritmo de uma por semana. Foi utilizado concreto de alto desempenho: 35 MPa nas lajes e 50 MPa nos pilares.

Na torre Norte, construída quase um ano após a torre Oeste, já houve vários aperfeiçoamentos. O vão entre pilares passou dos 3,75 m para 7,5m, devido ao uso do concreto de alto desempenho. O fechamento da fachada, que totalizou 13.500 m², foi feito com painéis de concreto pré-moldado e revestido por painéis de granito, estes servindo de fôrma aos pré-moldados. O revestimento interno foi feito com placas de gesso acartonado. Os caixilhos duplos possuem uma eficiência acústica mínima de 35 decibéis.

Os estudos para o desenvolvimento do projeto de instalações para o CENU foram iniciados pela MHA em 1990. Foi necessário alterar a legislação de fornecimento de energia elétrica a edifícios de uso coletivo de baixa tensão para um sistema seletivo primário composto por duas linhas de 34,5 kV, junto do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e Eletropaulo. A autorização foi concedida em 1996. O sistema foi aliado a medidores eletrônicos de energia, instalados em diversos pontos para permitir o rateio correto de consumos. A tensão de 34,5 KV para distribuição interna nos três edifícios é rebaixada diretamente para 380 V nas diversas subestações, graças à utilização de transformadores compactos com nova tecnologia de isolamento com gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre) e custo menor do que a instalação de grandes transformadores.

Soluções inovadoras foram utilizadas também no sistema de climatização especificando-se o emprego de três unidades resfriadoras com capacidade total de 2.300 t de refrigeração (TR).

Para os sistemas de pressurização foram instalados seis ventiladores ligados ao gerador de emergência. O sistema antiincêndio tem sensores óticos e *sprinklers*.



Notas bibliográficas:

Informações fornecidas pela MHA Engenharia

Obs: Empreendimento: Funcef – Fundo de Pensão dos Funcionários da Caixa Econômica Federal

Desenvolvimento e gerenciamento: Tishman Speyer/Método

Projeto do empreendimento: arquitetos Alberto Botti e Marc Rubin

Projeto estrutural: engenheiros Júlio Kassoy e Mário Franco

Projeto das fundações: Consultrix

Projeto das instalações: MHA Engenharia

Construção: Método Engenharia

Fotos: A avançada concepção arquitetônica do edifício tem a contrapartida dos avanços da engenharia para obras desse porte e a tecnologia dos equipamentos de que ele foi provido

A opção pelo emprego de pavimento rígido

Um trecho de 20 km da rodovia Pedro Taques (SP-55), no litoral sul do estado de São Paulo, recebeu pavimento de concreto, dadas as características locais muito peculiares. Essa rodovia vinha funcionando com carga muito acima de sua capacidade. Além do tráfego pesado, com destino ao porto de Santos, ela recebia o aumento do fluxo de veículos de fins-de-semana, uma vez que serve aos turistas da capital e de outras regiões do estado, transformando-se, portanto, numa espécie de avenida.

Diante das dificuldades criadas pela sobrecarga daquele tráfego, com os usuários enfrentando congestionamentos, e dada a ocorrência de graves acidentes, a Desenvolvimento Rodoviário S. A. (Dersa) decidiu duplicá-la.

O traçado da SP-55, na encosta da serra do Mar, atravessa grandes trechos de mangue, não dispondo de qualquer material de suporte estrutural. A pista então existente era constituída de pavimento flexível, com duas faixas de rolamento de 3,50 m de largura cada. A duplicação previa nova pista com a mesma largura da original, acostamento de 3 m pavimentados e refúgio lateral esquerdo de 1 m. A

região registra alto índice pluviométrico, sendo a sua drenagem principal realizada através de canais ao lado da rodovia. Esses canais sofrem a influência da maré.

A região, nessas condições, não oferece materiais de qualidade adequada para pavimentação. As jazidas de argila e areia são raras e esses materiais têm de ser buscados à grande distância. Como a rodovia atravessa áreas em que ocorrem argilas orgânicas altamente compressíveis, sobre areia, de camadas de espessuras variáveis, decidiu-se realizar um estudo geológico para definição dos locais onde seria aplicado o pavimento rígido ou o flexível.

O pavimento rígido foi projetado para ser executado nos locais em que a espessura da argila compressível fosse inferior a 3,5 m. Ela seria removida até a camada de areia, preenchendo-se, então, a caixa aberta no local, com material de suporte compatível com as especificações do projeto. Nos demais casos optou-se pelo pavimento flexível. O volume estimado de pavimento rígido (concreto simples com barras de transferência de carga) foi de 38 mil m³.

No dimensionamento do pavimento de concreto empregou-se o método da Portland Cement Association (PCA/EUA), de 1984, baseado no modelo de fadiga e no conceito de erosão das fundações do pavimento. No tocante às propriedades mecânicas do concreto procurou-se atender a um valor característico de resistência à tração na flexão, igual a 4,5 Mpa, aos 90 dias.

O subleito foi compactado de forma convencional. Em tempo chuvoso, seria utilizada areia; em tempo seco, solo argiloso. A sub-base foi projetada para ser executada com concreto rolado homogeneizado em usina comum de concreto e seu transporte, feito em caminhão-basculante. O concreto saía da usina com umidade de 1,5% acima da ótima. O espalhamento foi realizado com motoniveladora e a compactação, com rolo vibratório e liso.

Analisadas todas as alternativas técnicas e econômicas da obra, optou-se pela adoção de placas de concreto simples, com barras de transferência e sem acostamento de concreto, com 21 cm de espessura, e sub-base de concreto rolado de 10 cm de espessura, com resistência à tração na flexão igual a 1,5 MPa. Visando à segurança quanto ao aparecimento eventual de trincas por causa do fenômeno de retração e do empenamento do concreto e tendo em vista, ainda, a ambiência, estabeleceram-se outras dimensões de placa, resultando em 5 m de comprimento e 3,5 m de largura. O projeto de juntas aproveitou ao máximo as características do equipamento de construção e seguiu o critério de diversificar o menos possível o tipo de juntas a serem





executadas. Concluída a operação de execução do pavimento, a superfície do concreto rolado era protegida contra a evaporação por uma pintura betuminosa.

O controle tecnológico foi executado ao longo de todas as fases: subleito, sub-base, base e revestimento. No controle do concreto simples usado como base e revestimento determinaram-se porcentagem de ar incorporado, resistência característica à tração na flexão e à compressão simples, além dos ensaios normais de agregados e cimento.

Notas bibliográficas

Trabalhos apresentados pelos engenheiros Alfredo Monteiro de Castro, Cláudio C. Pinoti e Tathuo Yamamoto (Dersa) e Dalter Pacheco Godinho (ABCP), durante a 22ª Reunião Anual de Pavimentação, da ABCP, em Maceió, em 1987

Fotos: A escolha do tipo de pavimento, no trecho específico, deveu-se às condições geológicas locais. Ali a estrada avança sobre áreas de mangue

O pioneirismo na terra e no mar

*N*a terra e no mar, a Petrobras tem enfrentado desafios que vêm sendo vencidos pela engenharia brasileira. Há mais de um quarto de século o Serviço de Engenharia da Petrobras (Segen) ajuda a abrir novas trilhas ao desenvolvimento sustentável do País, atuando em quase todos os estados brasileiros, coordenando e executando estudos, concebendo projetos e realizando empreendimentos de engenharia para elevar a produção brasileira do petróleo, alguns dos quais se tornaram recordes mundiais.

Instalando plataformas no mar, inicialmente em águas rasas, depois em águas profundas, ela dominou a tecnologia *offshore* e partiu para outro desafio: a conversão de plataformas semi-submersíveis em plantas de produção de petróleo e a transformação de superpetroleiros em sistemas flutuantes de produção. Agregando valores nas áreas de tecnologia, meio ambiente, materiais, financiamento, recursos humanos, informática e telecomunicações, o Segen soube alargar seus horizontes.

Sua capacidade técnico-gerencial espelha-se em fatos que a tornaram líder mundial do setor, tais como a construção de três refinarias, a ampliação de oito refinarias, a construção de centrais e de plantas petroquímicas, a construção de fábricas de fertilizantes, a instalação de cerca de 10 mil km de dutos em terra, 1.600 km de dutos no mar, 36 plataformas marítimas (fixas) e 14 semi-submersíveis, a construção de quatro terminais marítimos, bases de provimento, estações de bombeamento e de compressão, a construção do centro de pesquisas e do edifício-sede da Petrobras, além de diversas outras edificações, e o conjunto de tecnologias aplicadas na exploração e na produção de águas profundas.

O gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), a maior obra de dutos da década de 90, no mundo, é outro exemplo dos desafios que a empresa tem superado. Nas últimas décadas, o desenvolvimento dessa engenharia, no segmento de atividades da Petrobras, detém um lastro de realizações que a consagram como uma entidade de inegável competência, construída sobre a ousadia e a capacidade de responder às demandas de cada parceiro com criatividade, empenho e disposição de vencer.

Foto: Caminhões militares usados na operação de soldagem ininterrupta de tubos do gasoduto Bolívia-Brasil



Semi-submersível vai operar em lâmina d'água de 1.360 m

A plataforma Petrobras-36, a maior plataforma de produção da empresa, após passar por obras de conversão sob a gestão do Serviço de Engenharia da Petrobras (Segen) que a transformaram em uma das maiores plataformas de produção do mundo, vai operar no campo de Roncador, descoberto em outubro de 1996 através do poço pioneiro RJS-436, com lâmina d'água variável de 1.300 a 2 mil m, na bacia de Campos.

A 125 km da costa, o campo de Roncador tem área da ordem de 132 km² e conta com reserva estimada de 3 bilhões de barris de óleo e gás natural, constituindo-se em um dos campos mais promissores.

O plano de desenvolvimento de exploração de Roncador compreende três fases, incluindo o sistema piloto que já está produzindo. Na primeira fase, a entrada em produção dessa plataforma gigante, prevista para o início do próximo ano, permitirá à Petrobras, ao fim do ano 2000, atingir a meta de 1,3 milhão de barris diários de petróleo. Nessa etapa serão desenvolvidas as áreas norte e leste do reservatório, cuja característica do óleo é de 31° API. O investimento total, nessa fase, é da ordem de US\$ 2 bilhões. A segunda fase está prevista para fins do ano 2000, quando a área sudoeste do campo será explorada em águas com profundidade de 1.500 a 1.850 m. A terceira fase prevê o desenvolvimento das áreas mais profundas, situadas na parte sudeste do campo.

A Petrobras-36 faz parte de um programa de desenvolvimento do campo gigante de Roncador e terá, ao todo, 26 poços, dos quais 21 serão produtores e 5 serão de injeção de água. A produção de óleo será transferida para uma unidade do tipo FSO (*Floating Storage Offloading*), denominada Petrobras-47, que já se encontra no local, onde estão sendo executadas as atividades de pré-operação. O óleo produzido será enviado à terra em navios-aliviadores e a produção de gás natural será feita através de dutos.

A plataforma foi projetada para produzir 180 mil barris/dia de petróleo e 7,6 milhões de m³/dia de gás natural, o que



representa 30% de toda a produção da Bacia de Campos e 18% da produção nacional.

Com 118 m de altura – o equivalente a um edifício de 40 andares – ela estabeleceu uma série de recordes pelas suas dimensões, a começar por sua capacidade de geração de energia elétrica, suficiente para abastecer uma cidade de 70 mil habitantes, como Itaguaí, no estado do Rio de Janeiro. Pesa 60 mil t e seus cabos elétricos podem cobrir uma distância de cerca de 170 km. A fim de acomodar a ampliação da planta de produção, o convés foi estendido 14 m na popa, em balanço, em toda a sua largura. Para atender às condições de estabilidade e de flutuação foram feitas modificações nas colunas, nos *pontoons* e na coluna central, aumentando-se as caixas de estabilidade e criando-se caixas de flutuação. Adicionalmente foi concebido um nível estrutural, 5 m abaixo do convés inferior existente, onde os *risers* serão conectados e as operações de instalação *pull-in* serão realizadas. O *upgrade* da plataforma valeu-se da experiência e da capacitação da equipe técnica da Petrobras, presente em todas as fases do projeto.

Gasoduto muda a matriz energética do País

No dia 9 de fevereiro de 1999 os presidentes Fernando Henrique Cardoso e Hugo Banzer inauguravam em Corumbá (MS) o primeiro trecho do maior gasoduto construído na atual década no mundo: o Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), que interliga a cidade boliviana de Rio Grande a Paulínia, em São Paulo.

Considerado o maior investimento em obras desse tipo, na atualidade, e uma das maiores obras de infra-estrutura da América Latina, o Gasbol terá, quando concluído, 3.150 km de extensão. O primeiro trecho inaugurado tem 1970 km, dos quais 557 em território boliviano e 1413 no Brasil. Ele tornará viável o transporte de 16 milhões de m³/dia de gás natural e sua capacidade deve atingir 30 milhões de m³/dia após oito anos de operação, suprimindo companhias distribuidoras e termelétricas projetadas em seis estados: Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Ao todo, o Gasbol compreende investimentos da ordem de US\$ 2 bilhões. Sua operação deverá movimentar cerca de US\$ 5 bilhões em negócios, incluindo aí o mercado de gás e as termelétricas que vão gerar energia com esse insumo.

A Petrobras responde por todo o projeto, tanto no lado brasileiro quanto no lado boliviano. Através de diversas equipes do Segen, a empresa participou das várias etapas de desenvolvimento da



obra, desde os estudos técnicos, econômicos e ambientais, até a definição e elaboração do projeto básico, contratação dos serviços, materiais e o gerenciamento.

O gasoduto emprega tubos de aço carbono com 32" de diâmetro até Campinas e no trecho subsequente, até Curitiba, com 24" de diâmetro. Entre a capital paranaense e o município de Tijucas (SC), está prevista uma nova redução para 20" de diâmetro, devendo chegar a Canoas com 16". Essa variação tem em vista as vazões de consumo ao longo do gasoduto. Mais da metade do volume de gás natural que o Gasbol transportará deverá atender ao estado de São Paulo.

A logística do transporte dos tubos no lado boliviano representou uma gigantesca operação. Eles vieram dos Estados Unidos e do Japão até o porto de San Nicolas, na Argentina, e de lá subiram os rios Paraguai e Paraná até Porto Soares, na Bolívia. Posteriormente, foram transportadas em barcaças, de Porto Soares, na divisa com o Brasil, até Santa Cruz de La Sierra. No lado brasileiro os tubos de fabricação nacional foram levados em carretas até Paulínia (SP) e Águas Claras (MG), para a construção do trecho norte. Para o trecho sul, os tubos, também de fabricação nacional, foram entregues em Guaramirim Biguaçu (SC) e São Francisco de Paula (RS).





Os serviços de construção e montagem na primeira fase foram divididos em sete trechos, dos quais os dois primeiros em território boliviano e o restante, de Corumbá (MS) a Campinas (SP), no lado brasileiro.

Os dutos ficam enterrados cerca de 1 m abaixo do solo e, em áreas de agricultura mecanizada, a 1,2 m de profundidade. Nesses locais e em áreas urbanas previu-se a execução de placa de concreto e fita de advertência sobre a linha, para a sua proteção. Na travessia de rios, eles ficam enterrados a 1,5 m do ponto mais baixo do leito.

O gasoduto terá 16 estações de compressão, sendo quatro em território boliviano e 12 no Brasil. Elas permitirão o transporte do gás nas pressões especificadas em projeto e são dimensionadas para uma vazão de até 30 milhões de m³/dia, até Campinas.

Um grande desafio enfrentado pelo Gasbol foi o ambiental, pois o gasoduto passou a ser considerado pelos organismos internacionais financiadores do projeto como uma obra de infra-estrutura ecologicamente passível de contrapartidas compensatórias. Isso levou o Segen a desenvolver vários programas de auxílio a prefeituras, comunidades indígenas, parques e estações ecológicas, como compensação pelo impacto ambiental do empreendimento.

Foto: A logística do transporte e instalação dos tubos, tanto do lado brasileiro quanto do lado boliviano, exigiu um cuidadoso planejamento tendo em vista o cronograma estabelecido para o trabalho e a qualidade prevista

A história de 27 anos no refino do petróleo



A refinaria de Paulínia (SP), maior do País, tem 27 anos de atividades e nunca pára de se atualizar. As duas novas unidades – a de coque e a de hidrotreatamentos – constituem exemplos de permanente ritmo de expansão.

A maior refinaria da Petrobras em capacidade de refino nasceu com uma história de recorde. Foi construída em prazo apertado, menos de mil dias, dada a necessidade de produzir derivados de petróleo para imediato abastecimento da região, em decorrência do desenvolvimento acelerado do País na época. Ela entrou em operação em janeiro de 1972 e foi oficialmente inaugurada no mês de maio seguinte.

Está instalada numa área de 9 milhões de m², num terreno anteriormente ocupado pela Fazenda São Francisco. A área foi comprada pela Rhodia e, mais tarde, vendida à prefeitura, que a doou à Petrobras.

Os primeiros 100 trabalhadores chegaram ali em 1969. A construção absorveu um contingente de 6 mil homens.

Quando as obras da refinaria foram iniciadas, de imediato teve andamento, também, a construção do oleoduto São Sebastião–Paulínia, com diâmetro de 24” e 230 km de extensão. Ele tinha em vista abastecer a refinaria com o petróleo que era descarregado

de navios-tanques no terminal de São Sebastião, no litoral norte de São Paulo.

Além das obras mencionadas, previu-se a construção do poliduto de derivados Replan—Barueri, com diâmetro de 16” e 100 km de extensão, destinado ao escoamento de grande parte da produção da refinaria para a cidade de São Paulo e região. Junto à Replan foi construída a base de distribuição da Petrobras, que, com as demais empresas, abastece, via rodoviária e ferroviária, o interior do estado, o sul de Minas Gerais, o norte do Paraná, o Mato Grosso, Goiás e Brasília.

O interessante é que, um ano depois de inaugurada, a refinaria já se encontrava em obras de duplicação de sua capacidade de



refino com a construção de mais uma unidade de destilação atmosférica. Posteriormente uma nova unidade de destilação a vácuo e uma nova unidade de craqueamento catalítico foram erguidas. Só mais recentemente foram construídas as unidades de hidrotreatamento e de coque.

A Replan foi concebida pela engenharia da Petrobras, exceto os projetos das primeiras unidades de destilação e craqueamento catalítico. A partir da duplicação de sua capacidade de refino, os projetos conceituais e básicos passaram a ser desenvolvidos pela empresa. Já os respectivos detalhamentos foram entregues a empresas de engenharia nacionais, sob sua fiscalização.

Na recente ampliação da Replan introduziram-se os primeiros modelos de contratos *turnkey* para execução de obras industriais, nos quais se incluem a elaboração do projeto completo.

A Replan inclui hoje novas unidades de processamento e novos tanques de armazenamento. Suas instalações de utilidades foram

ampliadas, o mesmo ocorrendo com a área de tratamento de despejos industriais e a central termelétrica; esta teve sua capacidade de geração aumentada em 40 mWh. Também foi incrementada a automação da instrumentação e controle dos processos de refino, de utilidades e de geração de energia elétrica, com a implantação dos sistemas digitais de controle distribuído, e de controle da geração e distribuição de energia elétrica.

O projeto original da Replan, desenvolvido pela Petrobras, apresenta um *layout* que permitiu a execução de todas essas ampliações sem contrariar o fluxo natural de processamento industrial do petróleo até a obtenção dos produtos finais.

Foto: A Refinaria de Paulínia, hoje ampliada sem, entretanto, desfigurar o *layout* original



O caminho do petróleo na Amazônia

A construção do poliduto Urucu-Coari e do terminal do Solimões são algumas das obras de engenharia ensejadas, na selva amazônica, pela descoberta da província petrolífera do rio Urucu, composta pelos campos do rio Urucu e leste e sudoeste de Urucu, no município de Coari, a 120 km a leste da província gaseífera do Juruá e a 600 km a sudoeste de Manaus (AM). A descoberta do campo do rio Urucu, ocorrida em 1986 com a perfuração do poço 1-Urucu-1-AM, localizado entre os rios Tefé e Coari, abriu novas perspectivas para a exploração de petróleo em toda a região.

Em abril de 1987, o poço 1-LUC-1-AM (leste do rio Urucu), a 12,5 km do poço anterior, produziu gás e condensado. Tais resultados motivaram a empresa a adotar um plano de ação para definir o potencial da área e determinar a perfuração de novos poços. Foi desenvolvido um projeto piloto e o campo de rio Urucu entrou em produção a partir de 1988.

O escoamento de óleo era efetuado inicialmente através de um oleoduto de 51 km até o porto terminal, no rio Tefé, sendo transportado em balsas até o rio Solimões, a jusante da cidade de Tefé, onde era armazenado em um navio cisterna. Dali seguia de navio para as refinarias Isaac Benayon Sabbá (Reman) e Landulpho Alves (RLAM). O GLP era escoado até o porto terminal através de um duto de 4 1/2", com 51 km de extensão, e transportado em balsas apropriadas até Manaus e Porto Velho, sendo envasado e distribuído.

O projeto de desenvolvimento dos campos de rio Urucu e leste do Urucu previa, até fins de 1999, uma série de instalações, entre elas, o poliduto, já concluído. O complexo Urucu, integrado pela ampliação da unidade de exploração e processamento de petróleo do pólo Arara, compreende uma extraordinária experiência.

O poliduto, com 280 km de extensão e 14" de diâmetro, cruza amplo trecho da selva amazônica, acompanhando de perto o leito do rio Urucu. Essa escolha foi feita para facilitar o transporte dos tubos e tendo em vista, também, as condições locais de acesso para futuras operações de manutenção. Os trabalhos avançaram apoiados pelos serviços aerofotogramétricos, os quais, com o auxílio de imagens de satélite, indicavam as áreas menos afetadas pelas cheias da região.

A partir da definição do traçado e dos estudos de viabilidade técnico-econômica, as empresas que operaram na selva abriram clareiras ao longo do trajeto, com distâncias médias de 15 km



entre elas. Tais clareiras passaram a ser utilizadas para armazenamento dos tubos, transportados por barcos.

Os tubos de aço carbono de alta resistência, fabricados segundo normas internacionais, são revestidos por um produto à base de alcatrão e hulha, permitindo seu isolamento elétrico do solo. Eles foram transportados por balsas, com capacidade para 2 mil t, até os locais previstos nas clareiras. Uma vez alocados nos canteiros, os dutos começaram a ser instalados segundo os cuidados previstos em projeto do gênero.

A 16 km de Coari, no ponto final do poliduto, o terminal de Solimões é outra obra estratégica. Como o Solimões sofre mudanças em sua profundidade dependendo dos períodos de seca e chuvas, suas águas acabam provocando erosões nas margens do rio. Isso obrigou a Petrobras a prever a construção de taludes de contenção, à base de manta de geotêxtil preenchido com terra vegetal. Foi coberta, dessa forma, uma área de 850 m de frente por 18 m de altura. Para fazer as fundações de concreto das bases dos tanques e esferas, utilizou-se perfuratríz especial com hélice contínua.

O terminal portuário dispõe de dois píeres com uma distância média de 460 m entre eles. O de petróleo pode receber navios com capacidade para até 30 mil m³, enquanto o outro, destinado a GLP, poderá operar com cargueiros de até 6,5 mil m³.

Para tocar esses empreendimentos, a Petrobras implementou um extenso programa junto ao órgão estadual de meio ambiente, a fim de assegurar a proteção da ecologia local. Em dezembro de 1998 o Segen recebeu o certificado ISO 14001 para a atividade de Gerenciamento de Empreendimentos de Dutos e Terminais de Óleo e Gás na Região Amazônica, concedido pela Bureau Veritas Quality Internacional (BVQI).

Foto: O poliduto; são 280 km de tubos de aço na selva

100 ANOS DA ENGENHARIA BRASILEIRA

*P*erfis das empresas participantes

Patrocinadores

(por ordem alfabética)

<i>A</i> BCP	145
<i>C</i> ase	146
<i>C</i> aterpillar	147
<i>F</i> iat Allis	148
<i>K</i> nauf	149
<i>P</i> etrobras	150

Empresas participantes

(por ordem de diagramação)

<i>A</i> BB	154
-------------------	-----

<i>A</i> ndrade Gutierrez	151
<i>C.</i> R. Almeida	157
<i>C</i> arioca Christiani-Nielsen	152
<i>C</i> emig	155
<i>G</i> ruppo MPE	154
<i>H</i> elena & Fonseca Construtécnica	156
<i>M</i> endes Júnior	153
<i>M</i> HA	156
<i>O</i> ebrecht	156
<i>P</i> romon	157
<i>Q</i> ueiroz Galvão	157
<i>R</i> acional	157
<i>S</i> chahin Engenharia	158
<i>S</i> erveng-Civilsan	155
<i>S</i> penco	154

Fundada em 5 de dezembro de 1936, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), entidade de utilidade pública mantida voluntariamente pelos fabricantes brasileiros de cimento, é uma organização voltada à prestação de serviços técnicos e apoio ao produtor, principalmente ao usuário do cimento portland.

Situada próximo ao *campus* da Universidade de São Paulo, a sede da ABCP compreende 5 mil m² de área construída, onde cerca de 100 especialistas estudam, pesquisam e debatem a melhor forma de fabricar e de empregar o cimento e seus derivados. Sua missão é ter o domínio do conhecimento e da informação e liderar o desenvolvimento e a difusão da tecnologia de produção e de aplicação do cimento, antevendo e solidificando seu papel no futuro como o de um centro, reconhecido nacional e internacionalmente, pelo valor agregado à prestação de seus serviços.

A política de qualidade da ABCP busca continuamente, através da excelência desses serviços, contribuir para o desenvolvimento do mercado em que atua e alcançar a plena satisfação de seus clientes. Como centro de referência



em tecnologia e em assistência ao mercado, há 70 anos a ABCP estuda e difunde a tecnologia desse aglomerante e a de seus derivados, permitindo a seus usuários aplicá-los melhor e mais economicamente.

Dispõe de serviços de laboratório, cursos, publicações e assessoria, além de programas e campanhas de incentivo ao aprendizado e à aplicação das técnicas adequadas de construção de habitações de interesse social até obras especiais, passando por pavimentação e outras atividades de infra-estrutura.



Ceará, Maranhão, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, cobrindo assim todo o território nacional.

Junto com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), a ABCP representa um setor básico para o desenvolvimento do País, produtor de 40 milhões de toneladas em 1998 – o sexto do mundo – com 13 grupos cimenteiros e 50 fábricas em funcionamento, garantindo 25 mil empregos diretos e um faturamento anual da ordem de 2,8 bilhões de reais.

Mantém convênios com o meio universitário, destacando-se o celebrado com a Universidade de São Paulo, dentre tantos outros firmados com importantes entidades de ensino nas mais diversas capitais brasileiras.

A ABCP possui um centro de informação e documentação, composto por biblioteca aberta ao público (com mais de 20 mil títulos) e por serviço gratuito de atendimento ao usuário do cimento, chamado Disque Cimento e Concreto (DCC), que esclarece, em tempo real, as dúvidas daqueles que empregam o produto. Uma *home page* (www.abcp.org.br) completa e atual permite o amplo e irrestrito contato com a entidade, sem limite de tempo ou de localização.

Detendo a certificação ISO 9002, os laboratórios da ABCP também são credenciados pelo Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade (INMETRO) e integram a RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios.

Além de sua sede em São Paulo, dispõe de escritórios regionais em quatro capitais brasileiras – Belo Horizonte, Curitiba, Recife e Rio de Janeiro – e no Distrito Federal e de representações nos estados da Bahia,





Instalada no parque industrial de Sorocaba desde 1977, a divisão de equipamentos para construção produz equipamentos de classe mundial, como a retroescavadeira 580L, líder absoluta de mercado há vários anos, e a pá-carregadeira 821B, grande sucesso de vendas em todo o País.

Além dos equipamentos produzidos em Sorocaba, a Case oferece uma linha completa de equipamentos para construção. Recentemente, lançou em todo o mundo as versáteis escavadeiras hidráulicas da série 90B, produto da

aliança Case-Sumitomo, e as perfuratrizes horizontais direcionais não-destrutivas (Horizontal Direction Drilling/HDD), última palavra em tecnologia.

As perfuratrizes horizontais direcionais, ao contrário do método convencional, que exige a abertura de valas em calçadas ou rodovias para a realização de projetos de construção subterrânea, permitem que o trabalho seja realizado pelo método não-destrutivo. Com uma pequena escavação de entrada e outra de saída, de fácil e simples restauração, pode-se

construir redes de cabeamento subterrâneo sem interferir na superfície, evitando transtornos ao trânsito.

A Case também oferece uma linha de equipamentos que facilitam o trabalho em locais de difícil acesso, como a miniescavadeira 28, fabricada no Reino Unido com tecnologia japonesa, e as carregadeiras compactas Uni-Loader e 95XT. Os clientes contam ainda com o suporte de 10 distribuidores de renome e mais de 30 pontos-de-venda em todo o País. O diferencial desses distribuidores é ter à

sua disposição um sistema de suporte de peças e assistência técnica *on-line*. Esses e outros diferenciais fazem da Case uma parceira de tradição que maximiza a produtividade de seus clientes, oferecendo equipamentos que são padrão de qualidade e inovação tecnológica.

A Caterpillar Brasil é subsidiária da Caterpillar Inc., empresa com raízes centenárias, de origem norte-americana, líder mundial na fabricação e comercialização de máquinas de terraplenagem e movimentação de materiais. Através de suas 88 fábricas, 23 centros de distribuição de peças, unidades comerciais, escritórios e representações e de seus 195 revendedores, a Caterpillar está presente em todos os continentes.

Sua liderança é fruto da confiabilidade de seus produtos, com alto valor agregado, e da excelência de seus serviços. Alinhada com os objetivos da corporação, a Caterpillar Brasil também tem suas atividades regidas pelo princípio da excelência.

Presente com suas máquinas no País desde o início do século XX, instalou um primeiro armazém, em São Paulo, em 1954; uma primeira fábrica, também em São Paulo, em 1960; e uma segunda fábrica, em 1976, em Piracicaba, na qual, em 1993, consolidou as operações de suas duas unidades.

Atualmente, produz 21 diferentes modelos de máquinas, agrupados em seis famílias: motoniveladoras, carregadeiras de rodas, escavadeiras hidráulicas, tratores de esteiras, moto-escrêperes e compactadores.

A Caterpillar Brasil é reconhecida como líder e empresa símbolo de seu setor. 70% da sua produção é destinada à exportação para mais de 120 países.

Sua visão e sua missão declaram o compromisso de oferecer as melhores soluções para seus clientes, constantemente adequadas às suas necessidades de mudanças, fundadas em operações de classe mundial e em pessoas capacitadas, criativas e promotoras da qualidade em seu ambiente de trabalho.



Vista área da fábrica em Piracicaba — 165 mil m² de área construída. Terreno de 3,8 milhões de m²

Suas práticas cotidianas repousam sobre seus valores: confiança e respeito mútuo, senso de urgência, integridade, comprometimento, trabalho em equipe, *empowerment* e foco no cliente. O alicerce desses valores é o seu Código de Ética e Princípios Operacionais, texto concebido no seio da corporação como fruto das convicções e da experiência em negócios internacionais de uma empresa que já participou dos mais importantes eventos do século XX e que é reconhecido, no meio empresarial, como modelo, pela abrangência e relevância de suas orientações.

Entre empregados e profissionais terceirizados, são mais de 3 mil as pessoas envolvidas diretamente nas atividades da Caterpillar Brasil, as quais dispõem de um plano de benefícios abrangente e contam com intensos e renovados investimentos despendidos em sua formação e treinamento. O papel preponderante que têm a qualidade de seu conhecimento, o seu bem-estar e a sua segurança é um dos aspectos mais mercantes desse ambiente organizacional. Um dos índices a realçar esse fato é que 87% de seus empregados declaram gostar de trabalhar na Caterpillar. Esse número

está bastante acima da média corporativa e dos que costumam ser encontrados em pesquisas motivacionais.

O relacionamento com seus fornecedores — direta ou indiretamente envolvidos com a fabricação do produto — também prima pela intensidade e proximidade. O objetivo é assegurar confiabilidade, prazo de entrega e bom custo dos insumos.

Investimentos constantes são realizados em equipamentos e processos, na rede de comunicação mundial via satélite com outras unidades e com os revendedores, assim como em seu parque informático.

A Caterpillar considera que são quatro suas principais competências nas áreas de manufatura e distribuição: logística, compras, montagem e fabricação de grandes componentes. Nesses processos, as mais avançadas tecnologias são empregadas: metodologia MRP (*manufacturing resource planning*), manufatura celular, Engenharia Simultânea (*CPPD — concurrent product and process development*), Pro/Engineer (CAE/CAD/CAM) e outras.

O resultado desse empenho verifica-se também nas certificações

obtidas pela Caterpillar: a ISO 9002 lhe foi concedida em 1994, tanto para suas áreas de produção quanto de distribuição e de suporte ao produto. Foi a primeira em seu setor a ter todas as suas operações certificadas. Em abril de 1999, foi a vez da classificação MRP II Classe A, nível de excelência e planejamento e controle da produção: a primeira no Brasil, a terceira na corporação e uma das duzentas no mundo; essa certificação foi concedida pela Oliver Wight. Em novembro de 1999, foi atribuído à Caterpillar Brasil o Prêmio Nacional da Qualidade, reconhecimento marcante de sua consistência na busca da excelência.

Mais do que simplesmente comercializar as máquinas e ferramentas que fabrica, a Caterpillar Brasil oferece ao mercado soluções integradas. Ela entende ser essa a quinta de suas grandes competências. Soluções Integradas é o nome dado pela empresa a um conjunto de serviços e programas que apóia o cliente em cada uma das cinco fases do processo de gerenciamento de sua frota: seleção, aquisição, operação, manutenção e substituição. Isso lhe permite tomar, em cada momento, a melhor decisão para seu negócio, ou seja, optar pelo melhor sistema ao menor custo.

A Caterpillar Brasil já é tradicionalmente reconhecida pela presteza de seu serviço de distribuição de peças de reposição, para equipamentos nacionais ou importados. Mais recentemente, tem também se notabilizado pela qualidade de sua manutenção preditiva, resultado dos meios sofisticados que emprega com esse fim: eletrônica embarcada em produtos, máquinas portáteis de medição computadorizada e outros. Afinal, devido às características das situações em que são utilizadas, as máquinas Caterpillar não podem parar.

Fiat Allis Latino Americana

Até 2001, nenhum equipamento fabricado pela Fiat Allis Latino Americana terá mais de três anos de lançamento no mercado. Esse é o resultado da política de modernização constante da linha de produtos, que tem marcado a atuação da empresa desde sua instalação no Brasil, há quase meio século, e que contribui significativamente para assegurar a posição de liderança no setor de máquinas para construção.

Desde que se instalou no País, em 1950, como MotoAgricultura Indústria e Comércio, a empresa tem investido permanentemente em ampliação e melhoramento da linha, que hoje é composta de 20 modelos, entre tratores de esteira, pás-carregadeiras, escavadeiras hidráulicas, retroescavadeiras, motoniveladoras, rolos compactadores e *skid steer loaders* (minicarregadeiras).

Localizada em Contagem (MG), a Fiat Allis foi a primeira empresa do grupo Fiat a se estabelecer no Brasil e, além de líder nacional do segmento de máquinas rodoviárias, hoje com participação de 26% do mercado, tornou-se um nome de referência na abertura de estradas e em obras por todo o País.

A Fiat Allis pertence à *holding* New Holland, a divisão de máquinas agrícolas e de máquinas rodoviárias do grupo Fiat. No Brasil, possui administração unificada com a New Holland Latino Americana, fabricante de colheitadeiras e tratores agrícolas, com sede em Curitiba (PR). Trata-se de um dos maiores conglomerados do mundo, com faturamento anual de mais de US\$ 70 bilhões.

Os produtos ofertados pela Fiat Allis no mercado possuem o padrão tecnológico adotado mundialmente pelas empresas do grupo New Holland. No Brasil, elas chegam ao consumidor através de uma rede de 21

concessionárias presentes em todos os estados. Junto com suas filiais, a rede oferece 50 pontos de atendimento para venda de máquinas, peças e prestação de serviços de assistência técnica.

Com capacidade para produzir mais de 4 mil máquinas por ano, a fábrica de Contagem é uma das mais modernas instalações industriais do Brasil, com estações de controle digital e centros de usinagem, além de equipamentos de corte a laser. Todos esses recursos tecnológicos asseguram a máxima qualidade, durabilidade e confiabilidade aos produtos Fiat Allis. Um terço de toda a produção é exportada para os Estados Unidos, América Latina, Europa, Ásia e África. Para o mercado interno, as máquinas são destinadas aos setores de construção civil, indústria, agricultura, órgãos públicos e mineração.

Treinamento para a América Latina

Como mais uma demonstração de investimentos na melhoria da performance dos equipamentos e no aprimoramento dos recursos humanos, a Fiat Allis Latino-Americana construiu seu novo centro de treinamento, o primeiro de nível mundial idealizado por uma empresa do setor de máquinas rodoviárias na América Latina.

Para a construção do complexo de mil m², em uma área de 5 mil m², foi investido US\$ 1,5 milhão. O objetivo é treinar 1,5 mil pessoas por ano, entre clientes, concessionários e equipe técnica do grupo New Holland de toda a América Latina e América Central, em cursos oferecidos também em inglês e espanhol.

O centro possui duas salas para aulas teóricas, áreas para atividades



práticas e um auditório – montado com equipamentos de última geração – para palestras e conferências. Essa estrutura permite o treinamento, simultâneo, de quase 100 alunos por uma equipe de orientadores composta por profissionais com vasta experiência em assistência técnica, qualidade, operação, aplicação e manutenção de equipamentos.

Tecnologia testada no campo de provas

Todos os modelos de equipamentos produzidos pela Fiat Allis são exaustivamente testados em milhares de horas de trabalho no campo de provas da empresa. Todas as possíveis situações de uso que as máquinas vão exercer na prática são simuladas em condições ainda mais severas que as reais, para garantir, com margens de segurança, os níveis adequados de resistência, qualidade e confiabilidade dos equipamentos.

Profissionais capacitados e instrumentos de alta tecnologia avaliam, analisam e monitoram cada um dos componentes seguindo os mais exigentes critérios do mercado mundial. O campo de provas possui pista de asfalto e concreto e área de terra para testes em todos tipos de aplicações.



Entre o tradicional e o novo

A publicação deste livro coincide com o início das operações industriais da Knauf no mercado brasileiro. Sua primeira unidade fabril no País, instalada no município de Queimados (RJ) com o objetivo inicial de produzir 12,5 milhões de m² de chapas estruturadas de gesso por ano, foi concluída no fim de 1999, para entrar em operação em janeiro de 2000.

A coincidência justifica-se. Especializada em sistemas de construção a seco (revestimentos, paredes, tetos e pisos à base de gesso e ainda sistemas de chapas cimentícias para revestimentos externos), a Knauf traz para o Brasil soluções não só inovadoras, mas igualmente promotoras de avanços nos métodos construtivos tradicionalmente adotados: os fechamentos em alvenaria de tijolos ou blocos passam a ser executados a seco, já incorporando instalações elétricas e

hidráulicas, isolamento termoacústico e portas prontas, entre outros itens.

Assim, com a construção a seco, estabelece-se uma ponte entre os métodos artesanais, que prevaleceram até hoje, e o que se poderia chamar de "montagem construtiva", que deve predominar no novo milênio, a exemplo do que ocorre desde a primeira metade do século XX nos países de maior expressão econômica.

História

A Knauf foi fundada na Alemanha, em 1932, pelos irmãos Karl e Alfons N. Knauf, engenheiros de minas e proprietários de jazidas de gipsita, com o objetivo de atuar no processamento de gesso, um material barato, inofensivo ao ser humano e ao mesmo tempo nobre por sua resistência ao fogo, sua capacidade de controlar a umidade do ar e suas propriedades acústicas.

Inicialmente, a Knauf produziu argamassas. Depois, passou a fabricar chapas estruturadas, aproximadamente



à mesma época em que se desenvolviam, em esforços isolados e totalmente independentes, usos similares para o gesso nos Estados Unidos e na Inglaterra.

Após a interrupção que a Segunda Guerra Mundial impôs em sua evolução, a Knauf reestruturou-se, concentrando-se no desenvolvimento tecnológico de sistemas completos. Passou a pesquisar, desenvolver e fabricar todos os componentes utilizados na construção a seco, com destaque para: chapas estruturadas de gesso com diferentes características para atender a variadas aplicações (chapas *standard*, resistentes à umidade, resistentes ao fogo, dotadas de proteção anti-radiação, entre outras vantagens); perfis metálicos estruturais (substituindo as estruturas de madeira utilizadas até 1968); elementos de fixação; parafusos; argamassas para diferentes finalidades; e elementos de isolamento térmico e acústico. Também iniciou a produção de todas as ferramentas necessárias à adequada instalação desses sistemas. Adicionalmente, desenvolveu sua própria metodologia de ensino visando à formação de mão-de-obra especializada em construção a seco. Foi por isso que, mesmo antes de ter sua fábrica concluída no Brasil, iniciou a implantação de centros de treinamento

em convênio com o Senai nas principais capitais.

Hoje, como resultado desse processo de verticalização e da crescente aceitação de seus sistemas no mundo inteiro, a Knauf é um gigante global. Encabeça um grupo de 25 empresas (direta ou indiretamente ligadas à construção a seco), com 120 fábricas espalhadas por 70 países, empregando quase 20 mil funcionários e com faturamento anual entre 8 e 10 bilhões de marcos alemães.

Apesar de sua recente presença no Brasil, comercializando sistemas importados principalmente de suas unidades da Alemanha, da Grã-Bretanha e da Espanha, a Knauf já deixou seu nome inscrito em algumas obras de grande expressão, como a sala São Paulo (parte do complexo cultural Júlio Prestes) e o Credicard Hall, para as quais forneceu soluções acústicas.



N a segunda metade deste século, a Petrobras tem prestado significativa contribuição para o desenvolvimento tecnológico da engenharia e indústria de bens de capital nacionais, através de parcerias com empresas privadas, com entidades de classe e demais instituições atuantes na indústria do petróleo.

No dia 3 de outubro de 1999, o Serviço de Engenharia da Petrobras (Segen) completou 27 anos de uma trajetória marcada pelo sucesso na realização de importantes empreendimentos e pela superação de desafios, gerenciando investimentos da ordem de US\$ 31 bilhões, englobando os grandes projetos da Petrobras nas áreas de produção, refino, dutos, terminais e construção naval. Contudo, a atividade de engenharia na Petrobras data da época de criação da companhia. Nos anos 50, o antigo Serviço de Engenharia (Senge) era responsável pela orientação geral das obras, que eram executadas descentralizadamente. São exemplos dessa fase as obras de ampliação da Refinaria Landulpho Alves (Rlam), na Bahia, e de construção da Refinaria Duque de Caxias (Reduc), no Rio de Janeiro.

Nos anos 60, com o crescimento do consumo de derivados, a Petrobras decidiu aumentar sua capacidade de refino e de armazenamento, aprovando uma ambiciosa carteira de investimentos (US\$ 1 bilhão) destinada à construção de uma refinaria, a Replan, em Paulínia (SP), e modernização e ampliação de outra, a de Cubatão (SP), bem como a instalação de uma planta de lubrificantes na Reduc, Rio de Janeiro, e de um oleoduto interligando o terminal de São Sebastião, litoral de São Paulo, à Replan, dentre outras obras importantes.

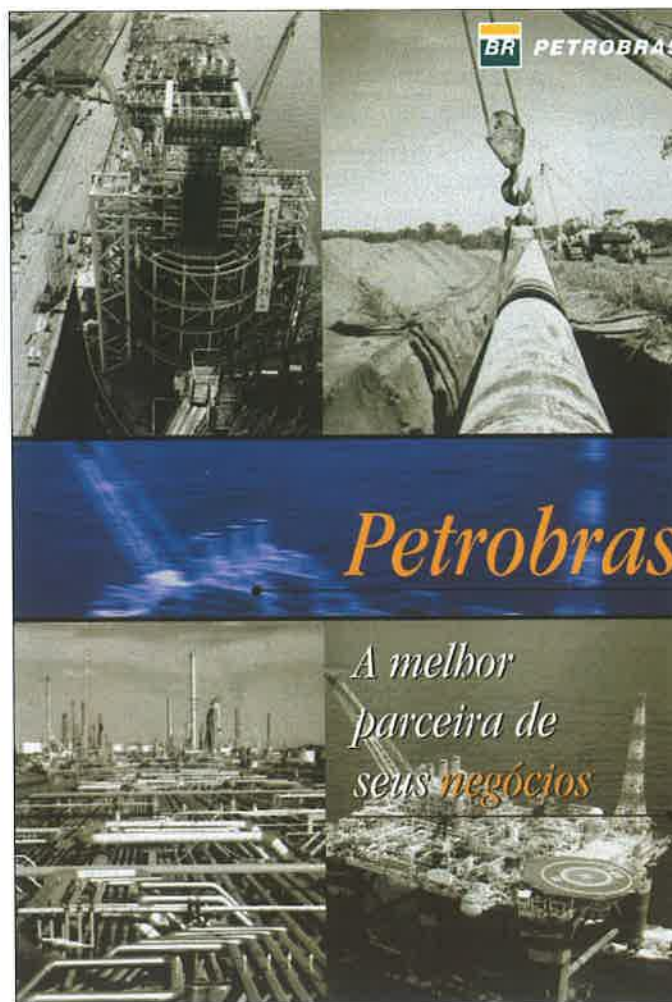
Para gerir todo esse considerável programa de investimentos, em julho de 1969 foi criado o grupo executivo de obras prioritárias (Geop), encarregado

da coordenação, do planejamento e da execução das obras aprovadas, atendendo a um cronograma de mil dias.

Em maio de 1972, o conselho de administração da Petrobras aprovou a criação de órgão central de engenharias denominado Segen. Já em sua implantação, o órgão procurou trazer à companhia e ao País um forte conteúdo inovador, dando ênfase ao planejamento e ao controle integrados e à adoção da figura de gerente de empreendimento, atribuindo a uma só pessoa a responsabilidade por tudo, dando-lhe autoridade e meios para cumprir o que foi determinado. O Segen foi buscar esse conceito na experiência difundida pela Nasa.

Durante os anos 70, as atenções da companhia eram voltadas principalmente para a área industrial e para a necessidade de ampliar a capacidade de refino, dutos, terminais e construção civil. Houve momentos em que o Segen esteve gerenciando cerca de 50 obras simultaneamente. Preocupado com a qualidade dos projetos sob sua responsabilidade, o órgão criou, em 1978, o primeiro centro de qualificação e certificação do Brasil (Sequi) e desenvolveu também um programa abrangente na área de qualidade, resultando no Prêmio Petrobras de Qualidade, que serviu de base à elaboração do Programa Brasileiro de Qualidade e Competitividade.

Os anos 80 foram caracterizados pelo segundo choque do petróleo e a necessidade de o País aumentar a sua produção interna. O desenvolvimento da produção *offshore* foi priorizado e estabelecida a meta de se chegar a 1985



produzindo 500 mil barris/dia de petróleo. Primeiramente foram superados os desafios da instalação de plataformas de petróleo na bacia de Campos (RJ), a princípio em águas mais rasas, em torno de 100 m, o que na época era muito, e posteriormente em profundidades maiores. Alguns dos recordes mundiais batidos pela Petrobras em águas profundas que granjearam para a empresa o reconhecimento internacional tiveram a contribuição do corpo técnico do Segen, especialmente na área de lançamento de dutos rígidos, investigações geotécnicas e mais recentemente em plataformas semi-submersíveis e unidades de produção do tipo FPSO (*floating, production, storage and offloading*).

Nos anos 90, trabalhando em águas cada vez mais profundas, a Petrobras, através do seu centro de pesquisas (Cenpes), criou o projeto Procap 2000, objetivando produzir petróleo em 2 mil m de lâmina d'água. O Segen, por sua vez, tem contribuído enormemente nesse processo, com avanços na tecnologia de construção de plataformas, que hoje são flutuantes. Essa tecnologia, que abrange instalações dessas plataformas, lançamento de dutos, sistemas de ancoragem das plataformas com uso de balsas e equipamentos submarinos, tem sido desenvolvida pela Petrobras em parceria direta com universidades nacionais e instituições internacionais.

Durante essas décadas, o Segen atuou como agente catalisador no desenvolvimento das empresas nacionais de engenharia, construção e montagem, cumprindo importante papel no desenvolvimento nacional.

Atuando na melhoria contínua de seus produtos e serviços, o Segen vem ampliando sua capacitação tecnológica e aprimorando seus métodos de gerência, com foco prioritário em seus clientes, buscando, cada vez mais, a presteza no atendimento, o rigoroso cumprimento de prazos e requisitos técnicos dos projetos, a redução dos custos, a proteção ao meio ambiente e a garantia da continuidade operacional e vida útil das instalações. Para o novo cenário, caracterizado pelas parcerias da Petrobras com outras empresas, o Segen continua sendo a melhor opção para gerenciar os grandes investimentos de engenharia.



*Andrade Gutierrez:
liderança há mais de meio
século*

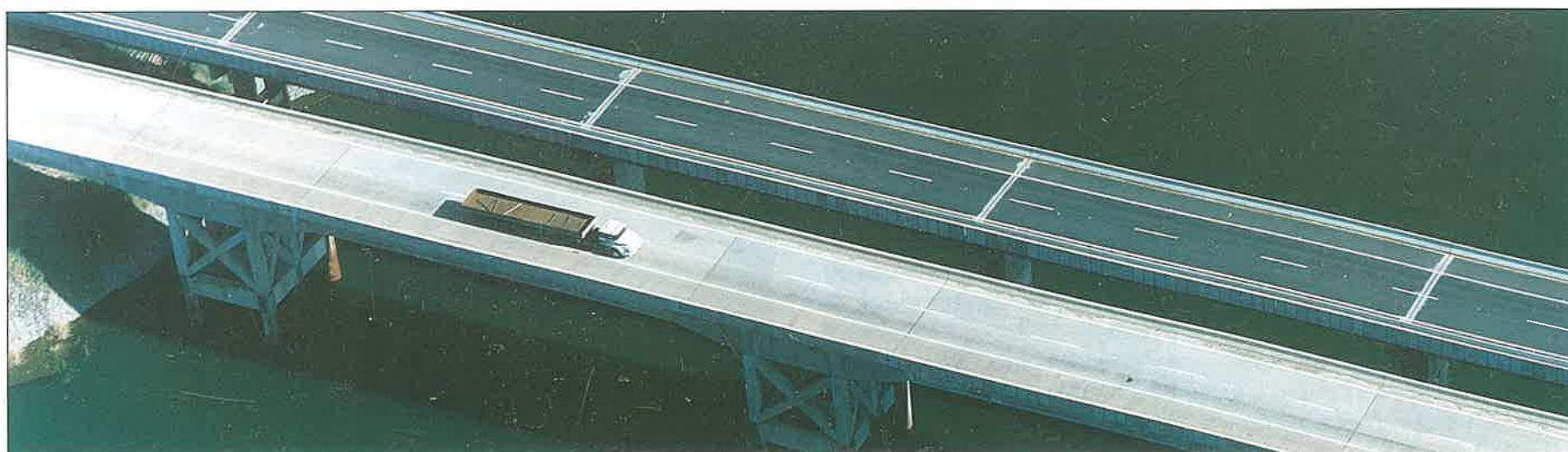
52 anos de experiência e uma base tecnológica desenvolvida em obras de todos os tipos e portes tornaram a Andrade Gutierrez uma das maiores e mais sólidas empresas de construção pesada da América Latina.

Hoje, o grupo Andrade Gutierrez – com 9 mil funcionários e faturamento anual da ordem de R\$ 1,4 bilhão – é líder no Brasil também em outros dois segmentos da economia: concessões públicas e telecomunicações.

A construtora já executou obras nas mais diversas regiões: a Amazônia; o semi-árido brasileiro; o deserto e florestas da África; montanhas dos Andes; praias do Caribe; e grandes metrópoles, como São Paulo, Cidade do México e Miami.



Aeroportos, ferrovias, obras industriais, shoppings, centros de lançamento, hidrelétricas, obras viárias, termelétricas, complexos industriais, hotéis, portos, terminais multimodais, barragens de irrigação, rodovias, usinas nucleares, ramais de distribuição de gás, metrô e saneamento básico são tipos de obra que fazem parte da experiência técnica da empresa.





Fundada em 19 de fevereiro de 1947, por João Carlos Restier Backheuser, a Carioca Engenharia iniciou suas atividades como uma empresa de urbanização municipal. Com o passar do tempo expandiu suas especializações e seu campo de ação, passando a abranger praticamente todos os ramos da construção civil e pesada.

Em maio de 1988 os acionistas controladores da Carioca Engenharia adquiriram a Christiani-Nielsen Engenheiros e Construtores S.A., braço brasileiro da empreiteira multinacional de origem dinamarquesa de mesmo nome. Em julho de 1992 foi então criada a Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S.A., produto de fusão das duas empresas.

Assim, a Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S.A. já nasceu grande, passando a figurar, de imediato, entre as maiores empreiteiras do País. Essas condições permitiram à empresa alcançar uma volumosa, e ao mesmo tempo valiosa, carteira de obras realizadas, dentre as quais se destacam importantes marcos históricos da construção brasileira, como: o hipódromo da Gávea, o estádio Mário Filho (Maracanã), o autódromo internacional do Rio de Janeiro; o terminal marítimo da baía de Ilha Grande, o sambódromo; mais de uma centena de CIEPs; o complexo penitenciário de Bangu, a Linha Vermelha, o pavilhão de exposições do Riocentro, três projetos Rio Cidade e Via Light, no Rio de Janeiro; o elevador Lacerda, em Salvador; a embaixada de

Portugal, em Brasília; a barragem do Funil, no Vale do Paraíba (SP); o porto de Tubarão (ES); trecho da BR 101 (BA); o cais do porto de Santos (SP); o oleoduto Replan; entre outras obras de vulto.

O negócio da Carioca Christiani Nielsen Engenharia S.A. orienta-se pela sua identidade institucional, expressa em termos de: crenças e valores essenciais, uma visão ampliada do negócio, satisfação e respeito aos clientes e destinatários e resultados empresariais permanentes desejados.

As crenças e os valores essenciais da empresa estão fortemente consolidados entre toda a sua equipe e estabelecem os limites referências das decisões e ações dos colaboradores, a começar da direção.

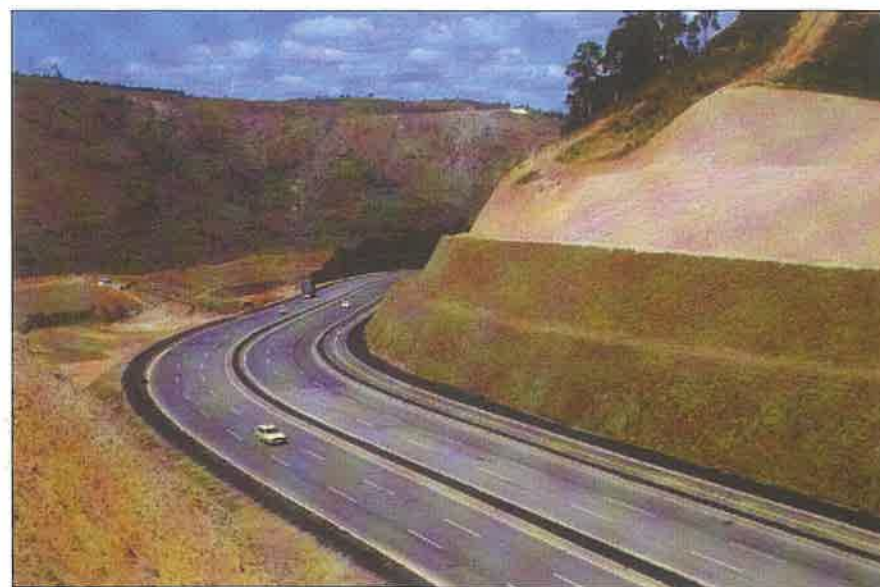
Espírito de equipe, segurança, qualidade, credibilidade e simplicidade são os valores essenciais da Carioca Christiani Nielsen Engenharia S.A., e se constituem como os balizadores de todas as ações dos colaboradores da empresa, a qual conta com um patrimônio humano qualificado e capacitado, onde há um equilíbrio entre gente experiente e gente jovem, num ambiente de trabalho saudável e animado. Com uma gestão que valoriza a complementariedade, a empresa procura garantir que os seus colaboradores atuem nas situações onde têm condições de agregar maior valor ao resultado empresarial final.

O grupo Carioca Engenharia conquistou a certificação em conformidade com a norma ISO 9002 pela implantação do sistema de garantia de qualidade nos segmentos de obras de dutos, de pré-moldados, portuárias e de urbanização com infra-estrutura. Uma conquista que vem somar-se às certificações dos processos construtivos da penitenciária de segurança máxima Bangu III, em 1996, e do Barra Point Shopping Center, em 1997.

Acompanhando a evolução do mercado e criando novas perspectivas de negócio, o grupo Carioca Engenharia entrou no mercado de concessões de serviços públicos, atuando, basicamente, nos segmentos rodoviário e de saneamento básico.

O grupo vem aumentando a sua participação nesse novo ramo de negócio, já fazendo parte de cinco concessões de saneamento básico e de três concessões rodoviárias, sendo, atualmente, a empresa que participa do maior número de contratos de concessões de serviços públicos no País.

A conquista de oito concessões em apenas quatro anos — todas com duração entre 20 e 30 anos —, com investimentos de vulto, demonstra a tendência da Carioca Engenharia em fortalecer a sua participação no setor de concessões, sem, contudo, abandonar suas origens ou mesmo diminuir as atividades no setor da construção pesada.



CERTIFICADA ISO 9002
CONSTRUÇÕES E MONTAGENS ELETROMECÂNICAS

MENDES JÚNIOR
TRADING E ENGENHARIA S.A.



Belo Horizonte. Ao mesmo tempo o engenheiro José Mendes Júnior participava da Construtora de Estradas Ltda., que, na década de 40, executou obras no sul do Brasil e em Minas Gerais, tendo nas obras simples de estradas e ferrovias a origem de seus negócios.

Em dezembro de 1953, foi constituída a Construtora José Mendes Júnior Ltda. De 1953 a 1957, Mendes Júnior executa obras de pequeno porte, iniciando pela estrada de São José da Barra, em 1954; logo a seguir, as estradas de acesso a Furnas. O primeiro grande desafio surgiu em 1960. A

Mendes Júnior construía a barragem de Piumhi, às margens do rio Grande, quando foi convidada a erguer o núcleo de argila da barragem de Furnas antes da cheia do rio. A obra foi executada em prazo recorde e o primeiro desafio foi vencido.

Com a construção das hidroelétricas de Boa Esperança, Rio da Casca, Cachoeira Dourada, Jaguará, Volta Grande, Marimbondó, Moxotó, Itumbiara, Itaipu, Itaparica, Taquaruçu, Xingó, etc., bem como com sua participação na construção da ponte Rio-Niterói, novos desafios foram vencidos e a Mendes Júnior tornou-se uma das maiores construtoras do Brasil e uma das mais destacadas do mundo.

No segmento de transporte podemos destacar pela sua complexidade e esforço tecnológico aplicado, a rodovia dos Bandeirantes, 690 km da Transamazônica, 490 km da Perimetral Norte, 345 km da Belém-Brasília, a via Leste (SP) e a ferrovia do Aço.

Atuando em todas as áreas da construção, a Mendes Júnior também participa com destaque no segmento de

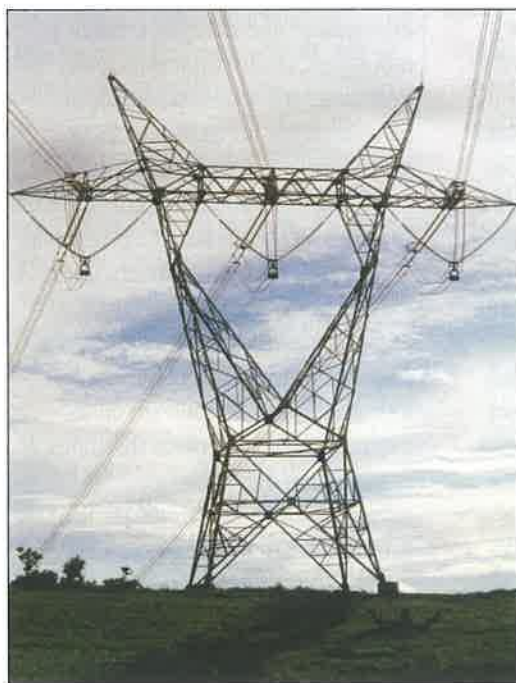


Ratificando o princípio do grupo, no intuito de atender cada vez melhor a seus clientes, a Mendes Júnior Trading e Engenharia S.A. foi certificada, em 1998, conforme norma ISO-9002 para os negócios de construções e montagens eletromecânicas.

montagens, tendo executado a montagem de turbinas e geradores de Xingó, Taquaruçu e Balbina, as plataformas para exploração de petróleo de Pampe e Carapeba II, diversas linhas de transmissão e gasodutos.

A Mendes Júnior foi pioneira na exportação de serviços de engenharia, atuando no exterior desde 1970, quando construiu a hidrelétrica de Santa Isabel na Bolívia. Tem marcante atuação na América do Sul, África, Oriente Médio e Ásia, destacando-se dentre as obras a ferrovia Bagdad-Al Qaim-Akashat (Irã), as hidrelétricas de Palmar (Uruguai), Playas (Colômbia), TSQ-1 (China) e Puclaro (Chile), as rodovias Expressway nº 1 (Irã) e Nouakchott-Kiffa (Mauritânia) e o metrô de Santiago (Chile).

Fundamentando sua atuação em um alto padrão de qualidade em nível internacional e construindo sua história num processo de evolução permanente, a Mendes Júnior ocupa atualmente uma posição destacada no cenário nacional e mundial, com destaque ao projeto TSQ-1 na China.



Desde 1922, como engenheiro de obras da Central do Brasil, o Dr. José Mendes Júnior já se dedicava à construção civil. Em 1944 fundou a Edificadora S.A., que iniciou suas atividades com obras de construção civil leve nas redondezas de



Grupo MPE: 12 anos de grandes realizações

O grupo MPE entra no ano 2000 fazendo 12 anos, com um crescimento extraordinário. A sua essência, o seu *core business* é a engenharia, mas também tem trilhado passos firmes no *agribusiness* brasileiro, investindo no processo de privatizações e fazendo parcerias com empresas brasileiras e estrangeiras.

Com sede no Rio de Janeiro, o grupo MPE atua praticamente em todo o



País, vendendo seus serviços e seus painéis de controle e proteção para companhias elétricas, indústrias siderúrgicas, químicas, petroquímicas e cimenteiras, operando com portos, aeroportos, ferrovias, montando usinas termelétricas, hidrelétricas e nucleares, reformando trens, motores e locomotivas. Esses negócios representam 80% dos mais de 270 milhões de reais de faturamento de 1999.

Na área de *agribusiness*, o grupo cresceu bastante nos últimos anos. Hoje é o maior criador de camarão marinho em viveiro do País, com 300 t/mês, em suas três fazendas na Bahia, o que representa mais de 45% da produção nacional. O grupo também exporta lagostas e programa para o ano 2000 beneficiar ostras, vôngoles e carne de siri, além de estar desenvolvendo um projeto de criação de tilápias, em Paulo Afonso, em associação com a empresa norte-americana Advanced Aquiculture Technologies.

O grupo MPE é o segundo maior produtor de soja do Brasil e também produz milho, arroz e algodão, além de fazer cruzamento industrial de gado bovino e desenvolver o maior projeto de suinocultura da América Latina, com um abate previsto de 1,2 milhões de cabeças/ano, em associação com a Smithfield, a maior empresa do mundo nesse setor. Na cidade de Campos, norte do estado do Rio de Janeiro, ainda no ano 2000 será inaugurada uma fruticultura e a Indústria de Sucos Bela Joana, uma fábrica que terá capacidade de processar 10 t/h de frutas.



A Asea Brown Boveri (ABB) é uma das maiores empresas de engenharia elétrica do mundo. Presente em mais de 100 países, engloba mais de mil empresas. Do seu faturamento anual, que em 1998 atingiu US\$ 31,4 bilhões, cerca de 8% são destinados a programas de pesquisa e desenvolvimento.

A ABB, em todo o mundo, tem uma única filosofia: utilizar toda a tecnologia que possui na solução dos mais específicos problemas. Hoje, a empresa brasileira possui seis unidades industriais, localizadas em Osasco (SP), Guarulhos (SP), Betim (MG), Montes Claros (MG), Camaçari (BA) e Cachoeirinha (RS), onde trabalham mais de 7 mil funcionários.

A companhia iniciou as suas atividades no Brasil fornecendo o sistema elétrico para o bondinho do Pão de Açúcar, em 1912, no Rio de Janeiro, no mesmo ano em que forneceu o maior turbogerador do mundo para a cidade de Nova York (EUA), com a capacidade de 220 mil hp. O maior fornecimento da história da ABB no Brasil foi para a usina binacional de Itaipu, que durou da segunda metade da década de 70 até a primeira da década de 80. A empresa detém 60% do mercado de hidrogeração e construiu linhas de transmissão de energia suficientes para dar a volta no planeta.



Spenco destaca-se por sua atuação em obras privadas e públicas

A Spenco Engenharia e Construções Ltda., fundada em 1974, tem sede em São Paulo e dedica-se à execução de obras viárias, prediais e industriais, tendo como princípios: qualidade, ousadia, honestidade e respeito ao ser humano. Em 25 de junho de 1998, a empresa conquistou a certificação ISO 9002 pela qualidade de sua atuação no mercado de construção civil e restauro, que ocorre em duas frentes: uma voltada para o setor privado, construindo e incorporando empreendimentos residenciais e industriais; outra focada em obras públicas, realizando obras de edificação, saneamento, drenagem, gás, infra-estrutura e monumentos do patrimônio histórico. Com 320 funcionários, a Spenco executa em média 87 mil m² de obras por ano na cidade de São Paulo e no interior do Estado.



CEMIG

A Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig é uma das maiores e mais importantes concessionárias de energia elétrica do Brasil, por sua posição estratégica, competência técnica e mercado atendido.

A área de concessão da Cemig cobre cerca de 96% do território de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, correspondendo a 560 mil km², o equivalente à extensão territorial de um País do porte da França. Nessa área de concessão, a Cemig possui 35 usinas de geração, com base predominante hidrelétrica, que produz energia elétrica para atender a 17 milhões de pessoas em 774 municípios de Minas Gerais. Em 1998, a Cemig colocou em seu mercado 39.288 GWh de energia, mostrando um crescimento de 1,6% em relação ao ano anterior.

Para fazer a energia elétrica chegar a esses milhões de consumidores, a Cemig opera a maior rede de distribuição de energia elétrica da América Latina e uma das quatro maiores do mundo, com 286.620 km de extensão.

Fundada em 22 de maio de 1952, pelo então governador de Minas e, depois, presidente do Brasil, Juscelino Kubitschek, com o objetivo de dar suporte a um amplo programa de modernização, diversificação e expansão do parque industrial do estado, a Cemig conseguiu cumprir o seu papel de ser um instrumento de desenvolvimento da economia mineira e, ao mesmo tempo, sendo uma empresa eficiente e competitiva.

Hoje como uma das principais empresas integradas do Brasil, gera, transmite e distribui energia elétrica



para o segundo mercado consumidor do País, onde estão instaladas algumas das maiores empresas brasileiras nas áreas de siderurgia, mineração, automobilística e metalurgia.

Conceito internacional

Reconhecida pelo alto padrão técnico de seu pessoal, a Cemig é considerada uma empresa modelo no setor elétrico brasileiro. A sua excelência técnica ultrapassou as fronteiras de sua área de concessão em Minas. Atualmente, a Empresa atua em outros estados brasileiros e em mais de dez países das Américas, Ásia e África, onde a grife Cemig é marca de excelência na venda de serviços e de consultoria para a área energética.

Parcerias

Em dezembro de 1998, foi inaugurada a usina hidrelétrica de Igarapava, construída por um consórcio privado formado pela Companhia Vale do Rio Doce, Companhia Siderúrgica Nacional, Companhia Mineira de Metais, Mineração Morro Velho e a Cemig, que participando também de outros consórcios com empresas privadas para a construção de hidrelétricas em Minas. Através desses consórcios serão implantadas as hidrelétricas de Pai Joaquim, Funil, Irapé, Aimorés, Queimado e Porto Estrela.



Fundada em 1958 em Guaratinguetá (SP), por Pelerson Soares Penido, a Serveng atuou na construção de Brasília e em outras numerosas obras em todo o País. Dez anos depois agregou as empresas Baipendi e a Civilsan Engenharia Civil e Sanitária e a Enbasa, alterando sua razão social para Serveng-Civilsan Empresas Associadas de Engenharia, com sede em São Paulo (SP).

A reestruturação permitiu a concentração em obras públicas de

grande vulto, como a terraplenagem na refinaria Duque de Caxias, a variante de Barra do Azeite na Régis Bittencourt, a rodovia Dom Pedro, estrada de Ferro Carajás-Ponta da Madeira, a Ferrovia do Aço, a estrada Rio-Santos, o Porto de Itaqui no Maranhão e outras obras.

Com as mudanças mais recentes no País, ela diversificou sua atuação e ingressou no processo de concessões e privatizações. Hoje, participa da Nova Dutra, do Sistema Rodoviário Anhangüera-Bandeirantes (Autoban) e do consórcio da rodovia que liga a cidade do Rio de Janeiro ao litoral norte do Estado. Detém a concessão da rodovia Santa Cruz (RS) e integra o consórcio do Porto do Rio Grande (RS).



Heleno & Fonseca Construtécnica



No

início dos anos 50, o Brasil ensaiava os primeiros passos para modernizar sua estrutura produtiva e, no devido tempo, equiparar-se às grandes potências mundiais. É nesse contexto que José de Jesus Alvares da Fonseca e Waldemar Accácio Heleno fundaram em São Paulo no ano de 1952, uma pequena construtora, mas de grandes ideais.



Quase meio século depois, a Heleno & Fonseca orgulha-se de haver concretizado estes ideais de mais de 600 obras já executadas e em desenvolvimento, em todo o Brasil.

Com sua história intimamente ligada a São Paulo, a Heleno & Fonseca confunde-se com a história recente da capital paulista. Enquanto a cidade se verticalizava e industrializava, a construtora realizava inúmeras obras de grande vulto, para viabilizar a vocação metropolitana de São Paulo, edifícios residenciais, comerciais e industriais; praças, avenidas, viadutos, túneis, barragens, aeroportos, aterros sanitários e o metrô exemplificam os vínculos estreitos entre a Heleno & Fonseca e uma das maiores cidades do mundo.

Certificada com a ISO 9002 e tendo a tradição e eficiência como seu lema, a Heleno & Fonseca tem a qualidade, o respeito ao meio ambiente e a satisfação de seus clientes como suas principais preocupações, objetivos que persegue através de um treinamento permanente de seu pessoal.

MHA



Um quarto de
século XX

Com projetos de engenharia para 1750 obras no Brasil e no exterior que totalizam 15 milhões m² de área construída, a MHA Engenharia, criada em São Paulo em 1975, vem se destacando na área de projetos integrados de engenharia envolvendo: hidráulica, elétrica, mecânica, ar condicionado, cálculo estrutural, gerenciamento e fiscalização de obras notadamente no segmento hospitalar,

com forte atuação, como nos de shopping centers, complexos industriais, centros empresariais, hotéis e edifícios de cultura e lazer.

A conquista do certificado ISSO 9001 vem respaldar as parcerias firmadas com empresas especializadas norte-americanas e européias e o elenco marcante de projetos elaborados, entre os quais, os do centro empresarial Nações Unidas (CENU), Chrysler, da Food Town, Rede Globo-SP, CEF-SP e dos hospitais Sírio Libanês, Oswaldo Cruz e Santa Catarina.



Odebrecht

ODEBRECHT

A construtora Norberto Odebrecht, empresa que deu origem à Organização Odebrecht, foi fundada em agosto de 1945, em Salvador. No fim dos anos 60, passou a atuar em âmbito nacional. Dez anos depois, iniciou operações no exterior.

Os investimentos da Odebrecht em química e petroquímica foram iniciados também nos anos 70, mesma época em que começou o projeto para produção de celulose, no sul da Bahia, que hoje está sendo executado em sociedade com o grupo Stora Enso.

Na segunda metade da década de 90, foi iniciada a reestruturação das empresas do grupo, que passaram a atuar nos setores de construção, concessões de serviços públicos e petroquímica, e foi fundada a Odebrecht Oil & Gas Services Ltd., com sede em Londres, para atuar no setor de óleo e gás.



C.R. Almeida



C. R. ALMEIDA S.A.
ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES



O grupo C. R. Almeida, liderado pela C. R. Almeida S. A. Engenharia e Construções, foi fundado em Curitiba, PR, em 1958 pelo engenheiro Cecílio do Rego Almeida, que iniciou sua vida profissional como engenheiro responsável pelas obras da BR-277, trecho Curitiba-Porto do Paranaguá, tendo incorporado diversas empresas de renome nacional.



Eng. Pedro Beltrão,
presidente do
Grupo C.R. Almeida

O grupo, que conquistou diversos prêmios de melhor desempenho da Fundação Getúlio Vargas, da Revista Exame e da Revista *O Empreiteiro*. Ele é constituído ainda pelas seguintes empresas: Britanite S. A. Indústrias Químicas, Primav Construções e Comércio Ltda., com a Concessionária Ecovia Caminho do Mar, na BR-277 (Curitiba-Paranaguá) e Concessionária Ecovias dos Imigrantes, em São Paulo, a EBEC – Engenharia Brasileira de Construção S. A. e a C. R. Almeida Mineração S. A.

O grupo é responsável por inúmeras obras de engenharia no segmento da construção pesada, tais como ferrovias, rodovias e hidrelétricas, entre estas, Curuá-Una e São Simão.

Promon

PROMON

Empresa brasileira com padrão internacional



A Promon é a maior empresa brasileira de tecnologia, engenharia e gerenciamento de projetos. Foi constituída em 1960, de uma aliança entre uma empresa americana e outra brasileira, para disputar o nascente mercado de engenharia de grandes projetos. Em 1970, tornou-se independente, adotando o modelo organizacional que a caracteriza até hoje: os funcionários são os únicos proprietários do capital da empresa e compartilham seus resultados.

Ao longo de seus 40 anos de existência, a Promon tem participado dos mais importantes empreendimentos brasileiros de infra-estrutura, desenvolvendo e gerenciando projetos nas áreas de energia, telecomunicações, petróleo, petroquímica, indústrias de manufatura e obras públicas.

Para entender as transformações tecnológicas que marcaram este século, a Promon soube reunir talento e competência técnica, oferecendo soluções avançadas para as necessidades de seus clientes, com padrão internacional de qualidade.



Queiroz Galvão

 **queiroz galvão**

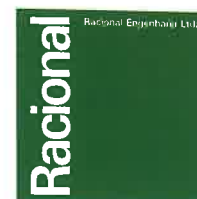


O grupo Queiroz Galvão está entre os maiores do País, atuando em diversas áreas, como: construção, agropecuária, siderurgia, perfuração de poços de petróleo e de gás, transportes, concessões, finanças e meio ambiente.

A construtora Queiroz Galvão tem como prioridade encontrar soluções de engenharia que satisfaçam seus clientes e usuários. Há quase meio século contribuindo com o desenvolvimento da engenharia brasileira, a construtora adota tecnologias de ponta, empregadas com êxito na construção de pontes, viadutos, portos, aeroportos, metrô, ferrovias, hidrelétricas e rodovias, fundamentais para o progresso dos países onde atua.



Racional



A Racional Engenharia é uma empresa brasileira que atua no segmento da construção civil, voltada exclusivamente para o setor privado. Ao longo dos seus 30 anos, executou, em todo o território nacional, quase 400 obras – 4 milhões de m² construídos.

A preocupação constante com qualidade construtiva e gerencial faz da Racional muito mais que uma construtora: a empresa lidera e coordena as diversas equipes envolvidas em um mesmo projeto, desde sua concepção passando pelo processo de engenharia de valor, até depois da entrega.

Com uma experiência diversificada em obras de hotelaria, industriais e comerciais, a Racional consolidou sua competência e know-how, superando grandes desafios tecnológicos e operacionais em todas as obras contratadas, tendo se estruturado em “centros de excelência”, a saber: indústrias, centros de distribuição e varejo, shopping centers, edifícios corporativos, hotéis, hospitais, escolas, centros culturais e retrofit.

Schahin

A Schahin caracteriza-se por uma presença sólida, dinâmica e diversificada no ambiente brasileiro de negócios. Fundada em 1966, foi responsável pelo planejamento, viabilização e execução de muitas das maiores obras do País e atua, hoje, nos setores mais importantes da economia nacional: engenharia, energia elétrica, telecomunicações, incorporações imobiliárias, petróleo e financeiro.

Decisões ágeis, rapidez na implementação, sofisticação e qualidade são características da Schahin num cenário de alta competitividade, onde a empresa apresenta a performance de um verdadeiro general contractor. Com mais de 3 milhões de m² construídos, milhares de quilômetros de fibras ópticas instalados, pioneira na perfuração de poços de petróleo em águas profundas, entre outros projetos inovadores e premiados, a SCHAHIN é responsável por uma obra ainda mais importante do que todas as suas realizações: a construção de um conceito de excelência junto a clientes, fornecedores e parceiros. Certificada segundo padrões internacionais de qualidade, a empresa obteve em 1999 o reconhecimento mais importante: foi escolhida, por seus funcionários e pela revista Exame, como uma das melhores empresas para se trabalhar no Brasil.

A reconhecida posição que a empresa tem no mercado é resultado de uma postura bem definida: o equilíbrio entre os negócios e o elemento humano, base da competência organizacional. É com essa mesma filosofia que a Schahin vê sua relação com clientes, parceiros e fornecedores: com respeito e responsabilidade, concluindo suas obras com a qualidade e no prazo esperados, inovando na tecnologia construtiva e trabalhando com a mesma seriedade há mais de 30 anos.



Créditos de fotos:

Estação da Luz: Agência Estado
Teatro Amazonas: Arquivo CNO
Lajes: Acervo Light-RJ
Parnahyba: Arquivos Digitais cedidos pela Fundação Patrimônio Histórico da Energia de São Paulo
Theatro José de Alencar: Livro **Theatro José de Alencar – Obra de Restauração**, Método Engenharia
Teatro Municipal: Mario Bock e Agência Estado
Madeira–Mamoré: Agência Estado
Viaduto Santa Ifigênia: Emurb
Via Dutra: Arquivo **O Empreiteiro** e Sinicesp – Obras que Mudaram São Paulo
Martinelli: Mario Bock, Agência Estado
Elevador Lacerda: Agência Estado
Congonhas: Arquivo Infracero e Mario Bock
Santos Dumont: Agência Estado
Estação Júlio Prestes: Mario Bock
Volta Redonda: Relatório Anual
Quitandinha: Extraída do livro **O concreto no Brasil**
Guandu: Catálogo da Serveng-Civilsan
Paulo Afonso: Acervo Chesf
Maracanã: Agência Estado
Garagem América: Arquivo do engenheiro Paulo Alcides Andrade
Baía de Ilha Grande: Carioca Christiani-Nielsen
Rio–Teresópolis: Acervo CRT e arquivo ABCP
Brasília: Acervo Serveng-Civilsan e Arquivo Público do Distrito Federal
Henry Borden: Agência Estado
Sírio-Libanês: Arquivo Schahin Engenharia
Masp: Mario Bock
Funil: Acervo Carioca Engenharia
Jupia e Ilha Solteira: Arquivo **O Empreiteiro**
Cantareira: Objectivo/Acervo Sabesp
Itaipu: Divulgação e do livro **Itaipu, a luz, da Itaipu Binacional**

Linhão: Acervo Promon
Rio–Niterói: Arquivo O Empreiteiro
Manaus–Porto Velho: Arquivo Andrade Gutierrez
Capibaribe: Arquivo Queiroz Galvão
Colombo Salles: Arquivo do Escritório Técnico Figueiredo Ferraz
Metrô: Divulgação, Xico Buny
Galeão: Infracero RJ
Imigrantes: Ecovias
Porto de Rio Grande: Andrade Gutierrez
Carajás: Acervo Serveng-Civilsan
Emborcação: Andrade Gutierrez
Viaduto do Chá: Agência Estado
Cieps: Acervo Carioca Engenharia
Confins: Andrade Gutierrez
Iraque: Arquivos digitais cedidos pela Mendes Junior
Pampo: Arquivos digitais cedidos pela Mendes Junior
Serra do rio do Rastro: Arquivo C.R. Almeida
Angra: Arquivo Norberto Odebrecht
Expressway: Arquivos Digitais cedidos pela Mendes Junior
Shopping Paulista: Fotos cedidas pela Racional
Metrô-SP: Arquivo O Empreiteiro e Andrade Gutierrez
Ponte do Morumbi: Acervo Queiroz Galvão
Ponte Ulysses Guimarães: Arquivo Heleno & Fonseca Construtécnica
Infovia: Fotos da Schahin Engenharia
Anchieta: Arquivo O Empreiteiro, Ecovias e Acervo ABCP
Igarapava: Paulo Arumaã
Serra da Mesa: Arquivo O Empreiteiro
CENU Torre Norte: Mário Bock
Pedro Taques: Ecovias
Petróleo: Foto: Penna Prearo
Plataforma: Fotos Petrobras
Gasbol: Fotos Petrobras
Replan: Fotos de Jonio Machado
Poliduto Urucu–Coari: Foto de José Caldas

100 ANOS DA ENGENHARIA BRASILEIRA é uma publicação especial da revista **O Empreiteiro**. © By Editora Univers.
Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, copiada (manualmente ou eletronicamente) -
ou fotocopiada, sem a autorização da Editora Univers.
Fotolitos: Cybergraph – Impressão: Takano