



IMMERSED TUNNELS

São Paulo, Brazil 08-09 November 2013

OVERVIEW OF IMMERSSED TUNNELS IN BRAZIL

Tarcísio B. Celestino



VANTAGENS E FLEXIBILIDADE DOS TÚNEIS IMERSOS

- Áreas de especialização;
- Tecnologia não aplicada até o momento no Brasil;
- Possibilidades de Túneis Imersos no Brasil.
- Salientar aspecto estético de pontes

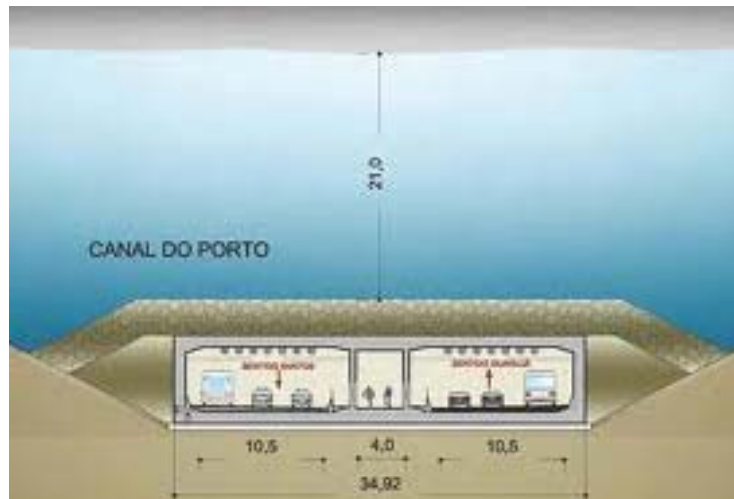


PROPOSTAS DE TÚNEIS IMERSOS NO BRASIL



(Google earth)

Submerso Santos Guarujá (DERSA)



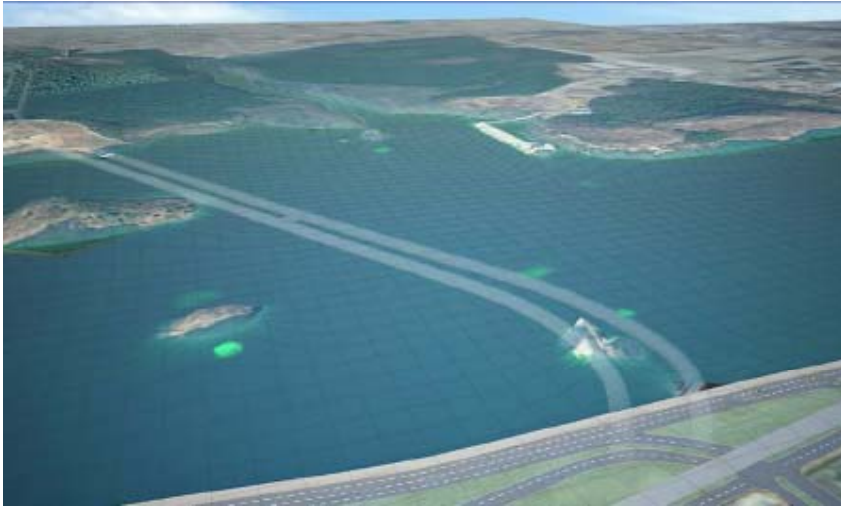
LIGAÇÃO VITÓRIA – VILA VELHA

- Três túneis construídos em etapas;
- Cada túnel com duas faixas de 2 km de extensão;
- Sistema reversível de trânsito e sinalização eletrônica (fluxo de veículos conforme a demanda);
- Módulos do túnel imerso a uma profundidade de até 30 metros e acomodados sobre uma base escavada e coberta de brita.

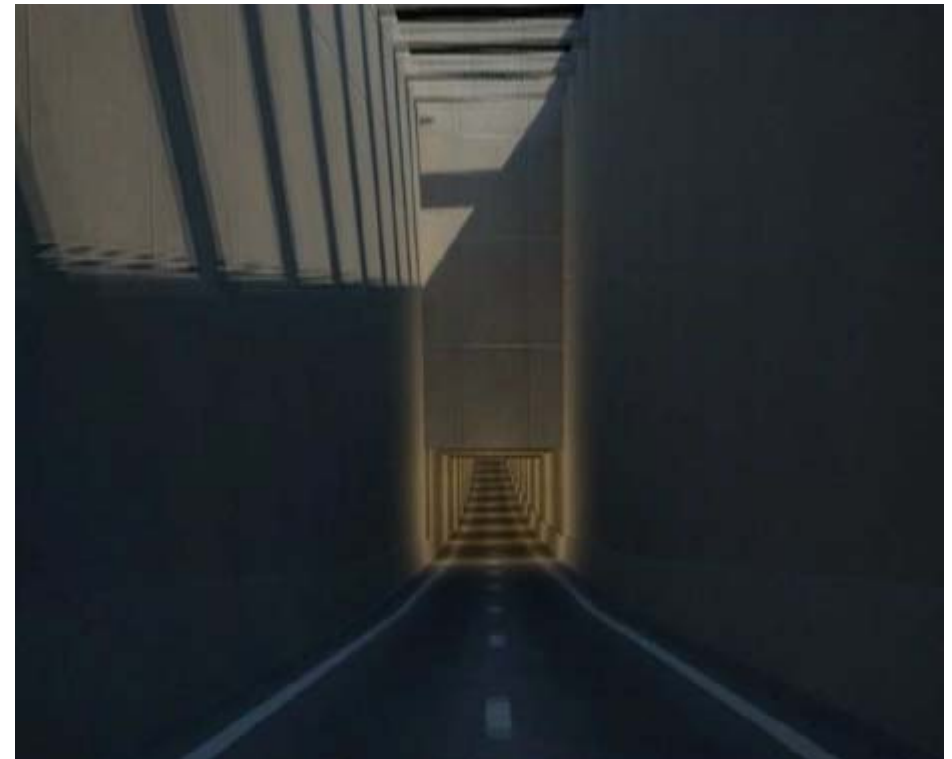


João Renato Prandina
(DER-ES, 2010)

LIGAÇÃO VITÓRIA – VILA VELHA



- Cobertura das valas dos túneis com 400 metros.



(DER-ES, 2010)

TRAVESSIA RIO GRANDE – SÃO JOSÉ DO NORTE, RS

- Edital do Governo Federal para Estudo de Viabilidade Técnica e Ambiental em 2014;
- Questão se arrasta há mais de 50 anos;
- Polos navais gaúchos separados pela Lagoa dos Patos;
- Duas correntes: túnel e ponte?

(Zero Hora, 29/10/13)

- Estudo da travessia;
- Conclusão pela viabilidade da ponte;
- Estudo superado: adotado gabarito naval de 70m. “... 30 m a menos que as estruturas que navegam no porto gaúcho”.

(DNIT, 2002)

TRAVESSIA RIO GRANDE - PROPOSTA DO TÚNEL IMERSO

- 1,6 km de extensão;
- Distrito industrial de Rio Grande – Estaleiro Brasil em São José;
- Não interfere com atividades portuárias;

SITUAÇÃO ATUAL - BALSAS

- Travessia do Canal Miguel Cunha
- 35 minutos para trajeto de 4 km
- Capacidade de 800 veículos/dia
- Insuficiente para período de safra
- Novo traçado: Distrito Industrial de Rio Grande à Barra de São José do Norte (mais de 1 km, metade do tempo)



- **Demanda reprimida!**

(Zero hora, 2013)

LIGAÇÃO SALVADOR – ILHA DE ITAPARICA, BA



Cartão postal dos mais famosos do Brasil

LIGAÇÃO SALVADOR – ILHA DE ITAPARICA, BA

- Condicionantes de navegação;
- Impacto negativo urbano;
- Impacto ambiental da ilha artificial para túnel imerso;
- Somatória de impactos ambientais dos vários pilares da ponte.

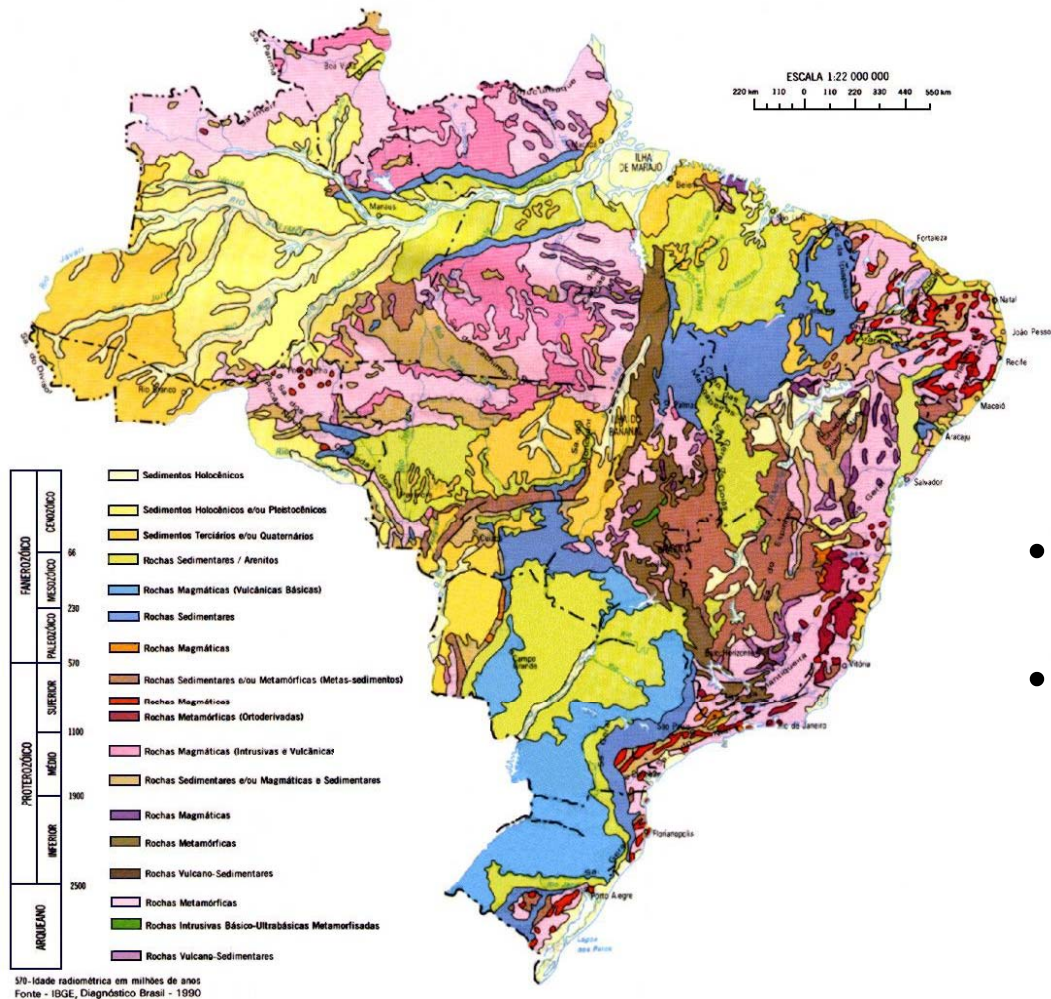


CONDICIONATES PARA EXECUÇÃO DE TÚNEIS IMERSOS NO BRASIL



- Extensa área costeira;
- Rios navegáveis.

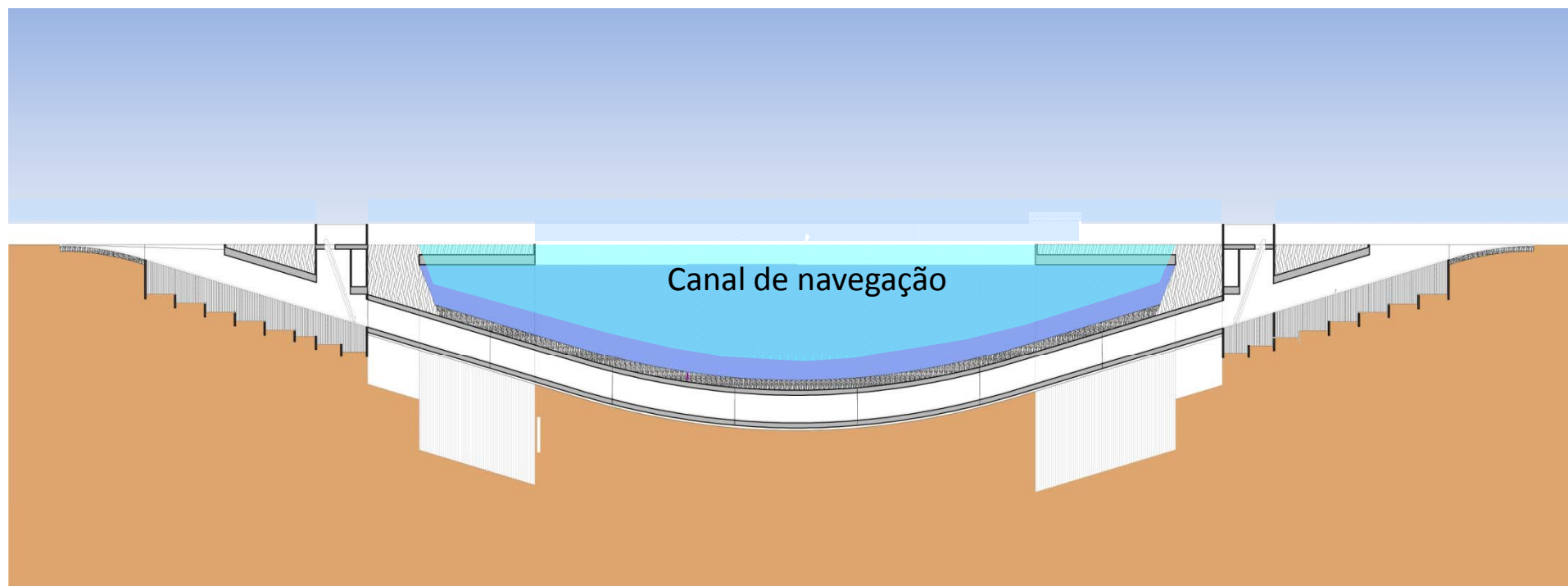
CONDICIONANTES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS



- Continuidade geológica ao longo da costa brasileira;
- Semelhante a geotecnia aplicada em offshore.

(IBGE, 1990)

SEÇÃO TÍPICA DE UM TÚNEL IMERSO



Atividades envolvidas:

Investigação geológico-geotécnica;
Escavação / Dragagem;
Construção de Docas Secas;
Contenções;
Estruturas pré-moldadas de concreto;
Tecnologia de concreto;
Imersão de estruturas.

CAPACIDADE TÉCNICA BRASILEIRA

- Obras Marítimas (na costa e offshore);
- Ventilação e controle de segurança em túneis;
- Investigações geotécnicas subaquáticas;
- Modelagem Numérica sofisticada;
- Obras em solos moles;
- Tecnologia de Concreto;
- Instalações de sistemas em túneis.



(Porto Açu, 2013)

ESTALEIROS NO BRASIL



PERNAMBUCO – ESTALEIRO ATLÂNTICO SUL

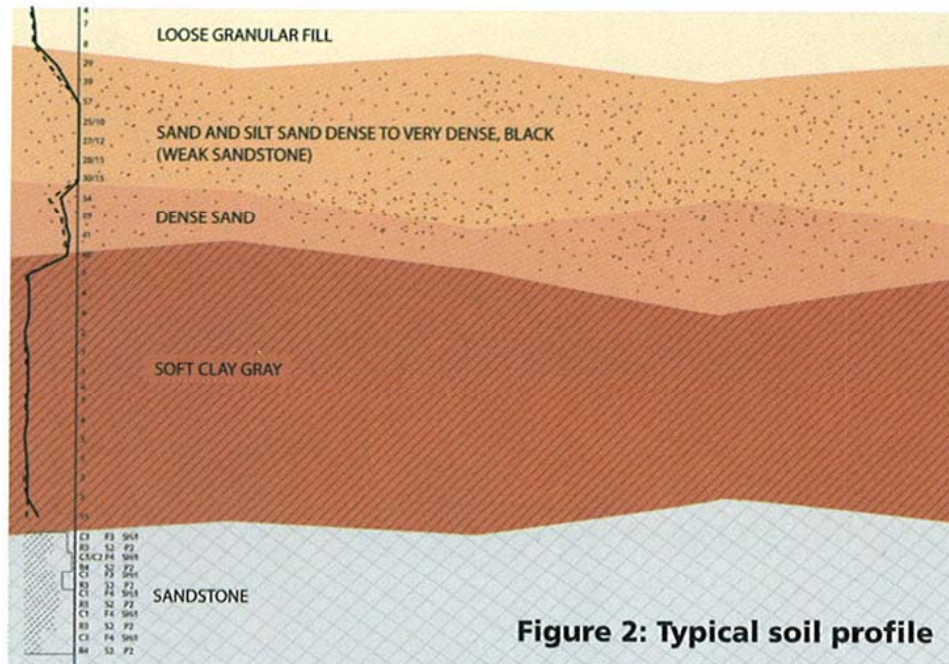


Área Total do Empreendimento: 780.000 m²
Doca Seca: dimensões 400m x 73m x 12m
Cais: 1050m

SERVICES	QUANTITIES
Diaphragm Wall	88,327 m ² / 950,744 square feet
Plastic Diaphragm Wall	5,468 m ² / 58,857 square feet
Bored Piles	5,484 ϕ / 102,824 m / 337,349 linear ft
CFA Piles	4,845 ϕ / 94,342 m / 309,521 linear ft
Root Piles	1,283 ϕ / 32,258 m / 105,833 linear ft
Jet Grouting Columns	2,106 ϕ / 23,800 m / 78,084 linear ft

(Brasfond, 2010)

PERNAMBUCO – ESTALEIRO ATLÂNTICO SUL



- Obra executada sobre solos moles.

(Brasfond, 2010)

Doca Seca:

- Paredes Diafragma em seção T (3,2x0,6);
- Fundação da Doca com estacas de 10 a 20m de comprimento.

(Queiroz Galvão, 2013)



PERNAMBUCO – ESTALEIRO ATLÂNTICO SUL



(Queiroz Galvão, 2013)

RIO GRANDE DO SUL – ESTALEIRO RIO GRANDE



Doca Seca: dimensões 133m x 350m x 17m (3,3m acima no nível d'água e 13,7m abaixo do nível d'água);

Fundação com estacas a tração.

Canal de navegação: profundidade de 12m.

(Ecovix, 2013)

RIO GRANDE DO SUL – ESTALEIRO RIO GRANDE



(Ecovix, 2013)

Construção e reparos:

- Navios;
- Plataformas;
- Plataformas semi –submersíveis.



RIO DE JANEIRO – ESTALEIRO BRASFELS



(www.kfelsbrasil.com.br)

Área Total do Empreendimento: 1.000.000 m²;
Doca Seca: 80m x 70m x 12m;
Cais: 313m;

Construção de Navios e Plataformas.



GUARUJÁ – ESTALEIRO WILSON SONS

(www.wilsonsons.com)



Doca Seca: 145m x 26m x 13m;



ILHA DE BARNABÉ - EMBRAPORT



(Odebrecht, 2011)

ILHA DE BARNABÉ - EMBRAPORT



- 420 metros de Cais
 - 50 mil m² de retroárea
 - 3,0 milhões de dragagem
 - 2,5 milhões de aterro
 - 2 mil estacas c/ 45 metros
- (Odebrecht, 2011)



AMAZONAS – PONTE SOBRE O RIO NEGRO



- Extensão de 3,6km;
- Largura de 22,6m;
- Quatro faixas de rolamento;
- Foram empregados aço e cimento em quantidade suficiente para erguer 3 Maracanãs.

(Camargo Corrêa, 2013)

AMAZONAS – PONTE SOBRE O RIO NEGRO

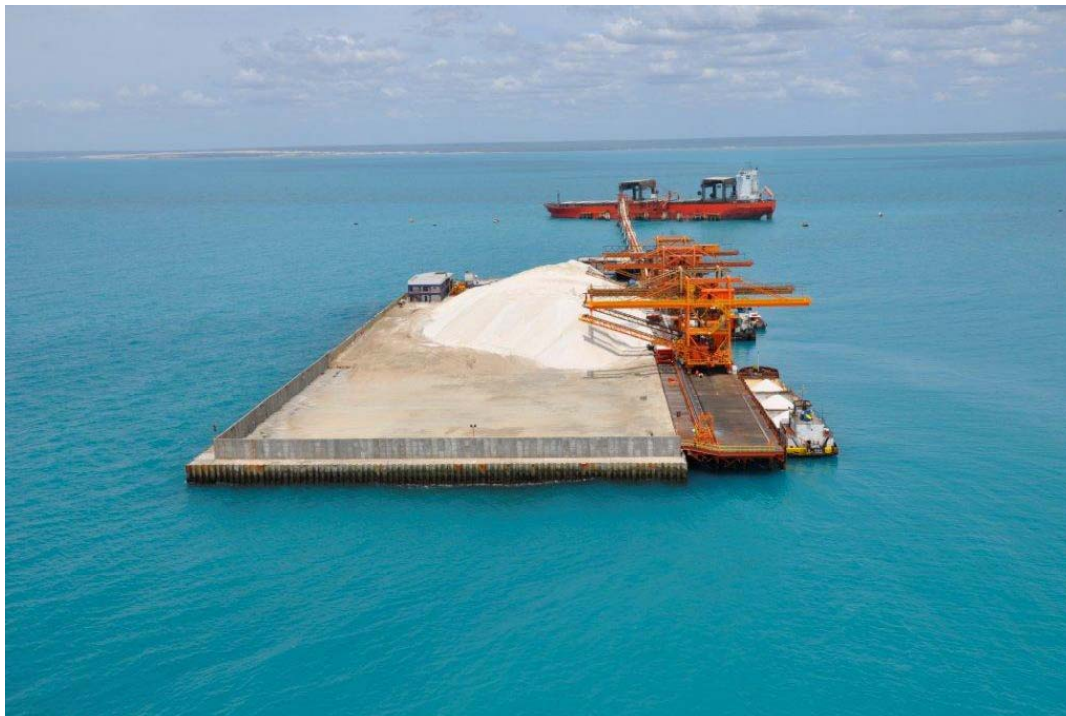


Soluções:

- Uso de estacas metálicas;
- Blocos pré-moldados;
- Adição de pozolana no concreto devido à acidez das águas do Rio Negro.

(Camargo Corrêa, 2013)

RIO GRANDE DO NORTE – PORTO DE AREIA BRANCA



- Ilha Artificial;
- Produção de sal marinho;
- Acesso por canal de extensão de 15 km;
- Área total do pátio: 15.000m²;
- Capacidade de estocagem de 100.000t.

AMAPÁ – PORTO DE MACAPÁ

Instalações:

Cais de 334m comprimento e 12m
de profundidade.



GUARUJÁ – TERMINAL DE GRANÉIS DO GUARUJÁ



Contenções para construção da moega rodo-ferroviária e galeria de alimentação dos armazéns do Terminal de Granéis.

(Novatecna, 2013)

GUARUJÁ – TERMINAL DE GRANÉIS DO GUARUJÁ



- Área das contenções com profundidade máxima de 10m;
- Emprego de jet-grouting.



(Novatecna, 2013)

SÃO SEBASTIÃO – TERMINAL DE DUTOS PETROBRÁS



Linhas de claros e de petróleo interligando o
pier ao continente no Terminal Aquaviário.

(Queiroz Galvão, 2013)



SANTA CRUZ/RJ – COMPANHIA SIDERURGICA DO ATLÂNTICO



- 2 terminais;
- Ponte de acesso de 4 km;
- Píer com 700 metros;
- 40 metros de argila mole.



SÃO JOÃO DA BARRA/RJ - SUPERPORTO AÇU



- 2 Terminais (*offshore e onshore*),
- 17 km de píer;
- Profundidade de 21 metros;
- Abrigar até 40 berços;

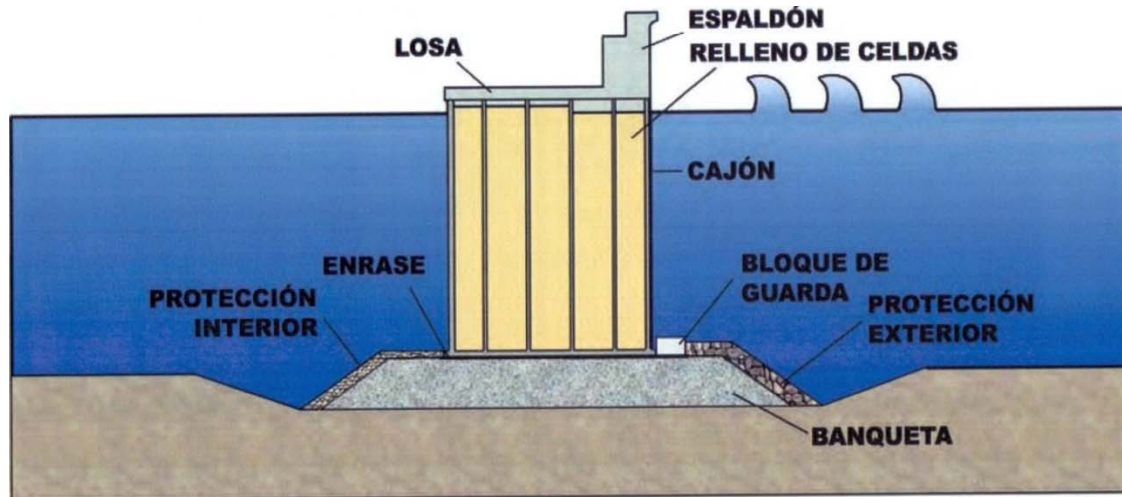
SUPERPORTO AÇU - INVESTIGAÇÕES DE CAMPO



- SPT;
- CPTU;
- Palheta;
- Geofísica;
- Plataformas Jack-up;
- Sea bed.

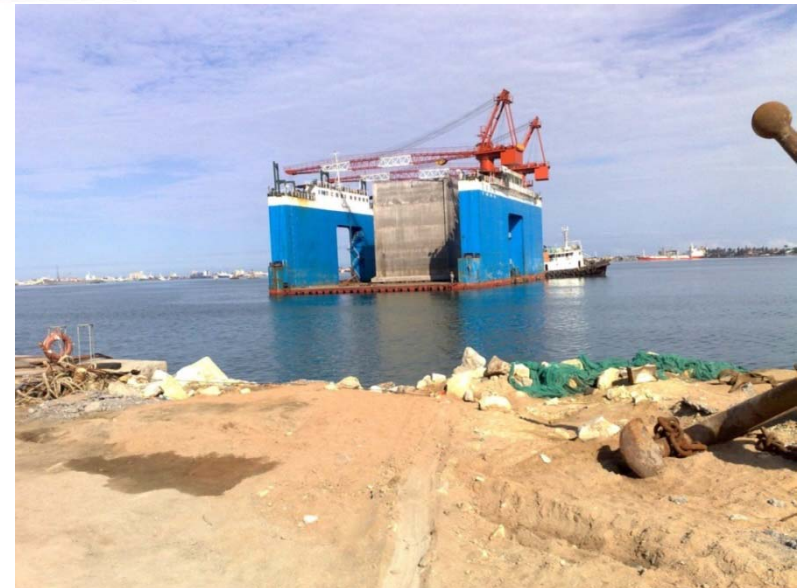
(Moraes Jr., 2013)

SUPERPORTO AÇU - IMERSÃO DE ESTRUTURAS



(Moraes Jr., 2013)

- Transporte e imersão de estruturas pré-moldadas (quebra-mar).



SUPERPORTO AÇU - DRAGAGEM

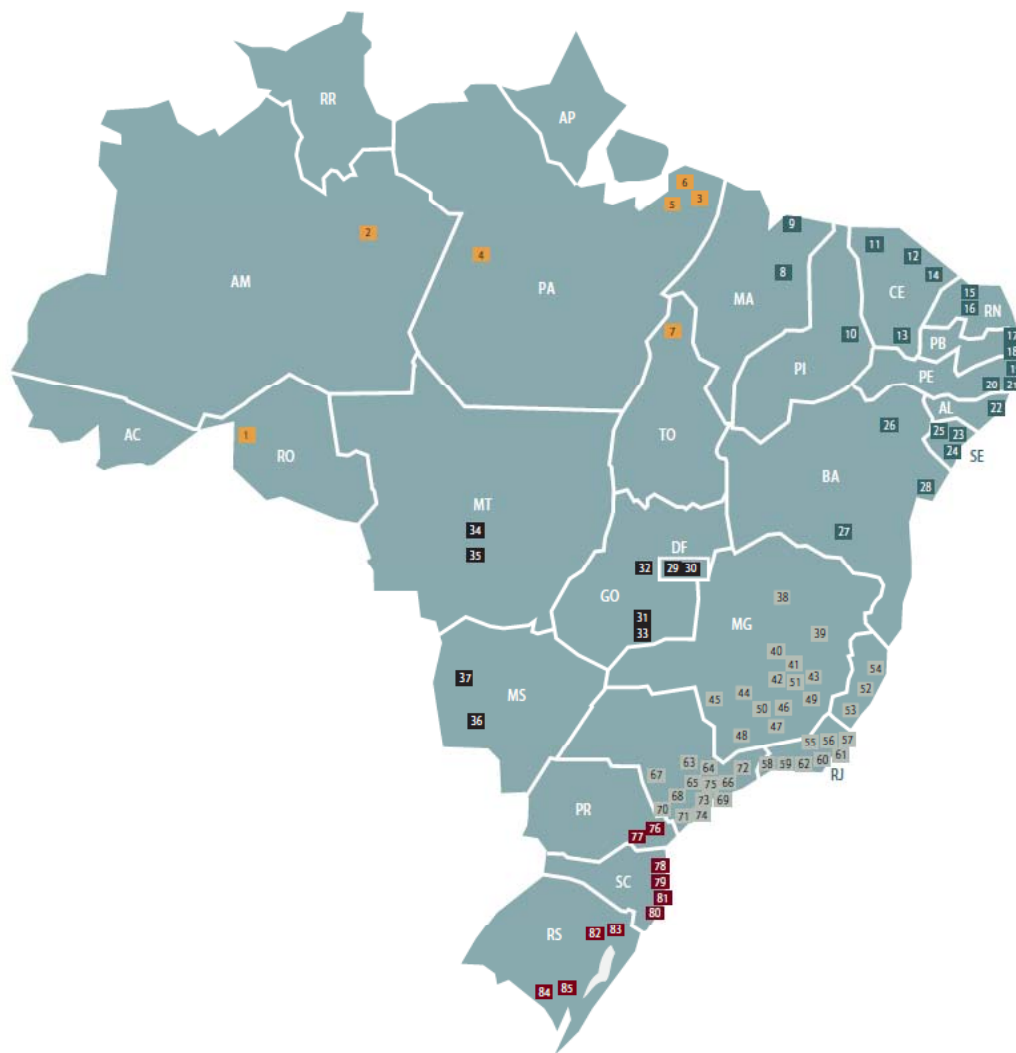


- Dragagem de 66 milhões m³;
- Draga de avanço.

(Moraes Jr., 2013)



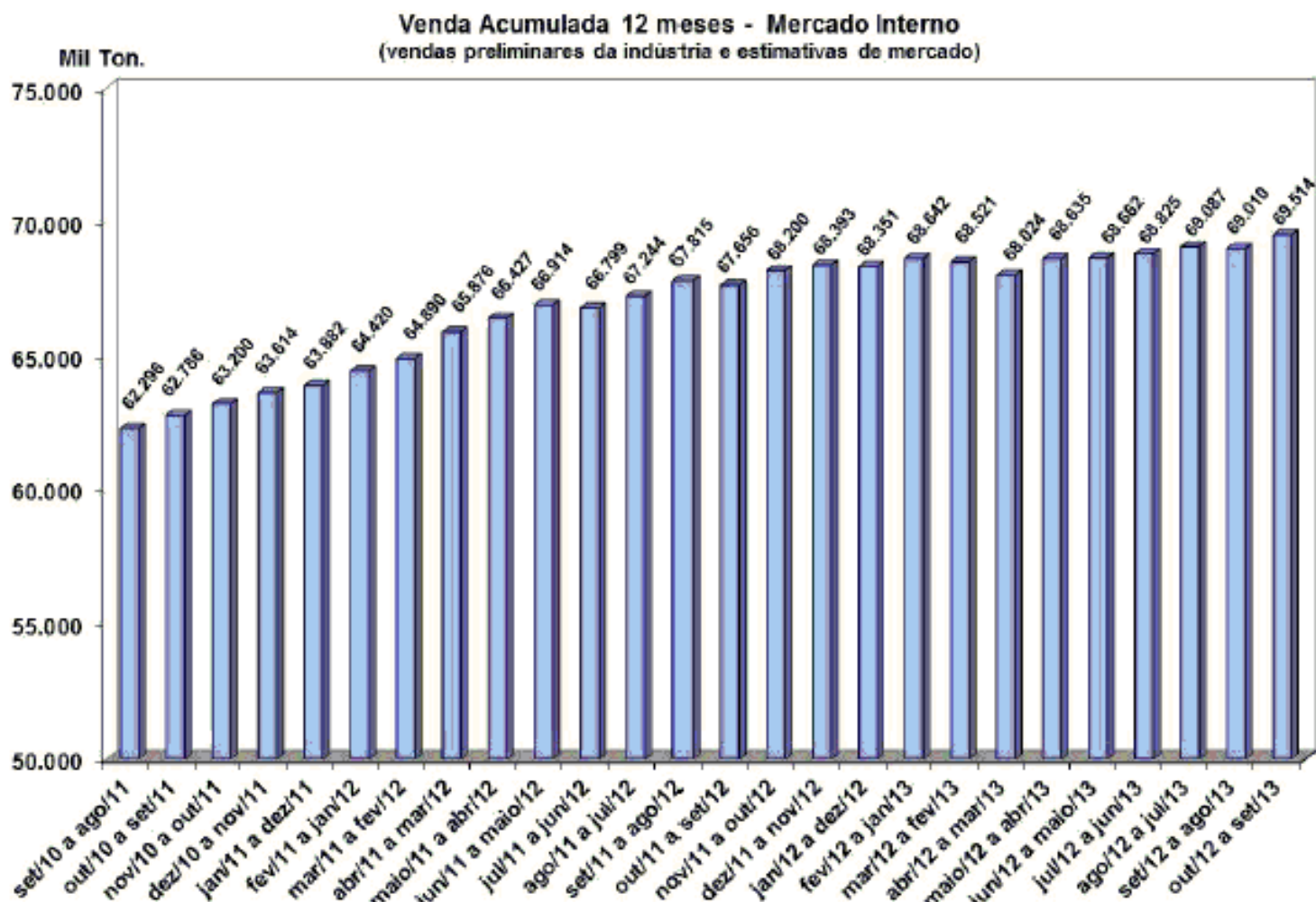
TECNOLOGIA DE CONCRETO



- Fábricas de cimento no Brasil;
- Concretos de Alta Resistencia
- Auto Adensáveis;
- Durabilidade > 100 anos



TECNOLOGIA DE CONCRETO



Fonte: SNIC

Crescimento na venda de cimento no Brasil

TECNOLOGIA DE CONCRETO

Casos de obra com emprego de resfriamento de
concreto

Barragem	Proprietário	Ano	Temperatura (°C)
Ilha Solteira	Cesp	1968	7
Agua Vermelha	Cesp	1973	7
São Simão	Cemig	1973	15
Itaipu	Itaipu	1976	7
Tucuruí	Eletronorte	1977	12
Nova Avanhadava	Cesp	1979	12
Três Irmãos	Cesp	1981	11
Porto Primavera	Cesp	1981	11
Xingó	Chesf	1988	12
Jirau	ESBR	2009	18 a 24
Jari	EDP	2012	16 a 25
Belo Monte	NESA	2013	15 a 22



UHE ITAIPU

Themag, Engevix, Promon, Hidroservice

12,3 milhões de metros
cúbicos de concreto = 210
Maracanã.





UHE TUCURUÍ **THEMAG/ENGEVIX**

- 50 223 188 m³ de escavações;
- 41 600.000 m³ de aterro;
- 6 000 000 m³ de concreto.

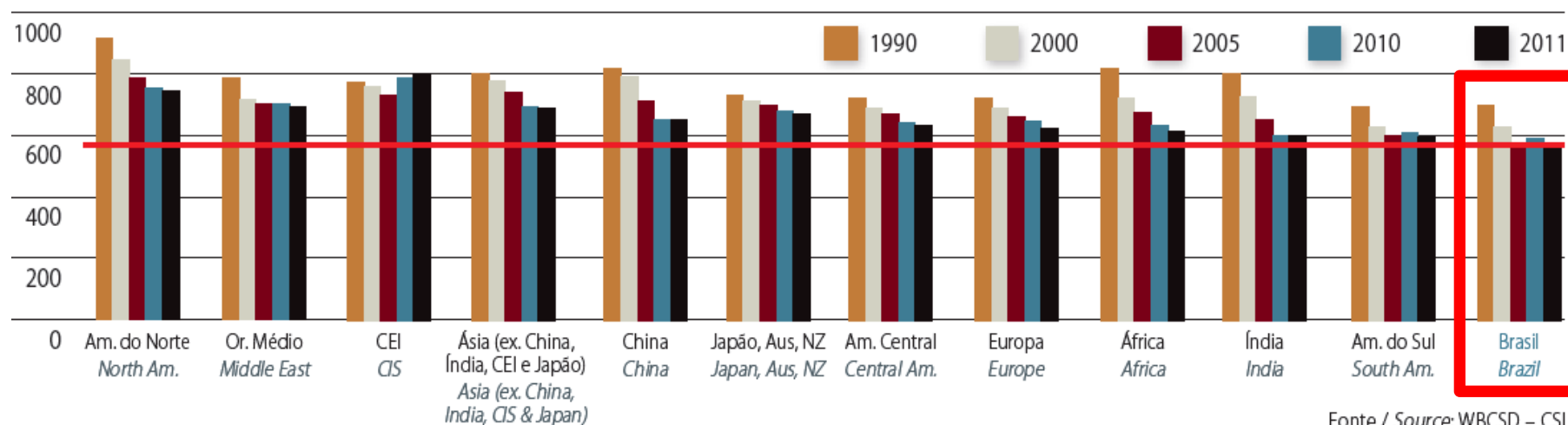


TECNOLOGIA DE CONCRETO

- Redução da emissão de CO₂ pelas indústrias de cimento brasileiras;
- Melhorias nos processos de produção.

Emissão média de CO₂ por Tonelada de Cimento

CO₂ emissions per tonne of cement





OBRIGADO!

Tarcísio B. Celestino

tarcisio@themag.com.br

tbcelest@usp.br





AGRADECIMENTOS:

**Camargo Corrêa;
Queiroz Galvão;
Odebrecht;
Engevix-Ecovix;
Novatecna;
Eng. Luciano Jacques de Moraes Jr;
Eng. João Renato Prandina
Eng. Selmo Kupperman.**