

Ligação Santos – Guarujá Alternativa em Túnel Imerso

Tarcísio B. Celestino
Comitê Brasileiro de Túneis

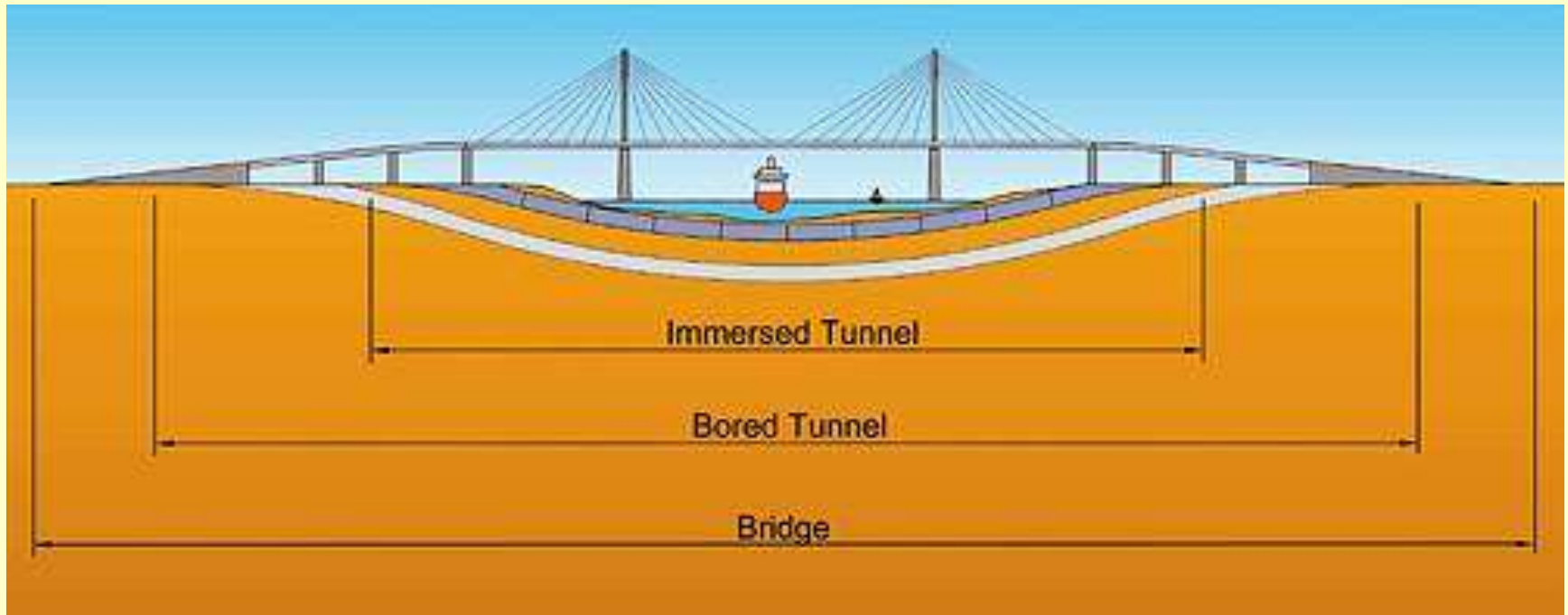
Instituto de Engenharia de São Paulo
22/09/2011

Por que Túneis?

Tipos de Travessias

- Balsa
- Ponte
- Túnel escavado
- Túnel imerso

Pontes e Túneis





Distâncias de Aproximação em Locais com Navegação

- Pontes – muito grandes
- Túneis escavados – intermediárias
- Túneis imersos – mínimas

200 ft
100 m

Elevados Urbanos

Degradação, Queda de IPTU, etc.



Tendência Mundial

“Enterrar” Elevados dos Anos 70

Década de 70



Década de 2000



Estacionamento na praça Etienne d'Orves
Marseille – França

Boston, Big Dig, Anos 2000

- US13 bilhões
- Para demolir minhocão
- Substituição por subterrâneo
- Ganho urbanístico
- Transformação de zona degradada em área nobre

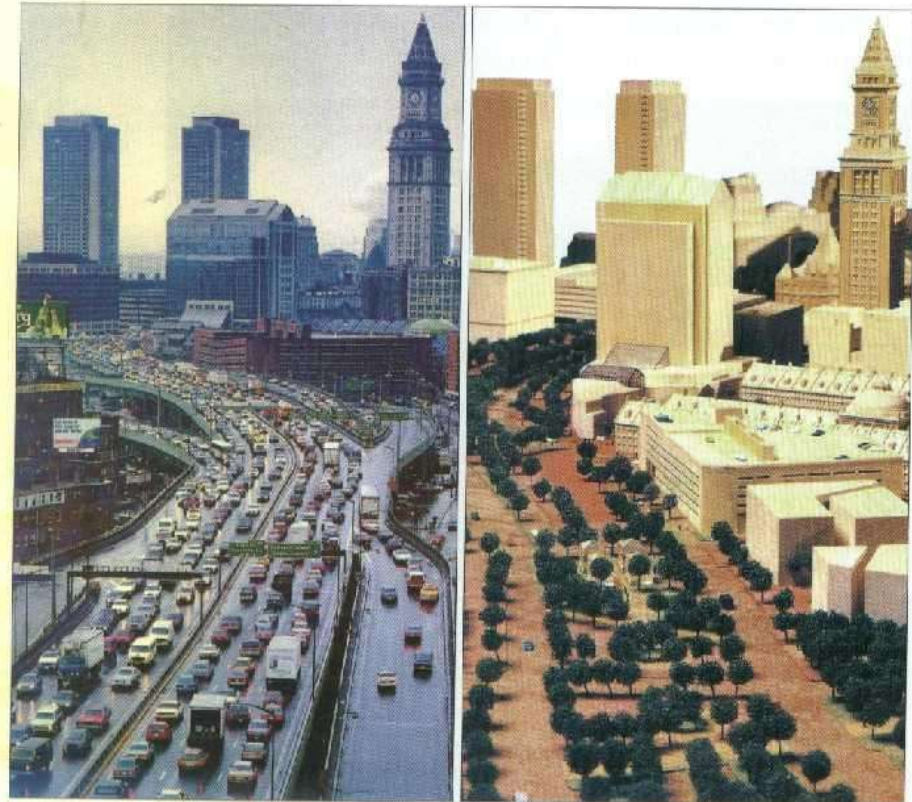


Fig 37 : The Central Artery - Boston, (USA)

Elevado Costa & Silva, São Paulo

SindusCon  SP

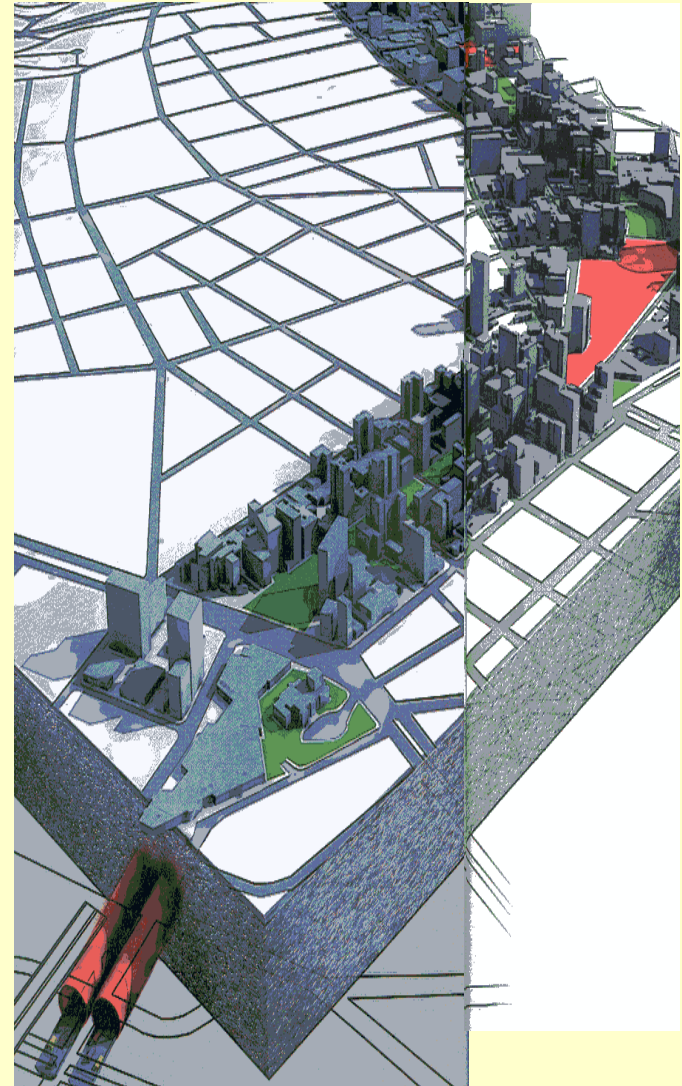
nº 15 • Ano 2 • 2003

**Notícias da
Construção**

QUALIDADE
SOLUÇÃO
enterrada para
via elevada



ABAIXO O ELEVADO!
Como tornar São Paulo uma cidade melhor





Praça Mauá Atual – Rio de Janeiro



Vista para o Mar



Google Street View

Após Remoção Elevado – Porto Maravilha



Pontes: ex. Golden Gate

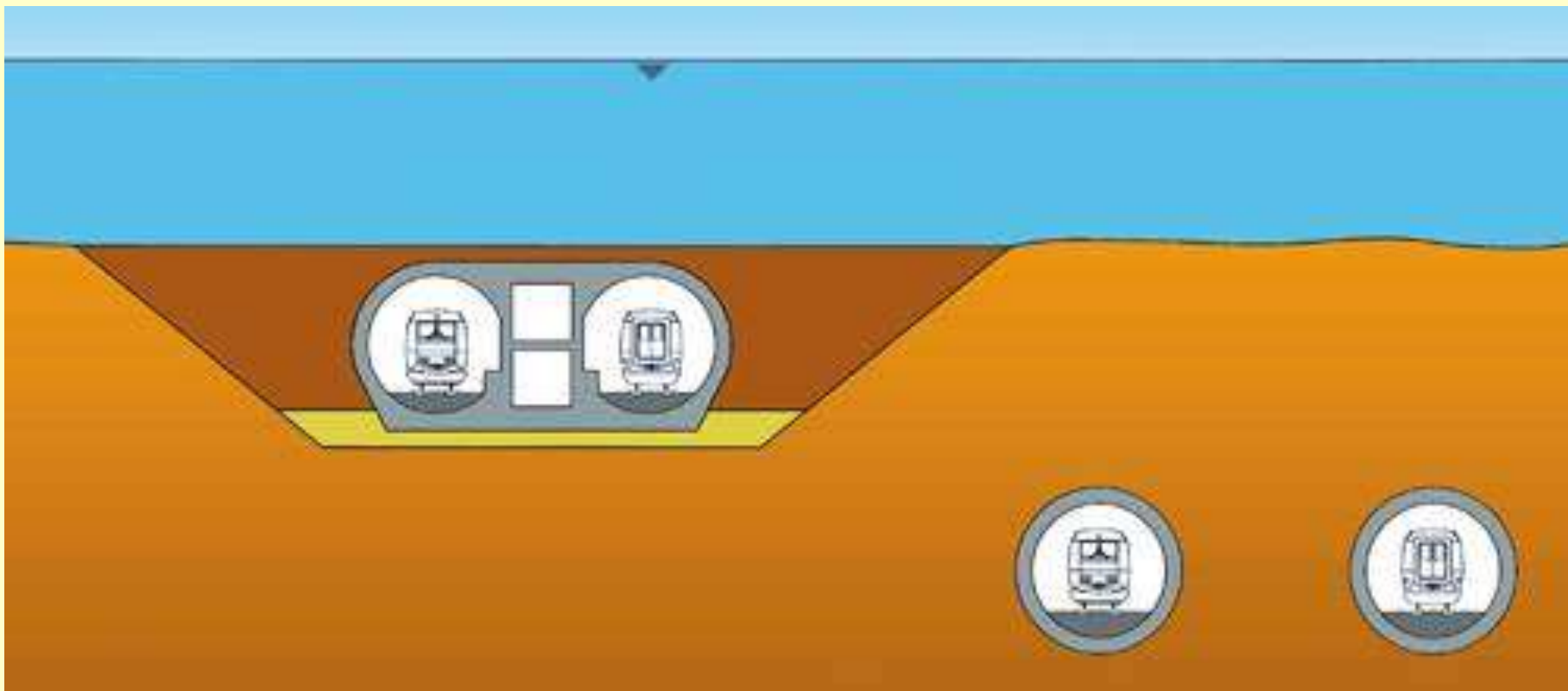
Encontros de grande altura



Golden Gate



Túneis Escavados e Imersos



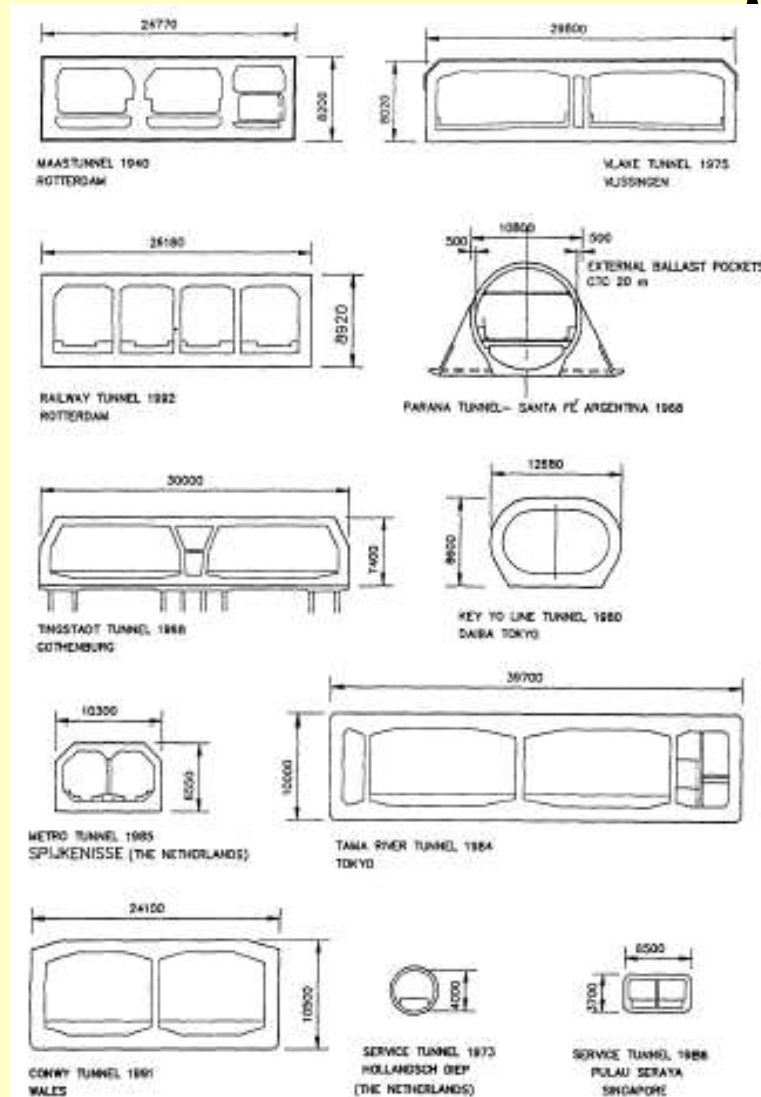
Túneis Imersos



Levantamento de túneis imersos, 1996 WG 11 da Associação Internacional de Túneis (ITA)

- 41 túneis de serviço (esgoto, água, correia transportadora, etc.) construídos desde 1893
- Exemplo brasileiro não cadastrado
- 108 túneis para transporte (rodovia, ferrovia, metrô, ciclovia, pedestres, mistos) construídos desde 1910
- Profundidades até 58m
- Segmentos: comprimento $>170\text{m}$, largura $>40\text{m}$

Seções transversais típicas



Túnel Maas

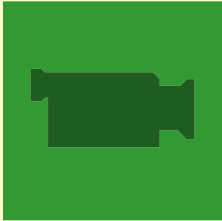
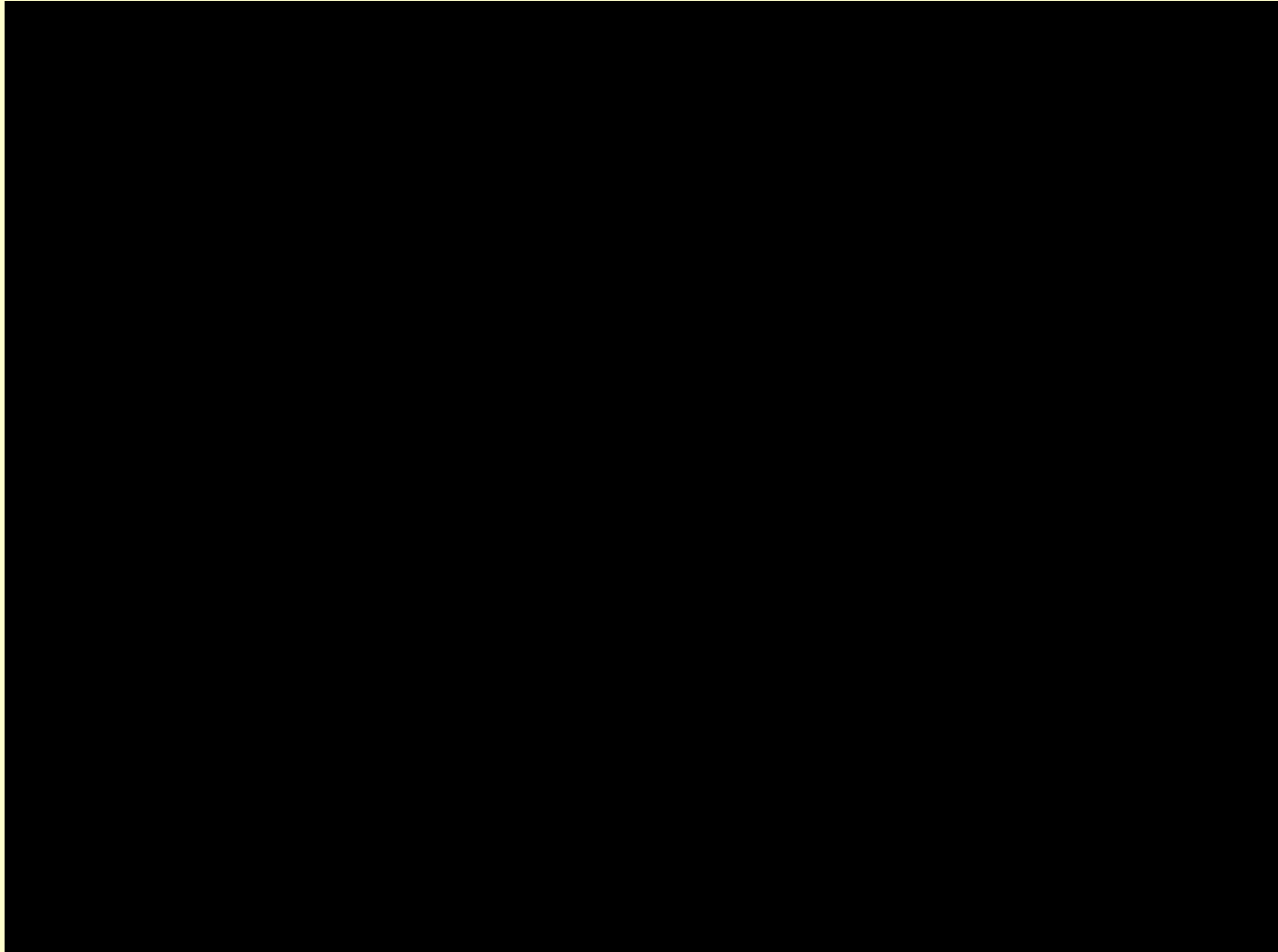
Rotterdam, Holanda

- Finalidade: 4 faixas de tráfego, ciclovia e faixa de pedestres
- Ano de construção: 1943
- No. Segmentos: 9 (61,35x24,77x8,39m)
- Comprimento total: 584m
- Profundidade: 22,5m



Túnel Maas

Rotterdam, Holanda



Oresund

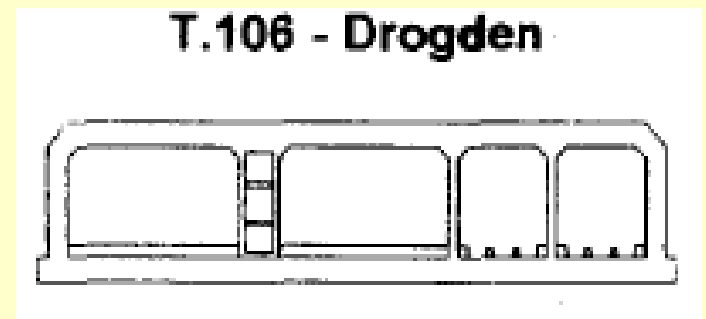
Comprimento total 3.510 m

Dimensões segmentos: 175,2x42x8,5 m

No. Segmentos: 20

Profundidade: 22m

Vantagem sobre ponte





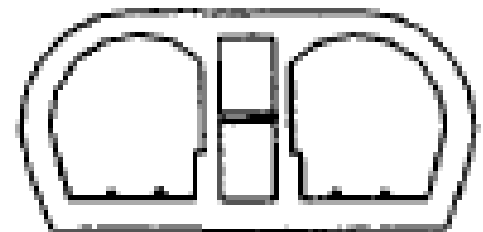
Oresund

BART – Bay Area Rapid Transit

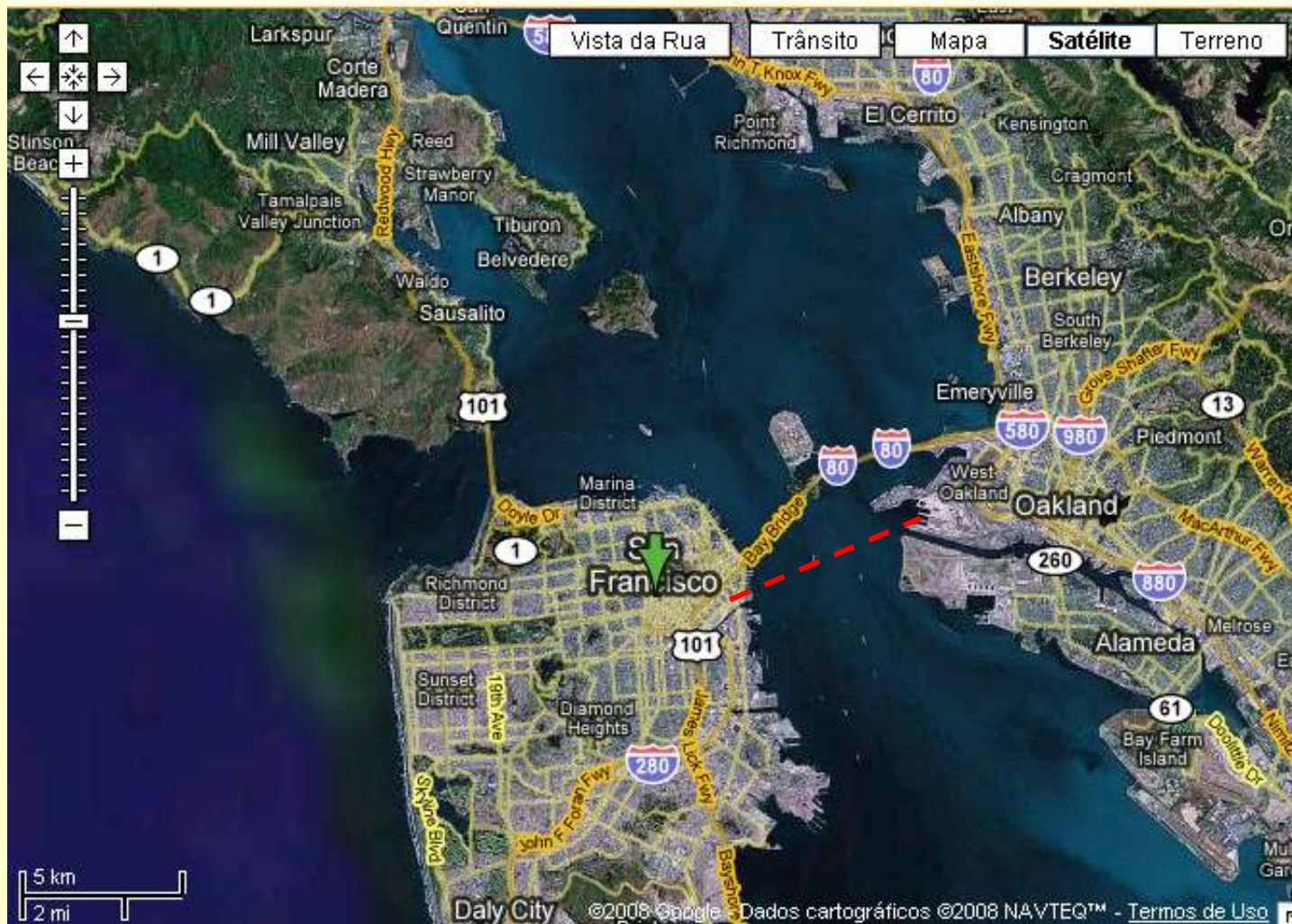
San Francisco, Califórnia

- Comprimento total: 5.825m
- No. Segmentos: 58 (83,2 a 11,6m)
- Largura x altura: 14,6 x 6,5 m
- Profundidade: 40,5m
- Corta a falha ativa de Hayward

T.41 - BART



Baía de San Francisco



Terremoto de Loma Prieta

17/10/1989

- Magnitude; 7,1 Richter
- Distância epicentro: 100 km
- Ponte (Bay Bridge): danos severos, colapso de um tramo
- Túnel: voltou a operar 24 horas depois de vistoria; trem trafegando no túnel no momento do terremoto, ninguém percebeu

Terremoto de Loma Prieta 17/10/1989

Danos na Ponte – centenas de mortos



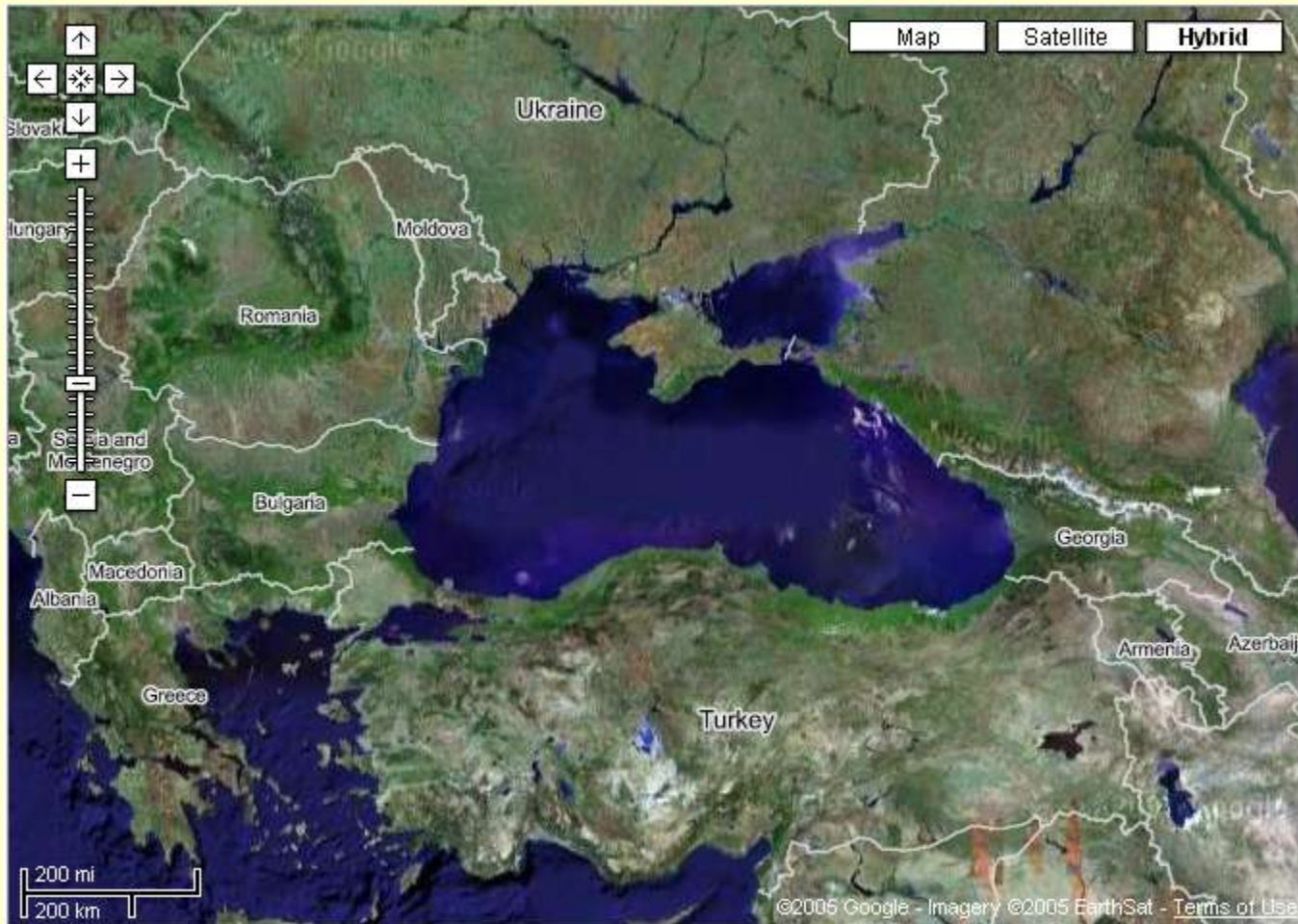
Estação Baak

Estocolmo - Suécia



ISTAMBUL

Ligação sob o Estreito de Bósforo



Navegação Intensa no Estreito

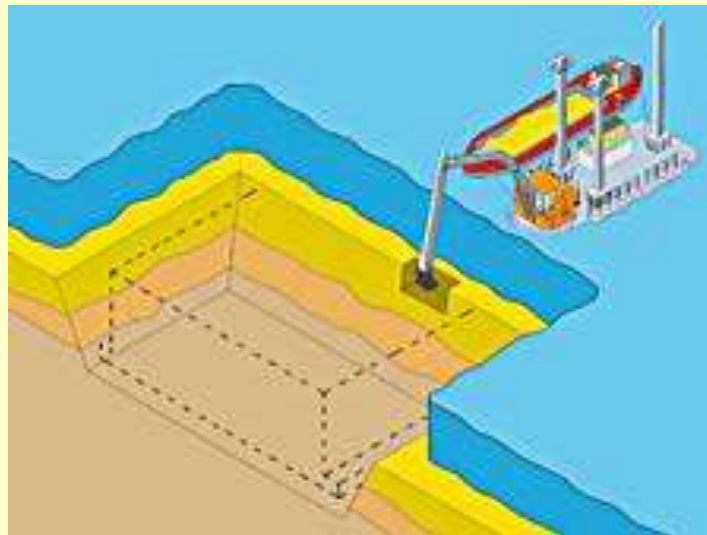
- Ligação Mar Negro – Mediterrâneo
- Passagem para vários portos (Mar Negro, Rio Volga, etc. Ex Volgagrado, antiga Stalingrado)



Bósforo

Processo Construtivo

1 – Dragagem do leito



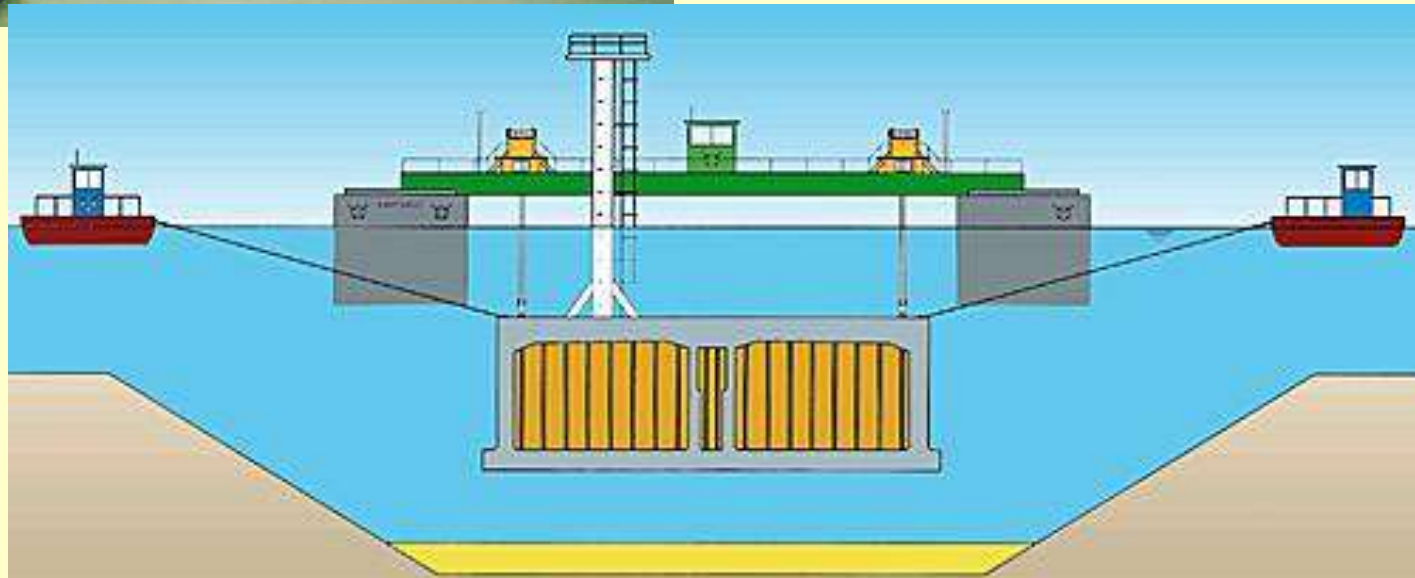
2 – Construção em paralelo de elementos pré-moldados



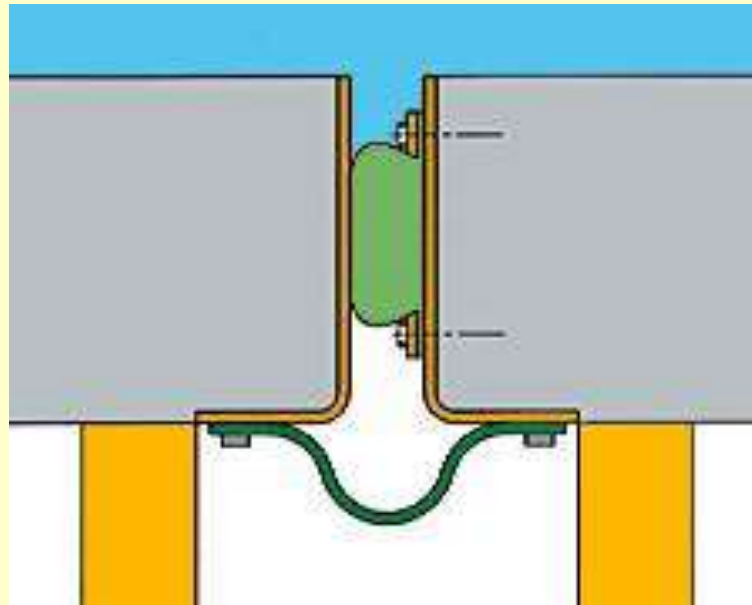
3 – Transporte de elementos pré-moldados



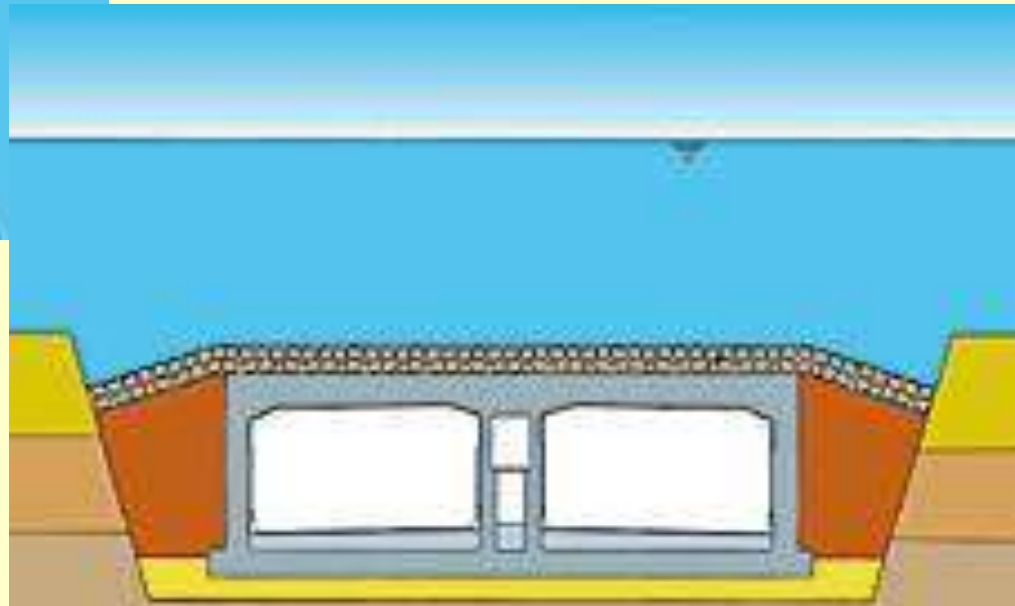
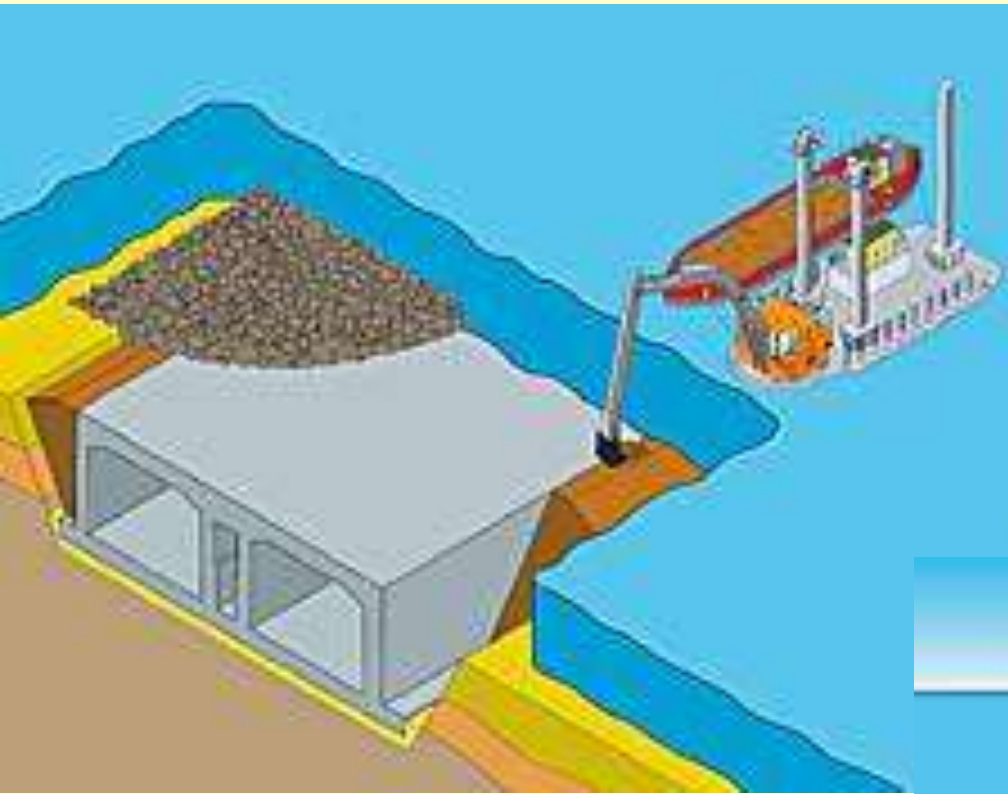
4 - Posicionamento



5 - Vedação



Reaterro



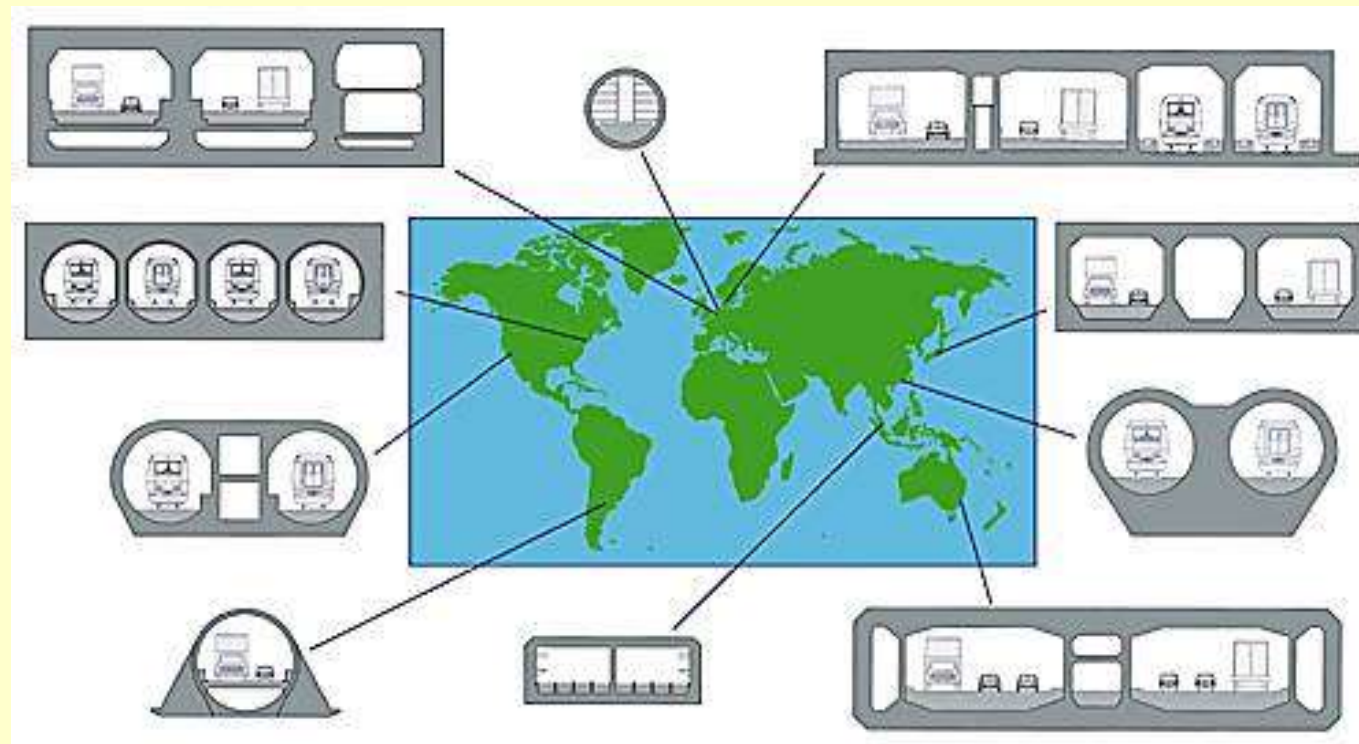
Perguntas Frequentes

1 - Interferência com navegação

- Já construídos em locais de navegação mais intensa que o Porto de Santos, ex. Porto de Rotterdam, Estreito de Bósforo (52.000 navios/ano) etc.
- Transtornos durante construção são comuns e acomodados em função de benefício posterior (ex. Marginal do Tietê)

2 – Idéia nova?

Usada há mais de 100
anos!



3 - Vazamentos?

Normalmente mais estanques que túneis escavados.

4 – Impedimento a embarcações?

Túnel

- Calado hoje: 13,30m
- Calado com túnel: 20,00m

Ponte

- Ponte: altura igual a gabarito de navios atuais
- Plataformas petróleo: altura ilimitada. **Excluir Santos como base de apoio durante Pré-Sal?**

5 – Distâncias de trajeto?

Túnel

- 950 m

Ponte

- 4.600 m (para altura de 80 m)

Ponte Estaiada na Ponta da Praia (maquete)

Características:

Valores atualizados para março/2011

Extensão total:	4.600 m
Trecho em Ponte Estaiada:	1.000 m
Gabarito Vertical:	80 m (não atende o gabarito de navegação atual = 85m)
Seção Tipo:	2 faixas de tráfego por sentido
Altura das torres:	240 m
Desapropriação:	R\$ 167 milhões
Custo da Obra:	R\$ 940 milhões
Total do Empreendimento:	R\$ 1,230 bilhão

- Não foi contemplada faixa para pedestres e bicicletas, não interligando as ciclovias das cidades;
- Não tem acesso a Rodovia Cônego Domenico Rangoni;
- Rampas muito longas, dificultando o tráfego de caminhões;
- Não atende as demandas de transportes
- Impacto visual e urbanístico.

Conclusões

- Menor trajeto (5 vezes menor que pote)
- Túnel 3 faixas de tráfego; ponte 2 faixas
- Rampas de acesso enterradas: nenhum impacto
- Evita “minhocões” em Santos e Guarujá
- Condições adequadas de geometria e geologia
- Nenhuma restrição à navegação futura (ponte impõe sérias restrições)
- Viabilidade técnica
- Questões técnicas resolvidas
- Muitos projetos mais complexos já construídos