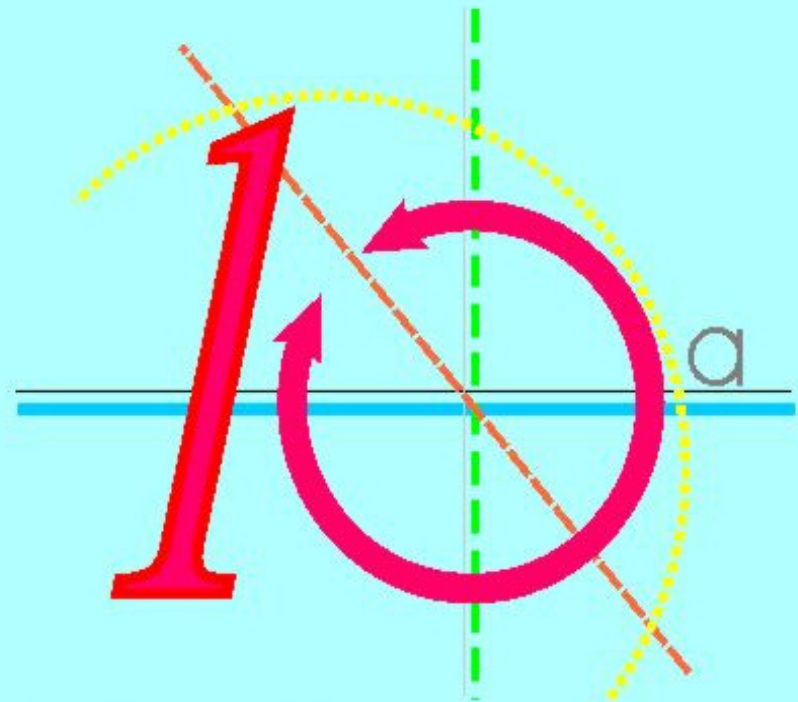
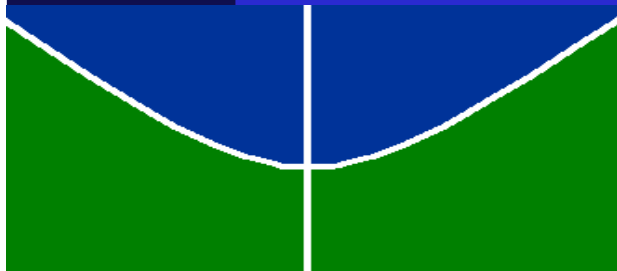


Inovação Tecnológica na Engenharia de Túneis

André P. Assis, PhD
(UnB / ITA)

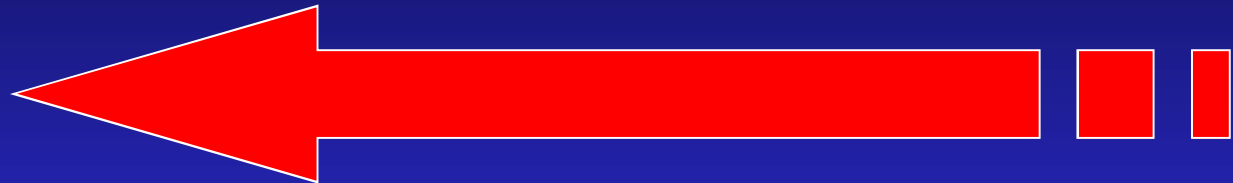


Semana de Tecnologia Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Inovação Tecnológica na Engenharia de Túneis



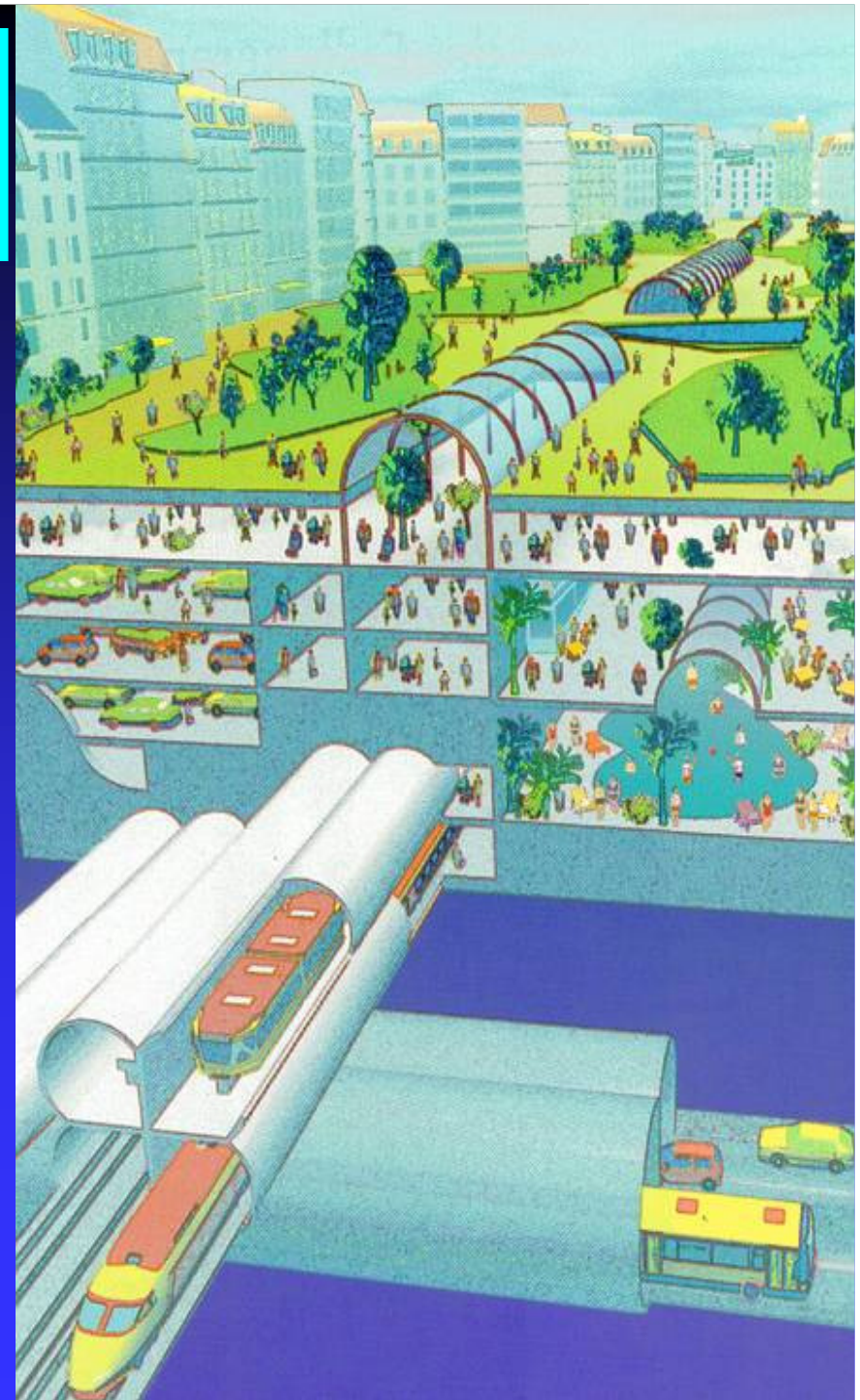
■ Introdução



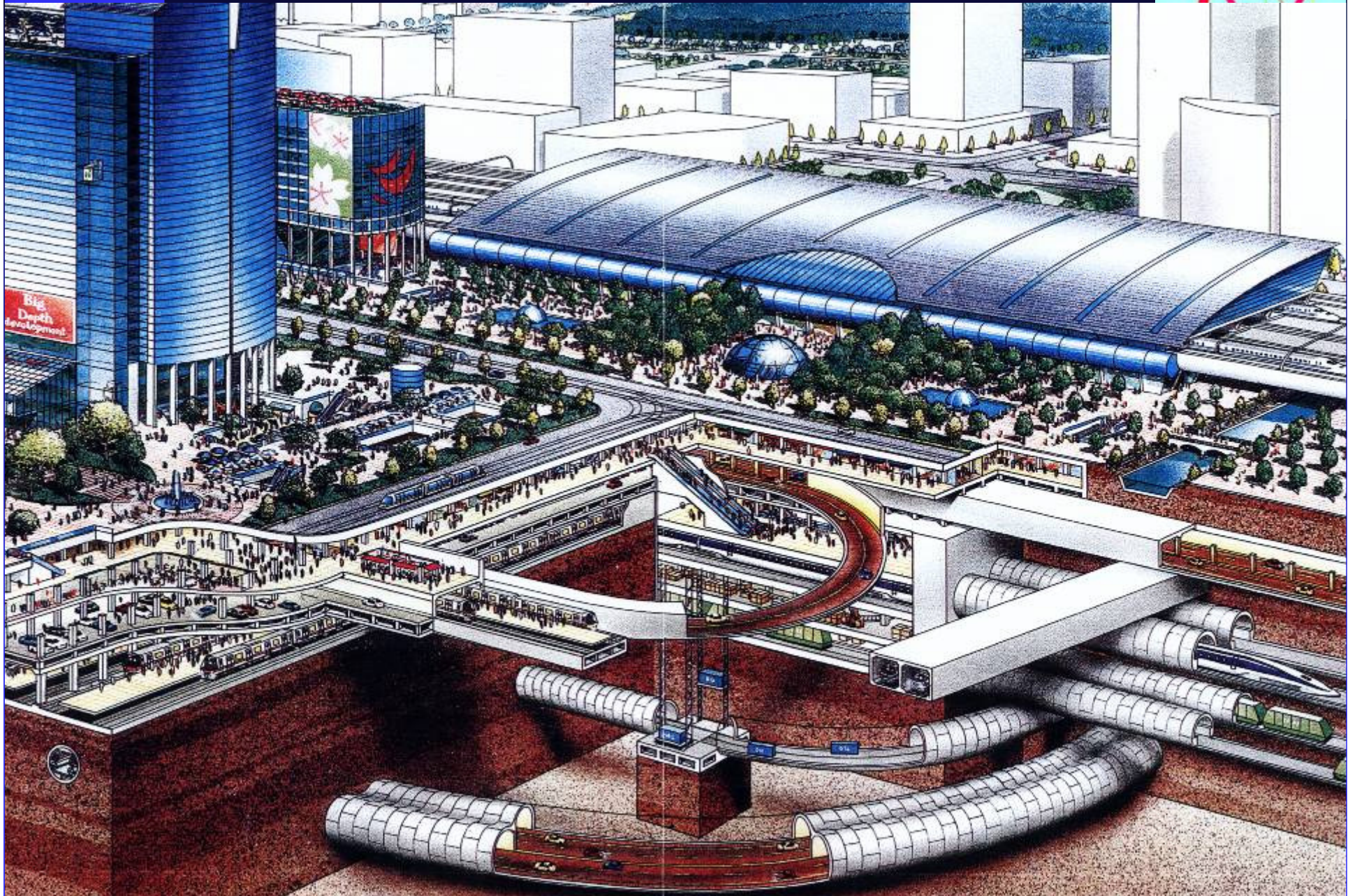
- Inovações nos Métodos Construtivos
- Inovações na Segurança ao Fogo
- Considerações Finais

Introdução

- Crescimento da população urbana (pós 2a. Guerra Mundial)
- Era Ambiental (após 1960)
- Tecnologia de Equipamentos



Era Ambiental: Tendência Urbana



Demanda e Uso do Espaço Subterrâneo



  **Transporte de Massa e Vias Expressas**

 **Utilidades Públicas**


  **Revitalização de Áreas Urbanas Centrais**

 **Túneis Interurbanos Longos e Profundos**



Avanços da Engenharia de Túneis



Melhor Entendimento do Comportamento

-  Controle de recalques e deslocamentos
-  Avaliação de danos induzidos


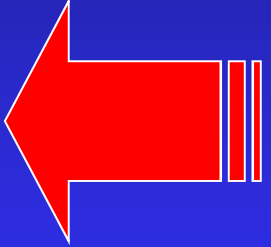
Avanços Tecnológicos

-  Obras mais seguras, baratas e construídas em menor tempo
-  Nova Geração de TBM (face pressurizada) - Uso em locais antes considerados inapropriados e mecanização do processo construtivo

Resistência a Sismos

Inovação Tecnológica na Engenharia de Túneis



- **Introdução** 
- **Inovações nos Métodos Construtivos** 
- **Inovações na Segurança ao Fogo**
- **Considerações Finais**

Métodos Construtivos de Túneis em Solo



Cut-and-Cover

Convencional

Submerso

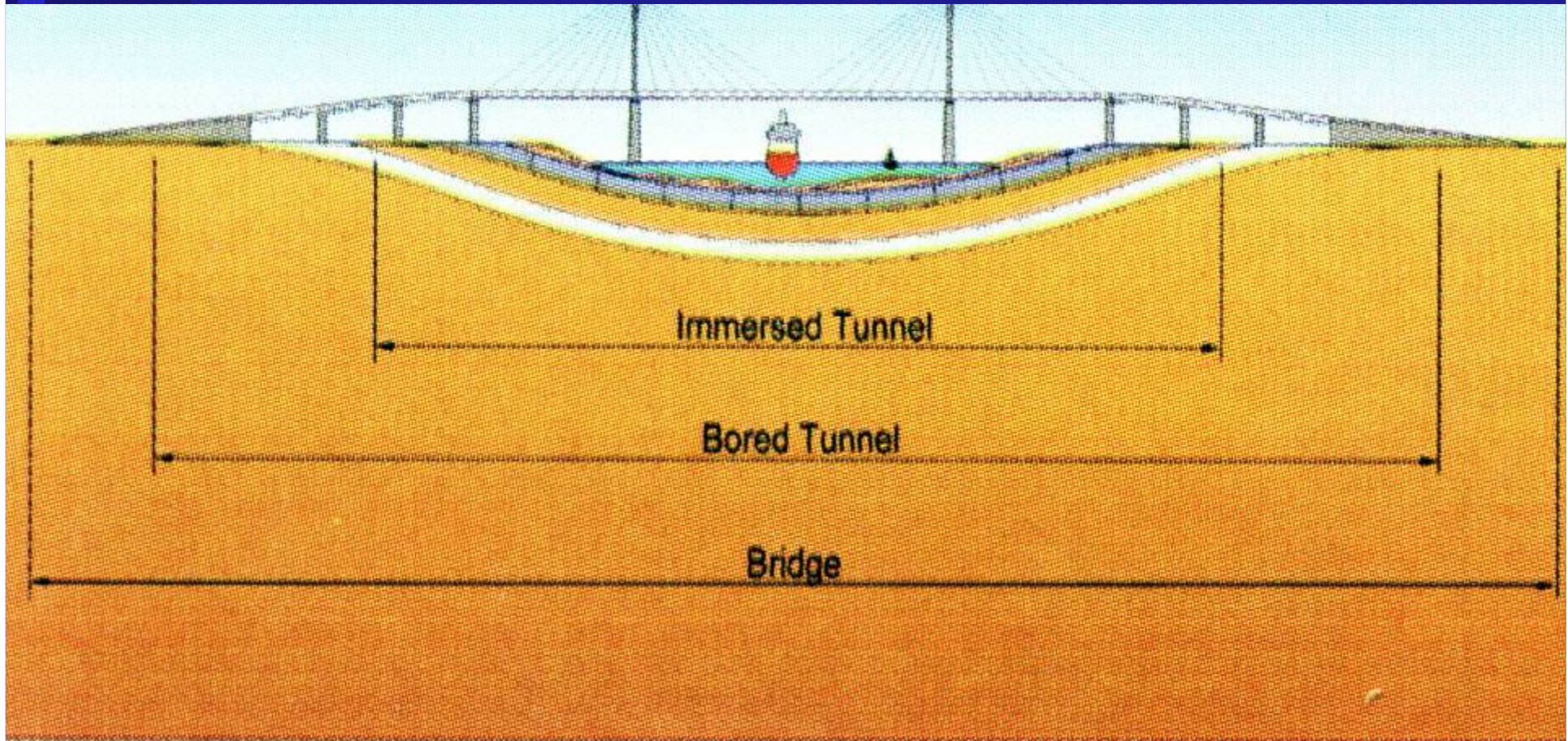
**Métodos
Tuneleiros**

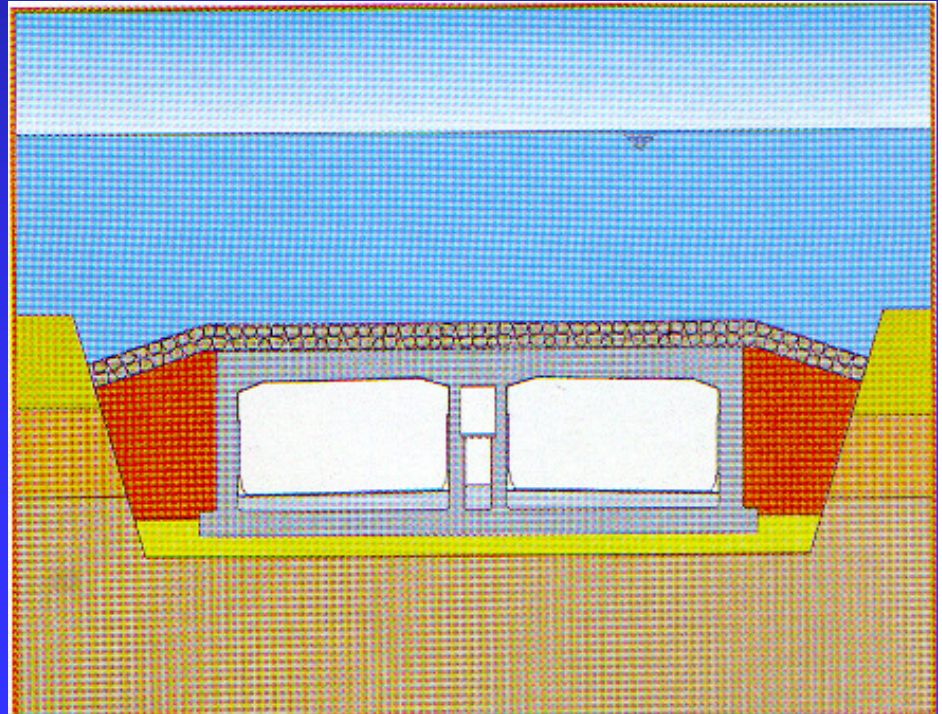
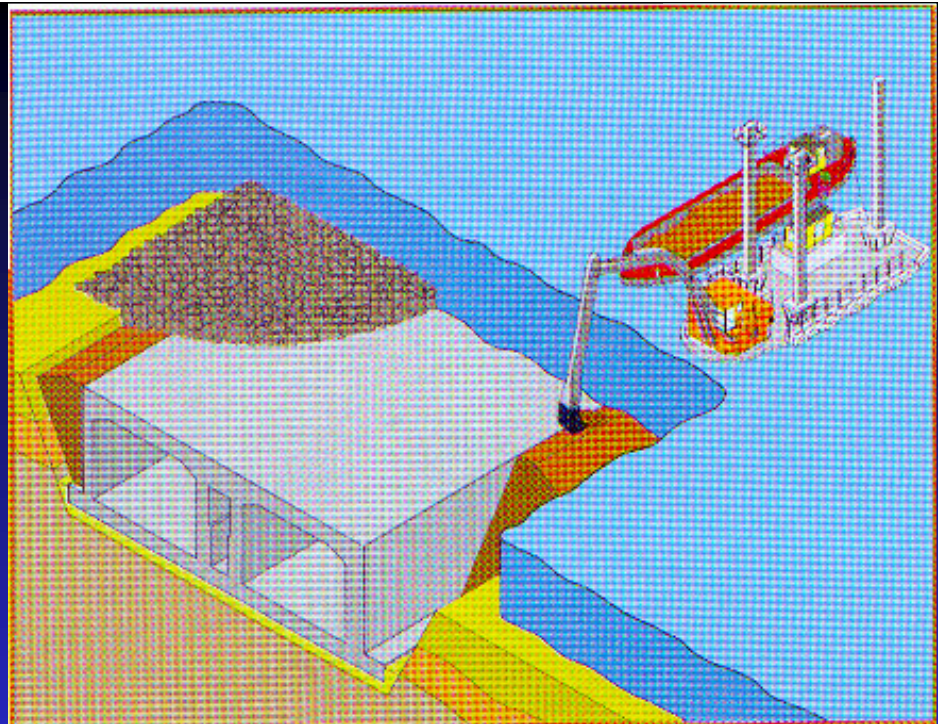
Teto com Enfilagens

Escavação Sequencial

Tuneladoras

Cut-and-Cover Submerso: Túneis Imersos





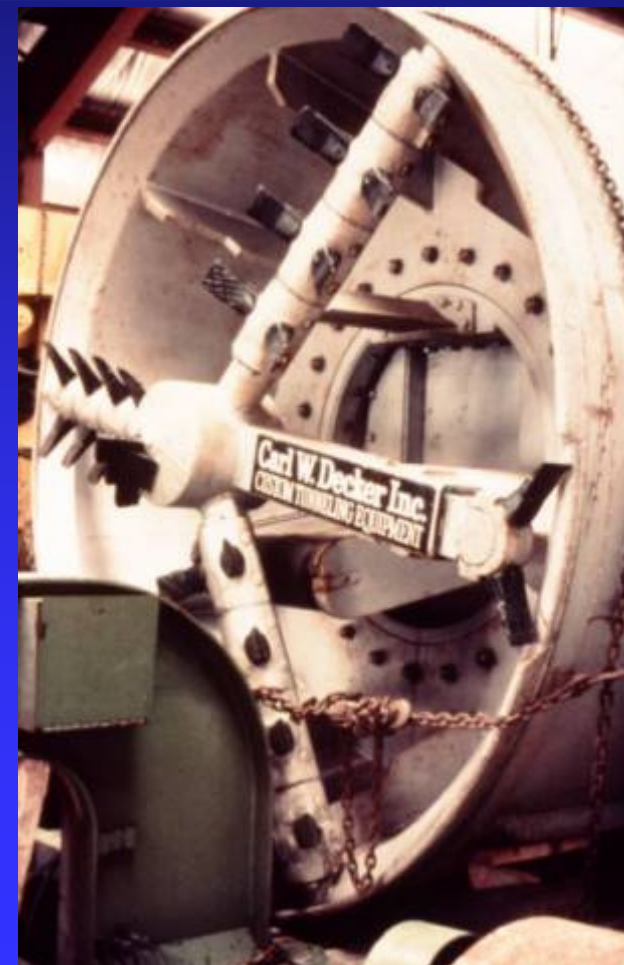
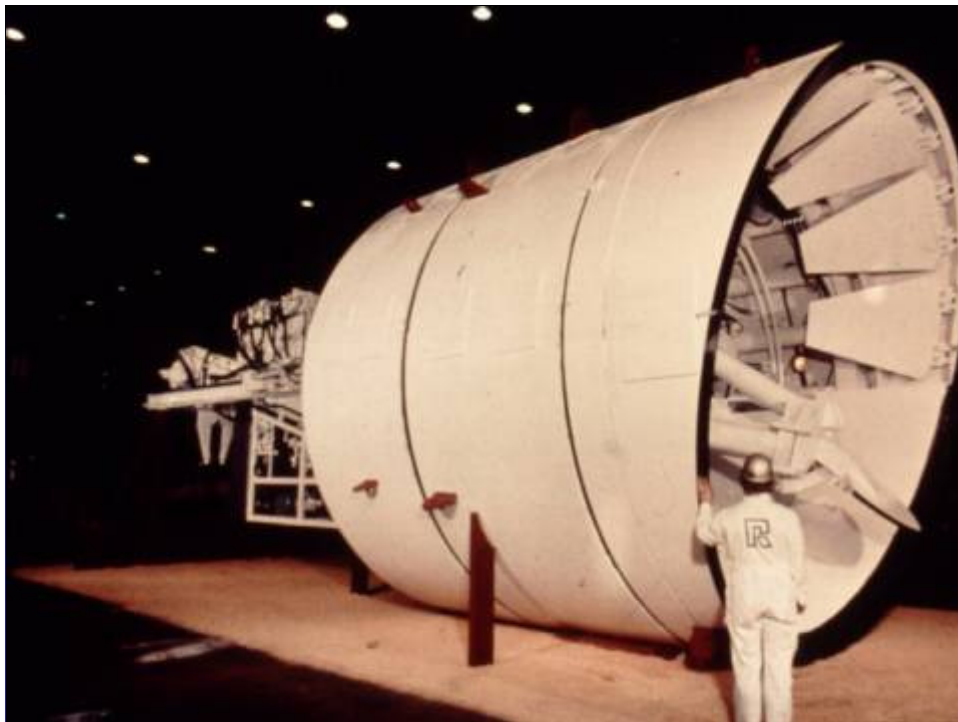


Semana de Tecnologia Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil

Escavação Mecanizada (Tuneladora)



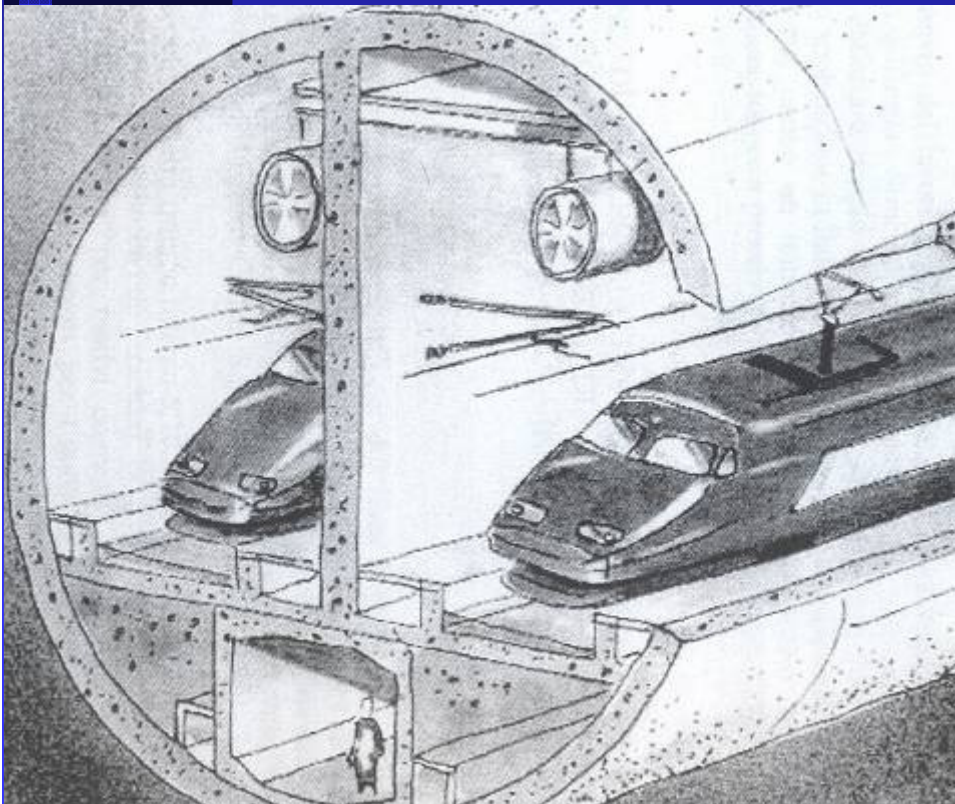
Semana de Tecnologia Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



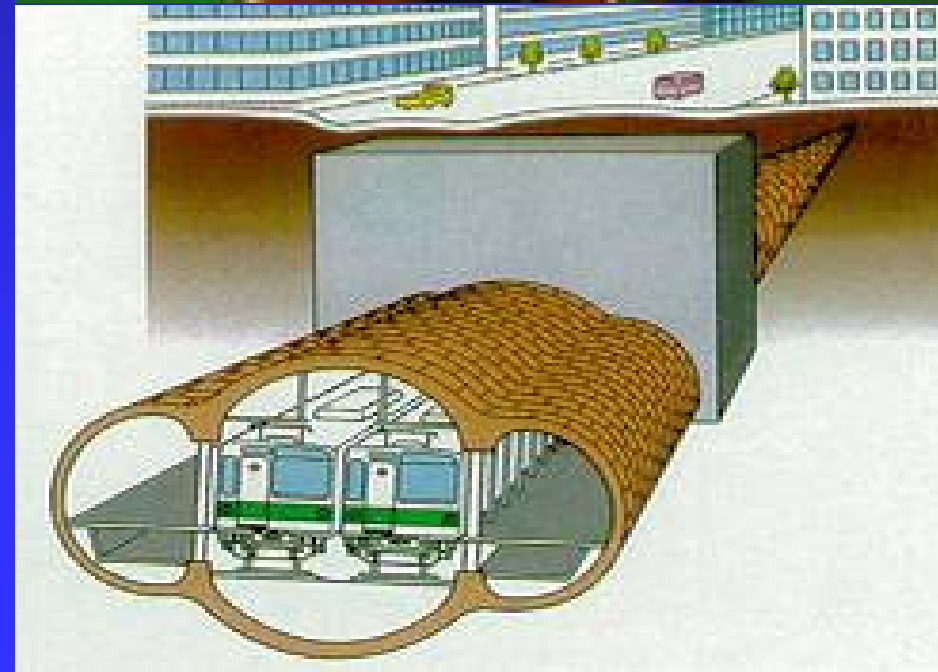
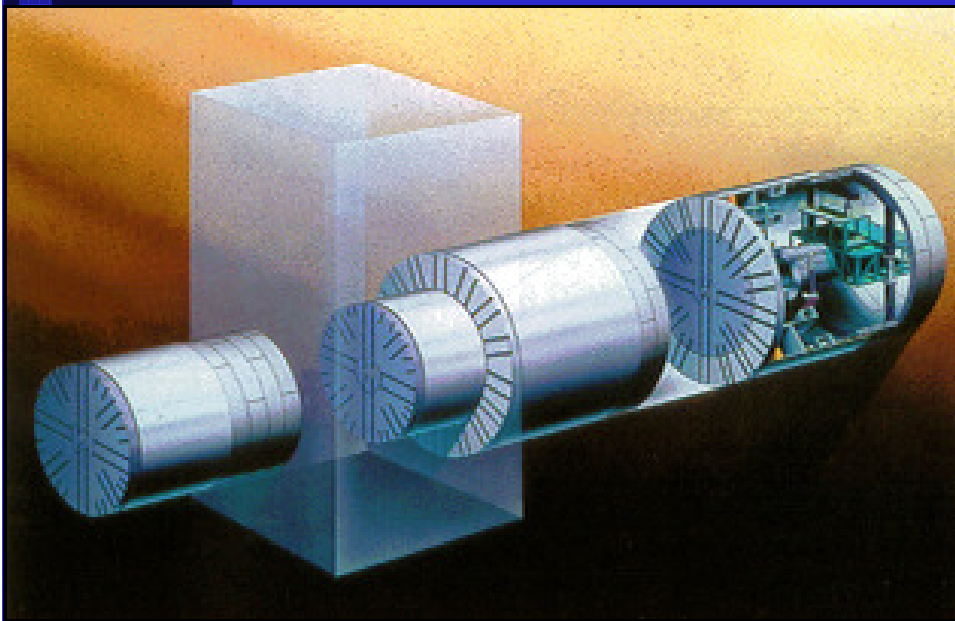
Travessia da Baía de Tóquio



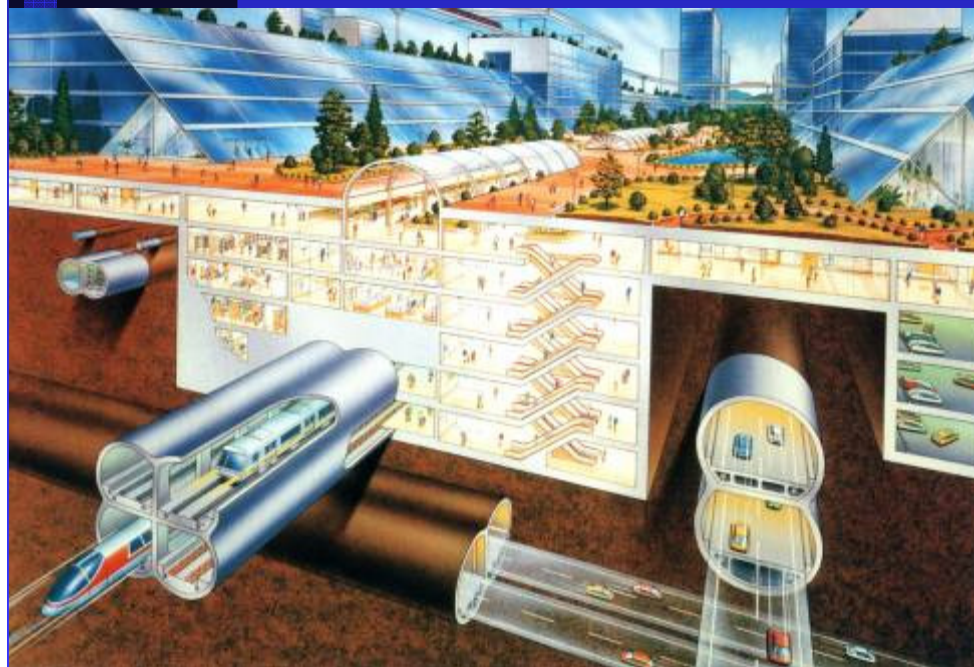
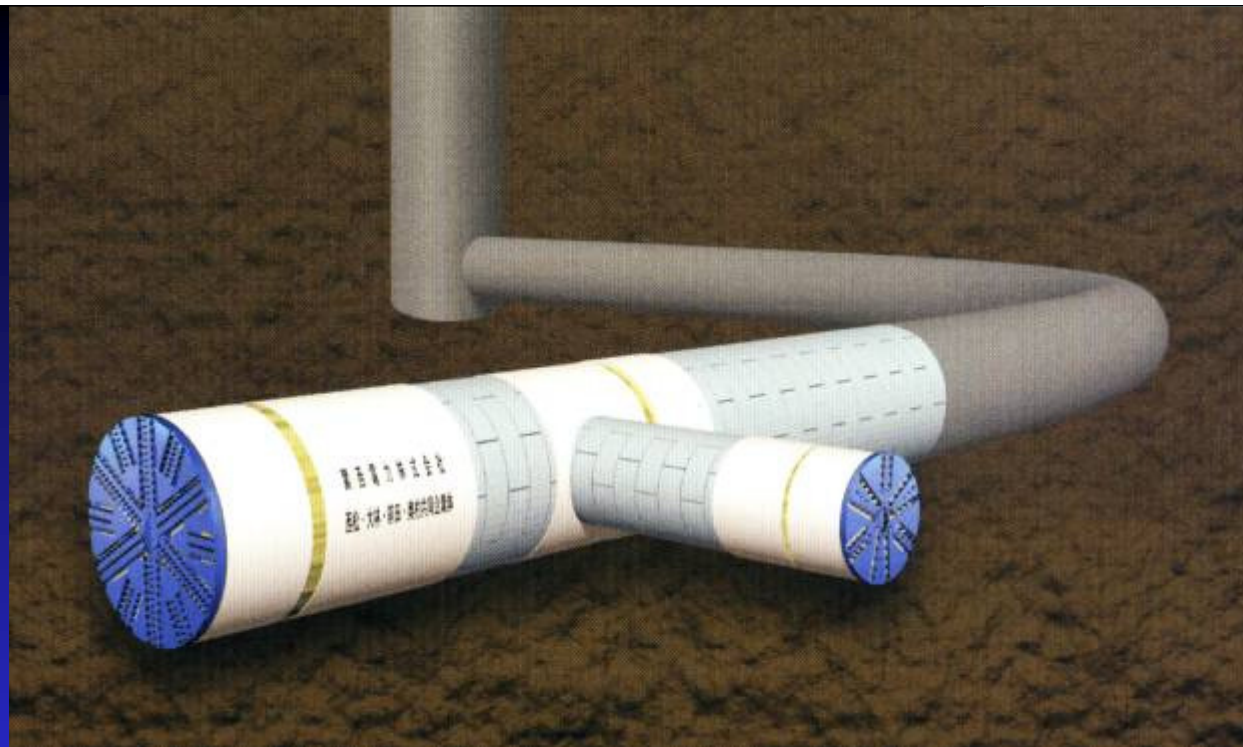
Túnel Groene Hart (Holanda)



Tecnologia Japonesa de Tuneladoras



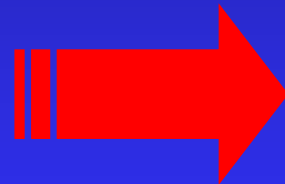
TBM Ramificado e TBM Duplo



Métodos Construtivos de Túneis em Rocha



**Métodos
Tuneleiros**



Escavação a Fogo

TBM de Face Plena

TBM de Face Parcial

Escavação a Fogo

❏ Perfuração

- ❏ 20 to 300 m/h/operador (25 a)

❏ Precisão da Perfuração

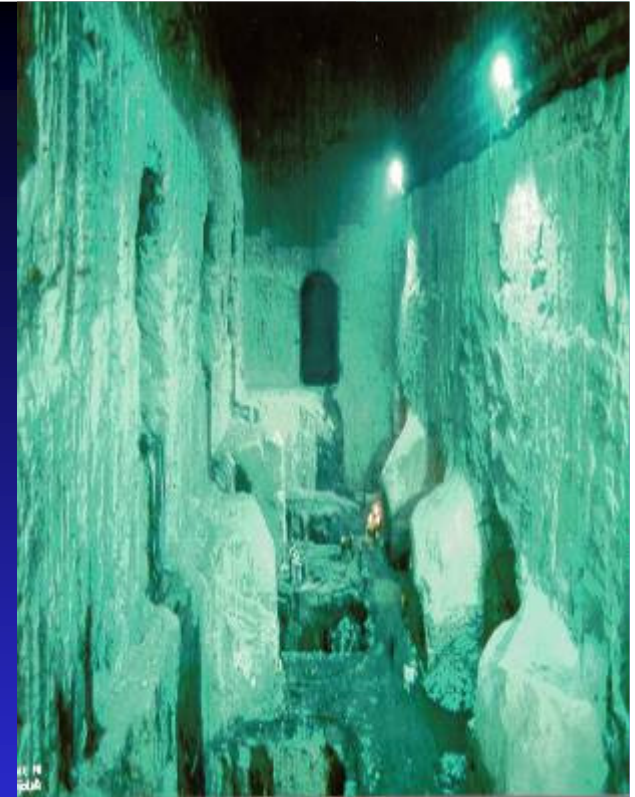
❏ Explosivos Químicos (Emulsão)

- ❏ Carregamento mais rápido e barato

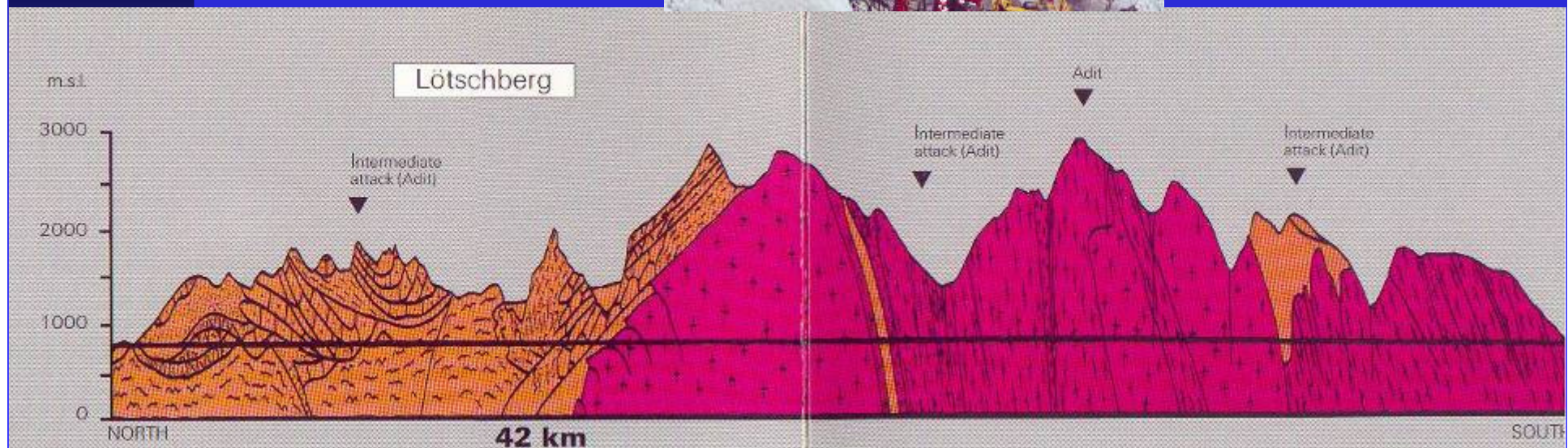
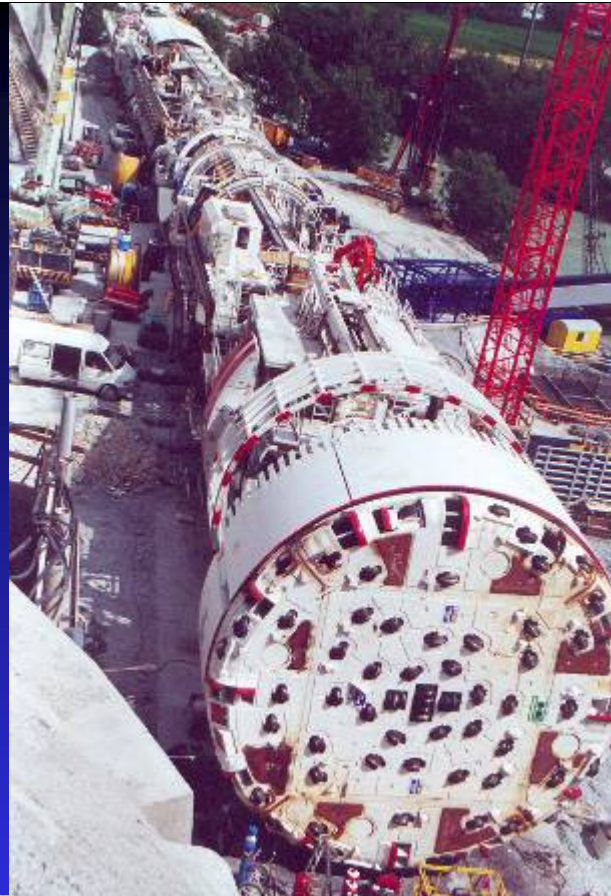
- ❏ Maior segurança

- ❏ Menor dano ambiental (menor geração de fumaça)

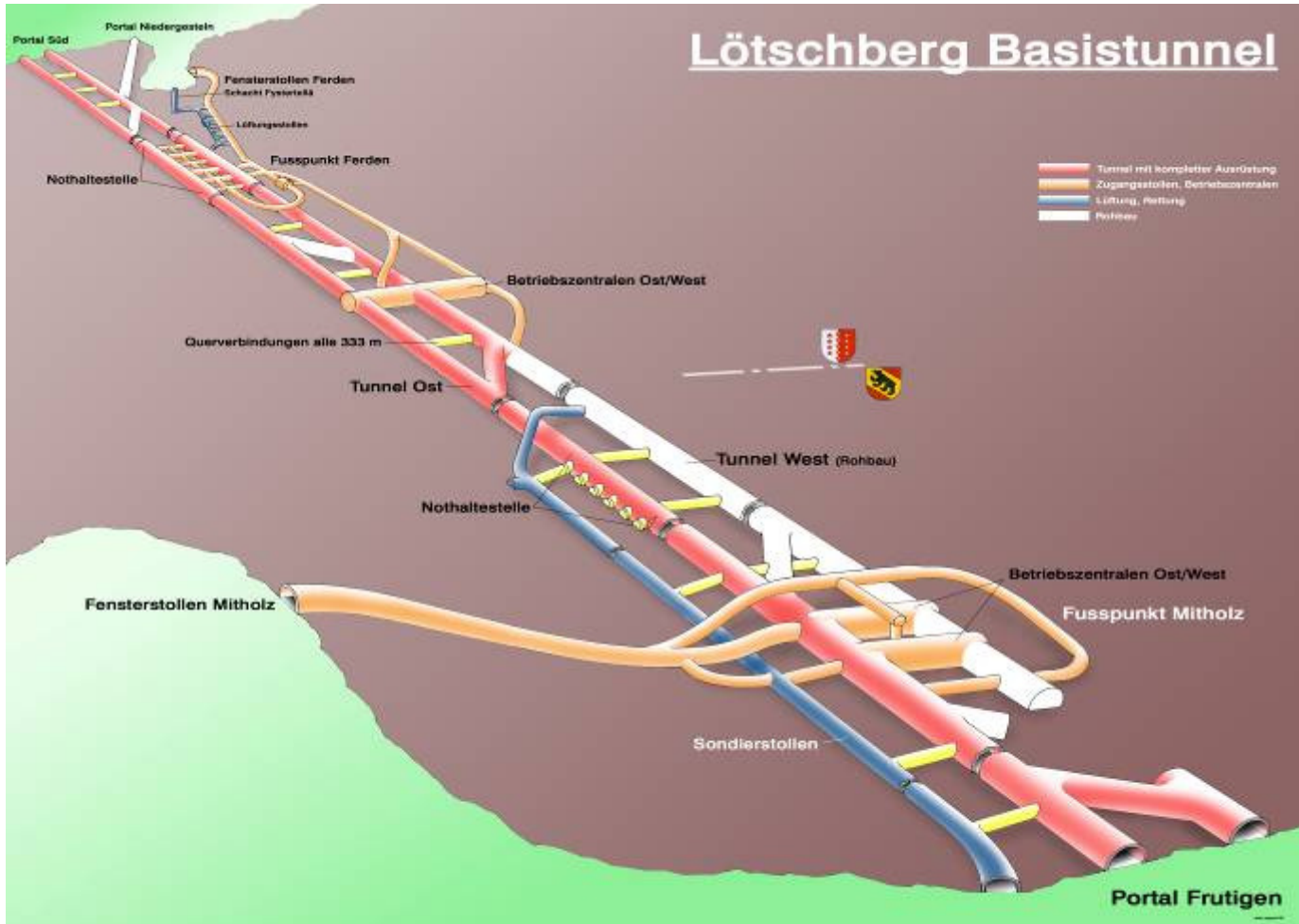
- ❏ Necessidade menor de ventilação



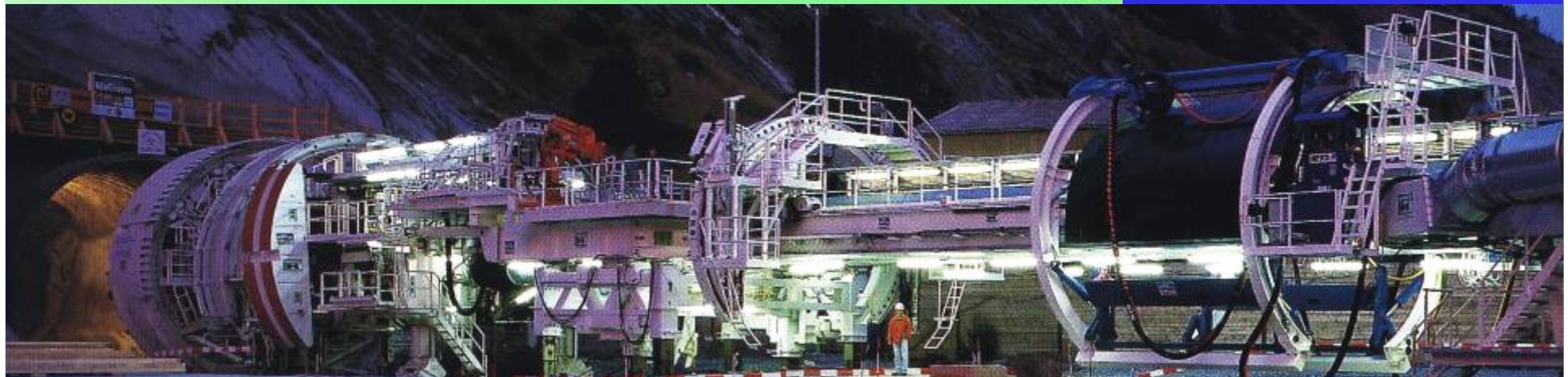
Túneis Alpinos de Base



Lötschberg Basistunnel



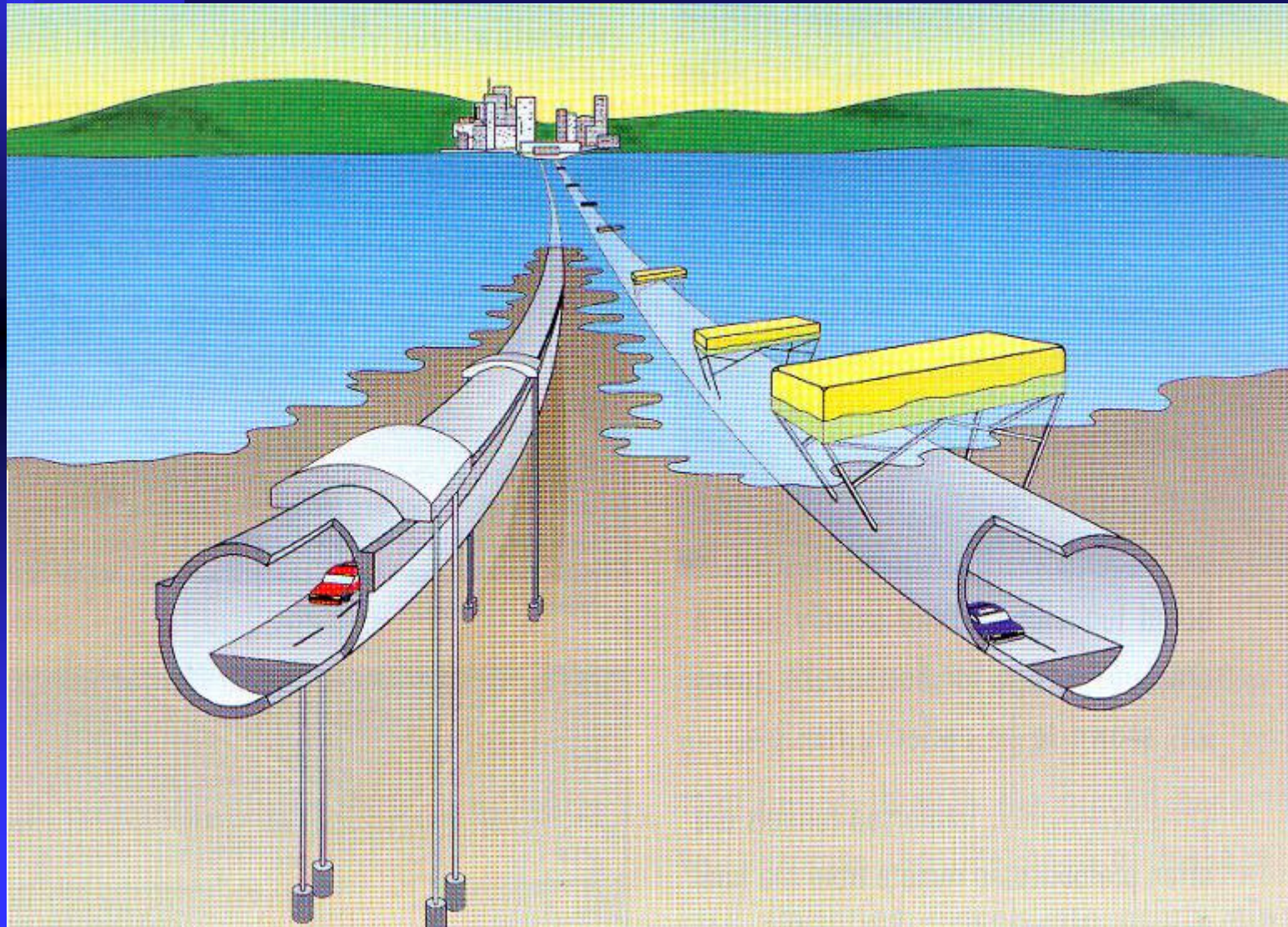
Semana de Tecnologia Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Nova Tecnologia: Túnel Flutuante



Semana de Tecnologia Metroviária
21 a 24 de setembro de 2004
São Paulo - Brasil



Inovação Tecnológica na Engenharia de Túneis



☒ Introdução 

☒ Inovações nos Métodos Construtivos 

☒ Inovações na Segurança ao Fogo 

☒ Considerações Finais



Placas Especiais



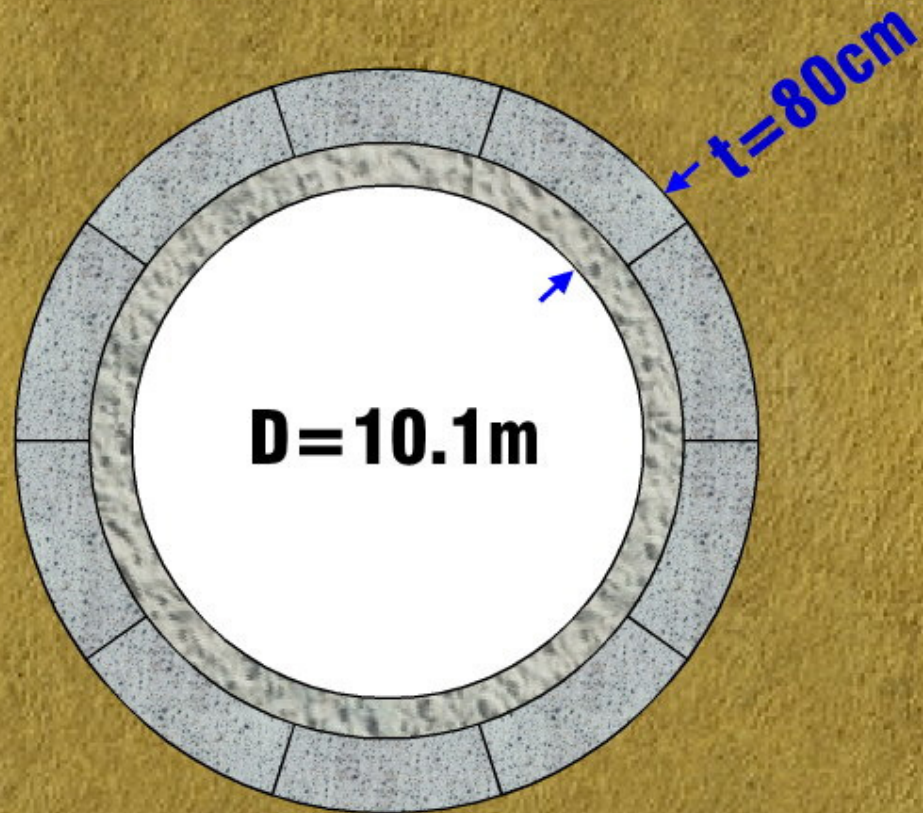
Chapas com Resinas



Reforço Adicional

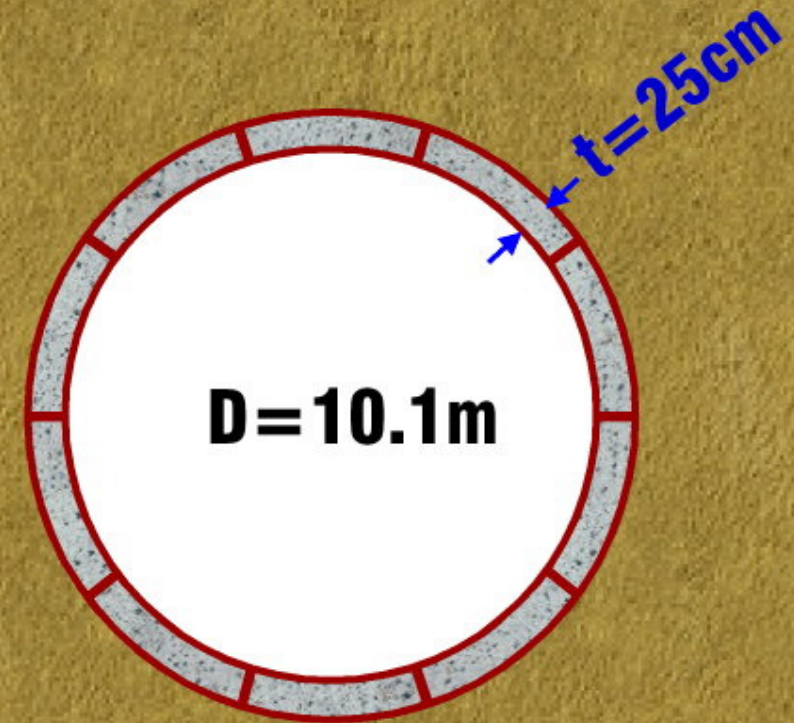


Original design



RC segment

Design change



**Composite
segment**

Excavation volume can be reduced by $19\text{m}^3/\text{m}$

Inovação Tecnológica na Engenharia de Túneis



- **Introdução** 
- **Inovações nos Métodos Construtivos** 
- **Inovações na Segurança ao Fogo** 
- **Considerações Finais** 

Considerações Finais



- **Aumento significativo da demanda de ES**
- **Viabilidade de ES depende da análise global de custos, benefícios indiretos e prioridade de espaço de superfície**
- **Predominância de TBM: túneis longos e áreas urbanas (processo industrial, maior qualidade e controle de custos e cronograma)**
- **Predominância de métodos seqüenciais: túneis curtos, condições variáveis (geometria, geologia e "política") e onde mão-de-obra for barata**
- **Combinação de métodos seqüencial e mecanizado.**