



# A CONTRIBUIÇÃO DA ENGENHARIA NACIONAL AO PROJETO DO TAV BRASIL

Tarcísio B. Celestino

CBT



- Manifestação do CBT à consulta pública da ANTT
- Necessidade de projeto básico
- Necessidade de revisão de concepções
- Seção transversal dos túneis
- Preços unitários de túneis: incoerências internas
- Comparação com preço túnel São Gotardo

# Consulta Pública ANTT

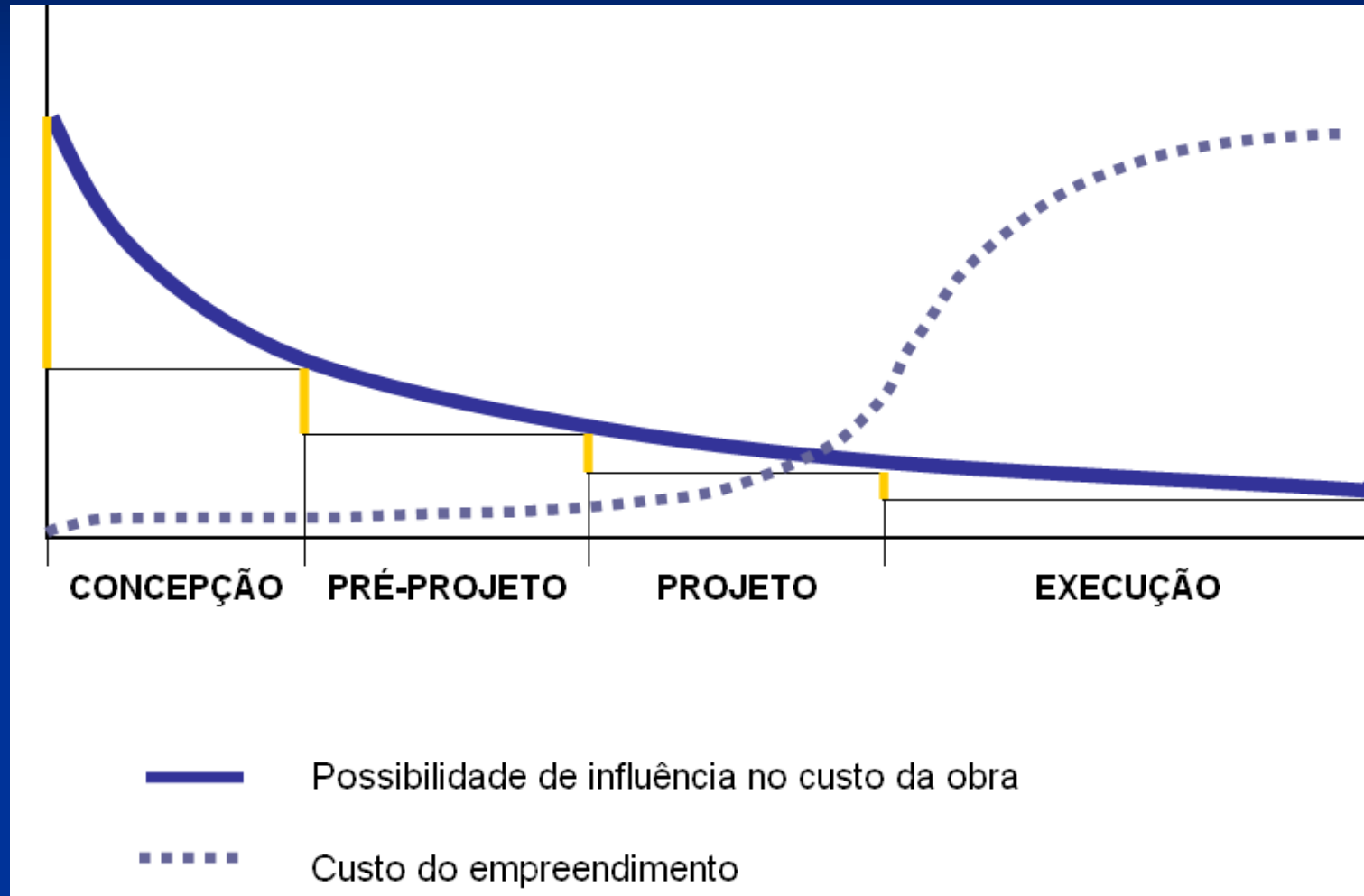


CBT se pronunciou em 10/09/2009  
([www.tuneis.com.br](http://www.tuneis.com.br))

Principais Pontos:

1. Apoio ao empreendimento
2. Necessidade de um projeto básico antes da Licitação  
(*design x project*)
3. Mudanças localizadas de traçado
4. Estações Integradas (contra estação no Campo de Marte)
5. Agregar engenharia brasileira em todo o processo do empreendimento
6. Capacidade engenharia brasileira obras de infraestrutura

# Etapas de Otimização de um Empreendimento



# Exemplo de Contribuições da Boa Conceção



## Inundações Av. Pacaembu

**Solução 1** – Túnel de 3km (solução convencional)

**Solução 2** – Piscinão (solução não convencional à época)

1/3 a 1/4 do custo



## Lei 8666

- Projeto básico exigido para obras públicas.
- Concessão?
- Eufemismo legal. Intenção do legislador era proteger o contribuinte (ou pagador de tarifas públicas)



## Projeto Básico

- Antes ou após licitação, prazo de execução de projeto é o mesmo.
- Não atrasa empreendimento.
- Agrega muito ao processo (custos, otimizações, etc.)
- Mau exemplo de algumas concessões (ex. setor elétrico)

# Evento TAV FIESP, 03/09/2009



- Exposição empreendedores
- Exposição dos potenciais ofertantes de tecnologia (Espanha, Coréia, Japão, França, Alemanha)
- Manifestações de Espanhóis e Coreanos:
  - .. Papel da Engenharia local
  - .. Agregar tecnologia em todas as etapas
  - .. Capacitação para conduzir o próprio processo e vender tecnologia posteriormente.

OBS.: Mesmo modelo em outros países (Taiwan, República Tcheca, etc.)



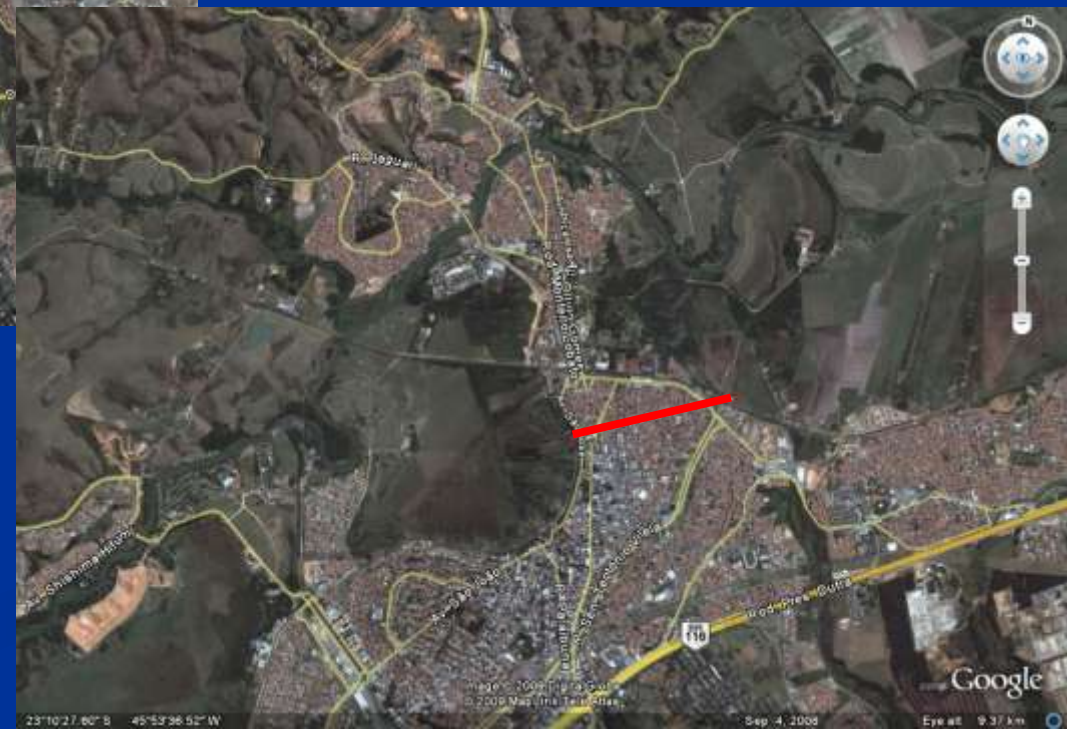
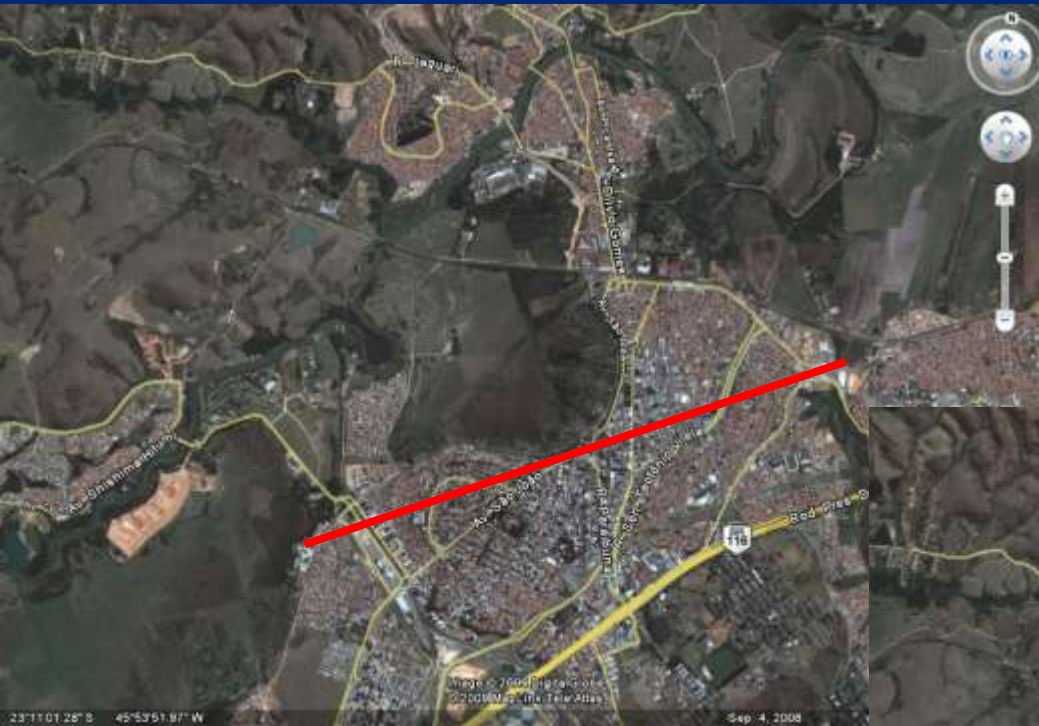


## Estação no Campo de Marte

- Custo ramal metroviário
- Custo de oportunidade imobiliário do Campo de Marte
- Transbordo adicional (custo operacional e perda de passageiros)
- Pátio ferroviário dentro da cidade?
- Quinto aeroporto do país em número de operações (ABAG)

# São José dos Campos

## - Impacto na Concha do Banhado



# Seções Túneis



# Seção Túnel Singela (Superada)

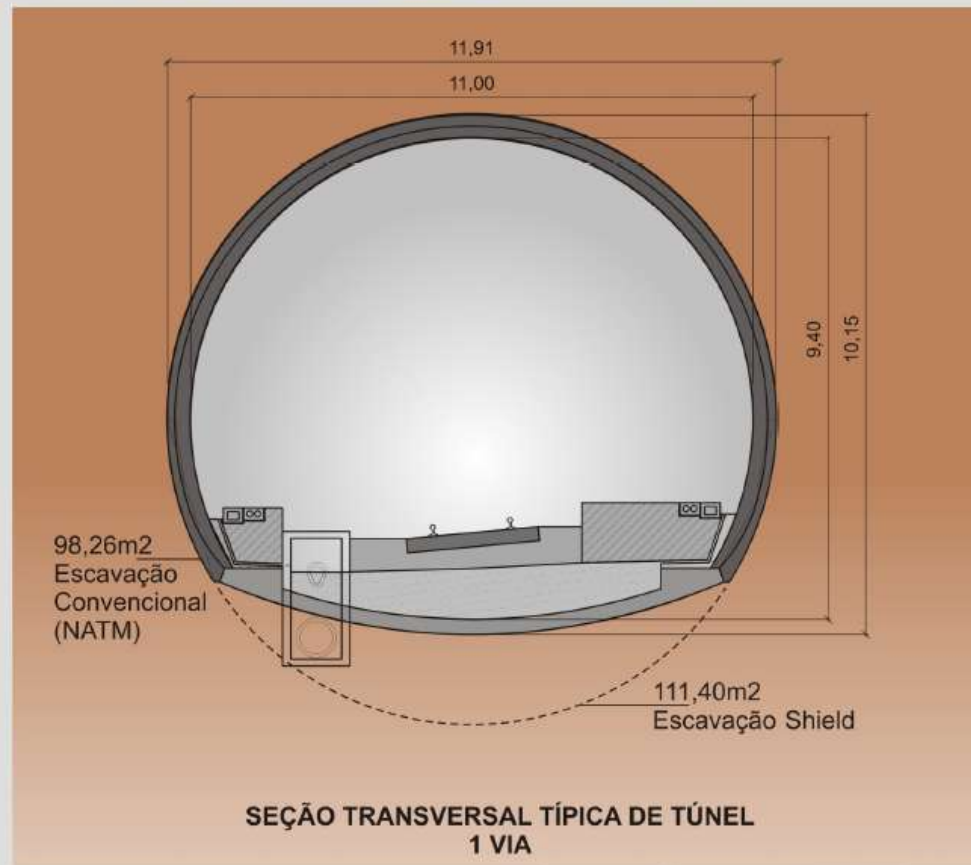






Tabela 4. CUSTO DE INVESTIMENTO - Estrutura

ITEM	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL (R\$)	% DO TOTAL
<b>OBRAS CIVIS DE ENGENHARIA</b>					
<b>ESTRUTURAS</b>					
<b>Túneis - 2 vias</b>		90.912	118.289,62	10.753.945.971	31,06
<i>Área Urbana</i>	m	46.578	86.746,17	4.040.462.925	11,67
Em solo - Bitúnel - Ø7,85 m - NATM - 2 vias	m	2.985	133.712,93	399.133.096	1,15
Em solo - Bitúnel - Ø7,85 m - SHIELD - 2 vias	m	43.593	83.530,15	3.641.329.829	10,52
<i>Área Rural</i>	m	44.334	151.429,67	6.713.483.046	19,39
Em solo - Monotúnel- Ø16,0 m - NATM	m	16.338	166.355,15	2.717.910.441	7,85
Em solo - Monotúnel- Ø16,0 m - SHIELD	m	2.440	124.801,68	304.516.099	0,88
Em rocha - Monotúnel- Ø16,0 m - NATM	m	18.384	159.324,66	2.929.024.549	8,46
Em rocha - Monotúnel- Ø16,0 m - SHIELD	m	7.172	106.250,97	762.031.957	2,20
<b>Pontes e Viadutos</b>	m <sup>2</sup>	1.499.878	4.744,80	7.116.618.762	20,55
<b>Muros de Contenção</b>	m <sup>2</sup>	322.954	880,79	284.454.654	0,82
<b>SUBTOTAL</b>				<b>18.155.019.387</b>	<b>52,43</b>

Fonte: Relatório Prompt(Análise dos custos unitários de construção e custos operacionais de grandes projetos de infraestrutura de transporte para apoio ao Projeto do Trem de Alta Velocidade(TAV) Rio de Janeiro-São Paulo-Campinas)



## 7 - Comparação Orçamento Halcrow X Prompt

C ESTRUTURAS (STRUCTURES)		HALCROW		DIFERENÇA	PROMPT	
No.	Item	Unit Cost	Total Cost	Total Cost	Unit Cost	Total Cost
		Value (R\$)	Value (R\$)	Value (R\$)	Value (R\$)	Value (R\$)
1	Tunnelling (two tracks)		18.448.921.404,0	29,100%	(1.992.956.816,32)	16.455.964.587,7
1a	Em solo mole abaixo da linha d'água (soft soils below water table) - Twin bore	234.836,00	14.366.568.269,0	22,660%	(2.366.432.664,48)	12.000.135.604,5
1b	Rocha frágil acima da linha d'água (In Soft Rock above the water table) - Single bore	145.394,00	1.370.991.482,0	2,160%	(75.038.507,02)	1.295.952.975,0
1c	Rocha dura (Hard Rock) - Single bore	157.510,00	2.711.361.653,0	4,290%	448.514.355,18	3.159.876.008,2
2	Pontes (Bridges)	5.287,02	5.729.099.464,0	9,040%	(198.334.236,16)	5.530.765.227,8
3	Estruturas de contenção (Retaining Walls)	921,17	252.170.288,0	0,400%	(101.607.788,00)	150.562.500,0
4	Fechamento da faixa de domínio (Fences)	62,00	55.574.692,0	0,090%	(21.789.257,62)	33.785.434,4
5	Drenagem (Drainage)	110.000.000,00	110.000.000,0	0,170%	149.053.214,91	259.053.214,91
	SUBTOTAL C		24.595.765.849,0	38,790%	(2.165.634.884,19)	22.430.130.964,8
	SUBTOTAL C - POR KM		47.073.236,1		(4.144.755,76)	42.928.480,3
	COMPARATIVO					(2.165.634.884,2)

- TÚNEIS: Os valores considerados foram baseados no Metrô de São Paulo que se assemelha às condições propostas.
- VIADUTOS: O valor adotado para pontes foi resultado de preços médios em função de sua extensão e do volume de concreto utilizado no tabuleiro.
- ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO: preço médio praticado em São Paulo para solo grampeado.
- FAIXA DE DOMÍNIO: Considerado preço do SICRO 2 (90% mourão de concreto com alambrado e 10% muro com bloco de concreto)
- DRENAGEM: Estimado em função do preço médio por KM em obras ferroviárias da TRANSNORDESTINA, considerando bueiros e drenagem superficial e profunda.



## Custo de Túneis

Shield em solo  $\phi$  7,78m

R\$ 86.746,17 (duas vias)

R\$ 43.065,63/m (cada túnel)

# Custo Médio Túnel em Solo



## Área Rural x Área Urbana

Área Rural: 18.778m

$\phi$  16,0m                      R\$ 3.022.426,540  
R\$ 160.955,72/m

Área Urbana:                      46.576m

$\phi$  7,85m                              R\$ 4.040.462.925  
R\$ 86.749,89/m

Sugestão: Adotar  $\phi = 7,85m$  em  
área rural  
Menor Risco  
Economia de 46,1%



# Preço NATM Solo

$\Phi$ (m)	A(m <sup>2</sup> )	R\$	R\$/m
7,85	48,4	66.856	1.381,60
16,00	140,95	166.356	1.180,24

Incoerente:  $\Phi$ 16m deve ser mais caro: mais concreto projetado de demolição (parcialização), mais tratamento de frente, etc.

# Escolha do Método (NATM x TBM)



Área Rural,  $\phi = 16\text{m}$

<b>Maciço</b>	<b>Método</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>R\$/m</b>
<b>Solo</b>	NATM	16.338	166.355,15
	TBM	2.440	124.801,68
<b>Rocha</b>	NATM	18.384	159.324,66
	TBM	7.172	106,250,97

# Comentário



1. Se preços adotados estiverem reais, por que priorizar NATM?
  - Condições inadequadas para TBM (ex. face mista) não deve predominar em área rural
  - Profundidade grande
  - Ex.: Serra das Araras

## Comentário 2



2. Preço NATM rocha vs. NATM solo  
R\$ 159.324,66/m e R\$ 166.355,15/m  
(apenas 4% acréscimo irreal!)

Ex.: Barton (2000)

Túnel  $\phi$  10m

Q = 10 a 100      US\$ 4.000/m

Q = 0,01      US\$ 10.000/m

Casos Práticos:

rocha boa qualidade: US\$ 5.000/m

rocha má qualidade: US\$ 10.000/m

solo      >      10.000/m

Diferença real: > 50%!

# **Seções Transversais Túneis Estrangeiros**

# TAV Taiwan

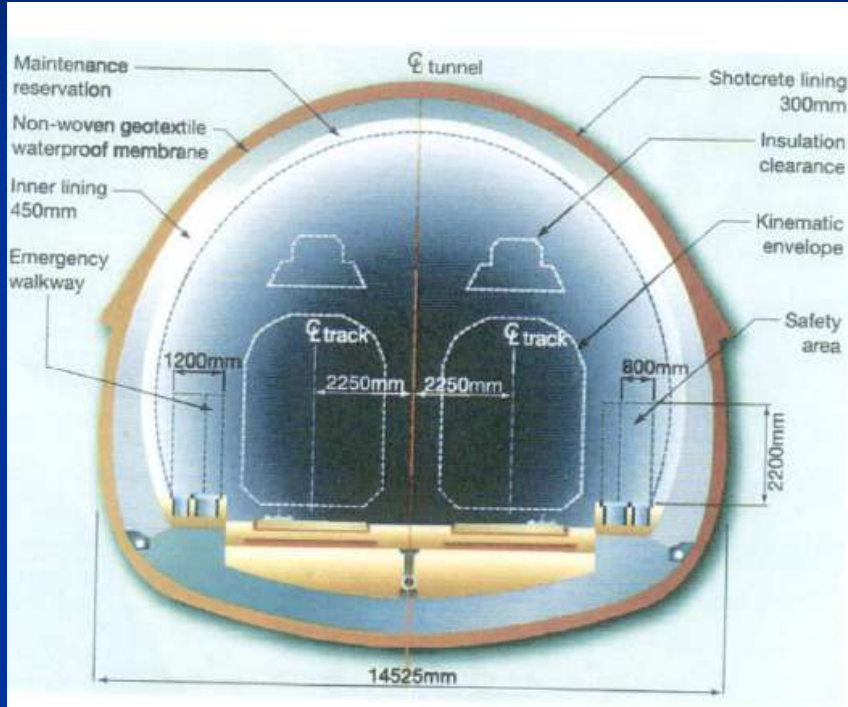


Linha: 345 km  
39 km túneis  
8 km valas  
251 km elevados  
32 km superfície

Custo Obra: US\$ 12,3bi

$V = 300\text{km/h}$

# TÚNEIS



Área Escavada: 135-155m<sup>2</sup>  
Área Útil: 90m<sup>2</sup>

$$A_u/A_e = 58 \text{ a } 67\%$$

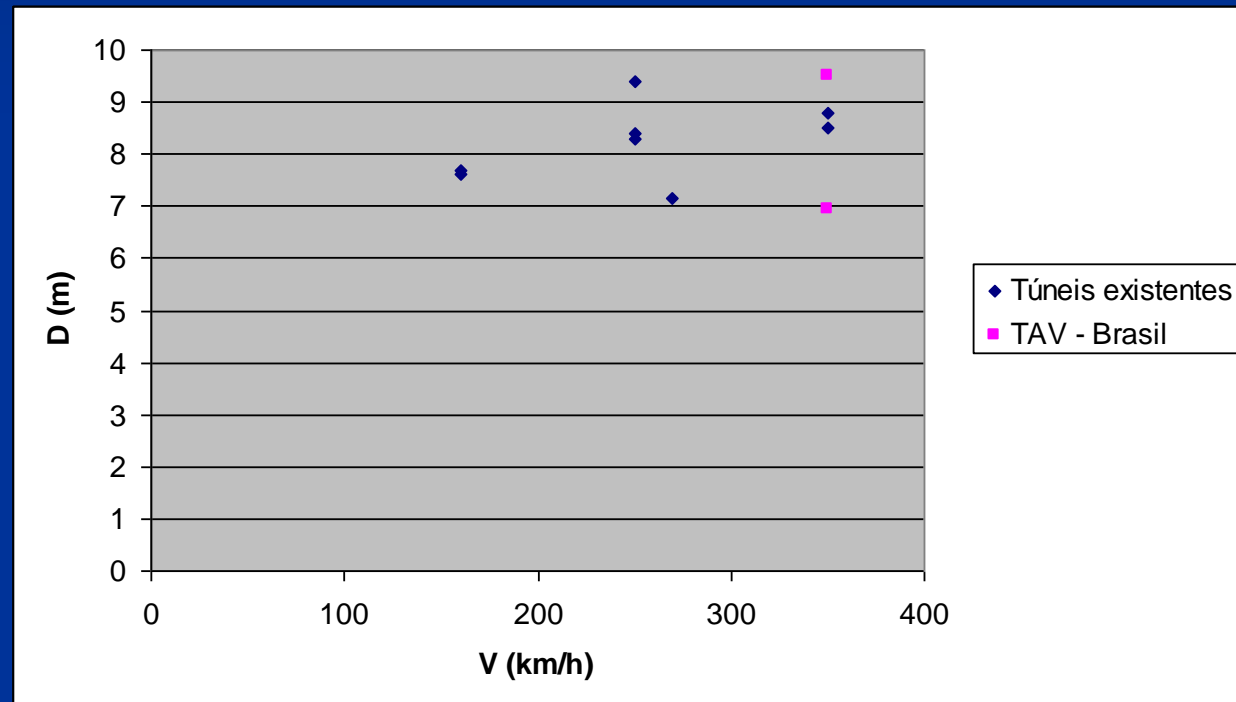
Linha 4 – 71 a 77% (NATM)  
64% (Shield)

# Túneis Singelos

## Diâmetro x Velocidade



	V (km/h)	D (m)
Gotthard	250	8,3
Eurotunnel	160	7,6
Lotschberg	250	8,4
Guadarrama	350	8,5
CTRL	270	7,15
Katenberg	250	9,4
Storebaelt	160	7,7
Abdalajis	350	8,8
Brasil	350	6,95
Brasil (alt. Antiga)	350	9,5

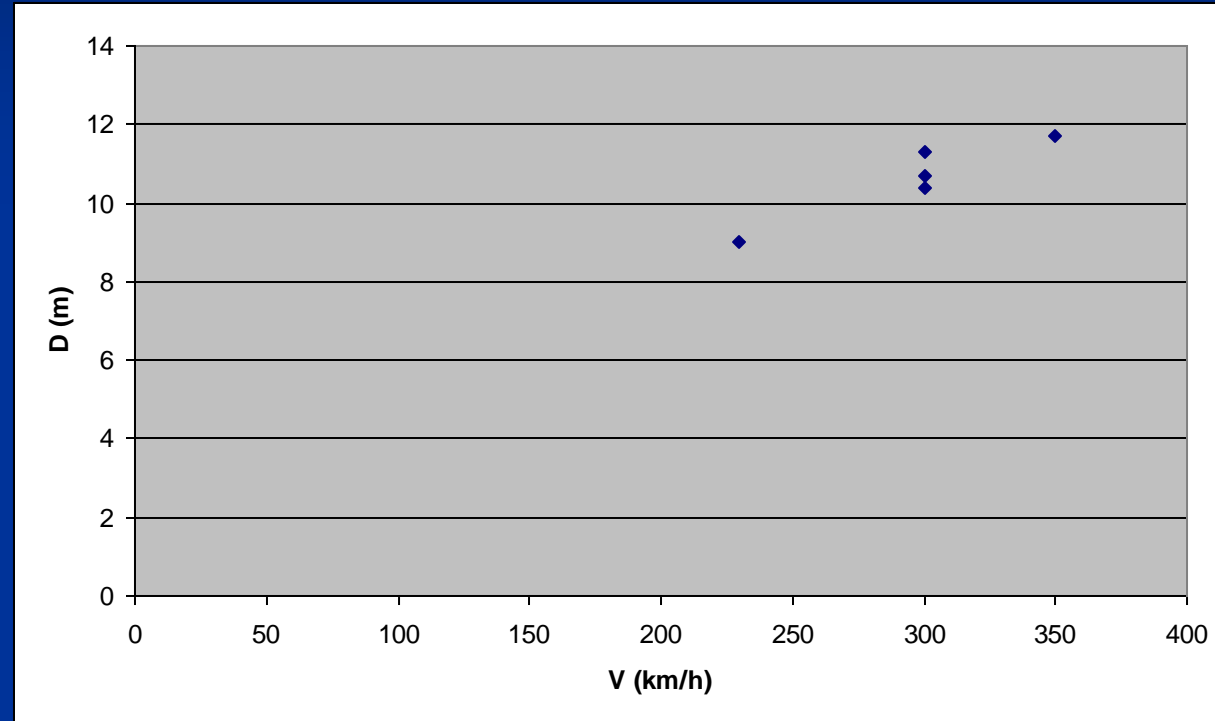




# Área Útil Túneis Duplos



	V (km/h)	De (m)
Taiwan	300	10,7
Coréia	350	11,7
TGV1	230	9,0
TGV2	300	11,3
Brasil	300	10,4



# Preço Túnel São Gotardo



## high speed rail tunnels

---

Ehrbar Heinz <heinz.ehrbar@alptransit.ch>  
To: "Tarcisio B. Celestino" <tbcelestino@gmail.com>

Mon, Oct 26, 2009 at 6:50 PM

Dear Tarcisio

I can give you some general information about the Gotthard Base Tunnel (two single track tunnels). The final construction costs (only civil works) are actually estimated to the sum of 5.2 billion € (actual prices). The total system length of all the shafts, single track tunnels and connecting galleries is 151.8 km. In the total length of the system are also the caverns of the two multifunctional stations included. If you deduct them, you will receive an average cost of ca. 30'000 € per meter. This cost includes also all the necessary installations and other time dependent cost. The excavated cross section is in the average around 70 m<sup>2</sup> with a final open cross section of 41 m<sup>2</sup>.

We had very different ground conditions. Therefore we have a strong variation in the cost per tunnel meter from 15'000 € in very good rock up to 150'000 € in heavy squeezing rock. In our project all the long tunnels are constructed with the system of two single track tunnels with connecting galleries. Therefore I can't give you any more information about the cost of double track tunnels.

I hope I could help you with this information. You can find some further information on our web-page [www.alptransit.ch](http://www.alptransit.ch).

Kind regards

**Heinz Ehrbar**

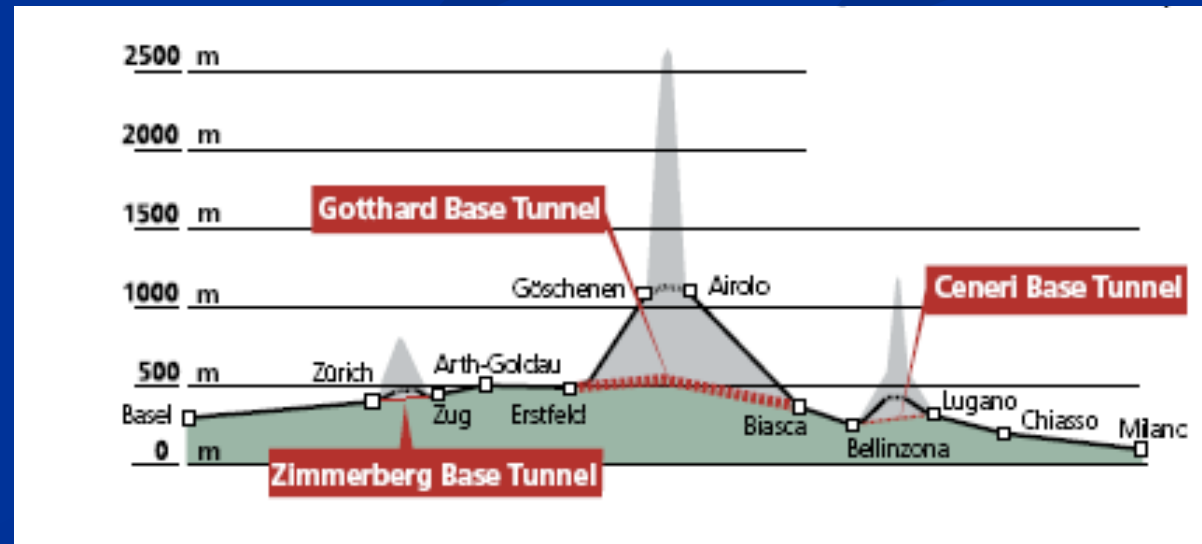
Chief Construction Officer Gotthard  
AlpTransit Gotthard Ltd.  
6003 Lucerne / Switzerland  
T: +41 41 226 06 25  
M: +41 79 204 74 38

# Custo Via Singela



	R\$
S. Gotardo	154.200
Brasil	86.700

- Condições geológicas e geométricas de S. Gotardo
- Menor seção transversal no Brasil





## Custo Via Singela

	R\$	A(m <sup>2</sup> )	R\$/m <sup>2</sup>
S. Gotardo	154.200	70,0	2.200
Brasil	86.700	48,4	1.790

Comparação com Metrô de São Paulo – Linha 4

# Dados de Custo Áustria

Túneis via dupla

Shield lama: R\$95.000 a 116.000

NATM rocha: R\$51.000 a 56.000

Solo fácil: R\$ 77.000 a 205.000

Brasil

	solo	rocha
NATM	166,355	159.324
TBM	124.801	106.250



OBRIGADO!