



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Transportes  
Laboratório de Tecnologia de Pavimentação



# *IMPACTOS DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO*

Profa. Dra. ROSÂNGELA MOTTA

Março, 2014

## Comparação com outros modais de transporte



- O investimento inicial é muito elevado: infraestrutura  
~ € 7 a 10 milhões/km, sem as grandes estruturas
- Indisponibilidade de rotas
- Pouca flexibilidade das operações

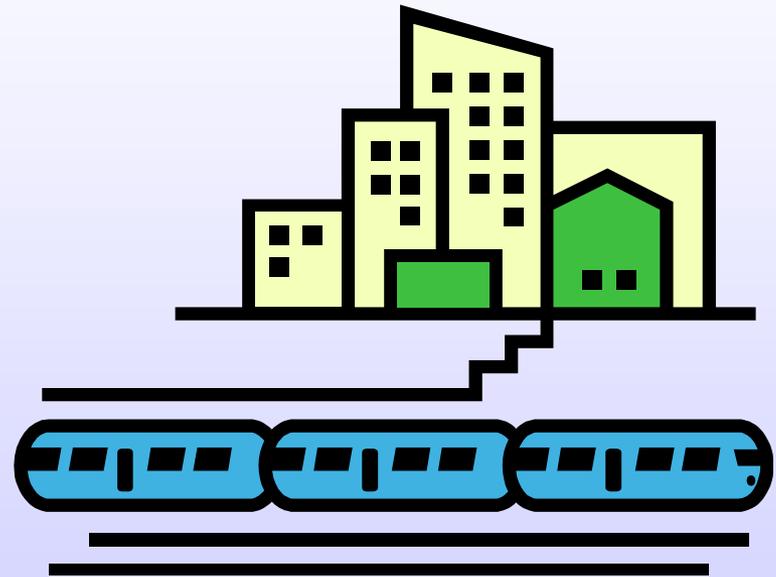


- Confiabilidade e segurança
- Conforto e possibilidade de alta velocidade
- Impacto ambiental moderado





- Emissões de poluentes
- Ruído / Vibração
- Consumo energético
- Segurança
- Uso de espaço
- Trânsito/Congestionamento
- Resíduos da manutenção



- As ferrovias geram menos poluição ambiental que outros modais de transporte

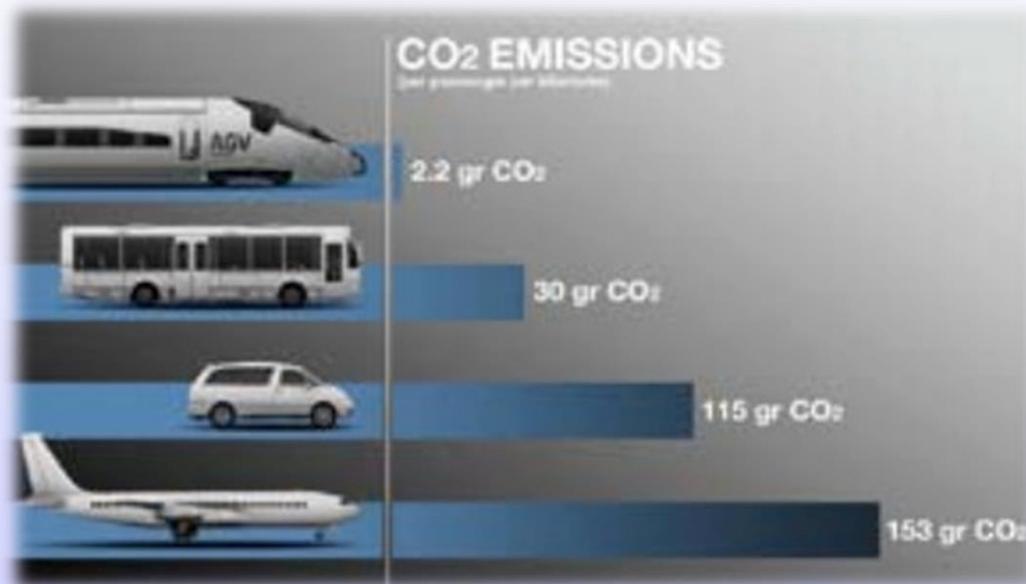
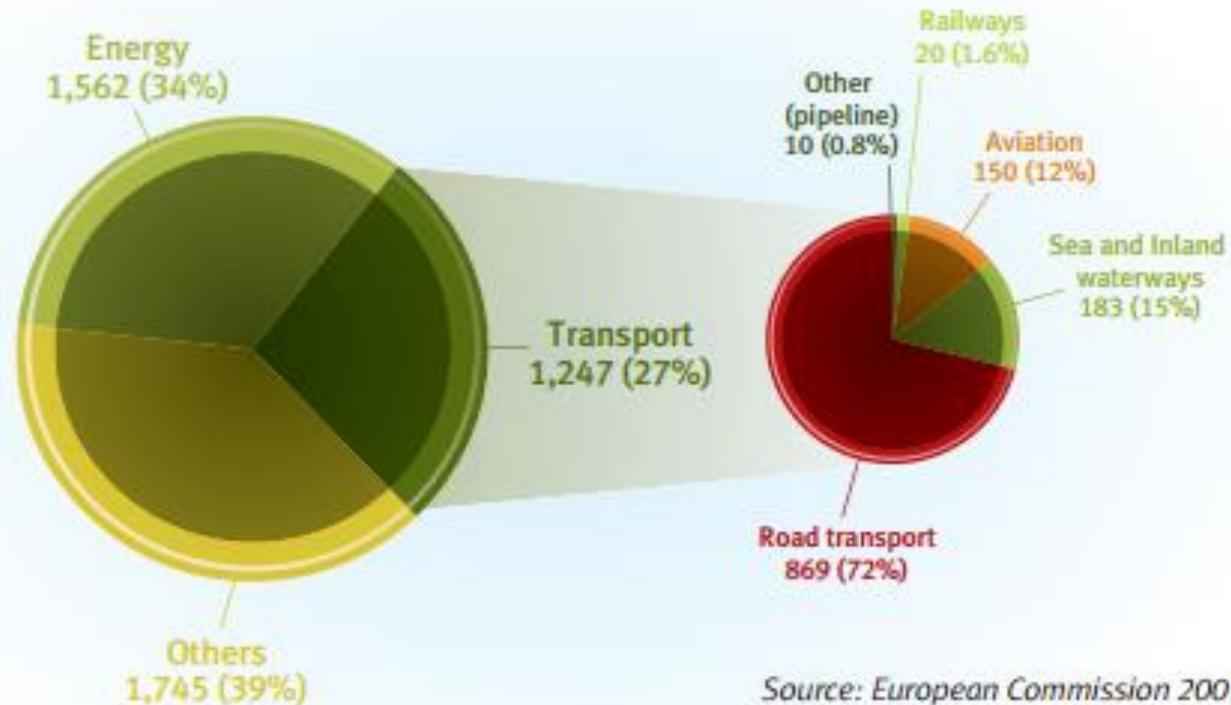


Figure 2: CO<sub>2</sub> emissions 2005 in EU-27 by sector and transport mode (million tonnes)



Source: European Commission 2007

**Table 22.1.**  
**Emissions of pollutants provoked by various transport modes, (391)**

Pollutant	Passenger transport					Freight transport		
	Unit	Rail	Catalytic car	Airplane	Bus	Unit	Rail	Truck
CO <sub>2</sub> emissions	gr/p-km	60	120	300	60	gr/t-km	50	220
CO emissions	gr/p-km	0.05	1.3	8.1	0.15	gr/t-km	0.07	1.58
NO <sub>x</sub> emissions	gr/p-km	0.08	0.34	6.4	0.2	gr/t-km	0.16	3.18
Hydrocarbons	gr/p-km	0.02	0.15	1.4	0.08	gr/t-km	n.a.	n.a.

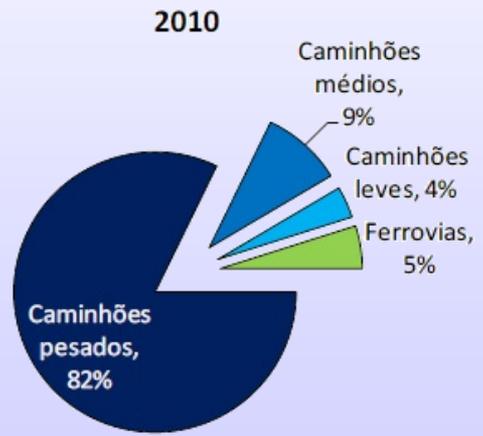
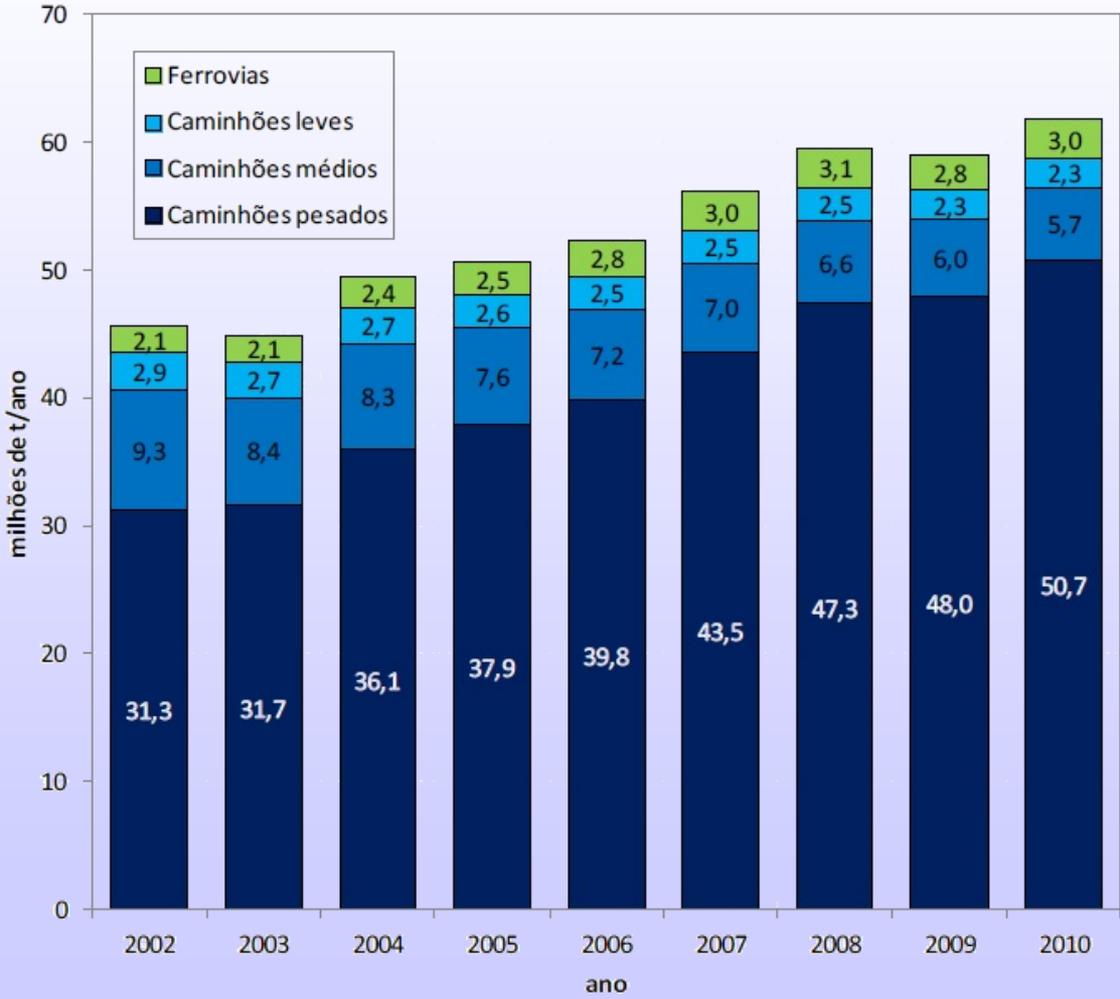
(Profillidis, 2006)



# Emissões de poluentes

## 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas

*Emissões de gases poluentes totais agregadas entre os anos de 2002 a 2010 no Brasil*



# Emissões de poluentes



- Em comparação com automóveis e para o mesmo tráfego:
  - Trens elétricos não causam poluição
  - Trens movidos a diesel geram 15x menos poluição



[http://pt.wikipedia.org/wiki/Trem\\_unidade\\_el%C3%A9trico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Trem_unidade_el%C3%A9trico)



[www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com)



[www.zap.com.br](http://www.zap.com.br)

## 150-CAR TRAIN



SHIPPING FRESH AND FROZEN FOOD FROM OAKLAND, CA TO BALTIMORE, MD BY FREIGHT RAIL ...

## 1,331 TONS



... INSTEAD OF BY ROAD SAVES 1,331 TONS OF CO<sub>2</sub> FROM BEING RELEASED INTO THE ATMOSPHERE.

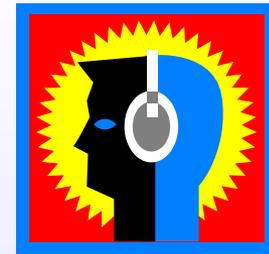
## 30,995 TREES



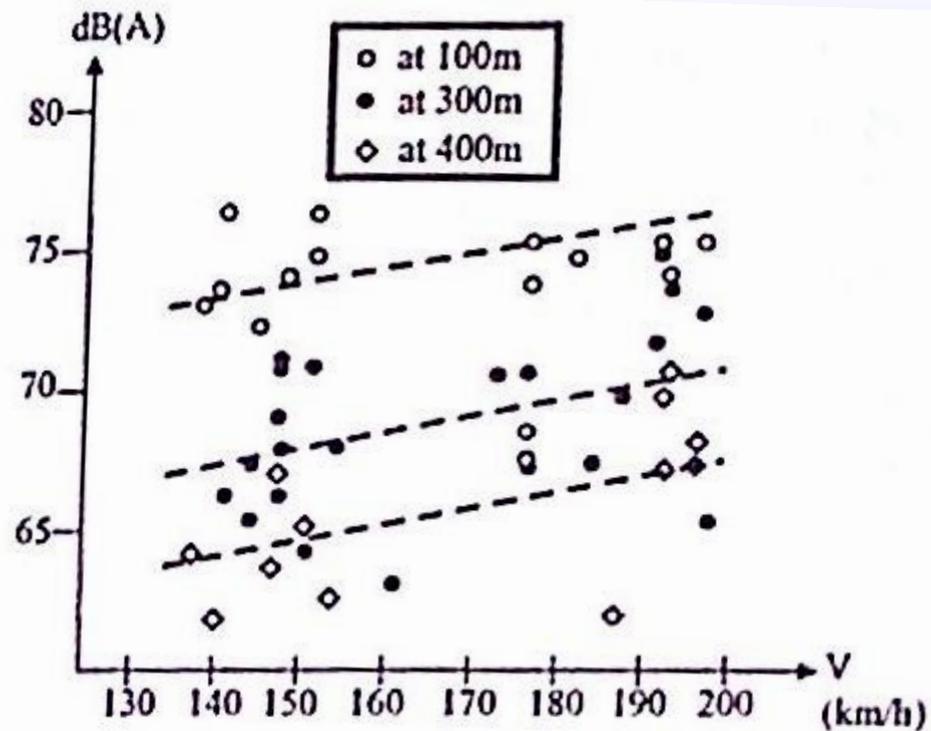
IT WOULD TAKE 30,955 TREE SEEDLINGS 10 YEARS TO REMOVE THIS AMOUNT OF CO<sub>2</sub> FROM THE ENVIRONMENT.

A origem do ruído do tráfego ferroviário pode ser proveniente de:

- material rodante
- interação roda-trilho
- efeitos aerodinâmicos durante a movimentação do trem
- contato entre o pantógrafo e a fiação



Os níveis de ruído podem ser menores a uma certa distância, mas depende da velocidade dos trens



**Fig. 8.16. Rail noise level in relation to distance and speed, (161)**

(Profillidis, 2006)



- Os níveis de ruído variam entre os tipos de trens que operam em velocidades diferentes

**Table 8.3.**  
**Noise levels in dB(A) in relation to the type of train and distance**

Type of train	Speed (km/h)	Distance between track axis and noise reception point		
		d=0.75m	d=15m	d=25m
Short distance train, suburban railway, metro	60	79	75	72
Interurban train	140	97	94	92
High-speed train	272	104	100	97
Freight train	80	93	89	86
	100	96	92	89

(Profillidis, 2006)

- A questão do ruído pode ser considerada “desprezível” para baixas e médias velocidades (< 200 km/h), “importante” para altas velocidades, e “prevalecente” para velocidades muito altas ( $V > 300$  km/h)

- Trens de alta velocidade



Characteristic		TRANSRAPID	ICE 3	TGV-A
Speed	max.	500 km/h	330 km/h	300 km/h
Mass / seat		0.6 t	1.1 t	1.0 t
Acceleration time	0-200 km/h	82 s	150 s	170 s
	0-300 km/h	120 s	335 s	345 s
	0-400 km/h	165 s		
	0-500 km/h	225 s		
Acceleration distance	0-200 km/h	2,200 m	5,000 m	
	0-300 km/h	4,900 m	18,900 m	18,500 m
	0-400 km/h	9,300 m		
	0-500 km/h	17,000 m		

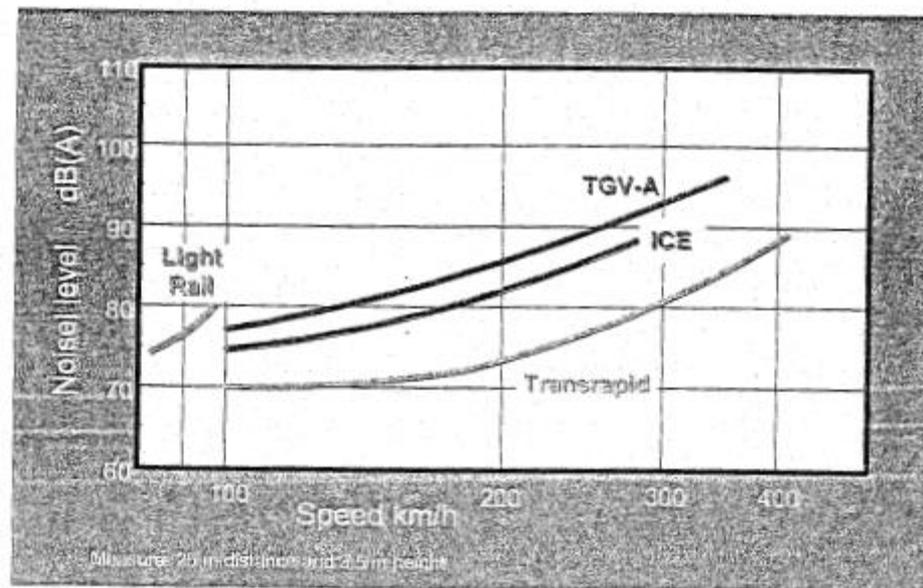
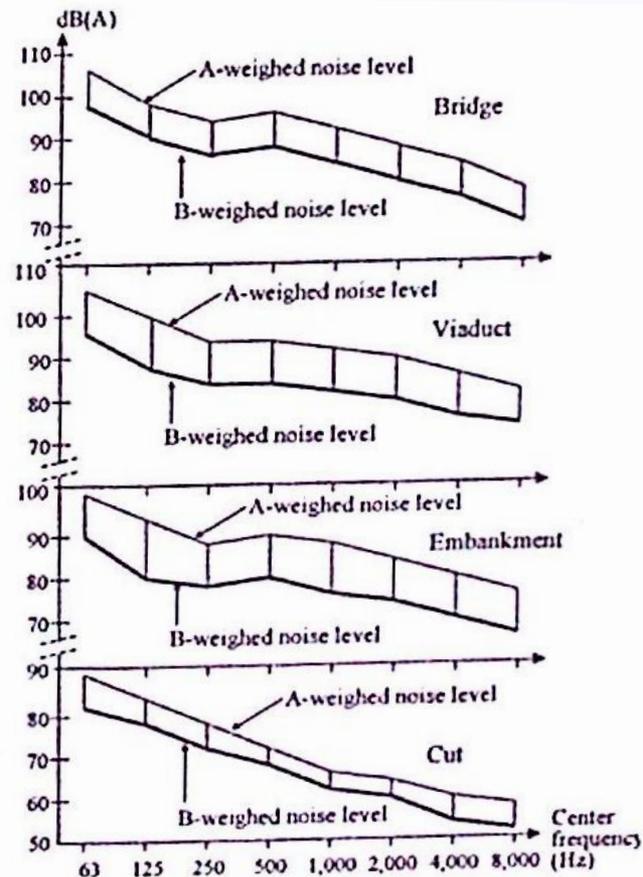


Figure 17.28. Measured noise levels for different systems

Figure 17.29: Performance comparison of different systems

- Os níveis de ruído podem mudar dependendo do tipo de infraestrutura local



**Fig. 8.17. Noise level in relation to infrastructure type, (161)**

- Formas de se atenuar o ruído em ferrovias:
  - Projeto geométrico
  - Redução do ruído do motor a diesel
  - Uso de palmilhas, que no caso de trens de carga podem diminuir o nível de ruído em 50%
  - Esmerilhamento adequado do trilho



- Barreiras acústicas

*De materiais não absorventes:* com altura de 2 m, colocada a uma distância de 3,5 m da via, resulta em uma redução de aproximadamente 10 dB

*De materiais absorventes (para o lado da via):* redução ainda de mais 2 a 5 dB

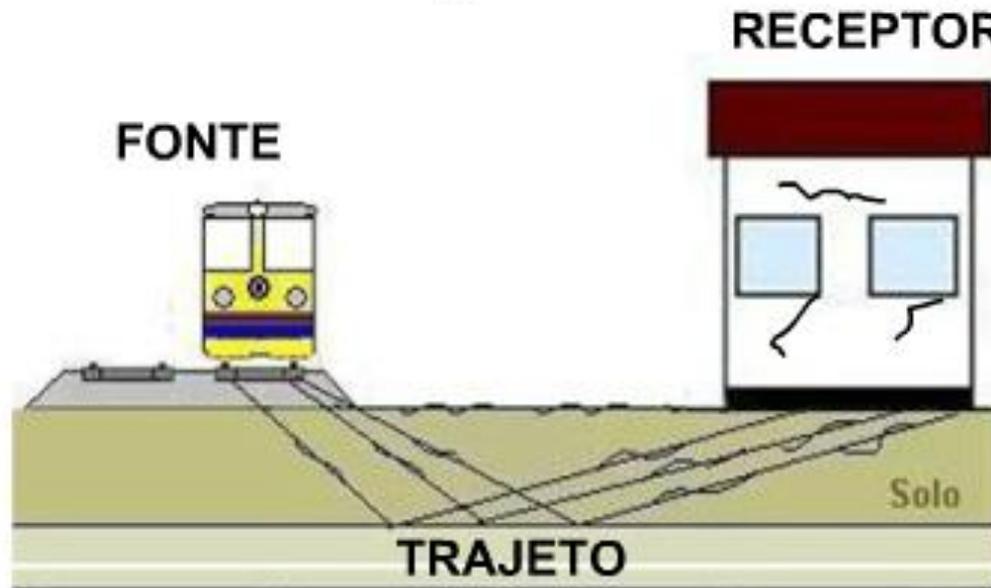


Incentivo: na Suíça tem havido um esforço para instalar sistemas que atenuem o ruído em seus trens

- Veículos que possuam tais tecnologias são reembolsados em \$0,01 CHF/eixo/km: cada vagão típico de 4 eixos tem um bônus de €7,50 no trajeto de 300 km entre Basel e Chiasso
- Um trem de carga com palmilhas instaladas recebe reembolso de €93 (equivalente a 5% de taxas cobradas)



## O Problema da Vibração Produzida por Trens:



Cargas móveis + Irregularidades das vias  
→ Forças dinâmicas

[http://www.ct.ufpb.br/ricardo/ricardo/aulas/top\\_engamb/TransporteFerroviario/Slide4.swf](http://www.ct.ufpb.br/ricardo/ricardo/aulas/top_engamb/TransporteFerroviario/Slide4.swf)

Chaves et al. (2008)

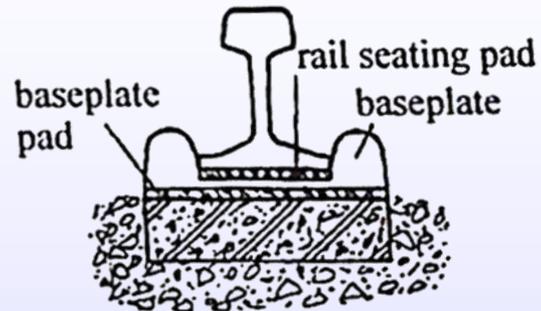


- Aspectos que influenciam:
  - *Fonte (ferrovia)*: tipo e peso do veículo, velocidade, características da via
  - *Trajeto (solo)*: Tipo, estratificação e lençol freático
  - *Receptor (edificações)*: tipo de fundação e estrutura, construção, idade e distância da fonte

Chaves et al. (2008)

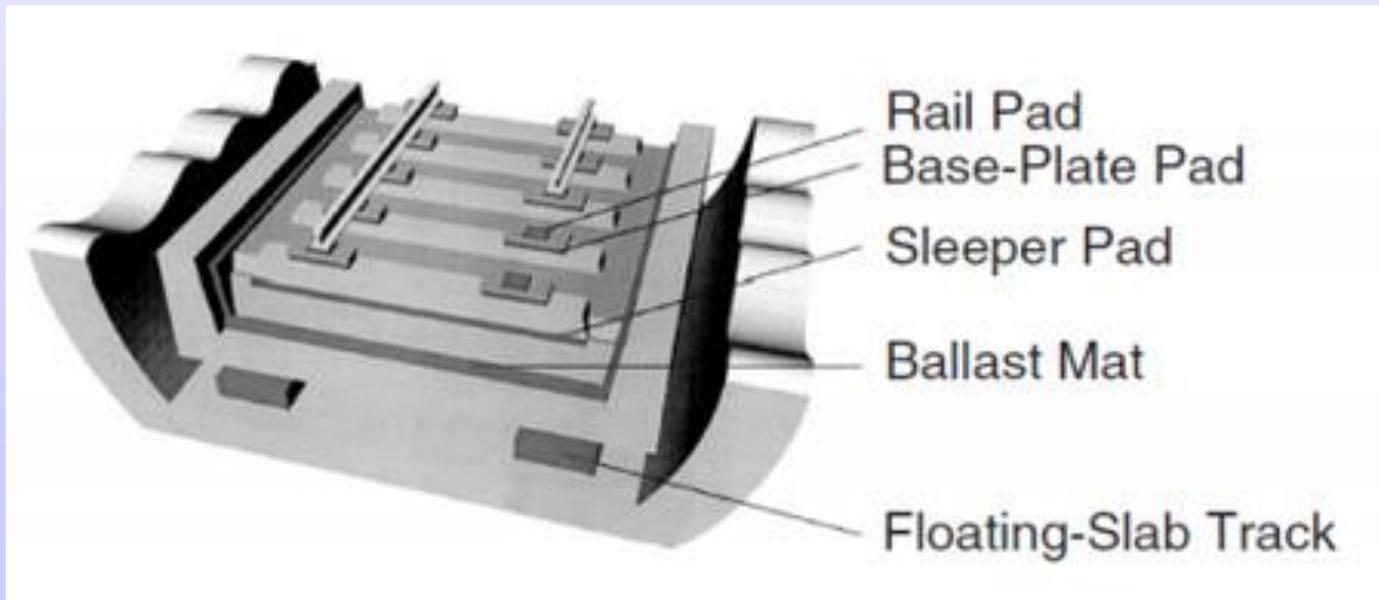
[http://www.ct.ufpb.br/ricardo/ricardo/aulas/top\\_engamb/TransporteFerroviario/Slide4.swf](http://www.ct.ufpb.br/ricardo/ricardo/aulas/top_engamb/TransporteFerroviario/Slide4.swf)

- Uso de palmilhas/mantas e outros sistemas de amortecimento



(b) with the use of baseplate

(Profillidis, 2006)



# Consumo energético



Menor consumo de combustível

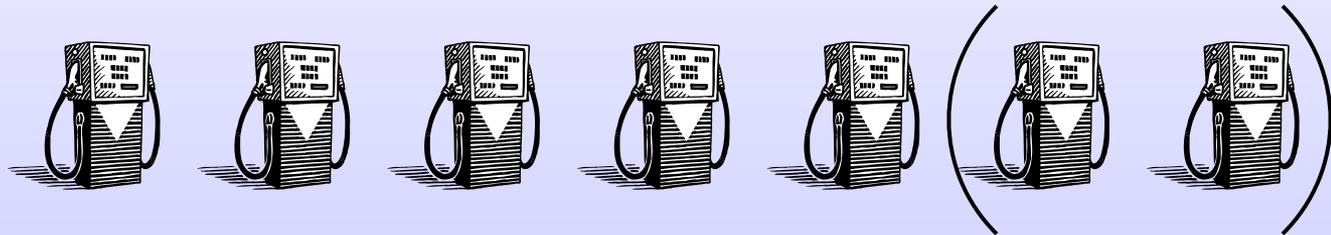
Veículo **ferroviário**



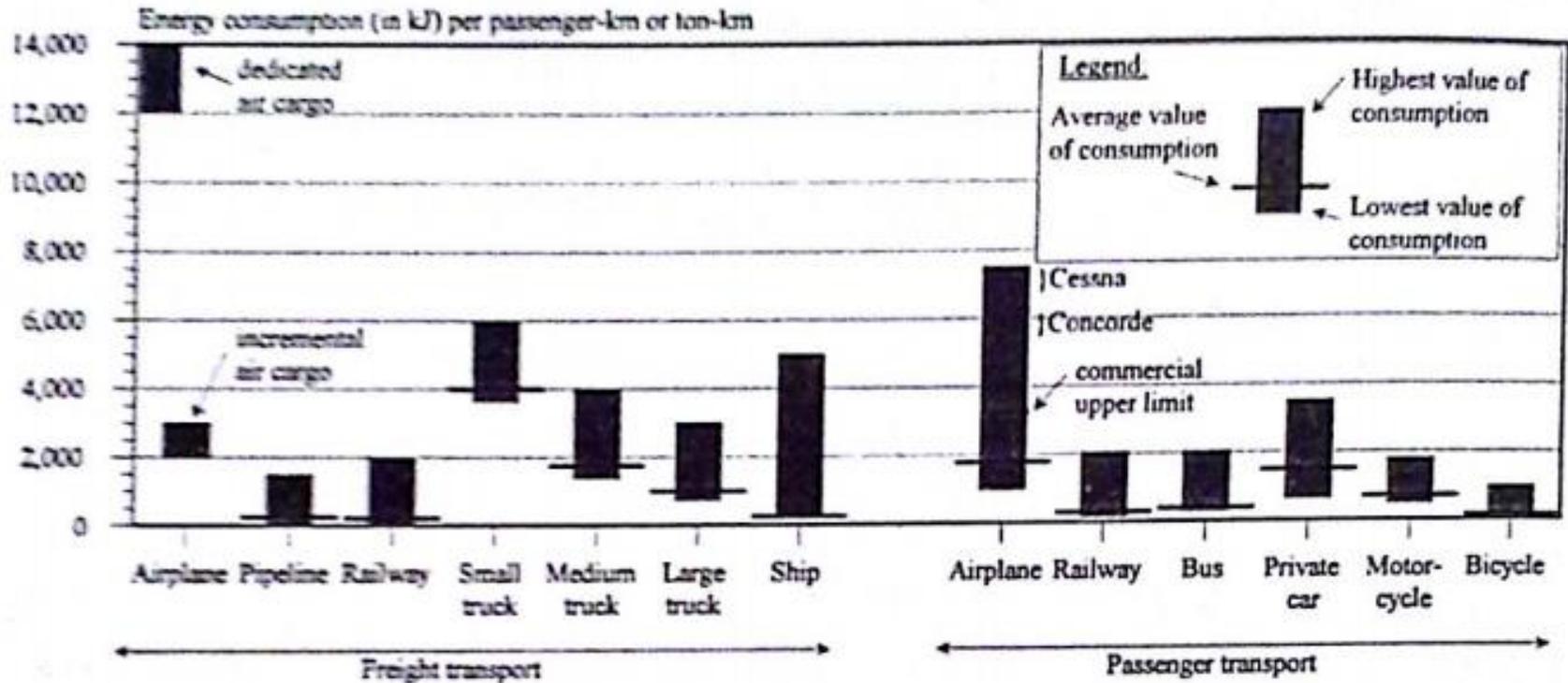
Veículo rodoviário



Veículo aéreo



# Consumo energético



**Fig. 22.3. Unit energy consumption of railways and other transport modes (387)**

(Profillidis, 2006)

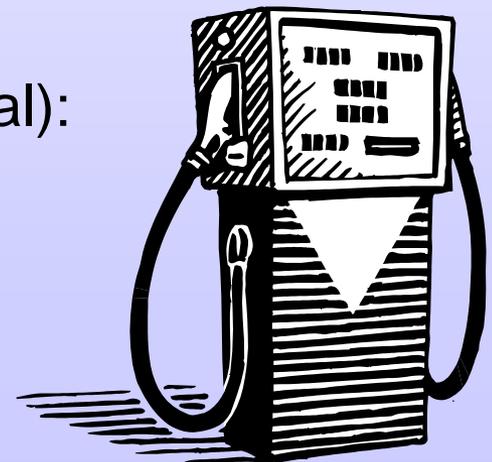
Comparação entre os modos ferroviário e rodoviário  
quanto ao combustível consumido  
(ANTT,2010)

	Litros de combustível para transportar 10 t em 10 km
<b>Ferrovia</b>	<b>0,681</b>
Rodovia	2,18

Gastos com combustíveis para a operação (no total):

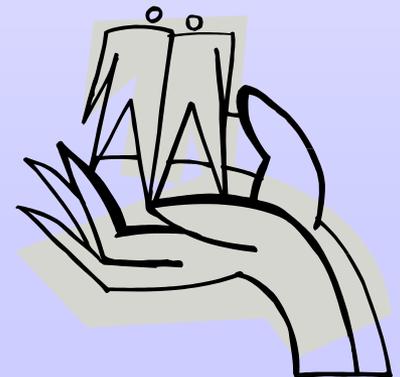
6 a 10% → ferroviárias e rodoviárias

20% → aéreas





- A segurança em transportes:
  - fatalidades, ferimentos e perdas materiais, por causa dos acidentes
  - acidentes, durante o trajeto de produtos perigosos, que podem ter efeitos catastróficos, não só para pessoas mas também para o meio ambiente





- Em ferrovias, o risco de morte é:
  - 7x menor do que com carro
  - 2x menor do que com ônibus

Curiosamente, embora alguns países tomem medidas severas quanto à segurança rodoviária, o número de mortes em acidentes de carro ainda é elevado e parece ser difícil de ser reduzido significativamente

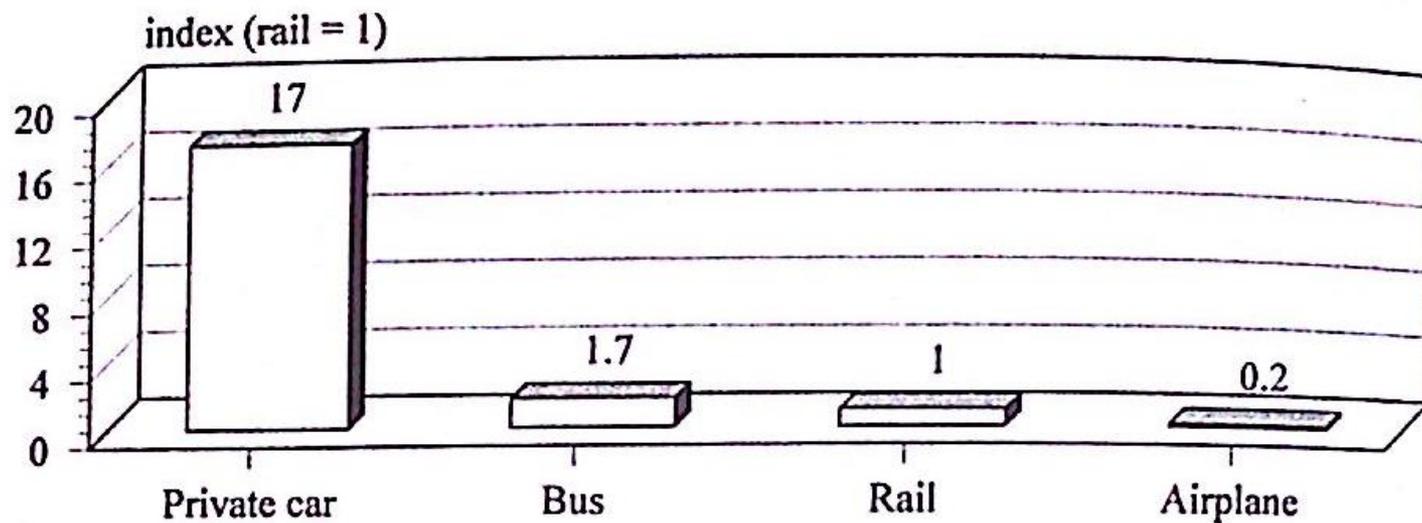
(Profillidis, 2006)



- Em ferrovias, o risco acidentes com produtos perigosos:
  - 6x menor do que em rodovias



- Comparativo entre modais



**Fig. 22.4. Land occupancy by various transport modes for transporting one person, (391)**

(Profillidis, 2006)



- **Em uma largura de 12 m**, a capacidade de transporte pode ser:
  - Ferrovia: 80.000 t/h (carga) e 60.000 pass/h (passageiros);
  - Rodovia: 10.000 t/h (carga) e 10.000 pass/h (passageiros).

# Capacidade de transporte de passageiros

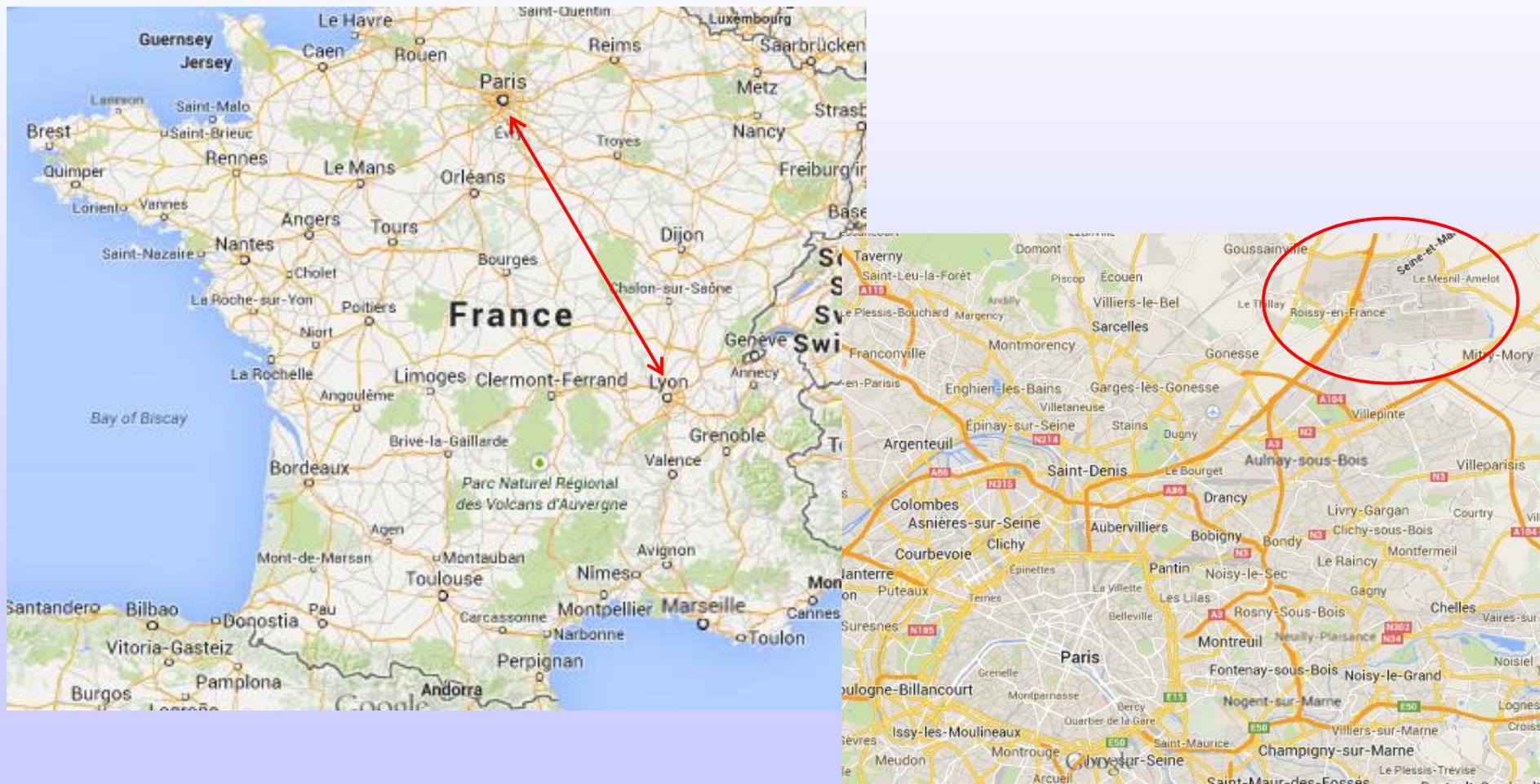


- Transporte urbano de massa com grande capacidade:
  - Metrô:  $1.000 \text{ pass/trem} \times 60 \text{ trens/h} = 60.000 \text{ pass/h}$
  - CPTM:  $3.000 \text{ pass/trem} \times 20 \text{ trens/h} = 60.000 \text{ pass/h}$

# Uso de espaço e Capacidade de transporte



- A linha férrea entre Paris e Lyon (427 km) ocupa a mesma área do aeroporto Charles de Gaulle em Paris





- Dada a grande capacidade, pode ajudar a aliviar o trânsito
- Custo relativo aos congestionamentos: soma das perdas de tempo dos passageiros e do aumento do custo de operação, em função das baixas velocidades:
  - viagens de negócios € 16,50 a 24,00/homem-hora
  - viagens diárias para trabalhar € 8,50/homem-hora
  - viagens de lazer € 5,80 a 6,70/homem-hora
  - transporte de carga € 1,00 a 1,25/homem-hora
- Gastos anuais devido aos congestionamentos na Europa:
  - ~ € 63 billion (2003)

- Geração de resíduo na substituição de materiais



- Exemplo: Substituição de lastro

