
	Concreto Protendido	1 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 1/27
---	---------------------	---	--------------------------------	-----------

Pontes e Viadutos ferroviários



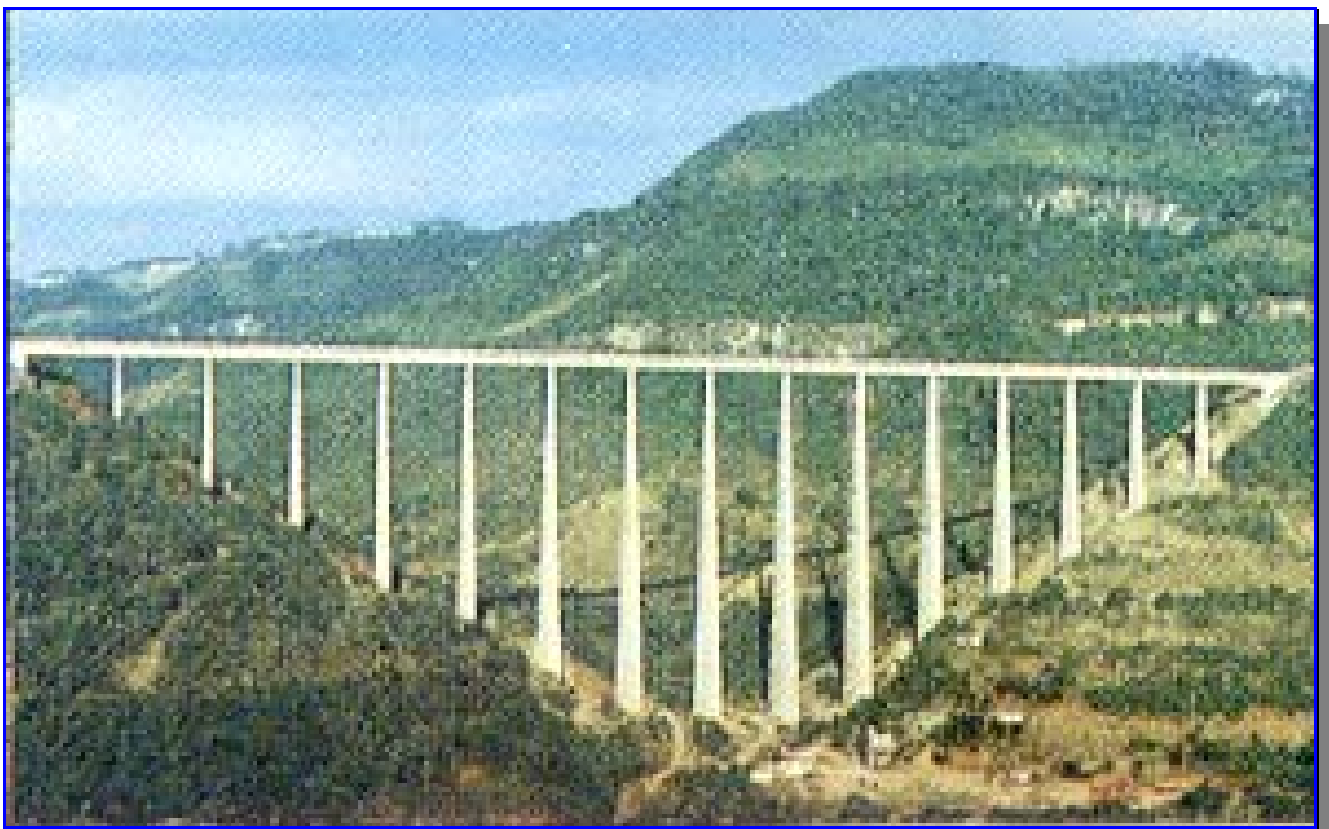
- As ferrovias têm muitos viadutos e túneis porque a declividade longitudinal da ferrovia é pequena. ($\leq 1\%$)
- As ferrovias não podem subir e descer montanhas como fazem as rodovias.
- Nas regiões montanhosas só há uma solução. Construir túneis seguidos de viadutos de grande altura.
- Na chamada *Ferrovia do Aço* existiam no projeto 70 túneis e 92 viadutos.

	Concreto Protendido	2 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 2/27
---	------------------------	---	--------------------------------	-----------


Ferrovias do Trigo / RS

Viaduto do Exército

Batalhão Ferroviário de Lages



- Altura 134 m
- Em viadutos muito altos a força do vento é muito grande.
- Nesse viaduto foram feitos ensaios em modelos reduzidos dentro de túneis do vento.
- Como as forças de vento são grandes as bases das colunas devem ser muito largas para não haver risco de tombamento.

	Concreto Protendido	3 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 3/27
---	------------------------	---	--------------------------------	-----------


CVRD



Ferrovia : 9820 km

Materiais transportados


- 45 % - insumos e produtos da indústria do aço = minério, carvão
- 38 % - produtos agrícolas, soja, açúcar e fertilizantes.
- 7 % - combustível transportado
- 6 % - insumos para construção civil e produtos florestais = cimento, madeira.

	Concreto Protendido	4 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 4/27
---	------------------------	---	--------------------------------	-----------

Dormentes de Madeira




- O peso do trem é descarregado sobre os trilhos.
- Os trilhos se apóiam sobre os dormentes.
- Os dormentes distribuem o peso do trem sobre a camada de pedra britada.
- A camada de pedra britada se apóia sobre o terreno.
- O peso do trem é bastante “espalhado” até chegar ao terreno natural.

	Concreto Protendido	5 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 5/27
---	------------------------	---	--------------------------------	-----------

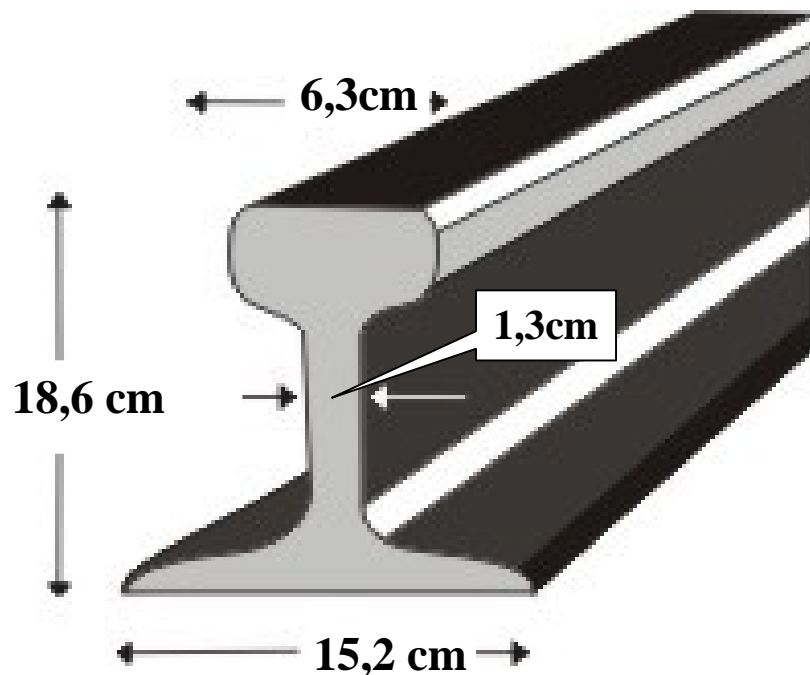
Dormentes de Concreto




- *Dormentes de madeira eram os mais usados nas ferrovias.*
- *Para reduzir o corte de árvores e para aumentar a durabilidade estão sendo substituídos por dormentes de concreto.*
- *Estão sendo usados também dormentes de aço.*
- *A última pesquisa é o uso de dormentes fabricados com plástico reciclado de garrafas PET ou com borracha de pneus velhos.*
- *O dormente de madeira tratada resiste por 15 a 20 anos, o de aço, de 35 a 40 anos e a expectativa para o concreto é ainda maior. Para o plástico ainda não há uma medição precisa.*

	Concreto Protendido	6 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 6/27
---	------------------------	---	--------------------------------	-----------

Trilho TR 68 kg/m



- Os trilhos são cada vez mais robustos e fabricados com aços especiais sempre mais resistentes.
- Os trilhos maiores e mais resistentes permitem distribuir o peso dos trens por um número maior de dormentes.
- Isto aumenta o “**espalhamento**” do peso dos trens, permitindo trens cada vez mais pesados.
- Em ferrovias de tráfego pesado, a inspeção dos trilhos deve ser feita a cada 6 meses.
- Se o desgaste vertical do boleto, mais a metade do desgaste horizontal do boleto, for maior que 1mm o trilho deve ser substituído.

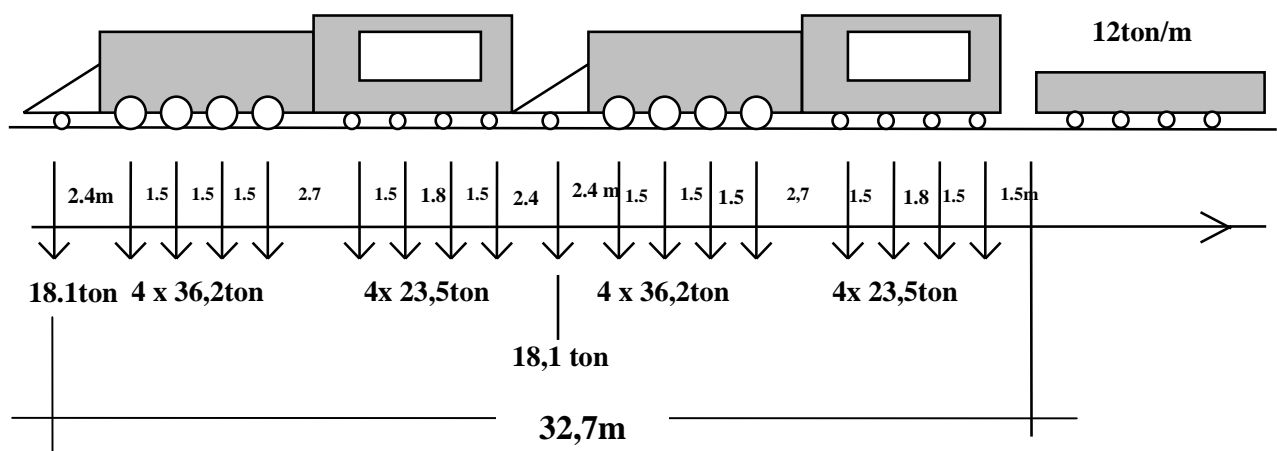
	Concreto Protendido	7 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 7/27
---	---------------------	---	--------------------------------	-----------


Carajás - Ponte Mista Rodoviária e Ferroviária

Trem Real = 2 locomotivas + muitos vagões



Trem Tipo Nominal - Cooper 80 segundo a A.R.E.A.
 American Railway Engeneering Association




	Concreto Protendido	8 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 8/27
---	---------------------	---	--------------------------------	-----------

O Trem Tipo Nominal simula as mais diferentes cargas do Trem Real.

CVRD

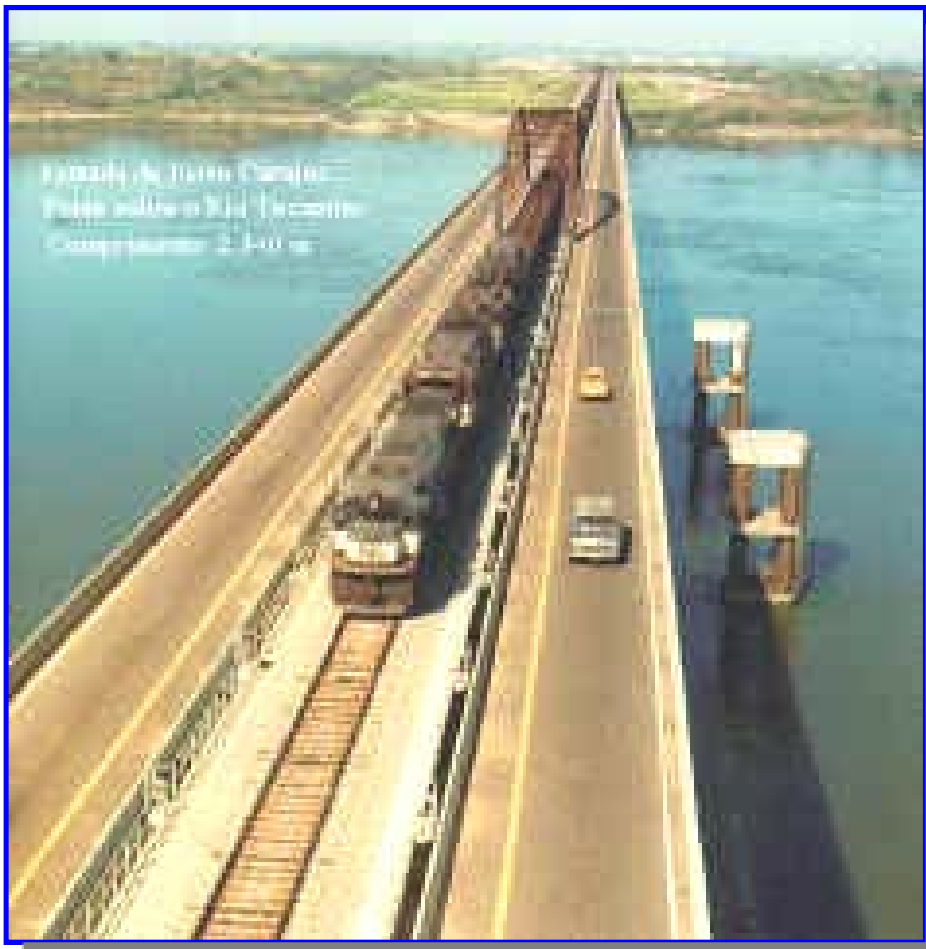


Isso permite fazer os projetos de pontes e viadutos considerando cargas muito próximas das cargas reais.


	Concreto Protendido	9 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 9/27
---	------------------------	---	--------------------------------	-----------

Ponte Mista : Rodoviária e Ferroviária

Carajás - Rio Tocantins



- **Pontes mistas são eficientes para o desenvolvimento sócio econômico das regiões, pois permitem o tráfego de trens e de caminhões.**

	Concreto Protendido	10 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 10/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------


Ponte sobre o rio Paraná

Ponte Rodoviária e Ferroviária

Dois andares




- **As pontes mistas rodo-ferroviárias podem se construídas em 2 andares.**
- **No andar de baixo passa a ferrovia.**
- **No andar de cima passa a rodovia.**
- **A ponte é mais estreita e mais fácil de executar, pois a treliça serve ao mesmo tempo de suporte para a ferrovia e para a rodovia.**

	Concreto Protendido	11 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 11/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte levadiça




- Nas pontes ferroviárias, quando há necessidade de deixar canais de navegação com gabaritos de altura muito elevados, torna-se mais econômico construir um vão levadiço.
- Nas pontes rodoviárias fazem-se rampas fortes dos dois lados, vencendo a altura exigida para o canal navegável. Não há nesse caso necessidade de vão levadiço.

	Concreto Protendido	12 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 12/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Rio de Paraná 1924




- As pontes ferroviárias antigas eram executadas em treliça de aço.
- Toda a estrutura de aço era importada. A estrutura vinha pronta para ser montada.
- Hoje em dia o Brasil fabrica as estruturas de aço em sua totalidade.

	Concreto Protendido	13 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 13/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Vista interna de uma ponte em treliça




- Dormentes de madeira.
- Notar os contra-trilhos internos. São trilhos duplos para reduzir os efeitos de eventual descarrilamento.
- As diagonais correntes são feita com perfis compostos.
- As diagonais extremas são mais rígidas, formando um pórtico rígido transversalmente para servir de apoio do banzo longitudinal superior, comprimido. Melhora a resistência à flambagem.

	Concreto Protendido	14 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 14/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte em treliça de aço com laje de concreto




- As treliças de aço são excelentes para pontes ferroviárias com vão médios.
- O piso da ponte é feito com uma laje de concreto sobre a qual se assentam o lastro de pedra, os dormentes e os trilhos.

	Concreto Protendido	15 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 15/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

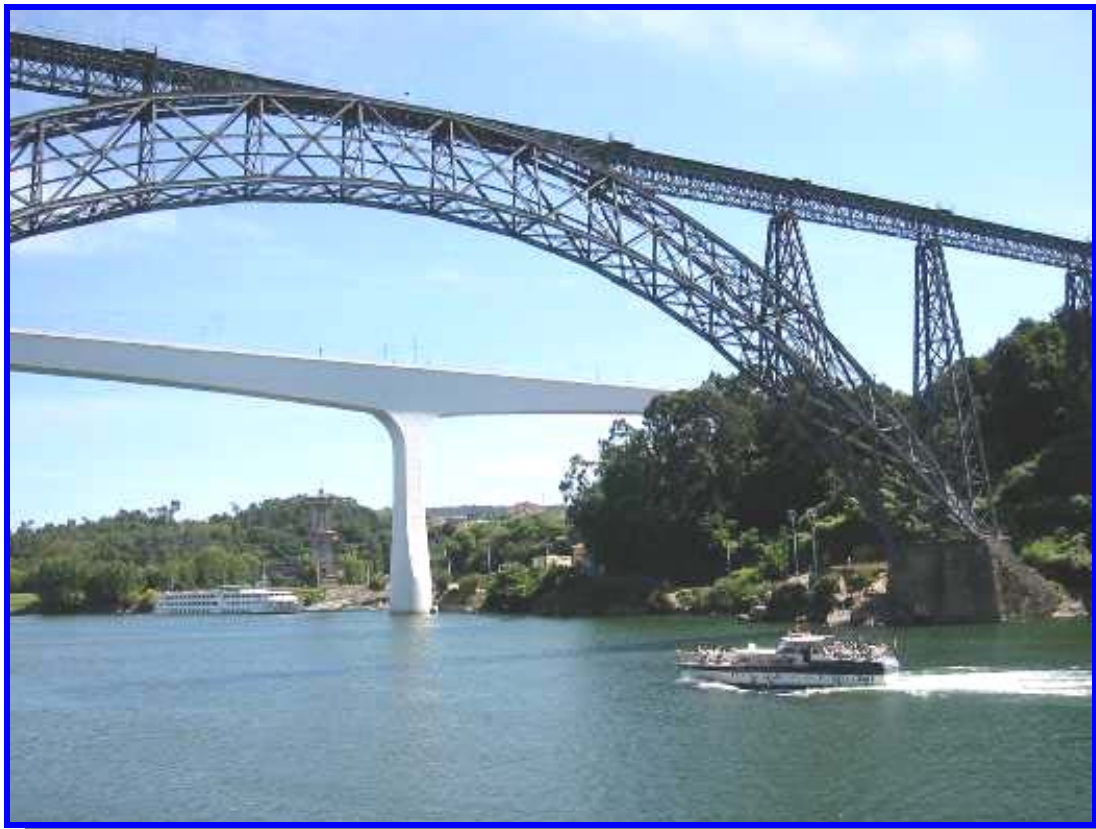
Ponte em treliça de aço




- As treliças de aço são excelentes para pontes ferroviárias com vão médios.
- Pontes ferroviárias, em geral, não têm os vãos muito grandes, pois as cargas dos trens são muito grandes.

	Concreto Protendido	16 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 16/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte em Arco de Treliça de aço




- As pontes em arco permitem pontes ferroviárias de grandes vão.
- A ponte acima, em arco de treliça de aço, é muito antiga.
- A ponte em viga reta, ao fundo, é de concreto protendido e foi construída recentemente.

	Concreto Protendido	17 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 17/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte em arco




- Característica de ferrovias é a seqüência de túneis e viadutos.
- As ferrovias têm muitos viadutos e túneis porque a declividade longitudinal da ferrovia é pequena. (<1%)
- As ferrovias não podem subir e descer montanhas como fazem as rodovias.
- Nas regiões montanhosas só há uma solução. Construir túneis seguidos de viadutos de grande altura.

	Concreto Protendido	18 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 18/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte em arco de concreto



- As pontes em arco permitem pontes ferroviárias de vãos médios a grandes.
- Nas pontes em arco é preciso executar fundações muito resistentes a esforços horizontais nas nascenças do arco.

	Concreto Protendido	19 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 19/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------


Ponte em Arco de concreto

Estudo experimental

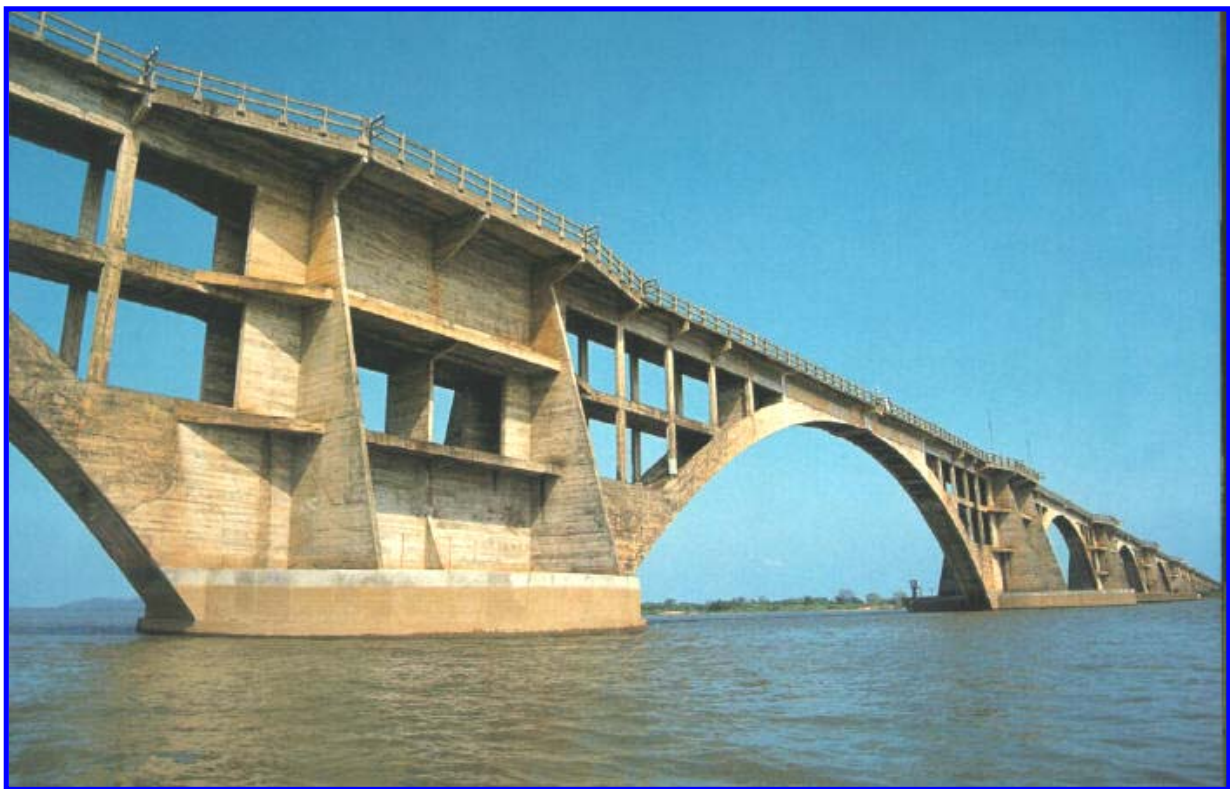
Modelo reduzido no laboratório




- A tecnologia atual permite a análise das pontes em modelos reduzidos.
- São determinadas as tensões e as deformações quando da passagem dos trens.
- Isso permite definir as dimensões da estrutura real, com segurança e com economia.
- Nos modelos, como o mostrado acima, são usadas fibras óticas como sensores de deformação.

	Concreto Protendido	20 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 20/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Rio Paraguai
Divisa Brasil – Bolívia
Arco de concreto




- As pontes em arco permitem pontes ferroviárias de grandes vãos.
- A ponte acima é antiga e com grande quantidade de concreto.
- Hoje, poderia ter sido construída com um menor consumo de material.

	Concreto Protendido	21 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 21/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte em Arcos Poligonais Múltiplos

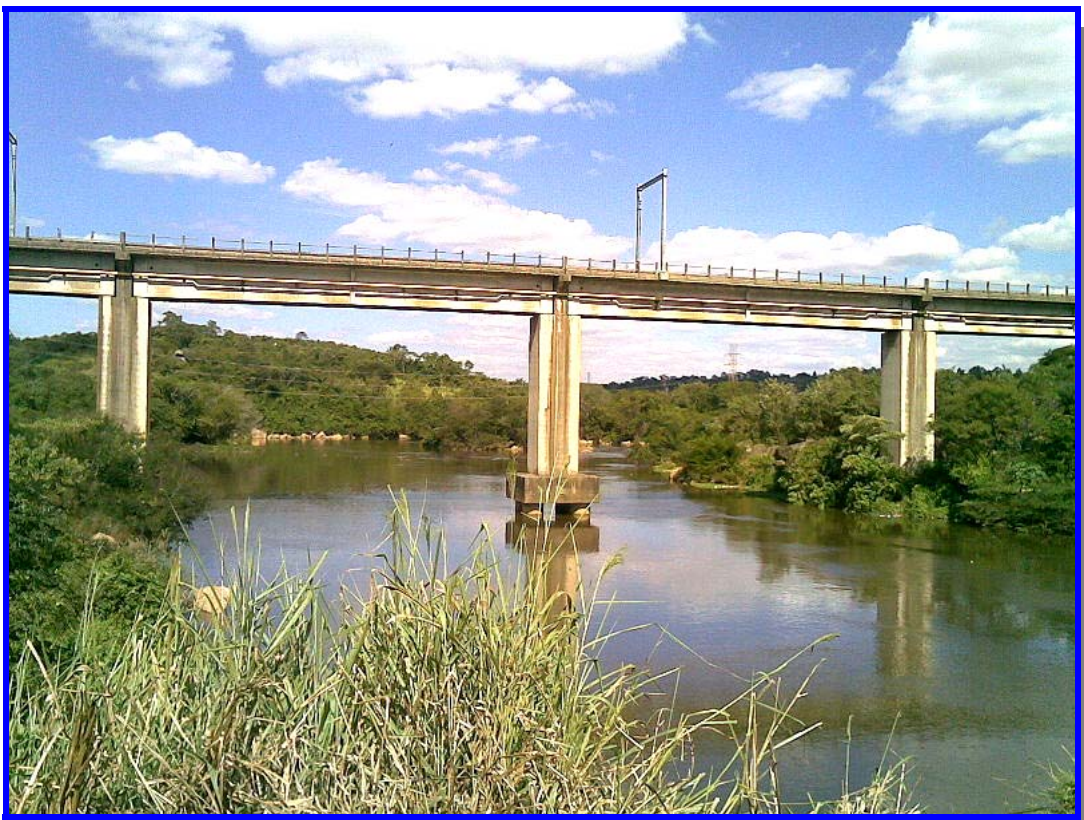


- Ponte em arcos múltiplos ao lado de uma ponte mais antiga em treliça de aço.
- Grandes pilares dentro do rio.
- São resistentes aos impactos eventuais de embarcações


	Concreto Protendido	22 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 22/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte Ferroviária sobre o Rio Tietê

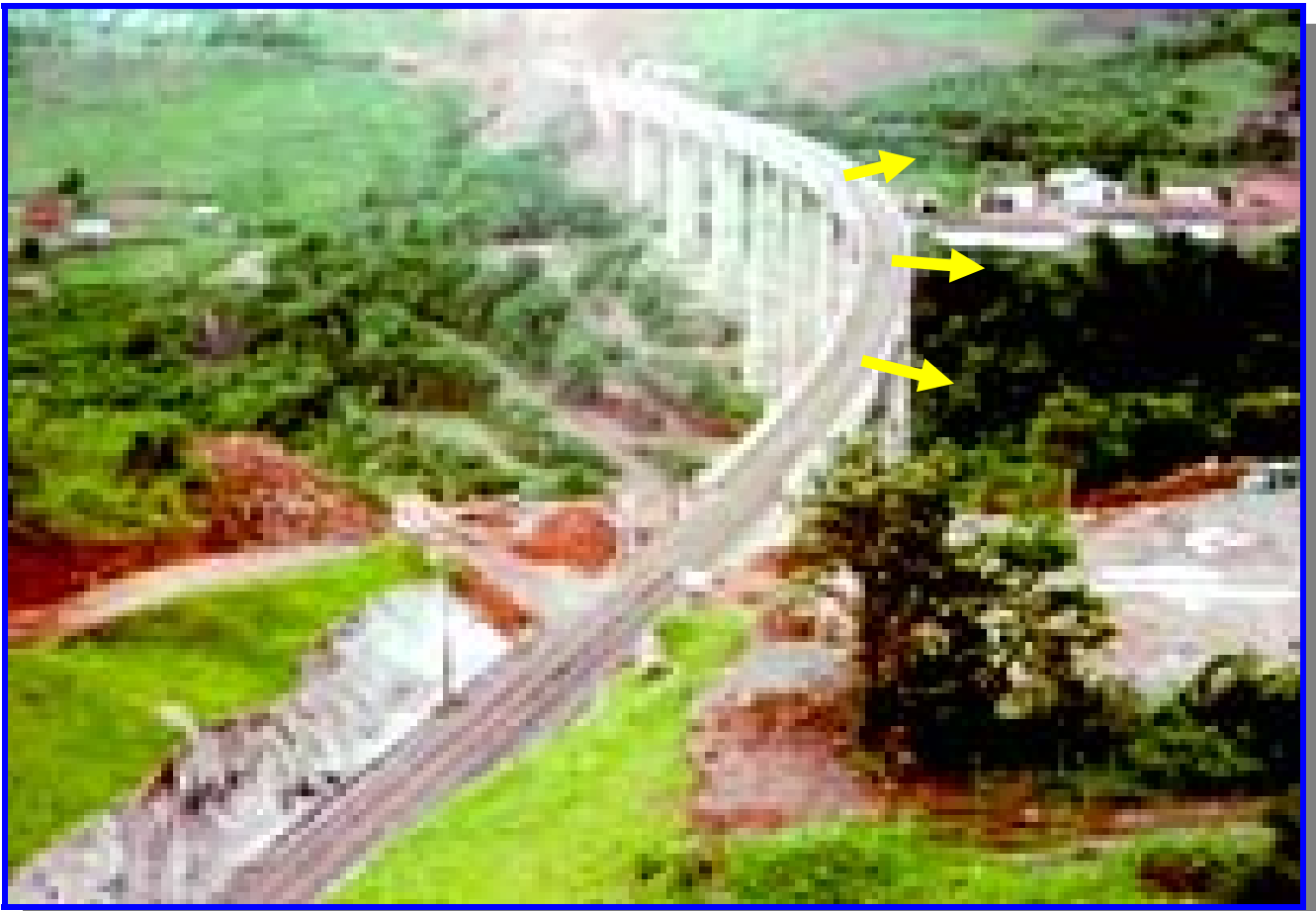
Viga Reta de concreto




- Esse tipo de ponte ferroviária, em viga reta de concreto é muito comum.
- Vãos até 50m são feitos com viga reta, em concreto armado ou em concreto protendido.
- A construção e o projeto estrutural são muito simples.

	Concreto Protendido	23 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 23/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ponte curva - Força centrífuga




- Nas pontes ferroviárias em curva as forças centrífugas são grandes.
- Quanto menor o raio da curva maior a força centrífuga.
- Quanto maior a velocidade do trem maior a força centrífuga.

	<p>Concreto Protendido</p>	<p>24 Ponte ferroviária Notas de aula</p>	<p>Prof.. Eduardo C. S. Thomaz</p>	<p>pág. 24/27</p>
---	--------------------------------	---	--	-------------------

Curva = Força centrífuga + Vento

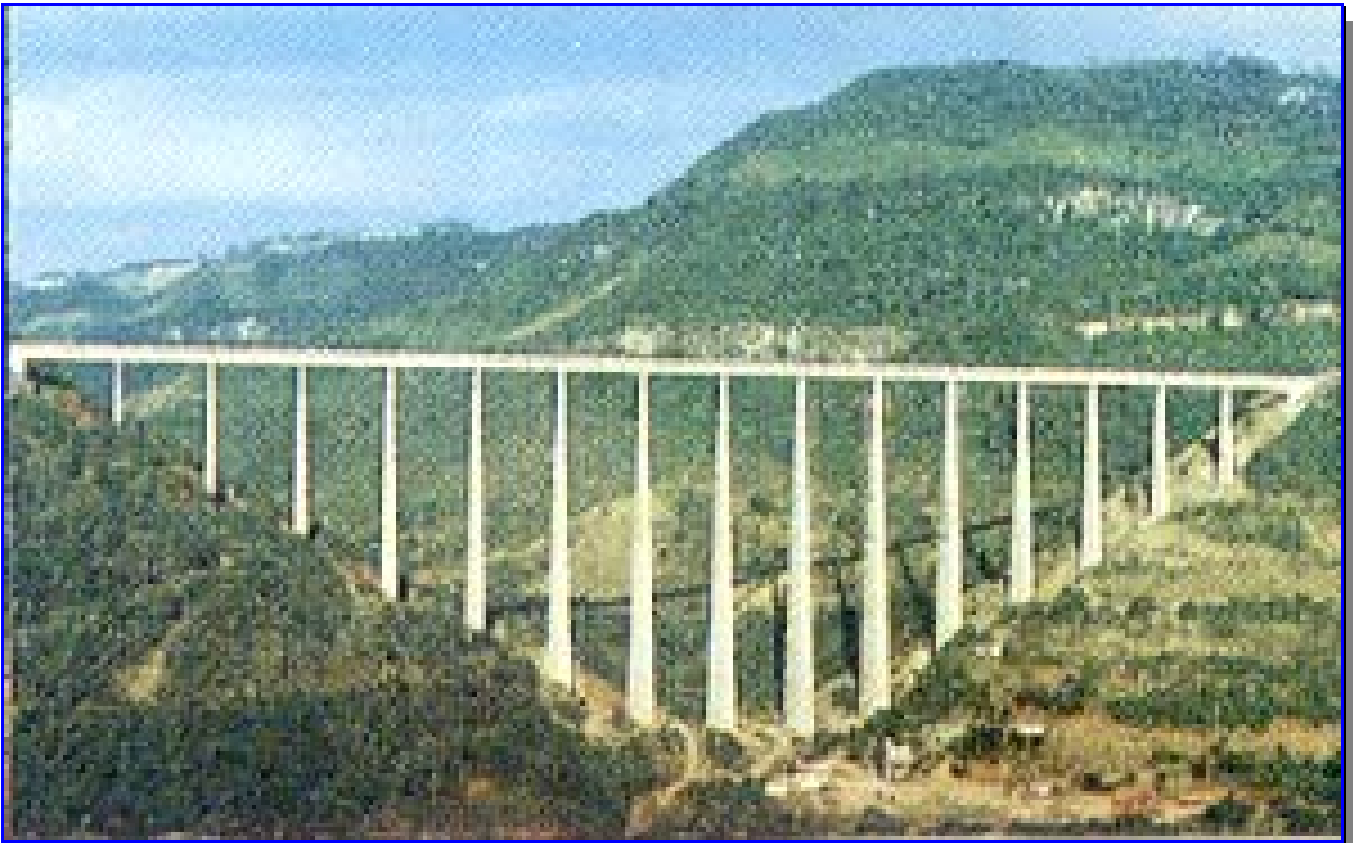


- Nas pontes ferroviárias de grande altura as forças de vento são muito grandes.
- Nas pontes curvas as forças centrífugas são grandes.
- As forças de vento se somam às forças centrífugas.
- Essas grandes forças horizontais tornam necessárias as grandes dimensões das bases dos pilares.


	Concreto Protendido	25 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 25/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Ferrovias do Trigo / RS

Viaduto do Exército = Viaduto 13



- **Altura 134 m .**
- **Notar as grandes dimensões das bases dos pilares. (16m)**


	Concreto Protendido	26 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 26/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Arrojo no projeto !

Arrojo na construção !



- O Viaduto 13 é o mais alto viaduto férreo da América Latina e o segundo mais alto do mundo.
- É recorde brasileiro de altura para “Rapel na Negativa”.

	Concreto Protendido	27 Ponte ferroviária Notas de aula	Prof.. Eduardo C. S. Thomaz	pág. 27/27
---	------------------------	--	--------------------------------	------------

Arrojo na Utilização !



- O Viaduto 13 é o mais alto viaduto férreo da América Latina e o segundo mais alto do mundo.
- É uma excelente base para a prática de “Base Jumping”
- **BASE jumping** é um esporte com uso de pára-quadras para pular de objetos fixos.
- "BASE" é um acrônimo que envolve quatro categorias de objetos fixos, dos quais se pode saltar de pára-quadras : **B**uilding (prédio alto), **A**ntenna (antenas de torres ou mastros), **S**pan (vãos de pontes), **E**arth (beira de precipício)