Pontes e Grandes Estruturas

Prof. Dr. Pedro A. O. Almeida

Informações da Disciplina

Disciplina: Pontes e Grandes Estruturas - Bridges and Large Structures
Créditos Aula: 4
Créditos Trabalho: 0
Carga Horária Total: 60 h
Tipo: Semestral

Docente Responsável

67381 - Kalil Jose Skaf

Objetivos

As idéias básicas que nortearam a elaboração desta proposta são:

1 - Divisão do curso por tipo de obra. Seriam apresentados os tipos mais significativos de pontes e viadutos.

2 - Discussão de Alternativas. Para cada tipo seriam discutidas alternativas de método construtivo, materiais de construção e tipo estrutural.

3 - Teoria de Cálculo. As teorias seriam apresentadas logo após o tipo estrutural correspondente, procurando amarrar as hipóteses da teoria às características do tipo estrutural.

Programa

- Introdução às pontes e grandes estruturas.
- Noções de concepção.
- Superestrutura das pontes.
- Sistemas (Tipos) estruturais.
- Métodos construtivos.
- Materiais de construção.
- Comportamento estrutural e teorias de cálculo.
- Pontes em viga simples e múltiplas.

Programa (continuação)

- Estruturas de concreto protendido.
- Tipos de protensão e sua representação no projeto.
- Noções sobre perdas de protensão.
- Estados limites.
- Noções sobre esforços hiperestáticos e fluência.
- Projeto de uma superestrutura em grelha com vigas protendidas.
- Meso e infraestruturas de pontes.
- Tipos e métodos construtivos.
- Teorias usuais de cálculo.

Programação semanal – Agosto 2018

A1	agosto	6	Introdução e Objetivos
			Princípios da concepção de sistemas estruturais
A2		13	Sistemas estruturais transversais de pontes (comportamento a torção uniforme e flexo torção)
A3		20	Sistemas estruturais longitudinais de pontes - concepções associadas aos sistemas transversais
A4		27	Métodos construtivos - compatibilidade entre método construtivo, sistema transversal e longitudinal

Programação semanal – Setembro 2018

A5	setembro	10	Continuação A4
			Processo Courbon Engesser para cálculo de grelhas de pontes
A6		17	Continuação A5 Processo Courbon Engesser para cálculo de grelhas de pontes
			Revisão de linhas de influência, diagramas envoltórios de esforços solicitantes
A7		24	Revisão de dimensionamento a flexão e cortante, detalhamento

Programação semanal – Outubro 2018

A8	outubro	1	Processo Fauchart para cálculo de grelhas
			Concreto protendido – introdução, Sequência de análise da concepção da protensão em função do traçado dos cabos, a protensão analisada como carregamento externo
A9	prova P1	8	
A10		15	Projeto de passarela protendida
			Cálculo da protensão necessária, lançamento dos cabos
A11		22	Cálculo das perdas imediatas de protensão
			Cálculo das perdas lentas de protensão
A12		29	Verificação em serviço
			Verificação no estado limite último

Programação semanal – Novembro 2018

A13	novembro	5	Efeitos da introdução das cargas de protensão
			Infraestrutura de pontes com superestrutura em viga continua – introdução; sistemas estruturais de encontros e pilares
A14		12	Vinculação super/meso - aparelhos de apoio flexiveis, metálicos fixo e moveis , princípios da concepção da vinculação
			Sistemas especiais de fundação
A15		19	Projeto de infraestrutura de ponte - conceito de rigidez
A16		26	Continuação Projeto de infraestrutura de ponte

Programação semanal – Dezembro 2018

	dezembro		
A17	Prova P2	3	
	Sub	10	
			Data de entrega dos projetos
			1º Projeto de ponte de em grelha – 22 de outubro
			2º Projeto de viga protendida – 10 de dezembro

Avaliação

Método

Aulas teóricas expositivas, com apoio de slides e modelos.

Aulas práticas de discussão dos problemas de projeto e elucidação de dúvidas.

Critério de aprovação

A = 0,15 x PROJ + 0,45PT + 0,4 x PP

M= 0,40 P1 + 0,45 P2 + 0,075 (Proj 1 + Proj 2)

PROJ - Exercício a ser entregue 1 semana após PP

PT - Prova teórica

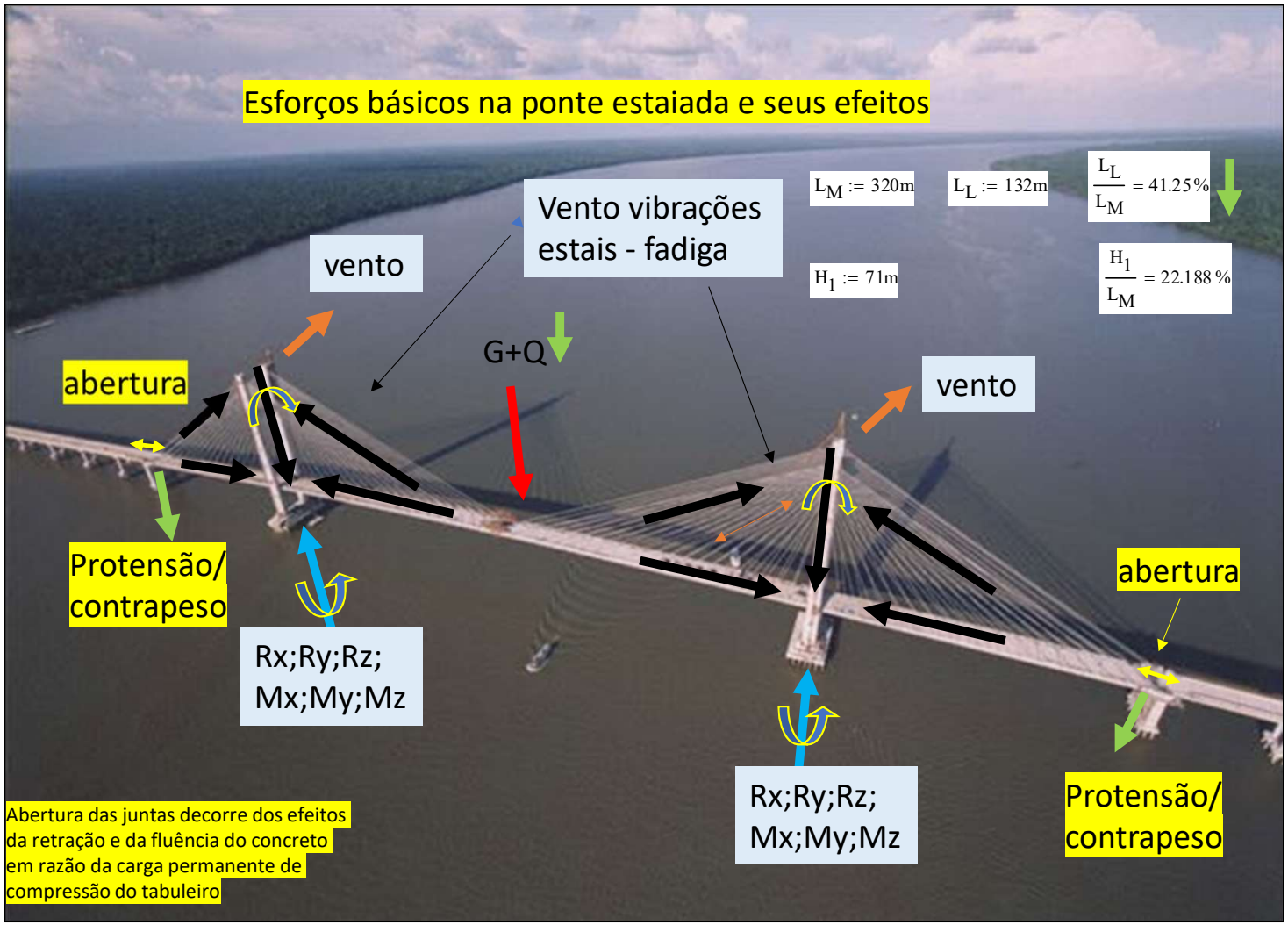
PP - Prova prática

Norma de Recuperação

0,5A + 0,5R>= 5,0; R é a nota de uma prova realizada na última semana de férias.

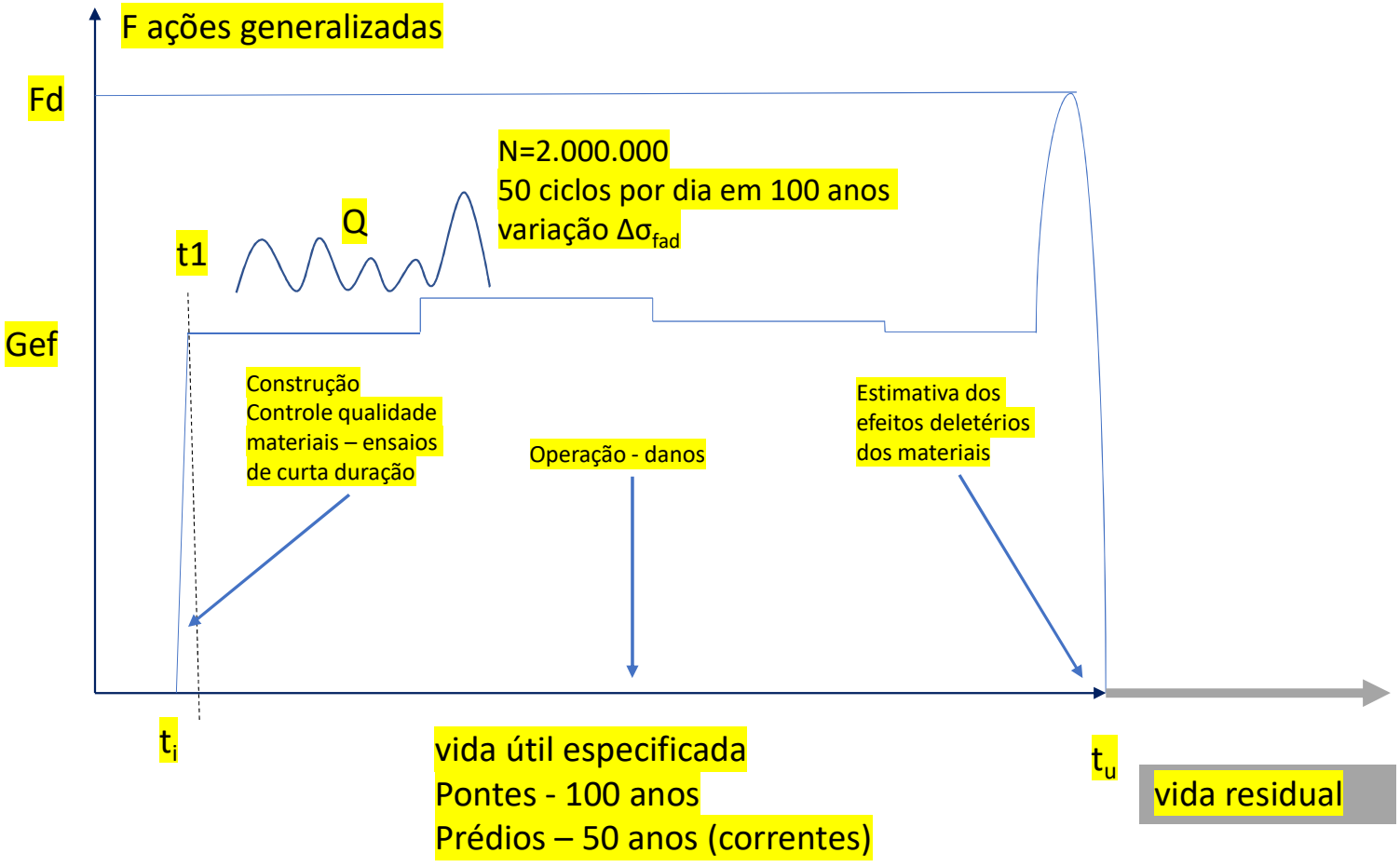
BIBLIOGRAFIA básica d Curso

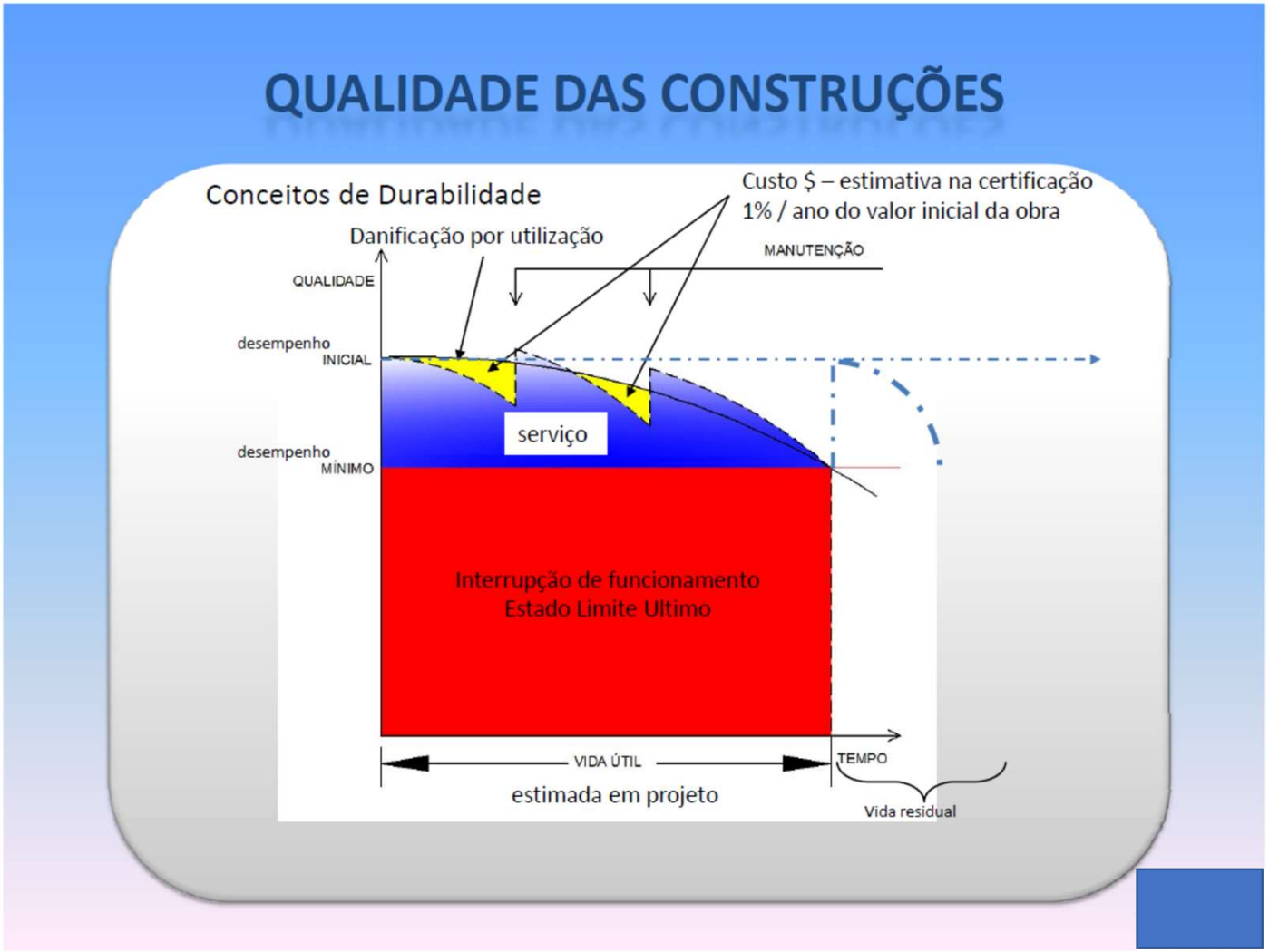
- Apostilas do curso
- Construções de Concreto , vols 5 e 6 - Fritz Leonhart
- Pontes de Concreto Armado - Walter Pfeil
- Pontes de Concreto Armado e Protendido -Jayme Mason
- Prestressed Concrete Bridges - Cristian Mann


Esforços básicos na ponte estaiada e seus efeitos
$L_M := 320m$
$L_L := 132m$
$\frac{L_L}{L_M} = 41.25\%$
$H_1 := 71m$
$\frac{H_1}{L_M} = 22.188\%$
Vento vibrações estais - fadiga
vento
G+Q
abertura
vento
Protensão/ contrapeso
Rx;Ry;Rz; Mx;My;Mz
abertura
Rx;Ry;Rz; Mx;My;Mz
Protensão/ contrapeso
Abertura das juntas decorre dos efeitos da retração e da fluência do concreto em razão da carga permanente de compressão do tabuleiro

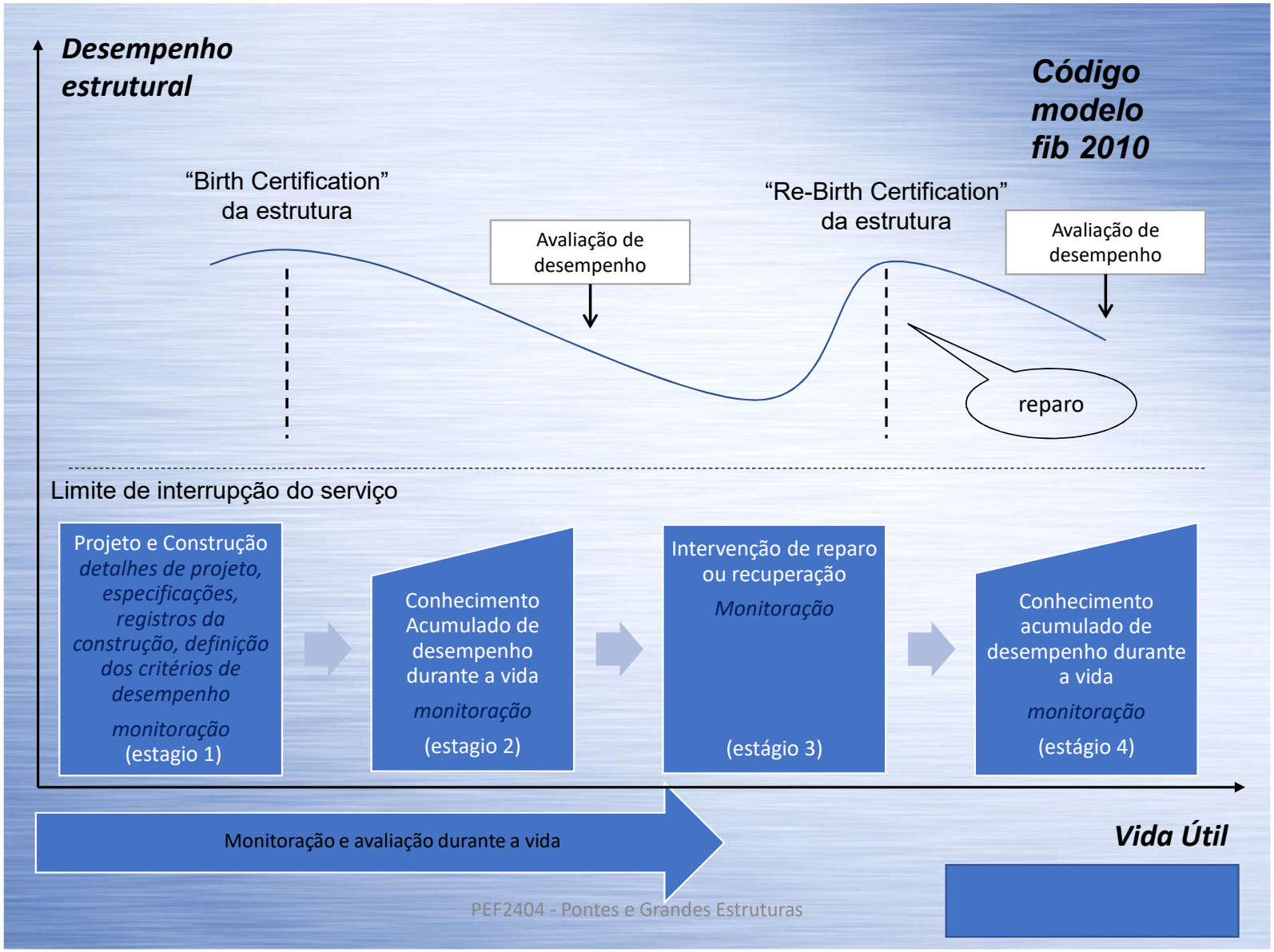
Concepção de pontes

Projeto de estruturas: Método Probabilístico

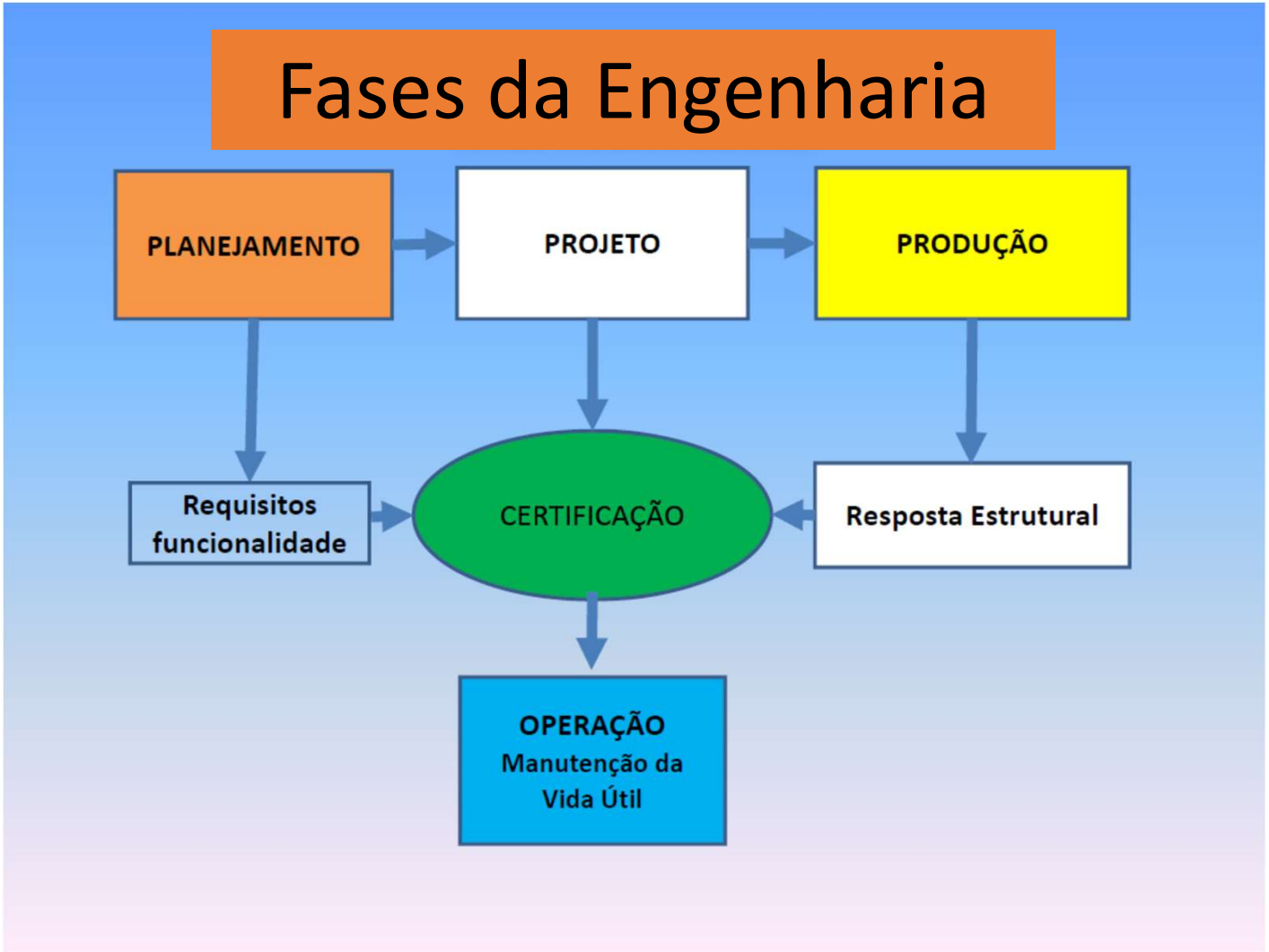



QUALIDADE DAS CONSTRUÇÕES
Conceitos de Durabilidade
Custo $ – estimativa na certificação
1% / ano do valor inicial da obra
Danificação por utilização
MANUTENÇÃO
QUALIDADE
desempenho INICIAL
desempenho MÍNIMO
serviço
Interrupção de funcionamento
Estado Limite Ultimo
VIDA ÚTIL
TEMPO
estimada em projeto
Vida residual

Concepção de pontes

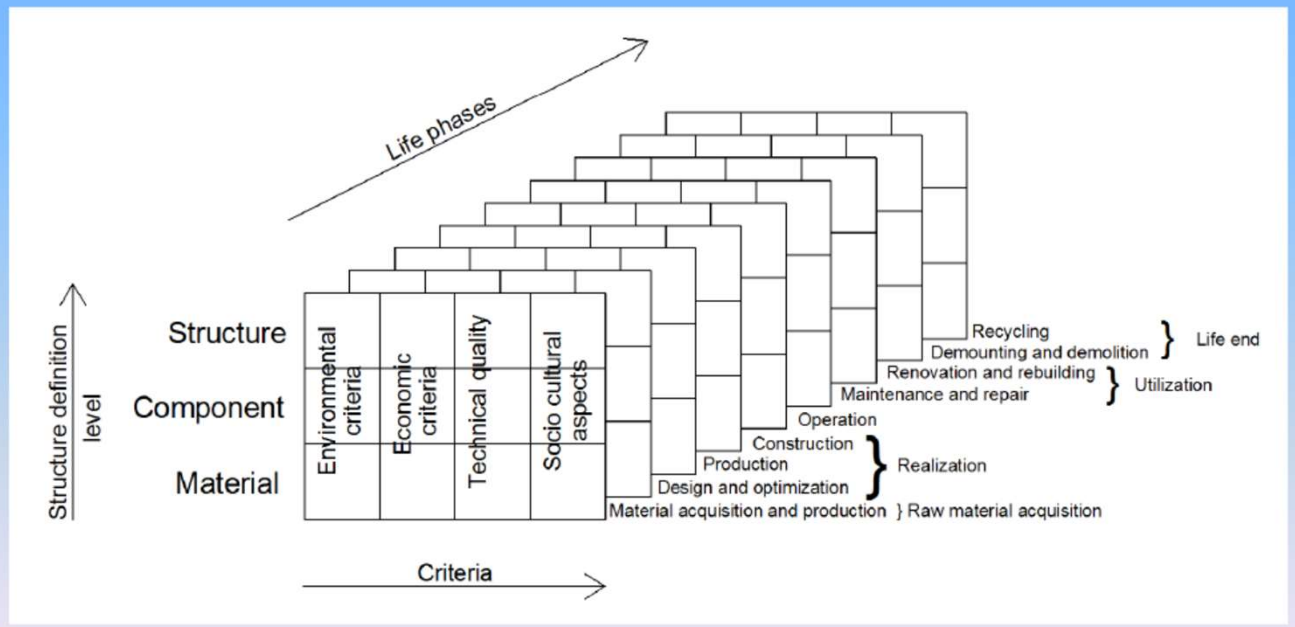


Concepção de pontes

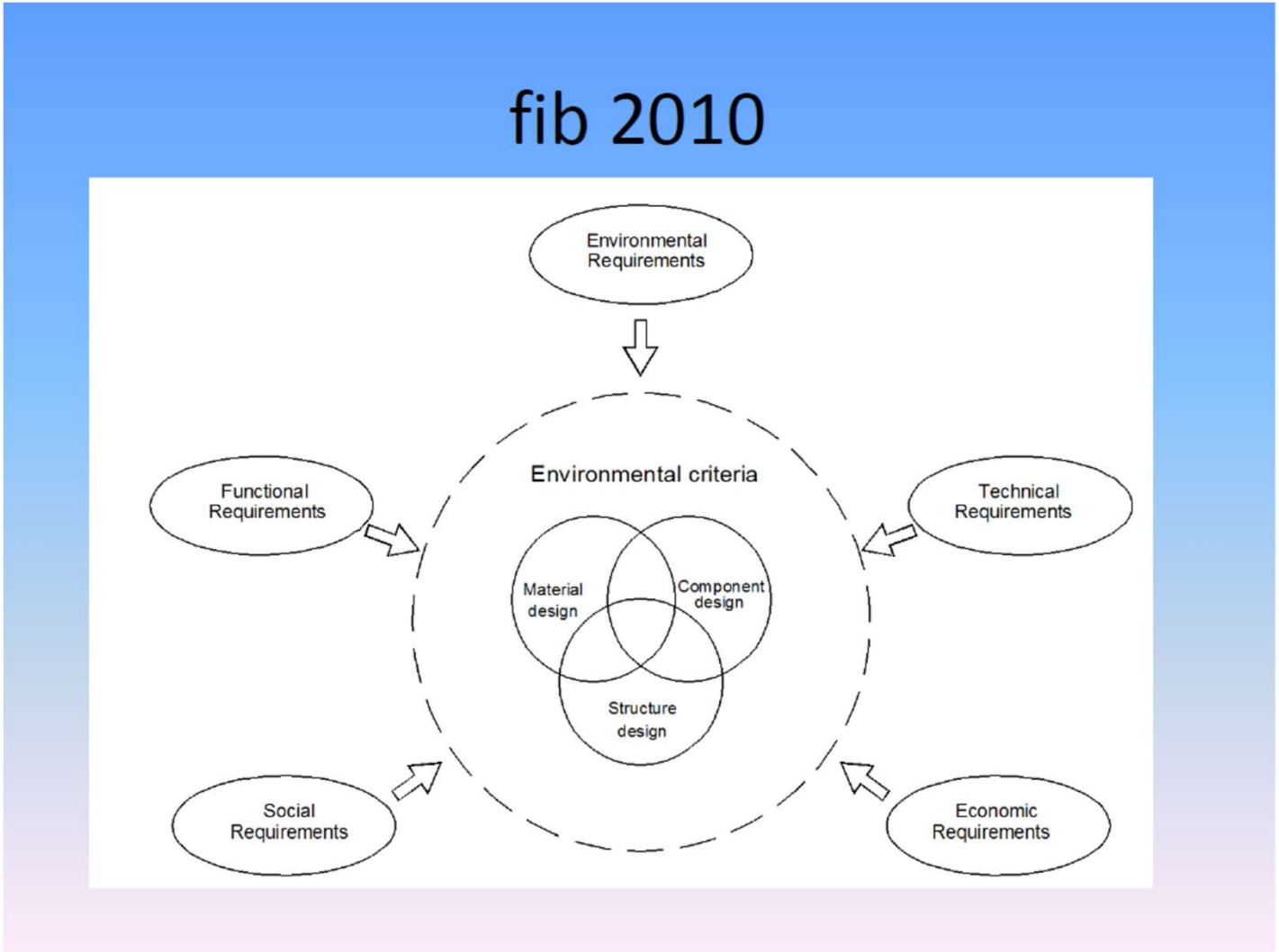


Concepção de pontes

fib 2010



Concepção de pontes



Conceitos de Segurança Estrutural

Concepção de pontes

- Durabilidade

  A durabilidade das construções parte do princípio que as estruturas são projetadas com ruína segura, existindo uma certa garantia de que durante a sua vida útil não serão atingidos estados de desempenho patológico.

  Dessa forma, a monitoração deverá ser empregada apenas para identificação dos sistemas estruturais, a menos que ocorra um evento ou que a estrutura atinja um certo desempenho não previsto em projeto.

Conceitos de Segurança Estrutural

- Confiabilidade

  A confiabilidade do sistema é a garantia de sua permanência em serviço.

Para uma estrutura, normalmente não basta a sua simples confiabilidade. A garantia de permanência em serviço é um requisito necessário mas não suficiente de segurança, pois a ruína das estruturas, em princípio, envolve o risco de danos pessoais, o que leva ao projeto de estruturas com ruína segura

Conceitos de Segurança Estrutural

- Condições básicas de segurança:

  - durante a vida útil, a estrutura deve garantir a permanência dos característicos da construção, a um custo razoável de manutenção;

  - em condições normais de utilização, a construção não deve ter aparência que cause inquietação aos usuários ao público em geral, nem apresentar falsos sinais de alarme que lancem suspeitas sobre sua segurança;

  - em situações não previstas de utilização ou de manutenção, a estrutura deve apresentar sinais visíveis de advertência de eventuais estados perigosos.

Conceitos de Segurança

Concepção de pontes

Para o atendimento das condições básicas de segurança na concepção estrutural deve-se considerar os seguintes critérios de projeto:

- fácil inspeção;
- programa de monitoração;
- permitir a substituição de elementos da estrutura, sem que seja necessária a paralisação ou a interrupção prolongada de sua utilização normal.

Conceitos de Segurança

Concepção de pontes

- Defeitos – emprego de materiais ou de detalhes inadequados ou de métodos construtivos impróprios;
- Danos – deterioração da resistência dos materiais, dos componentes da estrutura ou do desempenho de todo o sistema estrutural;
- Deficiências – inabilidade do materiais, dos componentes ou do sistema estrutural de ter capacidade de mudar seu desempenho em face da imposição de novas solicitações (mudança de carregamento) não consideradas na fase de projeto.

Exemplos de vida útil especificadas para projeto de novas estruturas, ISO 2394

apud *fib* bulletin 55, draft model code 2010, volume 1, 2010

Tipos de estruturas	**Vida útil especificada (projeto)**
Estruturas temporárias	1 a 5 anos
Elementos estruturais de reposição, exemplo vigas de guindastes ou pórticos sobre trilhos, pórticos de suporte de sinalização de rodovias, aparelhos de apoio	25 anos
Estruturas de prédios e outras estrutura de importância média	50 anos
Estruturas de grande relevância por exemplo: prédios públicos monumentais, pontes de grandes vãos, obras especiais ou importantes social e economicamente	100 anos

vida útil (estruturas novas) – vida residual (estruturas existentes)

Sistemas estruturais

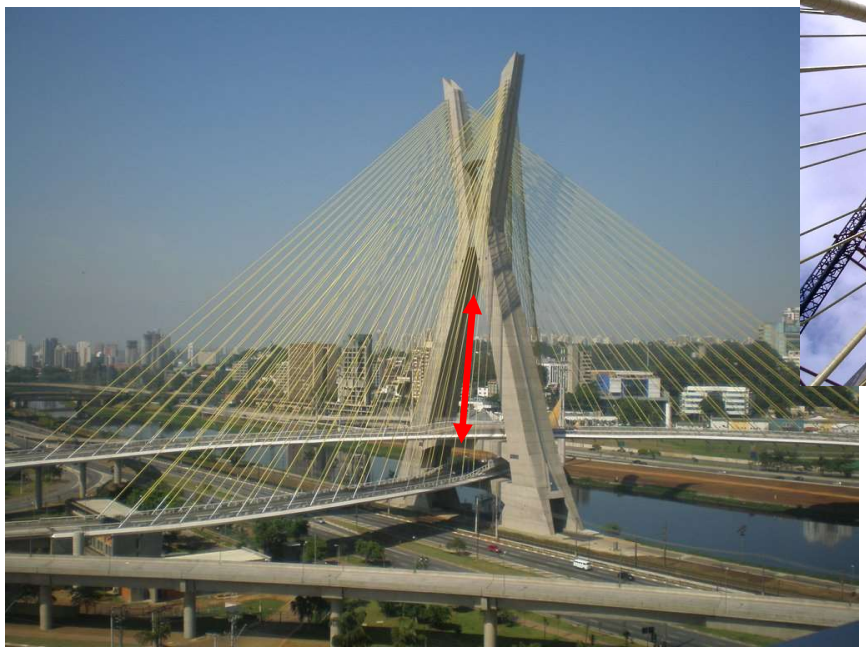
Ponte estaiada sobre o Rio Poty
Teresina-PI

bre o Rio Sergipe

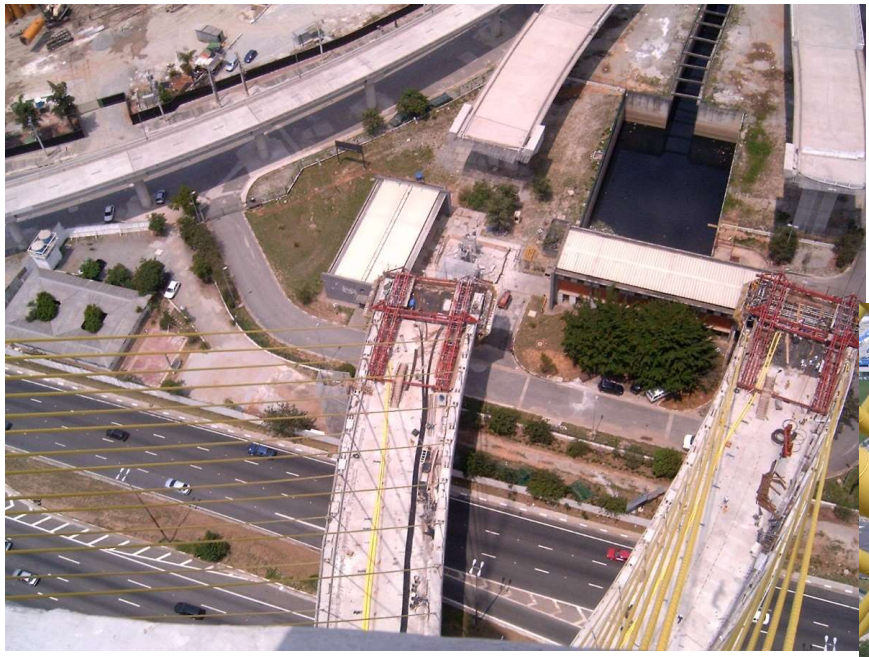
Ponte estaiada sobre o Rio Potengi
Natal-RN

Ponte Otavio Frias de Oliveira, São Paulo-SP

- Arranjo estrutural inédito
- Desafios durante a montagem

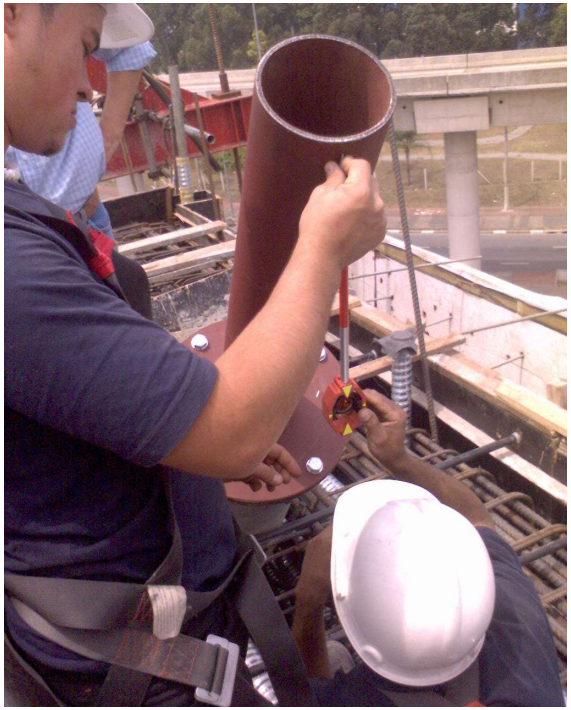


Desafios com a geometria da ponte



Monitoração geométrica da montagem

- Bases estáveis georreferenciadas
- Monitoração continuada dos tabuleiros e mastros
- Controle da concretagem das ancoragens

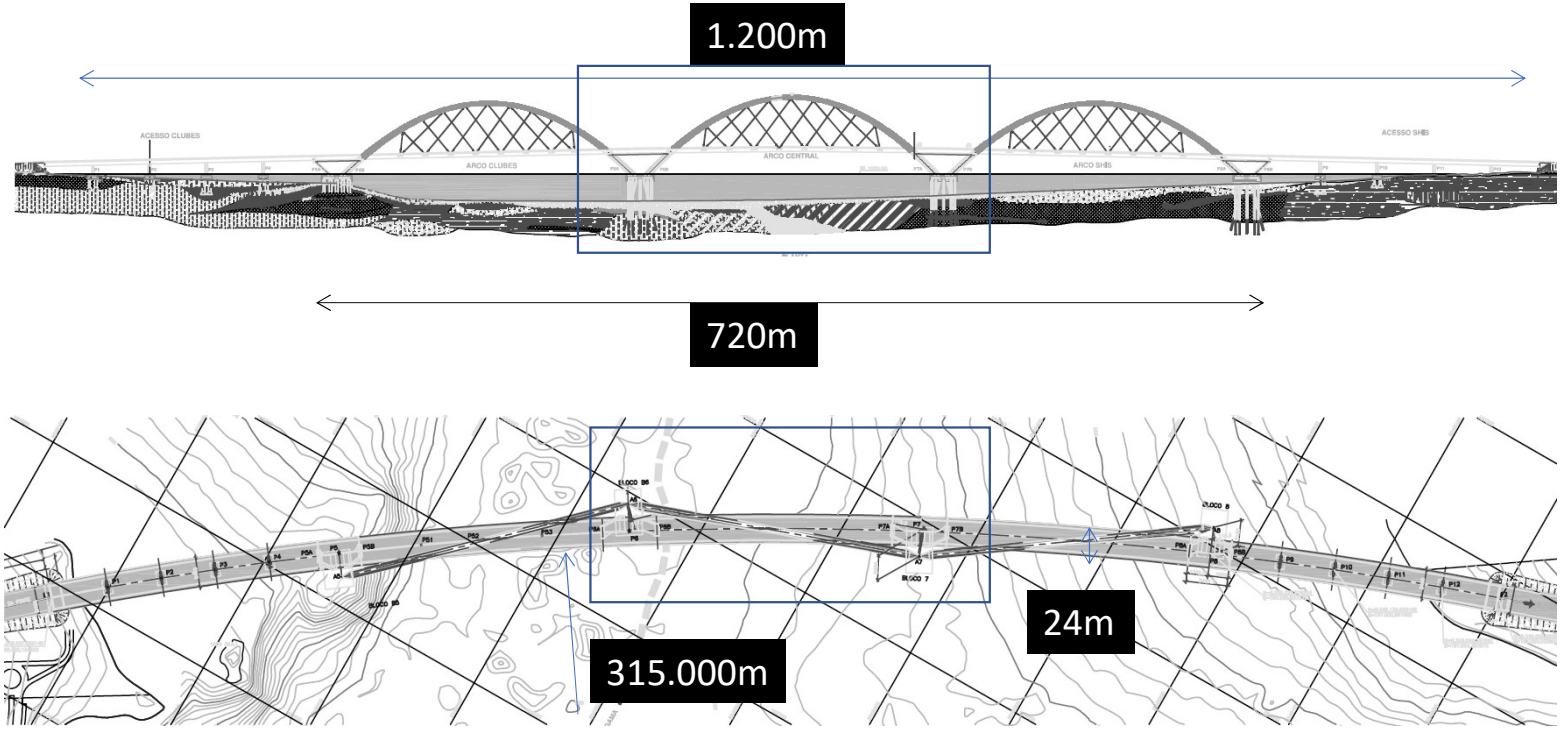


Sistema Estrutural da Pte JK Brasília DF

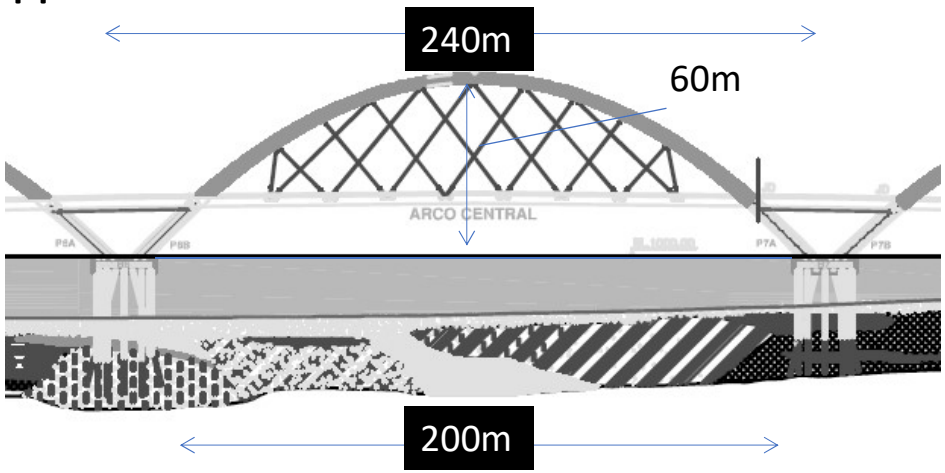
- Arquitetura;
- Medalha Gustav Lindenthal;
- Abcem 2003 – Melhores Obras com Aço do Ano;
- Projeto: Projconsult;
- Construção: Via Dragados – Usiminas.

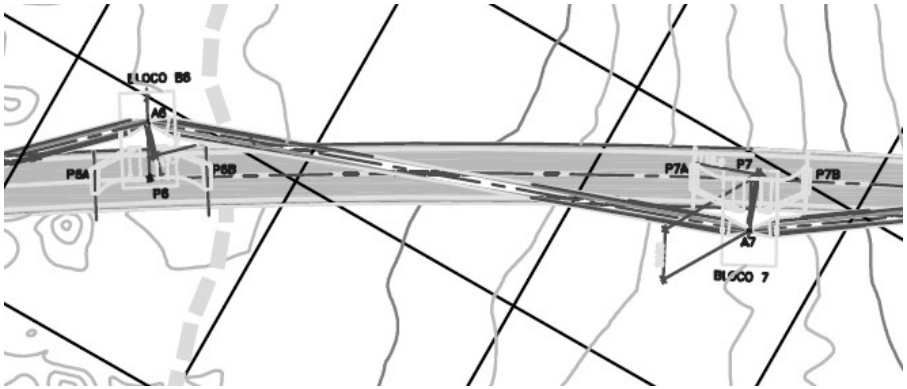
Arranjo geral – 3 arcos independentes

Arranjo geral – trecho principal tabuleiro atirantado nos arcos

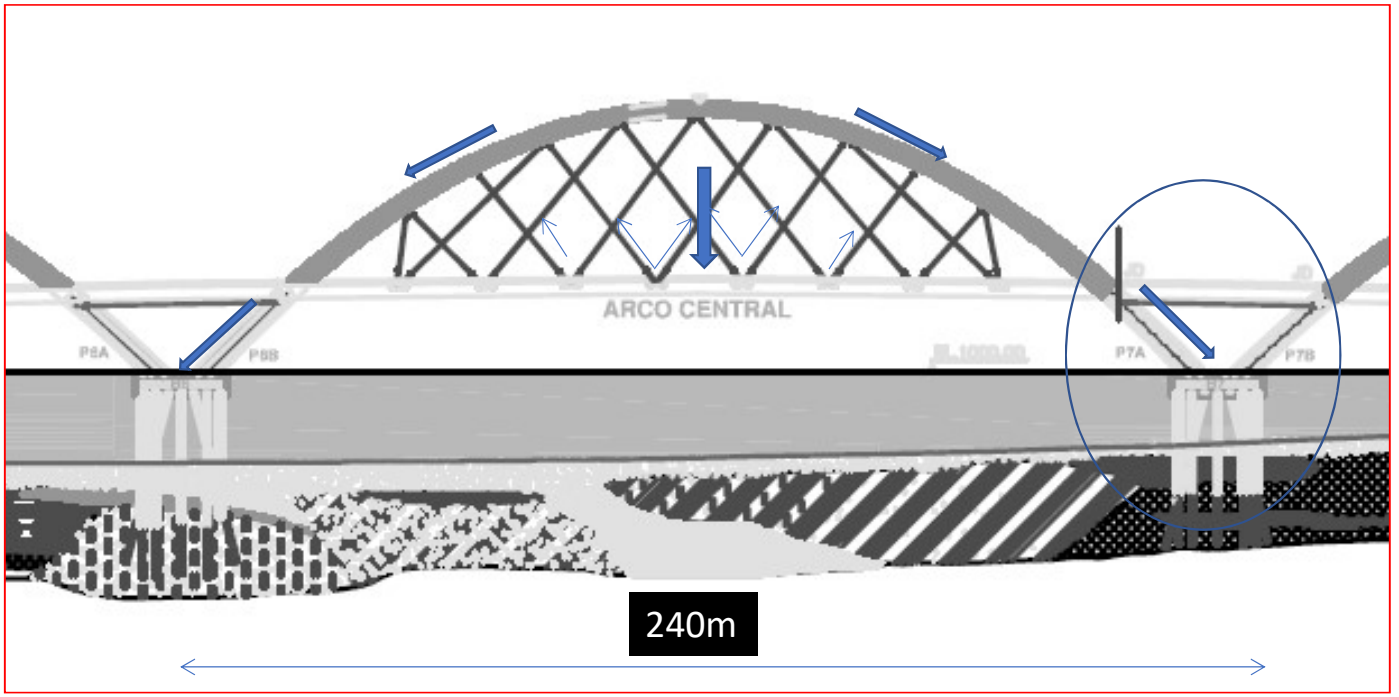


Arranjo estrutural – trecho atirantando 200m

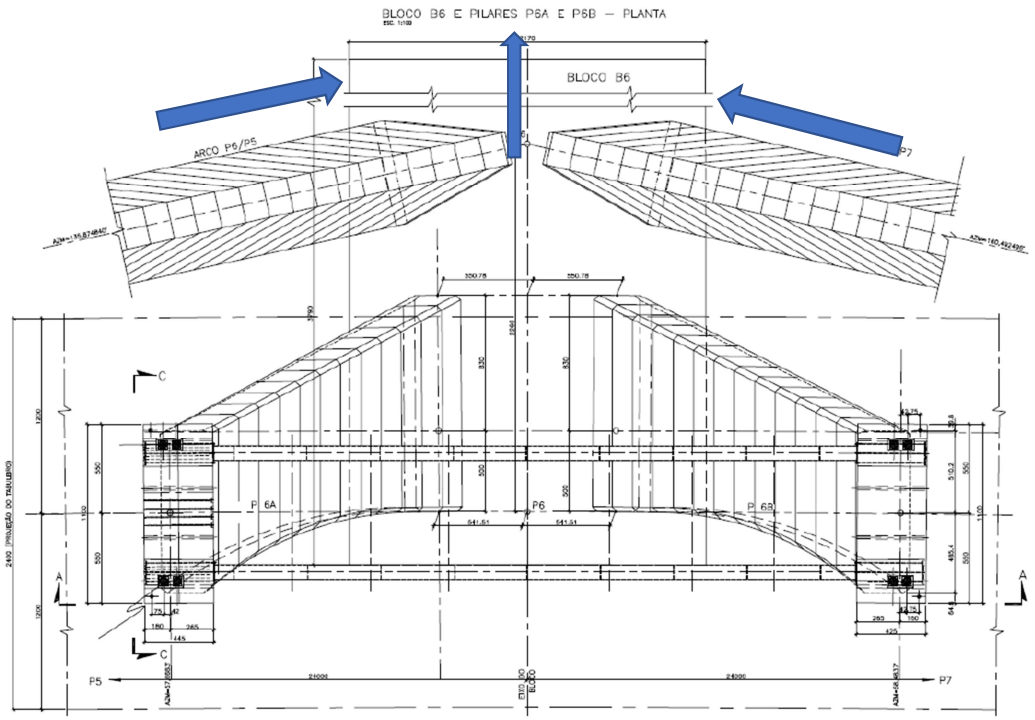




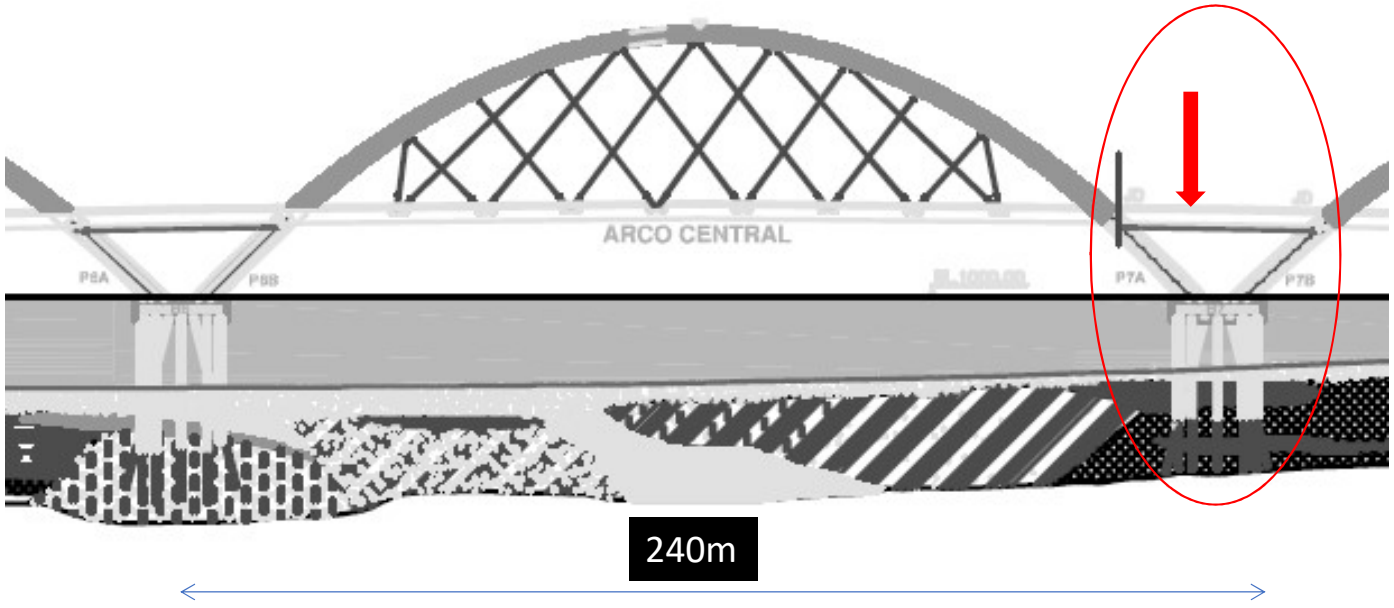
Caminho das cargas - 1



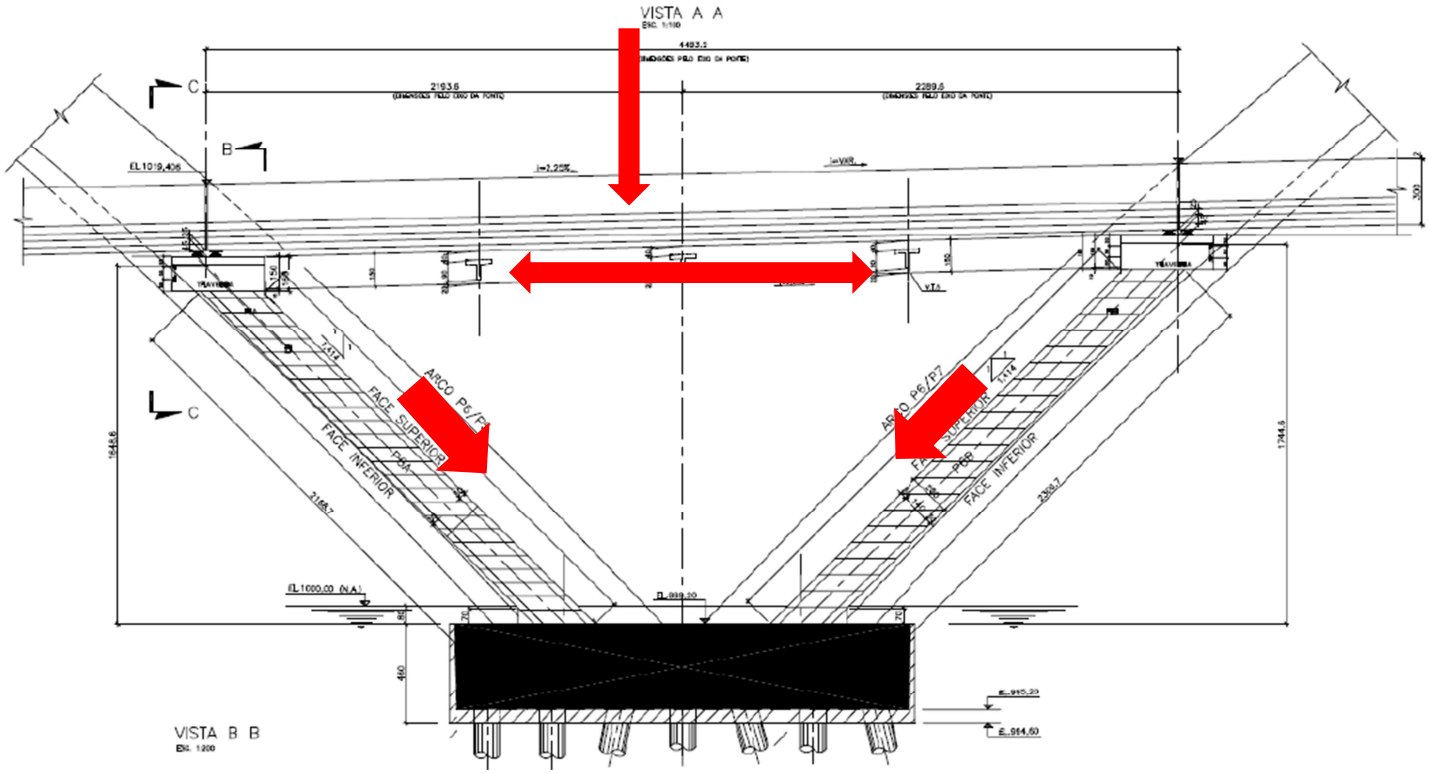
Caminho das cargas – 1



Caminho das cargas - 2

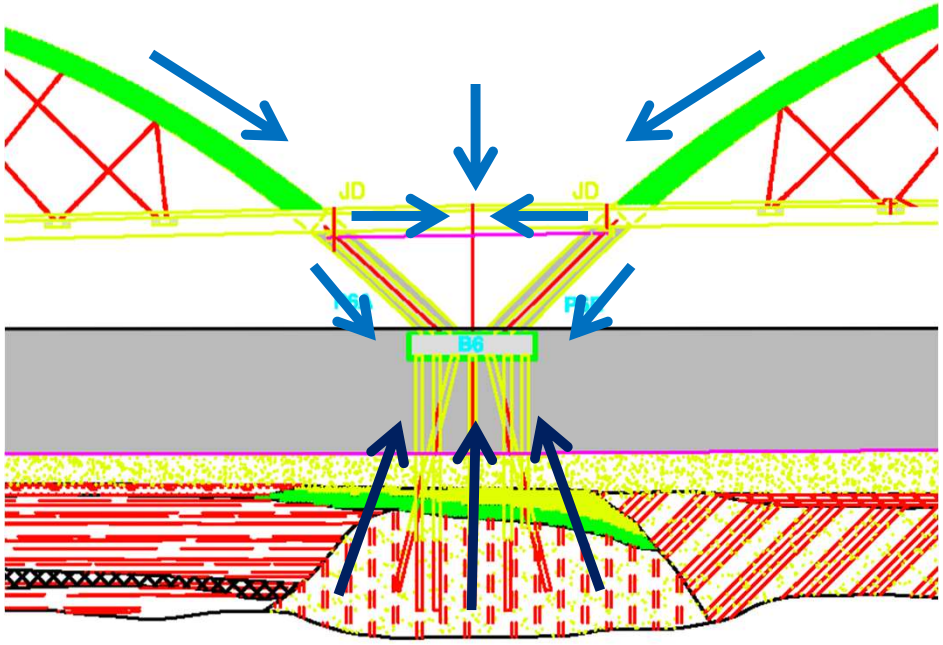


Caminho das cargas - 2



Estacas Inclinadas

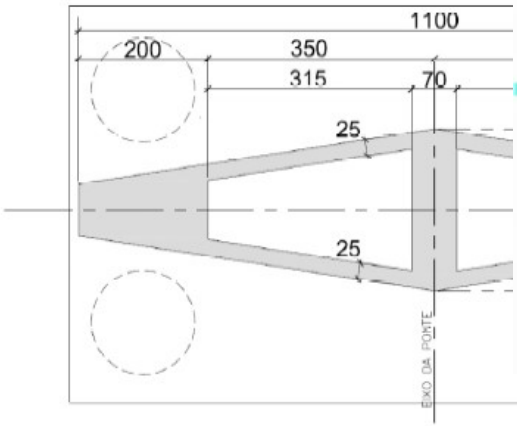
- Devido à grande profundidade, e aos aspectos geológicos e geotécnicos do solo, um conjunto de estacas foi utilizado, alguns dispostas verticalmente e outras inclinadas, formando uma rede cavaletes, que, quando combinados, são capazes de suportar as forças verticais e horizontais provenientes dos pilares inclinados e a limitar os deslocamentos horizontais, trabalhando alternadamente, como elementos de compressão e de tração, dependendo da combinação de forças existentes.

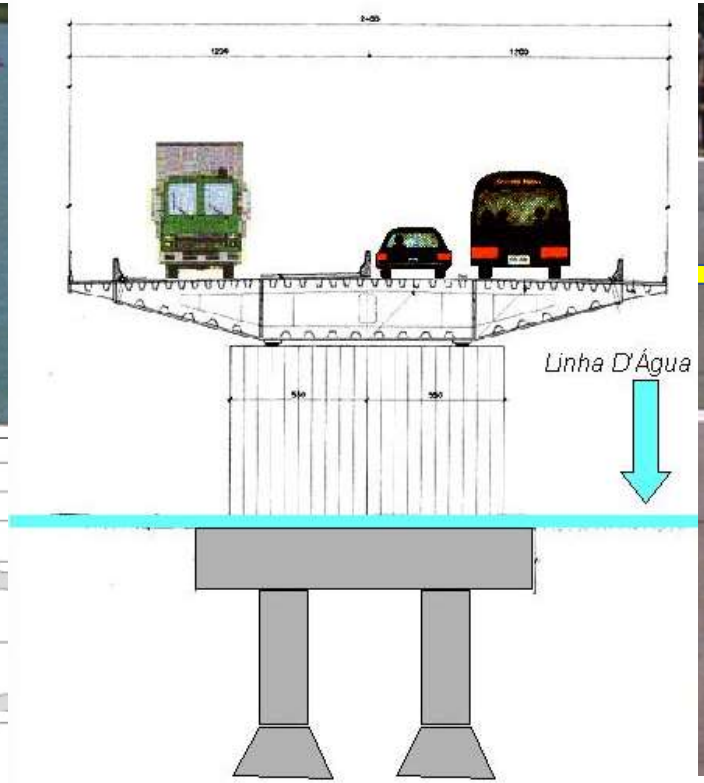


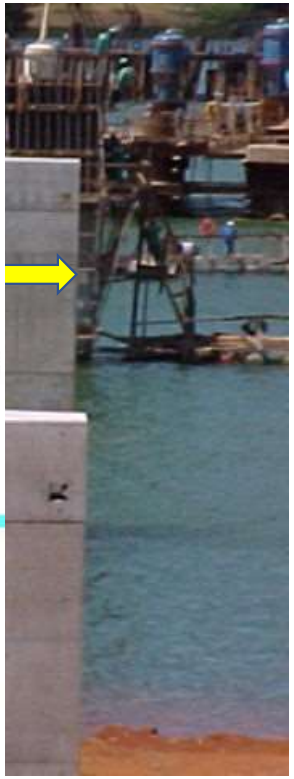
- Os esforços máximos suportados pelas estacas são 4860 kN de compressão e 1660 kN de tração
- A intensidade das forças que chegam aos Pilares P5 e P8 são:
  - Na vertical: 120,0 MN
  - Na horizontal: 32,0 MN
- Inclinação máxima: 1:4

Pilares do trecho de acesso

- Pilares dos trechos de acesso tem forma rômbica tipo caixão medindo externamente 11 x 2,5m, com paredes de 25cm de espessura e internamente 7,0 x 2,0m

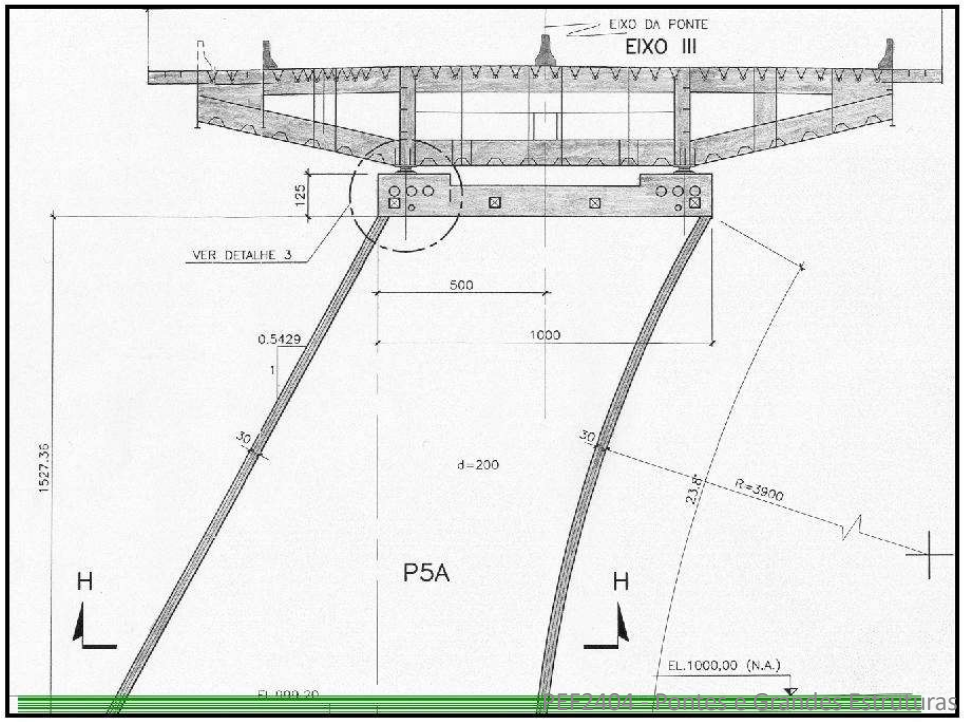






Pilares inclinados do trecho atirantado

- Os pilares do trecho atirantado são inclinados longitudinalmente no mesmo ângulo da nascença dos arcos, paralelos ao arcos e deslocados para fora do bloco



- Dimensões:

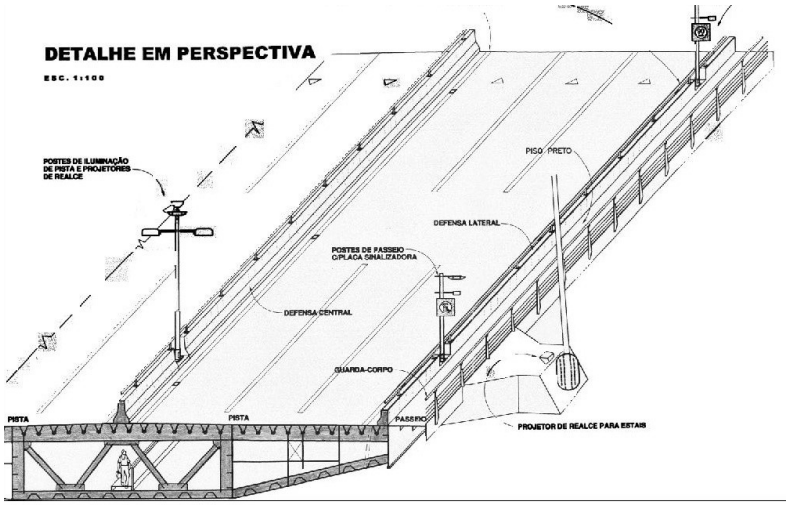
  13,20m na base

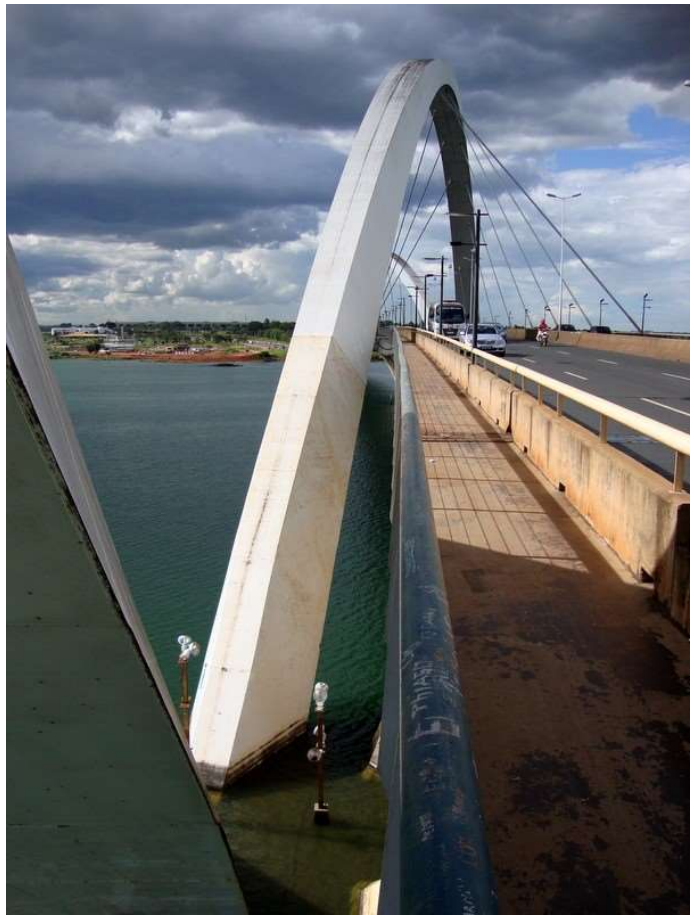
  2.00m de largura

Tabuleiro

- Dimensões: 24m de largura e 3m de altura

- Contém duas pistas, 9,8m cada, separadas por uma barreira de 60cm, e duas passarelas de 1,50m de largura em cada lado separadas das pistas por barreiras de 40cm de largura





Detalhe do tabuleiro metálico – vista isométrica

Tabuleiro do trecho acesso – estrutura mista

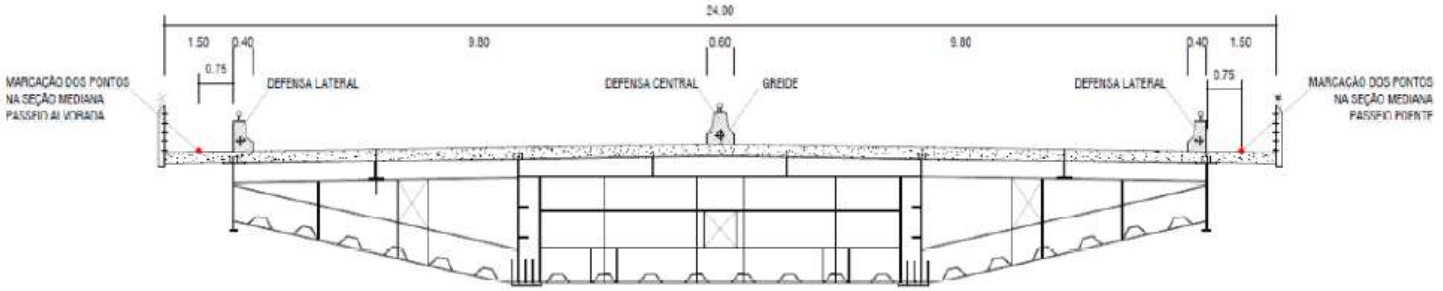
- Dimensões: 214,3m de comprimento com 3 vãos centrais de 45m, um vão externo de 38m e outro de 41,3m

- Laje de concreto armado moldada *in* loco e incorporada a estrutura de aço
- Altura: 3m

Laje moldada *in loco*

Tabuleiro do trecho atirantado – estrutura ortotrópica

- A estrutura do tabuleiro do trecho atirantado possui placas de espessura de 12,5mm a 16mm, enrijecidas longitudinalmente por meio de perfis em “Y” a cada 60cm
- Os perfis são sustentados por diafragmas a cada 4m



Seção transversal do tabuleiro do trecho estaiado

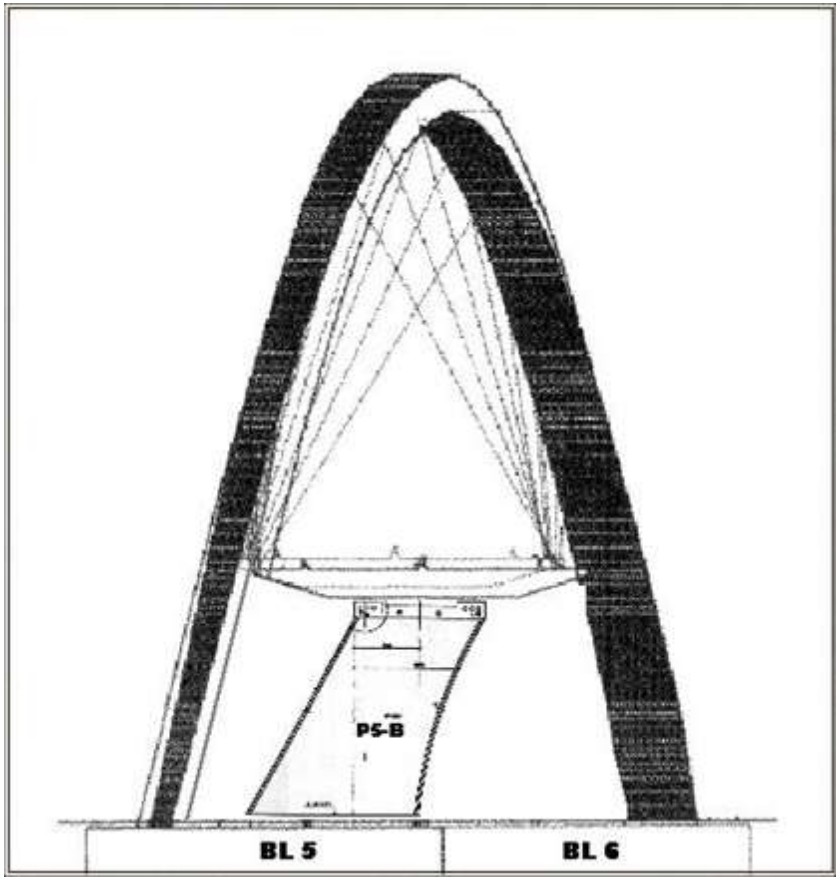
Tabuleiro do trecho atirantado – tabuleiro ortotrópico

- Sobre o tabuleiro metálico foi aplicado uma camada de pavimento denominado: “Dermoasfalto”

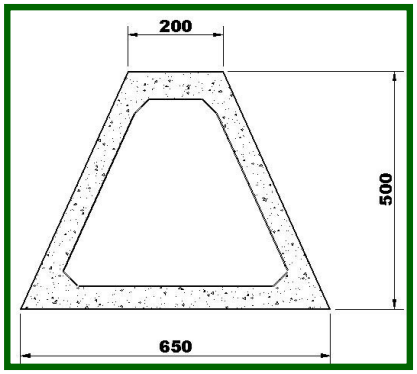
Vista panorâmica do trecho atirantado

Arcos

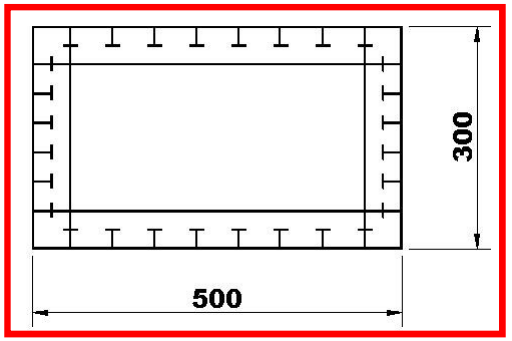
- Os três arcos da ponte possuem 240m de comprimento cada e suportam o tabuleiro de largura de 24m
- Dimensões transversais dos arcos variam de 6,50 x 5,0m, nas nascenças ,a 5,0 x 3,0m, na parte central



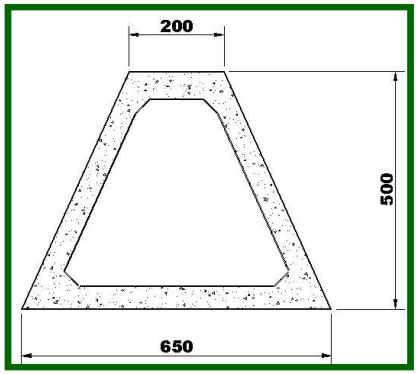
Arcos – Seções transversais



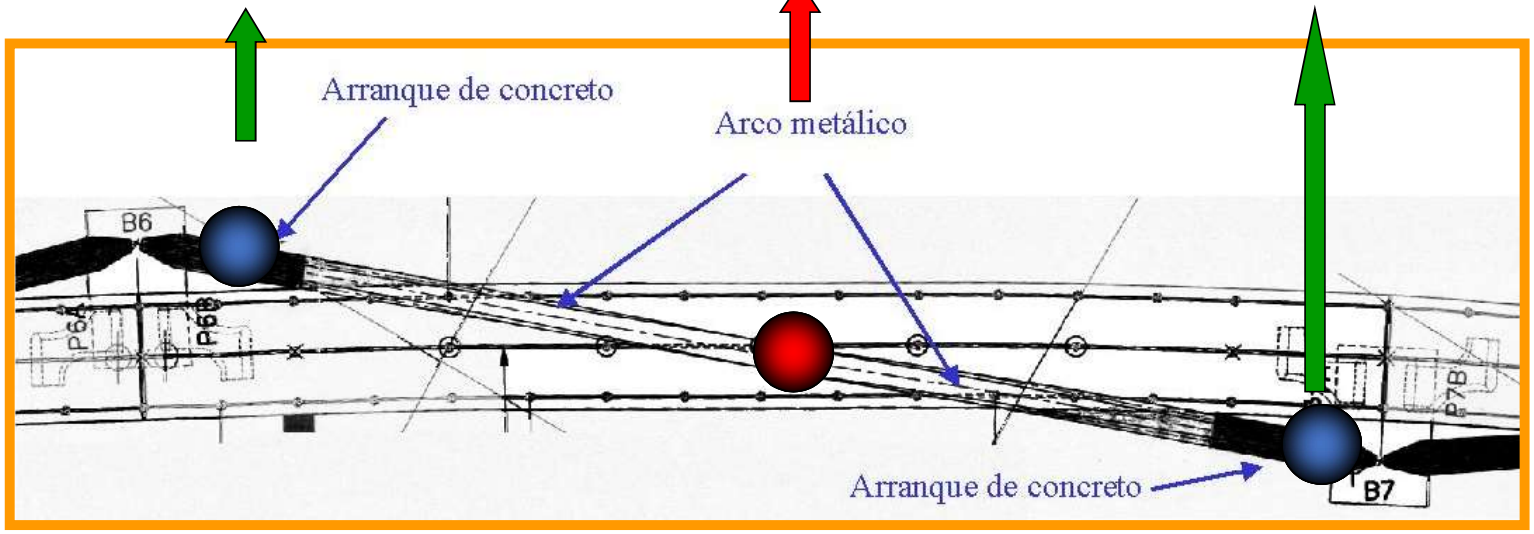
Arranque (concreto)



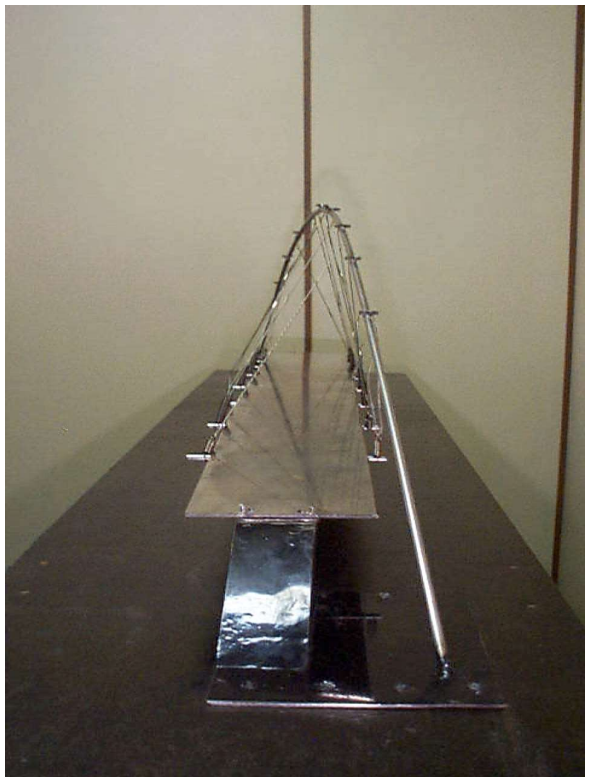
Trecho Central (metálico)

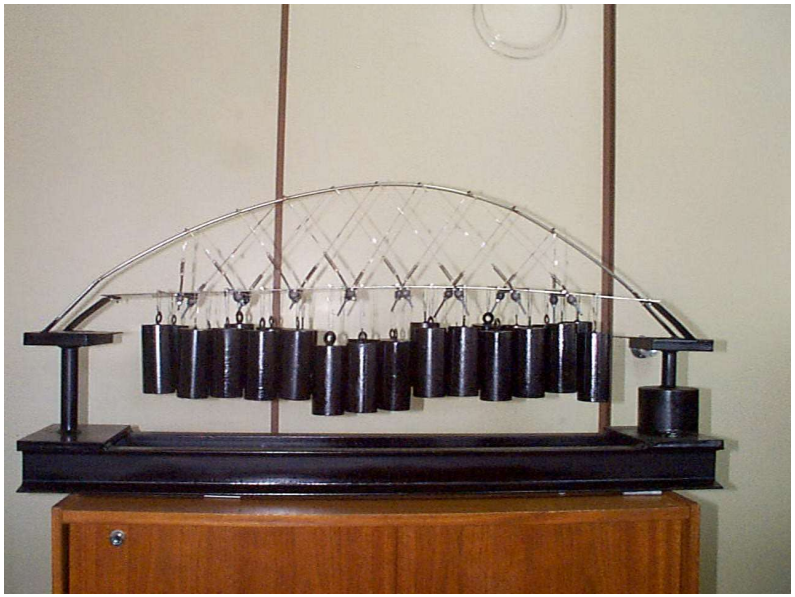


Arranque (concreto)



Estudo da montagem em modelo reduzido





Ponte Sérgio Motta, Cuiabá-MT

Formação de degrau entre o tabuleiro e o encontro

Inspeção visual;
Levantamento do greide;
Ensaios dinâmicos;
Medida das forças

Determinação das forças pela medida das catenárias dos cabos

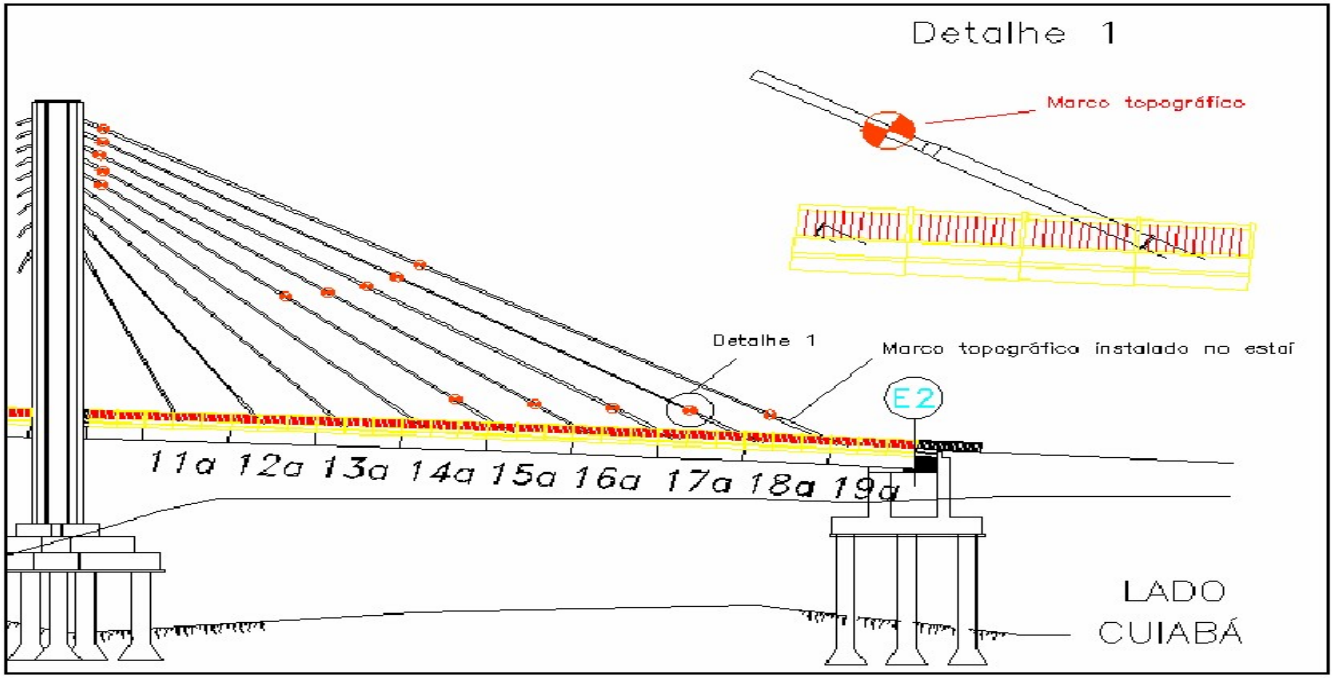


Figura 2.3 – Esquema dos alvos instalados nos estais – estais 5 a 9

Sistema de referência para medida da catenária

Figura 2.4 – Alvos instalados nos estais, na base do estai e nos meios dos estais

Resultados das forças (catenária)

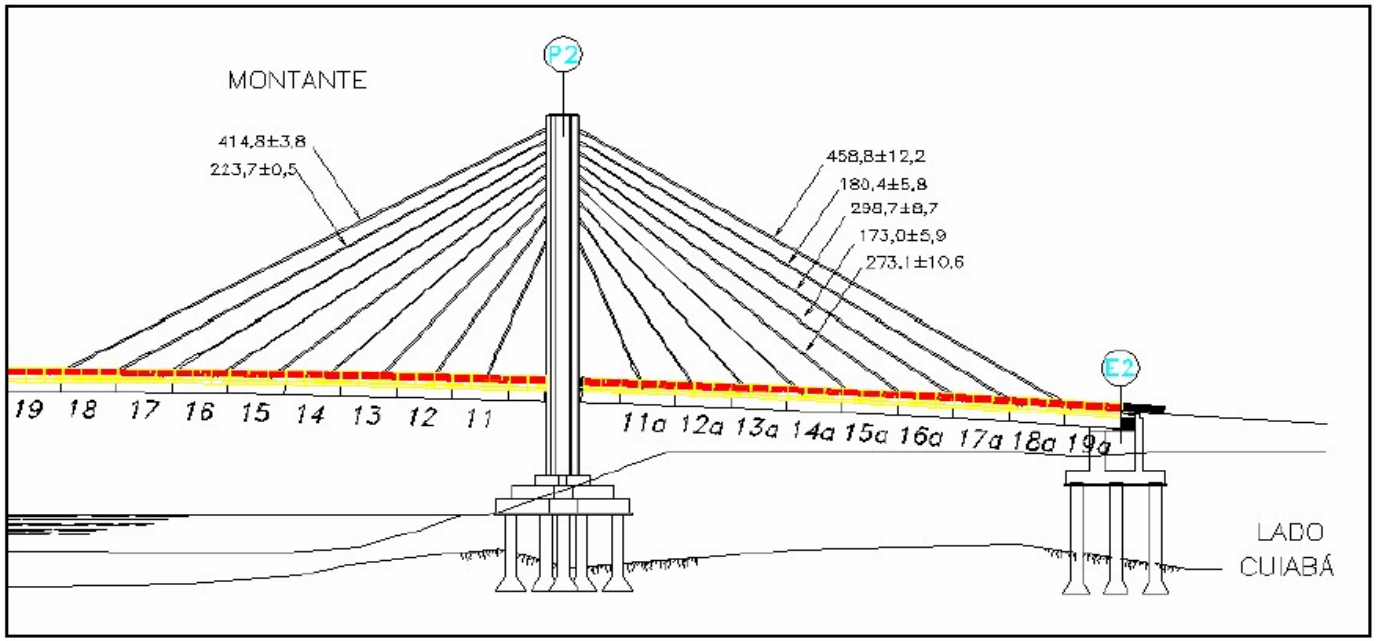
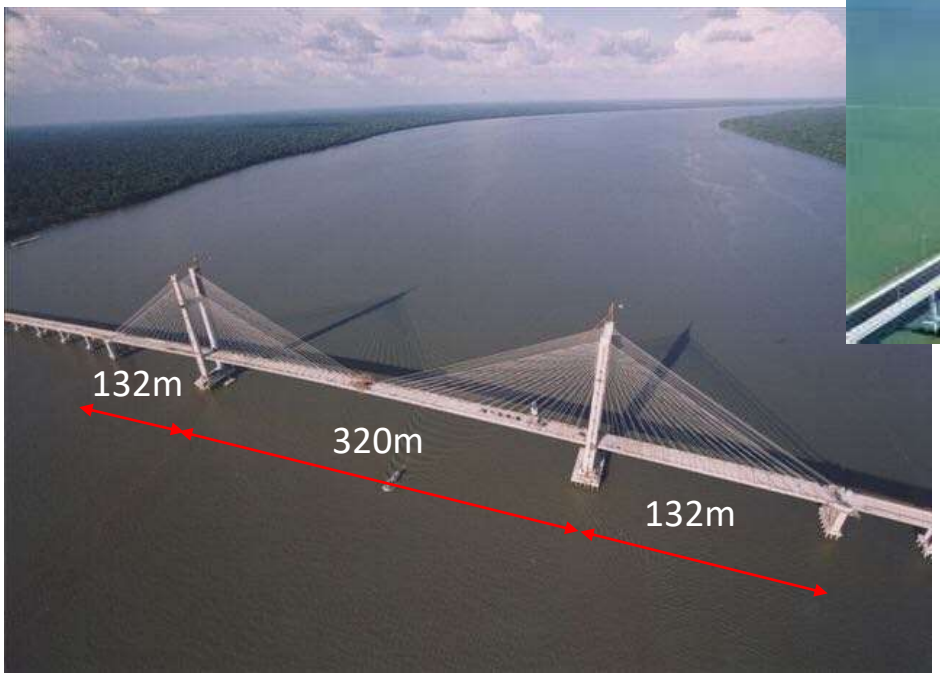


Figura 4.1 – Forças calculadas para os estais 19M, 18M, 19AM A 15AM (valores em tf)

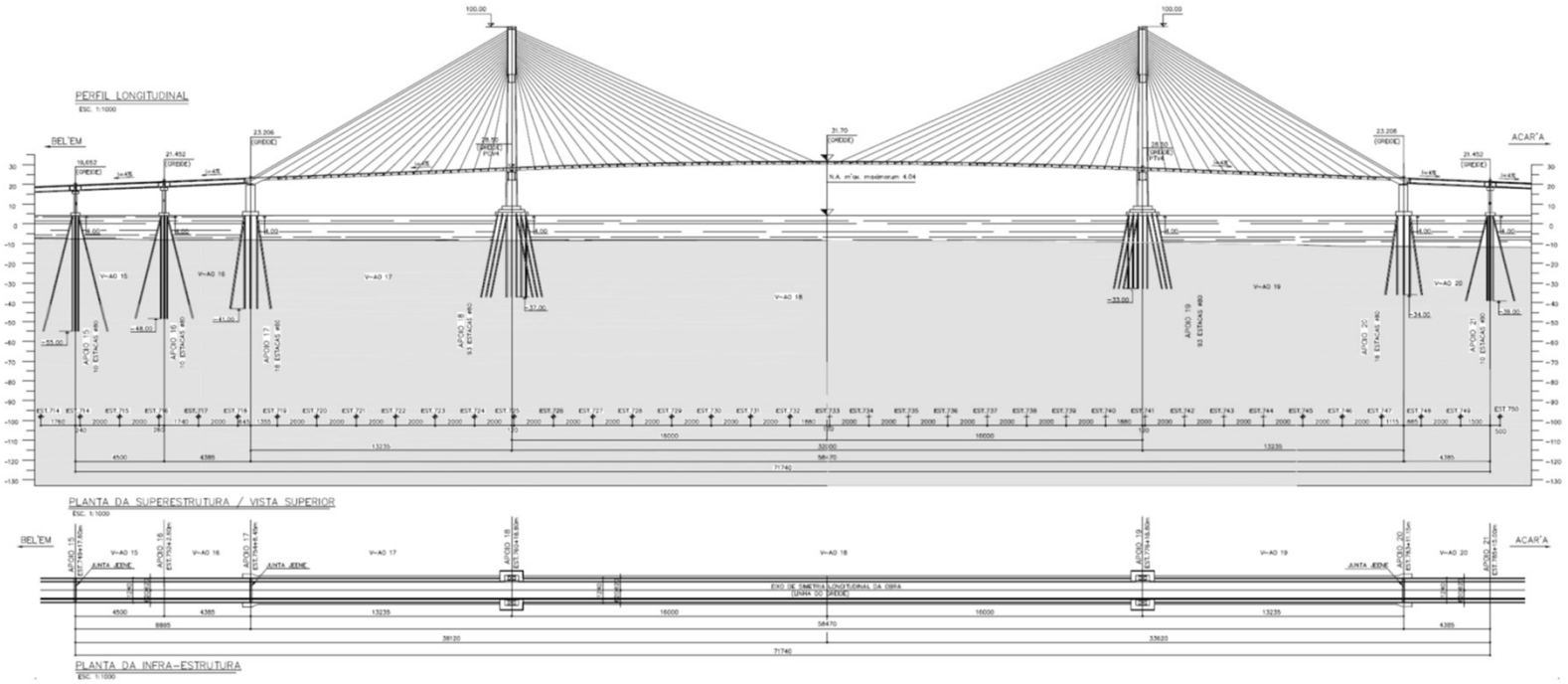
Ponte Gov. Almir Gabriel, Belém-PA

- Características geométricas
- Inauguração em 2002

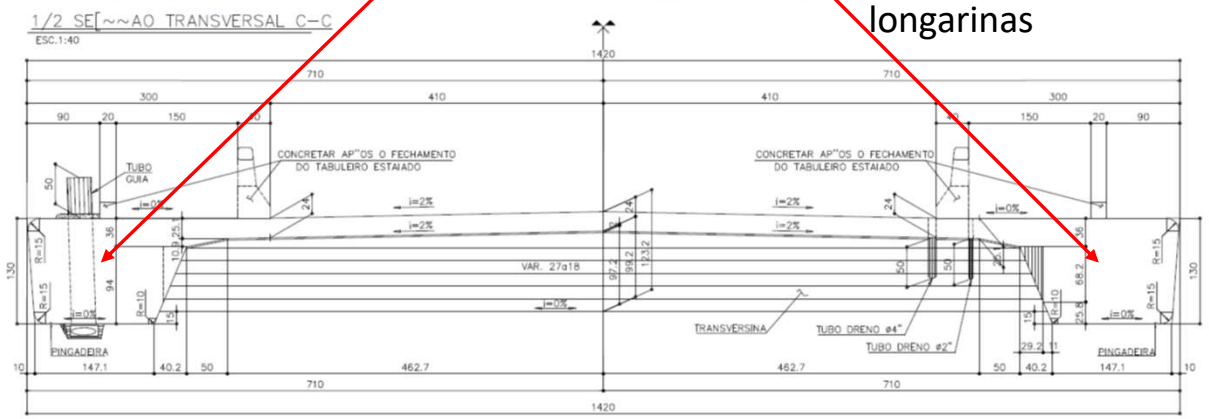


Pontes Estaiadas

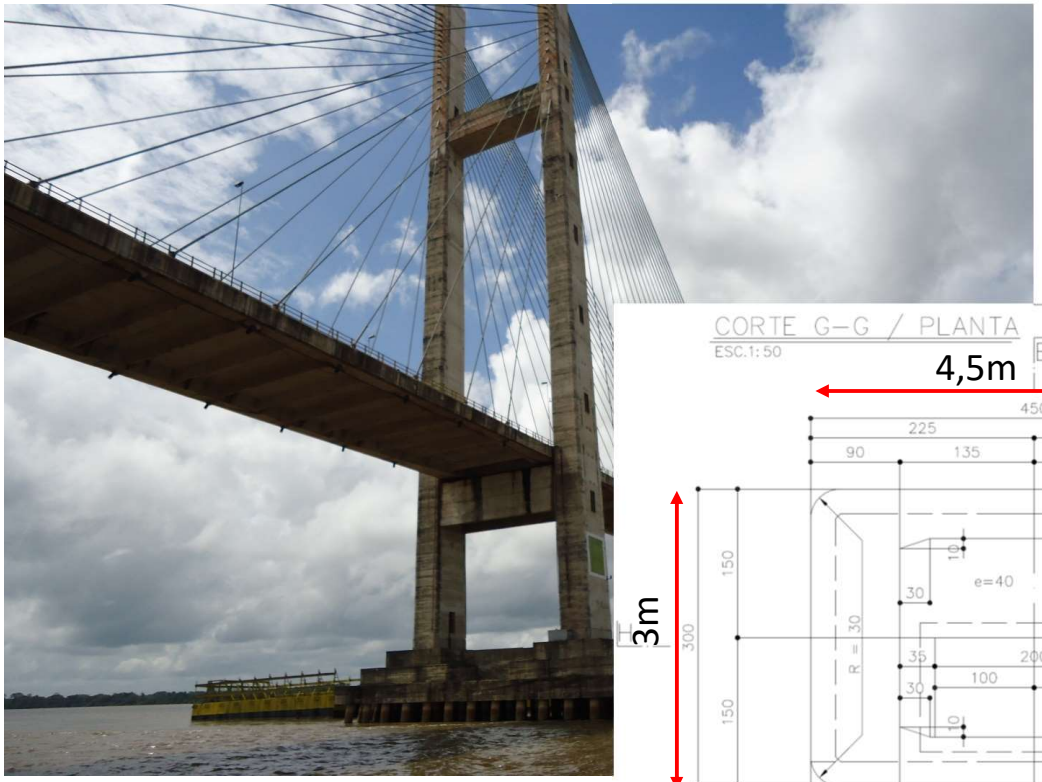
Geometria da ponte

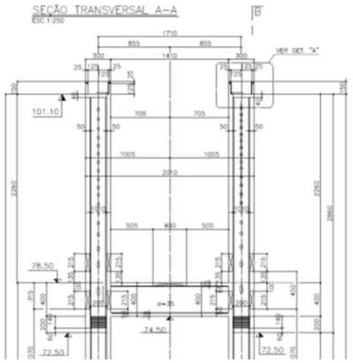


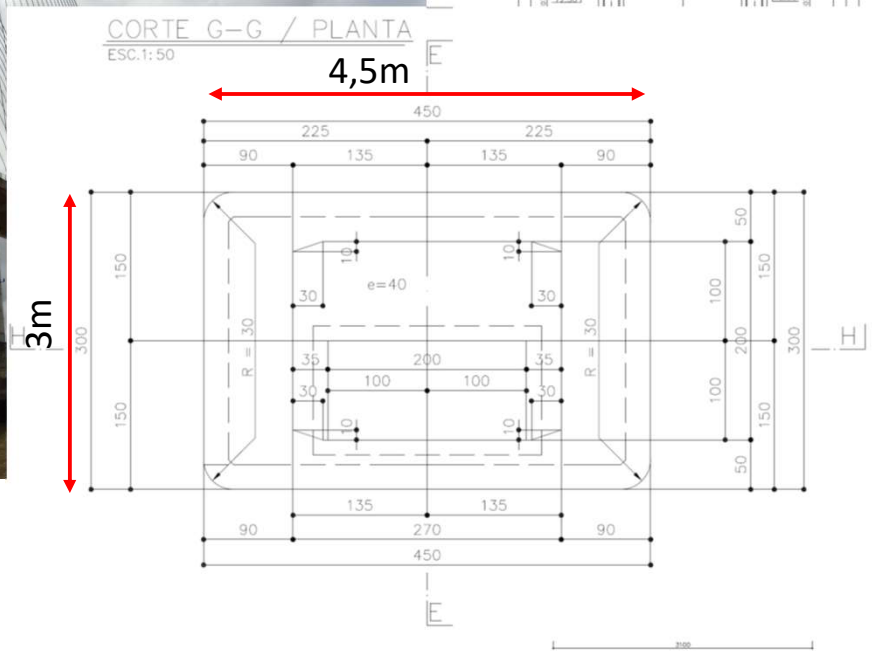
Tabuleiro – Aspectos gerais



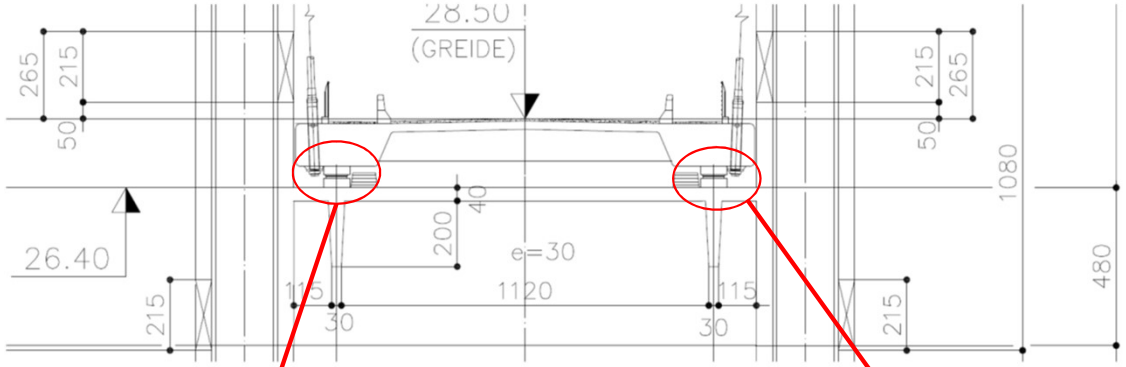
Mastro



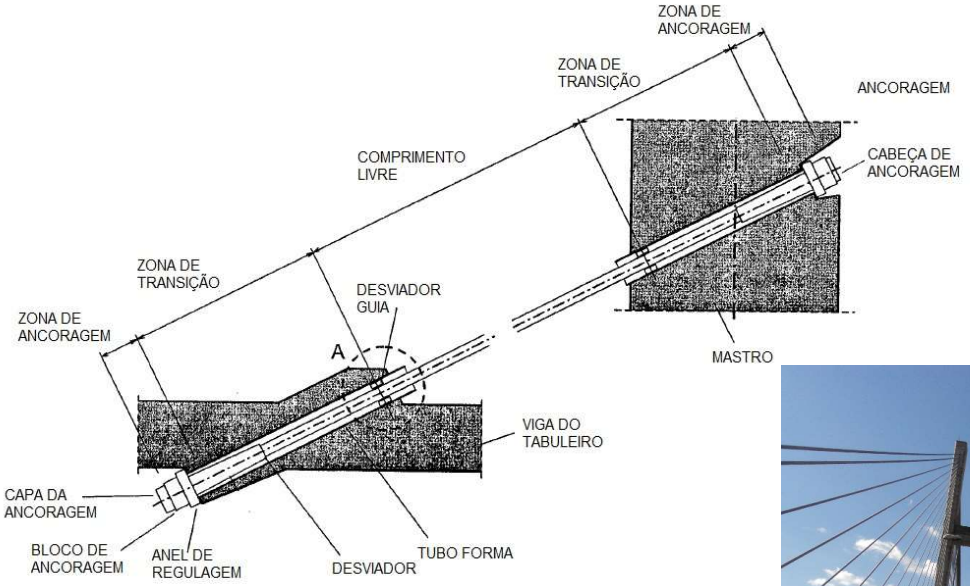

SEÇÃO TRANSVERSAL A–A

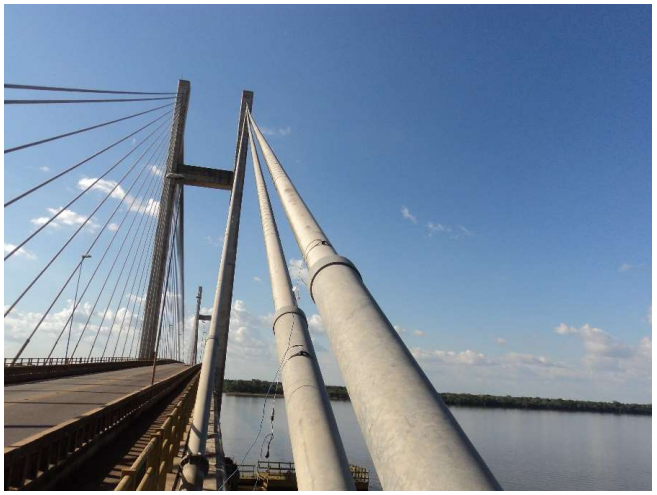

CORTE G–G / PLANTA
ESC.1:50
4,5m
3m
450
225
225
90
135
135
90
e=40
R = 30
200
100
100
270
H
E

Apoio do tabuleiro no mastro

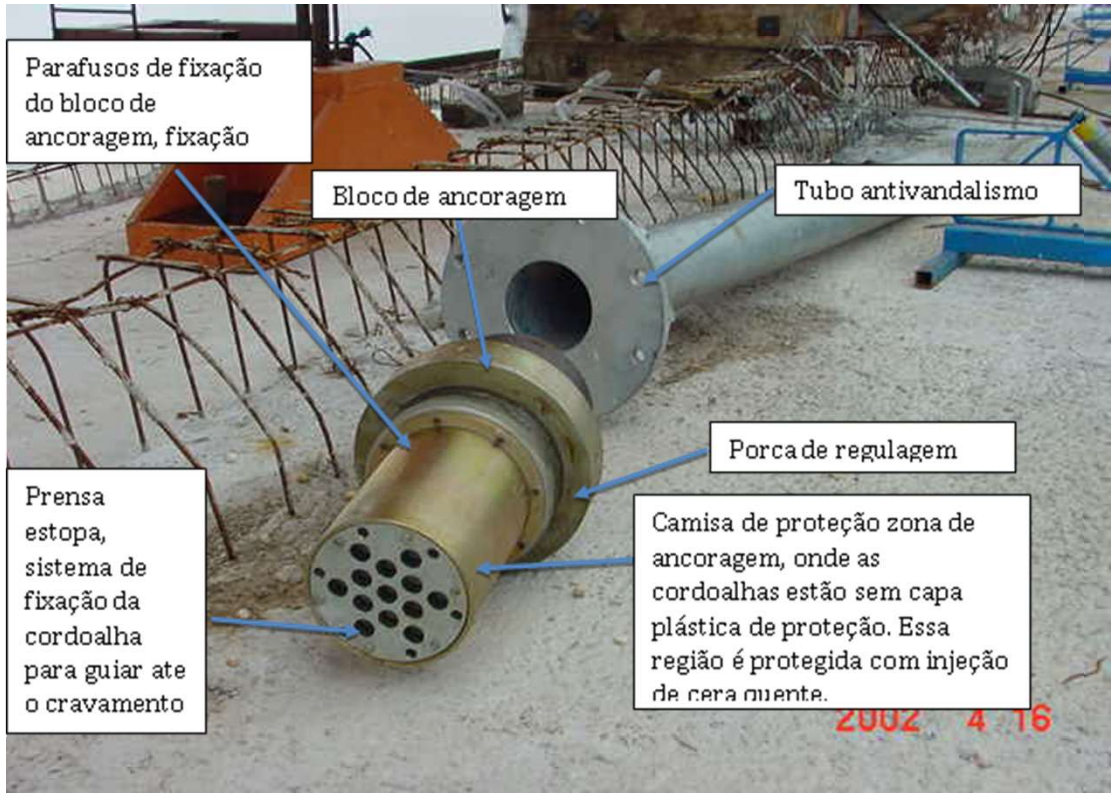


Estais

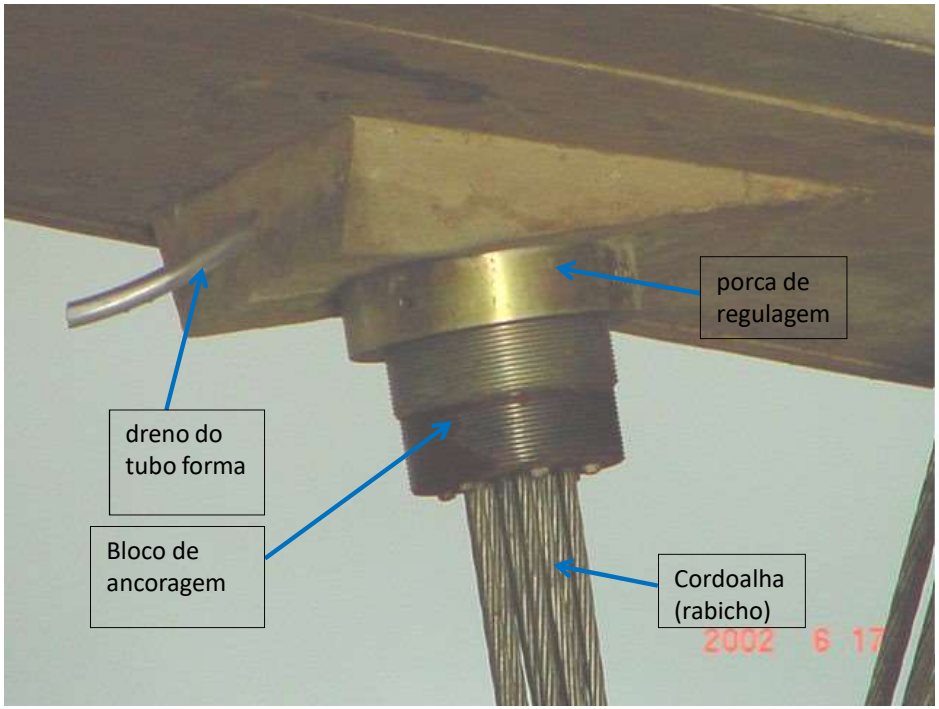

ZONA DE ANCORAGEM
ZONA DE TRANSIÇÃO
ANCORAGEM
COMPRIMENTO LIVRE
CABEÇA DE ANCORAGEM
ZONA DE TRANSIÇÃO
DESVIADOR GUIA
ZONA DE ANCORAGEM
A
MASTRO
VIGA DO TABULEIRO
CAPA DA ANCORAGEM
BLOCO DE ANCORAGEM
ANEL DE REGULAGEM
DESVIADOR
TUBO FORMA

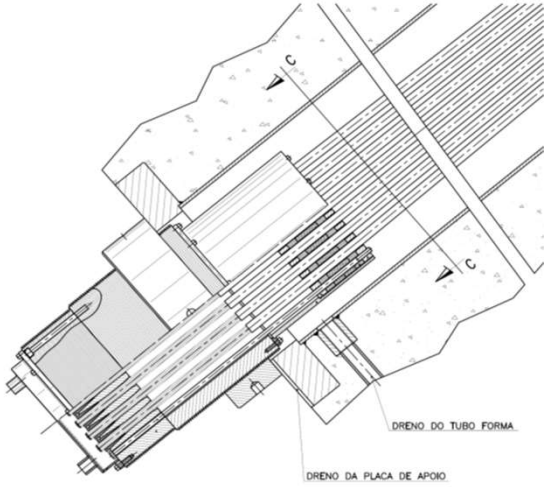


Estais – elementos que compõem

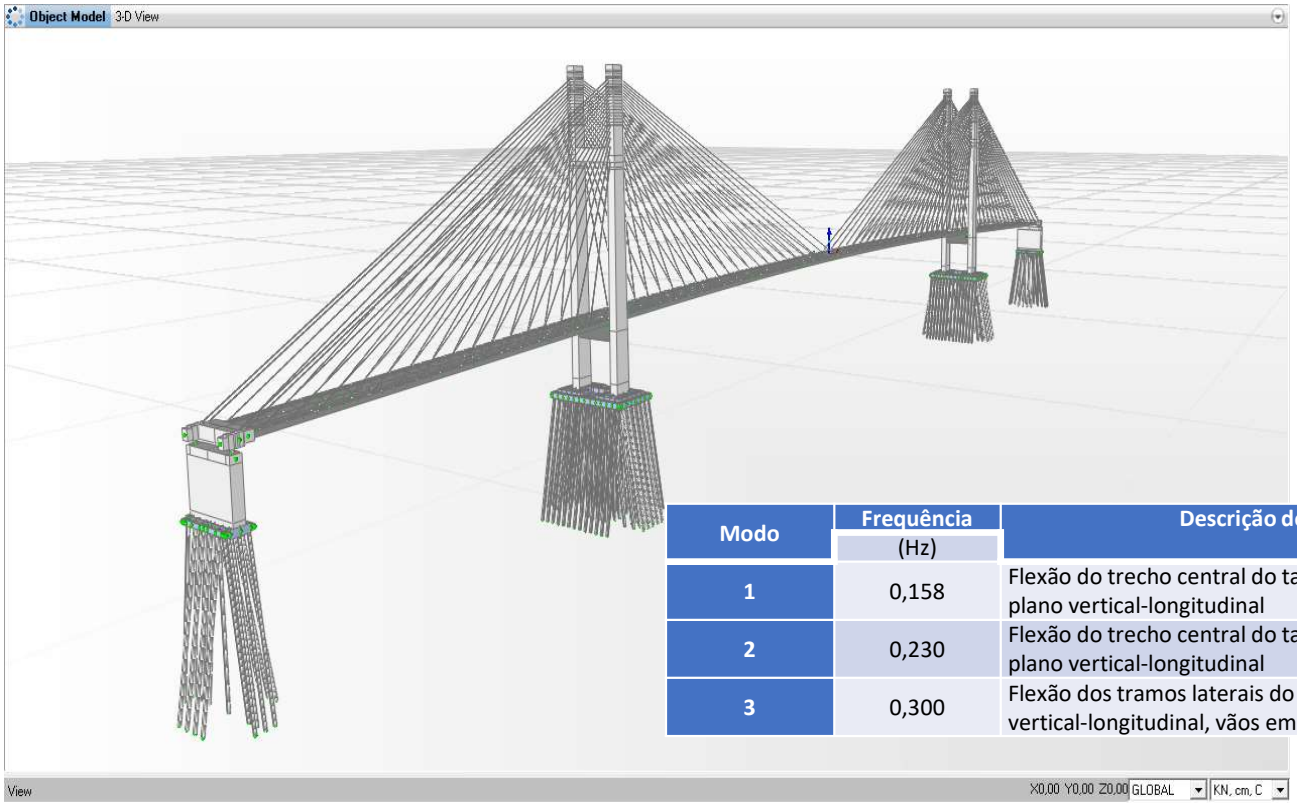


Ancoragem do estai montada (ativa)



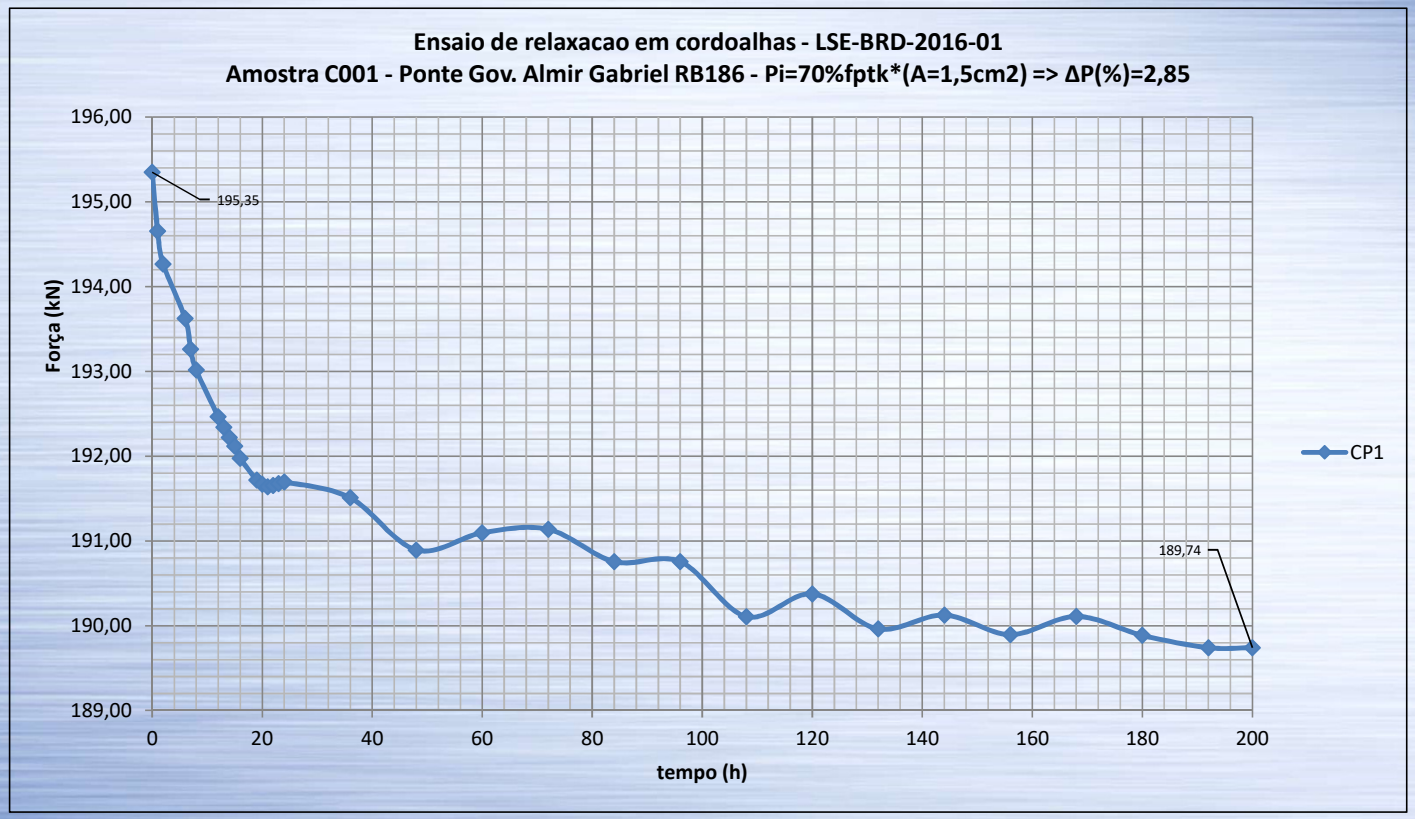


Modelo numérico



Modo	Frequência (Hz)	Descrição do modo
1	0,158	Flexão do trecho central do tabuleiro (meio-seno) no plano vertical-longitudinal
2	0,230	Flexão do trecho central do tabuleiro (senoide) no plano vertical-longitudinal
3	0,300	Flexão dos tramos laterais do tabuleiro no plano vertical-longitudinal, vãos em fase

Ensaio de relaxação das cordoalhas



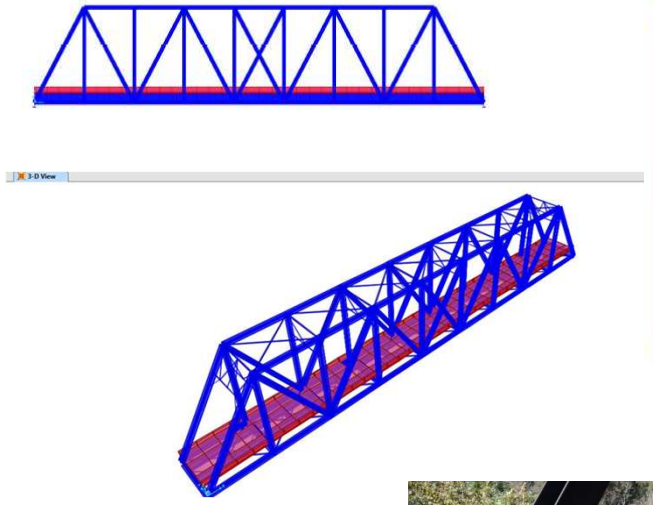
Pontes em Treliça - aço

F.E.M. Models

- Before dynamic tests, F.E.M. were developed to understand bridge structural behavior;
- These models were developed on CSIBridge v.15.2.0;
- Frame element to represent stell structure and railways tracks;
- Shell element to represent concrete boxes where railway tracks are rested;
- Non linear elements between railway tracks and concrete boxes;

To compare with experimental results:

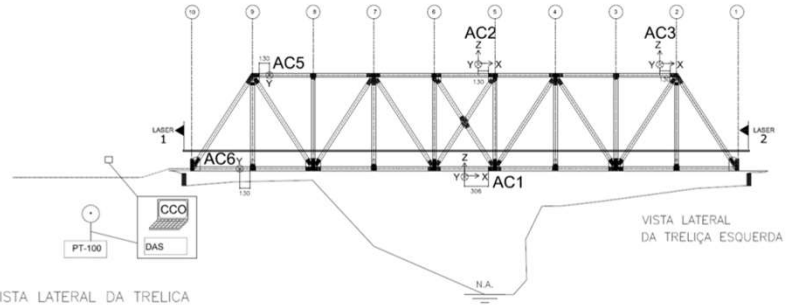
- Simulation of static and dynamic effects due to instrumented train;
- Calculation of modal shapes.



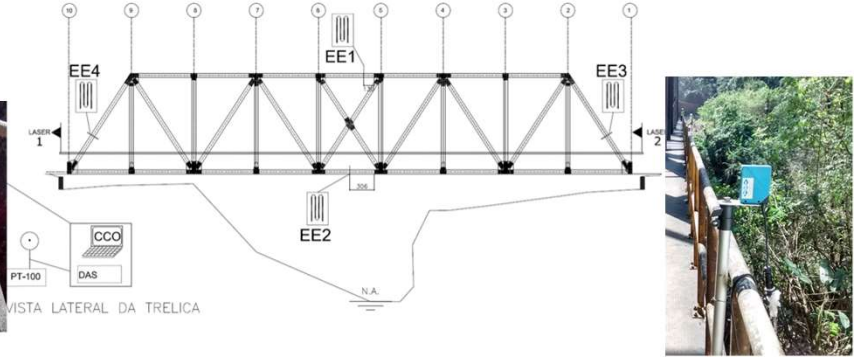
Pontes em Treliça - aço

Dynamic tests – bridge instrumentation

- Accelerometers;
- Strain gages;
- Laser detectors;
- Termometers.



VISTA LATERAL DA TRELICA



Dynamic tests

- Objective was to obtain the modal properties of the bridge;
- An instrumented train was used as excitation force to the structure. This train was composed with sixteen GDU gondola wagons. From this series of wagons the heaviest wagon is 145.7 tonnes, that spread onto four axles results in a 36.4tonnes/axle;
- the instrumented train passed over the bridge with speeds of 20km/h, 40km/h, 53km/h and 64km/h. Also the train stopped on the bridge to measure the static effects;
- After instrumented train, real traffic monitoring was continued by 3 days, 24hours/day

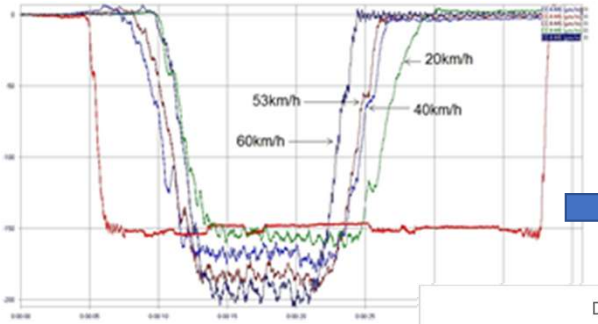
Results from dynamics tests

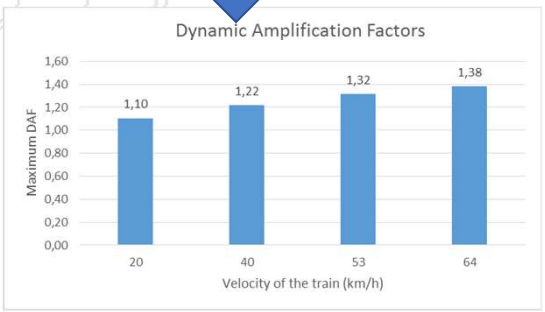
Dynamic amplification factors of:

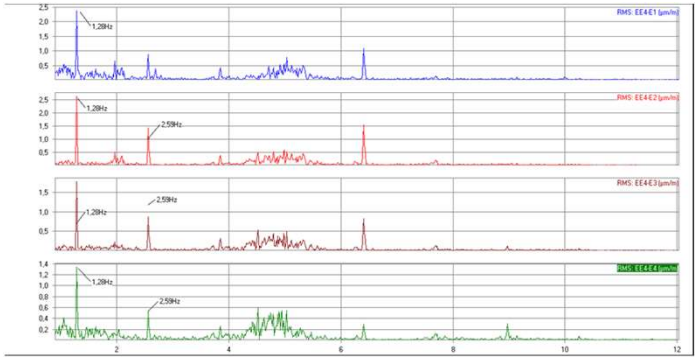
- 1,1 due to train with speed 20km/h;
- 1,22 due to train with speed 40km/h;
- 1,32 due to train with speed 53km/h;
- 1,38 due to train with speed 64km/h.

Modal shapes:

- 1,30Hz;
- 2,34Hz;
- 2,66Hz.







Ações Excepcionais – katrina

- Vento

Platform Tracker

Semisub Set Adrift By Katrina Wreaks Havoc in Mobile

When Hurricane Katrina blew into Mobile Bay on Monday morning, the strong winds and large storm surge began wreaking havoc on the many ships, barges, and docks located along the shores of the Mobile River. According to Port Authorities, many barges lost their moorings and were carried up the Mobile River as the hurricane pushed inland.

However, the biggest problems were caused by PEMEX's PSS Chemul, a 13,000 ton semisubmersible accomodation unit that was under renovation at the Bender Shipbuilding Yard Nine. The high waters of the storm surge apparently carried the platform off of the leased barge, the Mobiel Heavy Lifter, that was being used as its dry dock

Bender had won the contract from PEMEX to repair and refurbish the semi in November 2004. The contract included steel and pipe repair in the vessel's hulls and columns, painting of the vessel, power generation replacement and repair, and the upgrade and the installation of alarm, monitoring and control systems. Additionally, Bender was to remove the existing accommodation and office units and install 36 new personnel accommodation units and 7 new office units, remove the existing 150-ton crane and the install a new one, and refurbish the existing permanent 300-man accommodation facility.

All in all, Bender expected to emply as many as 350 people working on the PSS Chemul. The renovation work was expected to take about 8 months to complete, so the vessel was nearing completion before Katrina hit.

According to the Mobile Register, the Chemul was carried away from the shipyard and up the Mobile River where it first crashed into the Alabama State Port Authority's Bulk Material Handling Plant. Docks Director Jimmy Lyons indicated that the Chemul completely destroyed a $4 million barge loader, while potentially causing other significant damage to the dock and pilings as it careened up the river.

Tug boats tried to corral the floating behemoth, but were thwarted by high winds and waves that prevented them from controlling it. The Cost Guard also monitored the Chemul, but was unable to provide assistance due to the high winds.

Around 11am, the semisub crashed into the Cochrane-Africatown USA Bridge that crosses over the Mobile River, providing the only hazardous cargo route through the area. The 140-foot tall bridge was completed in 1991 at a cost of $70 million.

Around 5pm, as the storm surge began to subside, the vessel was able to drift free from where it had been pinned under the bridge. According to witnesses, much of the top-sides structures on the Chemul was destroyed or badly damaged.

Créditos

Informações da disciplina

Informações da Disciplina

Júpiter - Sistema de Graduação

Escola Politécnica

Engenharia de Estruturas e Geotécnica

Disciplina: PEF2404 - Pontes e Grandes Estruturas
Bridges and Large Structures

Créditos Aula:	4
Créditos Trabalho:	0
Carga Horária Total:	60 h
Tipo:	Semestral
Ativação:	01/01/2003 **Desativação:**

Objetivos
As idéias básicas que nortearam a elaboração desta proposta são: 1 - Divisão do curso por tipo de obra. Seriam apresentados os tipos mais significativos de pontes e viadutos. 2 - Discussão de Alternativas. Para cada tipo seriam discutidas alternativas de método construtivo, materiais de construção e tipo estrutural. 3 - Teoria de Cálculo. As teorias seriam apresentadas logo após o tipo estrutural correspondente, procurando amarrar as hipóteses da teoria às características do tipo estrutural.

Docente(s) Responsável(eis)

67381 - Kalil Jose Skaf

Programa Resumido
Introdução às pontes e grandes estruturas. Noções de concepção. Superestrutura das pontes. Tipos estruturais. Métodos construtivos. Materiais de construção. Comportamento estrutural e teorias de cálculo. Pontes em viga simples e múltiplas. Estruturas de concreto protendido. Tipos de protensão e sua representação no projeto. Noções sobre perdas. Estados limites. Noções sobre esforços hiperestáticos e fluência.Projeto de uma superestrutura em grelha com vigas protendidas. Meso e infraestruturas de pontes. Tipos e métodos construtivos. Teorias usuais de cálculo.

Programa
Introdução às pontes e grandes estruturas. Noções de concepção. Superestrutura das pontes. Tipos estruturais. Métodos construtivos. Materiais de construção. Comportamento estrutural e teorias de cálculo. Pontes em viga simples e múltiplas. Estruturas de concreto protendido. Tipos de protensão e sua representação no projeto. Noções sobre perdas. Estados limites. Noções sobre esforços hiperestáticos e fluência.Projeto de uma superestrutura em grelha com vigas protendidas. Meso e infraestruturas de pontes. Tipos e métodos construtivos. Teorias usuais de cálculo.

Avaliação

Método

Aulas teóricas expositivas, com apoio de slides (multimídia no futuro) e modelos. Aulas práticas de discussão dos problemas de projeto e elucidação de dúvidas.

Critério

A = 0,15 x PROJ + 0,45PT + 0,4 x PP
PROJ - Exercício a ser entregue 1 semana após PP
PT - Prova teórica
PP - Prova prática

Norma de Recuperação

0,5A + 0,5R>= 5,0; R é a nota de uma prova realizada na última semana de férias.

Bibliografia