

Aula Inaugural 2013



Estudo sobre a Integridade do Viaduto do Joá, Rio de Janeiro Manutenção e recuperação estrutural de obras de arte

por

Professor Eduardo de Miranda Batista

Departamento de Estruturas, Escola Politécnica, UFRJ

Programa de Engenharia Civil, COPPE, UFRJ

Coordenador dos estudos sobre a integridade estrutural do Viaduto do Joá

Sala Fundação Gorceix – Escola de Minas
Sexta feira, dia 15 de março de 2013
às 14:30 horas

04/12



Palestra:

INTEGRIDADE E SEGURANÇA ESTRUTURAL DO VIADUTO DO JOÁ

Complemento da palestra do dia 25.11.2010,
agora em presença do relatório final

Palestrantes:

Engenheiros

Eduardo de Miranda Batista

COPPE-UFRJ e

Luiz Martins de Miranda

ECOPROTEC

Apoio:

Divisão Técnica de Construção - DCO

ABPE

Dia 04/12/12 – 17h30 – 22º andar

CLUBE DE ENGENHARIA

FUNDADO EM 24 DE DEZEMBRO DE 1880

Av. Rio Branco, 124 – Centro - Rio de Janeiro – RJ

O evento será transmitido pela Web TV: www.clubedeengenharia.org.br

Inscrições: divisoes-tecnicas@clubedeengenharia.org.br

ENTRADA FRANCA



Departamento de Estruturas
Escola Politécnica



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO
UFRJ

Segurança e Integridade Estrutural do Viaduto do Joá

O ponto de vista da Engenharia Civil de
Estruturas e Construção

Professor Eduardo de Miranda Batista
Departamento de Estruturas, Escola Politécnica
Programa de Engenharia Civil, COPPE

Coordenador dos estudos sobre a integridade estrutural do Viaduto do Joá

Auditório André Rebouças, sala D220
Terça feira, dia 11 de dezembro de 2012
Às 10 horas

4 de dezembro de 2012

Coppe recomenda reconstrução do Elevado do Joá

· Relatório aponta degradação estrutural; mas prefeitura, que encomendou estudo, contesta

f Recomendar

<4,7 mil

Twitter Tweet

<112

g +1

<9

COMENTAR



LUIZ ERNESTO MAGALHÃES (EMAIL)

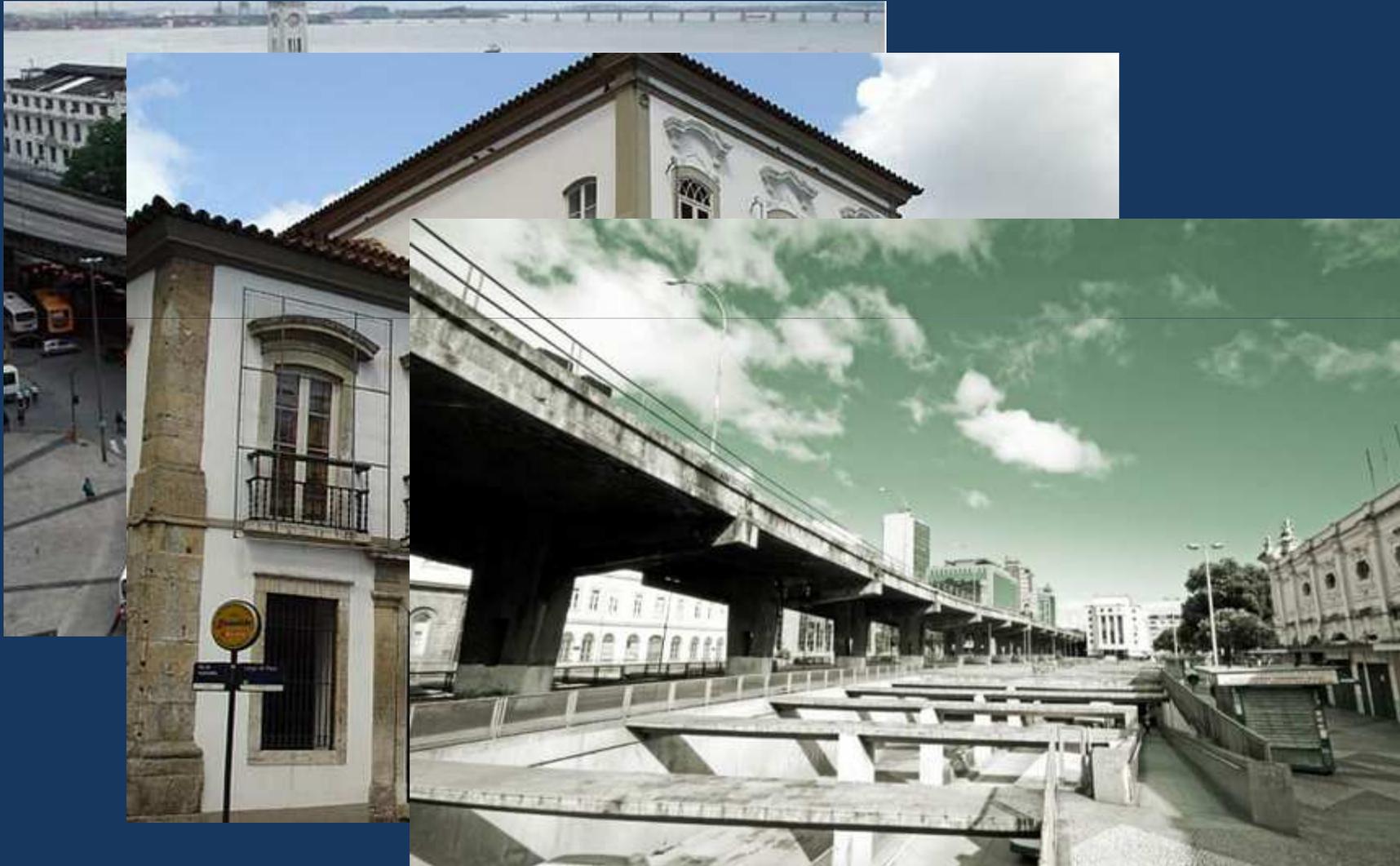
Publicado: 4/12/12 - 6h00 Atualizado: 4/12/12 - 6h00



Segurança e Integridade do Elevado das Bandeiras (“Viaduto do Joá”)

- Obras de arte
- Viadutos e pontes
- Edifícios
- Sistemas construtivos e estruturais
- Arquitetura e engenharia
- Mobilidade urbana
- Administração pública e Política

Viaduto Perimetral



Puerto Madero
Buenos Aires
Passarela estaiada
Arquiteto Santiago Calatrava



Ponte do Saber
Rio de Janeiro
Arquiteto Alexandre Chan
Projeto estrutural:
VGarambone Projetos e
Consultoria Ltda.



Edifício Gustavo Capanema Rio de Janeiro

O edifício é considerado um marco no estabelecimento da Arquitetura Moderna Brasileira, tendo sido projetado por uma equipe composta por **Lucio Costa**, **Carlos Leão**, **Oscar Niemeyer**, **Afonso Eduardo Reidy**, **Ernani Vasconcellos** e **Jorge Machado Moreira**,



Azulejos de **Cândido Portinari**

Paisagista **Roberto Burle Marx**





Estudo sobre a Integridade Estrutural do Viaduto do Joá (ou “Elevado das Bandeiras”)

Eduardo de M. Batista
Programa de Engenharia Civil, COPPE – UFRJ

15 de março de 2013

A estrutura do Viaduto



Lado B (encosta)

Tabuleiro/pista superior

Tabuleiro/pista inferior

Lado A (mar)

Descrição sucinta da estrutura

- Extensão: 1100 m
- 30 vãos de 35,3 m e 3 vãos de 24,5 m
- Acesso: por túneis nas duas extremidades
- Dois níveis: superior e inferior
- Fundações diretas na rocha
- Mesoestrutura: pórticos em concreto armado
- Superestrutura:
 - 4 vigas protendidas
 - Lajes solidarizadas por protensão transversal
 - Apoios das vigas sobre dentes Gerber





- Ambiente severo para a corrosão
- Região junto ao mar
- Zona de *splash* (quebra de ondas)
- “Laboratório de corrosão”



Em 2010:

Contrato No. 107/2009 entre a Secretaria Municipal de Obras e Conservação do Rio de Janeiro e a Fundação COPPETEC

- Serviços de inspeção e identificação de patologias (janeiro a junho de 2010)
- Conclusões e Recomendações incluídas no Laudo Final Segurança Estrutural de junho de 2010:

1. Recuperar Pilares (Obra)
2. Recuperar juntas (Obra)
3. Investigar todos os dentes Gerber
4. Investigar cabos de protensão
5. Projeto para troca dos aparelhos de apoio
6. Iniciar estudo de projeto para via alternativa ao atual viaduto

Pilares: recomendações em 2010

- Novas intervenções para recuperação
- Aprimorar procedimentos de reparo
- Evitar realizar “mais do mesmo” (quando não apresenta resultado adequado)
- Aumentar consideravelmente a DURABILIDADE.
- Adotar proteção catódica
- Material de recobrimento: concreto de alta durabilidade
- Classe de agressividade ambiental IV:
 - recobrimento de 5 cm,
 - $A/C < 0,45$ e
 - concreto classe $> C40$
- Aumentar vida útil e reduzir intervenções de manutenção
- Viabilizar o viaduto por no mínimo mais 50 anos (?)

Recuperação dos Pilares em 2012



Recuperação dos Pilares em 2012



Proteção catódica nos pilares



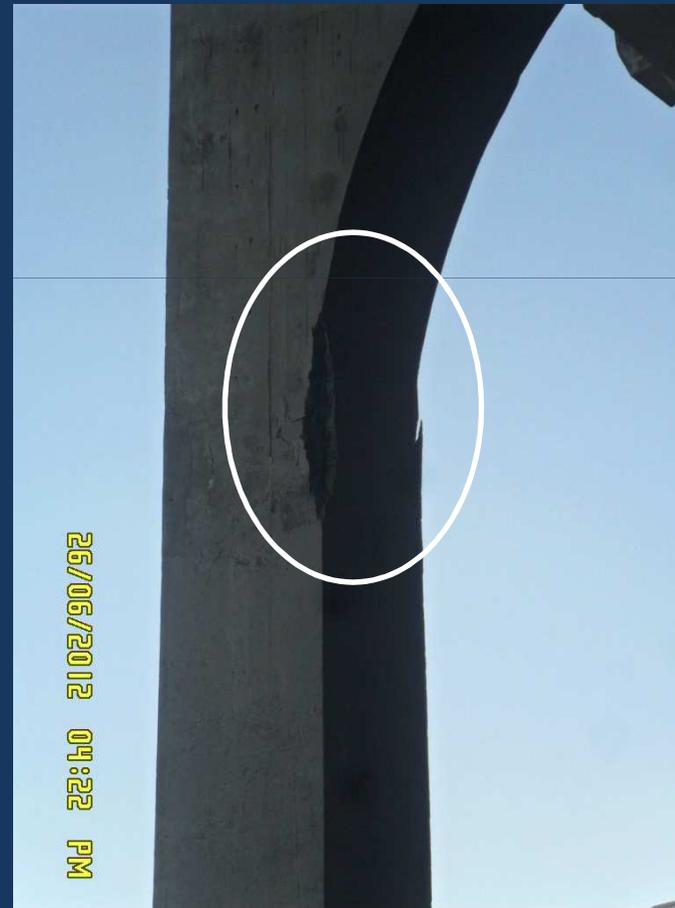
Pilares recuperados durante o ano de 2012

Pilar	Situação em abril de 2010	Situação em agosto de 2012
P6A	A ser recuperado	Recuperado
P8A	A ser recuperado	Recuperado
P14A	A ser recuperado	Recuperado
P16A	A ser recuperado	Recuperado
P17A	A ser recuperado	Recuperado
P18A	A ser recuperado	Recuperado
P19A	A ser recuperado	Recuperado
P22A	Em obra de recuperação	Recuperado
P22B	Em obra de recuperação	Recuperado
P23A	Em obra de recuperação. Segurança estrutural gravemente comprometida.	Recuperado
P23B	Em obra de recuperação	Recuperado
P3A	A ser recuperado	Recuperado

Pilares: o que ainda há por fazer (continuamente)



Pilar P4A



Investigar cabos de protensão

Investigação extensiva dos cabos de protensão do reforço das vigas principais

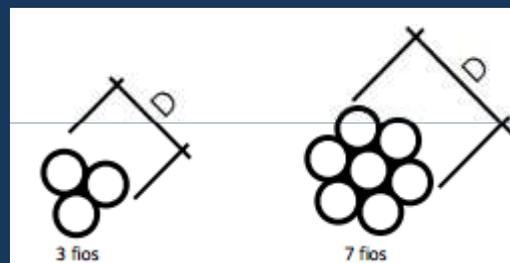


Cordoalhas para concreto protendido



Cordoalhas de 3 e 7 Fios Estabilizadas (RB)

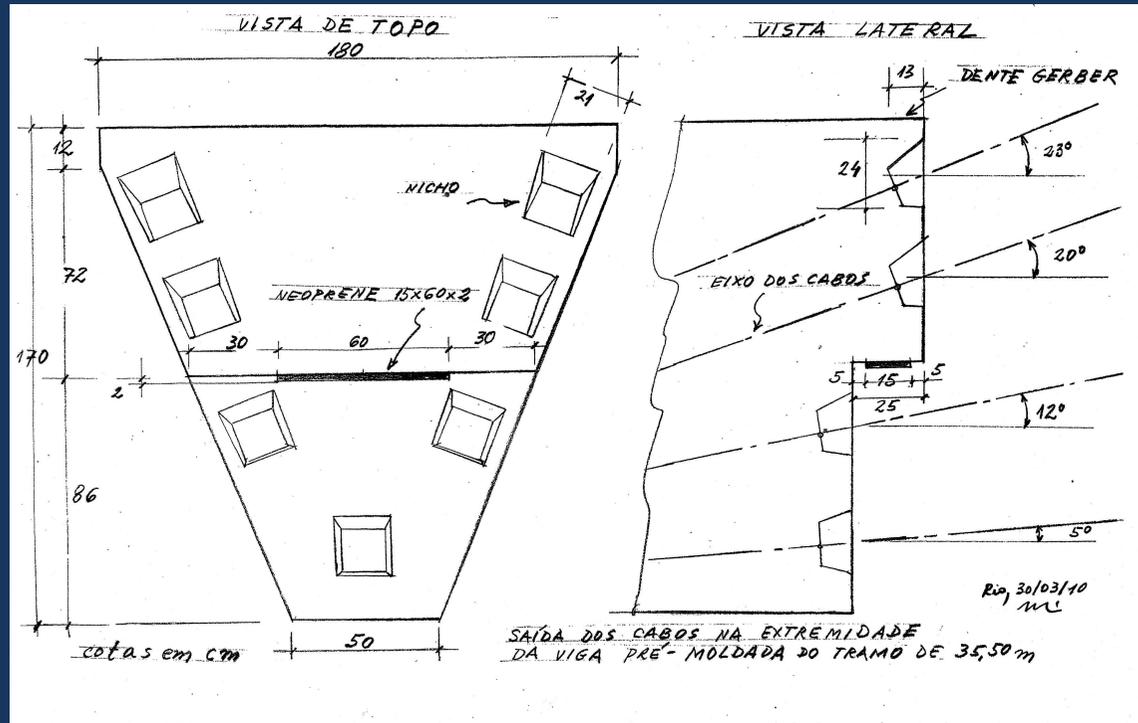
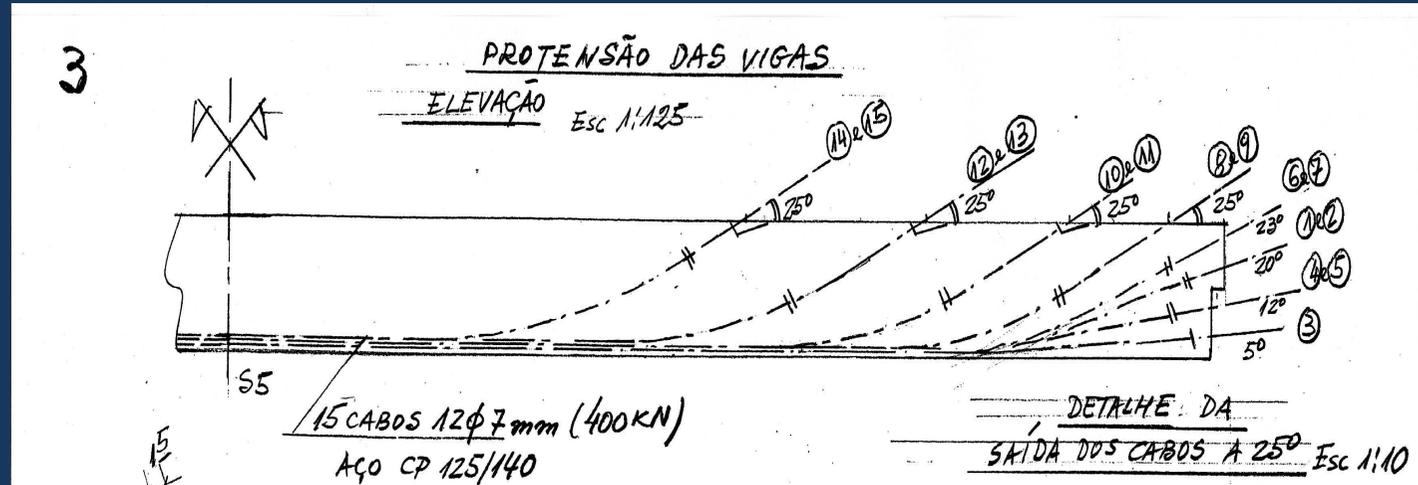
Fornecidas de acordo com a norma ABNT NBR 7483



Especificações dos Produtos – Fios para Profensão

Produto	Diâmetro nominal (mm)	Área aprox. (mm ²)	Área mínima (mm ²)	Massa aprox. (kg/km)	Carga mínima a 1% de deformação (kN)	Carga mínima de ruptura (kN)	Along. após ruptura (%)
CP 145 RB L	9,0	63,6	62,9	500	82,1	91,2	6,0
CP 150 RB L	8,0	50,3	49,6	395	67,0	74,5	6,0
CP 170 RB E	7,0	38,5	37,9	302	58,0	64,5	5,0
CP 170 RB L	7,0	38,5	37,9	302	58,0	64,5	5,0
CP 170 RN E	7,0	38,5	37,9	302	54,8	64,5	5,0
CP 175 RB E	4,0	12,6	12,3	99	19,3	21,4	5,0

3



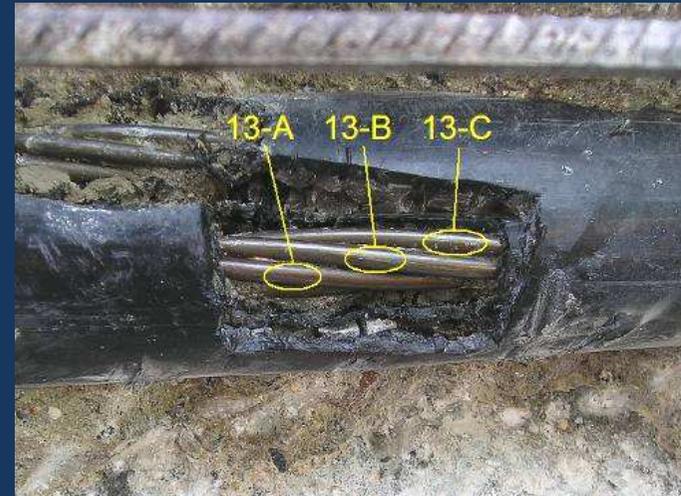
Projeto de protensão original das vigas do Elevado das Bandeiras

Inspeção com medição das tensões com auxílio de equipamento portátil de Raio X*



* GURTEQ Ensaios Não Destrutivos

Medição das tensões com auxílio de equipamento portátil de Raio X



Resultados das medições de tensões nas cordoalhas

- No tabuleiro inferior os cabos de protensão encontram-se protegidos com argamassa de cimento no interior das bainhas. Essa proteção encontra-se em estado adequado de conservação.
- No tabuleiro superior as cordoalhas são protegidas por graxa no interior da bainha e encontram-se igualmente em estado adequado de conservação.
- Os resultados das medições das tensões nos cabos de protensão resultaram em:
 - Tabuleiro inferior: Valor médio: 553 MPa, desvio padrão: 123 MPa, variância: 22%, número de medições: 18.
 - Tabuleiro superior: Valor médio: 1063 MPa, desvio padrão: 53 MPa, variância: 5%, número de medições: 18.
- Esses resultados indicam que a variabilidade das tensões medidas não é excessiva e, mais importante, há coerência entre os valores medidos em cada tabuleiro, podendo-se concluir que não há falhas ou perda de protensão nessas posições.

Serviços executados em 2012 com base nas Recomendações emitidas pela Coppetec em junho de 2010:

1. Recuperar Pilares (Obra) ✓

2. Recuperar juntas (Obra) ✓

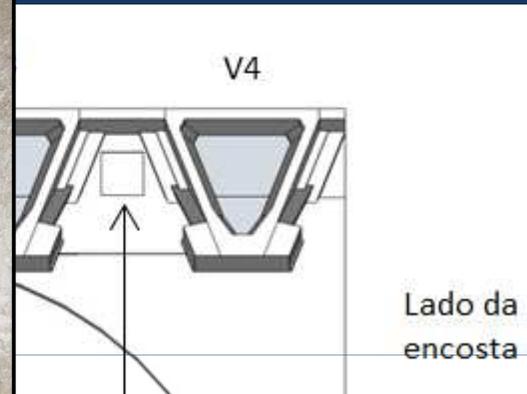
3. Investigar todos os dentes Gerber

4. Investigar cabos de protensão ✓

5. Projeto para troca dos aparelhos de apoio

6. Iniciar estudo de projeto para via alternativa ao atual viaduto

Acesso aos dentes Gerber: 2010



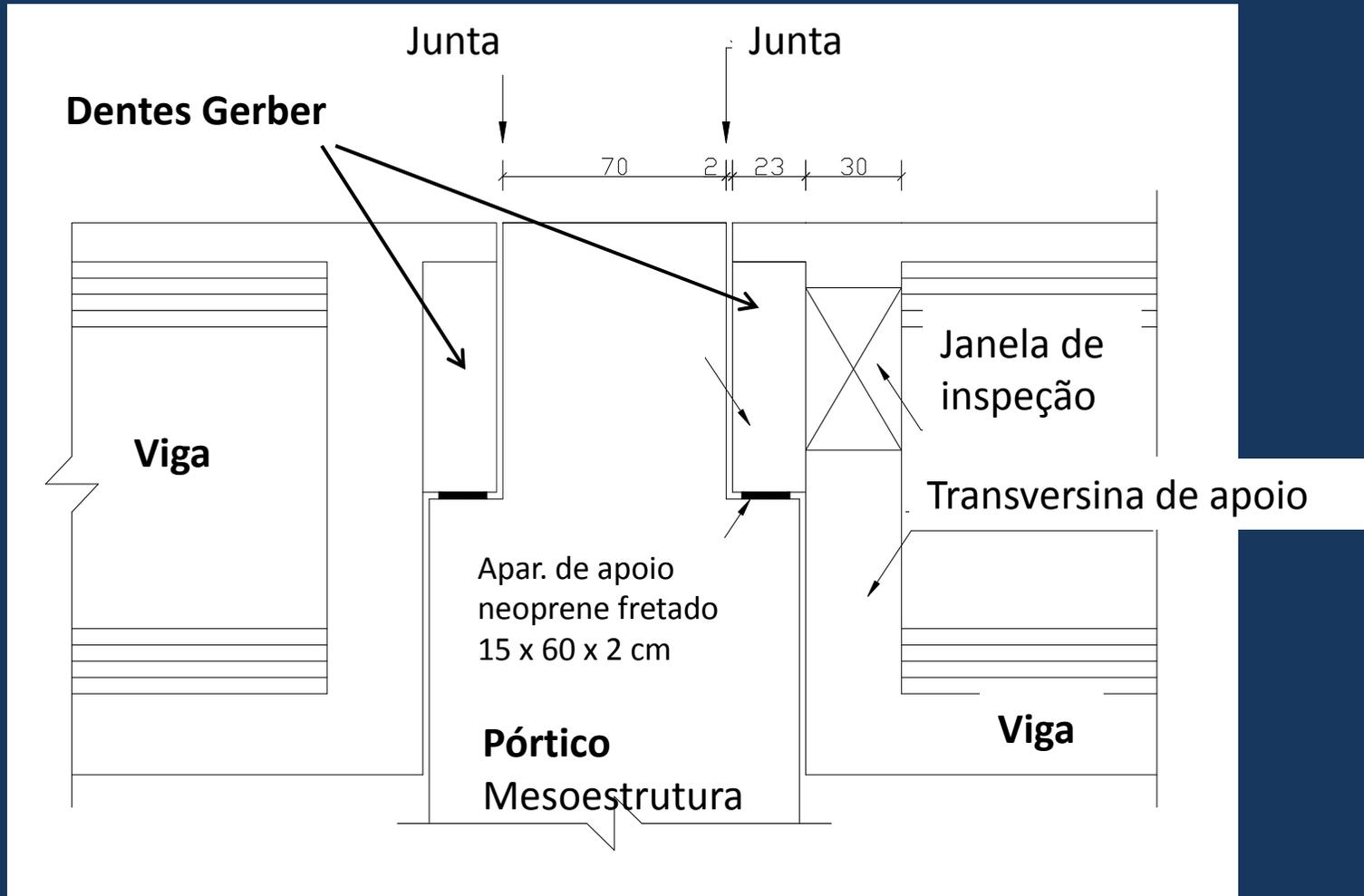
Janela 12

J23
Central

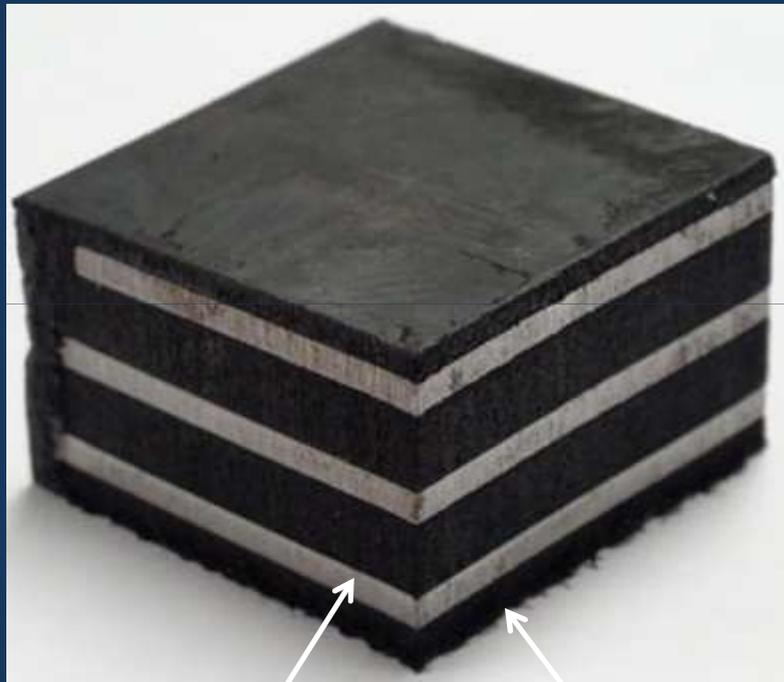
J3
Lado e



Acesso aos dentes Gerber: 2010



Aparelho de apoio em neoprene fretado ?



Chapa de aço

Neoprene



Elastômero sintético policloropreno, polímero do cloropreno.
Foi inventado pelos cientistas Elmer K. Bolton do laboratório de DuPont,

Resultados da investigação extensiva dos dentes Gerber do viaduto

Repertório fotográfico das faces laterais dos dentes Gerber Gerber: Relatórios de inspeção

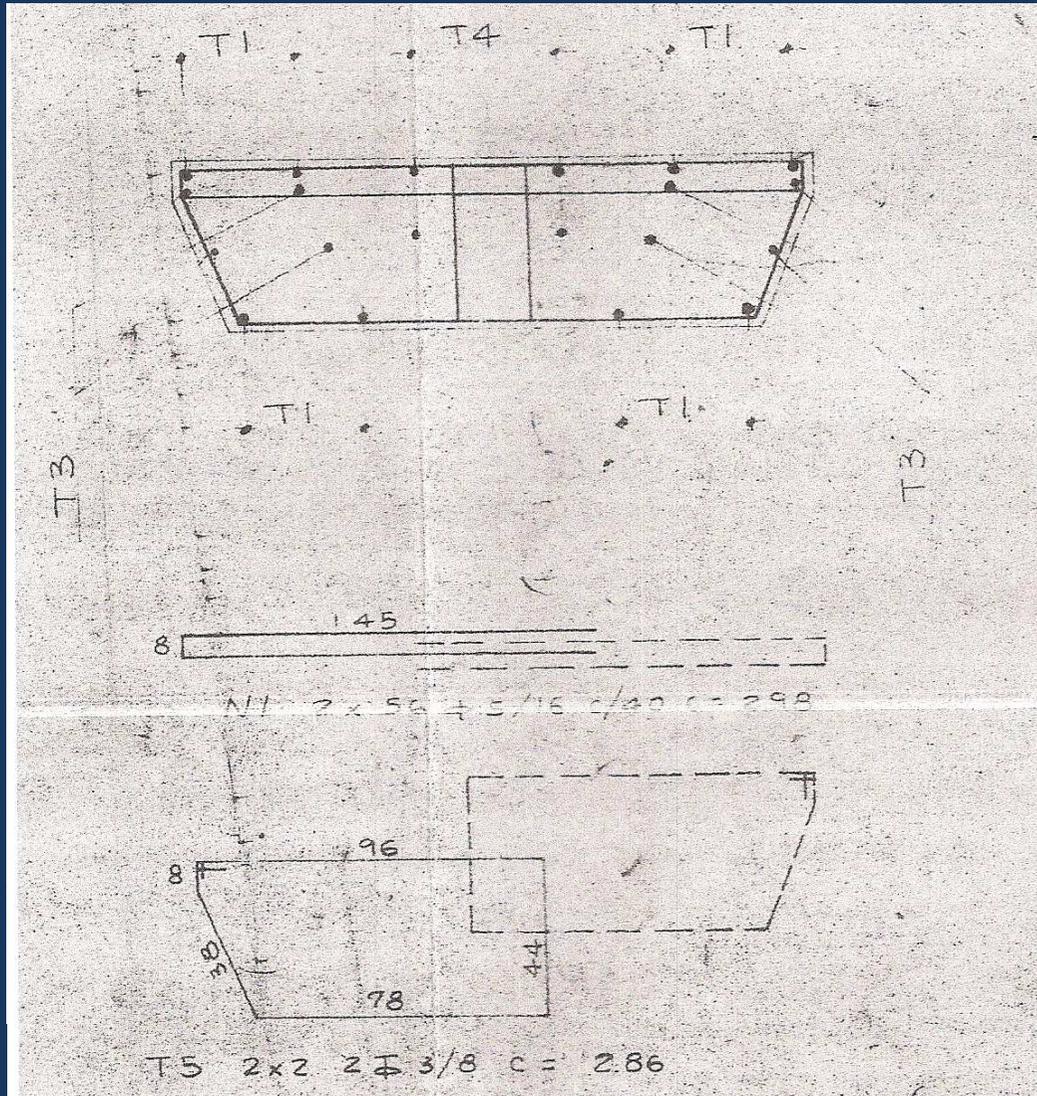
<p>CONCREJATO EMPRESA CONCRETAT</p> <p>BIO</p> <p>amezonica s/a engenharia</p> <p>CONSÓRCIO ELEVADO DAS BANDEIRAS OBRA DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL E REALIZAÇÃO DE ENSAIOS TÉCNICOS NO ELEVADO DAS BANDEIRAS – JOÁ – AP4 – XXIV AR</p>	<p>CONCREJATO EMPRESA CONCRETAT</p> <p>BIO</p> <p>amezonica s/a engenharia</p> <p>RELATÓRIO FOTOGRÁFICO</p> <p>VISTA DE SÃO CONRADO</p>  <p>Vista de São Conrado Lado do Mar – Janela lado Esquerdo</p>  <p>Vista de São Conrado Lado do Mar – Janela lado Direito</p>
<p>RELATÓRIO FOTOGRÁFICO</p> <p>PÓRTICO SUPERIOR 27</p> <p>CLIENTE: SMO - CGF DATA: 29/03/2012</p>	

Repertório fotográfico das faces laterais dos dentes Gerber: Relatórios de inspeção

Tabuleiro Inferior	Lado		Tabuleiro Superior	Lado	
	Pórtico	SC Barra		Pórtico	SC Barra
1			1		
2			2		
3			3		
4	√	√	4	√	√
5	√	√	5	√	√
6	√	√	6	√	√
7	√	√	7	√	√
8	√	√	8	√	√
9	√	√	9	√	√
10	√	√	10	√	√
11	√	√	11	√	√
12	√	√	12	√	√
13	√	√	13	√	√
14	√	√	14	√	√
15	√	√	15	√	√
16	√	√	16	√	√
17	√	√	17	√	√

Tabuleiro Inferior	Lado		Tabuleiro Superior	Lado	
	Pórtico	SC Barra		Pórtico	SC Barra
18	√	√	18	√	√
19	√	√	19	√	√
20	√	√	20	√	√
21	√	√	21	√	√
22	√	√	22	√	√
23	√	√	23	√	√
24	√	√	24	√	√
25	√	√	25	√	√
26	√	√	26	√	√
27	√	√	27	√	√
28	√	√	28	√	√
29	√	√	29	√	√
30	√	√	30	√	√
31	√	√	31	√	√
32	√	√	32	√	√
33	√	√	33		√

Planta de armação dos dentes Gerber Vão de 23,3 m



DER ESTADO DA GUANABARA
 SERVIÇO DE VIAÇÃO
 SOP - OBR - DPC

AUTOESTRADA LAGOA-BARRA (BR 101, GB-10)
 ELEVADO DA ENCOSTA DO JOÁ

PROENGE ENGENHARIA DE PROJETOS
AV. TEN. LÉO VELLOSO, 511 - N. 100 - JARDIM BOTANICAL - RIO DE JANEIRO - RJ
WALTER DE ALMEIDA ADAMI - NELSON CAUZZI - CIVIS

ARMADURA SUPLEMENTAR - TRAMO 23.30 m

WTR 10
 N. 100
 1969
F 292
12

CE-102 JOÁ
 ARMADURA SUPLEMENTAR - TRAMO 23.30 m
 24/3/69
 C-12

Planta de armação dos dentes Gerber Vão de 23,3 m

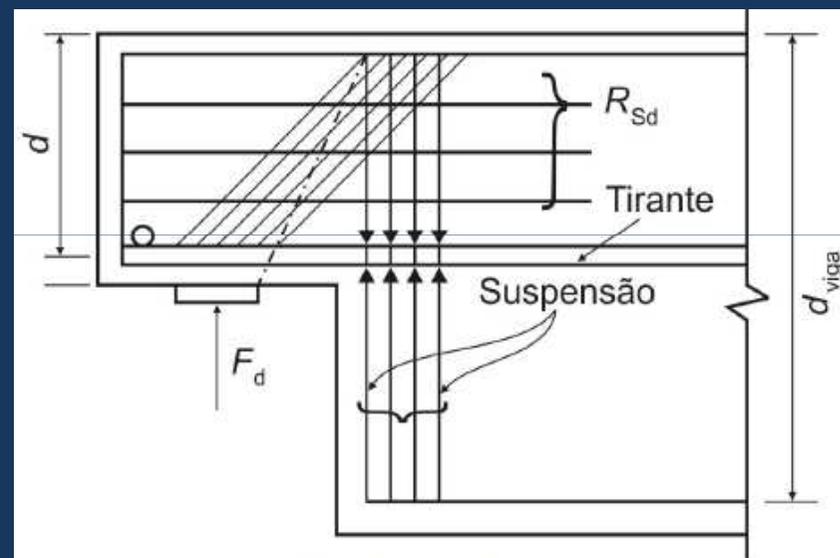
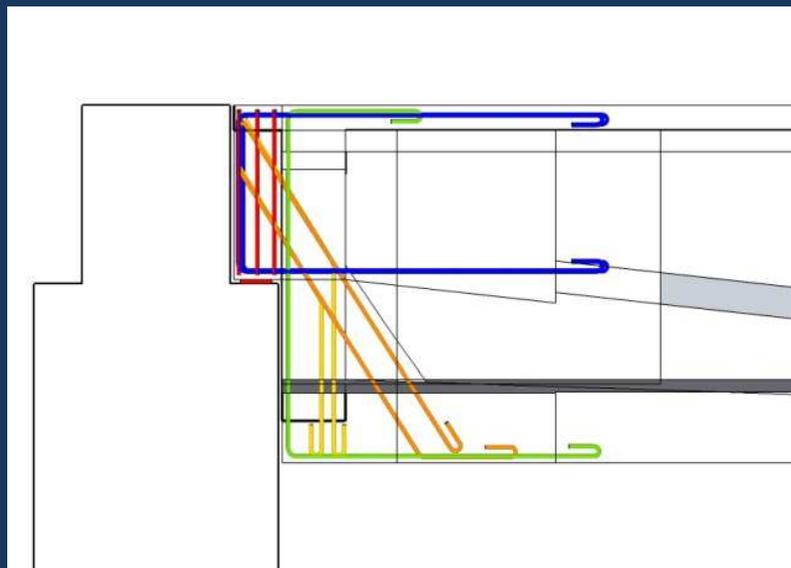
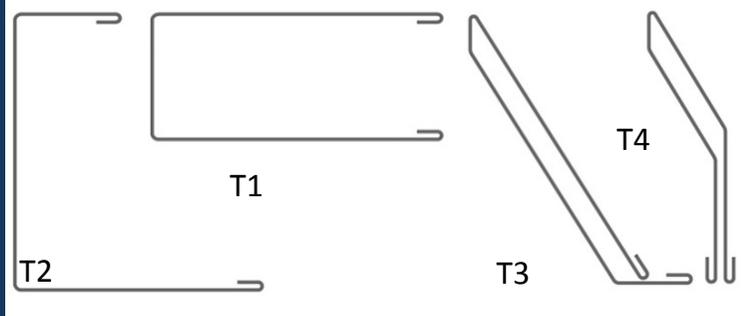


Figura 22.5 - Modelo biela-tirante para um dente Gerber



Armadura típica de dente tipo Gerber
segundo item 22.3.2 da NBR 6118:2003

Repertório fotográfico das faces laterais dos dentes Gerber
Resultados: condições de integridade estrutural



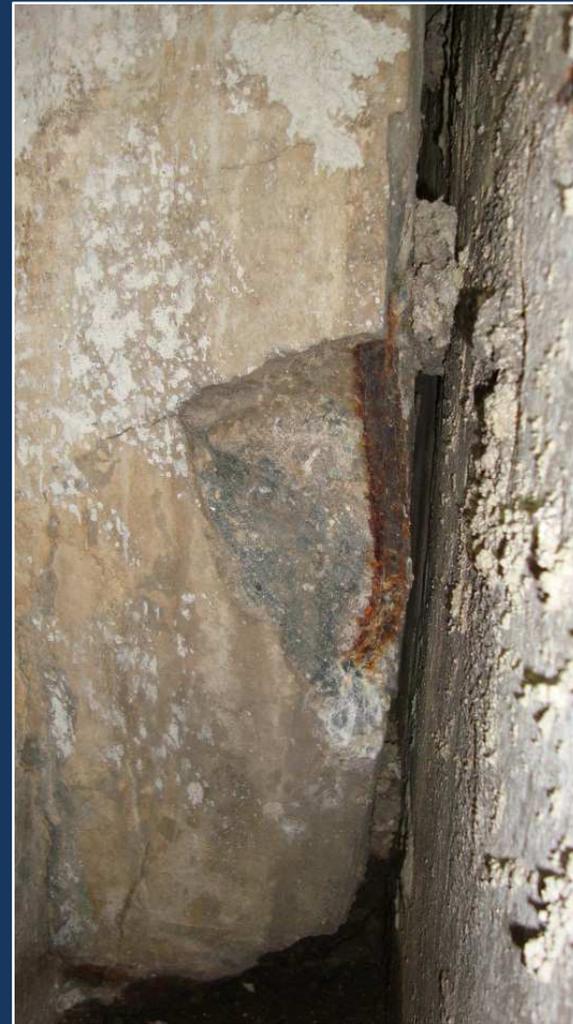
Vistoria noturna 18/4/2012

Pórtico 29, Janela 34, Tabuleiro Superior



Vistoria noturna 18/4/2012

Pórtico 30, Janela 34, Superior, Lado Barra





P26 Inferior: Vista de São Conrado
Lado da Encosta – Dente V4 Face 4A.



P27 Inferior: Vista de São Conrado
Lado do Mar – Dente V1 Face 1B



. P28 Inferior: Vista da Barra Lado do Mar – Dente V1 Face 1B



P23 Inferior: Vista da Barra Lado do Mar – Janela lado Direito



P7 Superior: Vista de São
Conrado Lado do Mar – Janela
lado Esquerdo



P13 Superior: Vista de São
Conrado Lado do Mar – Janela
lado Esquerdo

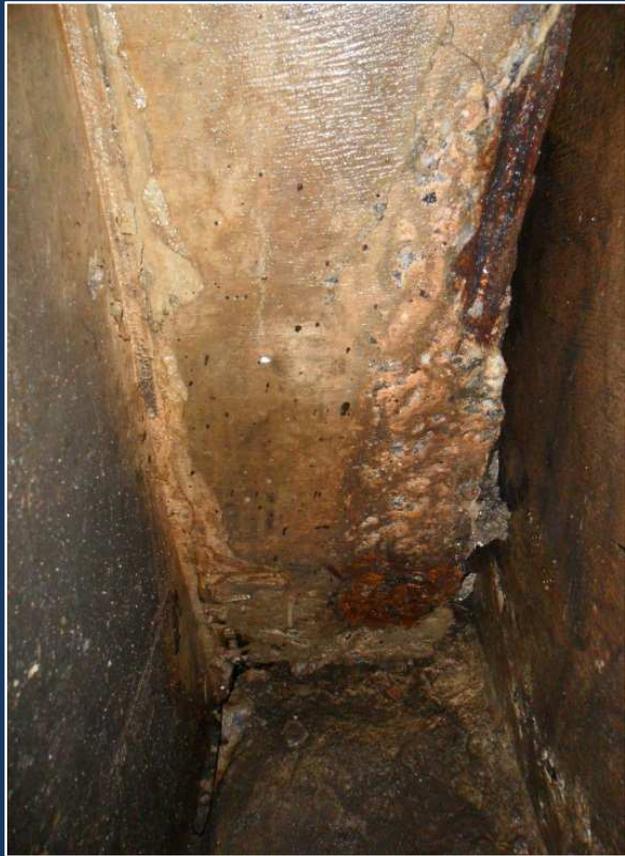


P14 Superior: Vista da Barra
Lado Central – Janela lado
Direito



P14 Superior: Vista da Barra
Lado do Mar – Janela lado
Esquerdo

Repertório fotográfico das faces laterais dos dentes Gerber Resultados: condições de integridade estrutural



P19 Superior: Vista de São
Conrado Lado do Mar –
Janela lado Direito



P30 Superior: Vista da Barra
Lado Central – Janela lado
Esquerdo

Repertório fotográfico das faces laterais dos dentes Gerber

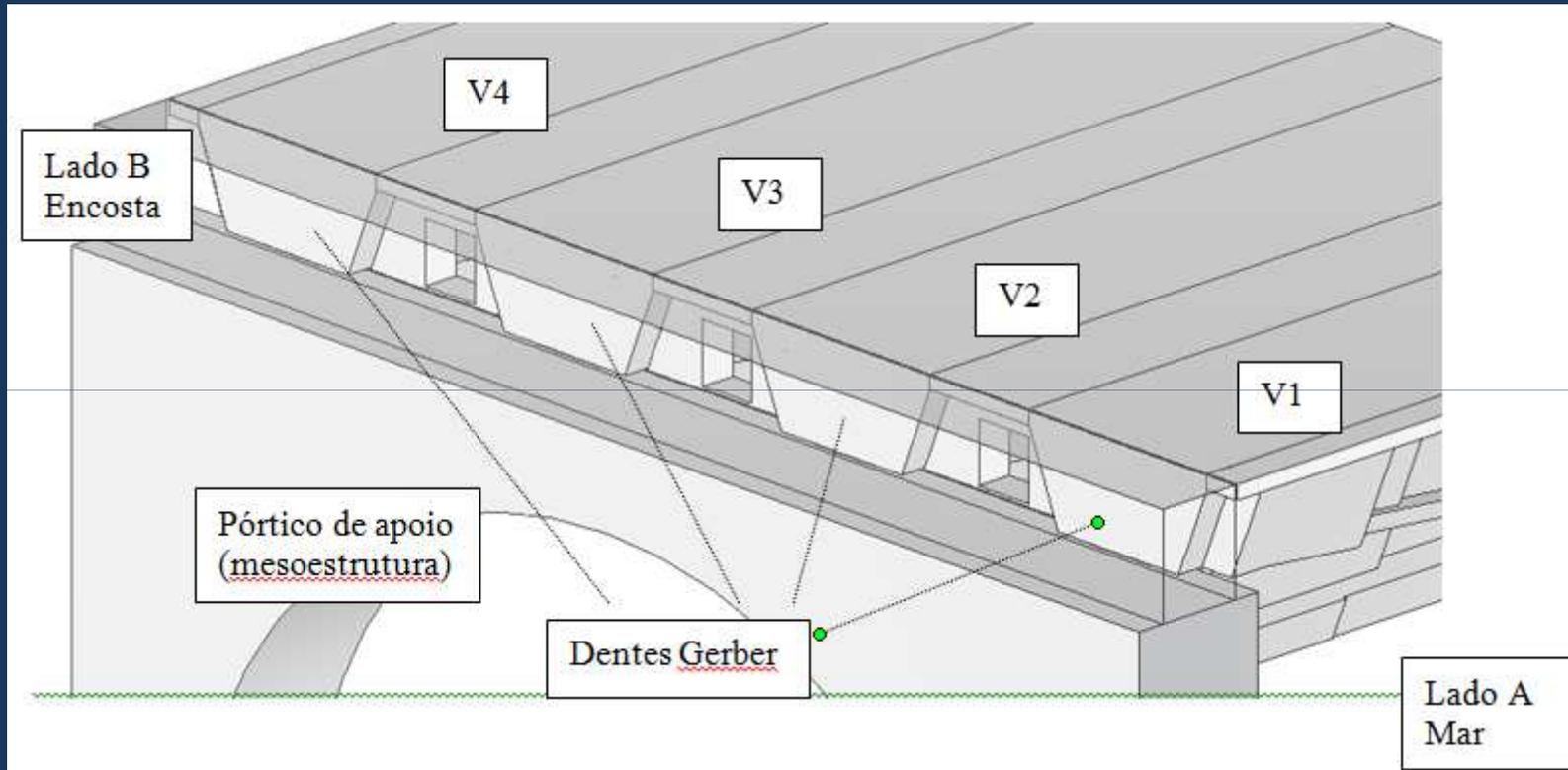
Resultados: condições de integridade estrutural

Número de dentes Gerber Vistoriados:

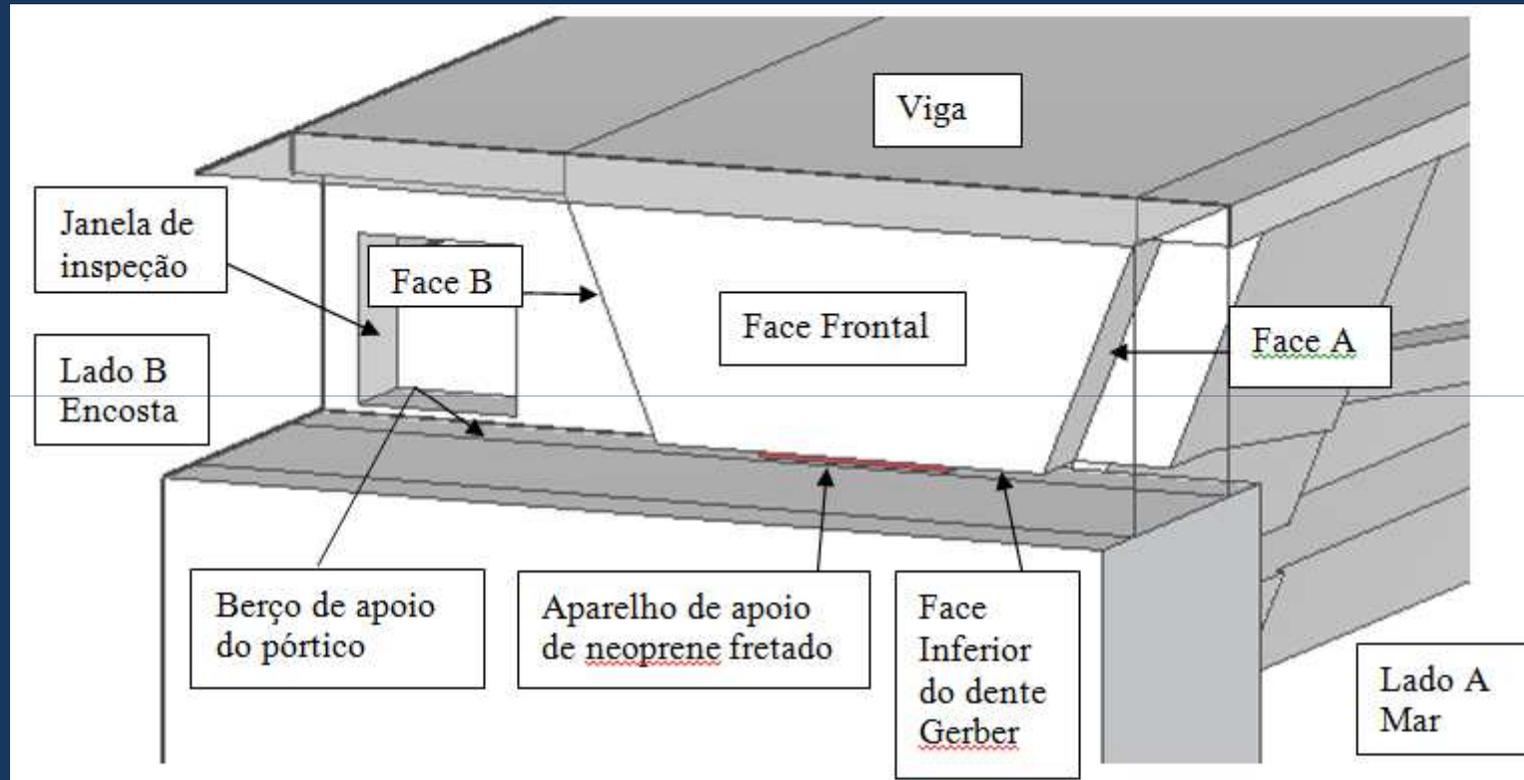
Núm. de Pórticos	30	A
Lados Barra + SC	2	B
Vigas	4	C
Tabuleiros	2	D
$A \times B \times C \times D =$	480	



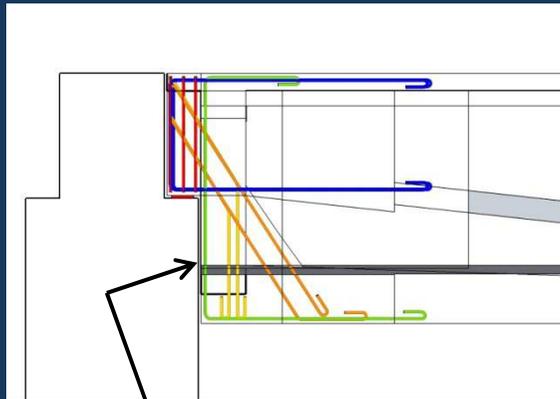
A totalidade dos dentes de apoio Gerber



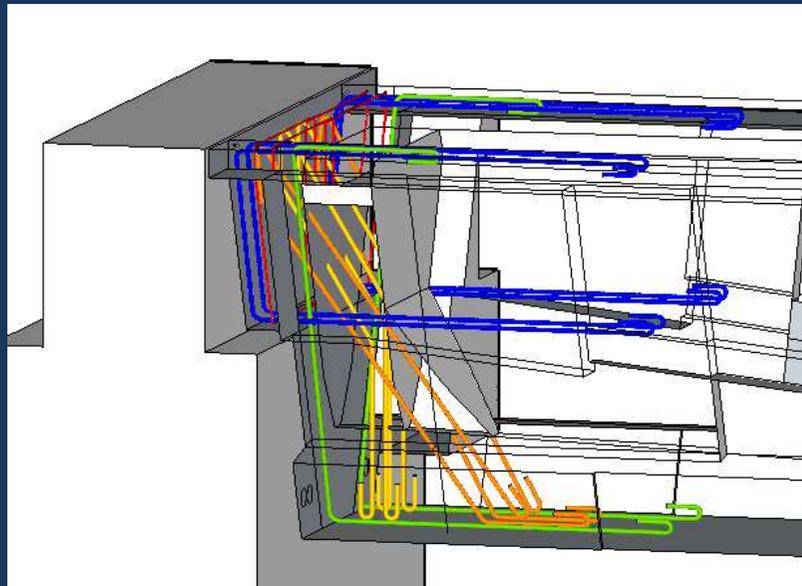
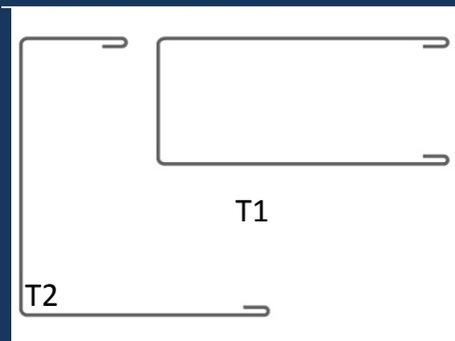
A totalidade dos dentes de apoio Gerber



Armadura de suspensão nos dentes Gerber alojados na transversina de apoio



Face da transversina



Condições de visualização e inspeção das faces dos dentes Gerber

Dados atualizados incluindo as faces das transversinas de apoio

Face	Condição de inspeção	Total	Inspecionadas	Não inspecionadas
Lateral A	Inspecionadas (exceto nas vigas V1)	480	420 (87,5%)	60 (12,5%)
Lateral B	Inspecionadas (exceto nas vigas V4)	480	420 (87,5%)	60 (12,5%)
Inferior	Sem condições de visualizar e inspecionar	518	0 (0%)	518 (100%)
Frontal	Sem condições de visualizar e inspecionar	518	0 (0%)	518 (100%)
Transversina	Sem condições de visualizar e inspecionar	518	0 (0%)	518 (100%)
Total de Faces de dentes Gerber e das transversinas		2554 100%	840 33 %	1704 67 %

Futuro imediato do Elevado das Bandeiras Segurança para uso regular

- **INCERTEZA**
- **Essas regiões dos dentes Gerber sem condições de acesso não poderão ser investigadas e permanecerão com diagnóstico de degradação estrutural indeterminado**

Acidente causado por falha de dente Gerber: viaduto Faria Timbó, Rio de Janeiro



Dente
Gerber

Acidente com o colapso total de vão bi apoiado sobre dentes Gerber do Viaduto Faria-Timbó, no Rio de Janeiro, em 5/11/1985. Queda sobre a via férrea da Estrada de Ferro Leopoldina. No viaduto gêmeo, que não foi afetado pelo acidente, observamos o dente Gerber.

Nelson Araújo Lima e Nelson Ruy A. S. Barreto, em Acidentes Estruturais na Construção Civil, vol. 1, capítulo 17 (Editores: Albino J.P. da Cunha, Nelson A. Lima e Vicente C.M. de Souza), Pini, 1996.

Futuro imediato do Elevado das Bandeiras Segurança para uso regular

- É nosso entendimento, após análise das condições de segurança frente ao processo de degradação por corrosão que progride no viaduto e, em especial, diante das incertezas sobre as reais condições de segurança dos dentes Gerber, que a solução definitiva deve considerar a substituição dos tabuleiros superior e inferior por novas estruturas.

Futuro imediato do Elevado das Bandeiras Segurança para uso regular

- Julgamos que a substituição dos tabuleiros do viaduto das Bandeiras, embora constitua intervenção traumática para a circulação na autoestrada Lagoa- Barra deve ser considerada como prioritária.

Futuro imediato do Elevado das Bandeiras Segurança para uso regular

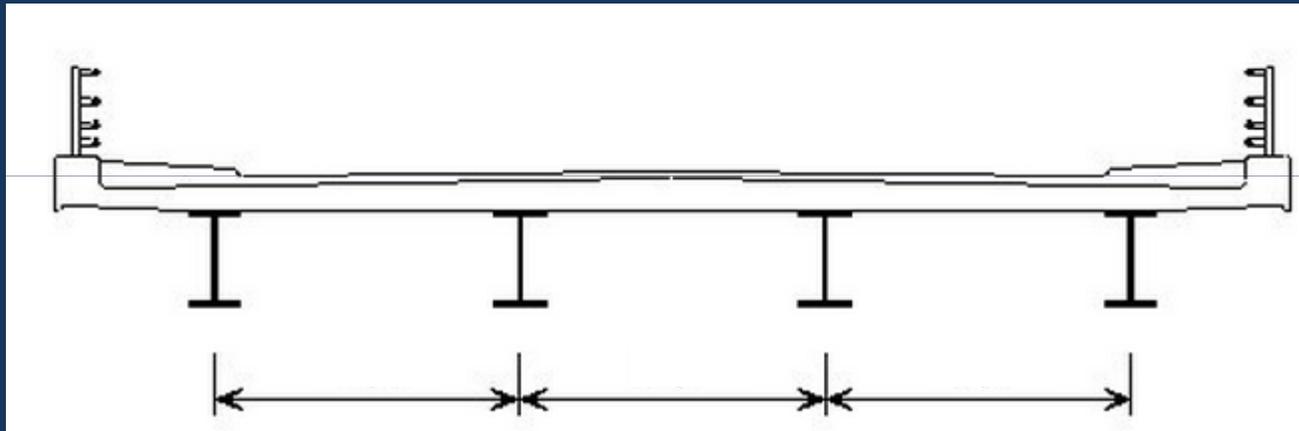
- A substituição da superestrutura (os tabuleiros), embora gere obra de grande monta e logística complexa, irá eliminar os problemas que de forma permanente exigem inspeções e monitoramento e geram intervenções custosas.
- O viaduto do Joá deixará de frequentar as páginas dos jornais, deixará de ser razão para apreensão permanente por parte das autoridades e da opinião pública.

Recomendações de Medidas imediatas para uso regular do Elevado das Bandeiras

- Interdição absoluta do viaduto ao tráfego de veículos pesados: caminhões e veículos de carga em geral.
- Não é necessária, ainda, a interdição do viaduto ao uso normal de veículos de passeio e coletivos.
- **NÃO ESTAMOS RECOMENDANDO A INTERDIÇÃO DO VIADUTO (por enquanto...)**

Reconstrução do Elevado das Bandeiras

Oportunidade única com as Olimpíadas 2016



Inauguração 20??

“Um Plano B para o Joá” Reportagem jornal O Globo, 31/10/2012

Globo Comunidade em 9/12/2012, TV Globo

- Finalização do projeto: início 2013
- Licitação para obras: primeiro semestre 2013
- Obras: 2 anos
- Liberação para tráfego: segunda metade de 2015

Ref.: Globo Comunidade em 9/12/2012, TV Globo

Construção de túnel pode ser alternativa a uma terceira faixa no Elevado do Joá

Recomendar

191 pessoas recomendaram isso.

Para melhorar acesso viário entre Zona Sul e Barra para Olimpíadas de 2016, projeto original era alargar túneis do Joá e de São Conrado

**LUIZ
ERNESTO
MAGALHAES**

Publicado:
1/10/12 - 6h00

Atualizado:
1/10/12 - 6h10

Curtir 191

Tweet 31

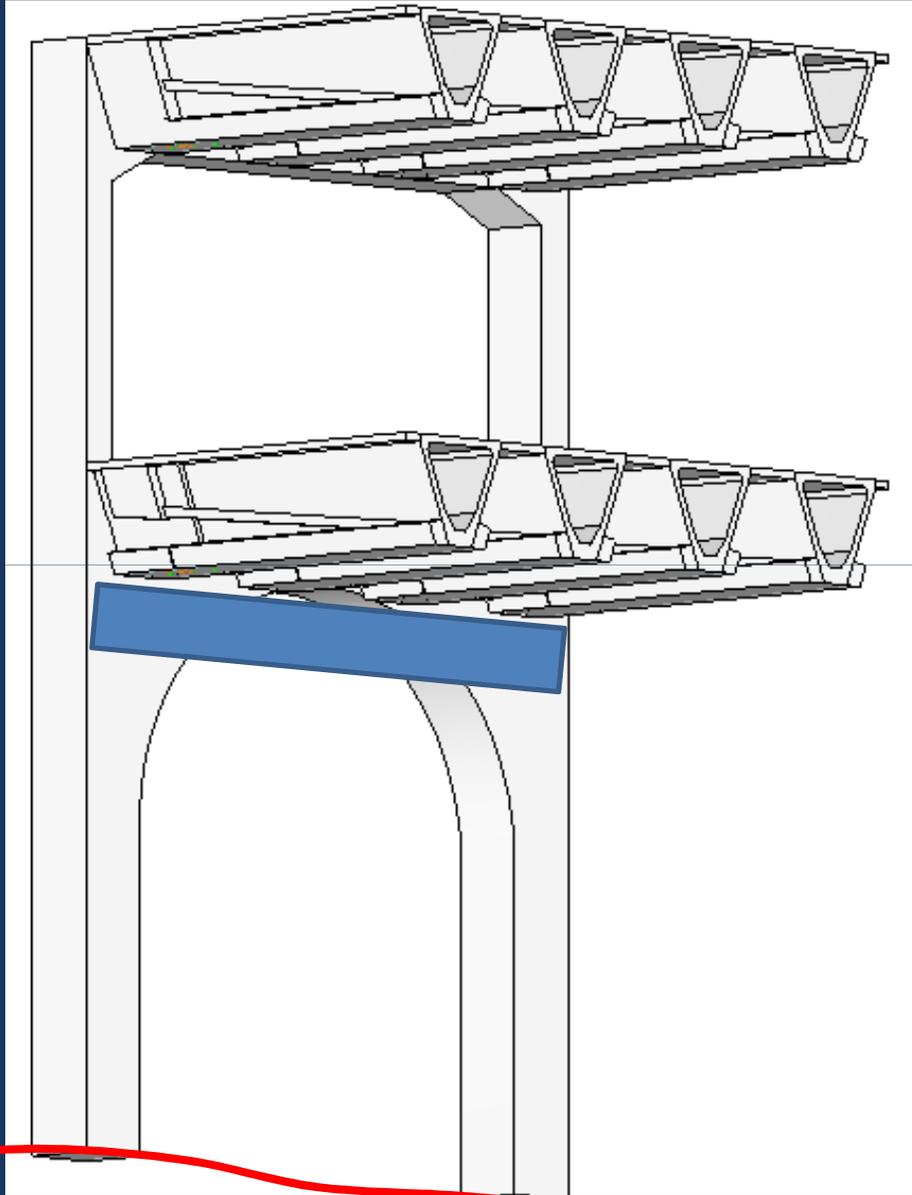
1

53

16

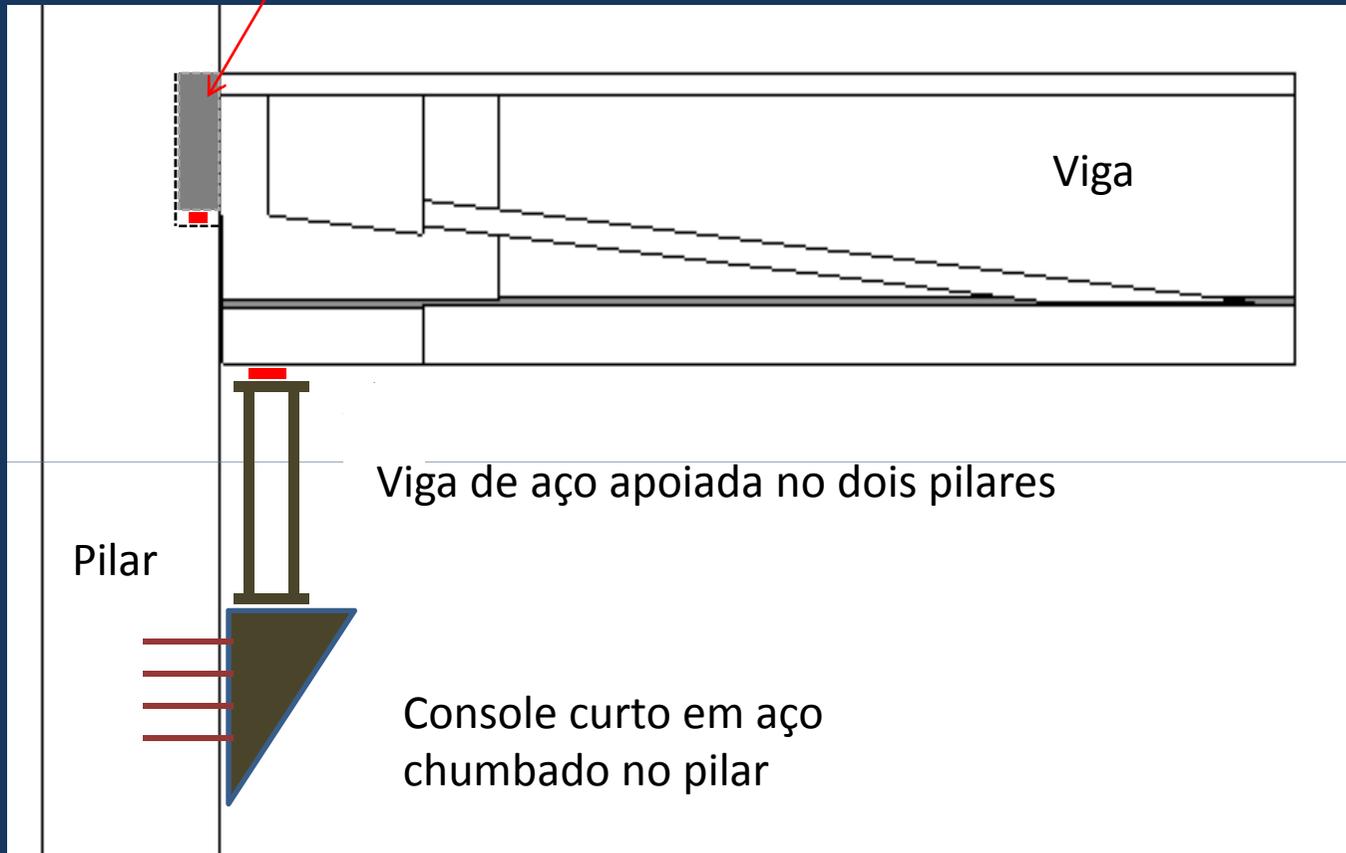


Novos planos. Pela proposta que está sendo estudada pela prefeitura, um túnel (indicado pela linha tracejada em amarelo) seria construído paralelamente ao Elevado do Joá (PREFEITURA DO RIO / DIVULGAÇÃO)



Soluções
emergenciais
e
provisórias?

Dente Gerber



Segurança e Integridade Estrutural do Elevado das Bandeiras, 2012



- Equipe Coppetec

- UFRJ Eduardo de M. Batista
- ECOPROTEC, Luiz R. Miranda e Antônio Carlos Pereira
- GURTEQ, Tatiana Gurova
- ENCOPESTRO, Robson Gayofatto
- Carlos Seruti

- Agradecimentos

- Valerie L. Biron, CGP
- Equipe da CGP
- Ernani Diaz
- Ricardo Valeriano
- António José Luiz dos Reis, IST e GRID, Lisboa
- Consórcio Elevado das Bandeiras (Concrejato e Geomecânica)

Muito obrigado pela presença
e atenção

