

**Nº 178976**

**Casos de monitoramento de obras de infraestrutura**

**Daniel Mariani Guimarães**

*Palestra apresentada na Ciclo de  
Seminários LAB-INFRA, 2024, São Paulo.  
78 slides.*

*A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.*

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**



# CASOS DE MONITORAMENTO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA

Eng. Dr. Daniel M. Guirardi

08/05/2024

# O QUE É O IPT?

EXISTIMOS PARA PROVER SOLUÇÕES  
TECNOLÓGICAS PARA A INDÚSTRIA,  
OS GOVERNOS E A SOCIEDADE,  
HABILITANDO-OS A SUPERAR  
SEUS DESAFIOS E PROMOVENDO  
QUALIDADE DE VIDA

## RECEITAS

Venda de projetos e serviços por meio da Fundação de Apoio ao IPT (FIPT)

Dotação orçamentária do Governo do Estado de São Paulo



## IPT EM NÚMEROS\*



124 ANOS DE  
CONTRIBUIÇÕES PARA  
A SOCIEDADE



> 1000  
FUNCIONÁRIOS E  
COLABORADORES



55% DE RECEITA EM  
PROJETOS DE  
INOVAÇÃO



> 2921  
CLIENTES  
ATENDIDOS



> 19.450  
DOCUMENTOS  
TÉCNICOS EMITIDOS



> 2000 PROCEDIMENTOS  
DE ENSAIOS E ANÁLISES  
NO PORTFÓLIO

# onde estamos

## Campus São Paulo

103,5 mil m<sup>2</sup>  
de área construída

## Interior



**Franca**  
Lab. de Calçados  
e Produtos de Proteção

São Paulo

**S. José dos Campos**  
Lab. de Estruturas Leves

# O QUE FAZEMOS?

PESQUISA,  
DESENVOLVIMENTO  
E INOVAÇÃO

---

PRODUTOS E PROCESSOS  
SOFTWARES  
DA BANCADA AO PILOTO  
APOIO DE FOMENTO  
EMBRAPII

TESTES, ENSAIOS  
E ANÁLISES

---

PARECERES TÉCNICOS  
AVALIAÇÃO  
DE PRODUTOS  
CERTIFICAÇÃO  
DE PRODUTOS

INSPEÇÕES E  
MONITORAMENTOS

---

OBRAS E ESTRUTURAS  
MÁQUINAS E  
EQUIPAMENTOS  
ORGANISMO DE  
INSPEÇÃO ACREDITADO

DESENVOLVIMENTO  
METROLÓGICO,  
MEDIÇÕES  
E CALIBRAÇÕES

---

PROGRAMAS  
DE PROFICIÊNCIA  
DESENVOLVIMENTO  
DE PADRÕES  
METROLOGIA AVANÇADA

MATERIAIS DE  
REFERÊNCIA  
CERTIFICADOS

---

METAIS  
CERÂMICAS  
MINERAIS  
VISCOSIDADE  
AREIA NORMAL

ENSINO  
TECNOLÓGICO

---

MESTRADO  
PROFISSIONAL  
CURSOS DE EXTENSÃO  
CURSOS SOB DEMANDA



# UNIDADES DE NEGÓCIOS

## BIONANOMANUFATURA

Biotecnologia, Nanotecnologia, Microfabricação, Química e EPIs

## CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE

Planejamento Territorial, Obras Civas, Riscos, Recursos Hídricos, Florestas

## ENERGIA

Geração, Infraestrutura, Eficiência, Energias limpas

## HABITAÇÃO E EDIFICAÇÕES

Conforto, Desempenho, Segurança, Materiais, Sustentabilidade

## MATERIAIS AVANÇADOS

Metal, Polímero, Compósito, Celulose, Corrosão

## TECNOLOGIAS DIGITAIS

IoT, Sistemas Embarcados, Sistemas de Transportes, IA, Analytics

## TECNOLOGIAS REGULATÓRIAS E METROLÓGICAS

Mecânica, Elétrica, Vazão, Aerodinâmica, Química



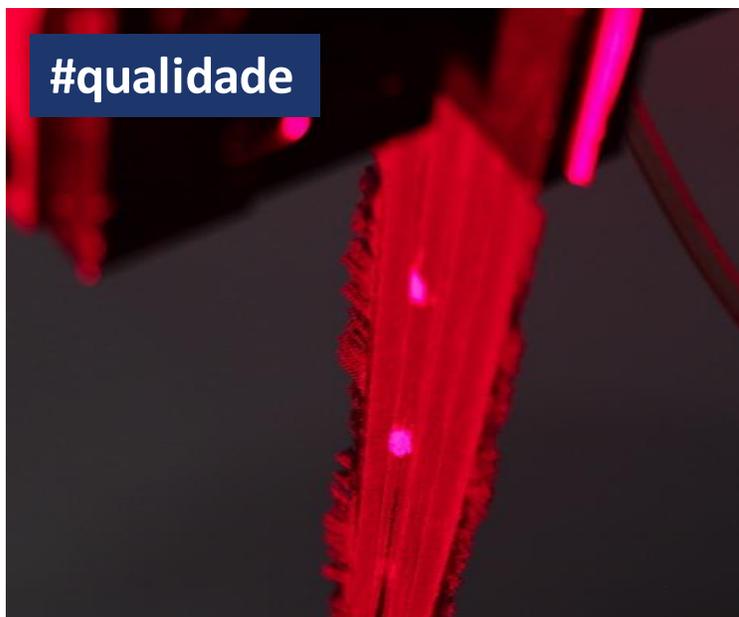
# DIFERENCIAIS

## #inovação



+ 120 mil m<sup>2</sup> de laboratórios  
+ 1000 profissionais qualificados  
Inúmeros caminhos para inovar

## #qualidade

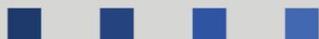


+ 2 mil ensaios e calibrações  
+ 20 mil documentos técnicos por ano  
Referência em qualidade dos serviços

## #satisfação



Nível de excelência no NPS  
NPS 84  
(Net Promoter Score)



# PROJETOS DE INOVAÇÃO



O Núcleo de Sustentabilidade e Baixo Carbono do IPT foi criado com o objetivo de desenvolver novas competências relacionadas à sustentabilidade, economia circular, mercado de baixo carbono e orientação de responsabilidade socioambiental. Atua em conjunto com as demais unidades de negócios, com o olhar para novos bionegócios cujas oportunidades envolvem a transformação de recursos naturais em ativos, sem abrir mão do respeito integral à cadeia ambiental.



O Núcleo de Tecnologias Avançadas para Bem-Estar e Saúde Aplicados às Ciências da Vida foca o desenvolvimento de projetos para melhoria da qualidade de vida e bem estar da sociedade, a partir de tecnologias inovadoras e com base na interconexão do tripé saúde humana, animal e ambiental. Uma das primeiras pesquisas abrigadas pelo núcleo conecta-se ao projeto 'Sistematização do método de xenotransplante no Brasil', com diversos parceiros e foco na viabilização clínica da técnica.



Ampliando a atuação nacional, o novo núcleo IPT Amazônia em Manaus tem por missão propor soluções tecnológicas para o desenvolvimento sustentável regional, em parceria com instituições locais. Atua em projetos de PD&I, serviços tecnológicos, ensaios, análises, capacitação e novos negócios. Os principais objetivos são fortalecer as cadeias produtivas da bioeconomia, aumentar a competitividade do Polo Industrial de Manaus e apoiar demandas de governos da região.





*O IPT abre seu campus para a maior iniciativa de inovação aberta em hardtech do Brasil, conectando os diversos atores desse ecossistema.*

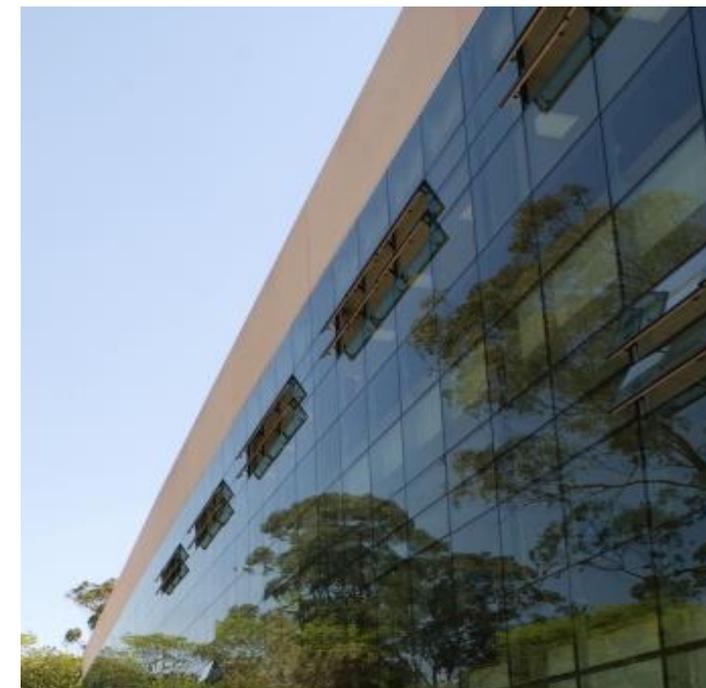
*Pedra fundamental do projeto CITI – Centro Internacional de Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo*



Modalidade 1

## Hub de inovação

Participe de um ecossistema único e transformador que congrega empresas e startups que empreendem juntas na criação de tecnologias impulsionadoras de novos negócios.



Modalidade 2

## Centro de inovação

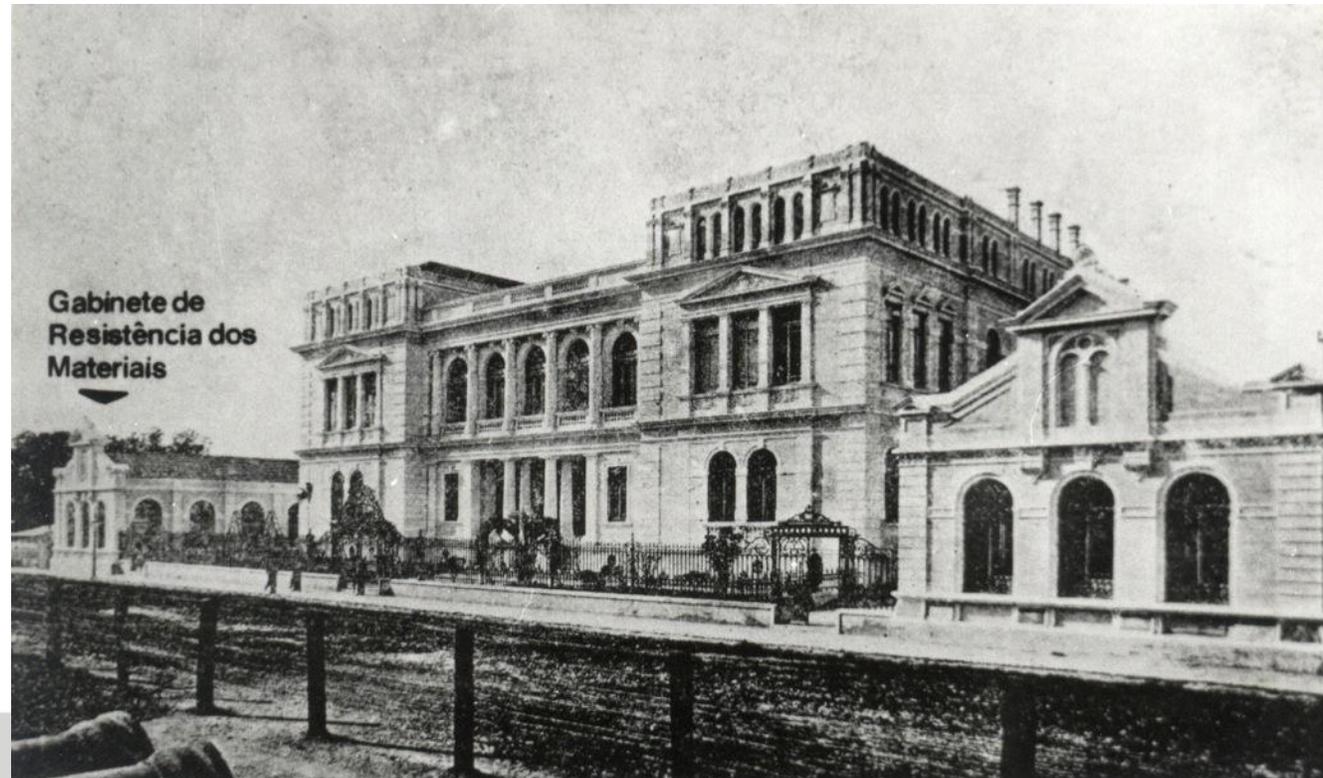
Instale o Centro Tecnológico da sua empresa dentro do campus do IPT e potencialize sua capacidade de desenvolvimento.



# HISTÓRIA DA IPT

## 1899 - Fundação

Criação do Gabinete de Resistência de Materiais (GRM)  
na Escola Politécnica



# HISTÓRIA DA IPT

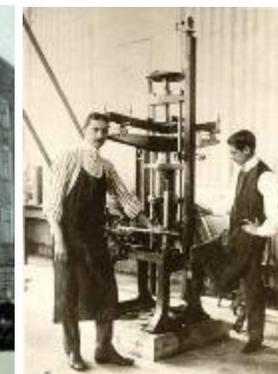
**1934** – Decreto 6375 transforma o Gabinete de Resistência de Materiais em **Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT**

**1960** – Reestruturação das áreas técnicas Divisões técnicas, focadas em áreas da engenharia

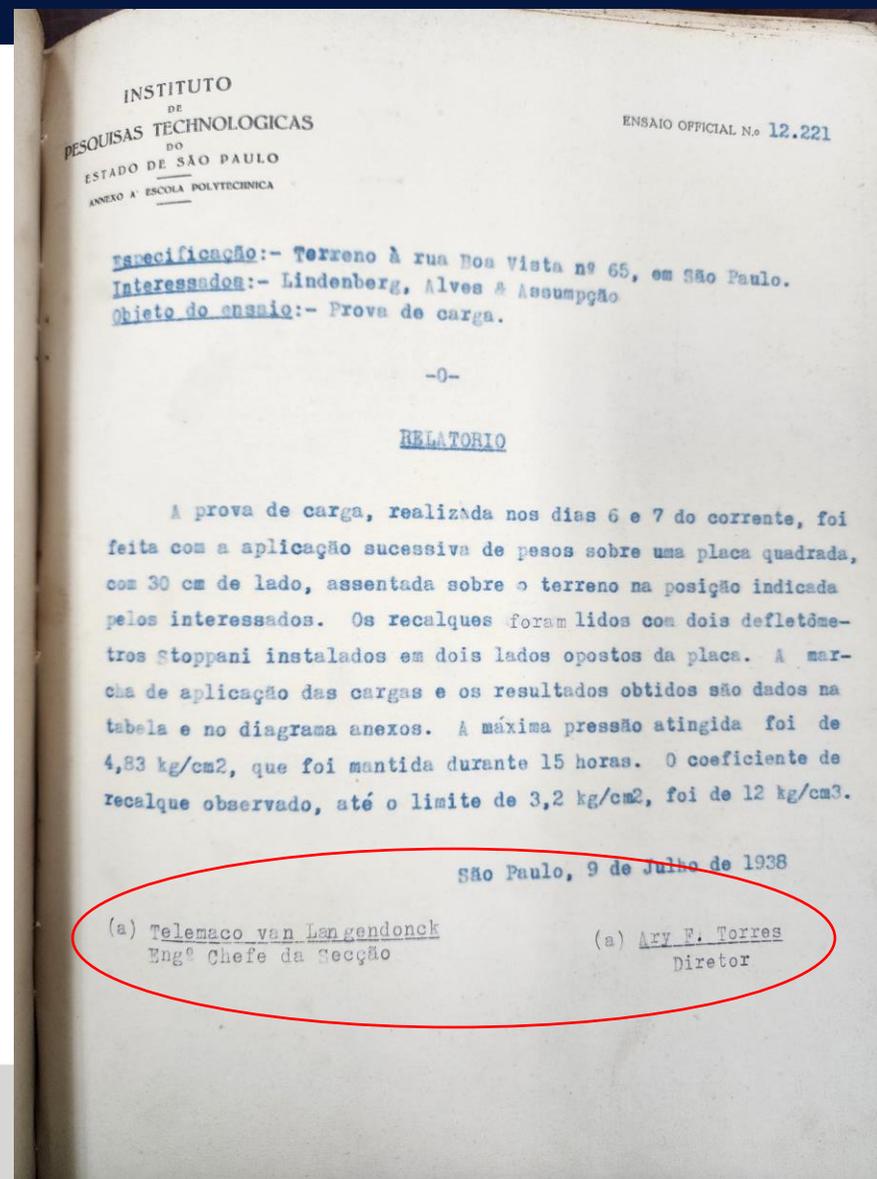
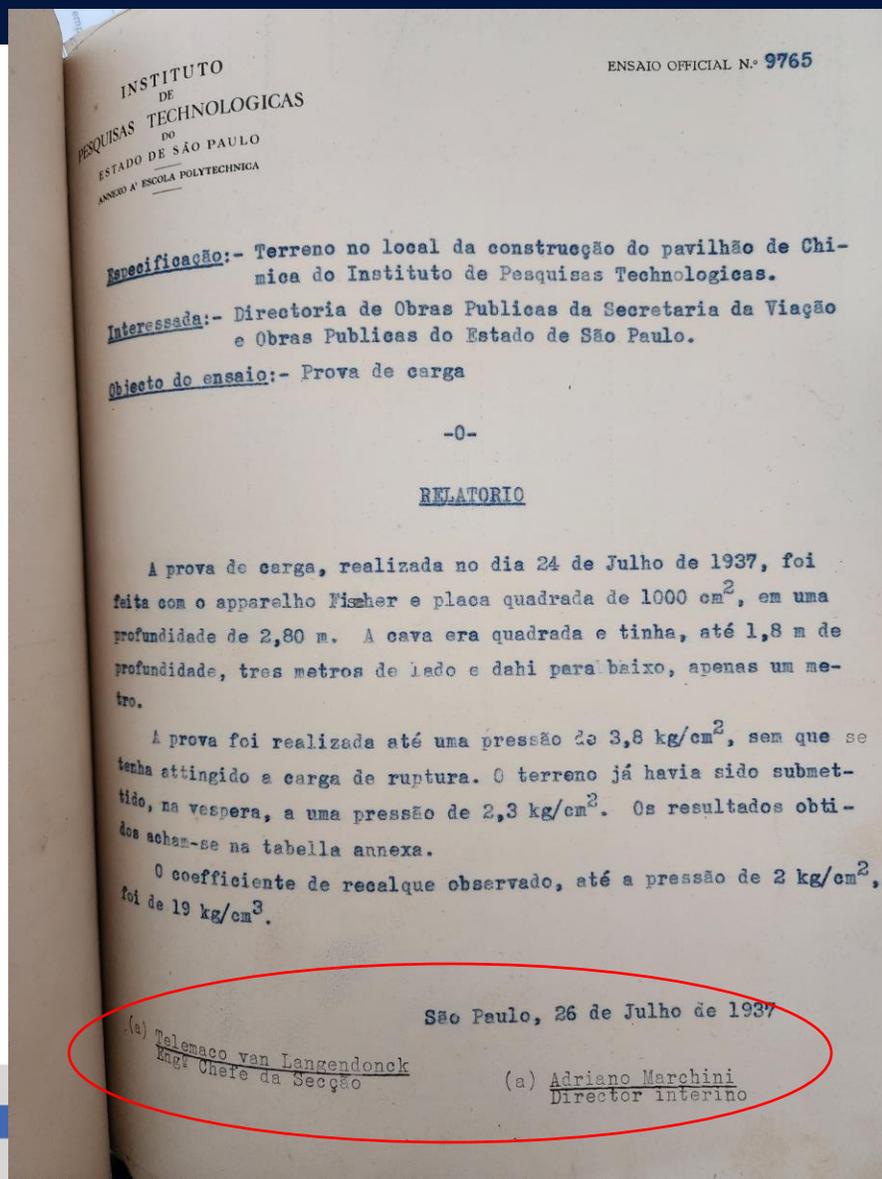
**1972** – IPT melhora a sua relação com as indústrias: contratos de P&D&I com empresas privadas se tornam mais frequentes

**1976** – IPT é transformado numa S/A de capital misto e passa a ter metas anuais de faturamento

**2008-2012** – GESP investe R\$135,4 milhões em programa de modernização laboratorial



# ANTIGOS CASOS DE MONITORAMENTO



# PROVA DE CARGA EM PONTE EM ARCO DE CONCRETO EM 1937

**Localização:** - Ponte rodoviária sobre o rio do Peixe no ramal de Thermas de Lindoya.  
**Responsável:** - Departamento de Estradas de Rodagem  
**Tipo de ensaio:** - Prova de carga

## RELATORIO

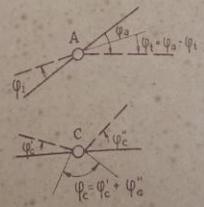
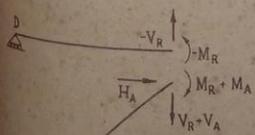
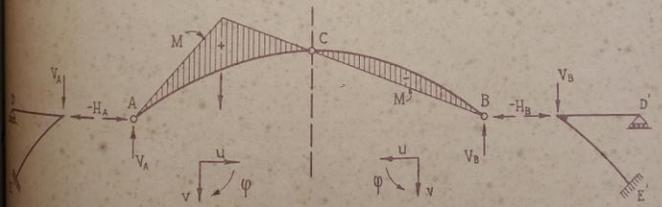
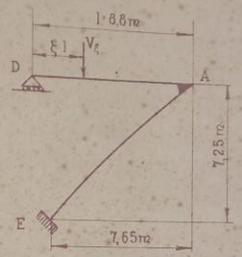
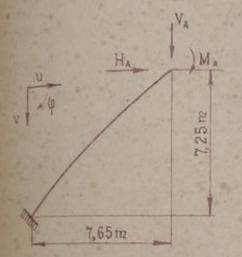
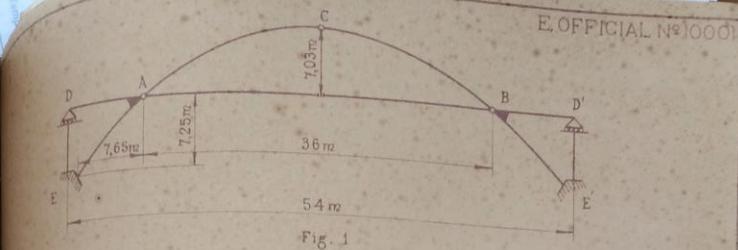
### A ponte

A obra ensaiada, projectada pelo engenheiro Clodomir Ferro Valente do Departamento de Estradas de Rodagem, e executada pela firma "Francisco Azevedo e F. Palma Travassos", é uma ponte de concreto armado da rede rodoviária estadual, situada sobre o rio do Peixe, no ramal de Thermas de Lindoya, nas proximidades da villa deste nome.

A ponte é constituída por dois arcos paralelos tri-articulados e tem um comprimento total de 54 metros, sendo 36 entre articulações com tabeireiro suspenso e os 18 restantes formando dois acessos com tabeireiro superior, como se vê no croquis da figura 1. Em cada vão, os eixos dos arcos são rectos e distantes entre si, de 6,1 metros. A flecha, distancia vertical entre a articulação do fecho e a imposta, é de 7,03 metros.

### Os ensaios

Os ensaios, realizados antes de ser a ponte entregue ao trafego, foram realizados de 27 de Junho a 7 de Julho de 1937, dividiram-se em tres partes:



Compressor utilizado.



Carga de 35 t.



Aspecto geral.



Tensometro instalado no fecho.

# PROVA DE CARGA EM PONTE EM ARCO DE CONCRETO EM 1937

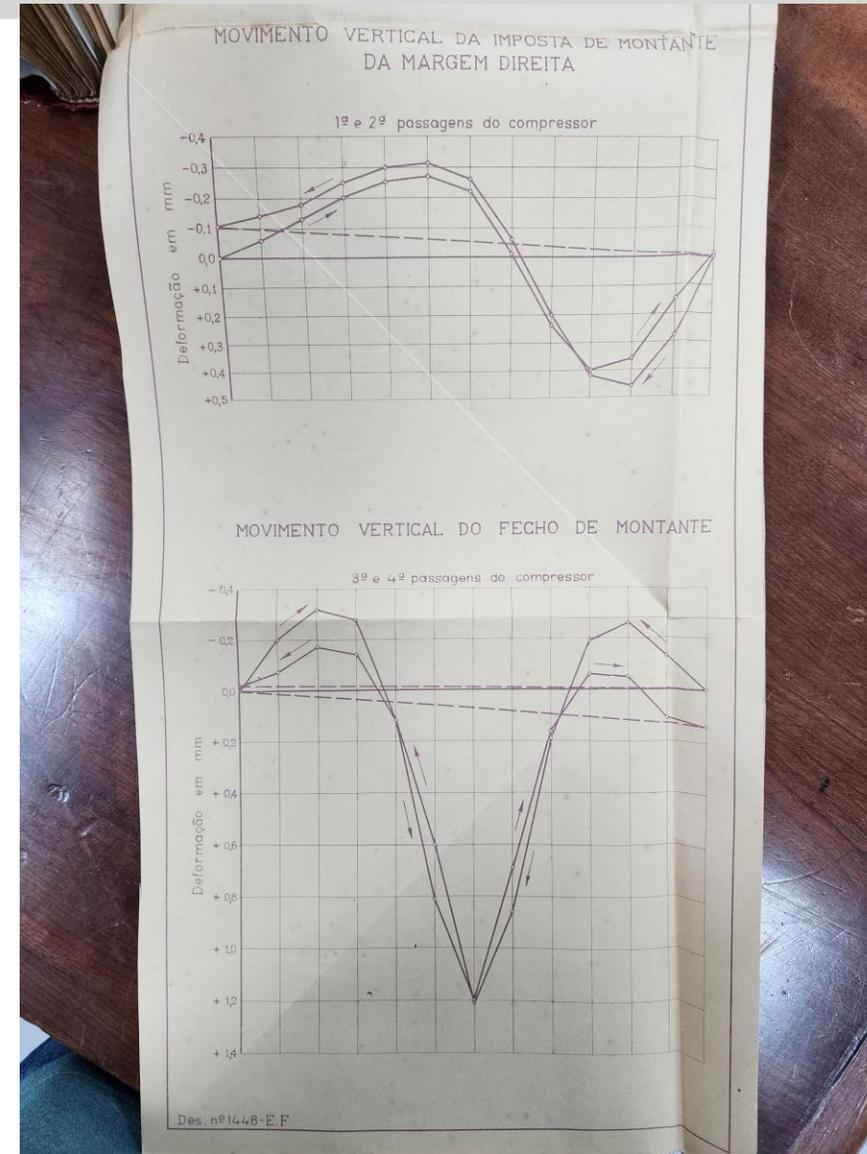
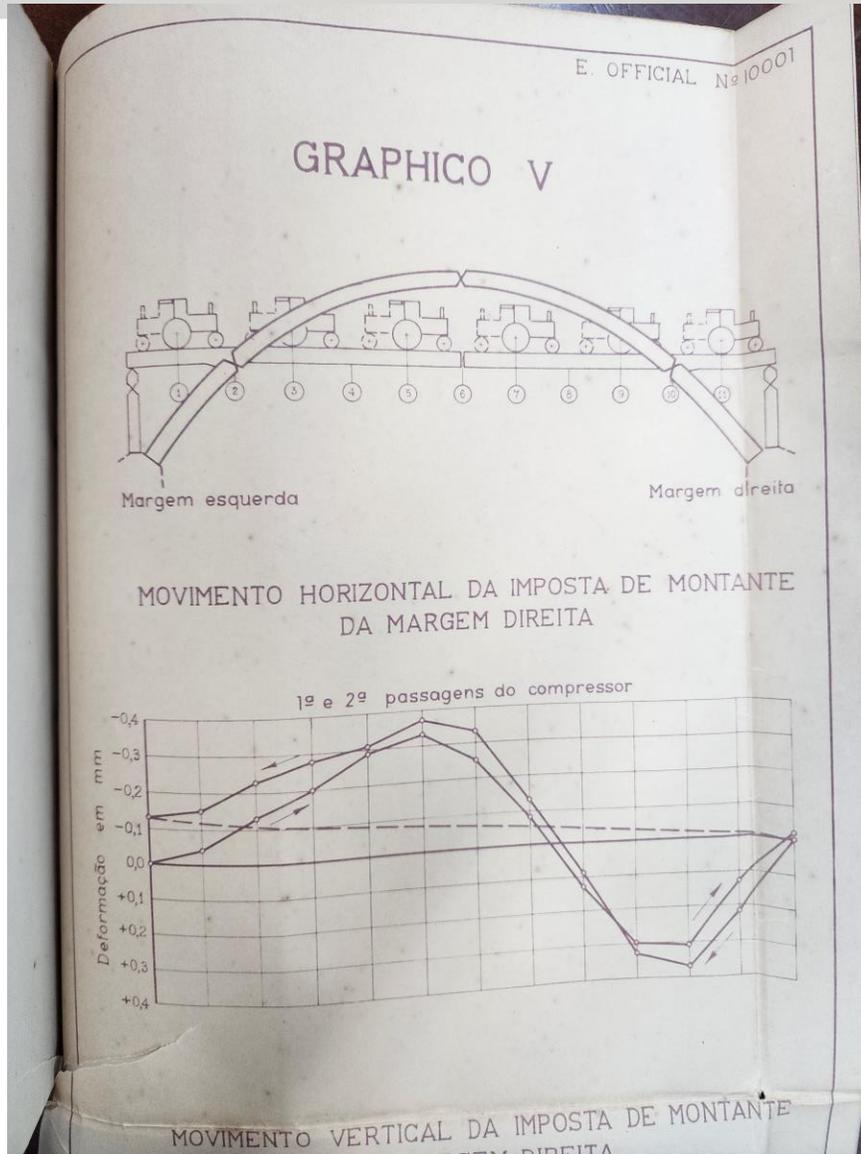


Carga de 35 t.

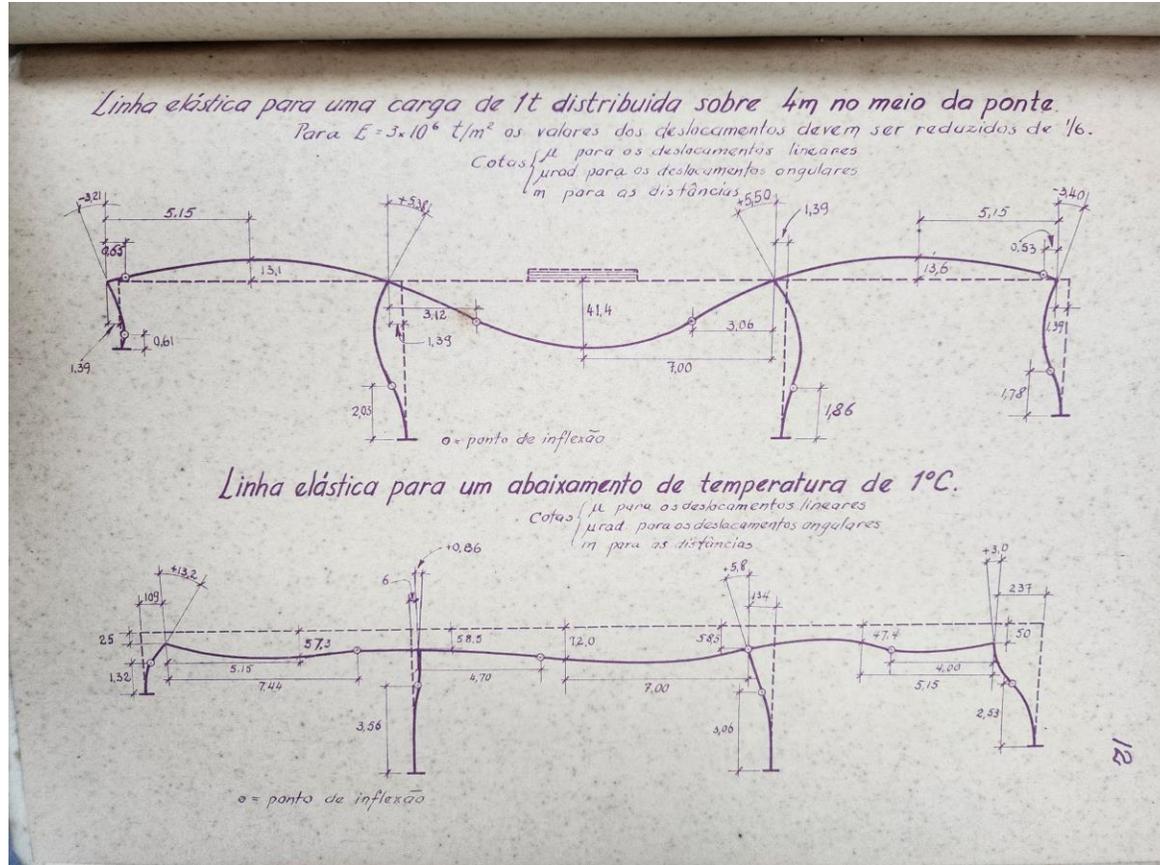
Medida das deformações  
da imposta.



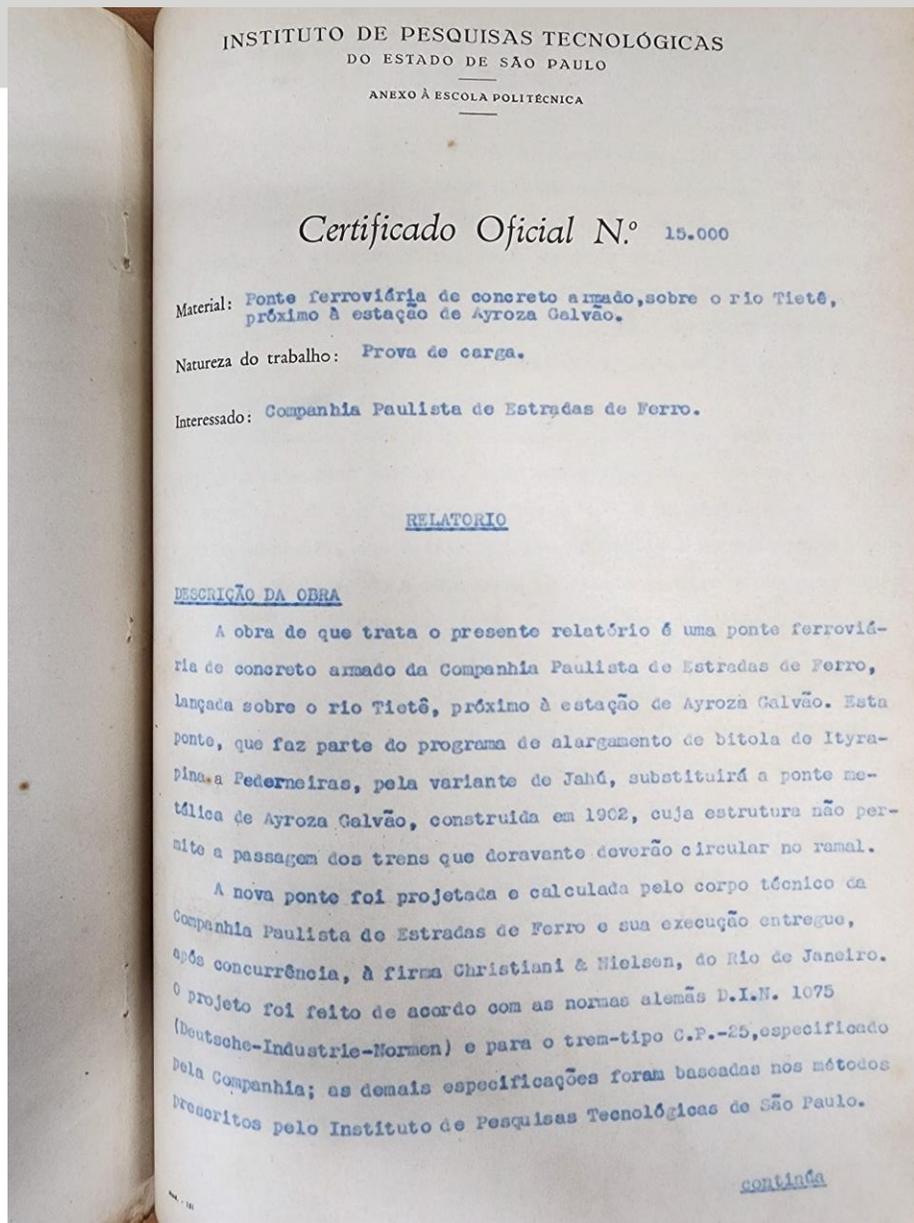
# PROVA DE CARGA EM PONTE EM ARCO DE CONCRETO EM 1937



# PROVA DE CARGA EM PONTE DE CONCRETO EM 1938



# PROVA DE CARGA EM PONTE DE CONCRETO EM 1940



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO  
ANEXO À ESCOLA POLITÉCNICA

Certificado Oficial N.º 15000



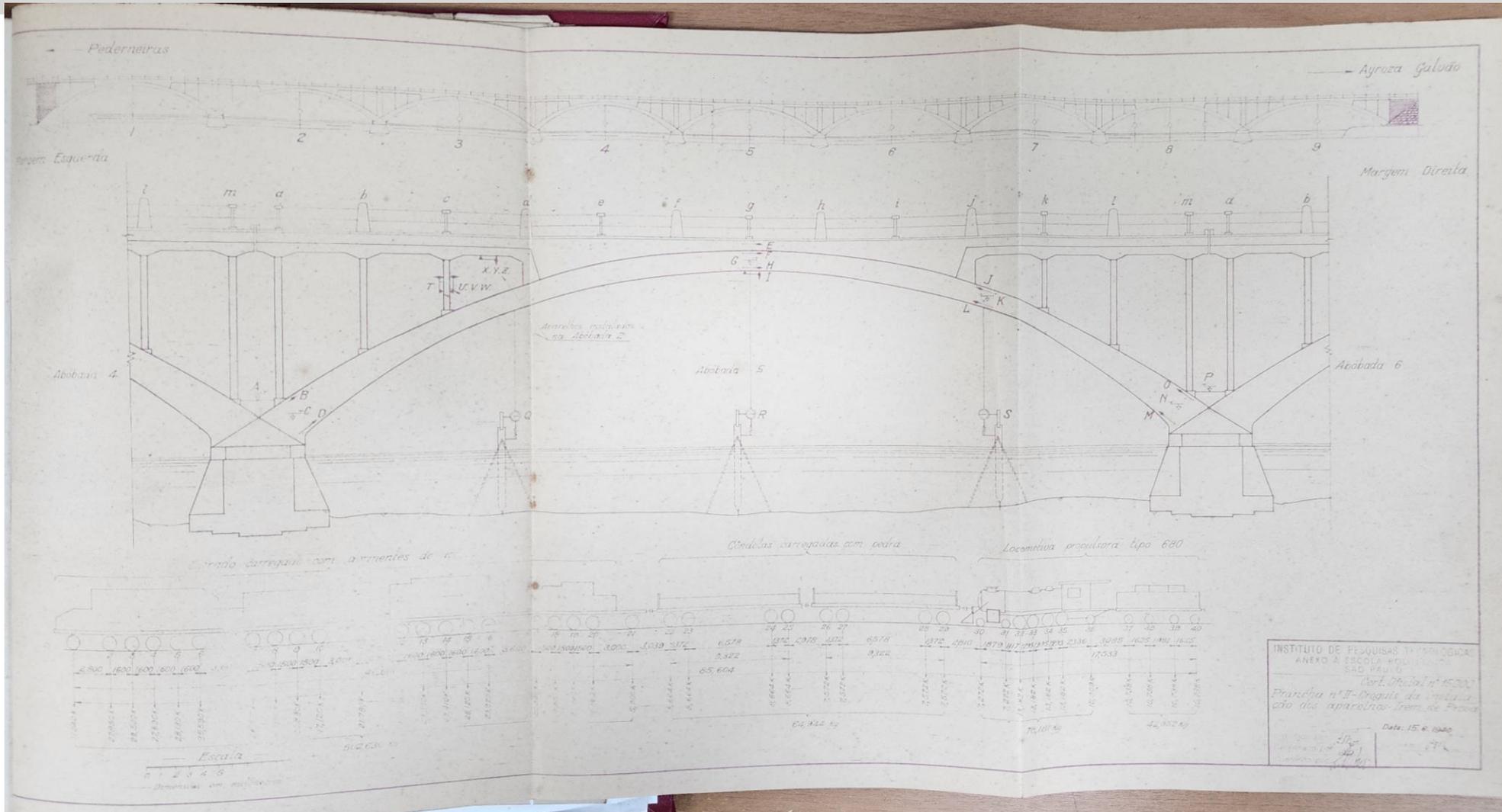
Aspeto do trem de prova



Defletômetro instalado  
no fêcho da abóbada 5



Clinômetro e tensômetros insta-  
lados no fêcho da abóbada 5



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
 ANEXO À ESCOLA POLÍTECNICA  
 SÃO PAULO  
 Cart. Oficial nº 1520  
 Prancha nº II - Projeto da ponte sobre o rio das Aparilhas - Lem. de Ferro  
 Data: 15. 6. 1900

# PROVA DE CARGA DINÂMICA EM PONTE DE CONCRETO EM 1943

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO

ANEXO À ESCOLA POLITÉCNICA

Certificado Oficial N.º 35 087

Material: - Ponte ferroviária de concreto armado, sobre o rio Mogi-Guaassú, próxima à estação de Passagem.

Natureza do trabalho: - Prova de carga

Interessado: - Companhia Paulista de Estradas de Ferro

## RELATÓRIO

### PRELIMINARES

#### DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra de que trata o presente relatório é uma ponte ferroviária, de concreto armado, pertencente à Companhia Paulista de Estradas de Ferro; é lançada sobre o rio Mogi-Guaassú próxima à estação de Passagem, e foi construída em 1928 pela firma Christiani & Nielsen do Rio de Janeiro.

A ponte subdivide-se em seis vãos, cada um deles constituído de dois arcos paralelos, engastados, com 24,0 m de vão e 9,1 m de flecha teórica, isto é, diferença do nível entre a linha elástica dos arcos no fecho e o centro das impostas. A estrutura tem um comprimento total de 164,0 m e uma largura de 3,1 m, exclusive os consolos para pedestres.

A secção transversal dos arcos é retangular em dimensões variáveis, sendo máxima nas impostas com 1,40 x 0,80 m, e mínima no fecho com 0,89 x 0,44 m; nos rins a secção dos arcos tem 1,03 x 0,52 m (ver Prancha n.º 1 em anexo).

O taboleiro apoiando-se em montantes sobre os arcos, entre fechos consecutivos, consiste de uma série de vigas contínuas, com cinco vãos de 3,2 m



VISTA DA PONTE COM O TREM DE PROVA.

# PROVA DE CARGA DINÂMICA EM PONTE DE CONCRETO EM 1943





TENSÔMETROS INSTALADOS SOB O TABOLEIRO.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO  
ANEXO À ESCOLA POLITÉCNICA

Certificado Oficial N.º 35 087



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO  
ANEXO À ESCOLA POLITÉCNICA

Certificado Oficial N.º 35 087



ENSAIOS DINÂMICOS - REGISTRADORES DE FLECHAS.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO  
ANEXO À ESCOLA POLITÉCNICA

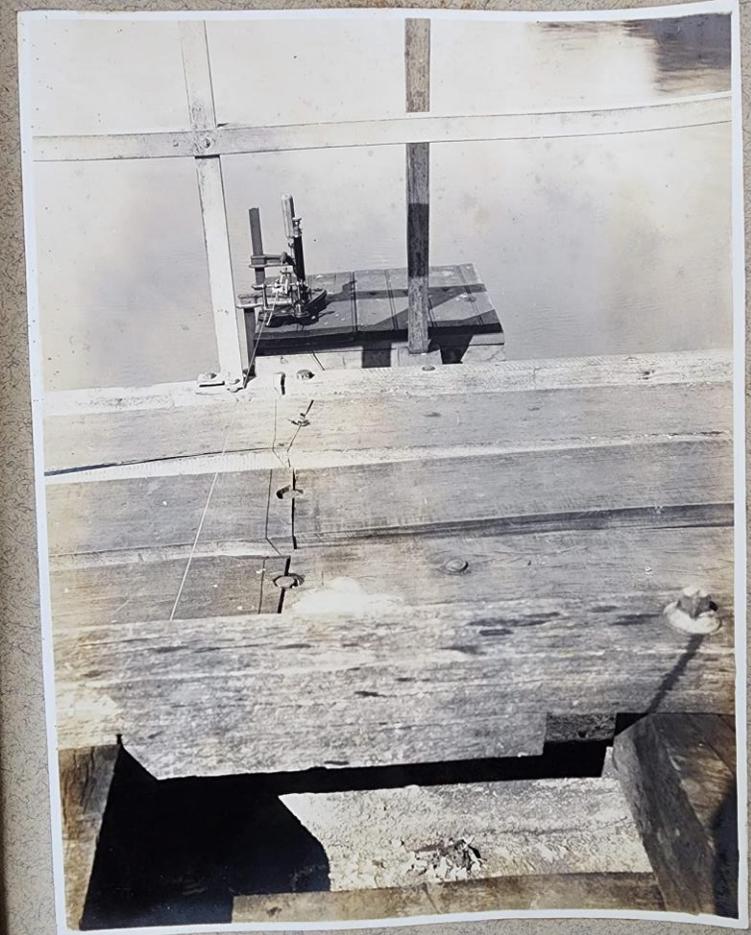
Certificado Oficial N.º 35 087



ENSAIOS DINÂMICOS - TORRE REFERÊNCIA DO MOVIMENTO TRANSVERSAL.

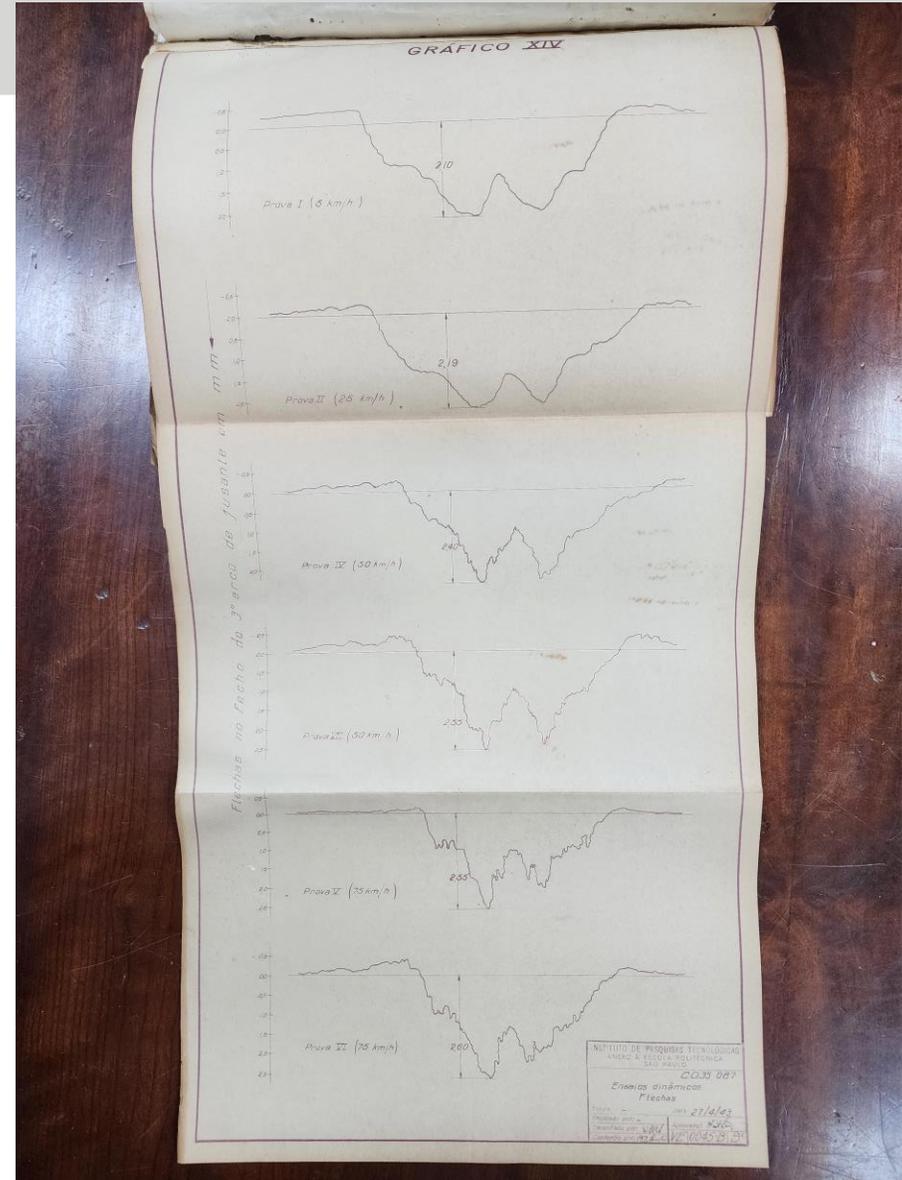
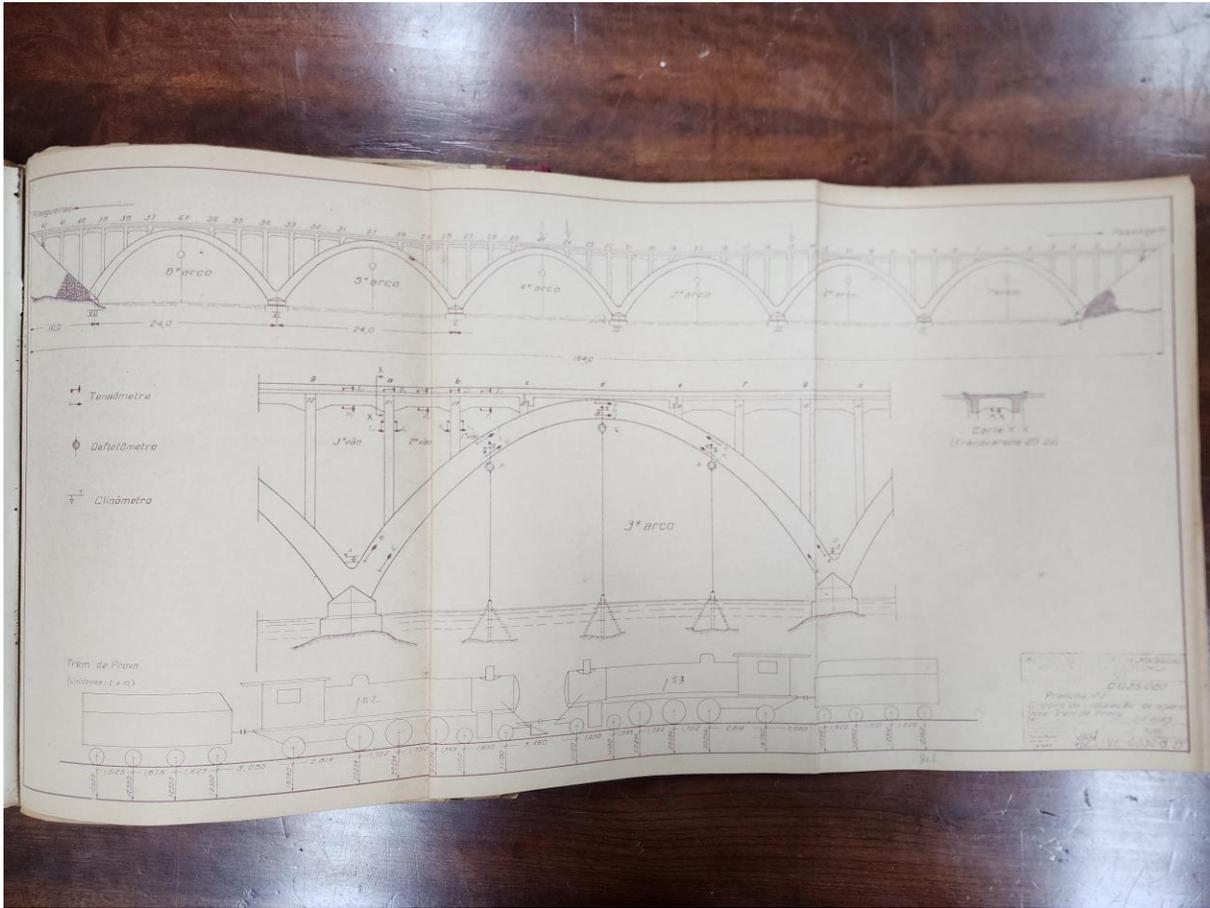
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DO ESTADO DE SÃO PAULO  
ANEXO À ESCOLA POLITÉCNICA

Certificado Oficial N.º 35 087



ENSAIOS DINÂMICOS - REGISTRADOR DE MOVIMENTO TRANSVERSAL.





# MONITORAMENTO DE EDIFÍCIOS VIZINHOS A IMPLOÇÃO EM 1987

**RESUMO DE**

RT	RELATÓRIO TÉCNICO	SÍGLO DA UNIDADE	NÚMERO DO RELATÓRIO / FOLHA	ATA	TIPO DE INSTRUMENTAÇÃO
PT	PARECER TÉCNICO		25 422	87	

Monitoramento dos edifícios vizinhos do prédio 2A da CESP implodido em 07.06.87.

PROFESSOR RESPONSÁVEL	SÍGLO DA UNIDADE	RAMAL
Wilson Figueira Mideia et alli Eduardo F. Horta et alli	DMGA/Mec.Rochas DEC/A.Estruturas	366/772 161

EMPRESA RESPONSÁVEL  
Companhia Energética de São Paulo - CESP.

DATA	VOLUME	PÁGINAS	Nº EXEMPLARES
21.07.87	1	38	

NÚMERO Nº 0463.04.9      CONTRATO Nº

Foi executada a monitoração estática e dinâmica dos diversos prédios localizados em volta da parte do Edifício (Sede 2A) demolido com explosivos. A verificação da resposta à detonação e queda da referida estrutura por parte das vizinhas, consistiu na quantificação das vibrações mecânicas, deslocamentos e deformações impostas às mesmas, valores que servirão como subsídios a futuras análises sobre condições de estabilidade e segurança.

Neste Relatório Final estão contidas todas as observações.

PALAVRAS-CHAVE  
Implosão - Implosão - CESP.

NOTA NÃO PREENCHER OS CAMPOS RETICULADOS

Comissão de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT - Cidade Universitária - 05508 - São Paulo - SP  
CNPQ Nº 304174/81 - CEP 05008 - Endereço Telegrafico TECNINST - Telex (011) 22831 INPT BR FONE (011) 268 2211

2

Relatório Nº 25 422

a) instrumentação dinâmica

Foram utilizados 12 sismógrafos de engenharia, a saber:

- 3 unidades MVR-IPT com 2 geofones triortogonais cada uma;
- 5 unidades ADVP-IPT com 1 geofone triortogonal cada uma;
- 2 unidades da Slope Indicator (SINCO-S2 e SINCO S3) com 2 geofones triortogonais cada uma;
- 1 acelerômetro triortogonal;
- 1 acelerômetro de três componentes

Obs.: este acelerômetro e o sismógrafo de engenharia SINCO-S2 foram instalados e operados por técnicos dos Laboratórios Centrais de Engenharia Civil-CESP de Ilha Solteira.

b) instrumentação estática

Para as medidas de deslocamentos e deformações foram utilizados:

- 15 bases de tenotast para as medidas de variação de abertura de fissuras;
- 11 bases de clinômetro, para medida de rotações em pilares;
- 19 bases de alongômetros, para medida de variação de deformações específicas;
- 14 bases de convergência, para medidas de deslocamentos relativos entre os prédios instrumentados;

c) filmagem rápida

- filmadora Hyspeed de alta velocidade (capacidade até 10 000 imagens por segundo);

Todos esses equipamentos são ilustrados neste Relatório, no Anexo referente à documentação fotográfica.

2.2 Locais de Instrumentação e Leituras

Os DESENHOS de nºs 01 a 05, ilustram a distribuição das ba



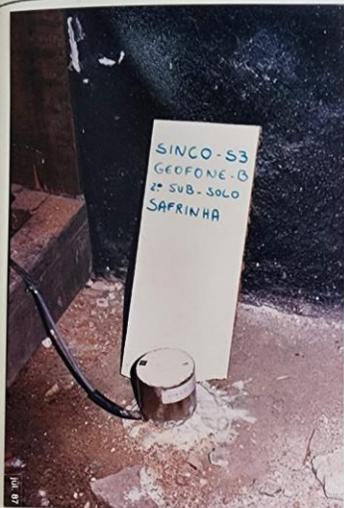


FOTO 3 - Instalação de um geofone na laje do 2º subsolo do Edifício Segurasil, próximo de um pilar.

FOTO 4 - Instalação do sensor para medição da sobrepressão no ar, 3º andar do Edifício Segurasil.



FOTO 5 - Leitura dos instrumentos instalados em um dos pilares do Sede 2B, subsolo inferior.



FOTO 6 - Leitura dos instrumentos instalados em um dos pilares do Sede 2B, subsolo inferior. Alongâmetro.



FOTO 7 - Detalhe de uma base para o clinômetro removível



FOTO 8 - Detalhe de uma base para o clinômetro removível. Rotações em 2 planos verticais, perpendiculares entre si.



FOTO 9 - Base tridirecional para alongâmetro - instalada na base de um dos pilares do Edifício Segurasil



FOTO 10 - Alongâmetro - base instalada num dos pilares do Sede 2B.



FOTO 11 - Leitura de uma das bases de clinômetro instaladas no Sede 2B.



FOTO 12 - Leitura de uma das bases de clinômetro instaladas no Sede 2B.



FOTO 13 - Leitura de uma das bases de clinômetro instaladas no Sede 1.

FOTO 14 - Vista de uma base de clinômetro, instalada em andar intermediário do Sede 2B





FOTO 15 - Uma das bases de Tensotast



FOTO 16 - Leitura em uma das bases de Tensotast.

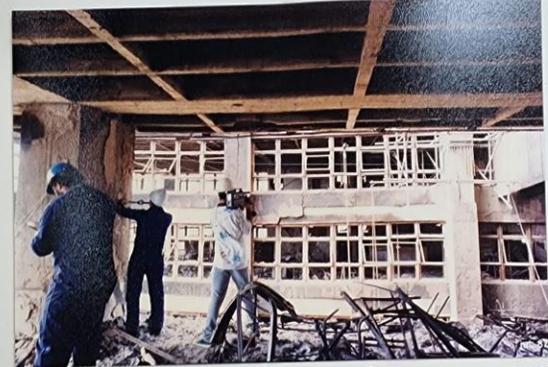


FOTO 17 - Execução de medidas de convergência entre os Edifícios Sede 1 e Sede 2B.



FOTO 18 - Vista, a partir do Edifício Sede 1, dos Edifícios Sede de 2A (à direita), posteriormente demolido, e Sede 2B (à esquerda).



# MONITORAMENTO DE CARGA ESPECIAL

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - IPT

Relatório nº 28.008



FOTO 9 - Acompanhamento da passagem da carreta da Iriga pela ponte sobre o Rio Batalha, SP 294, km 359,4.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - IPT

Relatório nº 28.008



FOTO 11 - Acompanhamento da passagem da carreta da Iriga pela ponte sobre o Rio do Peixe, SP 333, km 105,3.



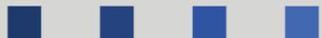
FOTO 12 - Detalhe da instrumentação para medição de flexão no meio de vão na ponte sobre o Rio do Peixe, SP 333, km 105,3.

FORM. 009 - 8104897 - 4000x1 - 10/82



Seção de Obras Civas

Laboratório de Engenharia de Estruturas



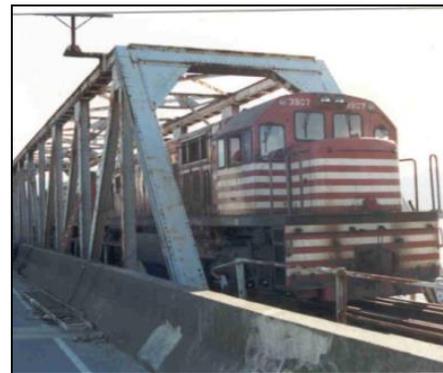
# ÁREAS DE ATUAÇÃO

- Avaliação da integridade e segurança estrutural de obras civis (pontes, viadutos, edificações, etc.), incluindo investigações após eventuais acidentes
- Apoio tecnológico a construção e recuperação de obras civis na área de Estruturas
- Inspeção, análise experimental e cadastro de obras-de-arte e galerias em malhas viárias em SP



# ÁREAS DE ATUAÇÃO

- Instrumentação e monitoramento de obras civis



- Ensaio especializado em campo e laboratório de componentes estruturais (paredes, vigas, aparelhos de apoio, trilhos, junta isolante, etc.)



# Avaliação da segurança estrutural de obras civis



Via Expressa – Salvador/BA



Cebolão – São Paulo/SP



Ponte sobre o Canal dos Barreiros – São Vicente/SP



Ponte Pênsil – São Vicente/SP

# Avaliação da segurança estrutural de obras civis



Museu de História – São Paulo/SP



Memorial da América Latina – São Paulo/SP



Teatro Brás Cubas – Santos/SP



Infraero – Goiânia/GO

# Avaliação da segurança estrutural de obras civis



Cobertura de Ginásio de Esportes – Araraquara/SP



Ginásio de Esportes – Suzano/SP



# Apoio tecnológico a construção

Obra: Porto do Açu – RJ

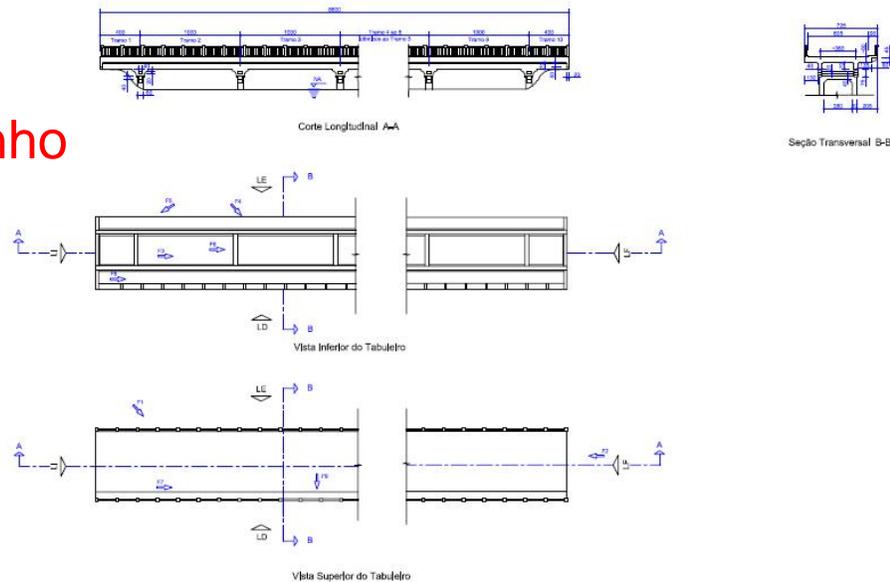
- 2,8 km de pontes
- inspeção visual
- ensaios em aparelhos de apoio
- monitoramento de aberturas de juntas de dilatação
- prova de carga estática



# Apoio tecnológico para o DER - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo

- Cadastramento, inspeção e processamento de todas as pontes sob administração do DER.
- A área de Engenharia de Estruturas do IPT inspecionou mais de 2.500 pontes.
- Ausência de desenho, projeto e localização das pontes.
- Análise Estrutural verificando os esforços causados por veículos do tipo CVC, usado no transporte de cana de açúcar.

# Desenho



# Fotos



# Anomalias observadas

**Legenda:**  
 O símbolo em um círculo indica anomalia em campo.  
 O símbolo em um círculo com uma seta indica anomalia para a inspeção de detalhe.  
 O símbolo em um círculo com uma seta e um ponto indica anomalia para a inspeção de detalhe com uma seta para a inspeção de detalhe.  
 O símbolo em um círculo com uma seta e um ponto indica anomalia para a inspeção de detalhe com uma seta para a inspeção de detalhe.

**Legenda:**  
 O símbolo em um círculo indica anomalia em campo.  
 O símbolo em um círculo com uma seta indica anomalia para a inspeção de detalhe.  
 O símbolo em um círculo com uma seta e um ponto indica anomalia para a inspeção de detalhe com uma seta para a inspeção de detalhe.  
 O símbolo em um círculo com uma seta e um ponto indica anomalia para a inspeção de detalhe com uma seta para a inspeção de detalhe.



RECEBIDO DE ACORDO COM O TERMO DE RECEBIMENTO DOS AUTOS Nº...  
 AS FLS. Nº...

ARQUIVO  
 DATA: \_\_\_\_\_  
 MODELO: GAVIETA / DM/AG

PREFEIO Nº \_\_\_\_\_  
 DER SÃO PAULO

OBRA: Ponte sobre o rio Moggi  
 LOCALIZAÇÃO: SP 148 - Km 42,360 - Lat: 23° 51' 22" Long: 46° 27' 68"  
 TÍTULO: Inspeção de viga de concreto  
 CÓDIGO: DE-SPV-148-042-350-003-0411001

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do Projeto	Inspeção de Estado
Localização	SP 148 - Km 42,360
Descrição	Inspeção de Estado
Observações	Normal
AVALIAÇÃO DE ESTADO	
Estado de conservação (condição para Inspeção 1 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 1 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 2 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 2 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 3 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 3 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 4 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 4 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 5 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 5 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 6 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 6 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 7 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 7 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 8 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 8 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 9 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 9 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 10 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 10 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 11 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 11 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 12 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 12 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 13 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 13 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 14 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 14 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 15 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 15 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 16 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 16 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 17 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 17 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 18 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 18 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 19 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 19 detalhe)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 20 base)	Normal
Estado de conservação (condição para Inspeção 20 detalhe)	Normal

## 2 ANÁLISE ESTRUTURAL

Apresenta-se a seguir um resumo da análise estrutural da OAE abaixo mencionada.

Acompanha esta análise:

- planta em escala reduzida da OAE;
- diagramas de esforços solicitantes.

São descritas a seguir as características principais da OAE:

### 2.1 Descrição:

Rodovia	SP-268
km	226,750
Classe	024
Elemento estrutural principal	Viga

### 2.2 Características das Combinações de Veículos de Carga – CVC

As figuras abaixo ilustram as Combinações de Veículo de Carga utilizadas nesta análise: CVC7420, CVC7425, CVC7430 e CVC6330.

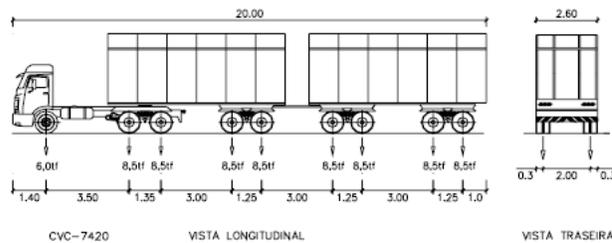


Figura 1 CVC7420 – 20 m de comprimento e carga total de 74 tf

**Processamento de 4 tipos de CVC e do trem tipo de projeto da ponte**

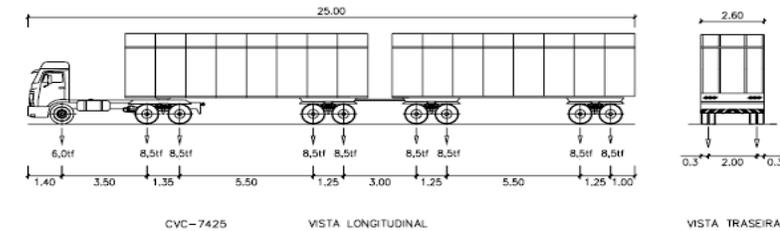


Figura 2 CVC7425 – 25 m de comprimento e carga total de 74 tf

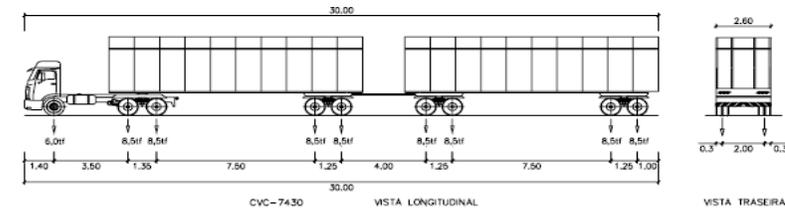


Figura 3 CVC7430 – 30 m de comprimento e carga total de 74 tf

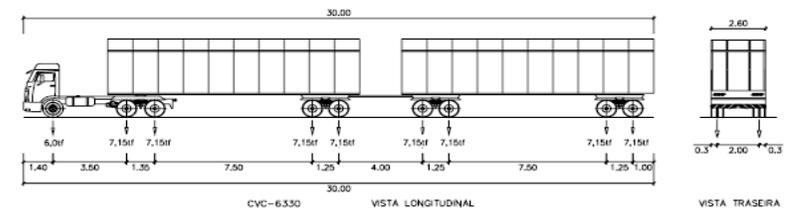
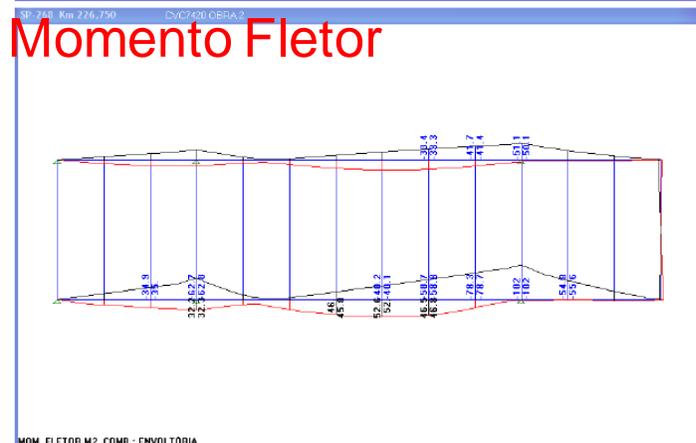
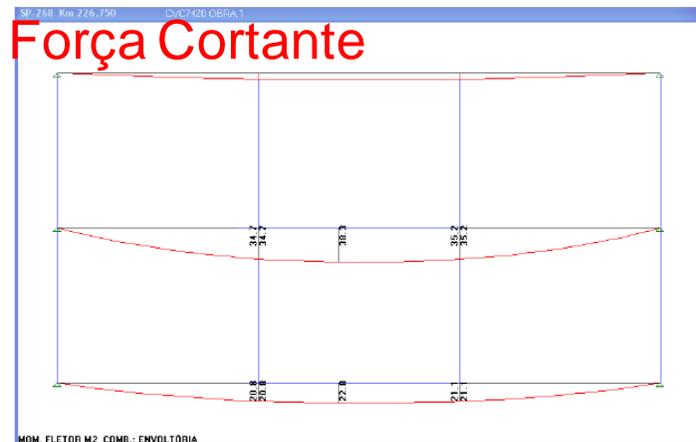


Figura 4 CVC6330 – 30 m de comprimento e carga total de 63 tf



### OBRA 2

#### Momento Fletor (tf.m)

Posição	TB24	μTB24	CVC6330	Aprovação
vão 1	27,9	33,5	23,9	sim
apoio 2	49,4	59,3	37,4	sim
vão 2	53,8	64,6	37,9	sim
apoio 3	88,1	105,7	76,9	sim

### OBRA 1

#### Força Cortante (tf)

Posição	TB24	CVC6330	Aprovação
apoio 1d	15,7	14,0	sim
apoio 2e	15,6	14,2	sim

### OBRA 2

#### Força Cortante (tf)

Posição	TB24	μTB24	CVC6330	Aprovação
apoio 1d	17,4	20,9	13,1	sim
apoio 2e	19,8	23,8	17,6	sim
apoio 2d	26,0	31,2	20,3	sim
apoio 3e	23,1	27,7	20,3	sim
apoio 3d	25,0	30,0	25,4	sim

## Comparação dos esforços dos 4 CVC com os esforços do trem tipo de projeto

### 3 CONCLUSÕES

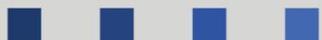
Conforme as análises comparativas acima, apresentam-se as seguintes conclusões sobre a viabilidade da passagem das CVCs analisadas sobre a OAE em epígrafe.

#### Conclusões das análises

Tipo de CVC	CVC7420	CVC7425	CVC7430	CVC6330
Viabilidade de passagem	Não	Não	Não	Sim

## 3 veículos sem viabilidade de passagem

# Investigação das causas de Acidentes Estruturais



# INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES



13/01/2012 13h12 - Atualizado em 13/01/2012 13h15

## IPT vai analisar desabamento de laje em obra da Zona Norte de SP

Um operário morreu e outros 11 ficaram feridos na Vila Nova Cachoeirinha. Secretário da Cultura mandou interditar obras após acidente.

Do G1 SP

1 comentário [Tweeter](#) 83 [Recomendar](#) 3



Parte de prédio desabou (Foto: Reprodução/TV Globo)



A Secretaria de Estado da Cultura contratou o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para fazer um laudo sobre as causas do desabamento da laje da Fábrica da Cultura que caiu nesta quinta-feira (12) na Vila Nova Cachoeirinha, na Zona Norte da caoital.

02/07/2013 19h12 - Atualizado em 02/07/2013 19h49

## IPT fará perícia 'paralela' para apurar acidente em obra viária de Piracicaba

Concessionária contratou Instituto de Pesquisas Tecnológicas nesta terça. Queda de vigas em ponte do novo anel viário matou e feriu trabalhadores.

Do G1 Piracicaba e Região

[Comente agora](#) [Tweeter](#) 2 [Recomendar](#) 64



Acidente ocorreu nesta segunda-feira nas obras do novo anel viário de Piracicaba (Foto: Fernanda Zanetti/G1)

A concessionária Rodovias do Tietê informou na tarde desta terça-feira (2) que contratou o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para realizar uma perícia técnica paralela nas obras do novo anel viário de **Piracicaba** (SP), onde na manhã desta segunda-feira (1) o desabamento



/ são paulo / **desabamento no rodoanel**

28/12/09 - 19h01 - Atualizado em 28/12/09 - 20h19

## Laudo do IPT aponta falhas de execução em obra do Rodoanel que desabou

Secretaria Estadual dos Transportes divulgou relatório nesta segunda (28). Vigas de viaduto desabaram sobre a Régis em 13 de novembro.

Do G1, em São Paulo

Tamanho da letra  
A- A+



A Secretaria Estadual dos Transportes divulgou nesta segunda-feira (28) laudo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) que aponta falhas na execução por parte das empresas Mendes Júnior, OAS e Carioca Engenharia na construção de um viaduto do Rodoanel Sul sobre a Rodovia Régis Bittencourt.

No dia 13 de novembro, três vigas de sustentação despencaram sobre carros que passavam pela estrada e deixaram três pessoas feridas. O viaduto tem 680 metros. Cada viga tinha 45 metros de comprimento e pesava 85 toneladas.

Elas despencaram de uma altura de 20 metros, atingindo dois carros e um caminhão.

### saiba mais

**Motorista ferido em desabamento no Rodoanel tem alta de hospital**

**Peritos dizem que falta de trava nas vigas causou acidente no Rodoanel**

**Crea pretende vistoriar todas as vigas do Trecho Sul do Rodoanel**

**Procuradoria cobra explicações da Dersa sobre acidente no Rodoanel**

**'Estou muito feliz', diz motorista ferido em acidente no Rodoanel ao sair do hospital**

**Serra e 11 deputados receberam doações de 'consórcio' do Rodoanel, diz TSE**

De acordo com o relatório, não foi feito um travamento adequado das vigas. Além disso, o atrito das vigas com as bases de apoio era insuficiente, segundo o documento. Por último, o estudo do IPT aponta uma "falta de horizontalidade das superfícies das bases de apoio", como uma das causas para a queda das vigas, que, devido a estas falhas na execução, não resistiram a uma "força horizontal", não explicada no documento.

Segundo a secretaria, o instituto avaliou aspectos como a ocorrência de sismos (tremores de terras), ação de ventos e tempestades, qualidade dos materiais usados, protensão das vigas, seu dimensionamento e procedimentos de instalação.

De acordo com o comunicado à imprensa da secretaria, "será feita a devida apuração das responsabilidades contratuais e funcionais

## IPT conclui relatório sobre causas de desabamento na Linha 4 do Metrô

Instituto entrega documento na tarde de sexta-feira (6) às autoridades. Escavações cautelosas adiaram conclusão do relatório, diz IPT.

Do G1, em São Paulo

Tamanho da letra

A- A+



AMPLIAR  
Acidente em Pinheiros (Zona Oeste) matou sete pessoas em janeiro de 2007 (Foto: Diário de S.Paulo)

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) concluiu nesta sexta-feira (6) o relatório final que aponta as causas do desabamento das obras da futura Estação Pinheiros, da Linha 4 (Amarela) do Metrô de São Paulo. O acidente, que aconteceu no dia 12 de janeiro do ano passado, matou sete pessoas que transitavam na região.

O instituto, vinculado à Secretaria do Desenvolvimento, entrega no final desta tarde o documento ao Ministério Público de São Paulo, Metrô, Instituto

de Criminalística (IC) e Consórcio Via Amarela, formado pela Odebrecht, Camargo Corrêa, OAS, Queiroz Galvão e Andrade Gutierrez, construtoras responsáveis pela obra.

A conclusão do relatório foi adiada em função das escavações que, segundo o IPT, deveriam ser feitas cuidadosamente para não danificar as provas. Segundo o instituto, o trabalho se tornava mais lento conforme os técnicos aproximavam-se dos escombros. A

coleta de provas no local do acidente foi encerrada no dia 4 de abril passado.

O IPT contou com 30 profissionais especializados em diversas áreas técnicas. As provas foram coletadas e analisadas. A assessoria de imprensa do IPT informou que não divulgará o relatório à imprensa.

### G1 especiais

Carnaval 2011

Virada de Ano

Mais especiais

### serviços

Guia Cultural RJ

Guia Cultural SP

Downloads

Indicadores financeiros

G1 no seu celular

Newsletter

RSS

# Laudo do IPT sobre causas do acidente que abriu cratera em obra do Metrô na Marginal isenta Sabesp e suspeita de construtora

Relatório do IPT indica falhas na execução das obras da linha-6 Laranja, que estão sendo feitas pela construtora espanhola Acciona. Empresa disse que está analisando o laudo.

Por Bruno Tavares, SP2

01/03/2023 19h26 · Atualizado há 7 meses



O tatuzão da Linha 6-Laranja e a cratera formada na Marginal do Tietê após o acidente de fevereiro de 2022. — Foto: Montagem/g1

JORNAL NACIONAL

# Desabamento de ponte no Amazonas deixa pelo menos 3 mortos e 14 feridos

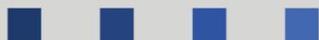
A maior parte dos 96 metros da ponte desabou. Pelo menos 12 carros e caminhões caíram no rio que corta a BR-319 na altura do km 25 da estrada. Nesse trecho, o rio tem cerca de 20 metros de profundidade.

Por Jornal Nacional

28/09/2022 20h35 · Atualizado há um ano



# Monitoramento de estruturas

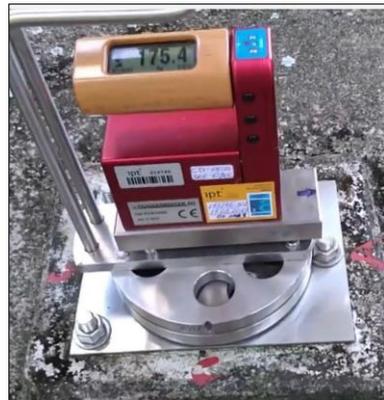
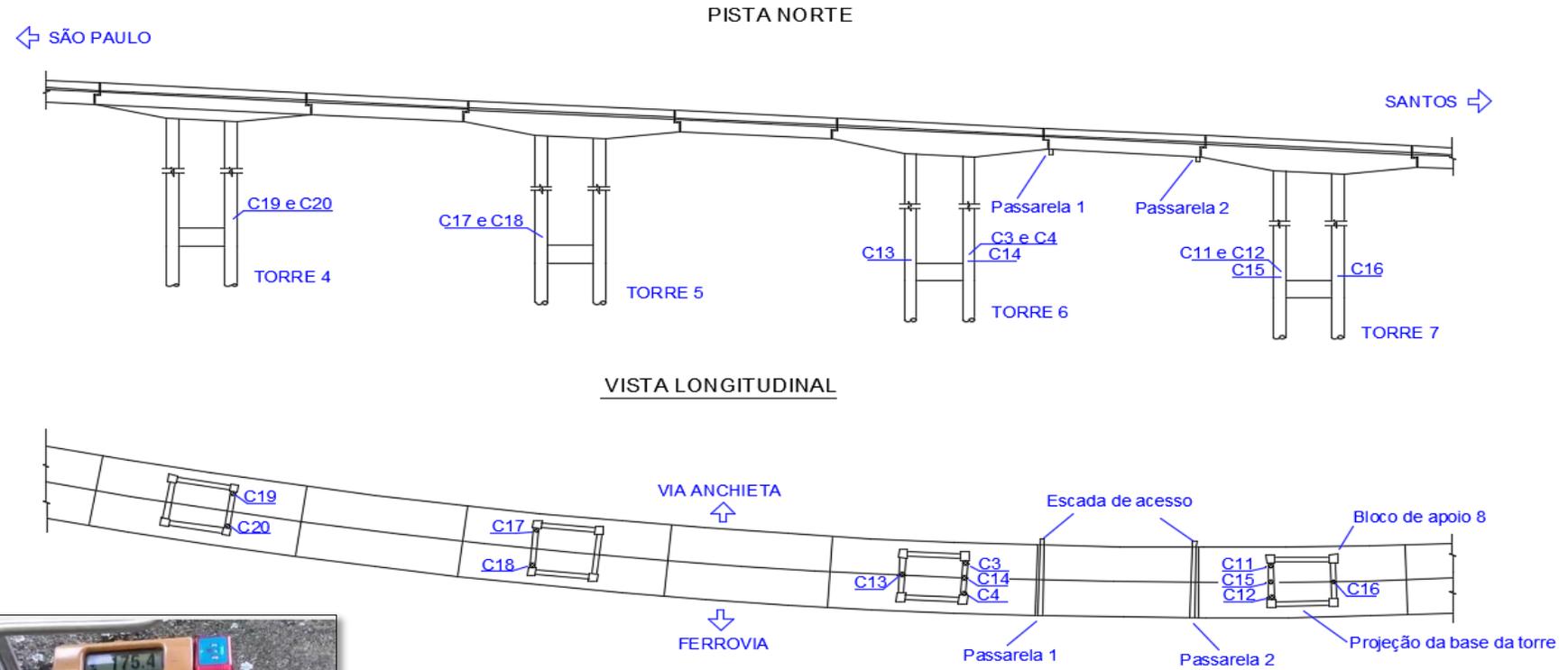


# MONITORAMENTO DE VIADUTOS NA IMIGRANTES

- Monitoramento em viadutos na Rodovia dos Imigrantes desde 1989
- Leituras quinzenais entre 1989 a 1992, mensais entre 1992 a 2015 e desde 2015 são 8 leituras por ano
- 35 anos de monitoramento de deslocamentos angulares



# MONITORAMENTO DE DESLOCAMENTOS ANGULARES



# PONTE PÊNSIL DE SÃO VICENTE-SP

- Construída em 1914
- 180 m de vão
- Treliça metálica e tabuleiro de madeira
- Torres metálicas de 20 m de altura revestidas com concreto
- Talvez seja a primeira troca de cabos de Pontes Pênseis na América do Sul
- Monitoramento Remoto da Estrutura



- Construção de Passarela
- Permissão do trânsito de pedestres e bicicletas, durante a execução da obra



- permanência das adutoras apoiadas na ponte





Retirada do tabuleiro de madeira

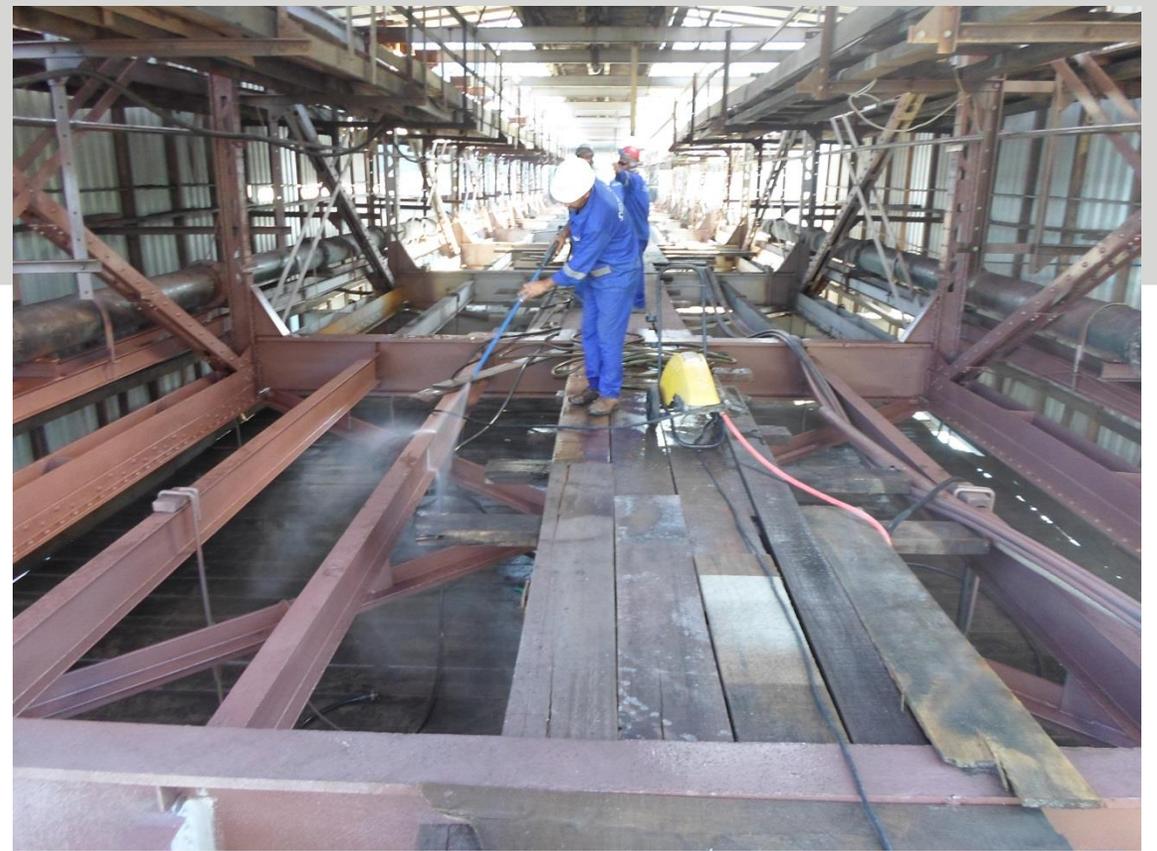


Recuperação de elemento metálicos Corroídos

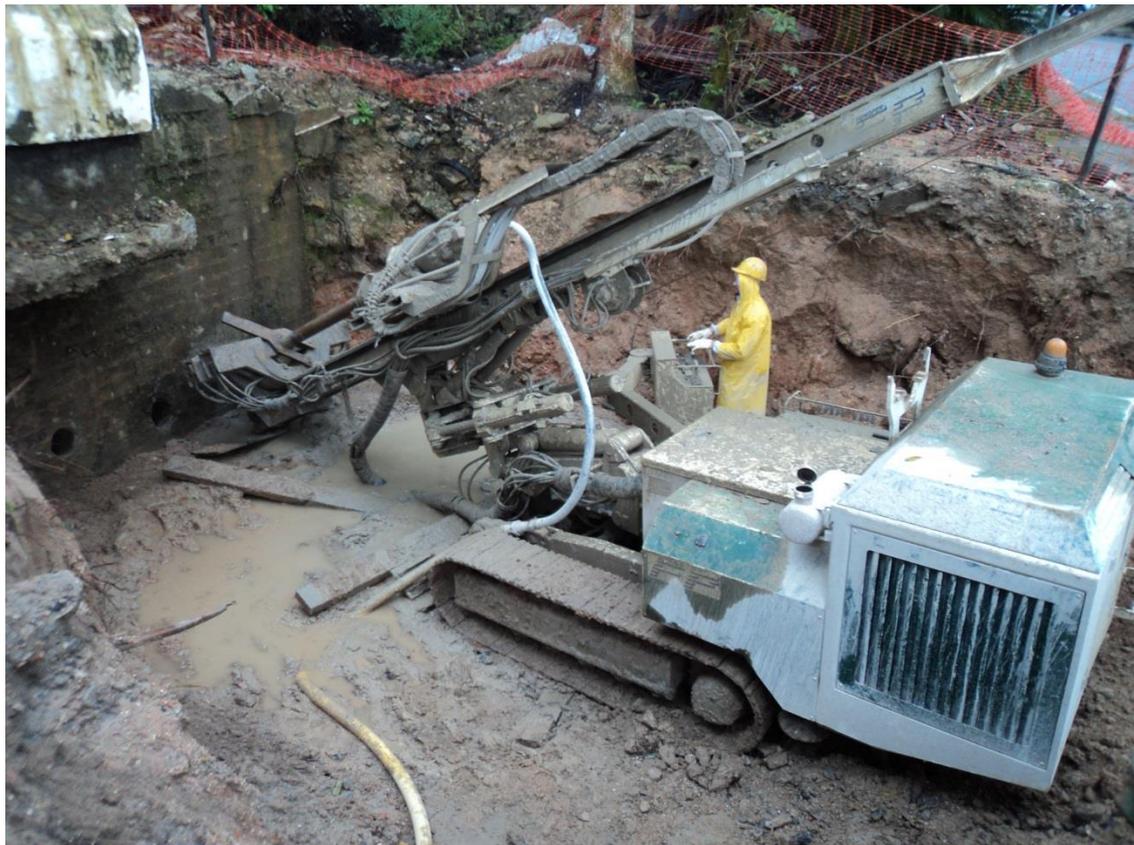


Pintura da treliça













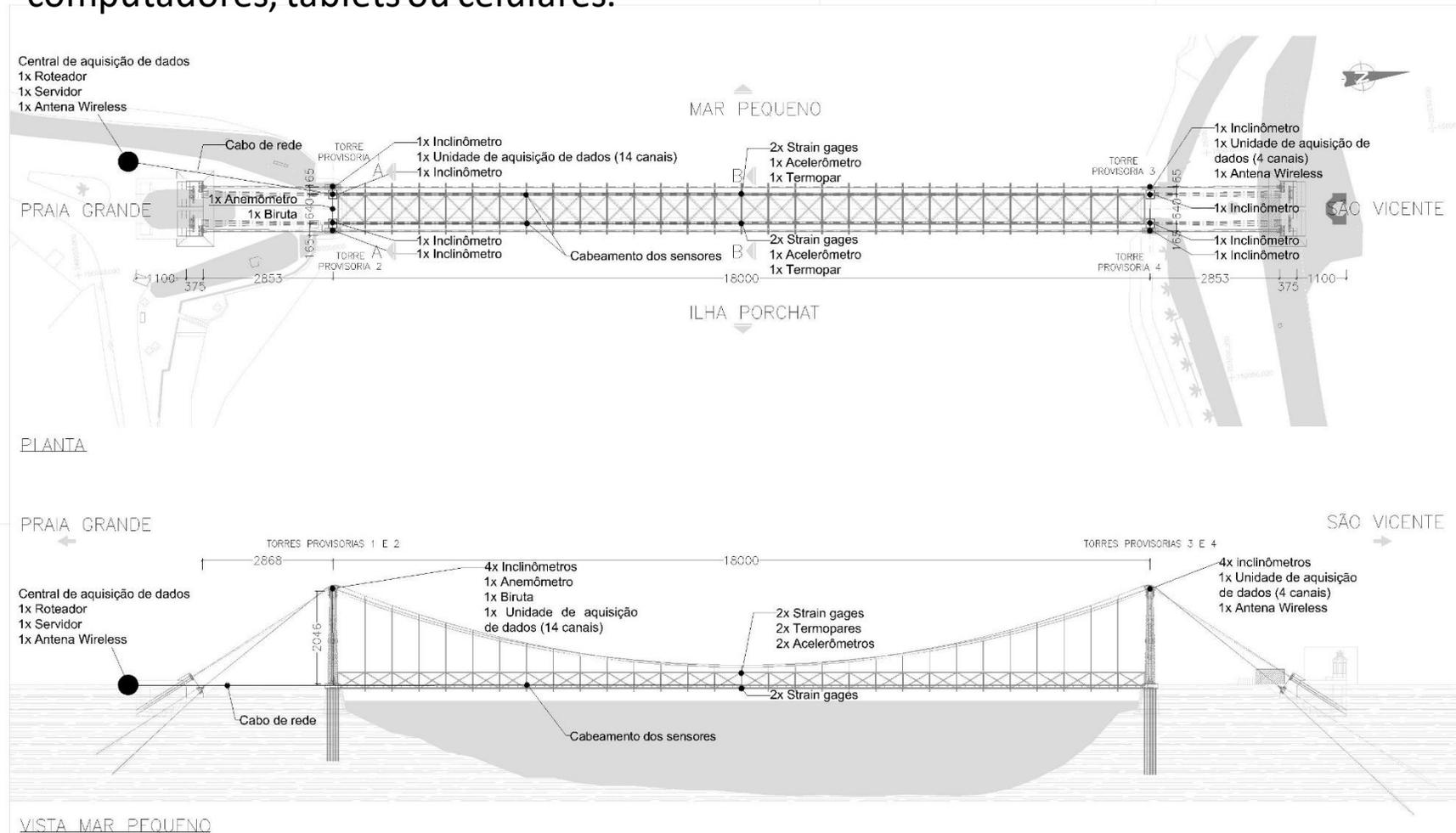
## Por que monitoramento online?

- A permanência das adutoras apoiadas na ponte e a permissão do trânsito de pedestres e bicicletas, durante a execução da obra, determinou a necessidade de cuidados para evitar riscos de acidentes
- Minimizar os riscos associados ao processo de recuperação da ponte, municiando o construtor de informações relativas a deslocamentos, deformações e vibrações excessivas da obra durante a sua reforma
- No método usual de monitoramento de estruturas, realizado em obras consolidadas e sem intervenções de agentes externos, os dados são coletados poucas vezes ao dia, na maioria manualmente, e retratam pontualmente a situação da obra naquele instante de medida.
- Na Ponte Pênsil de São Vicente, havia a necessidade do monitoramento ser contínuo, dando maior previsibilidade e controle das ações do construtor na obra



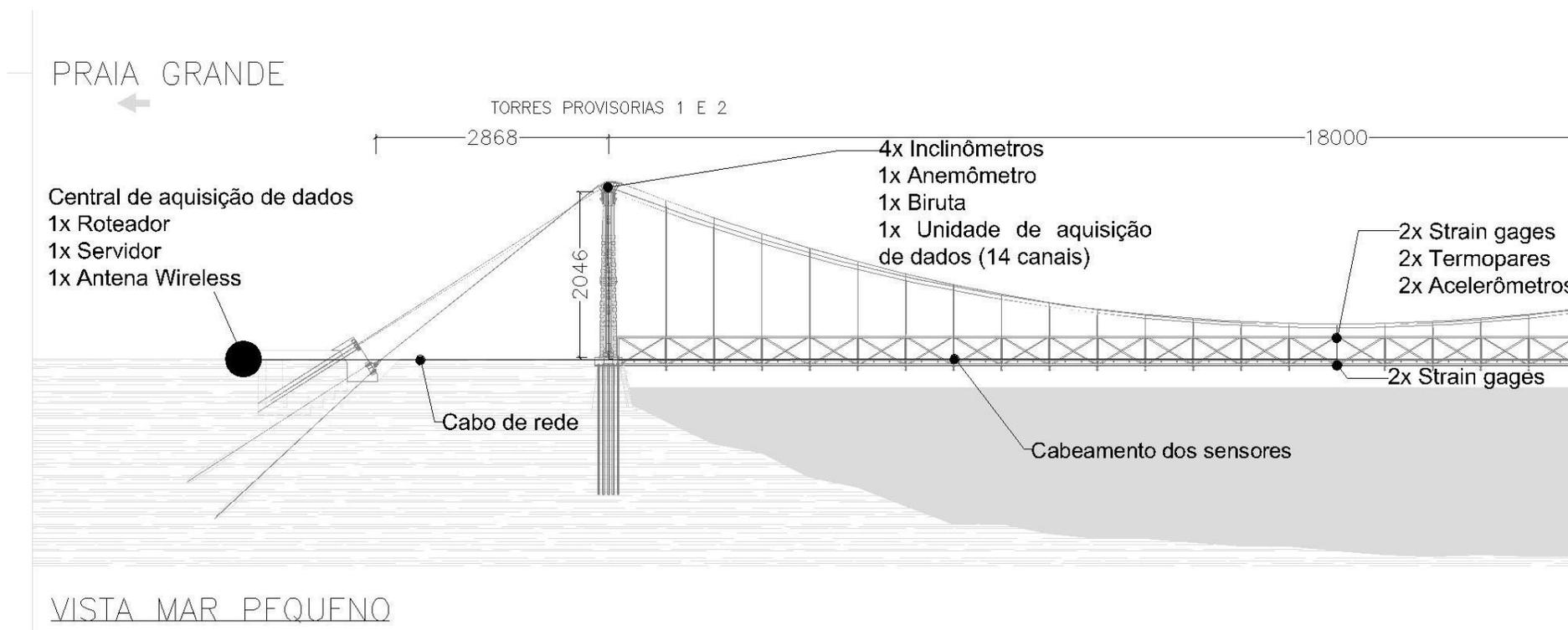
# Monitoramento remoto em tempo real

- 18 sensores medindo vibrações, deformações, inclinações, temperatura, velocidade e direção do vento em tempo real em um sistema de acesso remoto por computadores, tablets ou celulares.



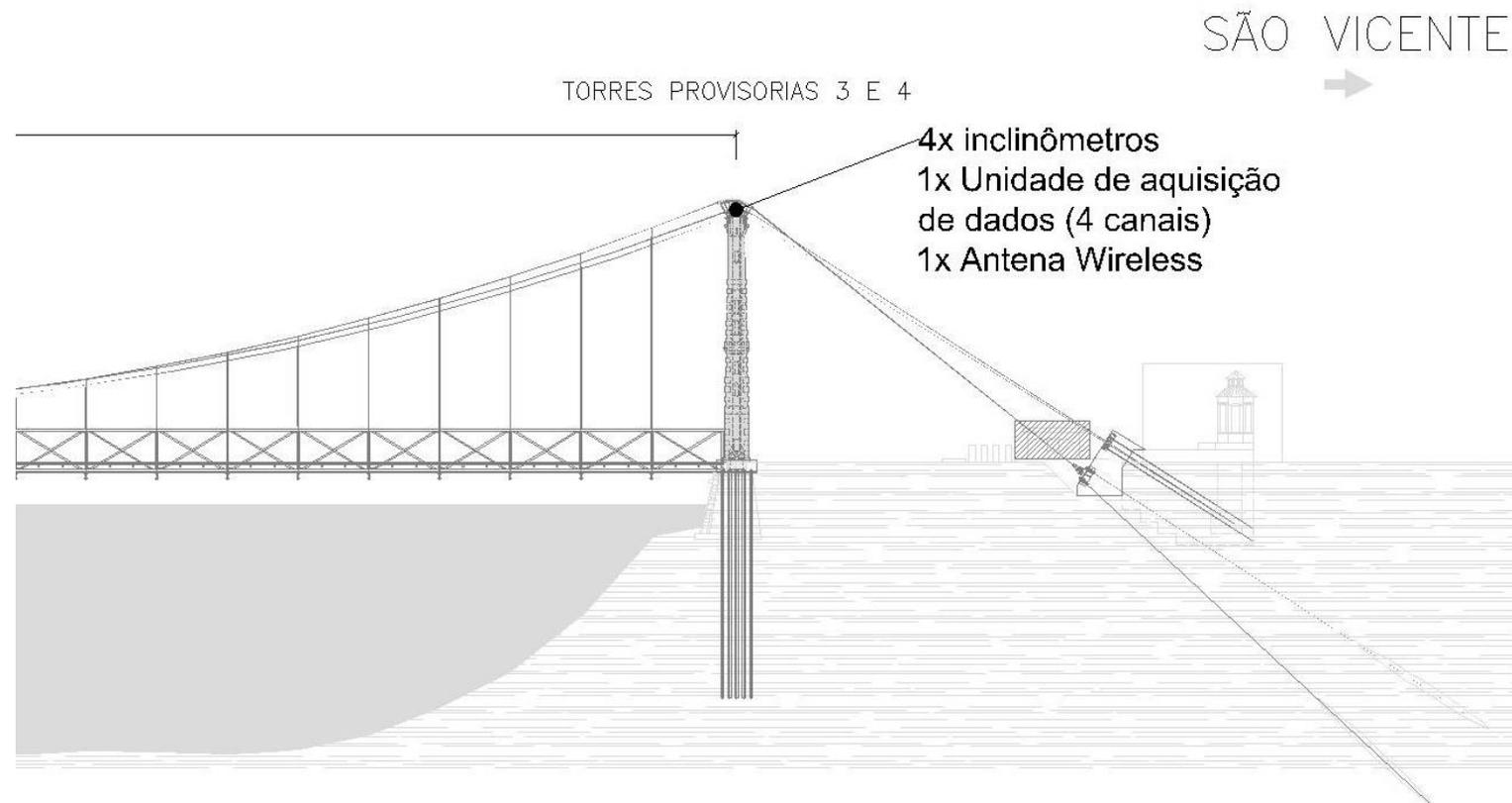
# Monitoramento online

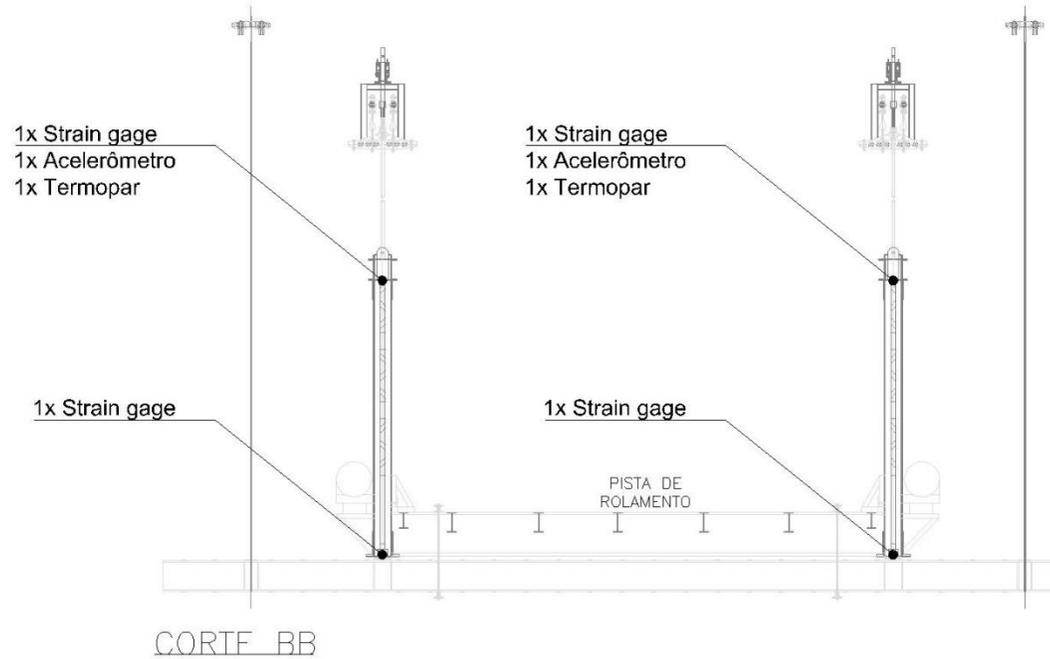
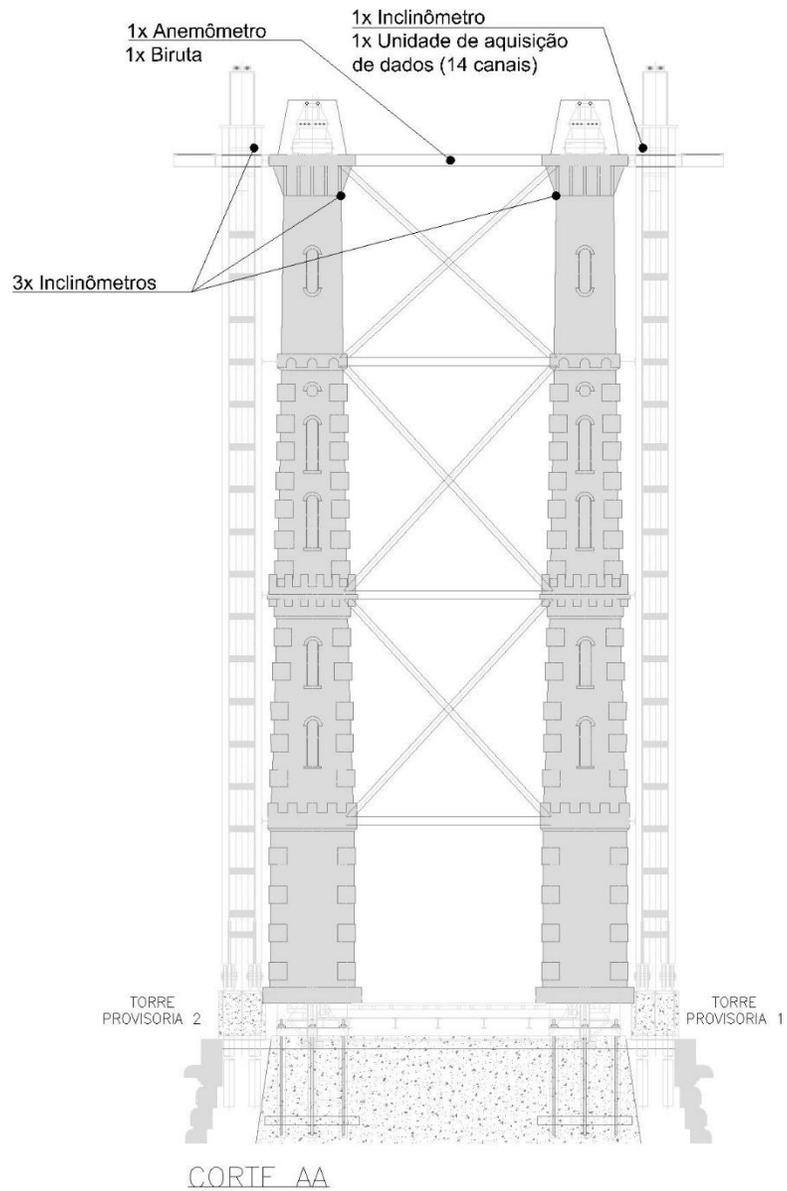
- 14 sensores ligados por cabo



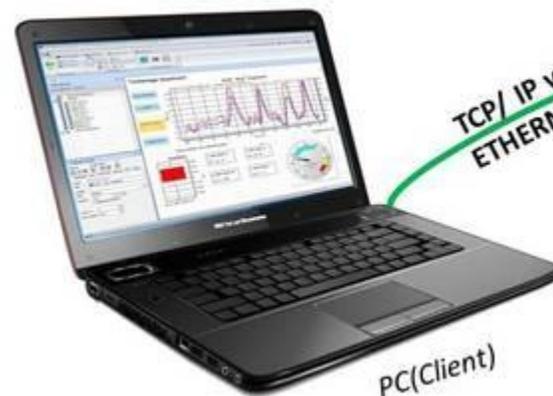
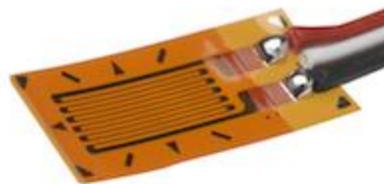
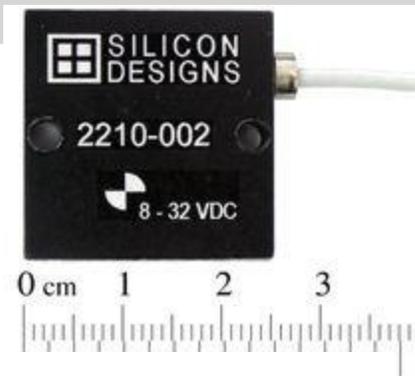
# Monitoramento online

- 4 sensores ligados via wireless





# SENSORES E SISTEMA



TCP/ IP via  
ETHERNET

PMX(Server)



Interfaces:  
e.g. AnalogOutput,  
CANopen, fieldbuses)



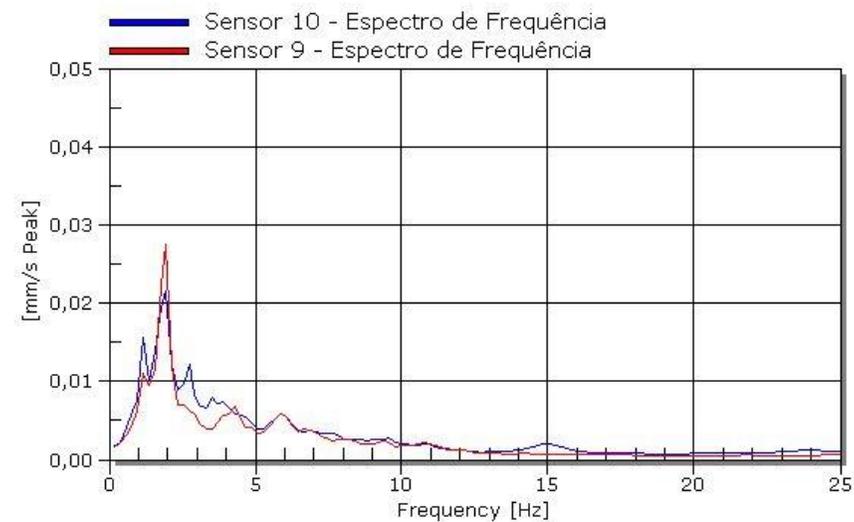
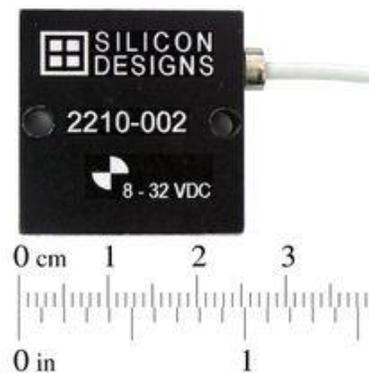
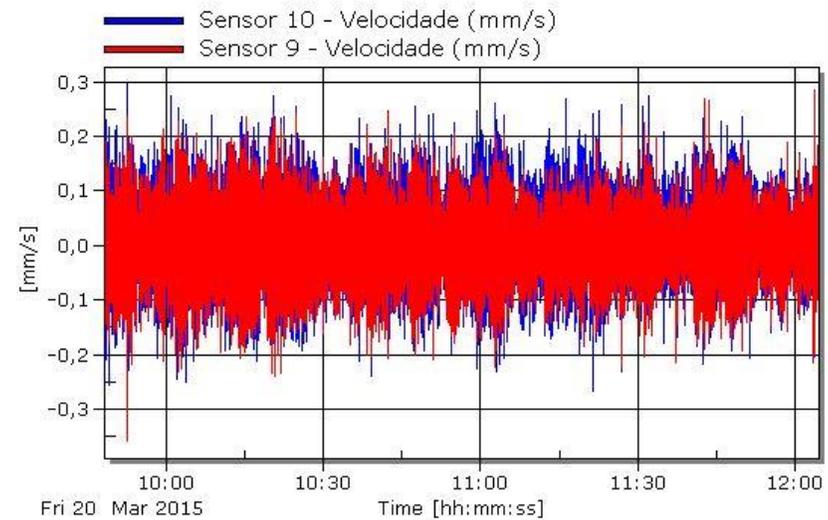
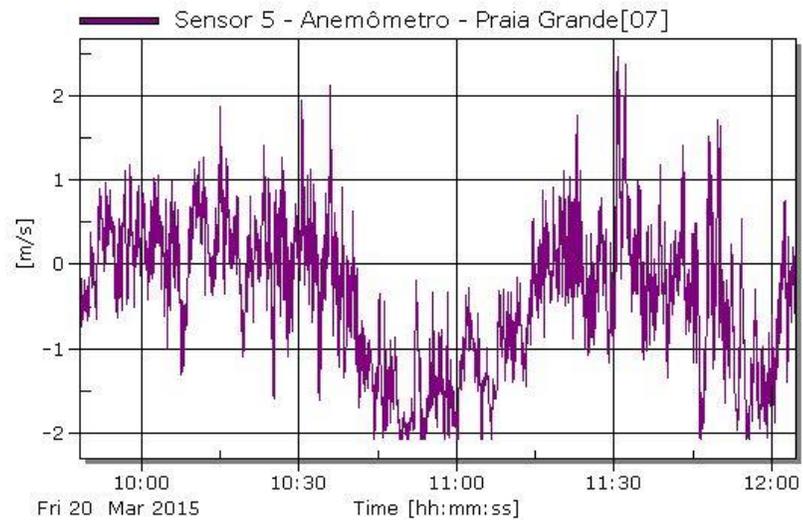


Menu: Inclínômetros, Gárges e Acelerômetros

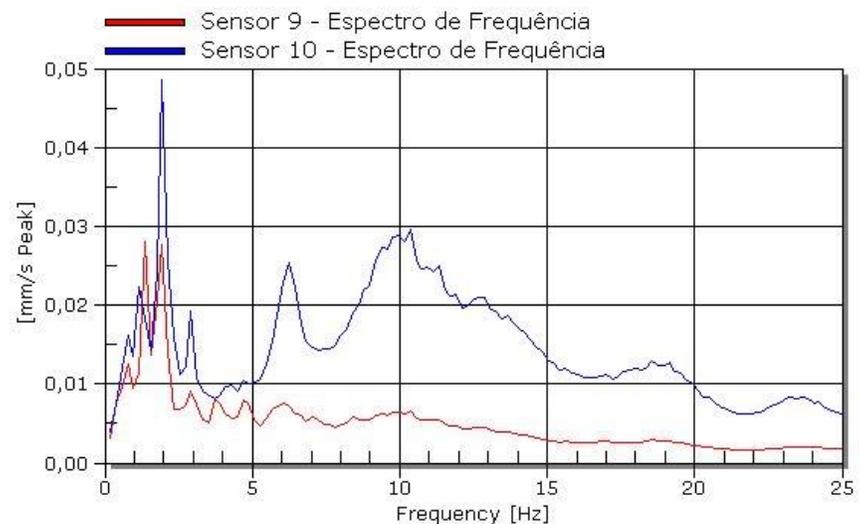
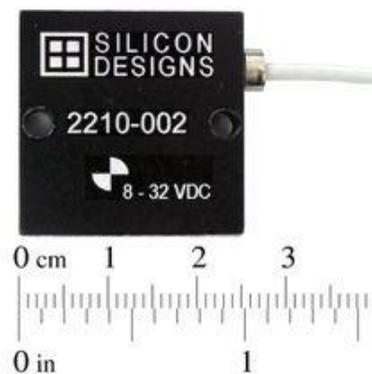
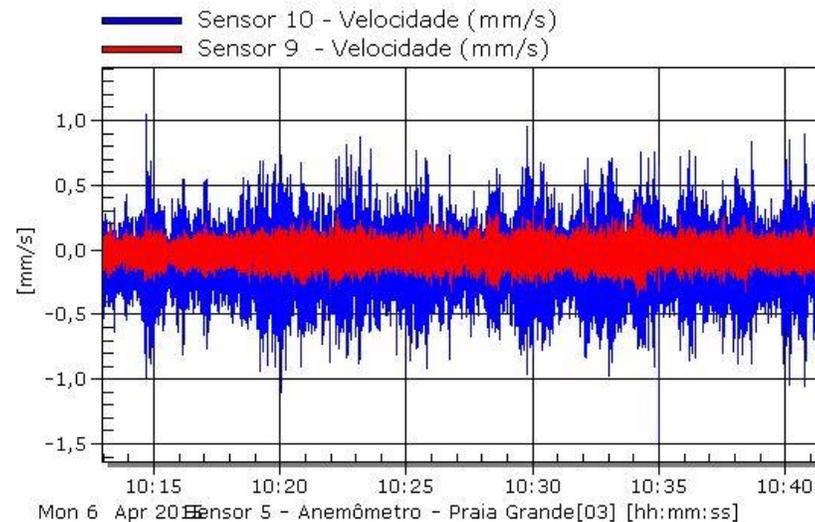
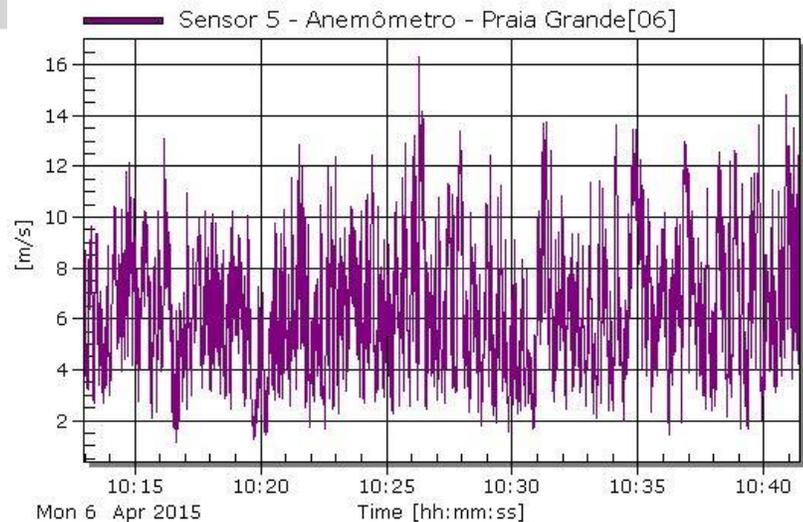
Data: 20/03/2015 Hora:09:48:07

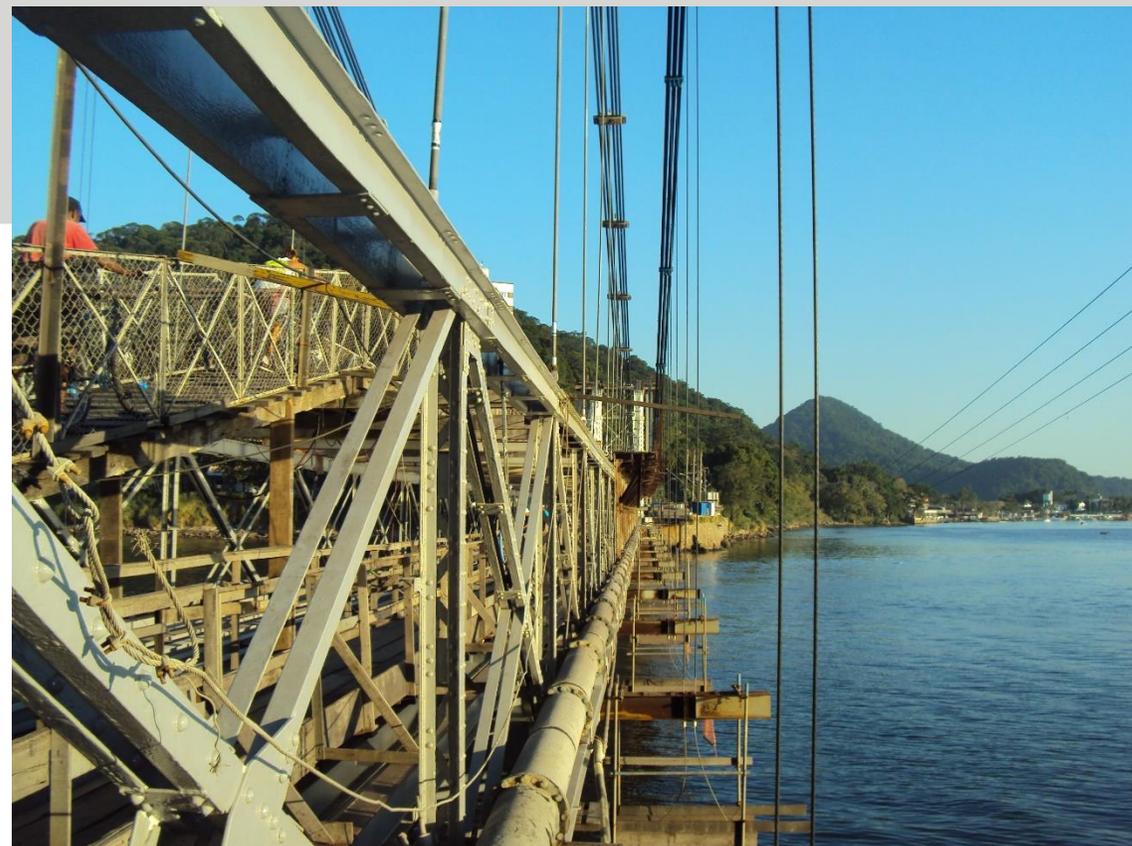
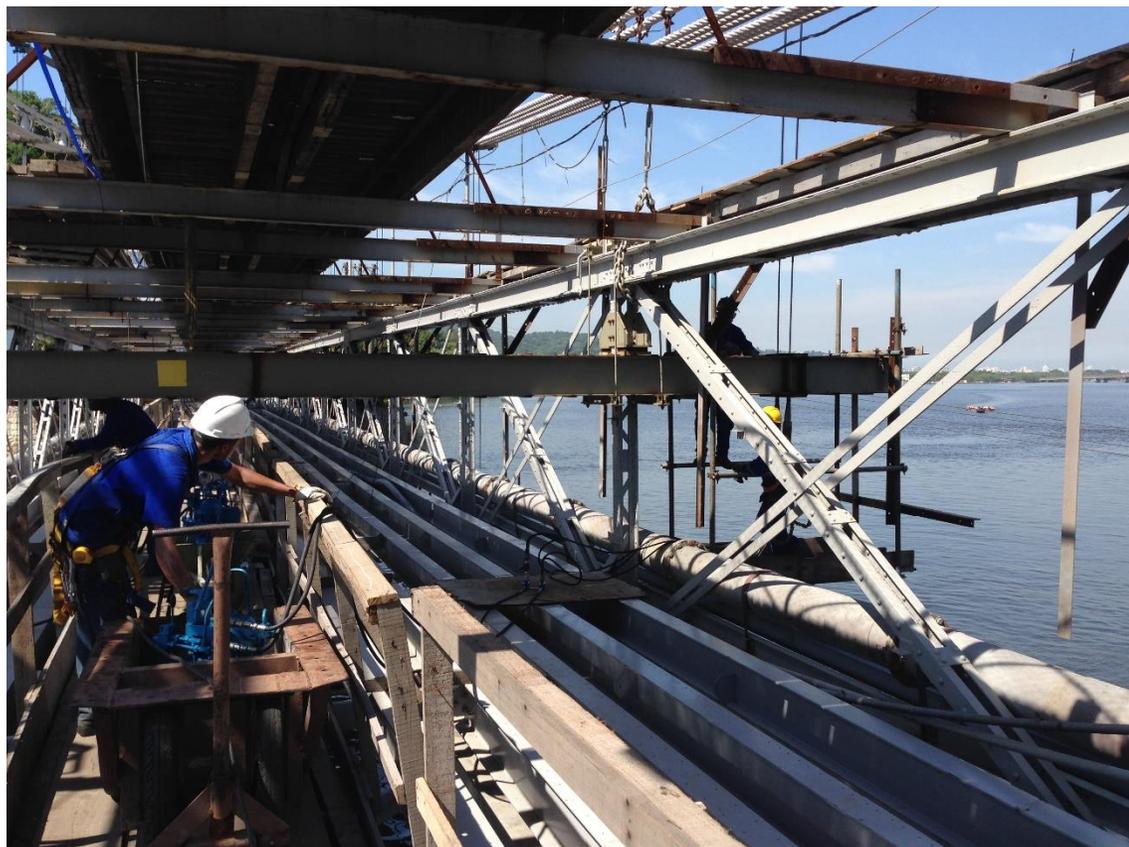
Channel	Sample	Unit	Min	Max
Sensor 1 - Inclínômetro - Praia Grande	-0,01	º	-0,17	0,21
Sensor 2 - Inclínômetro - Praia Grande	0,00	º	-0,05	0,06
Sensor 3 - Inclínômetro - Praia Grande	0,01	º	-0,10	0,12
Sensor 4 - Inclínômetro - Praia Grande	-0,01	º	-0,10	0,09
Sensor 5 - Anemômetro - Praia Grande	-1,46	m/s	-2,07	2,14
Sensor 6 - Biruta - Praia Grande	-225,89	º	-306,16	61,14
Sensor 7 - Temperatura - Meio de vão	28,32	°C	26,77	37,35
Sensor 8 - Temperatura - Meio de vão	28,12	°C	26,00	28,66
Sensor 9 - Acelerômetro - Meio de vão	-0,000820	g	-0,0164520	0,006498
Sensor 10 - Acelerômetro - Meio de vão	-0,000395	g	-0,0232120	0,014220
Sensor 11 - SG - Meio de vão	-375	µm	-433	-11
Sensor 12 - SG - Meio de vão	-338	µm	-347	-2
Sensor 13 - SG - Meio de vão	-358	µm	-358	9
Sensor 14 - SG - Meio de vão	-311	µm	-311	9
Sensor 15 - Inclínômetro - São Vicente	-0,01	º	-0,06	0,01
Sensor 16 - Inclínômetro - São Vicente	0,00	º	-0,03	0,07
Sensor 17 - Inclínômetro - São Vicente	-0,01	º	-0,09	0,08
Sensor 18 - Inclínômetro - São Vicente	0,00	º	-0,07	0,09

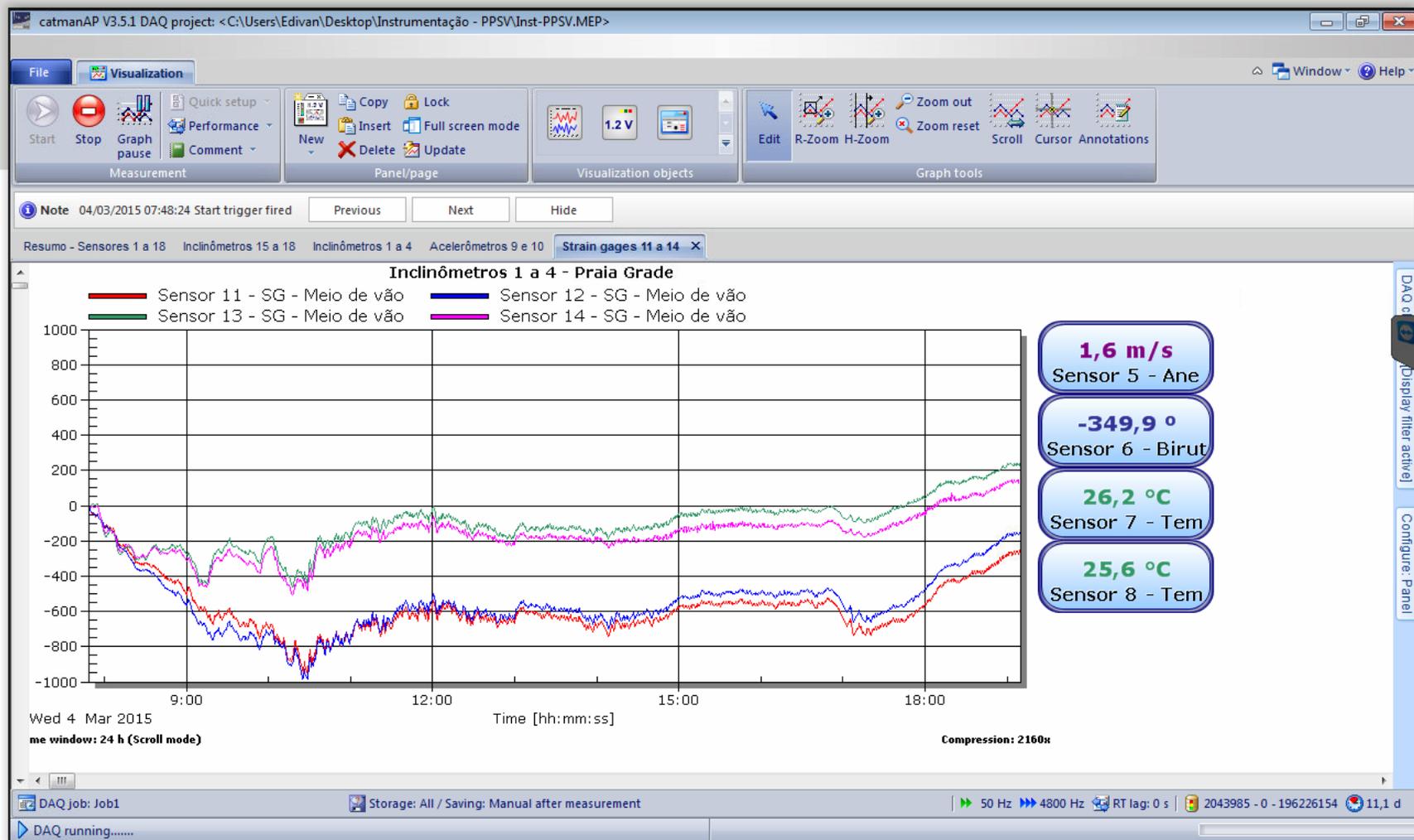
# VENTO DE 7 KM/H



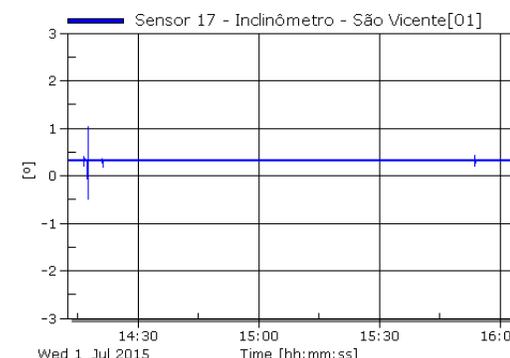
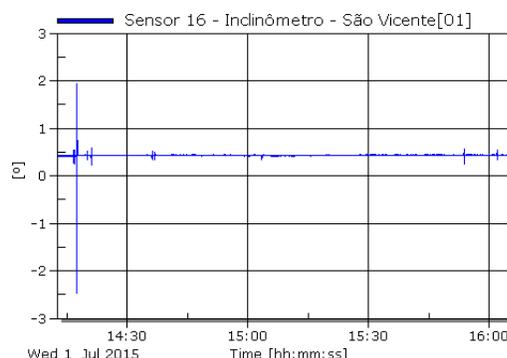
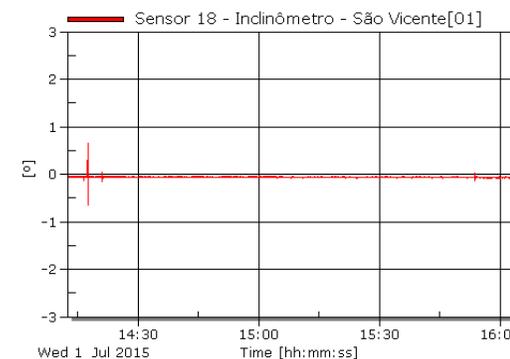
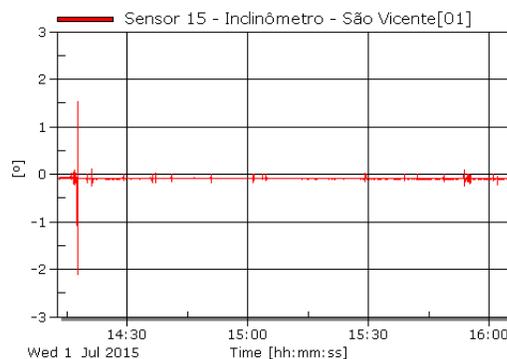
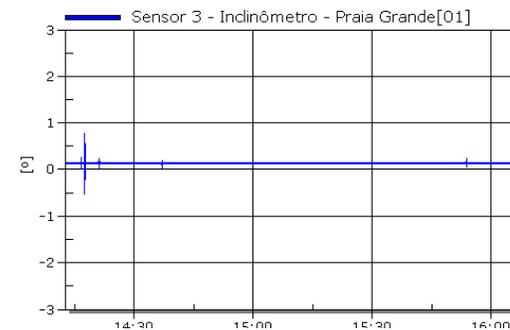
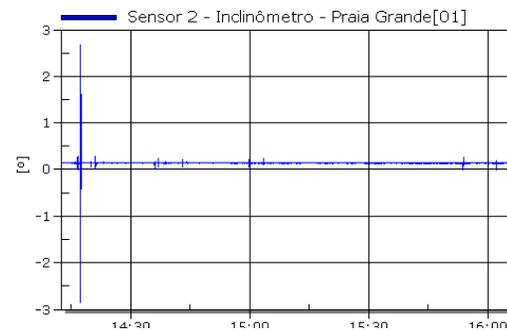
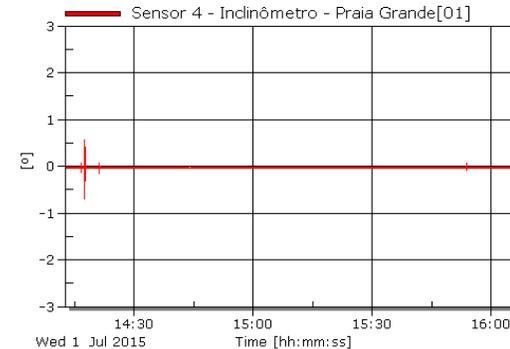
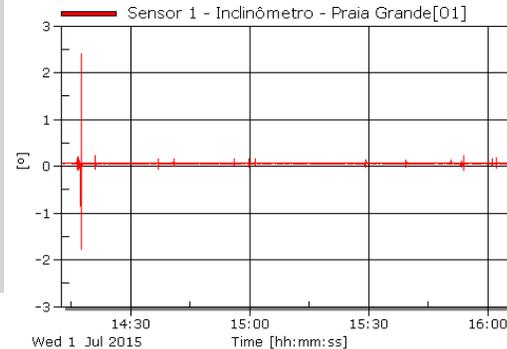
# VENTO DE 60 KM/H





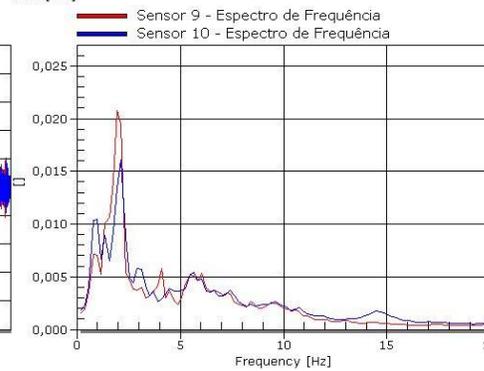
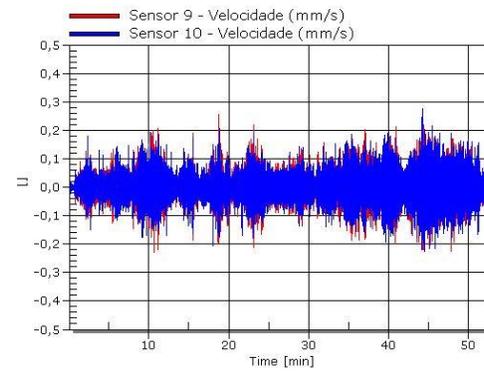
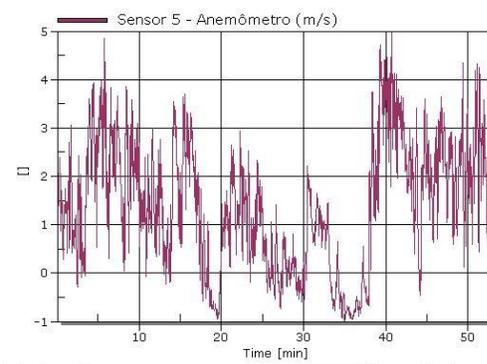


# ■ Ruptura de pendural (clavete)

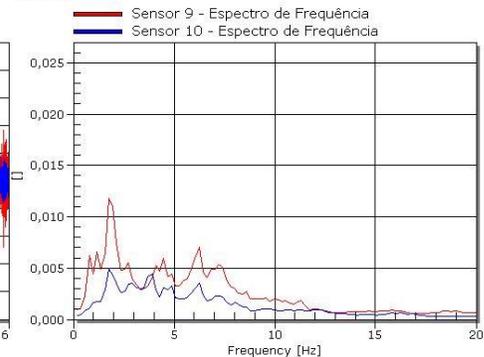
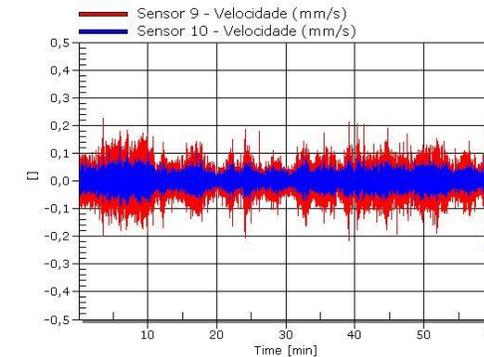
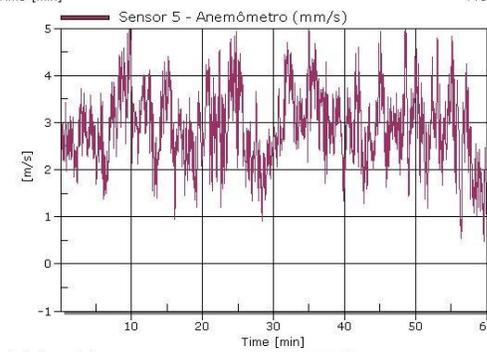




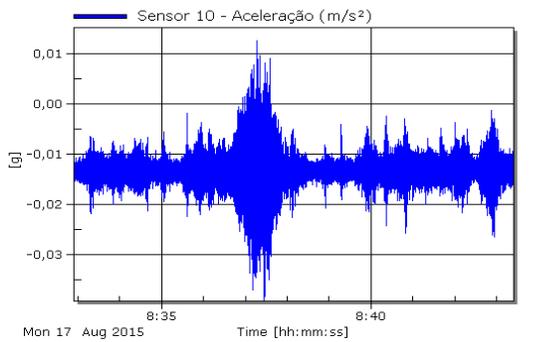
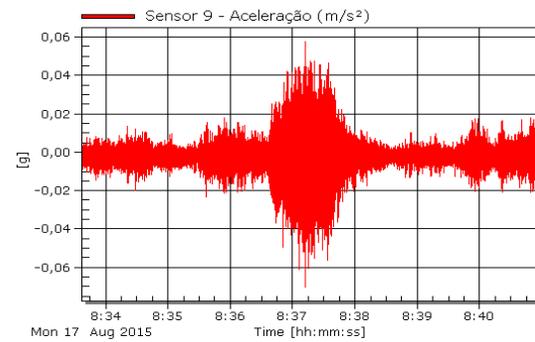
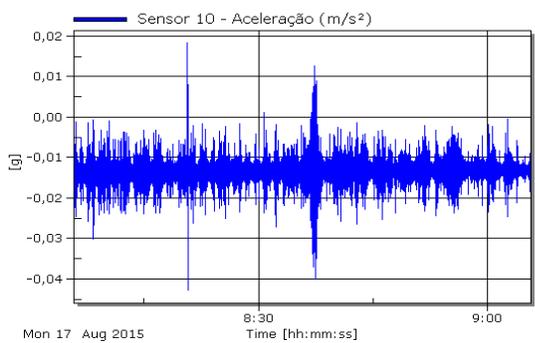
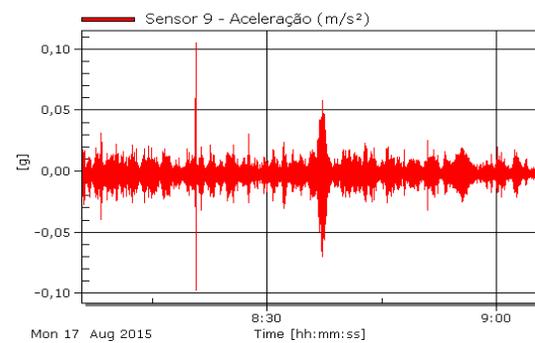
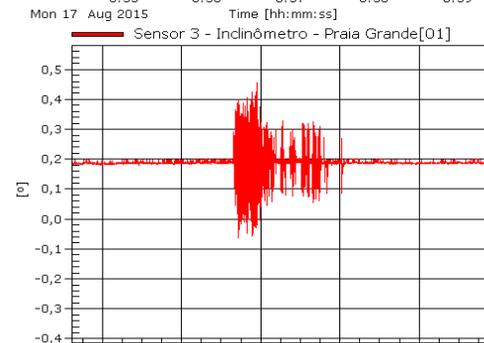
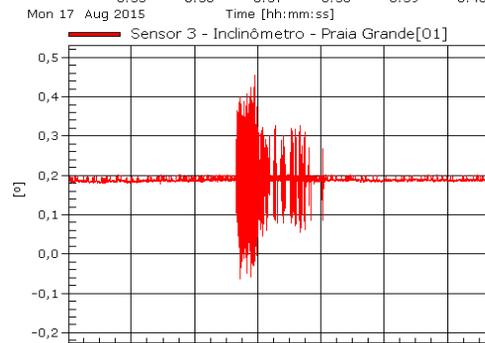
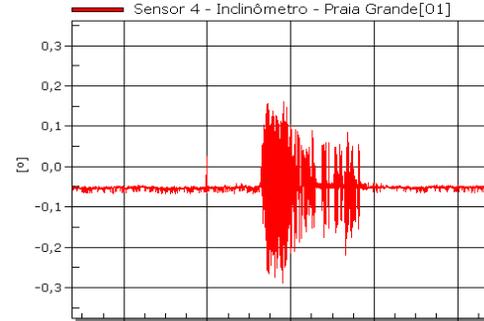
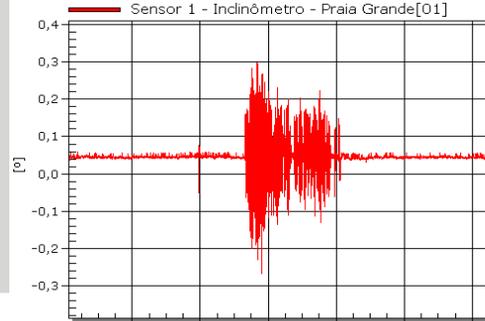
## ■ Original



## ■ Provisória



## ■ Passagem do batalhão

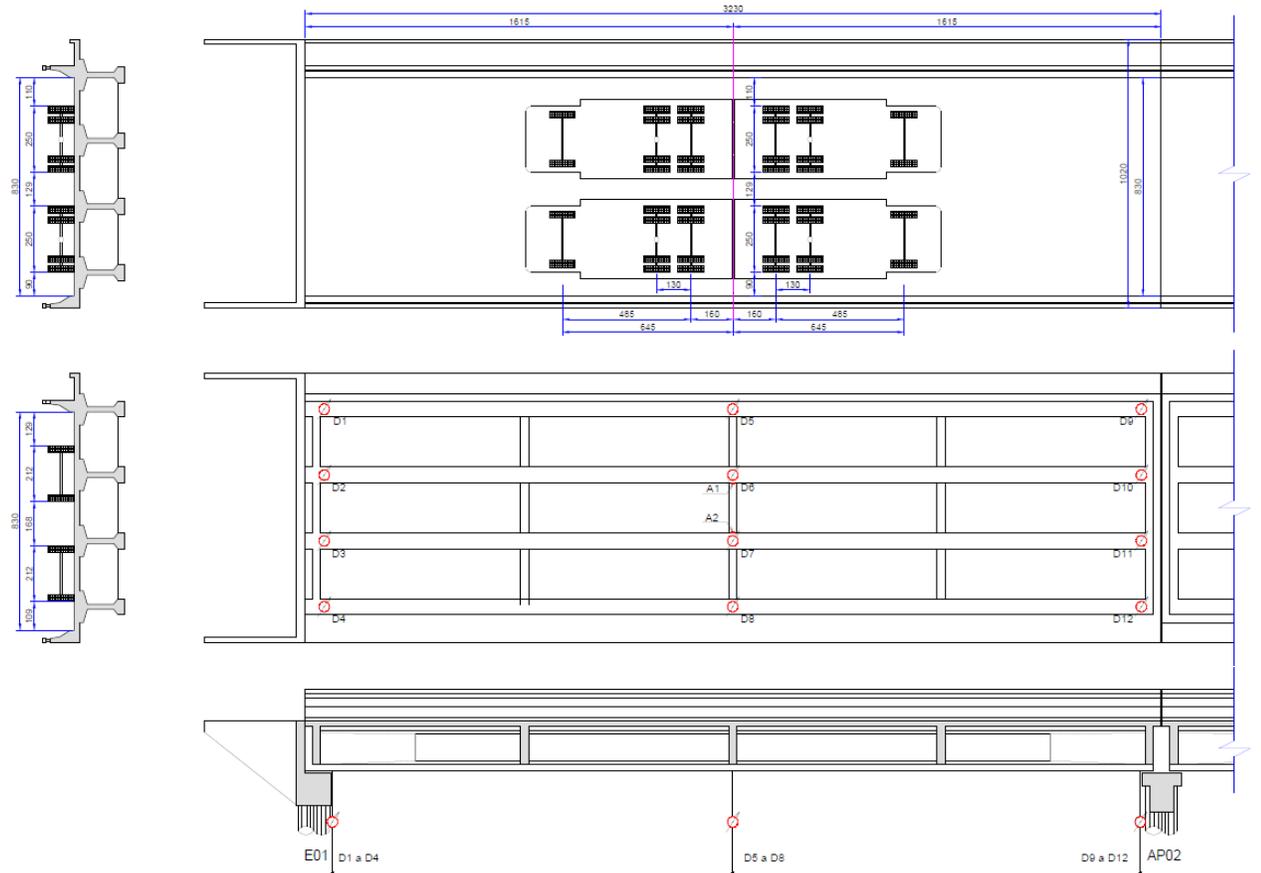


- Prova de carga

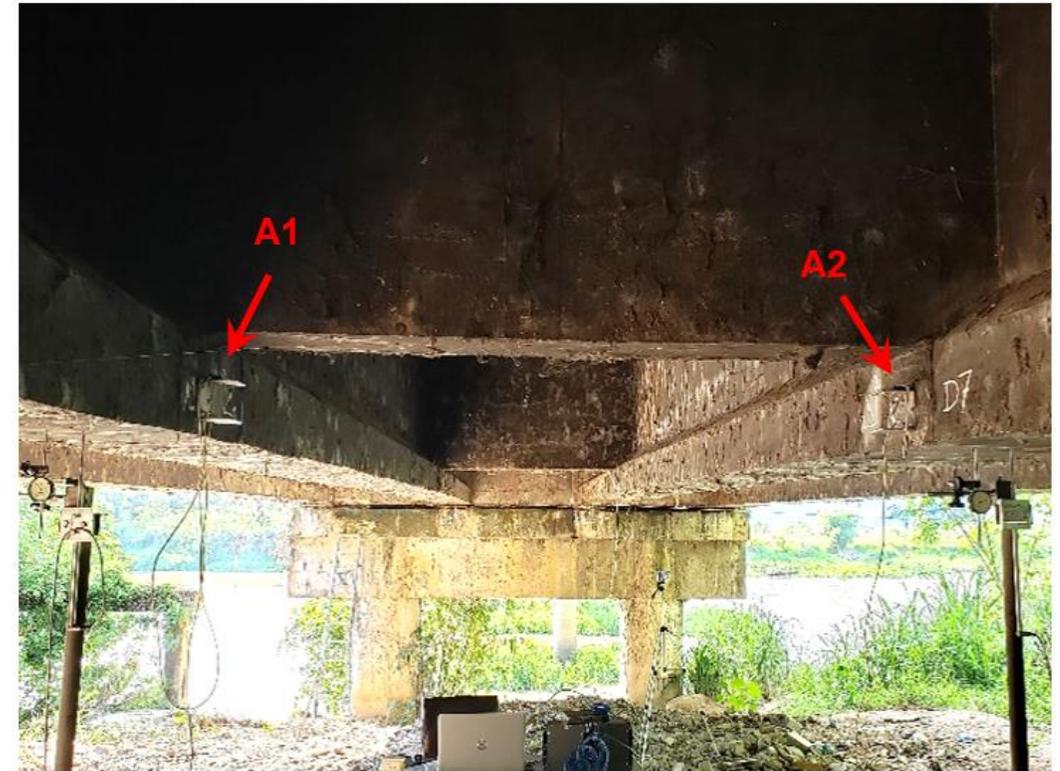


# PROVA DE CARGA DINÂMICA EM PONTES

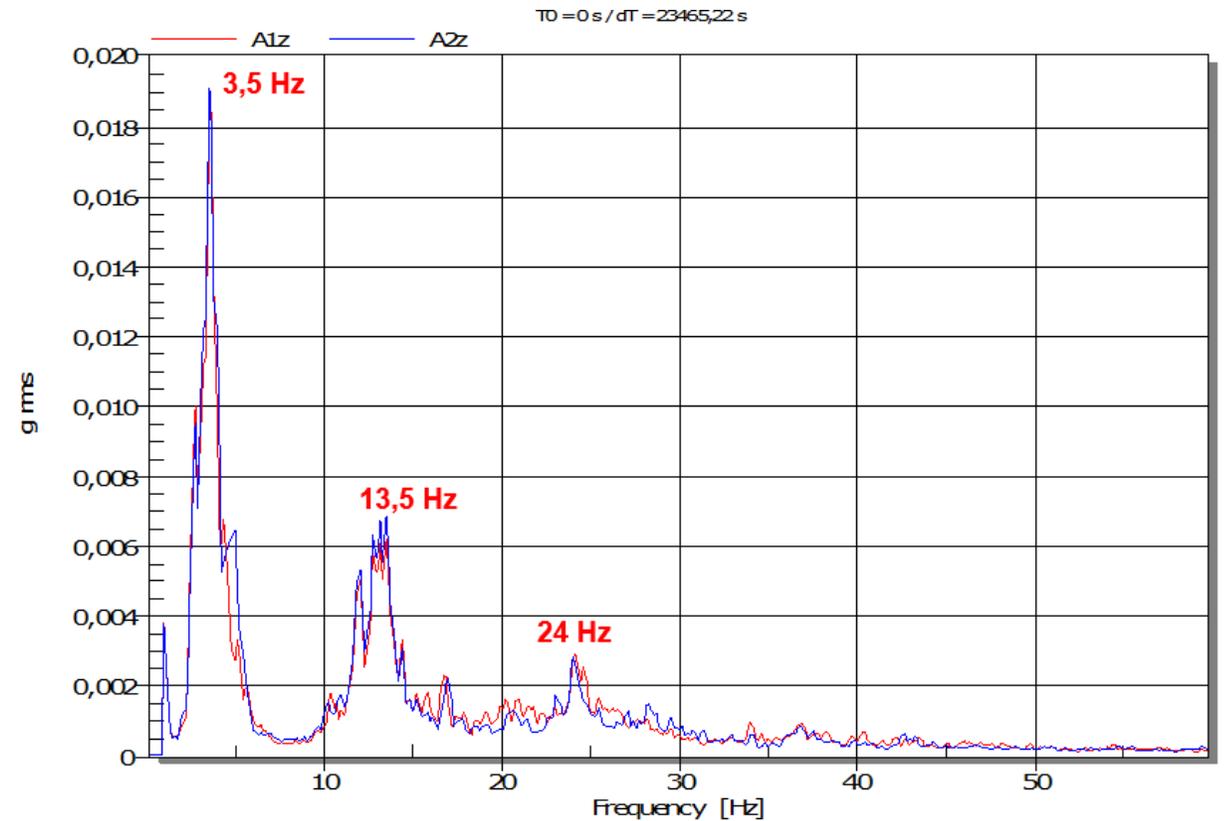
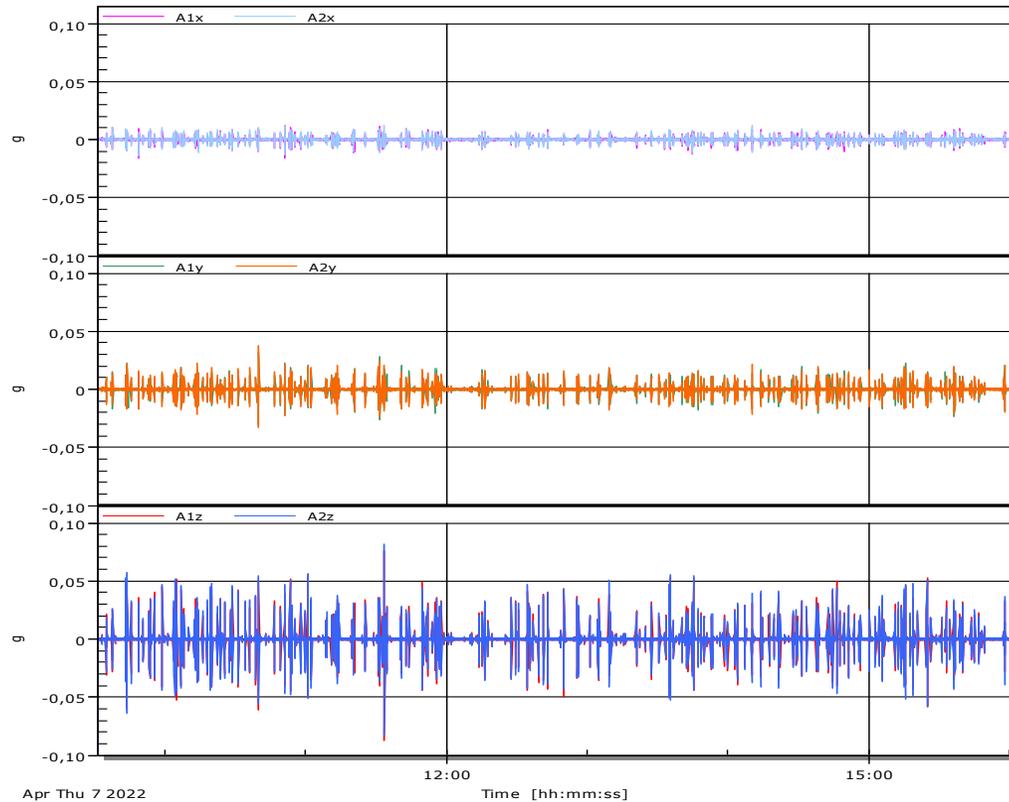
- 12 LVDT, sendo 8 nos apoios e 4 no meio do vão
- 2 acelerômetros triaxiais no meio do vão



# INSTRUMENTAÇÃO COM LVDT E ACELERÔMETROS

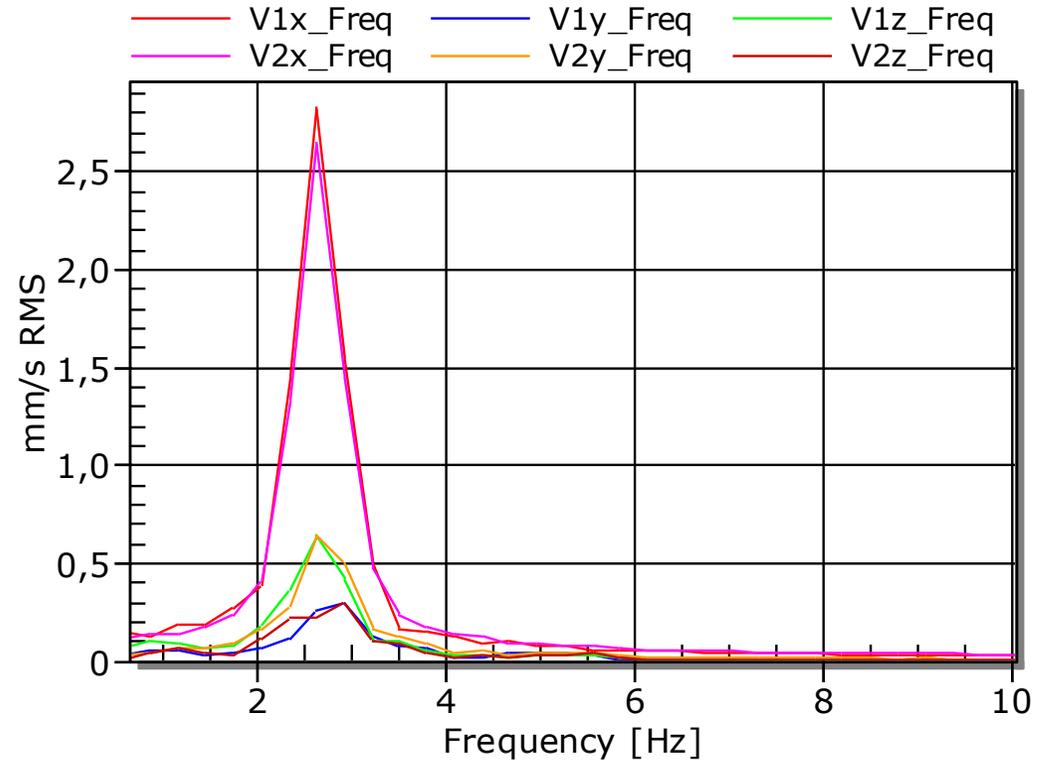
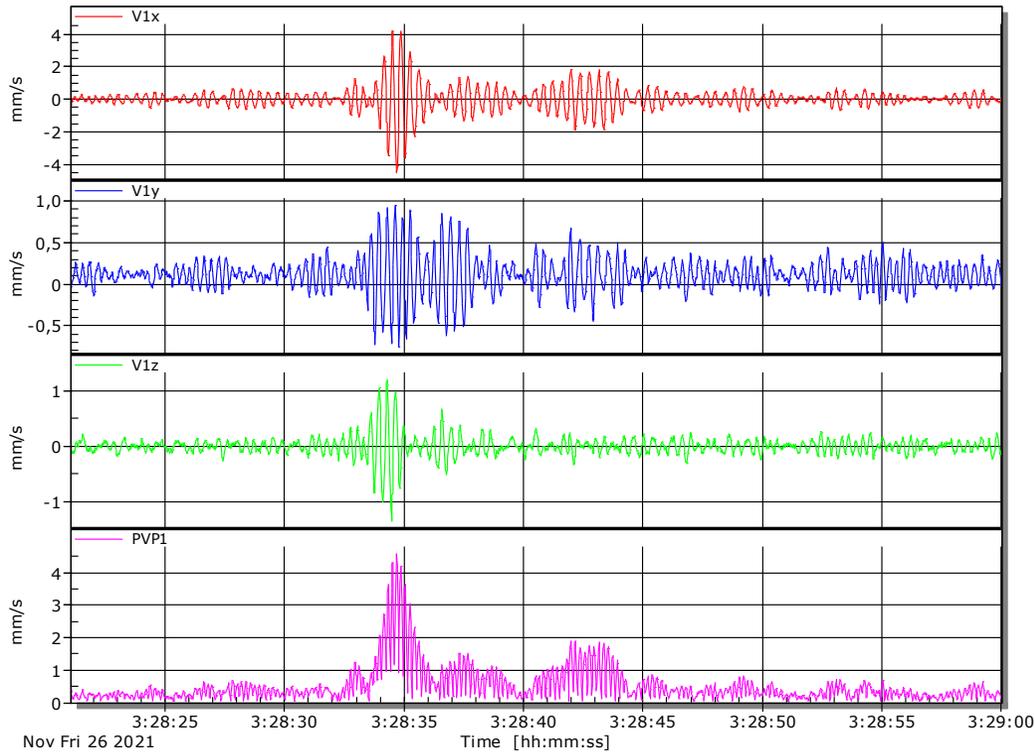


# ANÁLISE ESPECTRAL



# MONITORAMENTO DE VIBRAÇÃO EM EDIFICAÇÕES





# Obrigado!

- Daniel M. Guirardi
- [dmg@ipt.br](mailto:dmg@ipt.br)

 [linkedin.com/school/iptsp/](https://www.linkedin.com/school/iptsp/)

 [instagram.com/ipt\\_oficial/](https://www.instagram.com/ipt_oficial/)

 [youtube.com/@IPTbr/](https://www.youtube.com/@IPTbr/)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

 **ipt**  
INSTITUTO DE  
PESQUISAS  
TECNOLÓGICAS

 **SÃO  
PAULO**  
GOVERNO  
DO ESTADO