

PROJETO APROVADO

PROJETO DE RECUPERAÇÃO E TROCA DE AP. DE APOIO PONTE SOBRE O ARROIO EVARISTO

BR 116/RS km 429+569 – Trecho Pelotas – Camaquã

ABRIL /2021

VOL I

1.	APRESENTAÇÃO.....	4
1.1.	DADOS DA OBRA:.....	4
1.1.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	4
1.1.2.	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	4
1.2.	MAPA DE LOCALIZAÇÃO.....	7
1.3.	MODELO 3D DA OBRA PONTE SOBRE O ARROIO EVARISTO.....	8
1.4.	PERFIL LONGITUDINAL.....	8
1.5.	VISTA SUPERIOR.....	8
1.6.	SEÇÃO TRANSVERSAL.....	9
1.7.	PANORAMA GERAL DA OBRA.....	9
2.	PROJETO DE REFORÇO ESTRUTURAL DAS TRAVESSAS E TROCA DOS APARELHOS DE APOIO.....	11
2.1.1.	TRAVESSAS.....	11
2.1.2.	APOIO GERBER.....	13
2.1.3.	APARELHOS DE APOIO.....	19
2.1.4.	RESUMO DE OBSERVAÇÕES REALIZADAS NA MESOESTRUTURA:.....	50
2.2.	MEMORIA DE CÁLCULO DO PROJETO DE MACAQUEAMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO.....	52
2.2.1.	CARREGAMENTOS.....	52
2.2.2.	RESULTADOS.....	55
2.2.3.	DIMENSIONAMENTO.....	56
2.3.	MEMORIA DE CÁLCULO DOS APARELHOS DE APOIO.....	58
2.3.1.	CARREGAMENTOS.....	58
2.3.2.	RESULTADOS.....	65
2.3.3.	DIMENSIONAMENTO.....	66
2.4.	MEMORIA DE CÁLCULO DO PROJETO DE REFORÇO ESTRUTURAL DAS TRAVESSAS.....	68
2.4.1.	NORMAS UTILIZADAS.....	68
2.4.2.	CARREGAMENTOS.....	68
2.4.3.	REAÇÕES RESULTANTES.....	69
2.4.4.	MODELO COMPUTACIONAL DA TRAVESSA.....	69
2.4.5.	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DA SOLUÇÃO ADOTADA – IMAGEM EM ESCALA MAIOR NA PRANCHA 10.....	70
2.4.6.	SEÇÃO DE CÁLCULO UTILIZADA:.....	71
2.4.7.	ESQUEMA DE CÁLCULO:.....	72
2.5.	ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO E MEMORIA DE CALCULO DAS QUANTIDADES DA MESOESTRUTURA.....	74



2.5.1.	ANDAIME DE SERVIÇO:	74
2.5.2.	APARELHO DE APOIO EM NEOPRENE FRETADO:	75
2.5.3.	ESTRUTURA PARA MACAQUEAMENTO DOS APOIOS:	78
2.5.4.	ESTRUTURA PARA MACAQUEAMENTO DO VÃO GERBER:	80
2.5.5.	MACAQUEAMENTO APOIOS:	82
2.5.6.	REFORÇO ESTRUTURAL DAS TRAVESSAS:	83
3.	SINALIZAÇÃO DE OBRAS	86
3.1.	MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS DA SINALIZAÇÃO DE OBRAS: PRANCHA ÚNICA (CROQUI DE SINALIZAÇÃO).	86



1. APRESENTAÇÃO

O presente trabalho corresponde à execução de Projeto de recuperação das patologias encontradas na obra-de-arte especial rodoviária Ponte sobre o Arroio Evaristo.

O projeto de recuperação de patologias está dividido em 4 volumes:

VOLUME I: Relatório de projeto

VOLUME II: Projeto executivo

VOLUME III: Esquema construtivo

VOLUME IV: Informações complementares

1.1. DADOS DA OBRA:

1.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Nome: Ponte sobre o Arroio Evaristo.

Localização: km 429+569, sobre a pista norte/sul (sentido Camaquã / Pelotas) da BR-116, município de Cristal, estado do Rio Grande do Sul.

Ano de construção: 1954

1.1.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Características: Obra sem declividade longitudinal.

Material: Concreto armado

Comprimento: 182,00m - Largura total: 9,10m - Largura tabuleiro: 7,00m

Área do tabuleiro: 1656,20m² - Trem tipo: 36t

A obra de arte objeto da inspeção dos aparelhos de apoio se refere a uma ponte em transposição ao Rio Arroio Evaristo, situada no Km 429+569 m da BR.116, no município de Cristal/RS.

A superestrutura da ponte apresenta arranjo estrutural em grelha, com extensão total de 182,00 m, em medida considerada entre as duas extremidades das cortinas dos encontros, composta por 07 (três) tabuleiros distintos em vãos isostáticos,



apresentando elementos de apoio em dentes Gerber, com toda a estrutura em concreto armado moldada in loco.

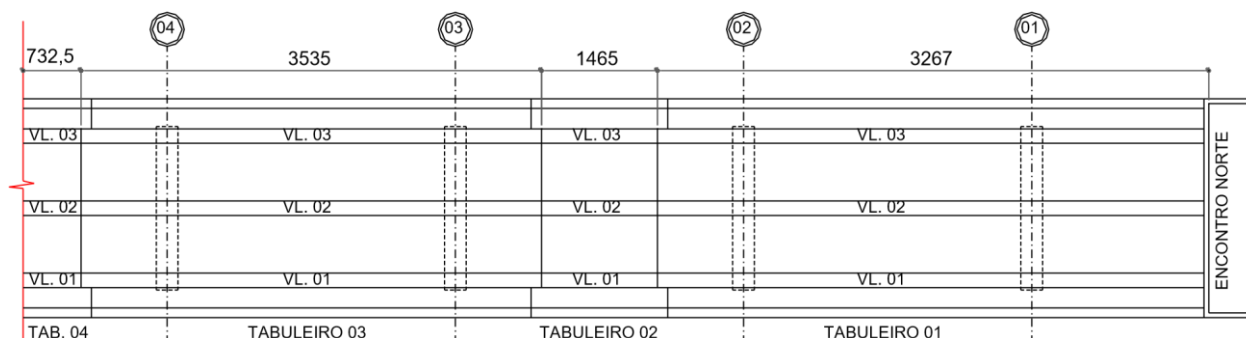
Transversalmente, a obra apresenta largura total de 9,10 m, com os tabuleiros compreendendo 03 (três) linhas de vigas longarinas em seção transversal variável, interligadas por vigas transversinas de vão, sobre a projeção dos apoios e no alinhamento dos dentes Gerber.

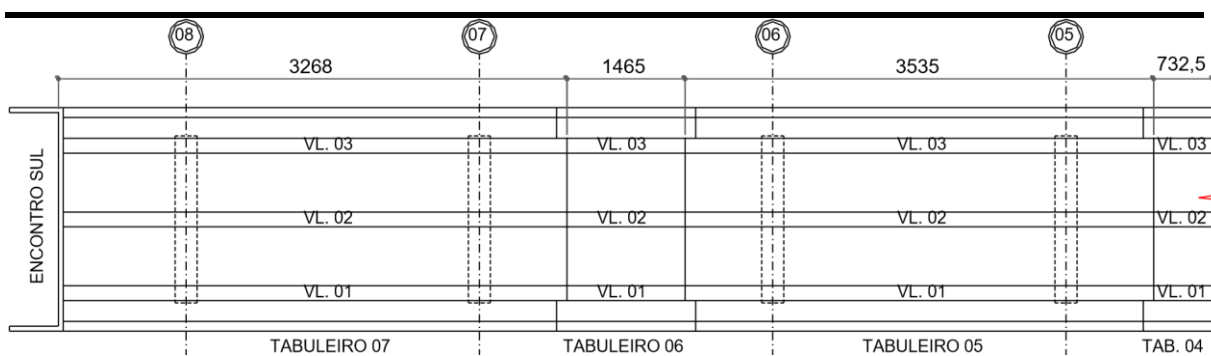
Os tabuleiros apresentam, a partir do encontro Norte, as seguintes extensões:

- Tabuleiro 01: 32,67 m - Compreendendo o vão 01, além do balanço do encontro Norte e o balanço do apoio em *Gerber* no vão 02;
- Tabuleiro 02: 14,65 m - Locado no vão 02, compreendendo a estrutura bi apoiada nos dentes *Gerber* dos tabuleiros 01 e 03;
- Tabuleiro 03: 35,35 m - Compreendendo o vão 03, além dos balanços do apoio em *Gerber* nos vãos 02 e 04;
- Tabuleiro 04: 14,65 m - Locado no vão 04, compreendendo a estrutura bi apoiada nos dentes *Gerber* dos tabuleiros 03 e 05;
- Tabuleiro 05: 35,35 m - Compreendendo o vão 05, além dos balanços do apoio em *Gerber* nos vãos 04 e 06;
- Tabuleiro 06: 14,65 m - Locado no vão 06, compreendendo a estrutura bi apoiada nos dentes *Gerber* dos tabuleiros 05 e 07;
- Tabuleiro 07: 32,68 m - Compreendendo o vão 07, além do balanço do encontro Sul e o balanço do apoio em *Gerber* no vão 06;

A mesoestrutura é formada por 08 (oito) linhas de apoio, constituídas por pórticos bi apoiados com elementos de reforço na base das estruturas, além de estruturas de fechamento entre os pilares.

Segue abaixo o croqui esquemático da disposição dos tabuleiros em planta:

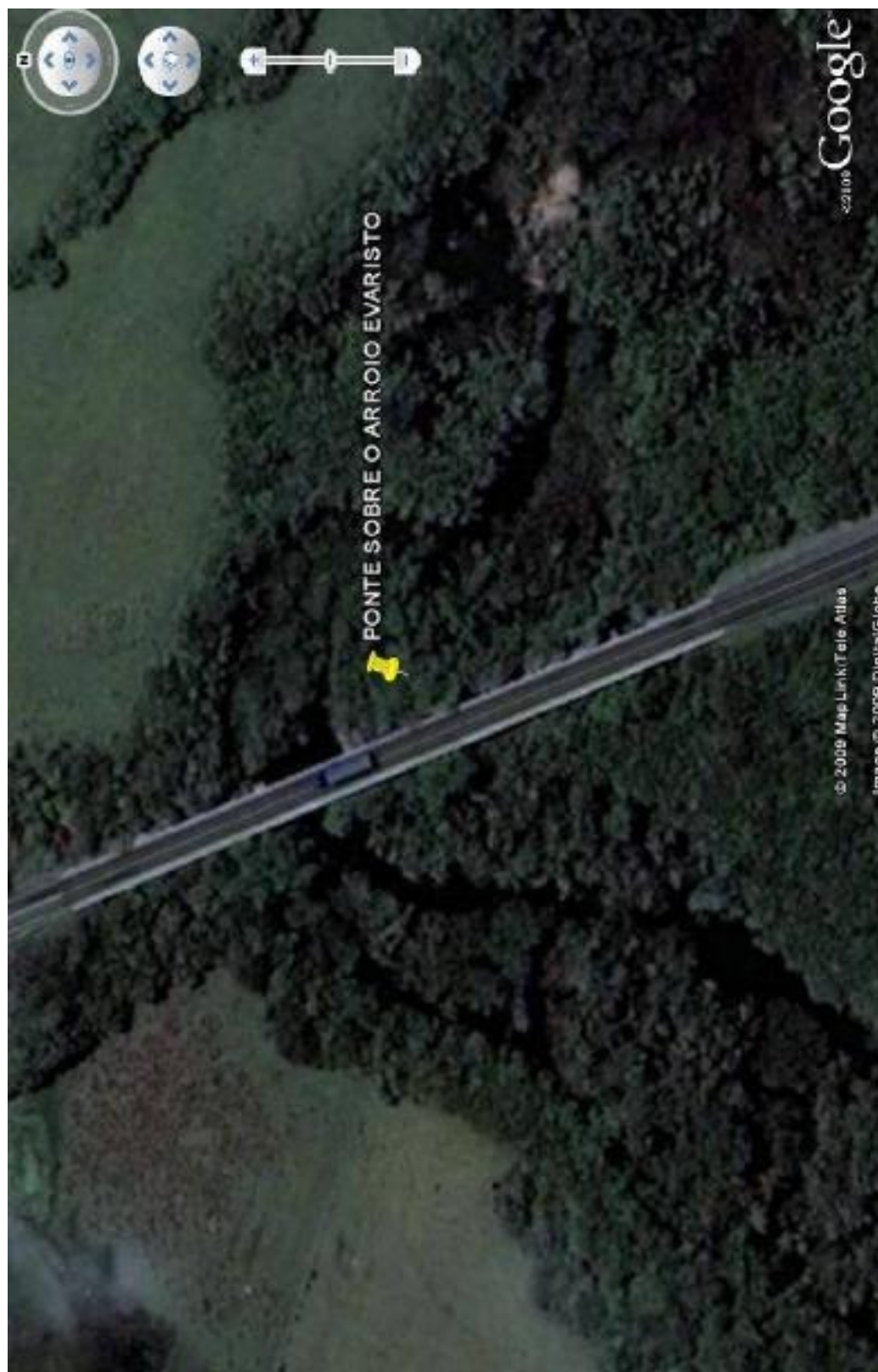




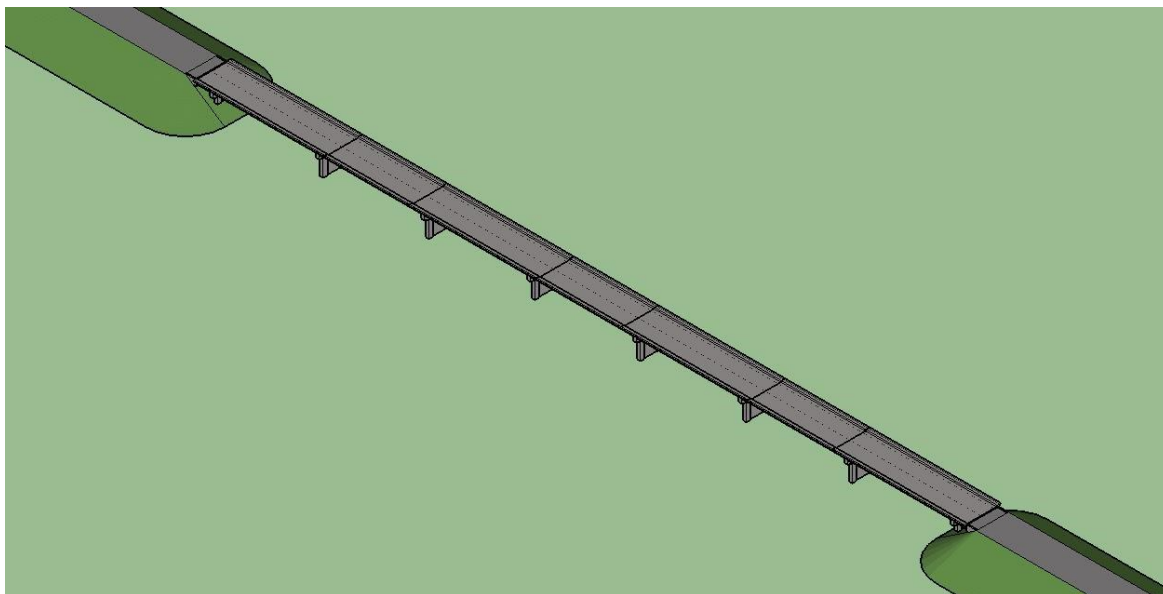
Croqui esquemático da disposição dos tabuleiros em planta.



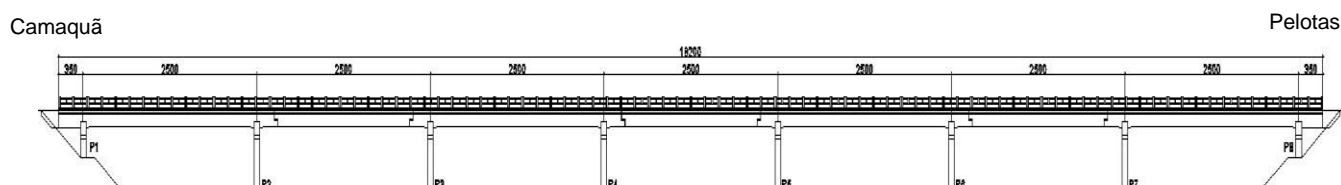
1.2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO



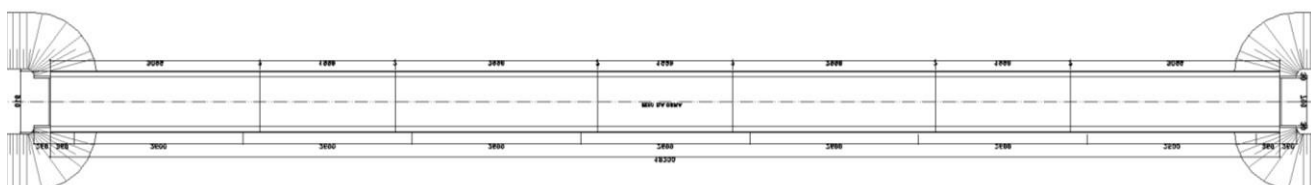
1.3. MODELO 3D DA OBRA PONTE SOBRE O ARROIO EVARISTO



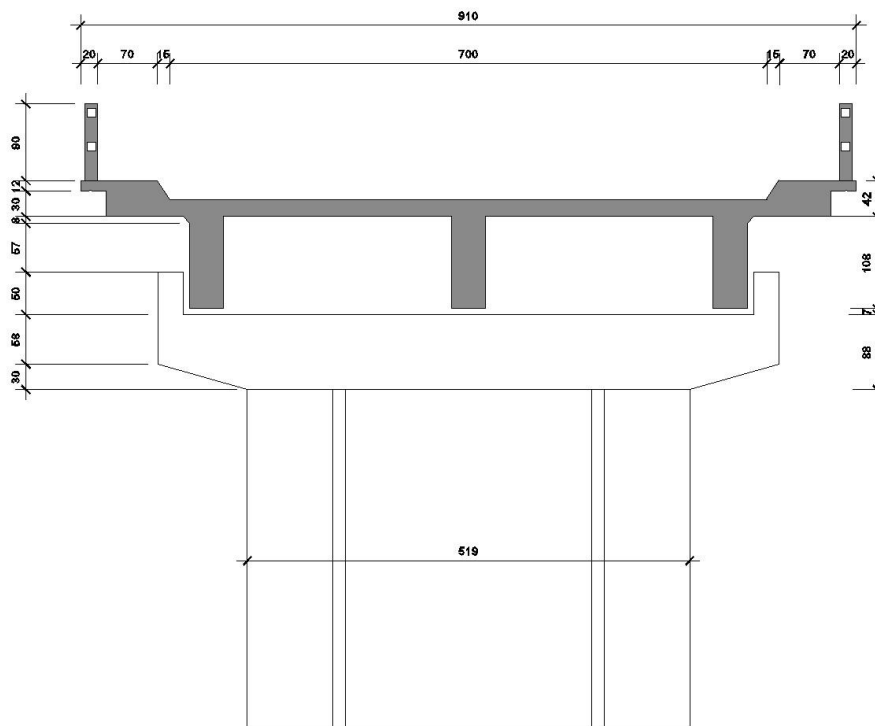
1.4. PERFIL LONGITUDINAL



1.5. VISTA SUPERIOR



1.6. SEÇÃO TRANSVERSAL



1.7. PANORAMA GERAL DA OBRA



Placa de sinalização Ponte sobre o Arroio Evaristo



Vista superior, sentido Camaquã / Pelotas



Vista lateral direita



Vista lateral esquerda



Vista inferior sentido Camaquã / Pelotas

2. PROJETO DE REFORÇO ESTRUTURAL DAS TRAVESSAS E TROCA DOS APARELHOS DE APOIO

2.1.1. TRAVESSAS

MAPEAMENTO DE TRINCAS (LEVANTAMENTO REALIZADO EM DEZ. DE 2019)





Durante a vistoria ficou evidenciada a formação de trincas nas travessas de apoio.

As trincas são tanto inclinadas em direção ao centro dos pilares como verticais.

Nota-se que existe pelo menos uma trinca diagonal localizada em ambas as faces da travessa dos apoios 2 e 4.

As trincas inclinadas demonstram comportamento severo de esgotamento da capacidade resistente das peças necessitando de reparos imediatos.

Já as trincas verticais decorrem das deficiências de armadura de flexão negativas, necessitando bem como as demais armaduras de reforço localizado.

Muito provavelmente o projeto original das travessas foi concebido segundo a teoria da flexão simples onde as vigas são armadas com estribos e armaduras positivas e negativas. Todavia pela altura da viga e pela proximidade dos pontos de apoio com os pilares o modelo de ruptura não se dá apenas pela flexão, mas também por

fendilhamento das bielas comprimidas (método biela tirante) onde provavelmente faltariam armaduras de fretagem e fendilhamento ou mesmo pouca seção de concreto. Segundo obtidas durante a vistoria o cobrimento de concreto chega a ser superior a 8cm, o que denota deficiências de execução ou mesmo de recuperações feitas no passado.

As fissuras inclinadas surgem quase sempre quando a solicitação está próxima de 80% da resistência limite da peça. Como em alguns casos as fissuras evoluíram para trincas que atravessam ambas as faces das peças, é necessário o reforço imediato de tais peças dado o risco ao usuário em uma eventual ruptura.

As trincas e fissuras existentes demonstram o esgotamento da capacidade resistente das peças devido principalmente à sobrecarga excessiva e cíclica ao longo do tempo (aumento de peso próprio e de carga móvel), carecendo a obra de revisão de sua tipologia estrutural e reforço de travessas de apoio com a máxima urgência. As trincas nas posições das bielas comprimidas podem estar estabilizadas, porem a intermitência das cargas móveis acarreta a abertura das mesmas.

Da forma como a obra se encontra não existe risco iminente que decorra da interrupção do funcionamento da ponte dado o tipo de patologia encontrada ainda possuir mecanismos auxiliares de resistência como as armaduras e estribos existentes. Porem seções já fissuradas possuem comportamento não linear, podendo o mecanismo de ruptura ser bastante acelerado em caso de variação brusca de carga como no caso do içamento para troca de aparelho de apoio ou então a passagem de cargas especiais sobre a obra.

2.1.2. APOIO GERBER

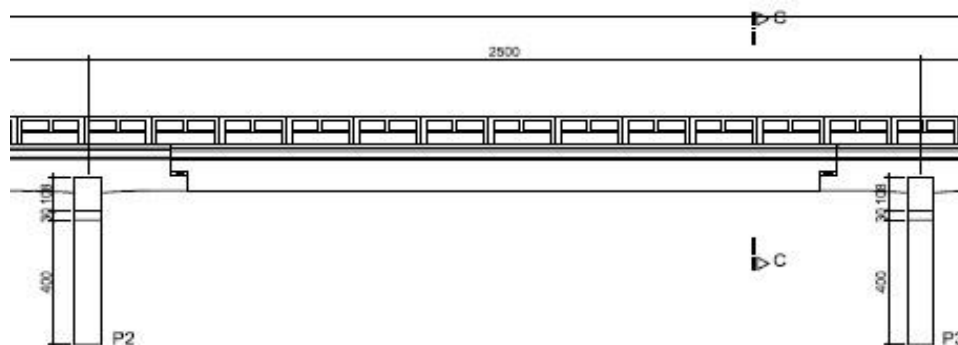
APOIOS GERBER ENTRE P2 E P3

Descrição: Verificou-se que no apoio próximo ao pórtico P2 há apoio sobre roletes, tendo espaçamento de 90mm no apoio e 30mm na junta de dilatação.

Já no apoio próximo ao P3, verificou-se que não há espaçamento no apoio, porém há 30mm de junta de dilatação, a identificação do aparelho de apoio em placa de chumbo, espaçamento zero devido esmagamento.



Esquemático:



Registro fotográfico:

Gerber próximo ao apoio P2 – Lado esquerdo



Patologia: roletes oxidados
Solução: tratamento das peças oxidadas

Gerber próximo ao apoio P2 – Lado direito



Patologia: roletes oxidados
Solução: tratamento das peças oxidadas

Gerber próximo ao apoio P3 – Lado esquerdo





Patologia: aparelho de apoio placa de chumbo esmagado
Solução: troca do aparelho de apoio

Gerber próximo ao apoio P3 – Lado direito



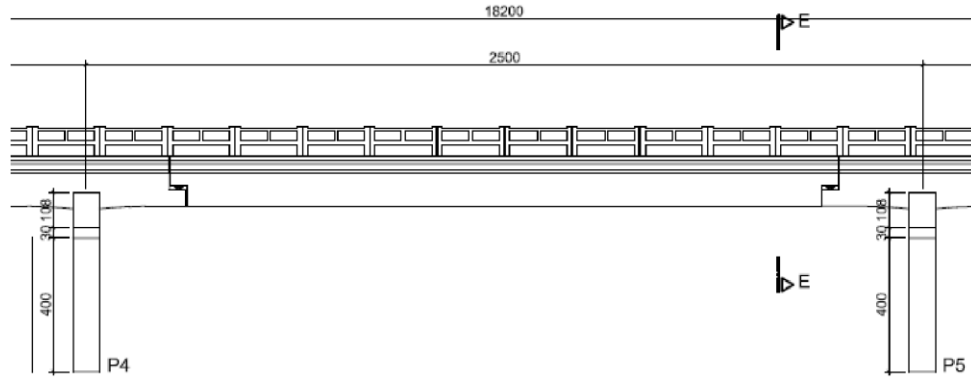
Patologia: aparelho de apoio placa de chumbo esmagado
Solução: troca do aparelho de apoio

APOIOS GERBER ENTRE P4 E P5

Descrição: Verificou-se que no apoio próximo ao pórtico P4 há apoio sobre roletes, tendo espaçamento de 90mm no apoio e 30mm na junta de dilatação.

Já no apoio próximo ao P5, verificou-se que não há espaçamento no apoio, porém há 40mm de junta de dilatação, a identificação do aparelho de apoio aplicado placa de chumbo, espaçamento zero devido esmagamento.

Esquemático:



Registro fotográfico:

Gerber próximo ao apoio P4– Lado esquerdo



Patologia: roletes oxidados
Solução: tratamento das peças oxidadas

Gerber próximo ao apoio P4– Lado direito



Patologia: roletes oxidados
Solução: tratamento das peças oxidadas



Gerber próximo ao apoio P5 – Lado esquerdo



Patologia: aparelho de apoio placa de chumbo esmagado
Solução: troca do aparelho de apoio

Gerber próximo ao apoio P5 – Lado direito



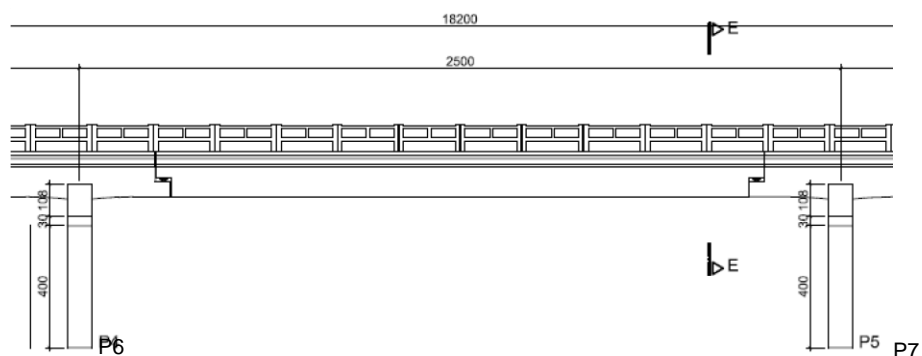
Patologia: aparelho de apoio placa de chumbo esmagado
Solução: troca do aparelho de apoio

APOIOS GERBER ENTRE P6 E P7

Descrição: Verificou-se que no apoio próximo ao pórtico P6 há apoio sobre roletes, tendo espaçamento de 90mm no apoio e 30mm na junta de dilatação.

Já no apoio próximo ao P7, verificou-se que não há espaçamento no apoio, porém há 40mm de junta de dilatação, a identificação do aparelho de apoio aplicado placa de chumbo, espaçamento zero devido esmagamento.

Esquemático:



Registro fotográfico:

Dentes Gerber próximo ao apoio P6 – Lado esquerdo



Patologia: roletes oxidados
Solução: tratamento das peças oxidadas

Dentes Gerber próximo ao apoio P6 – Lado direito



Patologia: roletes oxidados
Solução: tratamento das peças oxidadas



Dentes Gerber próximo ao apoio P7 – Lado esquerdo



Patologia: aparelho de apoio placa de chumbo esmagado
Solução: troca do aparelho de apoio

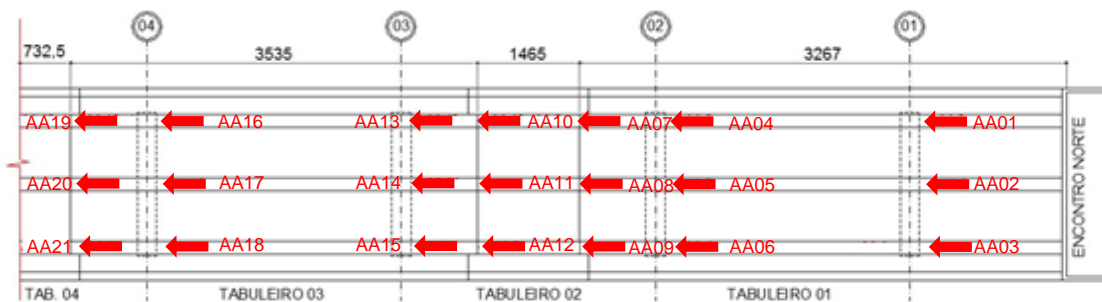
Dentes Gerber próximo ao apoio P7 – Lado direito

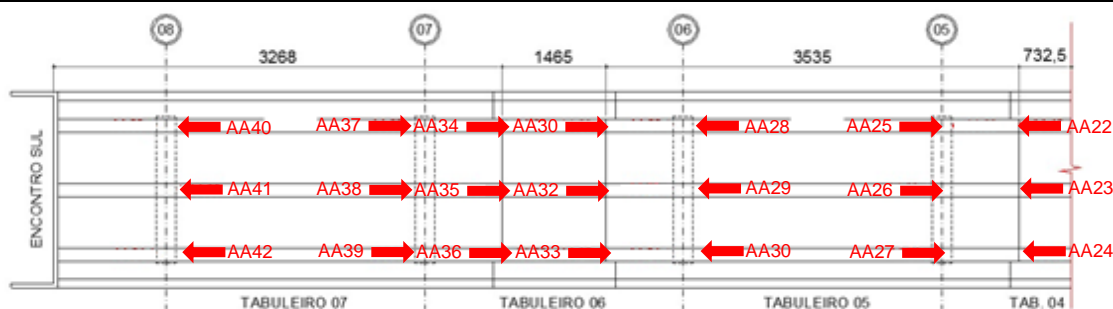


Patologia: aparelho de apoio placa de chumbo esmagado Solução: troca do aparelho de apoio

2.1.3. APARELHOS DE APOIO

CROQUI DE LOCAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO SOBRE AS TRAVESSAS





APARELHOS DE APOIO MÓVEL

Os aparelhos de apoio locados sobre as vigas travessas das linhas 01 e 08 (junto aos encontros), no total de 03 (três) peças por apoio, são caracterizados por placas de neoprene com dimensões em planta de 30 x 50 cm (comprimento paralelo ao eixo longitudinal da obra x largura) e espessura de 3,0 cm.

As placas de neoprene, de modo geral, se encontram íntegras, mesmo havendo em alguns casos, especialmente sobre a viga travessa da linha de apoio 08, restrição parcial na visualização das peças, devido ao excesso de detritos no entorno.

ARTICULAÇÃO EM CHUMBO

As linhas de apoio 02 a 07 contam com um total de 18 (dezoito) aparelhos de apoio, sendo 03 (três) peças por apoio, constituídos por articulações compostas por placas de chumbo.

Logo, diante da inspeção realizada em cada apoio e, devido à baixa capacidade portante do material que possui baixo módulo de elasticidade, como esperado e assim confirmado, todas as peças, sem exceção, apresentam um elevado teor de degradação, com o total escoamento do material, acarretando em lâminas delgadas, irregulares e por muitas vezes rompidas, o que torna a ligação da super com a mesoestrutura em articulação fixa.

Apesar do elevado teor de degradação das placas de chumbo, com quase total perda de funcionalidade, não foram observadas, durante a inspeção visual realizada, manifestações patológicas indicativas de vínculos inadequados nos

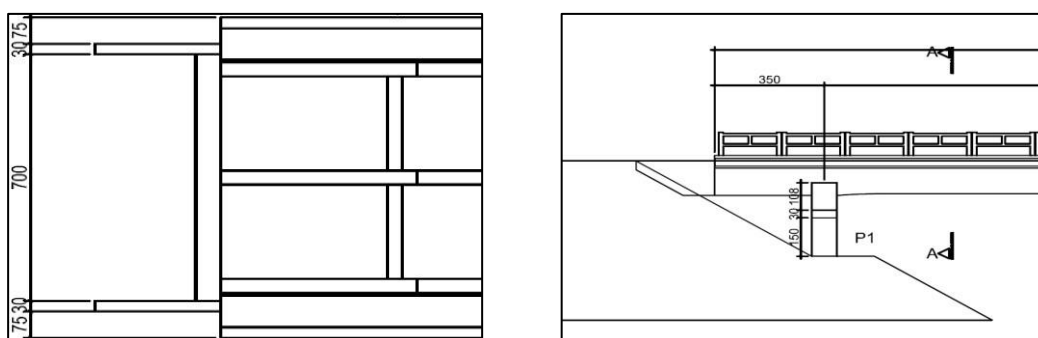
elementos estruturais de ligação da meso com a superestrutura da obra, já que o topo dos pilares e a base das longarinas se encontram visualmente íntegros.

APOIO P1

Descrição: Aparelho de apoio em neoprene fretado, aparentemente em boas condições.

Verificou-se um espaçamento de 30mm.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral



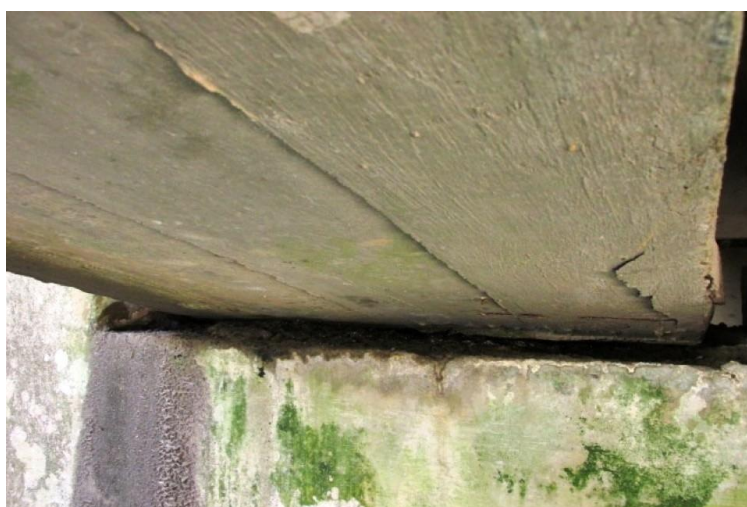
Patologia encontrada: Aparelho em bom estado
Solução: Não se aplica



Enfoque do aparelho de apoio em neoprene (AA.1), em bom estado, locado sobre a viga travessa da linha de apoio 01, de base à viga longitudinal VL.01.



Idem foto anterior, com enfoque ao aparelho de apoio em neoprene (AA.2), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 01 e de base à viga longitudinal VL.02.

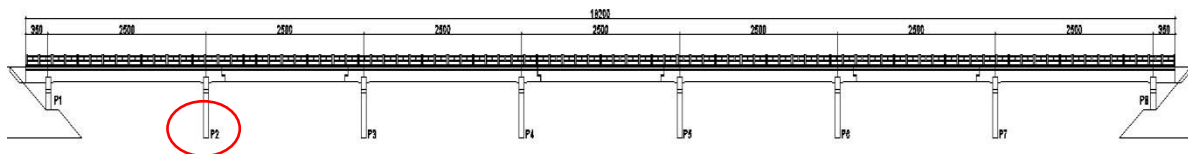


Vista do aparelho de apoio em neoprene (AA.3).

APOIO P2

Descrição: Verificou-se que no pórtico 02, as longarinas estão apoiadas sobre placas de chumbo, as quais se encontram totalmente deterioradas e esmagadas. Não há espaçamento entre as longarinas e a viga travessa.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral





Patologia encontrada: esmagamento dos aparelhos de apoio
Solução: troca de aparelho de apoio



Enfoque ao aparelho de apoio (AA.4) locado sobre a viga travessa da linha de apoio 02, em articulação de chumbo, onde já se nota o total escoamento do material, constituindo em lâmina delgada, com perda de funcionalidade, porém, sem acarretar em indícios de vínculos inadequados (super x mesoestrutura).



Idem foto anterior, porém, com enfoque ao aparelho de apoio (AA.5) totalmente degradado sobre a viga travessa da linha de apoio 02, sob a viga longitudinal VL.02.

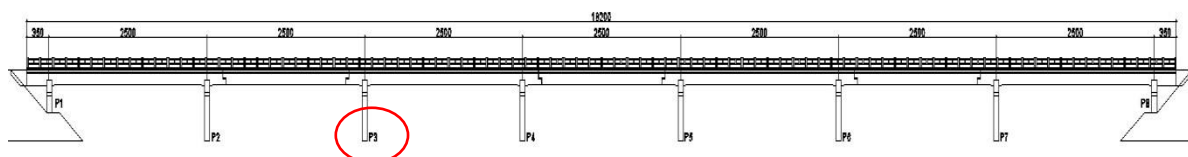


Vista do aparelho de apoio (AA.6), com a placa de chumbo totalmente deformada sobre a viga travessa da linha de apoio 02, sob a viga longarina VL.03.

APOIO P3

Descrição: Verificou-se que no pórtico 03, as longarinas estão apoiadas sobre placas de chumbo, as quais se encontram totalmente deterioradas e esmagadas. Não há espaçamento entre as longarinas e a viga travessa.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral



Patologia encontrada: esmagamento dos aparelhos de apoio
Solução: troca de aparelho de apoio

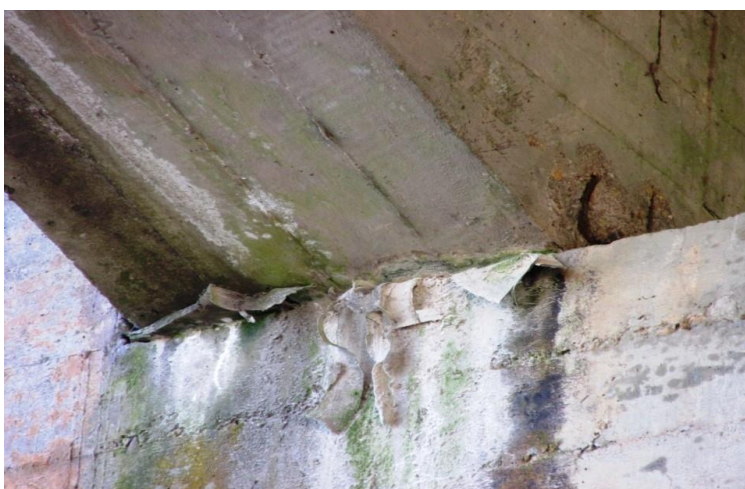




Enfoque do aparelho de apoio (AA.7), já com ruptura do material, locado sobre a viga travessa da linha de apoio 03, sob a viga longitudinal VL.01.



Idem foto anterior, em visão do aparelho de apoio (AA.8), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 03, sob a viga longitudinal VL.02.

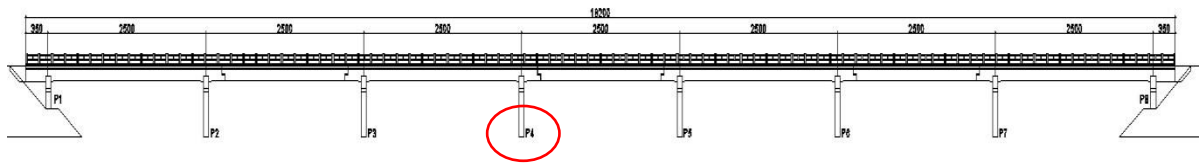


Enfoque do aparelho de apoio (AA.9), também apresentando ruptura do material, locado sobre a viga travessa da linha de apoio 03, sob a viga longitudinal VL.03.

APOIO P4

Descrição: Verificou-se que no pórtico 04, as longarinas estão apoiadas sobre placas de chumbo, as quais se encontram totalmente deterioradas e esmagadas. Não há espaçamento entre as longarinas e a viga travessa.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral

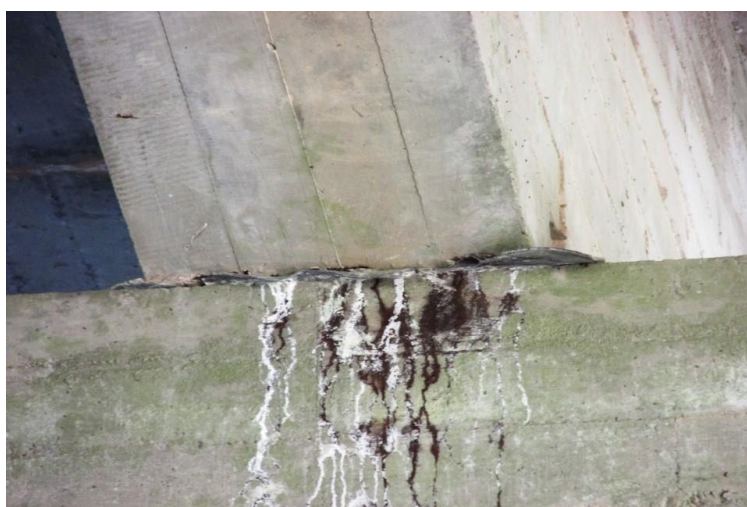




Patologia encontrada: Esmagamento dos aparelhos de apoio
Solução: troca de aparelho de apoio



Vista do aparelho de apoio (AA.10), com ruptura do material, locado sobre a viga travessa da linha de apoio 04, sob a viga longitudinal VL.01.



Vista do aparelho de apoio (AA.11), com a placa de chumbo totalmente deformada sobre a viga travessa da linha de apoio 04, sob a viga longitudinal VL.02.

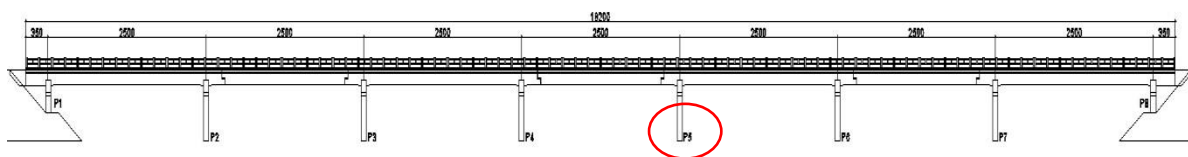


Idem foto anterior, em visão da placa de chumbo deformada do aparelho de apoio (AA.12), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 04, sob a viga longitudinal VL.03.

APOIO P5

Descrição: Verificou-se que no pórtico 05, as longarinas estão apoiadas sobre placas de chumbo, as quais se encontram totalmente deterioradas e esmagadas. Não há espaçamento entre as longarinas e a viga travessa.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral



Patologia encontrada: Esmagamento dos aparelhos de apoio
Solução: troca de aparelho de apoio



Vista do ao aparelho de apoio (AA.13) totalmente degradado sobre a viga travessa da linha de apoio 05, sob a viga longarina VL.01.



Idem foto anterior, em visão da placa de chumbo deformada do aparelho de apoio (AA.14), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 05, sob a viga longarina VL.02.

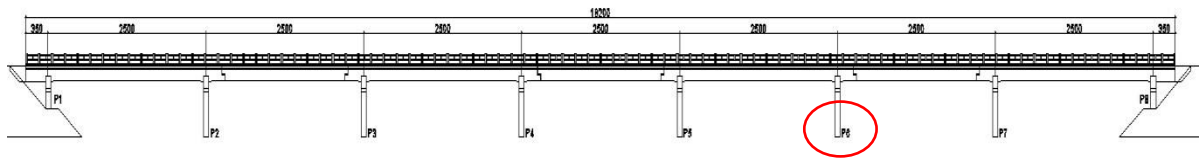


Enfoque da placa de chumbo deformada e com pontos de ruptura do aparelho de apoio (AA.15), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 05, sob a viga longarina VL.03.

APOIO P6

Descrição: Verificou-se que no pórtico 06, as longarinas estão apoiadas sobre placas de chumbo, as quais se encontram totalmente deterioradas e esmagadas. Não há espaçamento entre as longarinas e a viga travessa.

Esquemático:



Registro fotográfico:

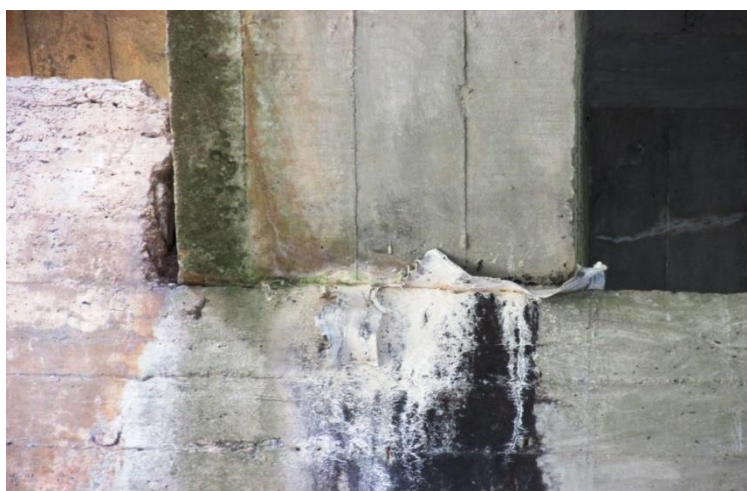


Vista Geral





Patologia encontrada: esmagamento dos aparelhos de apoio
Solução: troca de aparelho de apoio



Idem foto anterior, em visão da placa de chumbo totalmente degradada do aparelho de apoio (AA.16), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 06, sob a viga longitudinal VL.01.



Vista do aparelho de apoio (AA.17), com a placa de chumbo deformada sobre a viga travessa da linha de apoio 06, sob a viga longitudinal VL.02.

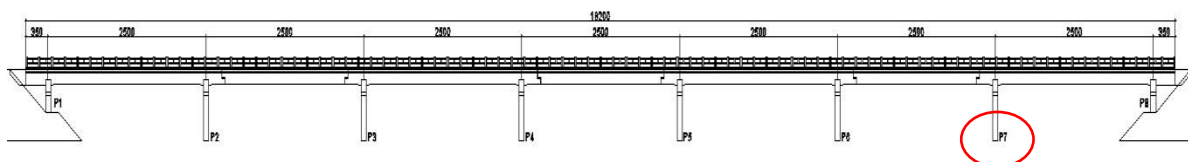


Idem foto anterior, em visão da placa de chumbo deformada do aparelho de apoio (AA.18), locado sobre a viga travessa da linha de apoio 06, sob a viga longarina VL.03.

APOIO P7

Descrição: Verificou-se que no pórtico 07, as longarinas estão apoiadas sobre placas de chumbo, as quais se encontram totalmente deterioradas e esmagadas. Não há espaçamento entre as longarinas e a viga travessa.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral



Patologia encontrada: esmagamento dos aparelhos de apoio
Solução: troca de aparelho de apoio





Enfoque do aparelho de apoio (AA.19), com a placa de chumbo deformada sobre a viga travessa da linha de apoio 07, sob a viga longarina VL.01.



Idem foto anterior, porém, com enfoque ao aparelho de apoio (AA.20) totalmente degradado sobre a viga travessa da linha de apoio 07, sob a viga longarina VL.02.

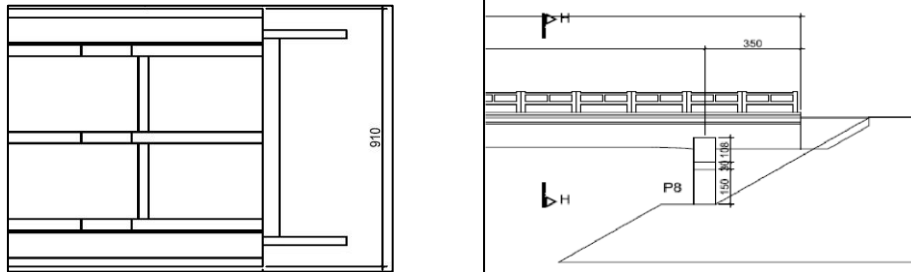


Vista do ao aparelho de apoio (AA.21) totalmente degradado sobre a viga travessa da linha de apoio 07, sob a viga longarina VL.03.

APOIO P8

Descrição: Verificou-se um espaçamento de 30mm.

Esquemático:



Registro fotográfico:



Vista Geral



Patologia encontrada: Aparelho em bom estado

Solução: Não se aplica



Enfoque do aparelho de apoio em neoprene (AA.22), em bom estado, locado sobre a viga travessa da linha de apoio 08, de base à viga longarina VL.01.



Idem foto anterior, com enfoque ao aparelho de apoio em neoprene (AA.23), com visão prejudicada, sobre a viga travessa da linha de apoio 08 e de base à viga longarina VL.02.



Vista do aparelho de apoio em neoprene (AA.24), com o elastômero íntegro.

APARELHOS DE APOIO NOS APOIOS GERBER

Os aparelhos de apoio dos dentes *Gerber* de ligação entre os tabuleiros isostáticos são constituídos por dois tipos de articulações, em placas de chumbo junto à extremidade Sul de cada tabuleiro bi apoiado (suspenso) e móvel (roletes metálicos) na extremidade Norte.

As placas de chumbo, assim como àquelas já mencionadas sobre os apoios 02 a 07, também se encontram em elevado teor de degradação, conduzindo em lâminas delgadas e irregulares. Já as articulações móveis apresentam, tanto nos roletes metálicos como nas placas sobrepostas a estes, oxidação generalizada das peças, inclusive com perda de seção do material em pontos localizados. Vale ressaltar que o processo de oxidação das peças metálicas é potencializado pela inoperância das juntas de dilatação existentes no alinhamento dos dentes *Gerber*, pela pista de rodagem sobre a OAE.

Quanto à estrutura dos dentes *Gerber*, percebem-se trechos com exposição de armaduras pela face inferior dos elementos, inclusive com perda de seção e rompimento dos estribos verticais das armaduras de “costura”, como observado no dente *Gerber* do tabuleiro 03.

Ainda quanto à estrutura dos dentes *Gerber*, salienta-se que decorrente do excesso de umidade, há pontos com crescimento de vegetação, além de pequenas áreas de disgregação na região de interface dos tabuleiros distintos.



Notar armaduras expostas e oxidadas pela face inferior da estrutura do dente *Gerber* junto à extremidade Sul do trecho em balanço do tabuleiro 01 – lado Leste da OAE. Notar ainda, manchas de escoamento pela superfície da estrutura.



Idem foto anterior, porém, em visão aproximada do aparelho de apoio móvel, caracterizado por dois roletes metálicos oxidados entre os dentes *Gerber* dos tabuleiros 01 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 02 – lado Leste da OAE.



Vista dos dentes *Gerber* dos tabuleiros 01 e o tabuleiro bi apoiado (suspenso) 02 – lado Oeste da OAE, também apresentando manchas de escoamento pela superfície das estruturas. Notar a presença de aparelhos de apoio caracterizados por roletes metálicos oxidados.



Notar armaduras expostas e oxidadas pela face inferior da estrutura do dente *Gerber* junto à extremidade Norte do trecho em balanço do tabuleiro 03 – lado Leste da OAE. Notar ainda, manchas de escoamento pela superfície da estrutura.



Idem foto anterior, porém, em visão aproximada do aparelho de apoio em articulação de chumbo, danificado, entre os dentes *Gerber* dos tabuleiros 03 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 02 – lado Leste da OAE.



Vista dos dentes *Gerber* dos tabuleiros 03 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 02 – lado Oeste da OAE. Notar aparelho de apoio constituído por placa de chumbo totalmente degradado.



Vista dos dentes *Gerber* dos tabuleiros 03 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 04 – lado Leste da OAE. Notar manchas de escoamento pela superfície das estruturas, bem como armaduras expostas e oxidadas pela face inferior.



Idem foto anterior, em visão aproximada do aparelho de apoio móvel, com os elementos metálicos oxidados.



Enfoque de armaduras expostas e oxidadas, inclusive com rompimento dos estribos verticais da estrutura do dente Gerber junto à extremidade Sul do trecho em balanço do tabuleiro 03 – lado Oeste da OAE. Notar ainda, manchas de escorrimento pela superfície da estrutura.



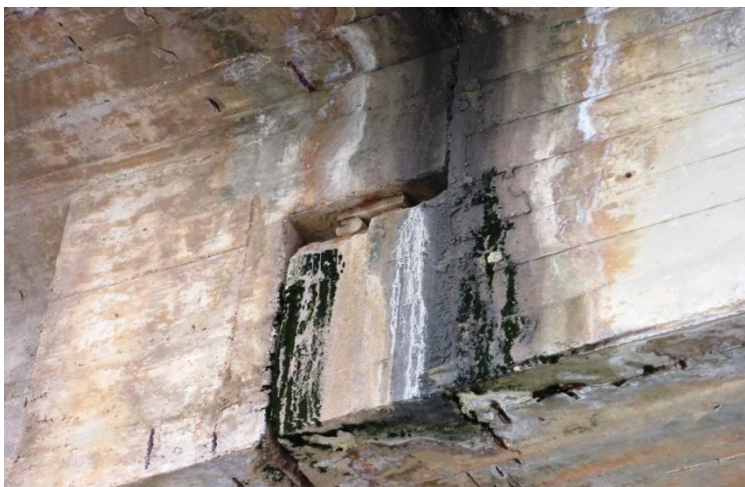
Notar armaduras expostas e oxidadas pela face inferior da estrutura do dente Gerber junto à extremidade Norte do trecho em balanço do tabuleiro 05 – lado Leste da OAE. Notar ainda, manchas de escorrimento pela superfície da estrutura.



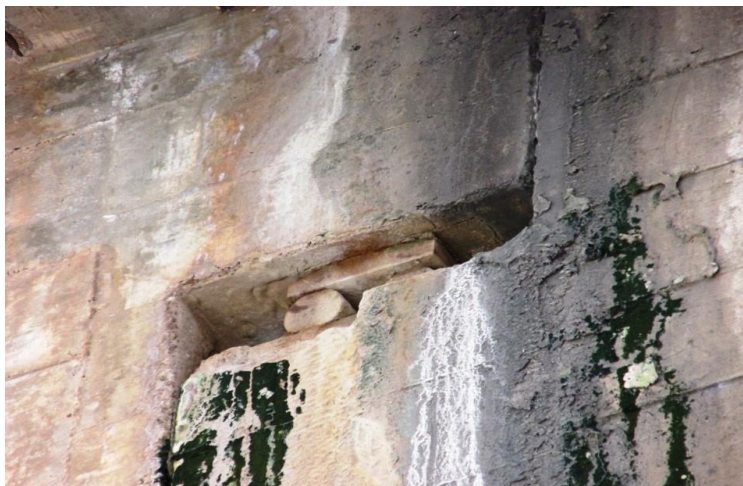
Idem foto anterior, porém, em visão aproximada do aparelho de apoio em articulação de chumbo, entre os dentes *Gerber* dos tabuleiros 03 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 02 – lado Leste da OAE.



Vista dos dentes *Gerber* dos tabuleiros 05 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 04 – lado Oeste da OAE, também com manchas de escurimento pela superfície das estruturas.



Vista dos dentes *Gerber* dos tabuleiros 05 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 06 – lado Leste da OAE.



Idem foto anterior, em visão aproximada do aparelho de apoio móvel.



Enfoque de armaduras expostas e oxidadas pela face inferior da estrutura do dente *Gerber* junto à extremidade Sul do trecho em balanço do tabuleiro 05 – lado Oeste da OAE. Notar ainda, crescimento de vegetação entre os dentes.



Idem foto anterior, em visão aproximada da estrutura, enfocando o crescimento de vegetação, bem como trecho de disgregação do concreto.



Notar armaduras expostas e oxidadas pela face inferior da estrutura do dente *Gerber* junto à extremidade Norte do trecho em balanço do tabuleiro 07 – lado Leste da OAE. Notar ainda, manchas de escoamento pela superfície da estrutura.



Idem foto anterior, porém, em visão aproximada do aparelho de apoio em articulação de chumbo, entre os dentes Gerber dos tabuleiros 07 e o tabuleiro bi apoiado (suspensão) 06 – lado Leste da OAE.



Enfoque de armaduras expostas e oxidadas na estrutura do dente *Gerber* junto à extremidade Norte do trecho em balanço do tabuleiro 07 – lado Oeste da OAE. Notar ainda, manchas de escorrimento pela superfície da estrutura, além de acúmulo de vegetação.

2.1.4. RESUMO DE OBSERVAÇÕES REALIZADAS NA MESOESTRUTURA:

É possível observar que os pilares P2, P3, P4, P5, P6 e P7 e a travessa do pilar P5 já passaram por processos de recuperação como o encamisamento dos pilares a uma altura de dois metros a partir dos blocos, e a injeção de trincas com resina epóxi na travessa.

Para a avaliação dos aparelhos de apoio a análise foi feita com base na Norma do DNIT n.º 091/2006.

Item 5.2.2 Articulações de chumbo, descreve o que segue:

“As articulações de chumbo, utilizadas antes do aparecimento do neoprene, foram uma experiência mal sucedida: o material escoava, permitindo que sua forma geométrica inicial, bem definida, se transformasse em uma lâmina delgada de contorno irregular.

A articulação de chumbo não pode ser recuperada e nem deve ser substituída por outra do mesmo material, a atitude a adotar dependerá exclusivamente de uma inspeção visual para decidir sobre a substituição. “

Item 5.2.4 Articulações metálicas, descreve o que segue:

“As articulações metálicas são altamente dependentes de manutenção cuidadosa e permanente, para que não fiquem prejudicadas no seu funcionamento pelo bloqueio de detritos e não sejam atacadas pela corrosão que, além de torná-las inservíveis, podem levá-las ao colapso. A recuperação das articulações metálicas, quando ainda possível, e se necessário, passa pelas seguintes etapas:

- a) inspeção minuciosa;
- b) verificações estruturais;
- c) remoção dos detritos, liberando todos os elementos componentes da articulação metálica dos obstáculos ao seu funcionamento;
- d) tratamento de corrosões superficiais com jateamento de areia e pintura anti-corrosão.”

PATOLOGIAS OBSERVADAS NA MESOESTRUTURA:

- Aparelhos de apoio em placas de chumbo esmagados (Apoios P2 ao P7) – total 18 aparelhos de apoios.
- Aparelhos de apoio em placas de chumbo esmagados (Vãos Gerber) – total 9 aparelhos de apoios.
- Aparelhos de apoio tipo rolete com teor de oxidação elevado.

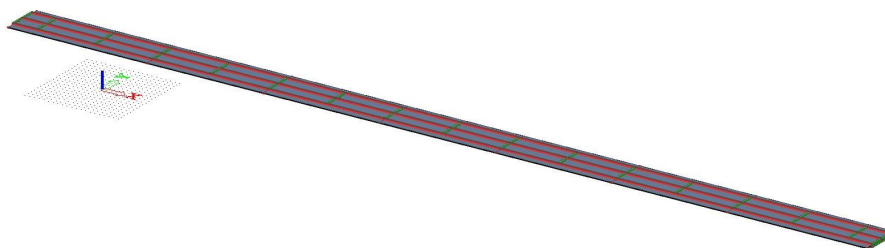


Solução:

- Substituição dos aparelhos de apoio de placa de chumbo por tipo neoprene (Apoios P2 ao P7 e Vãos Gerber – total 27 aparelhos de apoios).
- Tratamento dos aparelhos de apoio tipo rolete oxidados – total 9 aparelhos de apoios.
- Reforço estrutural das travessas.

2.2. MEMORIA DE CÁLCULO DO PROJETO DE MACAQUEAMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

Para a determinação das reações de apoio, foi utilizado o software SCIA ENGINEER, onde o modelo adotado para a obra de arte é uma combinação de elementos de barras para as vigas e transversinas e elementos finitos tipo casca para as lajes.



2.2.1. CARREGAMENTOS

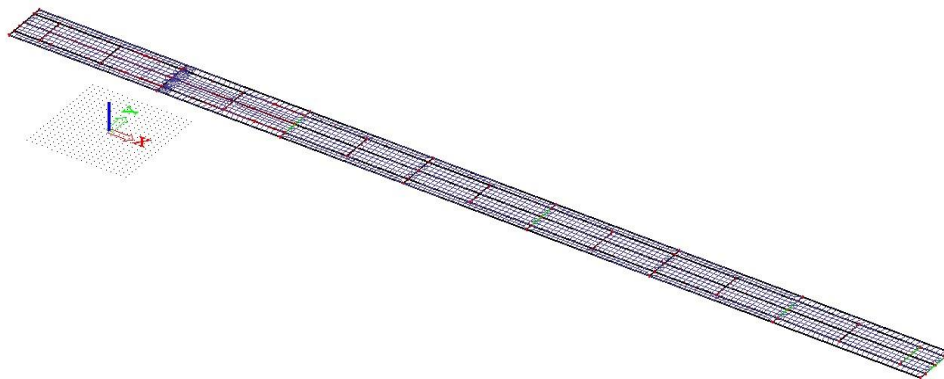
Nas imagens a seguir as cargas apresentadas estão em toneladas. Após a modelagem da estrutura, foram aplicados nos modelos os seguintes carregamentos.

PESO PRÓPRIO

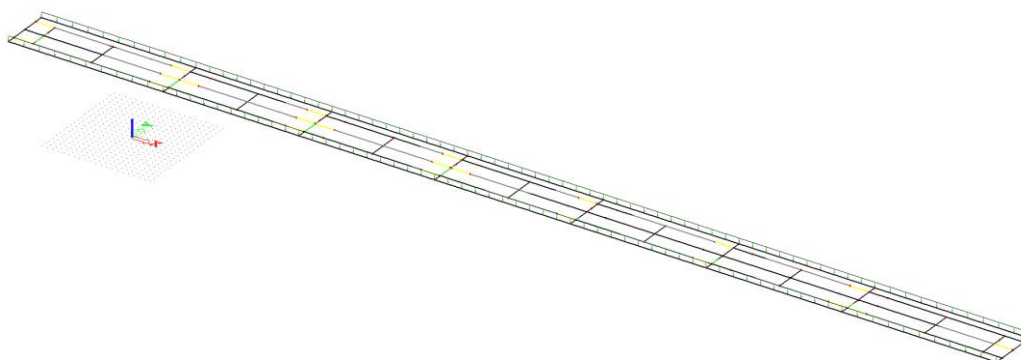
Carregamento em função do peso específico dos materiais, exibidos conforme a tabela a seguir.

Material	γ (tf/m ³)	γ (kN/m ³)
Concreto Armado	2,5	25
Concreto Protendido	2,5	25
Concreto Simples	2,2	22
Aço	7,85	78,5

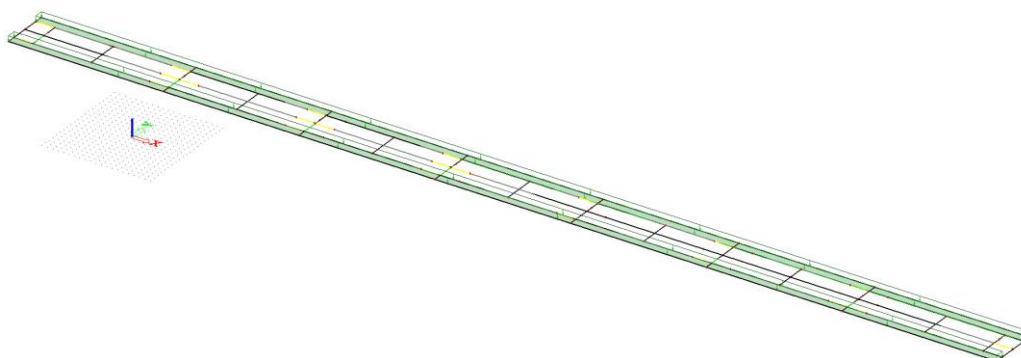
Para o correto dimensionamento da estrutura, foram considerados todos os elementos estruturais. Segue, abaixo, o modelo de cálculo com a representação dos carregamentos devidos ao peso próprio.



Peso próprio – obras rodoviárias



Peso próprio guarda corpo – obras rodoviárias



Peso próprio guarda rodas – obras rodoviárias

CAMADA DE PAVIMENTAÇÃO

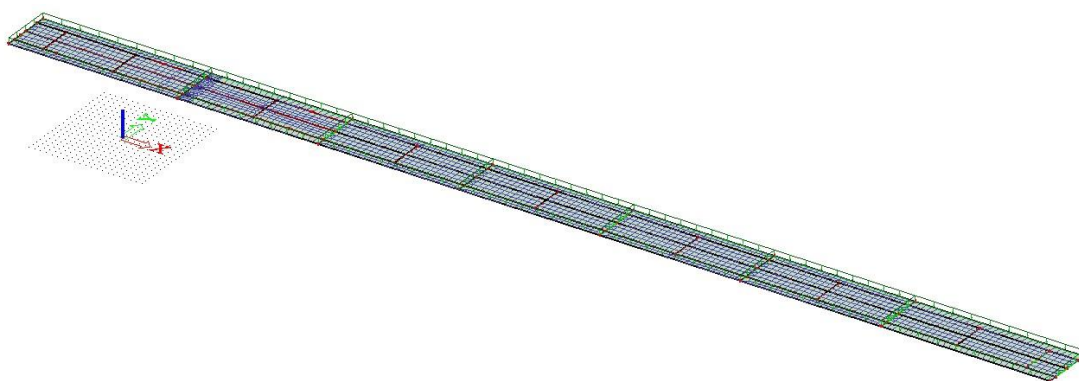
As camadas de pavimentação são aplicadas somente as obras rodoviárias.

Segundo a NBR 7187/2003 (Projeto de pontes de concreto armado e protendido – ABNT), deve-se considerar 24 kN/m^3 (2400 kg/m^3) para o carregamento correspondente a uma camada de 7,0 cm de CBUQ. Sendo assim:

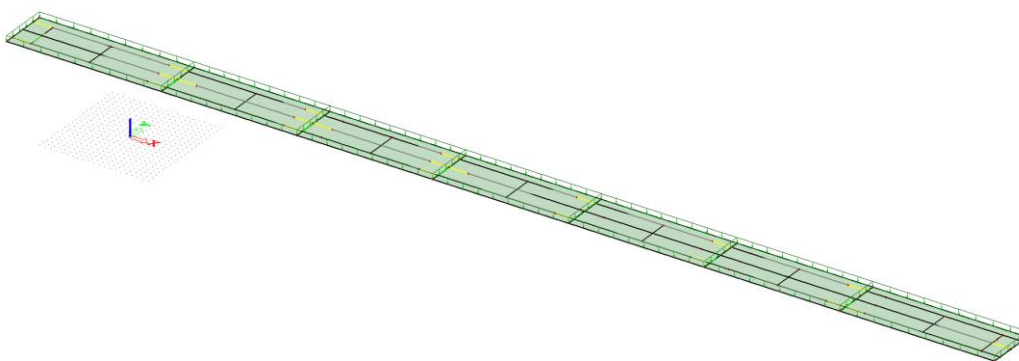
$CBUQ \square \text{Peso específico do material} \square \text{Espessura da camada}$

$CBUQ \square 2400 \text{ kg/m}^3 \square 0,07 \text{ m} \square 168 \text{ kg/m}^2 \square 0,168 \text{ ton/m}^2$

Segue, abaixo, o modelo de cálculo com a representação do carregamento devido à camada de pavimentação.

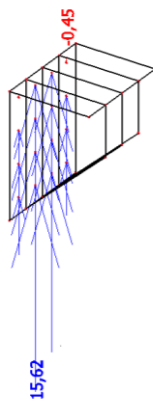


camada de pavimentação

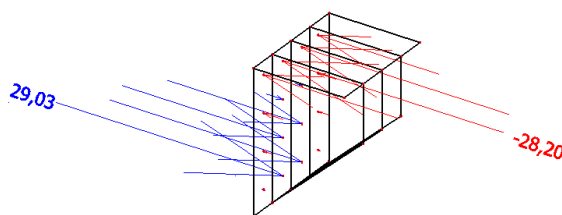


camada de recapeamento

Esforço de cisalhamento: 15,62 tf



Tração: 28,20 tf



Número de barras roscadas = 12 unidade

Diâmetro Nominal = 40mm

Área = 1134 mm²

Limite de escoamento = 60 kgf/mm²

Limite de ruptura = 72 kgf/mm²

Verificação a tração:

$$F_{t,rd} = \frac{0,75 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 45,36 \text{ tf}$$

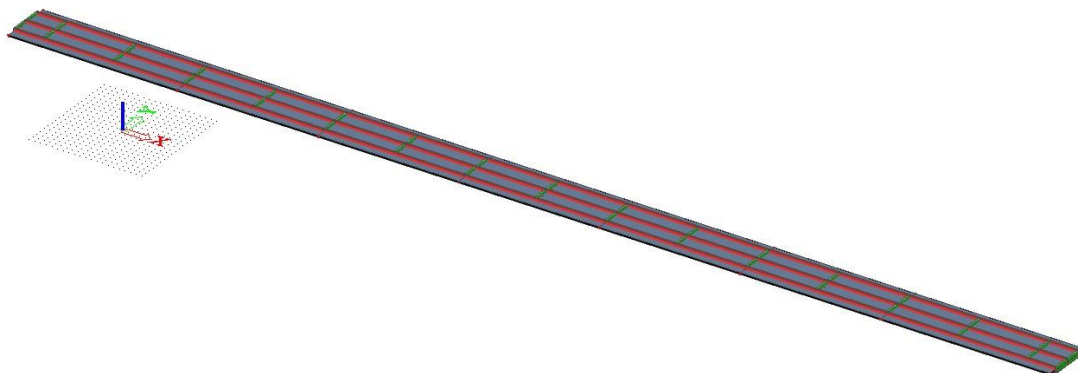
$$F_{t,rd} = \frac{A_b F_y}{\gamma_{a1}} = 61,85 \text{ tf}$$

Verificação ao cisalhamento:

$$F_{v,rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 24,19 \text{ tf}$$

2.3. MEMORIA DE CÁLCULO DOS APARELHOS DE APOIO

Para a determinação das reações de apoio, foi utilizado o software SCIA ENGINEER, onde o modelo adotado para a obra de arte é uma combinação de elementos de barras para as vigas e transversinas e elementos finitos tipo casca para as lajes.



2.3.1. CARREGAMENTOS

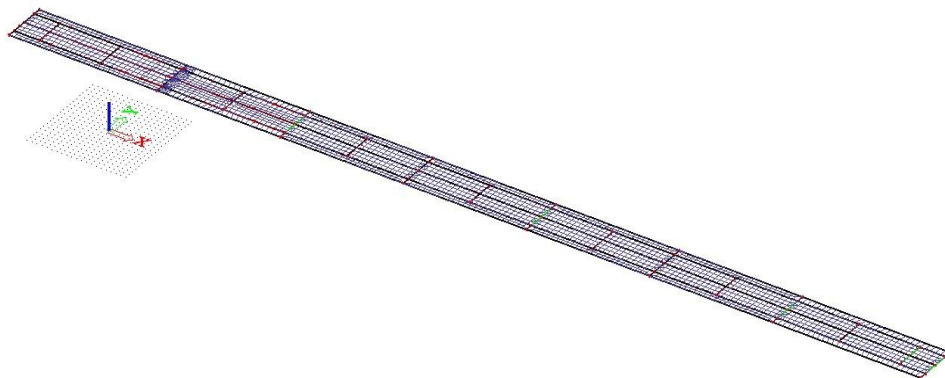
Nas imagens a seguir as cargas apresentadas estão em toneladas. Após a modelagem da estrutura, foram aplicados nos modelos os seguintes carregamentos.

PESO PRÓPRIO

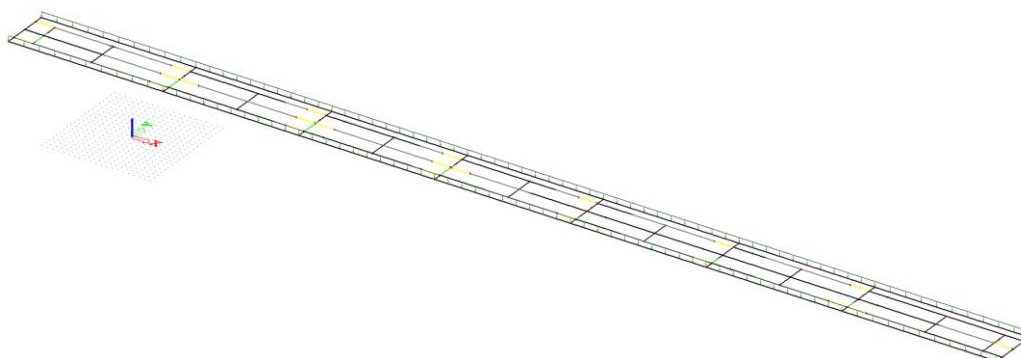
Carregamento em função do peso específico dos materiais, exibidos conforme a tabela a seguir.

Material	γ (tf/m ³)	γ (kN/m ³)
Concreto Armado	2,5	25
Concreto Protendido	2,5	25
Concreto Simples	2,2	22
Aço	7,85	78,5

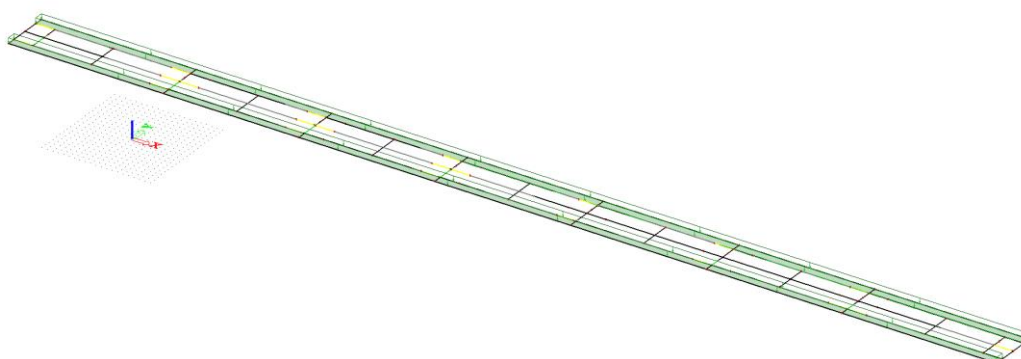
Para o correto dimensionamento da estrutura, foram considerados todos os elementos estruturais. Segue, abaixo, o modelo de cálculo com a representação dos carregamentos devidos ao peso próprio.



Peso próprio – obras rodoviárias



Peso próprio guarda corpo – obras rodoviárias



Peso próprio guarda rodas – obras rodoviárias

CAMADA DE PAVIMENTAÇÃO

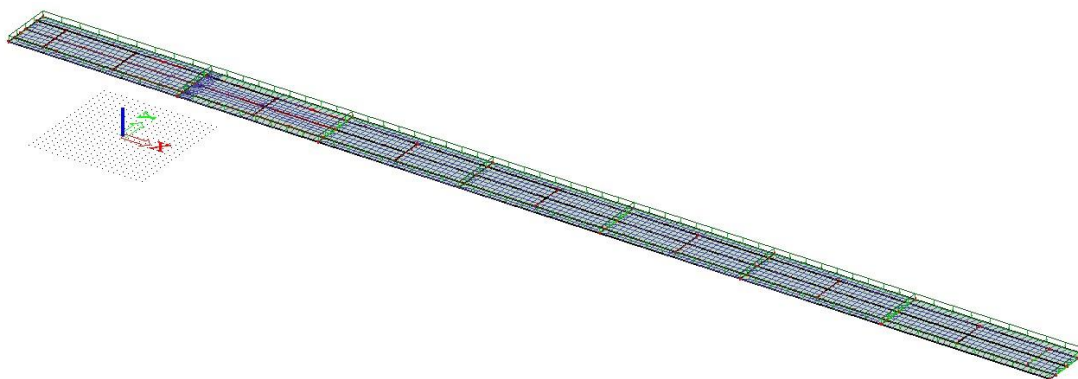
As camadas de pavimentação são aplicadas somente as obras rodoviárias.

Segundo a NBR 7187/2003 (Projeto de pontes de concreto armado e protendido – ABNT), deve-se considerar 24 kN/m^3 (2400 kg/m^3) para o carregamento correspondente a uma camada de 7,0 cm de CBUQ. Sendo assim:

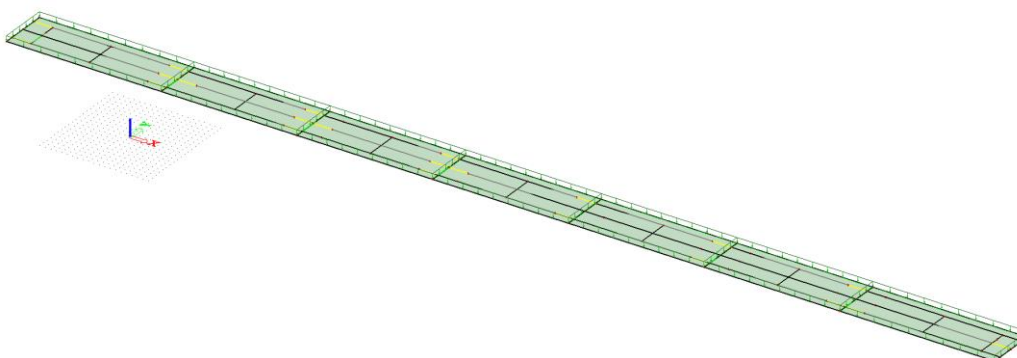
$CBUQ \square \text{Peso específico do material} \square \text{Espessura da camada}$

$CBUQ \square 2400 \text{ kg/m}^3 \square 0,07 \text{ m} \square 168 \text{ kg/m}^2 \square 0,168 \text{ ton/m}^2$

Segue, abaixo, o modelo de cálculo com a representação do carregamento devido à camada de pavimentação.



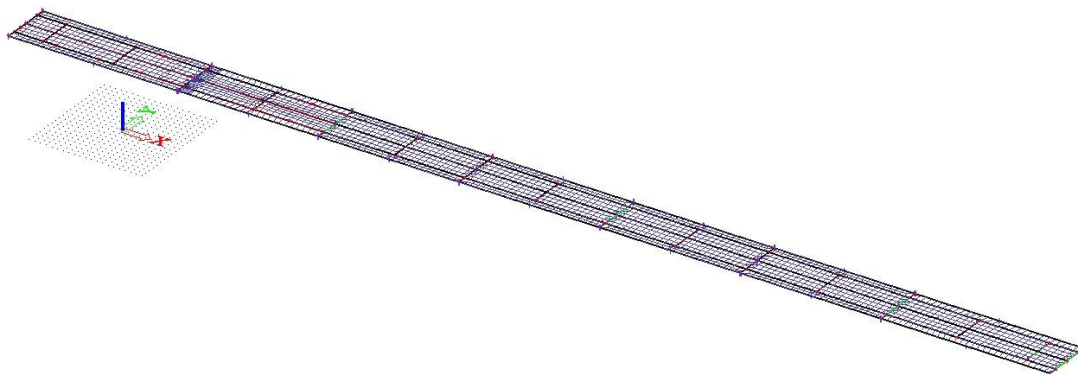
camada de pavimentação



camada de recapeamento

RETRAÇÃO DO CONCRETO

Segundo a norma NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto – ABNT), para fins de simular a retração do concreto poderá ser arbitrado um gradiente térmico de 15°C na peça em estudo, desde que a espessura da peça se enquadre entre 10 e 100 cm e umidade ambiente não inferior a 75%. Valor este, que corresponde a uma diferença de temperatura entre duas faces opostas de uma peça, que, neste caso, corresponde à laje - componente mais vulnerável às variações de temperatura.



Retração do concreto

VENTO

Velocidade básica V_0 :m/s

Fator topografico S1:

Rugosidade do terreno - Fator S2:

Fator estatístico S3:

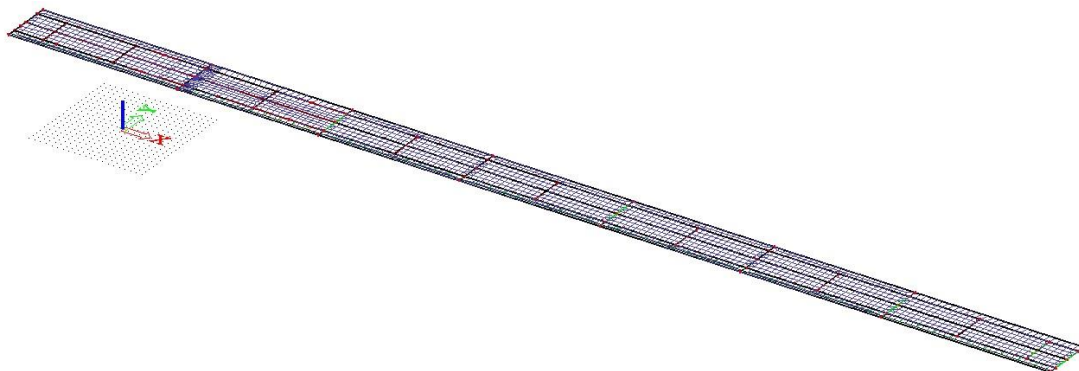
Altura viga:m

Altura laje:m

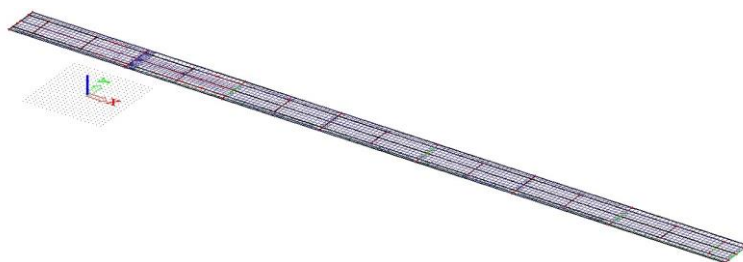
Velocidade Característica do vento: 51,48 m/s

45
1
1,04
1,1
1,34
0,3

Pressão dinâmica do vento:	1624,567 N/m ² →	0,162 tf/m ²
Coefficiente de arrasto:	1	
Altura ponte descarregada (viga + laje):	1,64 m	
Altura ponte carregada (viga + laje + 2m):	3,64 m	
Vento Ponte descarregada:	0,27 tf/m	
Vento Ponte carregada:	0,59 tf/m	



Vento obra descarregada



Vento obra carregada

FRENAGEM

As cargas horizontais devido à frenagem e/ou aceleração, aplicados no nível do pavimento, são um percentual da carga vertical característica dos veículos aplicados sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável e concomitante com a respectiva carga vertical.

$H_f = 0,25 \cdot B \cdot L \cdot CNF$, em [kN] onde:

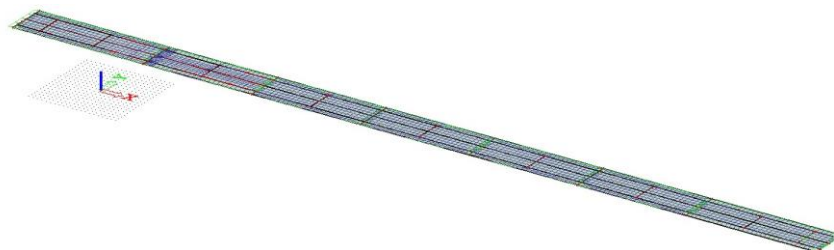
$H_f \geq 135 \text{ kN}$

B: largura efetiva [m] da carga distribuída de 5kN/m².

L: comprimento concomitante [m] da carga distribuída.

$H_f = 0,25 \times 9,1 \times 25 \times 1 = 56,875 \text{ KN}$

Logo, o maior carregamento equivale a $13,5/227,5 = 0,059$ tf/m². Segue, abaixo, o modelo de cálculo com a representação.



frenagem

CARGA MOVEL

Comprimento da obra:	182 m
comprimento maior vão:	25 m
Largura da Obra:	9,1 m
nº de faixas (n)	2
Tipo de Obra(Concreto/Mista ou Aço):	1

$$Q = P \times CIV \times CNF \times CIA$$

Q = carga concentrada

P = carga vertical estática 60 KN

Carga de multidão: $q = p \times CIV \times CNF \times CIA$, sendo:

q = carga de multidão majorada

p = carga de multidão estática = 5 KN/m²

COEFICIENTE DE IMPACTO VERTICAL

$$CIV = 1 + 1,06 \times (20/L + 50)$$

$$CIV = 1,282667$$

COEFICIENTE DO NUMERO DE FAIXAS

$$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$$

$$CNF = 1$$

CIA - COEFICIENTE DE IMPACTO ADICIONAL

1 CIA para obras em concreto ou mistas 1,25

2 CIA para obras em aço 1,15



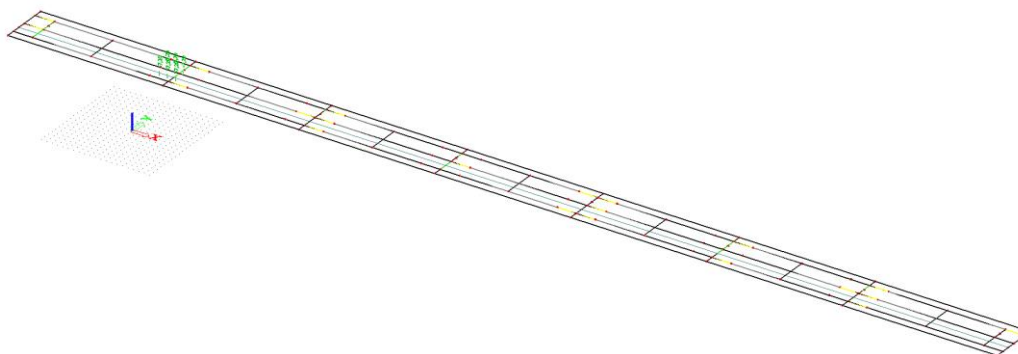
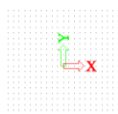
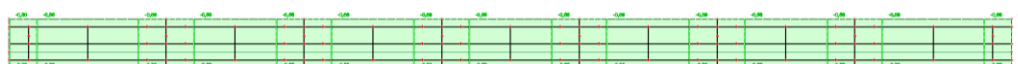
carga de multidão	5 METROS A PARTIR DAS JUNTAS
$q = p \times CIV \times CNF \times CIA$	
$q = 8,016667 \text{ KN/m}^2$	
carga de multidão	TRECHO CORRENTE
$q = p \times CIV \times CNF \times CIA$	
$q = 6,413333 \text{ KN/m}^2$	

veiculo tipo
 $Q = P \times CIV \times CNF \times CIA =$ 5 METROS A PARTIR DAS JUNTAS
 $Q = 96,2 \text{ KN}$ 1,603333

para trecho corrente
 $Q = 76,96 \text{ KN}$ 1,282667

ADOTADOS

veiculo tipo	5 METROS A PARTIR DAS JUNTAS
$Q = 72,15 \text{ KN}$	1,2025
para trecho corrente	
$Q = 57,72 \text{ KN}$	0,962





CCP – Reação em Rx (0 tf)

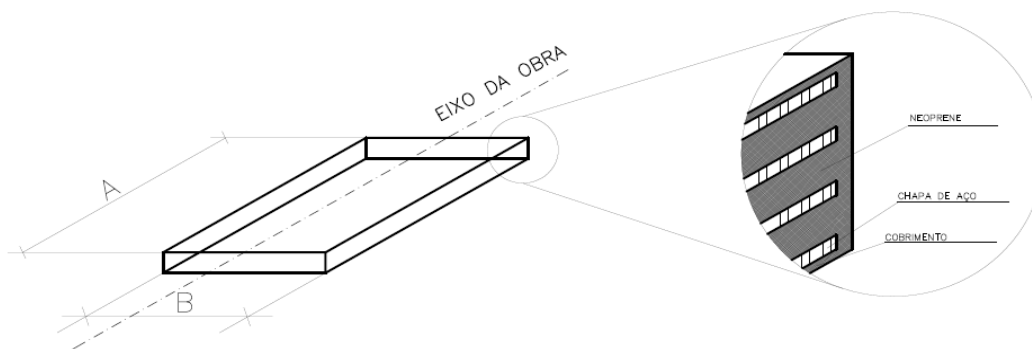


Frenagem – Reação em Rx (4,63 tf)

2.3.3. DIMENSIONAMENTO

CÁLCULO DO APARELHO DE APOIO

APARELHO DE APOIO DE NEOPRENE FRETADO



Comprimento do aparelho (A):	35 cm
Largura do aparelho (B):	45 cm
Número de lâminas de neoprene:	3 und.
Espessura de cada lâmina de neoprene:	10 mm
Número de chapas de aço:	4 und.
Espessura de cada chapa de aço:	3 mm
Cobrimento de neoprene:	2,5 mm
Módulo de cisalhamento do neoprene (Gn):	10 kgf/cm ²
Carga vertical (N):	179,02 tf
Esforço longitudinal máximo (frenagem):	4,63 tf
Esforço longitudinal máximo (ações longa duração):	0 tf
Esforço transversal (T):	5,75 tf
Rotação da viga no apoio (Ø):	0,0027 rad
Tensão média do apoio:	20 kgf/cm ²
Apoio sobre concreto	<input checked="" type="radio"/>
Apoio sobre aço	<input type="radio"/>

a) Dimensões de cálculo do neoprene:

a =	34,5 cm
b =	44,5 cm
A =	1535,25 cm ²
Hn =	1 cm
n =	3

b) Compressão simples

Tensão média atuante (σ_c) = 116,6064 kgf/cm² OK

Fator de forma de uma lâmina de neoprene: 9,8

Tensão de cisalhamento no elastômero (τ_c) = 17,84792 kgf/cm² OK

c) Esforços longitudinais

Tensão de cisalhamento de longa duração (τ_{ld}) = 0 kgf/cm² OK

Tensão de cisalhamento de frenagem (τ_{din}) = 3,015795 kgf/cm²

$1 \tau_{ld} + 0,5 \tau_{din} < 7$: (70% do módulo de cisalhamento) 1,507898 kgf/cm² OK

d) Rotação imposta

$\tau_\alpha \leq 15$: (1,5Gn) 8 kgf/cm² OK

e) Solicitações combinadas

$\tau_c + \tau_{ld} + 0,5 \tau_{din} + \tau_\alpha < 50$: (5Gn) 27,35582 kgf/cm² OK

f) Flambagem 14,83333 OK

g) Segurança contra o deslizamento:

Coefficiente de atrito (μ) = 0,22

Força de deslizamento atuante (Hd) = 5750 kgf

Força de deslizamento resistente (Hrd) = 6755,1 kgf OK



2.4. MEMORIA DE CÁLCULO DO PROJETO DE REFORÇO ESTRUTURAL DAS TRAVESSAS

Para a obtenção dos esforços na travessa analisada foi utilizado o programa computacional ATIR STRAP. Neste foi desenvolvido um modelo computacional simulando as condições reais de uso da travessa.

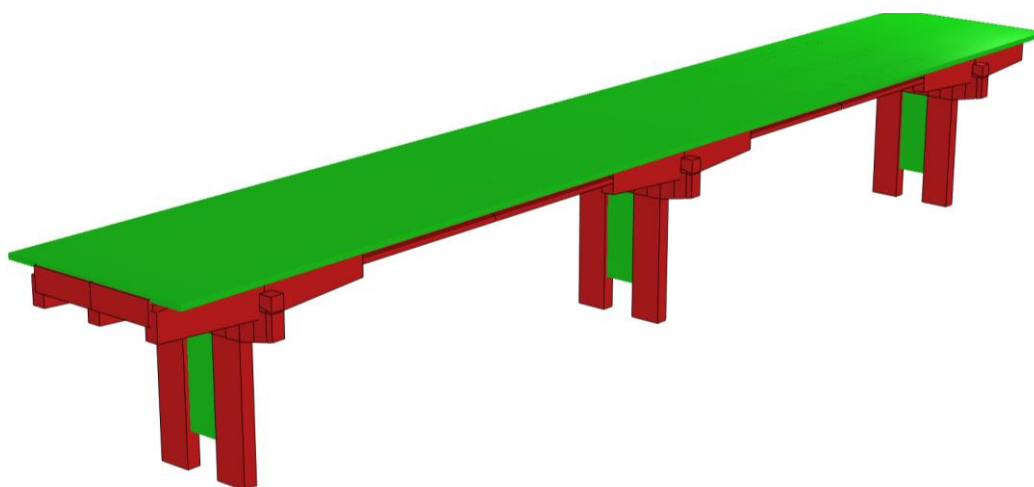


Figura 01: modelo de cálculo utilizado

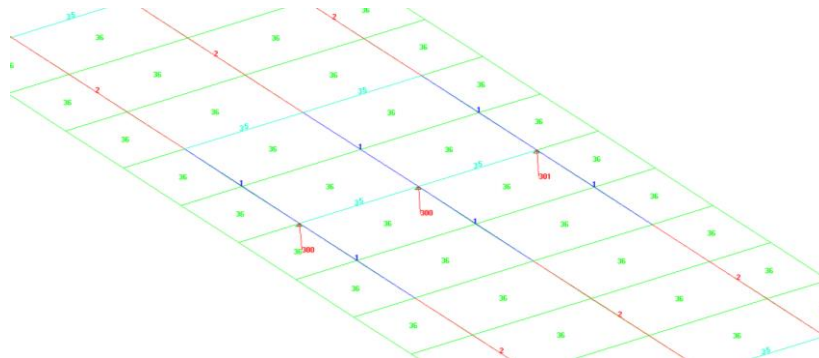
2.4.1. NORMAS UTILIZADAS

- NBR 7187/2003 – Projeto de pontes de concreto armado e protendido – Procedimento – ABNT;
- NBR 7188/2013 – Cargas móveis em pontes rodoviárias e passarela de pedestre – ABNT;
- NBR 8681/2003 – Ações e Segurança nas estruturas – Procedimento – ABNT;
- NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento – ABNT;

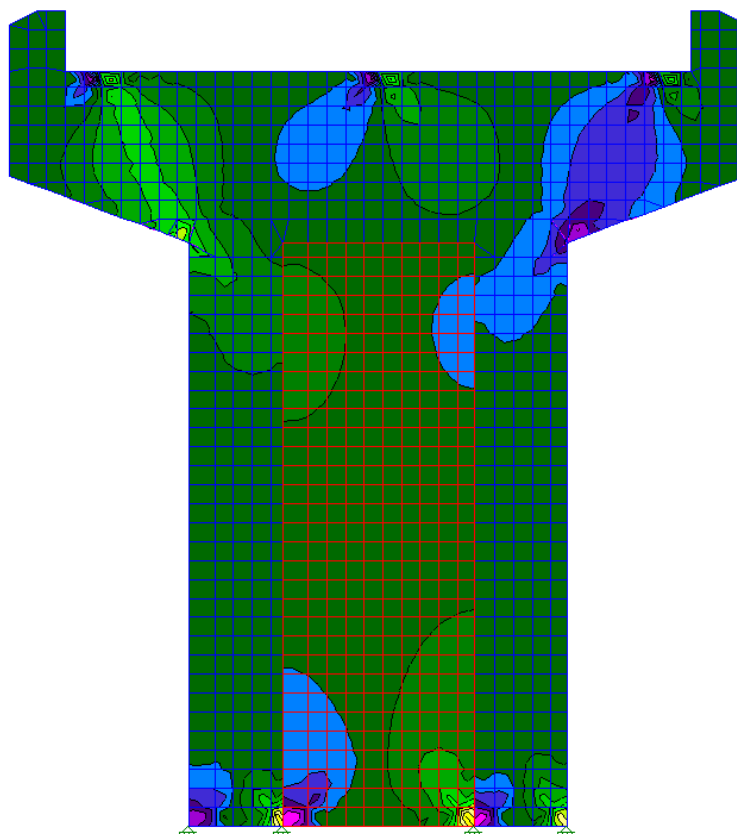
2.4.2. CARREGAMENTOS

- Peso próprio dos elementos
- Carga de multidão: 500kgf/m²
- Trem tipo classe 36ton (com impacto)
- Camada de pavimentação
- Guarda rodas
- Guarda corpos

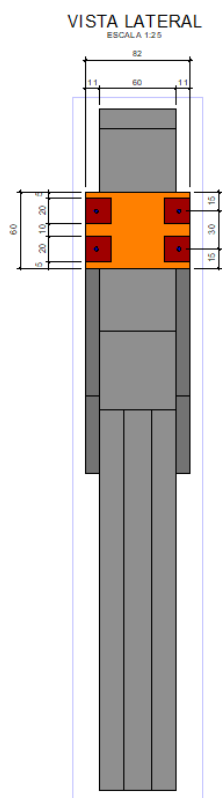
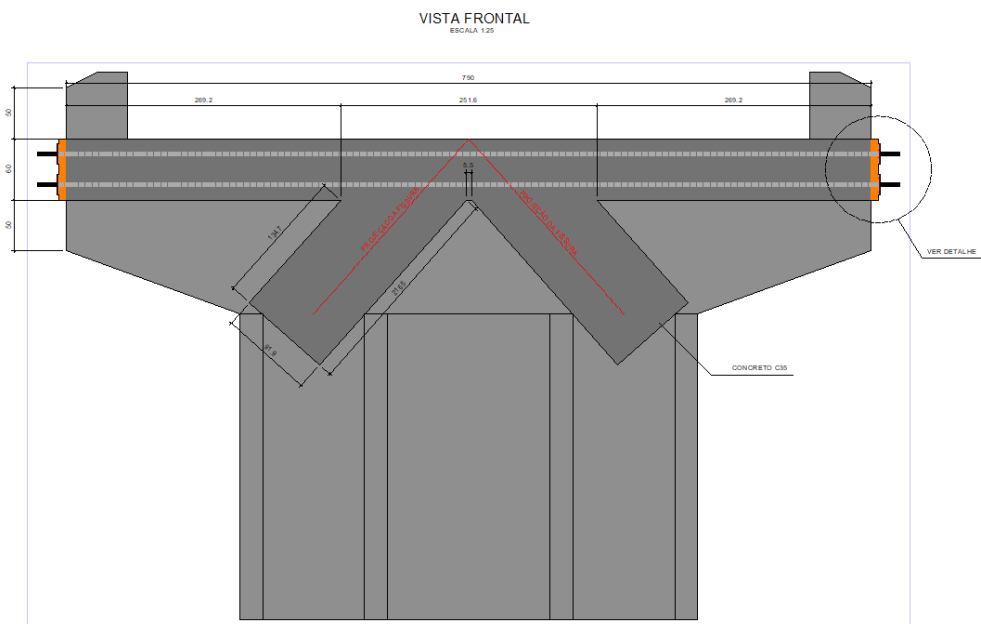
2.4.3. REAÇÕES RESULTANTES



2.4.4. MODELO COMPUTACIONAL DA TRAVESSA



2.4.5. AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DA SOLUÇÃO ADOTADA – IMAGEM EM ESCALA MAIOR NA PRANCHA 10



1. Protensão com barras Dywidag

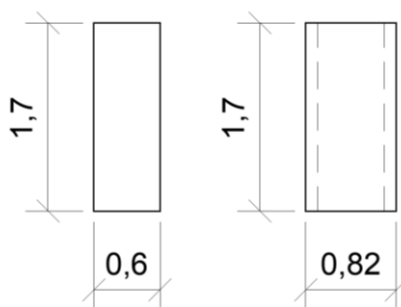
Sistema Dywidag ST85/105

- Numero de barras: duas barras por face.
- Força de proteção aplicada em cada barra: 50ton
- Diâmetro nominal: 32mm
- Tensão de escoamento: 950MPa
- Tensão de ruptura: 1050MPa
- Carga de escoamento 76ton
- Carga de ruptura 84ton
- Passo: 16mm
- Area da seção transversal: 804mm²
- Peso: 6,31kg/m

2. Reforço em concreto armado das bielas comprimidas

- Aço CA50
- Concreto Fck 35Mpa

2.4.6. SEÇÃO DE CÁLCULO UTILIZADA:

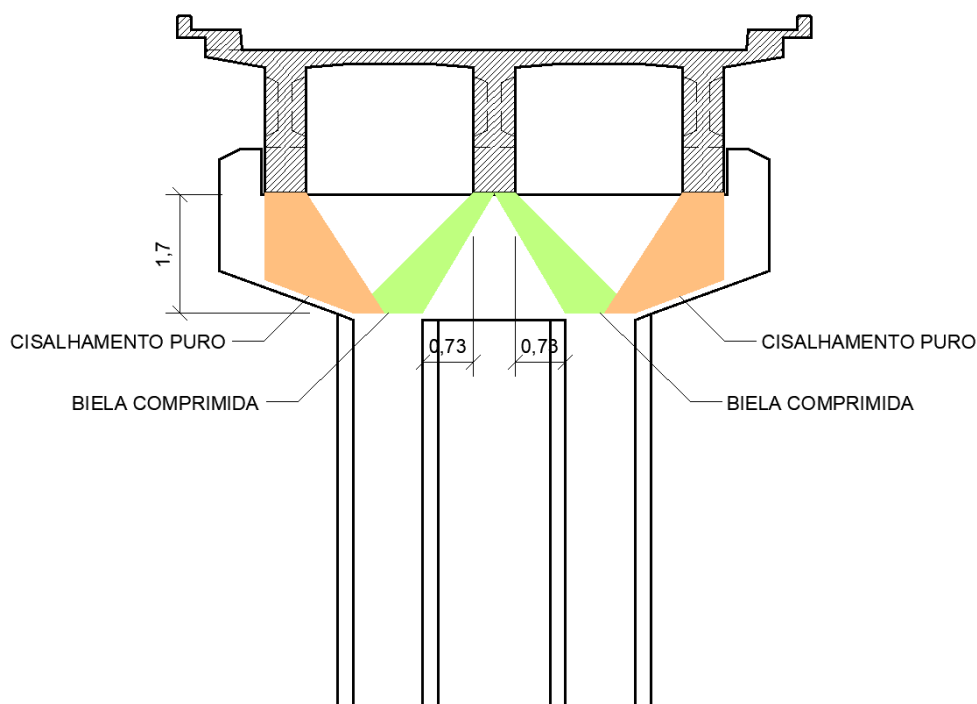


De acordo com a patologia apresentada na travessa pode-se identificar que no trecho central houve esmagamento de biela comprimida. Nos balanços surgiram fissuras verticais de tração. Nos modelos de cálculo obtivemos os caminhos das tensões. No cálculo realizado e apresentado a seguir, a armadura existente foi desconsiderada.

Seção de cálculo existente: 1,70m x 0,60m

Seção de cálculo reforçada: 1,70m x 0,82m

2.4.7. ESQUEMA DE CÁLCULO:



1. Trecho Central:

No trecho central foi verificada a tensão da Biela comprimida e proposto o alargamento da seção. Em decorrência da falta de dados consideramos o f_{ck} da estrutura existente como 15 Mpa.

VERIFICAÇÃO DA BIELA COMPRIMIDA

$f_{ck} =$	15	Mpa
$a =$	73	cm
$P =$	150000	kg
$d =$	170	cm
$\alpha =$	0,41	rd
$b =$	82	cm

TENSÃO DE COMPRESSÃO NA BIELA

$T =$	74,20	kg/cm ²
$f_{cd} =$	107,14	kg/cm ²

OK! Esforço solicitante inferior a esforço resistente

2. Trecho em Balanço:

No trecho em balanço verifica-se pelo modelo computacional apresentado que ocorre cisalhamento puro, equivalente a um console muito curto. Neste caso utilizamos no projeto de reforço a teoria atrito-cisalhamento.

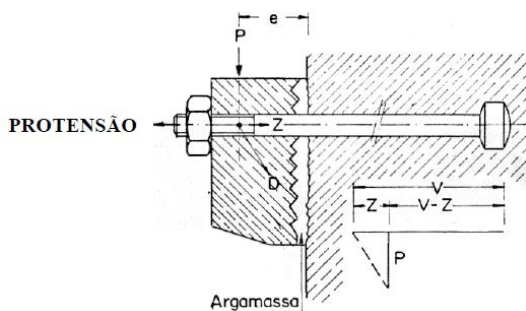
Tensão de cisalhamento atuante:

$$P / (b \times d) = 29,41 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão de cisalhamento absorvida pelo concreto ($F_{ck} = 15 \text{ Mpa}$):

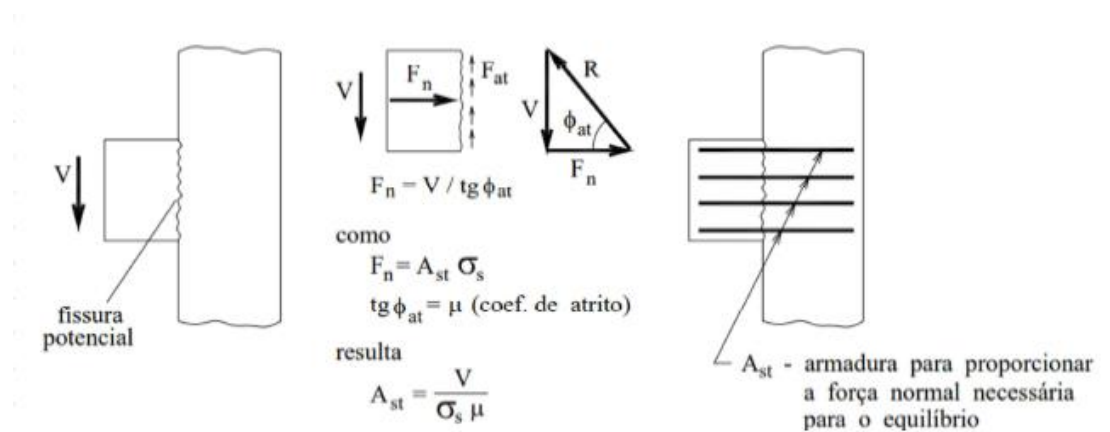
$$F_{cd} \times 0,2 = 21,48 \text{ kgf/cm}^2$$

2.1 Verificação da armadura da protensão externa como tirante:



P (Reação da superestrutura) = 300tf
 V (Força de protensão) = 200tf
 Z (componente horizontal de P) = 111tf
 $e = 68\text{cm}$
Se $V > Z$ a verificação está atendida!

2.2 Verificação da armadura da protensão externa como armadura de costura:



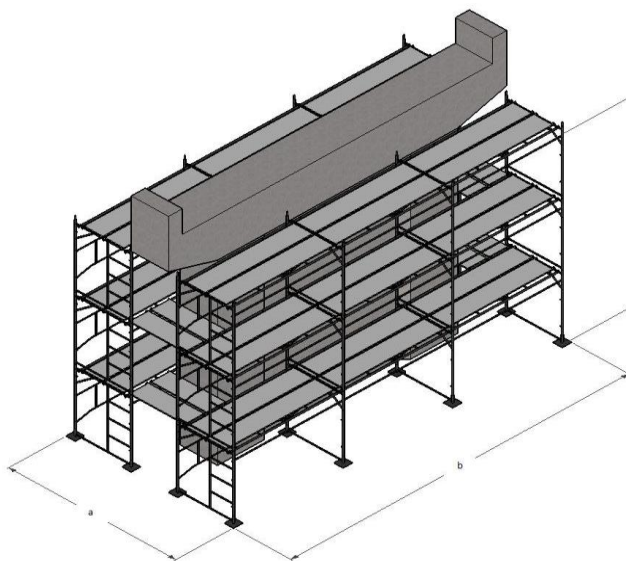
$$A_{st} = 300000 / 9500 \cdot 1,4 = 22,56 \text{ cm}^2$$

Armadura adotada: 4 barras de 32mm = 32,16cm²

2.5. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO E MEMORIA DE CALCULO DAS QUANTIDADES DA MESOESTRUTURA

2.5.1. ANDAIME DE SERVIÇO:

Os andaimes de serviço serão utilizados para viabilizar a execução da troca dos aparelhos de apoio.



Os andaimes de serviço foram considerados em todos os pórticos para a instalação dos consoles de macaqueamento, para viabilizar a execução da troca dos aparelhos de apoio, bem como para a limpeza, para a pintura e para tratamento em concreto.

MATERIAIS:

Madeira

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO:

Os andaimes de serviço serão pagos de acordo com o volume, em m³, ocupado pela estrutura do andaime.

MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES:

Plataforma de trabalho em madeira apoiada no solo - altura de 6 a 12 m - utilização de 5 vezes - confecção, instalação e retirada

Formula = $(2 \times (a + (b - 2 \times lp)) \times lp \times h)$:

Largura do andaime (a) = 3,2 m
 Comprimento do andaime (b) = 7,6 m
 Largura da plataforma (lp) = 1,2 m

Altura do pilar apoio 02 (h):	4	m	Andaime =	80,64	m ³
Altura do pilar apoio 03 (h):	4	m	Andaime =	80,64	m ³
Altura do pilar apoio 04 (h):	4	m	Andaime =	80,64	m ³
Altura do pilar apoio 05 (h):	4	m	Andaime =	80,64	m ³
Altura do pilar apoio 06 (h):	4	m	Andaime =	80,64	m ³
Altura do pilar apoio 07 (h):	4	m	Andaime =	80,64	m ³
				483,84	m ³

2.5.2. APARELHO DE APOIO EM NEOPRENE FRETADO:

Os aparelhos de apoio existentes serão substituídos por aparelhos de apoio em neoprene fretado, para a substituição dos aparelhos de apoio a estrutura será macaqueada conforme indicado nas pranchas de detalhamento.

DEFINIÇÃO:

Aparelhos de apoio são dispositivos que fazem a transição entre a superestrutura e a mesoestrutura ou a infra-estrutura, nas pontes não aporricadas; as três principais funções dos aparelhos de apoio são:

- a) transmitir as cargas da superestrutura à mesoestrutura ou à infra-estrutura;
- b) permitir os movimentos longitudinais da superestrutura, devidos à retração própria da superestrutura e aos efeitos da temperatura, expansão e retração;
- c) permitir as rotações da superestrutura, motivadas pelas deflexões provocadas pela carga permanente e pela carga móvel.



MATERIAIS:

Os aparelhos de apoio de elastômero, mais conhecidos como aparelhos de apoio de neoprene, são constituídos de um bloco de elastômero vulcanizado, que pode ser reforçado por uma ou mais chapas de aço, aparelho fretado, ou não, aparelho de apoio de elastômero simples, conforme definido em projeto.

Os aparelhos de apoio de neoprene fretado são constituídos de chapas finas de aço, quimicamente aderidas ao elastômero durante a vulcanização, regulamentadas pela NBR 19783:2015 com as seguintes características:

a) composição: - policloroprene > 60%; - negro de fumo < 25%; - aditivos < 15% .

b) tolerâncias geométricas:

- dimensões em planta: $(a,b) = a = a \pm 5 \text{ mm}, b = b \pm 5 \text{ mm};$
- camadas do elastômero: $h = h*(1 \pm 15\%);$
- paralelismo da fretagem, em qualquer ponto: $h = h \pm 1 \text{ mm};$ -
- cobrimento, em qualquer ponto: $2 \text{ mm} < \text{cobrimento} < 4 \text{ mm};$ - módulo de deformação: $1,0 \pm 0,20 \text{ MPa}.$

c) grandezas físicas:

- dureza Shore A: 60 ± 5 , na escala Shore “A”
- ASTM D 2240(2), DIN 53505(3), NBR 7318(4);
- ruptura mínima: 15 MPa;
- alongamento de ruptura: 350%.

d) variações aceitáveis para envelhecimento acelerado em estufa:

- para dureza: ± 5 , na escala Shore “A”;
- para ruptura: -15%;
- para alongamento: 40%.

e) envelhecimento acelerado em ozônio:

- não deve apresentar trincas ou fendas na observação com lupa que permita aumento da ordem de 7 vezes.
- deformação permanente: 25%;



-
- limite de escoamento do aço: > 20 kgf/mm² ;
 - limite de ruptura do aço: > 30 kgf/mm² ; - alongamento de ruptura do aço: > 25%.

EXECUÇÃO:

- a) A interface de contato dos aparelhos de apoio com a estrutura deve ser limpa.
- b) O nivelamento deverá ser feito através de berços em argamassa grouting, devendo atender as especificações de projeto quanto a posição, espessura e material.
- c) Deverá ser realizado o posicionamento do aparelho de apoio conforme sua locação em planta.

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO:

O aparelho de apoio em neoprene será pago por dm³.

MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES:

Aparelho de apoio em neoprene fretado para estruturas moldadas no local - fornecimento e instalação

largura (a) =	3,5	dm ³
comprimento (b) =	4,5	dm ³
altura (h) =	0,47	dm ³
numero de apoios em travessa (nt) =	6	
numero de apoios em dente gerber (ng) =	3	
numero de vigas (nv) =	3	

Formula = $(a \times b \times h) \times [(nt \times nv) + (ng \times nv)] = 199,8675 \text{ dm}^3$



2.5.3. ESTRUTURA PARA MACAQUEAMENTO DOS APOIOS:

DEFINIÇÃO:

Estrutura projetada para possibilitar o macaqueamento dos apoios. Será formada por consoles metálicos posicionados nas travessas sob as longarinas, conforme indicado no projeto.

MATERIAIS:

O console será realizado em estrutura metálica.

EXECUÇÃO:

- a) Montagem do console: o console será soldado com chapas de 32mm dimensões de acordo com o projeto.
- b) Para a fixação do console na travessa serão realizados furos no concreto, profundidade, diâmetro e quantidade indicados no projeto.
- c) O console será posicionado conforme indicado no projeto.
- d) Nos furos executados serão utilizados chumbadores químicos para a fixação dos parafusos.

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO:

O serviço será pago por item sendo:

Estrutura em chapa de aço por peso de estrutura;

Perfuração em concreto por comprimento de furo;

Monobarra por metro de barra;

Porca por unidade de item;

Adesivo epóxi por volume de adesivo.



MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES:

Estrutura metálica para macaquamento dos apoios

numero de apoios em travessa (nt) = 6
 numero de consoles por travessa (nc) = 6

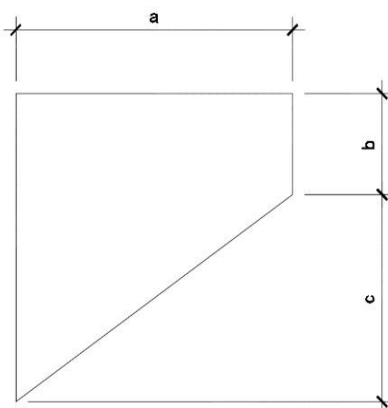
Formula = (nt x nc) = 36 consoles

Placa de aço de apoio para protensão externa em reforço de viga de OAE

	largura	comprimento	espessura	quantidade	Volume (m ³)	Peso (kg)
chapa 01:	0,5	0,5	0,032	1	0,008	62,8
chapa 02:	0,5	0,62	0,032	1	0,00992	77,87

	a	b	c	espessura	quantidade	Volume (m ³)	Peso (kg)
chapa 03:	0,448	0,25	0,35	0,032	3	0,0182784	143,48

Peso de chapa por console = 284,15 kg
 Peso total de chapa = 10229,4 kg



Perfuração em concreto com coroa diamantada - D = 50 mm

Numero de furos por console = 12
 Profundidade do furo = 10 cm

Comprimento de furo por console = 1,2 m
 Comprimento total de furos = 43,2 m

Tirante monobarra de aço – D = 44mm INCO 35D.

Numero de barras de aço por console = 12
 Comprimento da barra de aço = 15 cm

Comprimento de barra de aço por console = 1,8 m
 Comprimento total de barra de aço = 64,8 m



Porca sextavada de 73x80mm para ancoragem de tirantes.

Numero de porcas por console = 12

Numero total de porcas = 432 m

Fornecimento e aplicação de adesivo estrutural à base de resina epóxi

Numero de furos por console = 12
Profundidade do furo = 10 cm
Diâmetro do furo = 50 mm

Volume por console = 0,002356194 m³

Volume total = 0,084823002 m³

Peso específico = 1700 kg/m³

Peso de adesivo estrutural = 144,1991028 kg

2.5.4. ESTRUTURA PARA MACAQUEAMENTO DO VÃO GERBER:

DEFINIÇÃO:

Estrutura projetada para possibilitar o macaqueamento dos vãos gerber. Será formada por estrutura metálica posicionada sob as longarinas, conforme indicado no projeto.

MATERIAIS:

A estrutura será realizado em estrutura metálica.

EXECUÇÃO:

- a) Fixação de chapa na longarina.
- b) Para a fixação da chapa na longarina serão realizados furos no concreto, profundidade, diâmetro e quantidade indicados no projeto.
- c) Nestas chapas será montada a estrutura conforme indicado no projeto.
- d) Nos perfis posicionados serão posicionados os macacos para a elevação da estrutura.

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO:

O serviço será pago por item sendo:

Estrutura em chapa de aço por peso de estrutura;

Perfuração em concreto por comprimento de furo;



Monobarra por metro de barra;

Porca por unidade de item;

Adesivo epóxi por volume de adesivo.

MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES:

Macaqueamento dos apoios

Estrutura em chapa de aço ASTM A36 corte, solda e montagem - fornecimento e instalação

	comprimento	peso (kg/m)	peso (kg)
Perfil Gerdau W610X125 (H): (comprimento do perfil x peso por m) =	4,52	125	565
Perfil Gerdau HP200x53: (comprimento do perfil x peso por m) =	0,38	53	20,14

	largura	comprimento	espessura	quantidade	Volume (m³)	Peso (kg)
chapa 01:	2,251	0,4	0,016	2	0,0288128	226,18
chapa 02:	0,4	0,62	0,016	1	0,003968	31,14
chapa 03:	0,4	0,4	0,016	1	0,00256	20,09
chapa 04:	0,7	0,6	0,016	1	0,00672	52,75
chapa 05:	0,4	0,2	0,016	2	0,00256	20,09
enrijecedor:	0,38	0,6	0,016	6	0,021888	171,82

numero de apoios em dente gerber (ng) = 3

numero de vigas (nv) = 3

Numero total de peças = 9

Peso de aço para uma estrutura = 1107,21 kg

Peso de aço por unidade em composição 3806431 = 284,95 kg

Peso de estrutura ASTM A36 = 7400,34 kg

Perfuração em concreto com coroa diamantada - D = 50 mm

Numero de furos por console = 12

Profundidade do furo = 10 cm

Comprimento de furo por console = 1,2 m

Comprimento total de furos = 10,8 m

Tirante monobarra de aço – D = 44mm INCO 45D.

Numero de barras de aço por console = 12

Comprimento da barra de aço = 15 cm

Comprimento de barra de aço por console = 1,8 m

Comprimento total de barra de aço = 16,2 m



Porca sextavada de 73x80mm para ancoragem de tirantes.

Numero de porcas por console = 12

Numero total de porcas = 108 m

Fornecimento e aplicação de adesivo estrutural à base de resina epóxi

Numero de furos por console = 12
Profundidade do furo = 10 cm
Diametro do furo = 50 mm

Volume por console = 0,002356194 m³

Volume total = 0,02120575 m³

Peso especifico = 1700 kg/m³

Peso de adesivo estrutural = 36,0497757 kg

2.5.5. MACAQUEAMENTO APOIOS:

DEFINIÇÃO:

O serviço de macaqueamento se refere a instalação, posicionamento e elevação do tabuleiro.

MATERIAIS:

Macaco hidráulico e bomba hidráulica.

EXECUÇÃO:

- a) Posicionamento do macaco no console;
- b) Elevação da estrutura;
- c) Devolução da estrutura a altura original;
- d) Remoção do equipamento.

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO:

O serviço será pago por unidade de macaqueamento.



MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES:

Elevação de estruturas de 980 a 1.470 kN para substituição de aparelho de apoio com a utilização de macaco hidráulico

numero de travessa (nt) =	6
numero de apoios em travessas (nt) =	6
numero de apoios em dente gerber (ng) =	3
numero de vigas (nv) =	3

Formula = $[(nt \times nv) + (ng \times nv)] = 45$ unidades

2.5.6. REFORÇO ESTRUTURAL DAS TRAVESSAS:

DEFINIÇÃO:

O serviço de reforço estrutural das travessas se faz necessário em decorrência das trincas que atravessavam ambos os lados de diversas travessas de apoio (pilares). Tais patologias não eram apresentadas de maneira tão agressiva na inspeção expedita anterior. Foi confeccionado projeto de reforço estrutural das mesmas onde a análise matricial em elementos finitos corroborou com as possíveis causas levantadas inicialmente. A natureza da falha se dá de forma frágil (ruptura da biela de concreto) o que não possibilitaria o monitoramento da falha e tampouco sua estagnação.

MATERIAIS:

Estrutura em chapa de aço para as placas de ancoragem

Tirante permanente protendido tipo Dywidag

Resina epóxi

Formas

Armação em aço CA 50

Concreto 35MPa

EXECUÇÃO:

- Apicoamento manual do concreto;
- Perfuração do concreto
- Posicionamento das barras dywidag e das placas de ancoragem;
- Protensão das barras dywidag;



- e) Posicionamento das armaduras com aplicação de adesivo a base de resina epóxi;
- f) Montagem das formas;
- g) concretagem.

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO:

Apicoamento manual do concreto: área de apicoamento

Placas de ancoragem: peso de aço

Barras dywidag: metro de dywidag

Perfuração do concreto: número de furos

Resina epóxi: peso de resina utilizado (peso específico = 1700kg/m³)

Formas: área de formas

Aço: peso de aço conforme prancha de detalhamento

Concreto: volume de concreto.

MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS QUANTIDADES:

Apicoamento manual de concreto

Largura (a) =	0,6
comprimento (b) =	1
quantidade por travessa =	2
quantidade de travessas =	8

Formula = $[(nt \times nv) + (ng \times nv)] = 9,6 \text{ m}^2$

Estrutura em chapa de aço ASTM A36 corte, solda e montagem - fornecimento e instalação

	largura	comprimento	espessura	quantidade	Volume (m³)	Peso (kg)
chapa 01:	0,6	0,82	0,076	16	0,598272	4696,43
chapa 02:	0,2	0,2	0,02	64	0,0512	401,92

Peso total de aço = 5098,35

Tirante permanente protendido de aço D = 32 mm, tipo Dywidag ST 95/105, com capacidade de 390 kN - exceto perfuração

Comprimento do dywidag =	8,5
Quantidade de dywidag por travessa =	4
quantidade de travessas =	8

Formula = 272 m



Perfuração em concreto com coroa diamantada - D = 10 mm

Numero de furos por travessa =

144

Profundidade do furo =

10

 cm

Comprimento de furo por travessa = 14,4 m
Comprimento total de furos = 115,2 m

Perfuração em concreto com coroa diamantada - D = 12,5 mm

Numero de furos por travessa =

232

Profundidade do furo =

10

 cm

Comprimento de furo por travessa = 23,2 m
Comprimento total de furos = 185,6 m

Fornecimento e aplicação de adesivo estrutural à base de resina epóxi

Numero de furos por travessa =

144

Profundidade do furo =

10

 cm
Diâmetro do furo =

10

 mm

Numero de furos por travessa =

232

Profundidade do furo =

10

 cm
Diâmetro do furo =

12,5

 mm

Volume por travessa = 0,003978042 m³
Volume total = 0,031824334 m³

Peso específico = 1700 kg/m³
Peso de adesivo estrutural = 54,10136709 kg

Formas de compensado plastificado 10 mm - uso geral - utilização de 1 vez - confecção, instalação e retirada

Area de forma =

7,96

 m²
Perímetro =

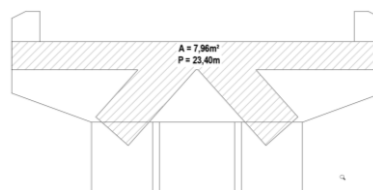
23,4

 m
Altura (h) =

0,11

 m
quantidade por travessa =

2



Formas para uma travessa (2 x (area+(perímetro x h)) = 21,068 m²
Formas total (formas x 8) = 168,544 m²

Armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação

Quantidade para uma travessa =

138,64

 kg (planta de detalhamento)
Quantidade total = 1109,12 kg

Concreto autoadensável com silicato de alumínio fck = 35 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais

Largura (a) =

0,6

 m
comprimento (b) =

7,9

 m
Altura (h) =

0,11

 m
quantidade por travessa =

2

quantidade de travessas =

8

Largura (a) =

0,92

 m
comprimento (b) =

1,35

 m
Altura (h) =

0,11

 m
quantidade por travessa =

4

quantidade de travessas =

8

Concreto para uma travessa = 12,71424 m³



3. SINALIZAÇÃO DE OBRAS

Por se tratar de obra de manutenção da Ponte em trecho de pista simples se faz necessário sinalização de obra, considerando 02 turnos, em um período de 60 dias para execução dos seguintes itens: Substituição de aparelho de apoio;
Remoção e implantação de guarda – corpos;
Lavagem e pintura da ponte;

3.1. MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS QUANTITATIVOS DA SINALIZAÇÃO DE OBRAS: PRANCHA ÚNICA (CROQUI DE SINALIZAÇÃO).

20 cavaletes de ferro dimensão 0,60 x 1,00, considerando conjunto dimensão 0,80 x 1,00 02 Pare e Siga frente e verso dimensão 0,60 x 0,60

Recuperação Ponte Sobre Arroio Evaristo	Mês 01	Mês 02	Mês 03
Implantação do canteiro			
Reforço das travessas			
Substituição dos aparelhos de apoio			
Desmobilização do canteiro			

Equipe para sinalização de obras = 60 dias

OBS: Considerado 02 turnos (manhã, tarde)

02 bandeirinhas de aproximação, 02 para acompanhamento do Pare e Siga. Horário de trabalho: 07:00 até as 17:00 – considerando 01 hora de almoço, temos 09 horas trabalhadas.

Equipe para sinalização de obras = 60 x 2 x 09 = 1080 horas

