

1 PROJETO REFORÇO DO VIADUTO PRESIDENTE KENNEDY

Sumário

1 PROJETO ESTRUTURAL REABILITAÇÃO VIADUTO KENNEDY 3

1.1 Objetivo 3

1.1.1 Localização 3

1.2 Introdução 3

1.3 Análise e Diagnóstico da Estrutura Atual 4

1.3.1 Dados Coletados 4

1.3.2 Descrição da Obras 4

1.3.3 Relatório das Inconformidades Estruturais Detectadas 5

1.4 Intervenções para Reabilitação e Reforço Propostas 14

1.4.1 Normas adotadas 14

1.4.2 Considerações Gerais 14

1.4.3 Descrição das Intervenções propostas no Projeto 15

1.4.4 Justificativa da Solução Proposta 16

1.5 Análise Efetuada 17

1 PROJETO ESTRUTURAL REABILITAÇÃO VIADUTO KENNEDY

1.1 Objetivo

Este memorial descritivo destina-se ao projeto estrutural de reabilitação estrutural do viaduto Presidente Kennedy, localizado na Avenida Governador Ivo Silveira, situado nas seguintes coordenadas (27°35'37.5"S 48°34'15.0"W).

1.1.1 Localização



Figura 1: Imagem Satélite

1.2 Introdução

O presente documento tem como objetivo descrever e justificar as soluções apresentadas no Projeto Executivo de Recuperação e Reforço Estrutural.

1.3 *Análise e Diagnóstico da Estrutura Atual*

1.3.1 *Dados Coletados*

Os projetos originais da estrutura não foram localizados. Com o objetivo de subsidiar o diagnóstico, análise, e a concepção das soluções de intervenções necessárias, foram efetuados levantamentos de campo e ensaios conforme abaixo relacionado:

- Levantamento topográfico cadastrando pontos da estrutura e adjacências do viaduto;
- Levantamento de geometria dos elementos constituintes visíveis da estrutura;
- Ensaios in loco para medição de profundidades de carbonatação e teores de cloretos;
- Ensaios para reconstituição dos traços;
- Remoção e rompimento à compressão de testemunhos do concreto para avaliação de resistências mecânicas;
- Inspeção visual da estrutura realizada por equipe especializada em estruturas, utilizando-se de instrumentos de aproximação óptica, objetivando-se identificar, qualificar e quantificar patologias que possam denotar desempenho estrutural inadequado;

1.3.2 *Descrição da Obras*

Trata-se de um viaduto rodoviário, em concreto armado, construído na década de 1950. Com extensão total de aproximadamente 69m, o viaduto tem geometria em curva e concordância vertical. A superestrutura é através de viga caixão com três células de altura constante, havendo projeção da laje superior em balanços nas duas laterais. Longitudinalmente a superestrutura vence quatro vãos de aproximadamente 16m, 15m, 22.5m e 15m, respectivamente, a partir do encontro 1, lado Ponte Hercílio Luz, sendo o vão principal, de 22.5m, que transpõe a via inferior. A superestrutura é contínua nos dois primeiros vãos e se projeta, em balanço, para o vão principal, assim como do encontro 2, tem-se trecho de viga que vence um vão e, também, se projeta em balanço. Fechando a superestrutura existe vão Gerber de 15.6m que se apoia nos balanços provenientes dos trechos extremos. Os apoios, com exceção do encontro 1, têm eixos com esconsidades significativas, variando entre 45° e 55°.

A mesoestrutura para os três apoios intermediários é constituída por quatro pilares circulares, rigidamente ligados à superestrutura. Nos encontros observam-se travessas de concreto armado vinculadas diretamente ao tabuleiro e que se assentam sobre as fundações, que, por sua vez, não são visíveis.

O tabuleiro tem largura total de 12.20m, contemplando, no estrado, pista com largura útil de 8.40m e passeios elevados, nas duas laterais, de 1.90m cada. Nos bordos têm-se guarda-corpos de concreto.

Pelas características geotécnicas nas adjacências da obra, estima-se que as fundações são diretas em rocha sã.

1.3.3 Relatório das Inconformidades Estruturais Detectadas

A estrutura apresenta um quadro patológico avançado com, principalmente, armaduras expostas oxidadas, havendo visíveis perdas de seção de aço em alguns pontos.

A maior incidência de anomalias fica situada no vão principal, no infradorso do tabuleiro e, principalmente, nas adjacências das duas juntas com dente Gerber existentes.

Os ensaios de determinação da profundidade de carbonatação, por meio de indicador químico de pH, realizados indicaram a possibilidade de despassivação de boa parte da armação existente, justificando o quadro patológico atual e sugerindo a possibilidade de progresso acelerado das perdas de capacidades portantes dos elementos afetados. As juntas em tabuleiros de obras de arte especiais constituem-se, usualmente, na principal via de ação dos agentes que catalisam os processos deletérios, fazendo com que as regiões dos tabuleiros adjacentes a elas sejam onde se observam os processos de deterioração mais agudos. A solução dos dentes Gerber existentes na viga caixão, com parede tipo diafragma dupla, impede que sejam seguramente avaliados os graus de deteriorações incidentes nestes elementos, que são essenciais para a manutenção da estabilidade da obra, desta forma, existe a possibilidade da existência de riscos ocultos. Ressalta-se ainda a grande concentração de matéria orgânica acumulada nas juntas com, inclusive, crescimento abundante de vegetação, fazendo com que haja maior retenção de umidade e aceleração dos processos deletérios.

O fato de que as duas juntas existentes possuem esconsidade de grande ordem acarreta numa menor durabilidade de elementos vedantes haja vista que as movimentações, mesmo que de pequena ordem, o solicitam tangencialmente ao longo de seu eixo. Ressaltam-se ainda as existências de degraus nas juntas nas lajes em balanço, onde, em decorrência da manutenção do alinhamento das juntas esconsas nestes balanços, têm-se momentos negativos excessivos para as seções existentes.



Figura 2: Vista inferior do vão principal



Figura 3: Vista inferior do vão principal



Figura 4: Detalhe de armadura exposta e oxidada



Figura 5: Vista lateral do dente Gerber



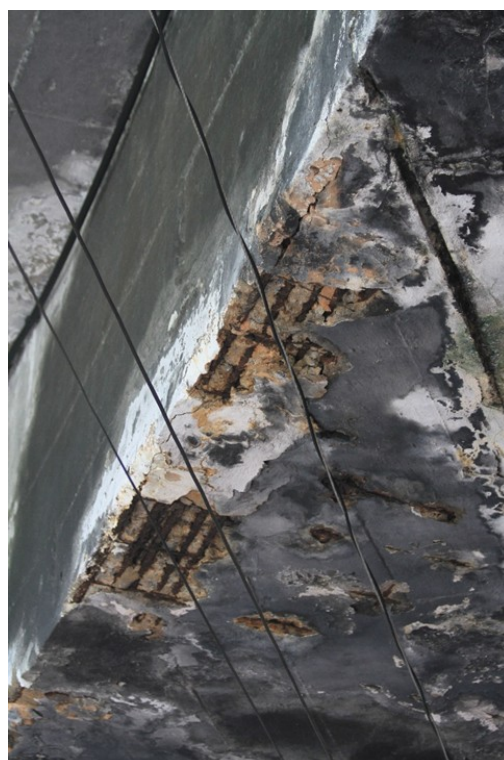
Figura 6: Vista lateral - Detalhe desnível na junta



Figura 7: Vista lateral - Detalhe desnível na junta



Figura 8: Vista inferior na região de junta



**Figura 9: Anomalia no fundo da viga -
Armadura da nervura exposta e
oxidada**



Figura 10: Detalhe da armadura com perda de seção



Figura 11: Detalhe de fundo da viga na junta - Armadura exposta oxidada e acúmulo de matéria orgânica



Figura 12: Vista inferior nas proximidades de junta - armadura principal exposta oxidada



Figura 13: Detalhe armadura exposta oxidada - Vazio por ocorrência de ninho de pedra



**Figura 14: Vista inferior -
armadura exposta oxidada**



**Figura 15: Detalhe de acúmulo de
matéria orgânica em junta do
tabuleiro**



Figura 16: Vista do estrado - Detalhe de deformação exagerada da laje em balanço na junta

1.4 Intervenções para Reabilitação e Reforço Propostas

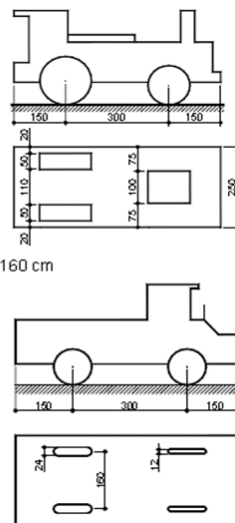
1.4.1 Normas adotadas

- NBR 6118 - 2024 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.
- NBR 6122 - 2022 - Projeto e Execução de Fundações
- NBR 6123 - 2023 - Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento
- NBR 7187 - 2021 - Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido
- NBR 7188 - 2024 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas
- NBR 8681 - 2004 - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento
- Manuais e normas técnicas do DNIT

1.4.2 Considerações Gerais

Considerando-se que não estão disponíveis os projetos originais da obra, adota-se em face da época de projeto e execução, que foram utilizadas as normas, vigentes à época, NB-1:1946 e NB-2:1946, Classe 24, que prevê a ação de compressor de 24tf atuando em conjunto com caminhões de 12tf, além de multidão distribuída de 450kgf/m².

- Compressor de 24 tf
 - Peso Total do Compressor: 24 tf
 - Peso da Roda Dianteira: 10 tf
 - Peso de Uma Roda Traseira: 7 tf
 - Largura da Roda Dianteira: 100 cm
 - Largura de cada Roda Traseira: 50 cm
 - Distância entre os Eixos Dianteiro e Traseiro: 300 cm
 - Distância entre os Meios das Rodas Traseiras: 160 cm
- Caminhão de 12 tf
 - Peso Total do Caminhão: 12 tf
 - Peso de Uma Roda Dianteira: 2,00 tf
 - Peso de Uma Roda Traseira: 4,00 tf
 - Largura de Uma Roda Dianteira: 12 cm
 - Largura de Uma Roda Traseira: 24 cm
 - Distância entre os Eixos Dianteiro e Traseiro: 300 cm
 - Distância entre os Meios das Rodas: 160 cm



As intervenções desenvolvidas neste projeto têm como objetivo recuperar as patologias existentes de forma eficaz e durável e reforçar a estrutura para as solicitações de cargas móveis de classe 45tf atuais conforme a NBR7188:2024.

Fica evidente, através da análise das anomalias presentes, que, para otimização do desempenho futuro, a eliminação dos dentes Gerber e juntas esconsas existentes, deve ser premissa para desenvolvimento do presente projeto.

A classe de agressividade ambiental prevista será classe III (NBR 6118).

1.4.3 Descrição das Intervenções propostas no Projeto

O projeto prevê a modificação na configuração estrutural original, através da eliminação das duas juntas e dentes Gerber existentes, tornado a estrutura toda aporticada e hiperestática. A continuidade estabelecida terá efetividade para as ações de cargas permanentes adicionais, após o bloqueio, e ações variáveis. Para reforço da estrutura, fazendo com que todas seções, inclusive as articulações bloqueadas, passem a ter resistências que sobreponham os diagramas de envoltórias solicitantes, tanto em estados limites últimos quanto de serviços, prevê-se a introdução de protensão externa através de feixes de cordoalhas longitudinais, ancorados e desviados em dispositivos metálicos, fixados às paredes da viga caixão através de barras rosqueadas passantes protendidas e colagem com resina epóxi. As cordoalhas serão nuas (não engraxadas), sem necessidade de bainhas e, após os serviços de protensão, serão envelopadas com concreto grampeado à estrutura original. As cordoalhas protendidas individualmente e ancoradas nos dispositivos metálicos através de blocos para 1Ø.

Para adequação de rigidez na interação super-mesoestruturas à nova configuração estrutural e para harmonizar hiperestáticos de protensão, será necessário substituir a vinculação rígida atual da viga caixão com a travessa no encontro 1 (lado Ponte Hercílio Luz), por aparelhos de apoio em neoprenes fretados. Tais intervenções deverão ser executadas antes da implantação das cargas de protensão e consistirão das seguintes etapas, conforme detalhado no projeto:

- a- Execução de viga de reforço transversal interna à viga caixão;
- b- Demolição parcial para liberação de nichos sob as longarinas, mantendo-se a estrutura apoiada nas vinculações remanescentes adjacentes aos nichos abertos;
- c- Execução de regularizações, colagem de chapas metálicas, posicionamento dos aparelhos de apoio e moldagem dos calços;
- d- Demolição total da vinculação;
- e- Moldagem de aba de proteção e acabamentos nas superfícies afetadas.

Estes serviços deverão ser parcialmente executados com trânsito impedido.

O bloqueio das articulações e implantação dos reforços com protensão externa serão implantados em com meia pista bloqueada e consistirão dos seguintes serviços:

- a- Abertura de janelas nos diafragmas existentes para encaixe e fixação de dispositivos metálicos especiais, que também servirão de desvio dos feixes de cordoalhas, e fixação de chapas metálicas sob a laje inferior;
- b- Demolição dos diafragmas para completo acesso às regiões de topo das longarinas para limpeza;
- c- Grauteamento da junta no topo das longarinas;
- d- Protensão dos cabos externos;
- e- Execução de engrossamento das longarinas e laje de fundo passantes nas adjacências

das juntas;

No estrado está previsto a remoção da pavimentação e enchimentos nos passeios e guarda corpos existentes. Será executada sobrelaje em concreto. Para garantia de monoliticidade serão instalados conectores de cisalhamento no osso da laje original.

Os passeios serão elevados, configurando-se guarda-rodas baixos de isolamento para a pista, através de muretas de concreto solidárias à sobrelaje e, ainda, suas plataformas serão através de placas de concreto pré-moldadas. Nos bordos prevê-se a instalação de gradis metálicos.

As superfícies expostas de concreto deverão, antes das intervenções previstas, receber tratamento por solução realcalinizadora, objetivando-se readequar o pH do concreto carbonatado.

Nas regiões de pilares expostas deverão ser removidos os revestimentos existentes.

As anomalias deverão ser tratadas localizadamente, e então as superfícies de concreto originais, ainda expostas após as intervenções estruturais previstas, deverão ser integralmente revestidas com argamassa polimérica para efeito de homogeneização de durabilidade. Prevê-se, ainda, nas superfícies externas pinturas epóxi com função impermeabilizante e de acabamento.

Para revestimento final na pista de rolamento está previsto pavimento de concreto intertravado conforme padrão da via existente.

1.4.4 Justificativa da Solução Proposta

O reforço pela introdução de protensão externa é amplamente utilizado para reforço de estruturas de concreto armado, por permitir a adequação das diversas seções portantes para as demandas aumentadas em estados limites de serviço e últimos, com um mínimo de acréscimo no peso próprio. Por se tratar de um reforço ativo, permite a mobilização dos materiais componentes das diversas seções estruturais de forma bastante eficiente para melhoria de desempenho em serviço. A solução de protensão externa proposta viabiliza tornar as cordoalhas aderentes e sua implantação é viável sem a necessidade de blocos de concreto de ancoragens e desviadores muito volumosos. Cabe ressaltar que os resultados de resistência à compressão obtidos pelo rompimento de testemunhos extraídos da estrutura foram bastante favoráveis à utilização de protensão, com tensões limites obtidas entre 26.8MPa e 40.3MPa.

As soluções propostas visaram, ainda, minimizar os períodos de interrupções do tráfego sobre a obra.

O pouco aumento no peso próprio da estrutura justifica a não necessidade de reforços adicionais de fundações, que, aparentemente, são diretas em rocha sã, e não apresentam indícios de mau desempenho.

1.5 Análise Efetuada

Foi elaborado modelo espacial discretizado em elementos finitos utilizando-se do software CSIBridge. A análise para obtenção das envoltórias finais levou em consideração as mudanças de rigidez implantadas pelos reforços e as ações respectivas atuantes em cada etapa.

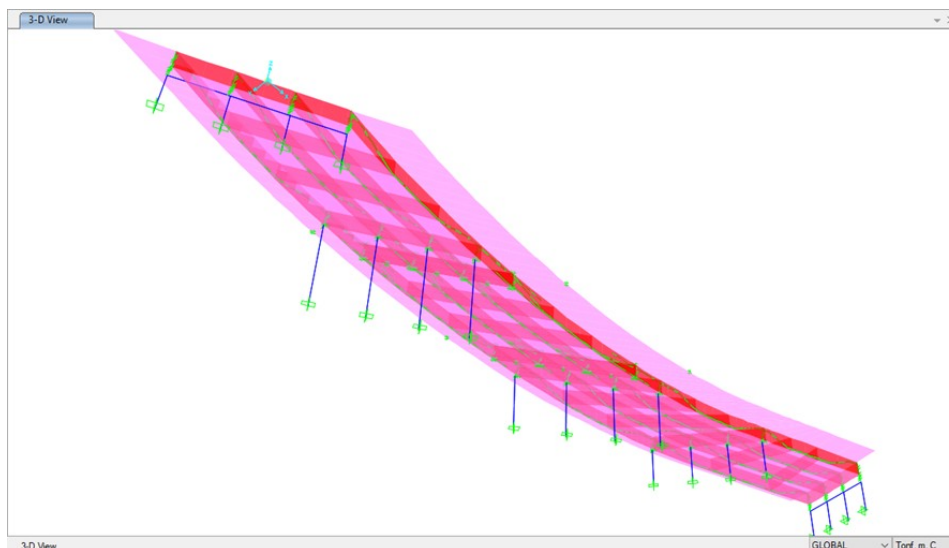


Figura 17: Modelo analisado

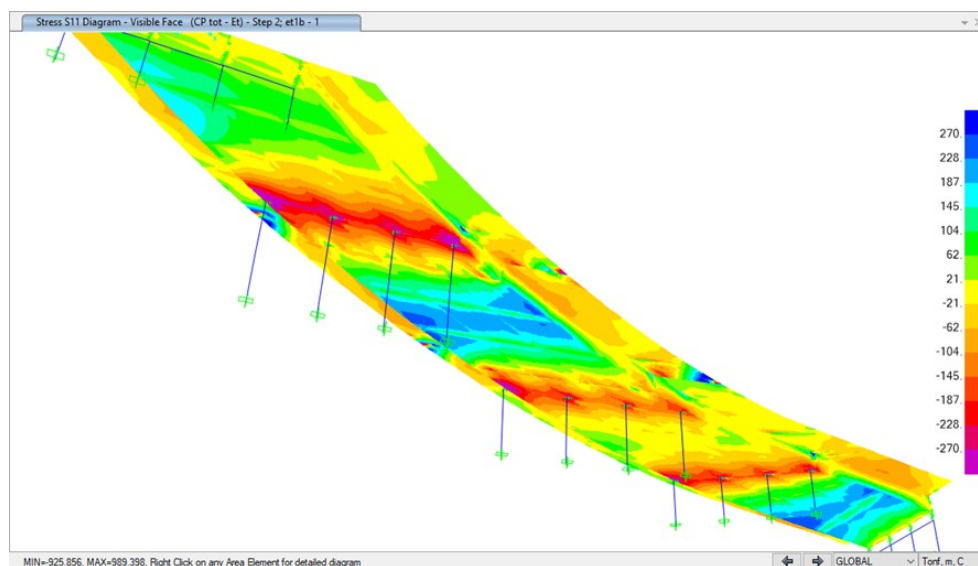


Figura 18: Diagrama de tensões normais longitudinais em serviço - Peso próprio inicial

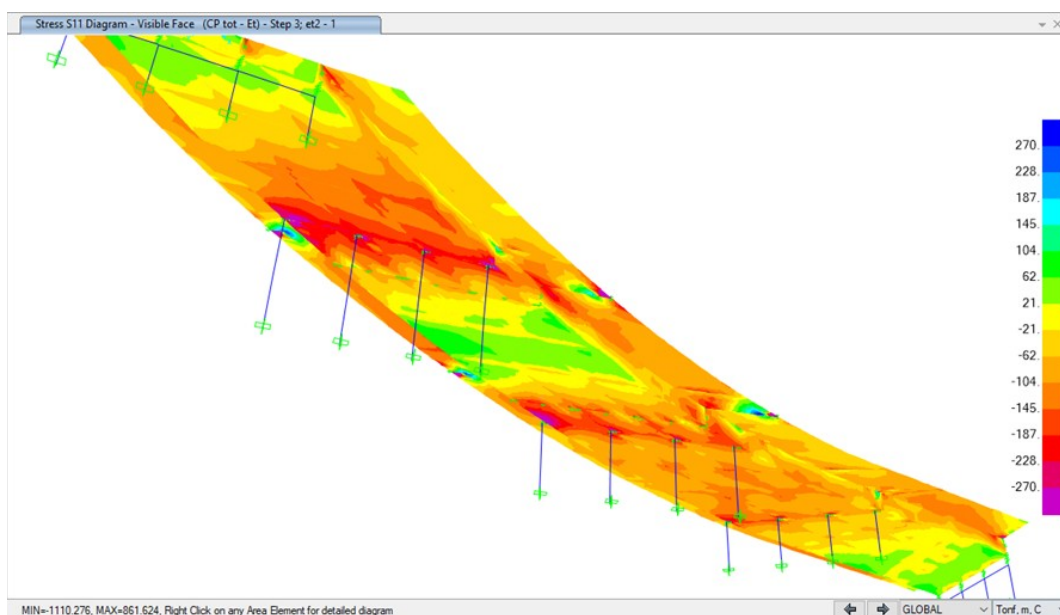


Figura 19: Diagrama de tensões normais longitudinais em serviço - Peso próprio inicial + Protensão

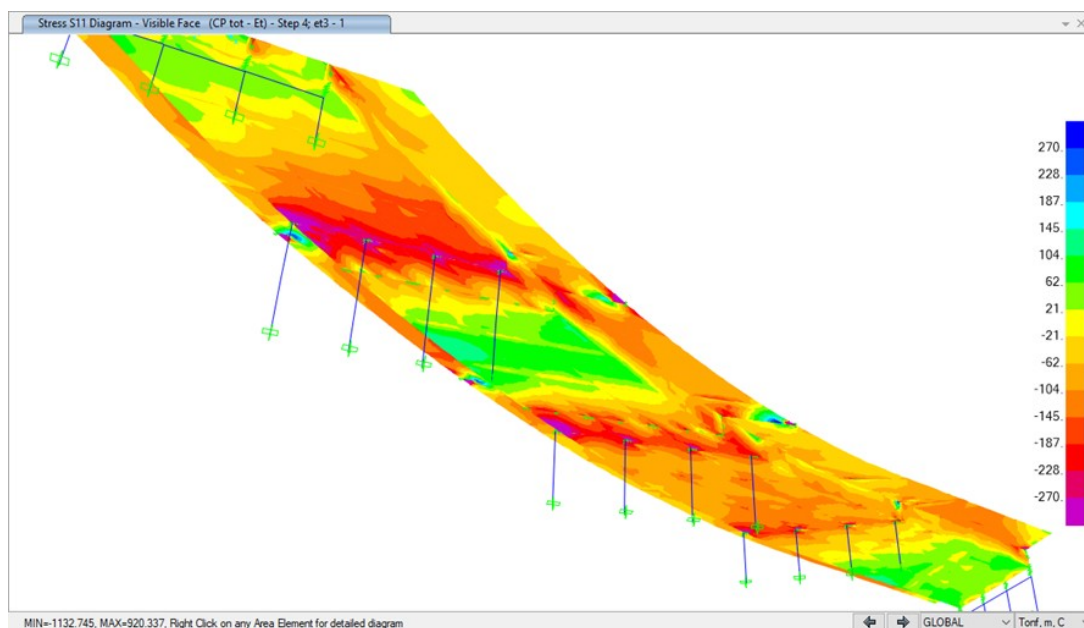


Figura 20: Diagrama de tensões normais longitudinais em serviço - Peso próprio inicial + Protensão + Cargas permanentes adicionais

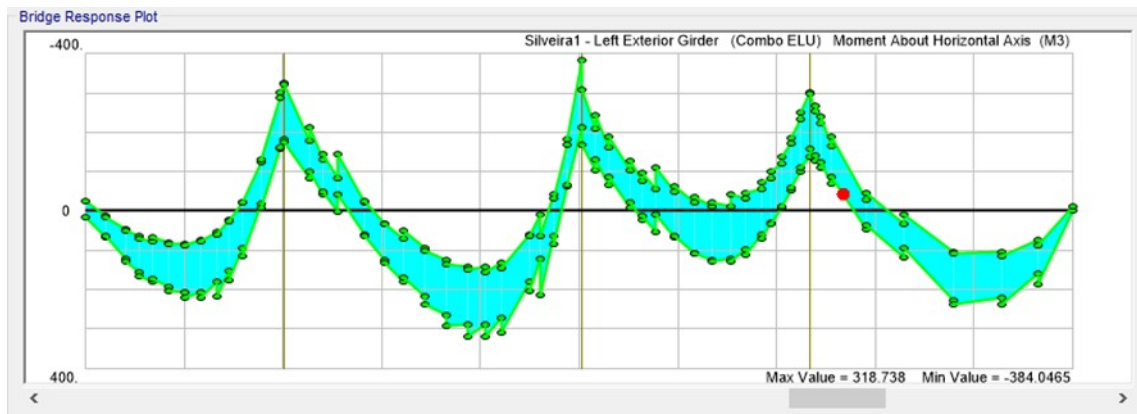


Figura 21: Envoltória total - ELU (CP + TB45 + EnvTemp)

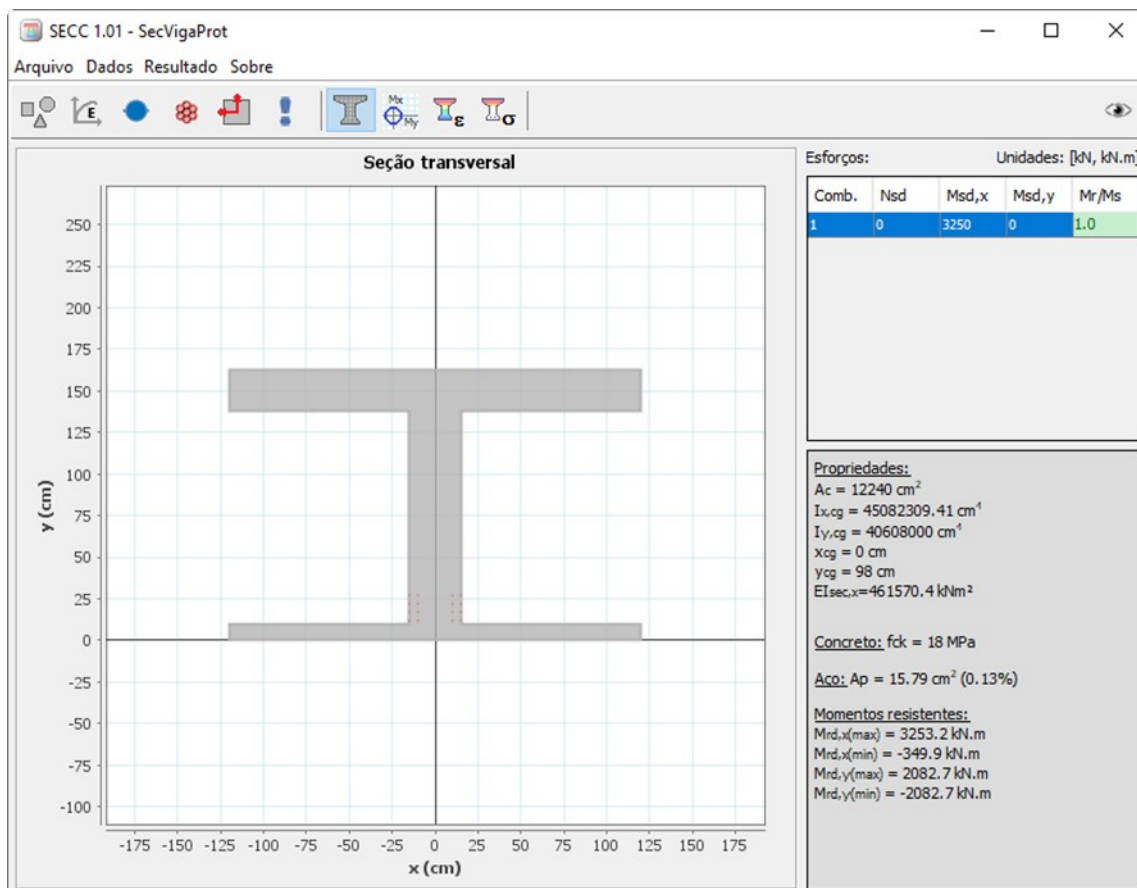


Figura 22: Verificação em ELU - Seção crítica com protensão 16Ø12.7CP190RB

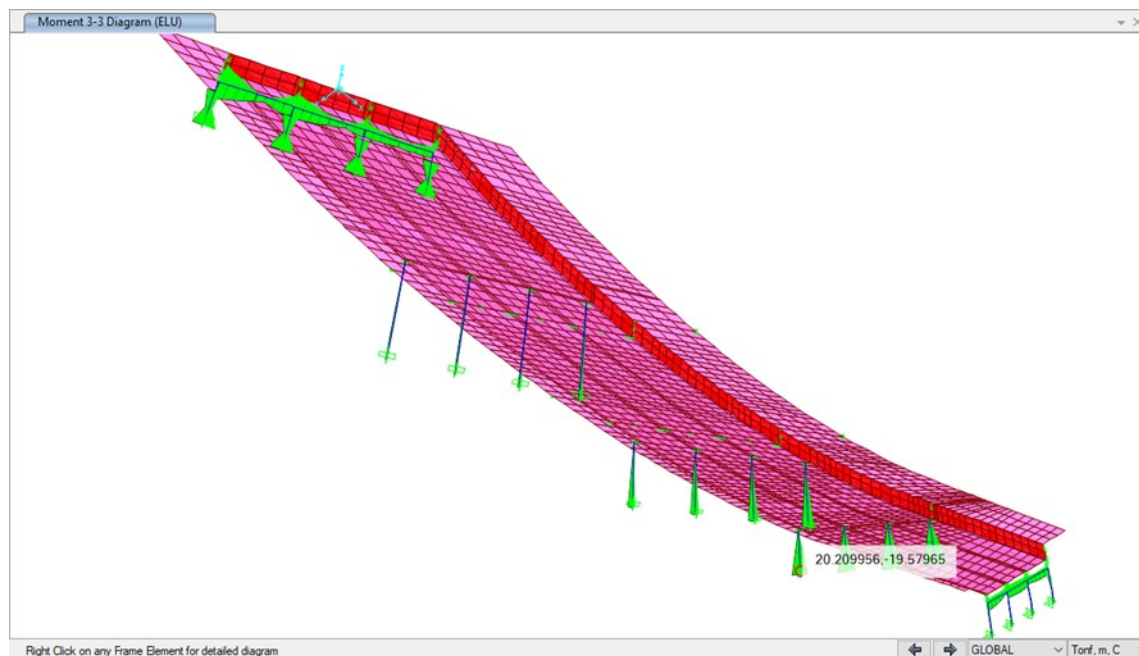


Figura 23: Diagrama de momentos fletores nos pilares - ELU total

Assinaturas do documento

"Memorial Descritivo"



Código para verificação: **T9MZ1RRF**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



CARLOS ALBERTO SIMONE FERRARI (CPF: ***.554.289-**) em 09/12/2024 às 10:33:05 (GMT-03:00)

Emitido por: "AC SAFEWEB RFB v5", emitido em 31/10/2024 - 14:10:54 e válido até 31/10/2025 - 14:10:54.

(Assinatura ICP-Brasil)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link

<https://servicos.floripa.sc.gov.br/atendimento/conferenciaDocumentos> e informe o processo **PMF I 00217370/2024** e o código **T9MZ1RRF** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.