



REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS VOLUME 2 – MEMORIAL DESCRITIVO

CONTRATO: Nº 018-CT086-2019/SEINFRA

DOCUMENTO: R-PRO-200-CD-13121-EN

REVISÃO: RA

DATA: SETEMBRO / 2019

APRESENTAÇÃO

Apresentamos o Produto 2 do contrato de Revisão e Atualização do Orçamento do Projeto Básico de Referência, de acordo com os novos parâmetros de engenharia adotados.

O Produto 2 - Revisão do orçamento considerando a redução de duas faixas no tabuleiro da ponte e as alterações previstas no produto 1, contempla os seguintes novos parâmetros para a Ponte sobre a Baía de Todos os Santos:

- Redução do gabarito vertical do vão central para 85 m;
- Redução do comprimento do vão central para 450 m e dos vãos laterais para 205 m;
- Redução do comprimento dos vãos de aproximação para 70 m e 50 m;
- Redução da largura do tabuleiro para duas faixas mais acostamento.

O Produto 2 é constituído de 2 partes:

- Revisão conceitual da Ponte sobre a Baía de Todos os Santos com largura reduzida do tabuleiro;
- Orçamento revisado e atualizado

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL DA PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS - LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO

- Volume 1 – Desenhos
- Volume 2 – Memorial descritivo
- Volume 3 – Memória de cálculo de pré-dimensionamento em nível de levantamento de quantidades
- Volume 4 – Memória de cálculo dos quantitativos

PRODUTO 2 – ORÇAMENTO REVISADO E ATUALIZADO

- Volume 1 – Orçamento
- Volume 2 – Composições de Preços Unitários
- Volume 3 – Cotações

**REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS**

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA

PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS MEMORIAL DESCRITIVO

| | |
|-----------|------------------------------|
| CONTRATO | Nº 018-CT086-2019/SEINFRA |
| PRODUTO | PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA |
| DOCUMENTO | R-OAE-201-RT-00001-EN |
| REVISÃO | RA |
| DATA | SETEMBRO/19 |

Consórcio:



ÍNDICE

| | | | | | |
|-------|---|----|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 | 8.2 | Mesoestrutura – Trecho dos Vãos de Aproximação | 13 |
| 2 | MAPA DE SITUAÇÃO | 2 | 8.3 | Superestrutura – Trecho dos Vãos de Aproximação | 13 |
| 3 | BATIMETRIA | 3 | 8.4 | Mesoestrutura – Trecho Estaiado | 13 |
| 4 | CONCEPÇÃO DA PONTE..... | 4 | 8.5 | Superestrutura – Trecho Estaiado..... | 13 |
| 4.1 | Projeto Geométrico | 4 | 8.6 | Pavimento | 13 |
| 4.2 | Projeto da Ponte..... | 5 | 8.7 | Programa de Manutenção da Ponte | 13 |
| 4.3 | Elementos Hidráulico-hidrológicos | 6 | 9 | ELEMENTOS GEOTÉCNICOS | 15 |
| 4.4 | Passagem de serviços públicos | 6 | 9.1.1 | Formação geológica e características geotécnicas do local de implantação..... | 15 |
| 5 | MEMORIAL DESCRITIVO..... | 7 | 9.1.2 | Características Gerais dos elementos de fundação..... | 16 |
| 5.1 | Trecho Estaiado | 7 | 9.1.3 | Estimativa de parâmetros para o cálculo do comprimento embutido em rocha | 17 |
| 5.2 | Trecho de vãos de aproximação | 8 | | | |
| 5.2.1 | Lado de Itaparica | 8 | | | |
| 5.2.2 | Lado de Salvador..... | 9 | | | |
| 6 | MEMORIAL DESCRITIVO DO MÉTODO CONSTRUTIVO..... | 10 | | | |
| 6.1 | Execução das Estacas Escavadas de Grande Diâmetro com Camisa Metálica | 10 | | | |
| 6.2 | Execução dos Blocos de coroamento das fundações | 10 | | | |
| 6.3 | Execução dos Pilares com formas deslizantes | 10 | | | |
| 6.4 | Execução dos Mastros com formas auto-trepantes..... | 10 | | | |
| 6.5 | Execução da Superestrutura do Vãos de Aproximação..... | 10 | | | |
| 6.6 | Execução da Superestrutura do Trecho Estaiado..... | 10 | | | |
| 7 | PREVISÃO DE SISTEMAS DE SEGURANÇA DA PONTE CONTRA EVENTUAL COLISÃO DE NAVIOS..... | 11 | | | |
| 7.1 | Dolphins | 11 | | | |
| 7.2 | Respondedor-radar (“RACON”) | 11 | | | |
| 7.3 | Bóias | 12 | | | |
| 7.4 | Outras medidas mitigadoras | 12 | | | |
| 8 | MATERIAIS DA PONTE E DURABILIDADE..... | 13 | | | |
| 8.1 | Infraestrutura | 13 | | | |

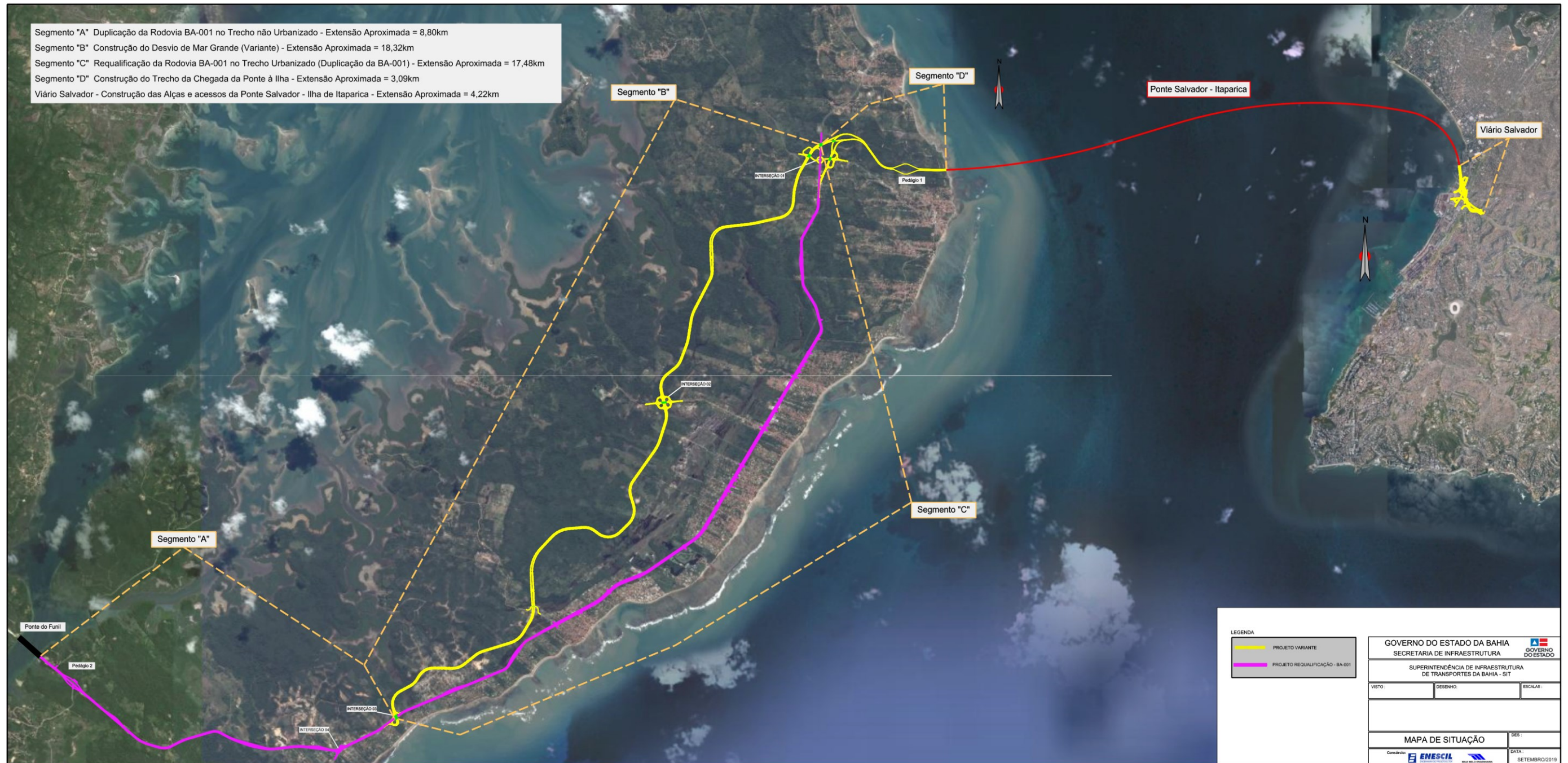
1 INTRODUÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o Memorial Descritivo do Projeto da Ponte sobre a Baía de Todos os Santos, contemplando a Revisão Conceitual de acordo com os novos parâmetros de engenharia adotados, referente ao Produto 2.

Os novos parâmetros de engenharia adotados foram:

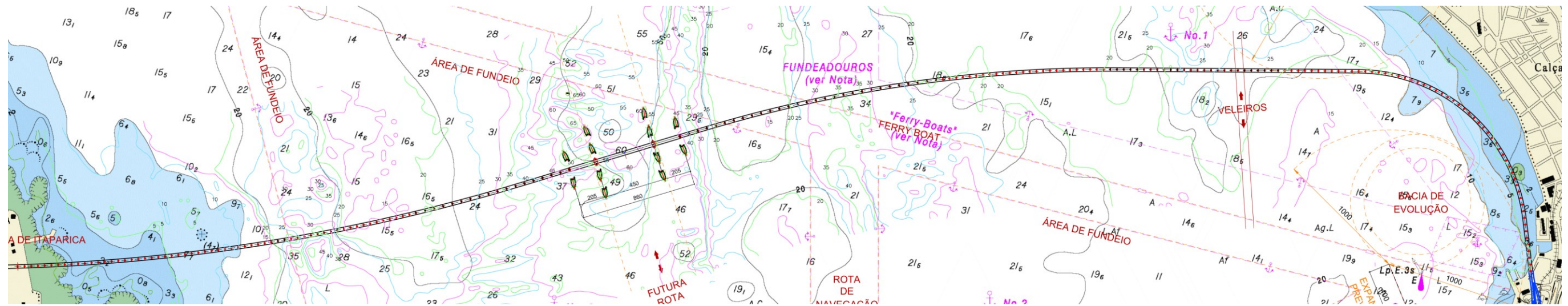
- Redução do gabarito vertical do vão central para 85 m;
- Redução do comprimento do vão central para 450 m e dos vãos laterais para 205 m;
- Redução do comprimento dos vãos de aproximação para 70 m e 50 m;
- Redução da largura do tabuleiro para duas faixas mais acostamento.

2 MAPA DE SITUAÇÃO

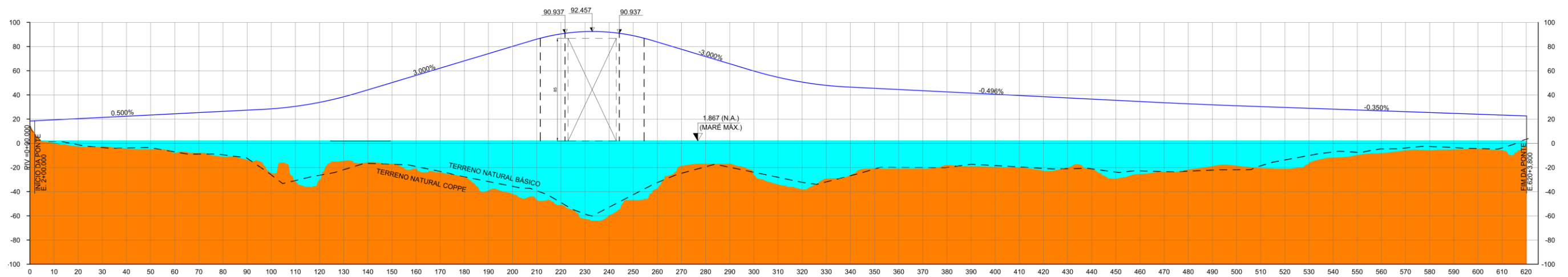


3 BATIMETRIA

Para a revisão conceitual do projeto básico, utilizou-se o levantamento sismo-batimétrico realizado pela COPPE/UFRJ, de 04/03/2015, que não estava disponível na época da elaboração do mesmo.



Planta com o levantamento sismo-batimétrico da COPPE/UFRJ

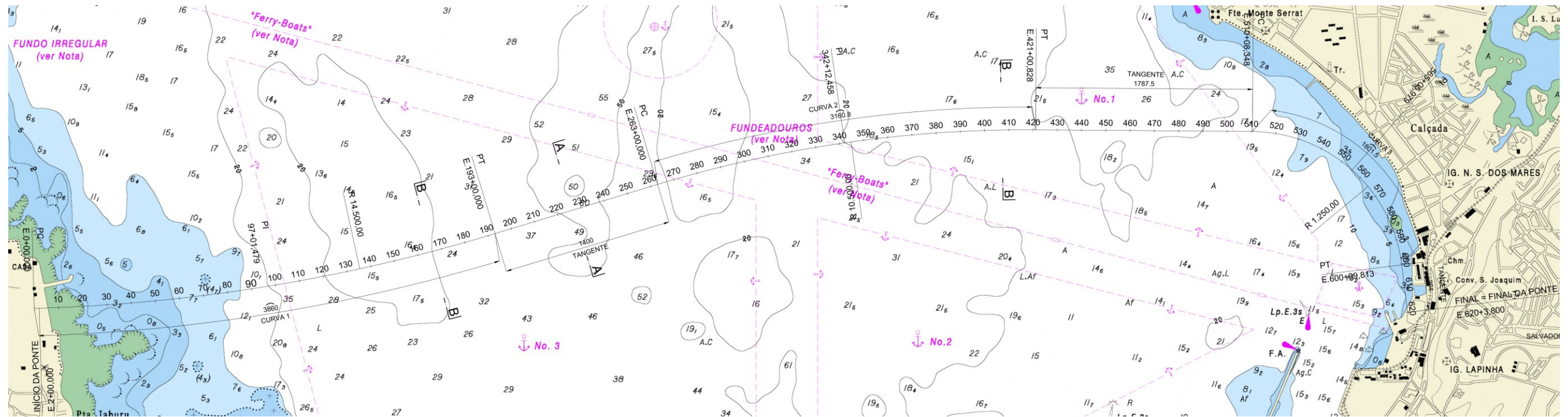


Perfil ao longo do eixo da ponte com o levantamento sismo-batimétrico da COPPE/UFRJ x batimetria do projeto básico

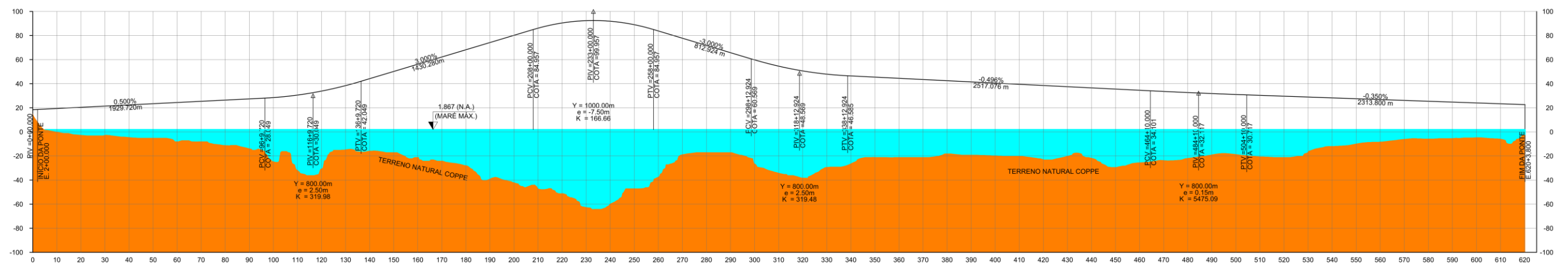
4 CONCEPÇÃO DA PONTE

4.1 Projeto Geométrico

Manteve-se o mesmo traçado horizontal da ponte do projeto básico elaborado em 2015, com a chegada da Ponte em Salvador na região dos ferry-boats e, em Itaparica, na região entre Mar Grande e Gameleira.



Já o traçado vertical foi alterado para contemplar a redução do gabarito vertical de navegação de 125 m para 85 m; para tanto, foram mantidas as declividades longitudinais e as curvas verticais utilizadas no projeto básico.



4.2 Projeto da Ponte

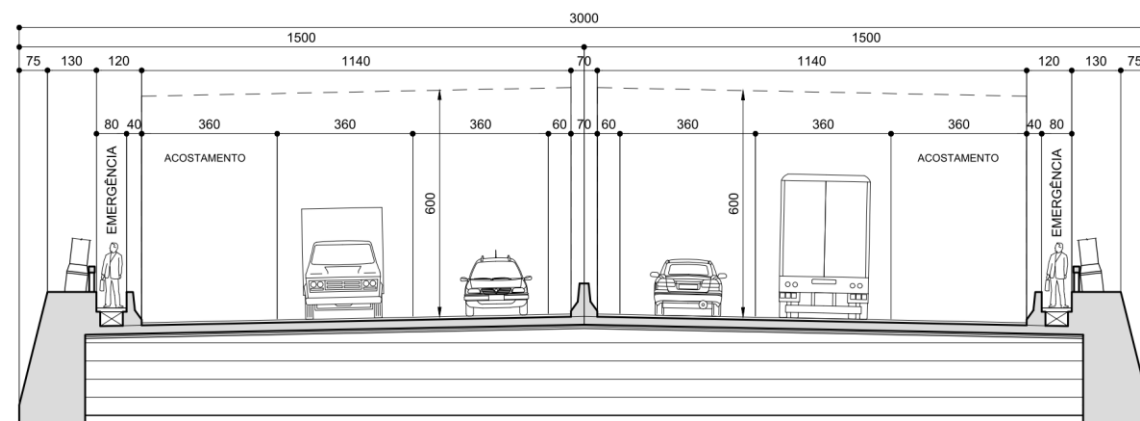
Foi mantida a mesma concepção da ponte do projeto básico elaborado em 2015, ou seja:

- Trem tipo TB-450
- Classe de agressividade IV para blocos;
- Classe de agressividade III para meso e superestrutura;
- Uma única ponte com os dois sentidos de tráfego;
- Ponte com um linha única de eixo de pilares, o que proporciona uma paisagem mais agradável;
- Fundações em estacas escavadas de grande diâmetro (estacões) com camisa metálica perdida;
- Trecho estaiado com 3 vãos, com vigas laterais e lajes de concreto;
- Dois planos de estaiamento;
- Mastro em formato oval;
- Trecho dos vãos de aproximação com vãos isostáticos, com caixão celular central e treliças laterais de concreto, executado através do Sistema Móvel de Cimbramento (*MSS – Movable Scaffolding System*), sendo o caixão central moldado “in loco” vão a vão;
- Utilização de “dolphins” para proteção dos pilares dos apoios do trecho estaiado;
- Drenagem superficial através de buzinetes, com descarga da água pluvial diretamente sobre o mar.

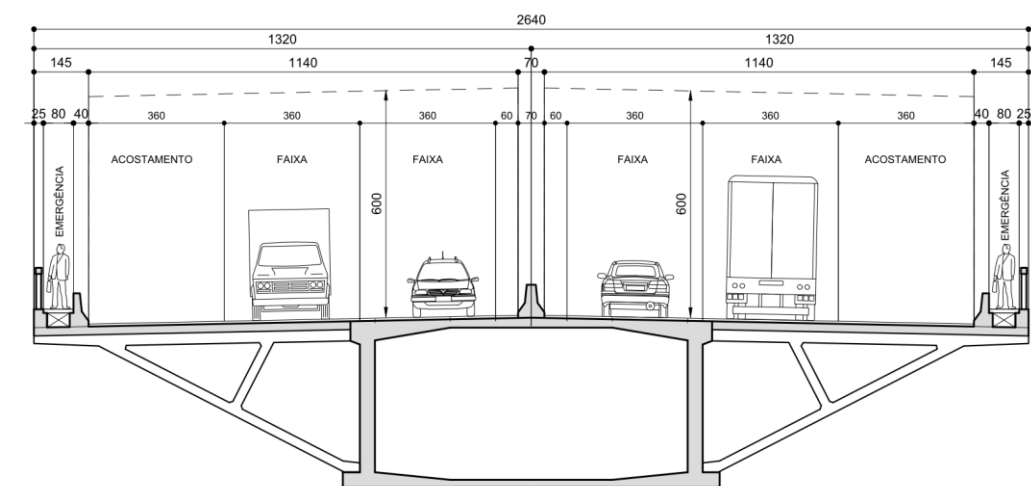
As principais alterações realizadas foram:

- Tabuleiro com 2 faixas de tráfego de 3,60 m e 1 acostamento de 3,60 m, por sentido;
- Redução da largura do tabuleiro do trecho dos vãos de aproximação para 26,40 m;
- Redução da largura do tabuleiro do trecho estaiado para 30,00 m;
- Alteração das transversinas do tabuleiro do trecho estaiado de estrutura metálica para concreto;
- Utilização de estacas de grande diâmetro (estacões) de 3,0 m de diâmetro nos mastros;
- Utilização de lajes elásticas a cada cerca de 150 m no trecho dos vãos de aproximação e consequente diminuição da quantidade de juntas de dilatação;
- Utilização do levantamento sismo-batimétrico realizado pela COPPE/UFRJ

SEÇÃO TRANSVERSAL A-A (TABULEIRO ESTAIADO)
ESC. 1:125



SEÇÃO TRANSVERSAL B-B (TABULEIRO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO)
ESC. 1:125



4.3 Elementos Hidráulico-hidrológicos

Por se tratar de um baía, o nível normal e de enchente máxima são regidas pelas marés, sendo:

- NA maré normal = - 0,9333 m (referência IBGE)
- NA maré máxima = 1,867 m (referência IBGE)

As ondas possuem até cerca de 3,0 m de altura.

A Coppetec é a responsável pelos estudos hidráulico-hidrológicos, como a seção de vazão em função das fundações e blocos e das correntes.

Considerando-se o tipo de fundação adotada e a posicionamento do blocos, os estudos da Coppetec informaram que não haverá aumento significativo do nível da água na baía.

4.4 Passagem de serviços públicos

A passagem de serviços públicos tais como eletricidade e telecomunicações foi considerada abaixo da faixa de emergência.

A passagem dos demais serviços públicos foi considerada pendurada abaixo do tabuleiro.

A passagem de serviços públicos tais como água, esgoto, eletricidade e telecomunicações deve ser estudada quando da sua real necessidade, em virtude dos acréscimos de peso que estas acarretam, principalmente quanto ao esgoto e água. Ressalta-se que a passagem de gás sob a ponte não é recomendada face aos perigos de eventual explosão que acarretarão danos à estrutura da ponte.

5 MEMORIAL DESCRITIVO

A Ponte Salvador – Ilha de Itaparica tem dois trechos estruturais bem definidos, a seguir descritos:

- Trecho Estaiado
- Trecho de Vãos de Aproximação

5.1 Trecho Estaiado

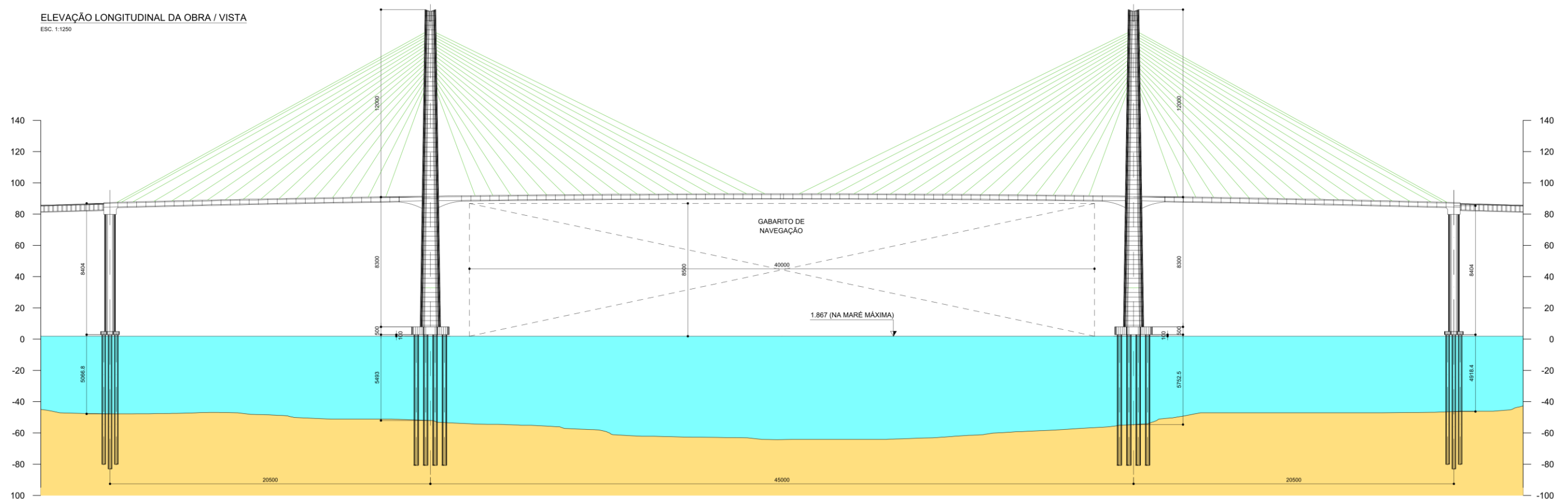
O trecho estaiado da ponte possui comprimento de 860 m, sendo um vão central de 450 m e dois vãos laterais de 205 m cada um, e tabuleiro com 30,0 m de largura, localizado a cerca de 85 m acima do nível de maré máxima. Possui dois mastros de estaiamento, com 203 m de altura cada um, e com dois planos de estaiamento, havendo cruzamento dos estais no vão central a partir do 5º estai.

Este trecho compreende os apoios 78 a 81 e localiza-se no local mais profundo da baía, com lâmina d'água de até 60 m de profundidade.

O canal de navegação encontra-se neste trecho, permitindo a passagem de navios transatlânticos, petroleiros, ferry-boats e inclusive plataformas de petróleo.

A infra-estrutura é constituída de estacas escavadas de grande diâmetro de concreto armado, coroadas por bloco de concreto. A meso-estrutura é constituída de pilares e mastros de concreto armado e protendido.

A superestrutura compõe-se de vigas invertidas laterais travadas por transversinas metálica e laje de concreto,. Placas de pré-laje apóiam-se sobre as transversinas, para servir de cimbramento para a concretagem da laje.



5.2 Trecho de vãos de aproximação

São 2 trechos de vãos de aproximação: o do lado de Itaparica e o do lado de Salvador.

Os trechos de vãos de aproximação são constituídos de vãos isostáticos, de 50 m e 70 m de comprimento.

A infraestrutura é constituída de estacas escavadas de grande diâmetro de concreto armado, coroadas por bloco de concreto. A mesoestrutura é constituída de pilares de concreto armado que variam de 7,0 m a 72,5 m de altura.

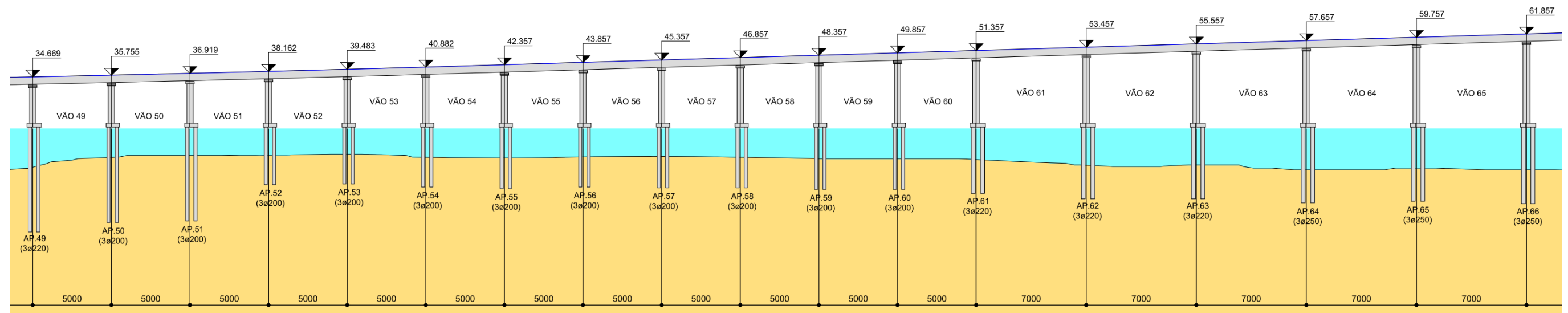
A superestrutura de concreto armado e protendido possui tabuleiro de 26,4 m de largura e compõem-se de uma seção de caixão perdido unicelular, com treliças de concreto laterais sobre as quais se apoiam placas de pré-laje que funcionam como cimbramento para a concretagem da laje moldada "in loco".

A seção transversal da ponte possui barreiras rígidas laterais e centrais, em concreto armado, além de guarda-corpo de concreto nas faixas de emergência para pedestre.

5.2.1 Lado de Itaparica

Compreende o trecho entre a Ilha de Itaparica e o trecho estaiado, e possui uma extensão de 4.190 m, sendo 60 vãos de 50 m (3.000 m) e 17 vãos de 70 m (1.190 m).

Este trecho inicia-se no apoio 1, em nível aproximado de 18,6 m na Ilha de Itaparica (nível do IBGE), com rampa ascendente inicial de 0,5% e posteriormente com rampa ascendente de 3%, terminando com o vão que se apoia no apoio 78 (apoio do trecho estaiado).

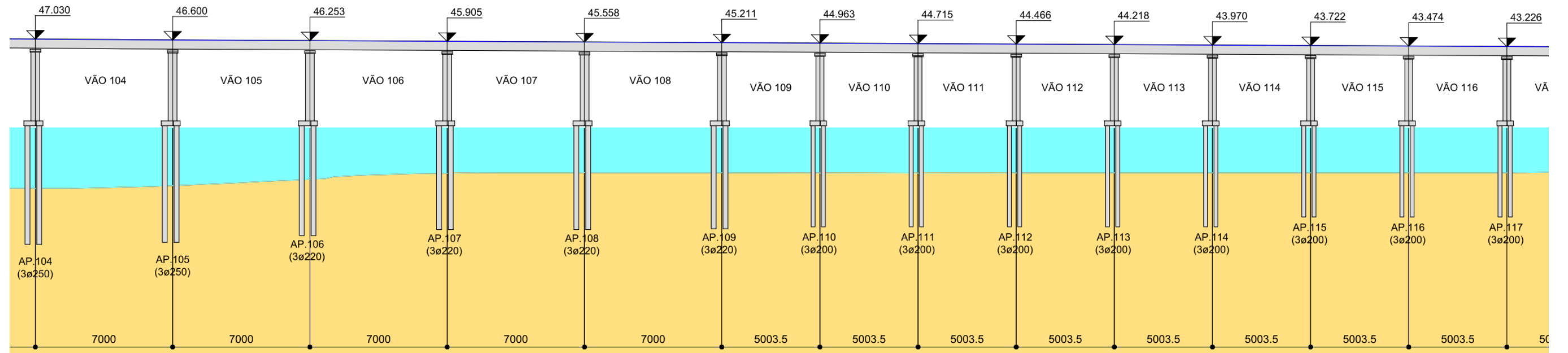


Trecho dos vãos de aproximação do lado de Itaparica

5.2.2 Lado de Salvador

Compreende o trecho entre o trecho estaiado e a cidade de Salvador, com uma extensão de 7.313 m, sendo 107 vãos de 50 m (5.353 m) e 28 vãos de 70 m (1.960 m).

Este trecho compreende o vão que se apoia no apoio 81 (apoio do trecho estaiado) até o apoio 216 em Salvador, com rampa descendente inicial de 3,0% e posteriormente com rampas descendentes de 0,5% e 0,35%. Em Salvador, o nível do greide é aproximadamente de 22,6 m (nível do IBGE).



Trecho dos vãos de aproximação do lado de Salvador

6 MEMORIAL DESCRITIVO DO MÉTODO CONSTRUTIVO

Apresenta-se a seguir os métodos construtivos para a execução da infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura da Ponte.

6.1 Execução das Estacas Escavadas de Grande Diâmetro com Camisa Metálica

As fundações da Ponte são compostas de estacas escavadas com camisa metálica perdida. O processo de execução das fundações começa com a fabricação da camisa metálica, seu transporte para o local do apoio da ponte, seu içamento e posicionamento. Em seguida, crava-se a camisa metálica e procede-se à escavação da estaca (por dentro da camisa metálica) com o uso de lama estabilizadora polimérica (que impede que a água penetre na escavação). Tendo a escavação atingida a cota de apoio da fundação, procede-se à colocação das armaduras em gaiolas pré-montadas no canteiro e já transportadas para o local da fundação. Colocadas as gaiolas, procede-se à concretagem submersa com o auxílio de tubo tremiê.

6.2 Execução dos Blocos de coroamento das fundações

A execução dos blocos inicia-se com a colocação do escoramento e a forma de fundo do bloco; procede-se então à montagem de sua armadura, colocação de chumbadores para fixação das gruas que serão utilizadas na execução dos pilares, fechamento e travamentos das formas laterais e, por fim, a concretagem do bloco.

6.3 Execução dos Pilares com formas deslizantes

Os pilares do trecho dos vãos de aproximação têm seção constante e serão executados com formas deslizantes. As formas deslizantes não precisam ser desmontadas, levantadas e montados novamente; eles literalmente “deslizam” para cima, acompanhando a execução do pilar.

6.4 Execução dos Mastros com formas auto-trepantes

Os mastros de estaiamento da ponte serão executados com formas auto-trepantes. A diferença básica é principal é que a forma auto-trepante consegue subir seus painéis sozinhos, sem a necessidade da grua. Como o mastro tem grande altura (203 m) e grande variação da seção transversal, o uso da forma auto-trepante é a mais recomendada pois aumenta a segurança (face aos ventos mais fortes que ocorrem com a grandes alturas) e a eficiência.

6.5 Execução da Superestrutura do Vãos de Aproximação

A superestrutura dos vãos de aproximação compõe-se de uma seção em viga-caixão central unicelular de concreto armado e protendido, com lajes em balanço apoiadas em treliças laterais pré-moldadas de concreto ("mãos francesas"). Sobre estas se apoiam placas de pré-laje que funcionam como cimbramento para a concretagem da laje moldada "in loco".

A viga-caixão é executada sobre escoramentos especiais móveis tipo MSS ("Movable Scaffolding System" ou Sistema de Cimbramento Móvel). Estes escoramentos especiais móveis são metálicos e auto-deslocáveis.

Após a execução da viga-caixão central, procede-se à colocação das treliças laterais pré-moldadas ("mãos francesas") e à colocação, sobre estas, das lajes pré-moldadas. A seguir, concreta-se uma capa de concreto sobre as lajes, dando continuidade e solidarização das peças.

6.6 Execução da Superestrutura do Trecho Estaiado

A superestrutura do trecho estaiado será executada com a tecnologia de balanços sucessivos, com aduelas de 6 m de comprimento, moldadas "in loco".

Tendo a construção do mastro chegada à cota inferior do tabuleiro, executa-se a aduela de disparo. Em seguida, montam-se os dispositivos de avanço do tabuleiro, compostos de treliça metálicas que se apóiam nas aduelas já executadas. Estas treliças para execução dos balanços sucessivos são móveis, sendo que uma treliça será deslocada para o lado de Itaparica e a outra será deslocada para o lado de Salvador, sucessivamente, aduela por aduela, concluindo-se com as aduelas de fechamento.

Importante observar que as aduelas devem ser executadas com um desbalanceamento de uma aduela apenas.

Após a execução da aduela de disparo, deve-se continuar com a execução do mastro, pois trata-se de uma obra estaiada, na qual o tabuleiro é suportado pelo mastro através dos estais.

Os estais estão posicionados a cada 12 m, ou seja, estão posicionados a cada 2 aduelas; assim o avanço do tabuleiro é caracterizado por um ciclo de operações (para construção de um par de aduelas) constituído por:

- Deslocamento da treliça e ajuste das formas;
- Colocação da armadura passiva;
- Colocação das bainhas para os cabos de protensão;
- Concretagem das vigas e transversinas da aduela "i";
- Endurecimento do concreto (processo de cura);
- Lançamento das pré-lajes;
- Concretagem "in loco" da laje;
- Endurecimento do concreto (processo de cura);
- Novo avanço da treliça e ajuste das formas;
- Colocação da armadura passiva;
- Colocação das bainhas para os cabos de protensão;
- Colocação e posicionamento dos tubos forma de estaiamento;
- Concretagem das vigas e transversinas da aduela "i+1";
- Endurecimento do concreto (processo de cura);
- Lançamento das pré-lajes;
- Concretagem "in loco" da laje;
- Endurecimento do concreto (processo de cura);
- Colocação e tensionamento dos cabos de estaiamento.

7 PREVISÃO DE SISTEMAS DE SEGURANÇA DA PONTE CONTRA EVENTUAL COLISÃO DE NAVIOS

7.1 Dolphins

A Ponte sobre a Baía de Todos os Santos possuirá um sistema de proteção de seus pilares no trecho estaiado (apoios 78 a 81) composto de dolphins flutuantes, os quais servirão também de balizamento para o canal de navegação.

Eles são locados à frente dos pilares da ponte e têm a função de amortizar o impacto, absorver uma parcela da energia cinética da embarcação e desviar a embarcação da rota de colisão.

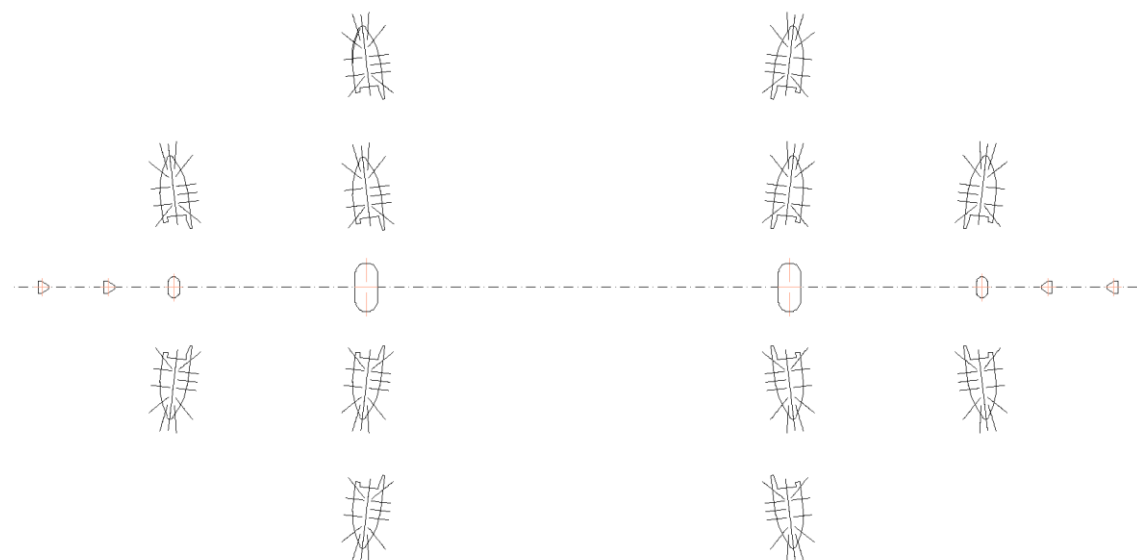
O dolphin flutuante é composto de uma corpo flutuante com bolinas transversais e longitudinais, ancorada com amarras a poitas no fundo do mar e com placas de madeira em seu entorno na região da colisão.

Este sistema pode ser encontrado em diversos lugares, tais como nas pontes na Hidrovia Tietê-Paraná no Estado de São Paulo e na Ponte sobre o rio Negro em Manaus.

O sistema será composto de 12 dolphins flutuantes, com as seguintes dimensões:

- Módulo A: 8 unidades $\left\{ \begin{array}{l} \text{Comprimento} = 80,00 \text{ m} \\ \text{Boca} = 30,00 \text{ m} \\ \text{Pontal} = 8,00 \text{ m} \end{array} \right.$
- Módulo B: 4 unidades $\left\{ \begin{array}{l} \text{Comprimento} = 33,00 \text{ m} \\ \text{Boca} = 12,00 \text{ m} \\ \text{Pontal} = 4,00 \text{ m} \end{array} \right.$

Para cada pilar principal (mastro) serão colocados 2 dolphins para cada lado, e nos pilares adjacentes será colocado 1 dolphin para cada lado.



Locação dos dolphins flutuantes na Ponte sobre a Baía de Todos os Santos



Dolphin flutuante na Ponte sobre o rio Negro em Manaus



Dolphin flutuante na Ponte sobre o rio Negro em Manaus

7.2 Responder-radar (“RACON”)

O responder-radar, usualmente conhecido como racon (“radar beacon”), é um receptor-transmissor, associado a uma marca de navegação fixa, o qual, quando acionado por um radar, emite automaticamente um sinal característico que pode aparecer na tela do radar acionador, possibilitando a identificação e a distância da marca onde está instalado.

Assim, serão utilizados racons, colocados em determinados locais da ponte, que permitirão aos navegantes se localizarem, tais como nos apoios do trecho estaiado (no qual se localiza o vão de navegação); isto é fundamental principalmente em casos de baixa visibilidade.

7.3 Bóias

Serão utilizadas bóias que delimitarão e balizarão o canal de navegação para acesso ao Porto de Salvador.

7.4 Outras medidas mitigadoras

Para o aumento da segurança da ponte contra o impacto de navios, podem ser consideradas:

- Alteração da atracação para bombordo dos navios na entrada do Porto de Salvador, o que evitaria a parada da embarcação na bacia de evolução;
- Implantação de defensas de proteção de pilares junto aos apoios próximos à bacia de evolução;
- Implantação de faróis de alinhamento para servir de referência à praticagem;
- Limitação da velocidade dos navios em 5 nós não somente quando da passagem sob o vão principal da ponte mas em uma área maior;
- Diminuição da frequência do ferry-boat e limitação de sua velocidade próximo à ponte;
- Implantação de um centro de monitoramento de tráfego de navios na Baía de Todos os Santos

8 MATERIAIS DA PONTE E DURABILIDADE

A seguir são listados os materiais previstos para a construção da Ponte.

8.1 Infraestrutura

- Concreto fck = 25 MPa e 40 MPa
- Aço CA-50
- Camisas metálicas

8.2 Mesoestrutura – Trecho dos Vãos de Aproximação

- Concreto fck = 30 MPa e 45 MPa
- Aço CA-50

8.3 Superestrutura – Trecho dos Vãos de Aproximação

- Concreto fck = 40 MPa
- Aço CA-50
- Aço protendido CP-190 RB

8.4 Mesoestrutura – Trecho Estaiado

- Concreto fck = 45 MPa
- Aço CA-50
- Aço protendido CP-190 RB
- Aço protendido em barras tipo Dywidag
- Estais

8.5 Superestrutura – Trecho Estaiado

- Concreto fck = 45 MPa
- Aço CA-50
- Aço protendido CP-190 RB

8.6 Pavimento

- Pavimento de CBUQ

Recomenda-se que no projeto executivo sejam feitos estudos de traços de concreto, de importância vital na durabilidade das estruturas, principalmente em relação às estruturas que estarão sujeitas ao contato direto com a água do mar. Nesses estudos deverá ser considerada a possibilidade de se usar cimento tipo CP-II-Z-32, que é o cimento usualmente recomendado para ambientes marítimos, e a utilização de aditivos que aumentam a durabilidade do concreto, tais como os aditivos para concreto auto-cicatrizante.

A durabilidade das estruturas está intimamente correlacionada à:

- Execução de qualidade e utilização de materiais de excelente qualidade;
- Cobrimentos das armaduras;
- Quantidade mínima de cimento e tipo de cimento;
- Correto estudo do traço do concreto e sua aplicação, inclusive com eventuais aditivos;
- Inspeções rotineira e especial;
- Inspeção subaquática para as fundações;
- Manutenção preventiva e corretiva (troca de aparelhos de apoio, recuperação de fissuras, etc)
- Classe de Agressividade adotada no projeto

Em relação ao projeto, adotou-se, conforme preconiza a norma, a Classe de Agressividade IV (agressividade muito forte – respingos de maré) para os blocos e a Classe de Agressividade III (agressividade forte – ambiente marinho) para as demais estruturas da meso e superestrutura. Isto tem implicações no tipo de fck e na quantidade mínima de cimento a ser considerado para cada uma das estruturas, além das tensões permitidas a que o concreto poderá atingir.

As fundações em estacas escavadas utilizam-se de camisas metálicas perdidas com o objetivo de proteção e auxílio durante sua execução, não sendo consideradas estruturalmente.

A fadiga é considerada no cálculo da quantidade de armadura a ser utilizada, não sendo motivo para implicar em manutenção das estruturas.

Quanto aos estais, estes são calculados para nunca serem trocados, inexistindo plano de manutenção. Poderá haver um programa de retensionamento dos mesmos, usualmente logo após a conclusão da obra e, posteriormente, após 5 ou 10 anos de vida útil. A necessidade de retensionamento será verificada somente quando da elaboração do projeto executivo e, em sendo necessário, o adequado programa de retensionamento deverá ser elaborado.

Um programa de manutenção da Ponte deverá ser elaborado na fase do projeto executivo, sendo que algumas diretrizes estão indicadas a seguir.

8.7 Programa de Manutenção da Ponte

O programa de manutenção da Ponte pode ser dividida em duas frentes: inspeção e manutenção

- Inspeção dos elementos
- Manutenção dos elementos

A inspeção é o levantamento periódico das condições das OAEs e de seus elementos por meio de vistorias técnicas de especialistas. É a partir da inspeção que se programam e priorizam os serviços de recuperação estrutural para a manutenção das condições das OAEs. Estes serviços contemplam a inspeção visual dos elementos da estrutura, o mapeamento de problemas, diagnóstico, quantificação e proposição de terapias adequadas. Os relatórios de inspeção devem conter informações suficientes para sanar os problemas detectados e subsidiar a licitação dos serviços de reparo.

São recomendados 3 tipos de inspeção para a ponte:

- **Inspeção Rotineira:** trata-se de vistoria visual, simplificada que pode ser realizada a distâncias não muito elevadas que tem como objetivo monitorar com periodicidade reduzida as condições das OAEs e de seus elementos e detectar a necessidade de uma inspeção mais detalhada (especial) ou de serviços emergenciais de recuperação, reforço ou reabilitação.

- **Inspeção Especial:** vistoria detalhada da OAE e de todos os seus elementos nas faces visíveis e acessível (inclusive interior de células/caixões), com a identificação, mapeamento, diagnóstico, quantificação e proposição de reparo dos problemas encontrados.
- **Inspeção Subaquática das Fundações:** inspeção visual e tátil realizada por equipe especializada de mergulhadores com supervisão de engenheiros especialistas em inspeção de OAEs com o objetivo de avaliar as condições de integridade dos elementos de fundação. Em obras de grande porte como a ponte Salvador - Ilha de Itaparica, a inspeção é feita por amostragem em cada bloco de apoio, selecionando-se estacas críticas para a estabilidade e também algumas outras aleatoriamente.

A manutenção decorre das evidências de deterioração encontradas nas inspeções e engloba a recuperação ou troca da estrutura comprometida. A inspeção especial determinará a gravidade e o prazo para a recuperação das estruturas. Usualmente, há manutenção nas juntas de dilatação, nos aparelhos de apoio e nos buzinotes.

9 ELEMENTOS GEOTÉCNICOS

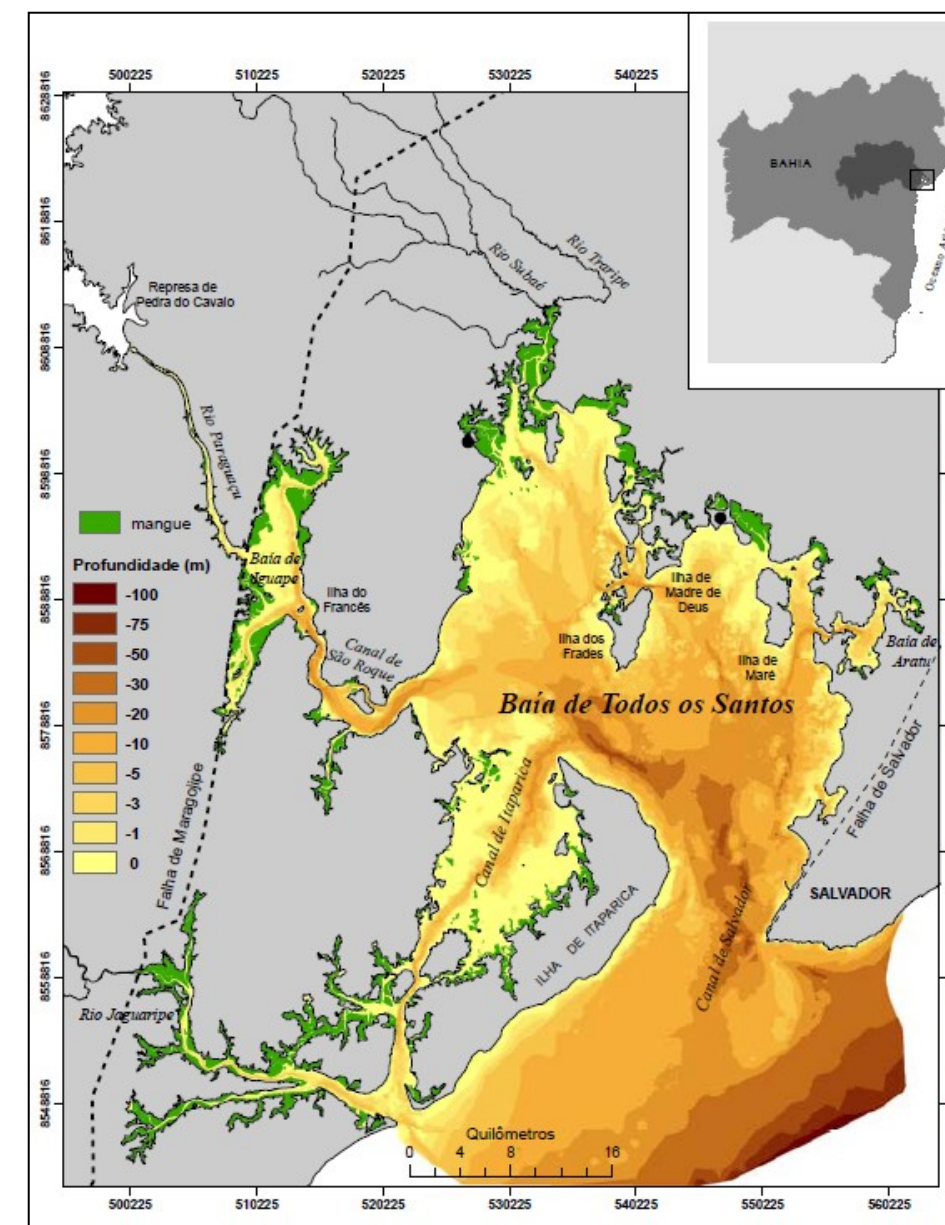
São apresentados os elementos geotécnicos, como o perfil geológico do terreno ao longo do eixo da obra constando os dados das sondagens executadas e fornecidas pela Contratante, as taxas de resistência encontrada no cálculo, e o tipo e dimensões das fundações com as cargas máximas permitidas.

Face à execução de sondagens espaçadas a cada 1 km aproximadamente, não é possível apresentar um perfil provável das camadas do subsolo; entretanto, para a definição das fundações e orçamento da revisão conceitual do Projeto Básico, tais sondagens são suficientes.

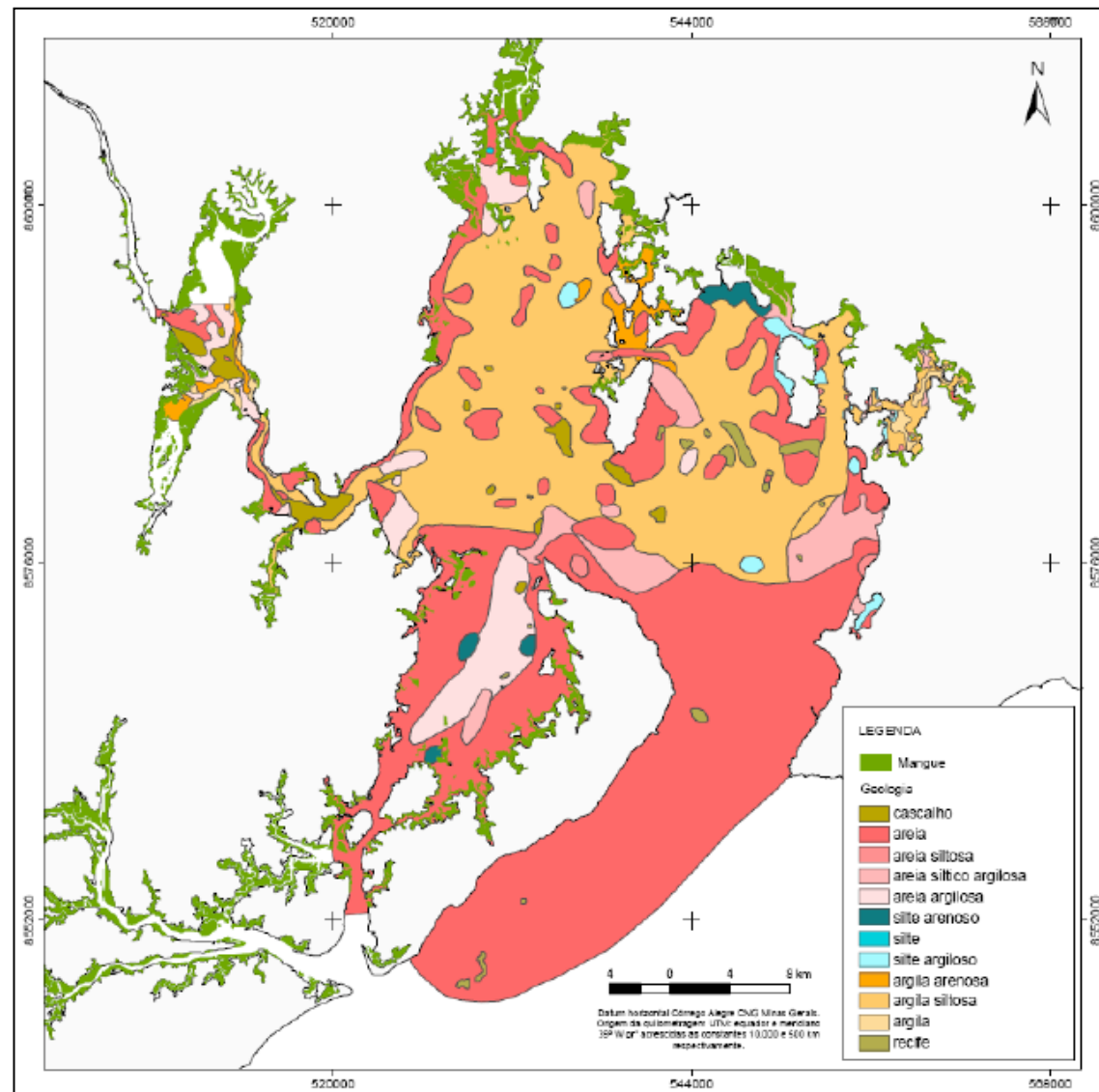
9.1.1 Formação geológica e características geotécnicas do local de implantação

A geologia da Baía de Todos os Santos é caracterizada pela deposição de rochas sedimentares que preenchem a sub-bacia sedimentar do Recôncavo, que por sua vez ocupa a extremidade sul da grande bacia Recôncavo-Tucano-Jatobá. O formato da bacia, bem como sua batimetria pode ser observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Superficialmente, a área em que a ponte Salvador – Ilha de Itaparica será implantada é coberta principalmente por sedimentos de areia ou areia silto-argilosa, conforme observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

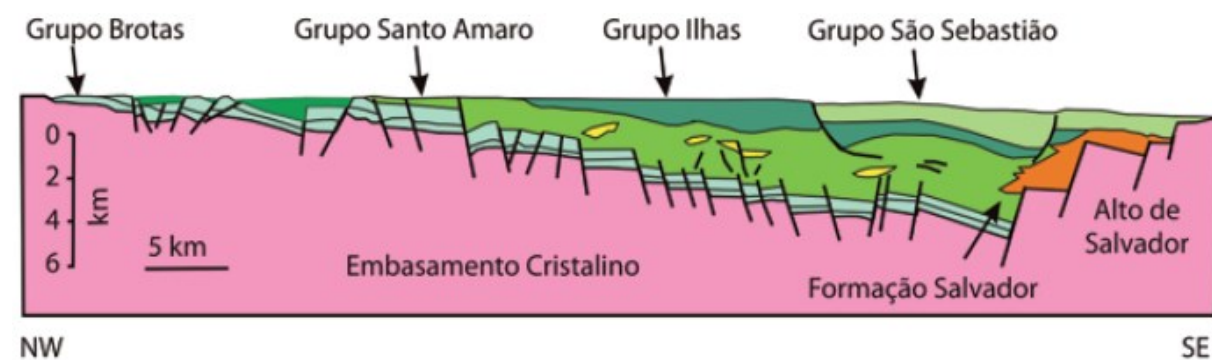
Conforme dados constantes na literatura científica da área da Baía de Todos os Santos, a estratigrafia presente no leito da baía pode ser vista através da seção geológica esquemática mostrada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Abaixo do sedimento terroso existente no fundo da baía ocorrem rochas pertencentes ao **Grupo São Sebastião**, constituído por arenitos, folhelhos e siltitos. Logo abaixo, encontram-se rochas pertencentes ao **Grupo Ilhas**, constituído por folhelhos, ritmitos, arenitos e rochas carbonáticas. Abaixo do Grupo Ilhas, encontra-se o **Grupo Santo Amaro**, constituído por sua vez por arenitos e folhelhos. A seguir, encontram-se rochas sedimentares pertencentes ao **Grupo Brotas**, constituído por arenitos finos a conglomeráticos e folhelhos. O Grupo Brotas encontra-se em contato com o Embasamento Cristalino. Como se pode observar na descrição acima, na região há a ocorrência de rochas sedimentares com intercalações de arenitos e rochas foliadas – folhelhos, argilitos, siltitos.



Localização da Baía de Todos os Santos e sua respectiva batimetria (fonte: Lessa & Dias, 2009).



Mapa de distribuição textural das fácies da Baía de Todos os Santos (fonte: Lessa & Dias, 2009).



Seção geológica transversal à sub-bacia do Recôncavo, mostrando o empilhamento das unidades estratigráficas (fonte: apud Dominguez & Bittencourt, 2009).

Em termos geotécnicos, pelas sondagens fornecidas, o substrato local é caracterizado predominantemente por areia siltilosa e areia argilosa, de coloração cinza a cinza escuro. A espessura dessa camada é extremamente variável, chegando a profundidades de 10 a 80 m para atingir o topo rochoso. Este topo rochoso é composto basicamente de rochas sedimentares que foram descritas nas sondagens como argilito e arenito.

Mister se faz mencionar que vários trechos em solo avançaram apenas por lavagem, sem registro de N_{SPT} , com a classificação do material sendo efetuada na bica de lavagem. No trecho em rocha o avanço foi por lavagem sem recuperação de amostra, com os testemunhos sendo destruídos, com a classificação do material rochoso sendo efetuada na bica de lavagem. Para a elaboração do projeto, deverão ser executadas sondagens mistas para melhor caracterização tanto do maciço terroso (para caracterização do solo e obtenção de N_{SPT}) quanto do maciço rochoso (recuperação, RQD, graus de alteração, coerência e fraturamento).

A lâmina d'água no canal da Baía de Todos os Santos, pelas sondagens executadas, é de até 40 m (conforme sondagem SP-18E) e chega a 60 m pela carta náutica

9.1.2 Características Gerais dos elementos de fundação

Serão empregadas estacas metálicas no trecho em solo, com posterior escavação pelo seu interior, com a finalidade de se atingir o topo rochoso. A partir executa-se o pino em rocha, com diâmetro reduzido, avançando-se até a profundidade de projeto. Os diâmetros das estacas e as respectivas cargas de trabalho são apresentadas na Tabela abaixo:

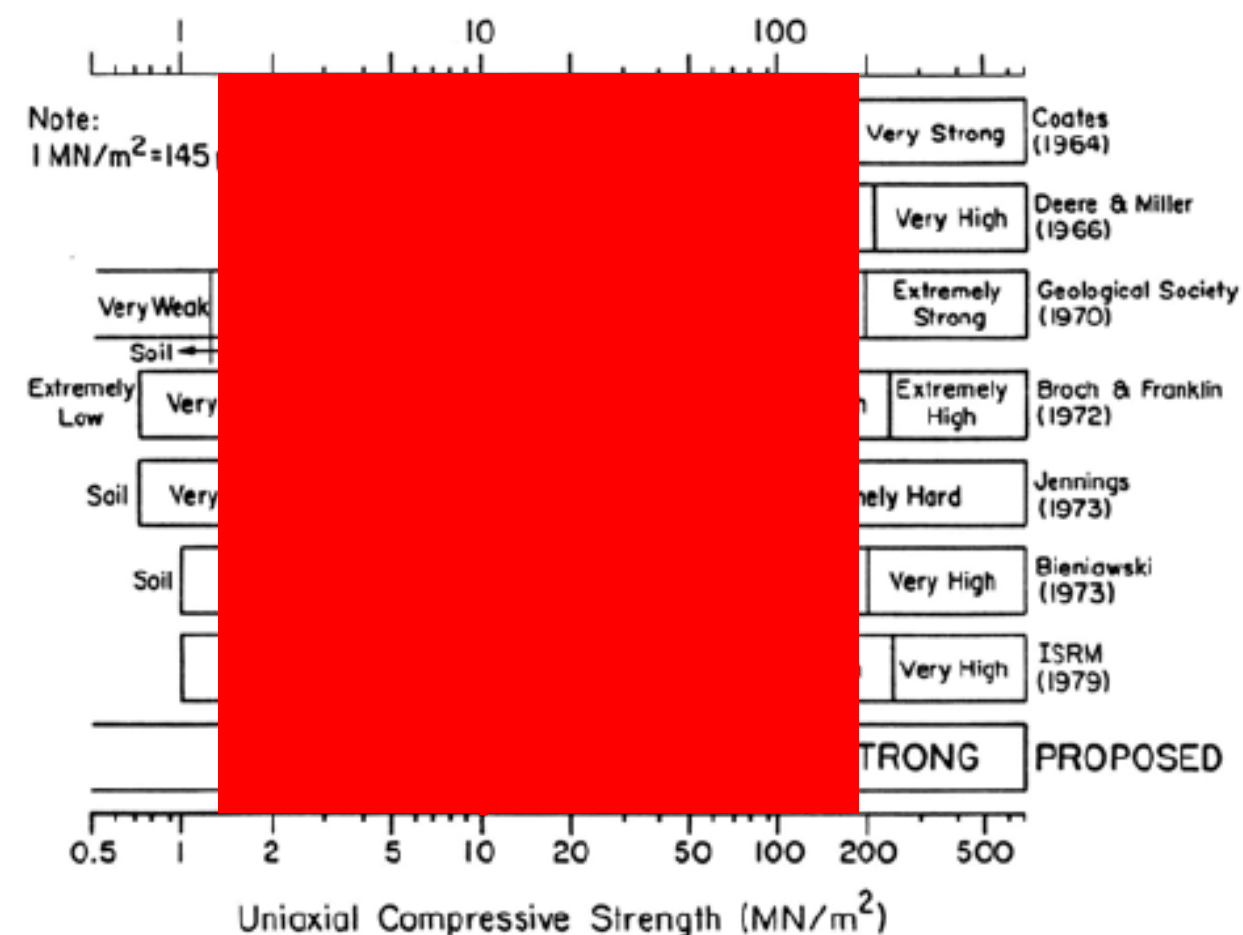
| Tipo de Estaca | Apoios | Diâmetro da estaca (cm) | Diâmetro do pino em rocha (cm) | Espessura da chapa da camisa (mm) | Carga de Trabalho (tf) | Tensão média no pino (kgf/cm^2) |
|----------------|---|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--|
| escavada | 1 a 39 ■ 42 e 43 50 ■ 161 a 216 | 200 | 180 | 10 | 1987 | 78 |
| | 51 a 60 110 a 134 140 a 143 | | | | 2191 | 86 |
| escavada | 40 e 41 ■ 49 135 a 139 144 e 145 155 a 160 | 220 | 200 | 11 | 2.148 | 68 |
| | 61 a 63 106 a 109 | | | | 2.948 | 94 |
| escavada | 44 a 48 146 a 154 | 250 | 230 | 12,5 | 2.437 | 59 |
| | 64 a 72 85 a 105 | | | | 3.687 | 89 |
| | 78 e 81 | | | | 2.500 | 60 |
| escavada | 73 a 77 ■ 82 a 84 | 300 | 280 | 16,0 | 4.217 | 68 |
| | 79 e 80 | | | | 4.700 | 76 |

9.1.3 Estimativa de parâmetros para o cálculo do comprimento embutido em rocha

Primeiramente deve-se efetuar uma estimativa do comprimento do estaqueamento no trecho em solo pelos métodos clássicos descritos na nossa bibliografia nacional, e.g: Décourt & Quaresma, Aoki e Velloso, Philipponnat e outros. Quando esta estimativa não apresentar capacidade de carga, a estaca deverá ser embutida em material de matriz rochosa.

A avaliação da qualidade da rocha, onde a estaca será embutida, assim como, a adoção dos parâmetros de resistência, advém da nossa experiência neste tipo de maciço e cotejados com aqueles fornecidos pela abundante literatura especializada, tanto nacional quanto internacional, para materiais de mesma gênese. Tal situação é decorrente da escassa informação das características do material rochoso.

A matriz rochosa presente na região da ponte é de origem sedimentar, preponderantemente arenitos e argilitos, conforme descrição das sondagem. Conforme Vaz, L.F. (“Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais”, Revista Solos e Rochas, pág. 117 a 136, 1996), materiais de mesma natureza das encontradas na área em tela apresentam resistência à compressão simples variando de 1 a 150 MPa. No trabalho “Rock-Socketed Shafts for Highway Structure Foundations (A Synthesis of Highway Practice)”, editado pela National Cooperative Highway Research Program (NCHRP, 2006), há uma compilação de classificação quanto a “resistência de material rochoso não intemperizado” (tradução nossa), de diversos pesquisadores (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), com a faixa de variação de resistência apresentada por Vaz destacada em hachura vermelha.



Resistência de material rochoso não intemperizado (NCHRP, 2006, p.30)

Com base nas informações das sondagens, na experiência deste escritório em materiais de mesma gênese, cotejadas com a bibliografia citada, adotamos que o material rochoso apresenta resistência à compressão simples de 10 MPa (linha vertical em vermelho), que abrange condição de baixa a média resistência do maciço rochoso compilado pelos diversos pesquisados apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Com base nas informações acima elencadas, apresentamos os parâmetros utilizados para o cálculo do comprimento do embutimento em rocha:

Tensão de ponta admissível (q_p)

Sendo adotada como resistência a compressão simples o valor de $R_c = 10$ MPa ou 100 kgf/cm², a tensão de ponta admissível (q_p), seguiremos a recomendação do livro – “Fundações – Teoria e Prática” (Hachich et AL, 1996), pág 309, em que a tensão admissível é da ordem de 1/10 da resistência à compressão simples (R_c), ou seja:

- $q_p = \frac{R_c}{10}$ em [MPa] ou [kgf/cm²]
- $q_p = 1$ MPa ou 10 kgf/cm²

Tensão por atrito lateral admissível (q_l)

Na mobilização da tensão por atrito lateral admissível, será empregado a correlação empírica do saudoso professor Dirceu Velloso, publicada em “*Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics, 1997*”, visto que o atrito lateral é função da resistência a compressão simples cotejado com a resistência do concreto, estabelecendo uma tensão lateral de:

➤ $q_l = 2\% \times f_{ck}$

Pela NBR 6.122/2010 o concreto empregado neste tipo de estaqueamento tem resistência característica à compressão simples maior ou igual a 20 MPa, o que resulta em uma tensão lateral de

➤ $q_l = 0,4 \text{ MPa}$ ou $4,0 \text{ kgf/cm}^2$

Ressaltamos a importância de uma campanha de investigação geotécnica que revele as condições de alteração do maciço rochoso na fase de projeto executivo, para que caso tais condições venham a fugir do espectro aventado com os dados bibliográficos, possam ser corrigidos levando-se em conta as reais condições do maciço.



REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS VOLUME 1 – DESENHOS

CONTRATO: Nº 018-CT086-2019/SEINFRA

DOCUMENTO: R-PRO-200-CD-13111-EN

REVISÃO: RA

DATA: SETEMBRO / 2019

APRESENTAÇÃO

Apresentamos o Produto 2 do contrato de Revisão e Atualização do Orçamento do Projeto Básico de Referência, de acordo com os novos parâmetros de engenharia adotados.

O Produto 2 - Revisão do orçamento considerando a redução de duas faixas no tabuleiro da ponte e as alterações previstas no produto 1, contempla os seguintes novos parâmetros para a Ponte sobre a Baía de Todos os Santos:

- Redução do gabarito vertical do vão central para 85 m;
- Redução do comprimento do vão central para 450 m e dos vãos laterais para 205 m;
- Redução do comprimento dos vãos de aproximação para 70 m e 50 m;
- Redução da largura do tabuleiro para duas faixas mais acostamento.

O Produto 2 é constituído de 2 partes:

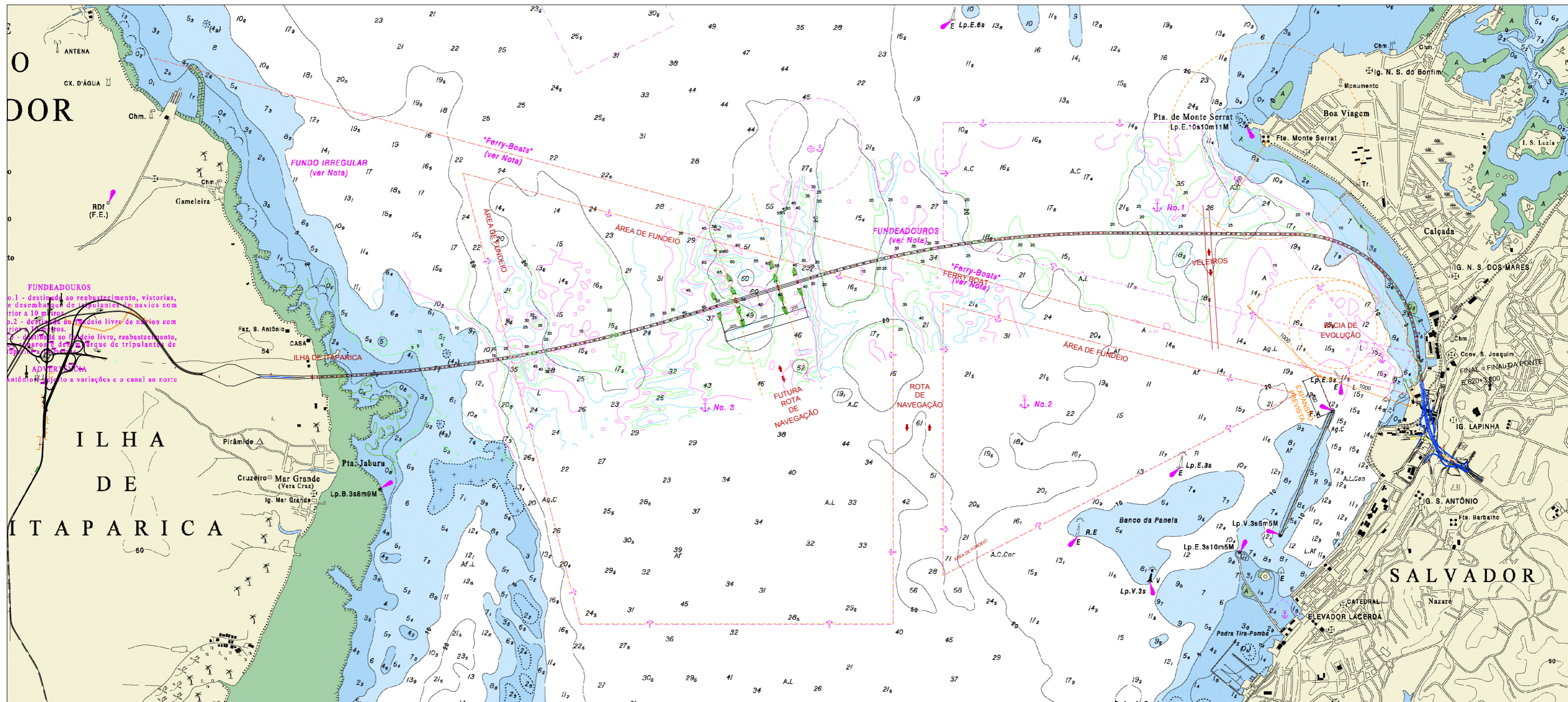
- Revisão conceitual da Ponte sobre a Baía de Todos os Santos com largura reduzida do tabuleiro;
- Orçamento revisado e atualizado

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL DA PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS - LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO

- Volume 1 – Desenhos
- Volume 2 – Memorial descritivo
- Volume 3 – Memória de cálculo de pré-dimensionamento em nível de levantamento de quantidades
- Volume 4 – Memória de cálculo dos quantitativos

PRODUTO 2 – ORÇAMENTO REVISADO E ATUALIZADO

- Volume 1 – Orçamento
- Volume 2 – Composições de Preços Unitários
- Volume 3 – Cotações



DETALHE EM ITAPARICA
ESC. 1:10.000



ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS - TRECHO DE VÃOS DE APROXIMAÇÃO:

- 1) CONCRETOS:
 - 1.1) INFRAESTRUTURA E MESOESTRUTURA:
 - 1.1.1) ESTACAS ESCAVADAS: fck = 25 MPa.
 - 1.1.2) BLOCOS: fck = 40 MPa.
 - 1.1.3) PILARES: fck = 45 MPa.
 - 1.1.4) TRAVESSAS DE ENCONTRO, CORTINAS, ABAS E CALÇOS: fck = 30 MPa.
 - 1.1.5) LASTRO DE CONCRETO PARA REGULARIZAÇÃO: fck = 11 MPa. (CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO DE 250 kg/m² DE CONCRETO)
 - 1.2) SUPERESTRUTURA
 - 1.2.1) CAIXÃO, MÃOS-FRANÇESAS, LAJES: fck = 45 MPa.
 - 1.2.2) GUARDA-CORPO E DEFENSAS: fck = 30 MPa.
 - 1.3) CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO:
 - 1.3.1) O CONCRETO DEVERÁ SER INERTE ÀS REAÇÕES ÁLCALIS-AGREGADO
- 2) AÇOS: CA-50 E CP-190 RB
- 3) NEOPRENES DUREZA "SHORE" A-60
- 4) PAVIMENTO ASFÁLTICO (C.B.U.Q) COM ESPESURA DE 7 cm

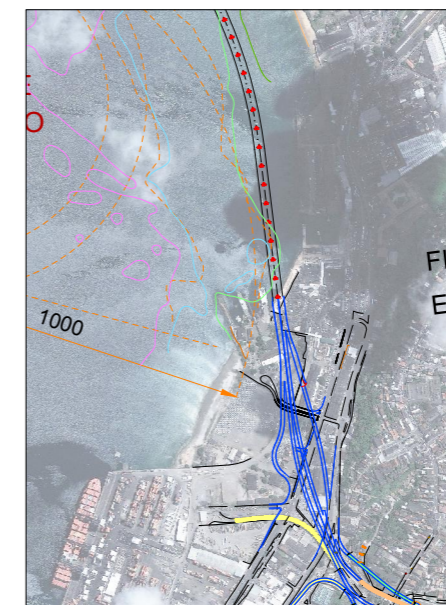
ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS - TRECHO ESTAIADO:

- 1) CONCRETOS:
 - 1.1) INFRAESTRUTURA E MESOESTRUTURA:
 - 1.1.1) ESTACAS ESCAVADAS: fck = 25 MPa.
 - 1.1.2) BLOCOS: fck = 40 MPa.
 - 1.1.3) PILARES ADJACENTES E TRAVESSAS: fck = 45 MPa.
 - 1.1.4) MASTROS DE ESTAIAMENTO: fck = 45 MPa.
 - 1.2) SUPERESTRUTURA
 - 1.2.1) VIGAS, TRANSVERSINAS E LAJES: fck = 45 MPa.
 - 1.2.2) GUARDA-CORPO E DEFENSAS: fck = 30 MPa.
 - 1.3) CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO:
 - 1.3.1) O CONCRETO DEVERÁ SER INERTE ÀS REAÇÕES ÁLCALIS-AGREGADO
- 2) AÇOS: CA-50, CP-190 RB E BARRAS TIPO DYWIDAG
- 3) AÇO PARA ESTAIAMENTO: CP-177 RB
- 4) PAVIMENTO ASFÁLTICO (C.B.U.Q) COM ESPESURA DE 7 cm

NOTAS:

- 1) PONTE PARA CARGA MÓVEL TB-450 (ITEM 5.1 DA NBR-7188:2013).
- 2) CLASSE DE AGRESSIVIDADE (ITEM 6.4 DA NBR-6118:2014):
- 2.1) PARA INFRAESTRUTURA: CLASSE DE AGRESSIVIDADE IV
- 2.2) PARA DEMAIS ESTRUTURAS: CLASSE DE AGRESSIVIDADE III
- 3) DIMENSÕES EM CENTÍMETROS.
- 4) NÍVEIS E COORDENADAS EM METRO.

DETALHE EM SALVADOR
ESC. 1:10.000



| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

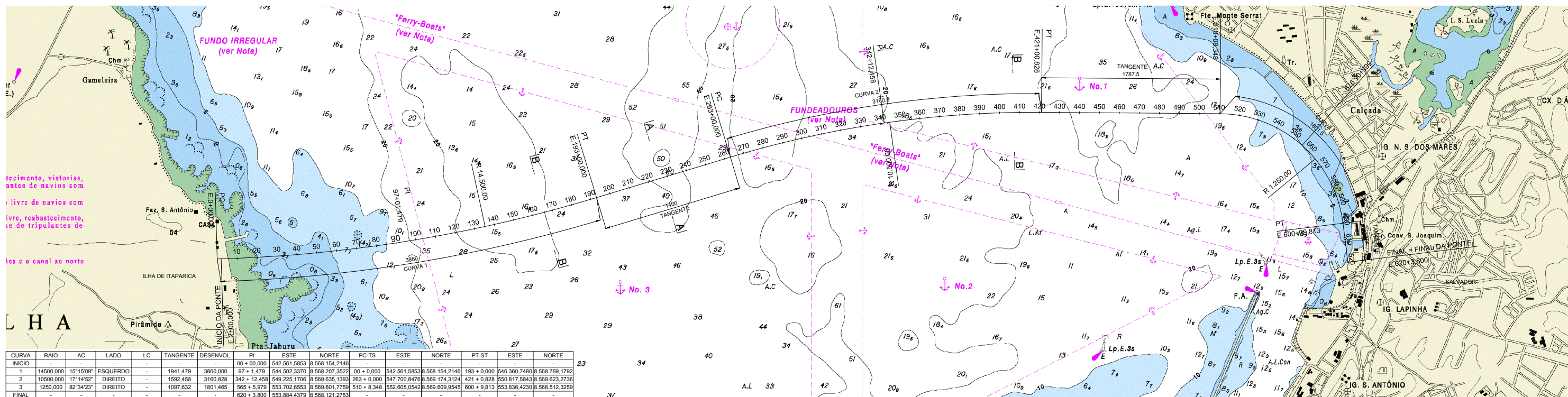
VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10001-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

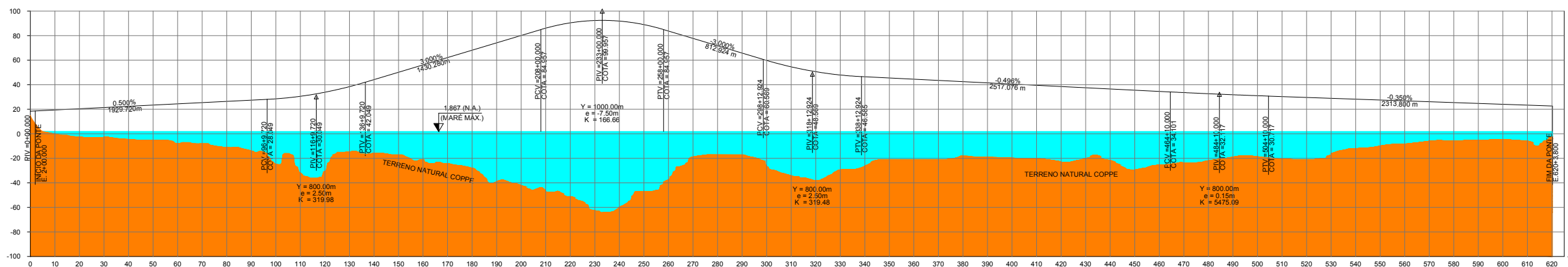
ASSUNTO: PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS IMPLANTAÇÃO GERAL

| | | | | |
|----------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| CONSORCIO: | | RES.P. TÉCNICOS: | | CREA: |
| ENESCIL | | CAYÃO F. RIBEIRO | | 0600512333 |
| MAIA MELO ENGENHARIA | | ROGÉRIO GIGLIO | | 11.470 DPE |
| Nº PROJETO: 3499 | ELABORAÇÃO: OY | VERIFICAÇÃO: OY | APROVAÇÃO: CFR | DATA: 18/09/2019 |

TRAÇADO DA PONTE
ESC. 1:20.000



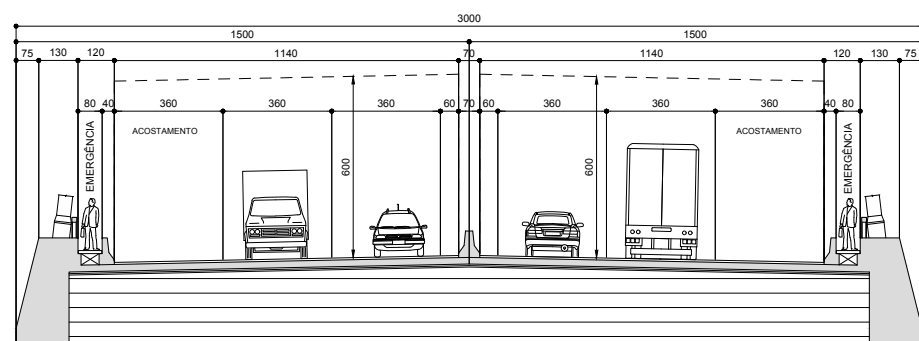
ELEVÇÃO DA PONTE
ESC. 1:20.000 (HORIZONTAL)
ESC. 1:2.000 (VERTICAL)



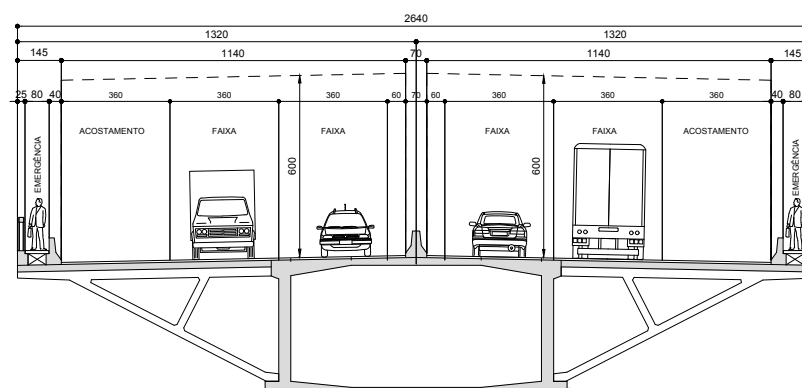
NOTAS:

- 1) COORDENADAS: DATUM SIRGAS2000
- 2) COTAS: REDE ALTIMÉTRICA DO IBGE (RN-292L-IBGE)

SEÇÃO TRANSVERSAL A-A (TABULEIRO ESTAIADO)
ESC. 1:125



SEÇÃO TRANSVERSAL B-B (TABULEIRO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO)
ESC. 1:125



| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

VISTO: _____ DESENHO: R-GMT-201-DE-10001-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

ASSUNTO: PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS PROJETO GEOMÉTRICO - PLANTA, PERFIL E SEÇÕES TÍPICAS

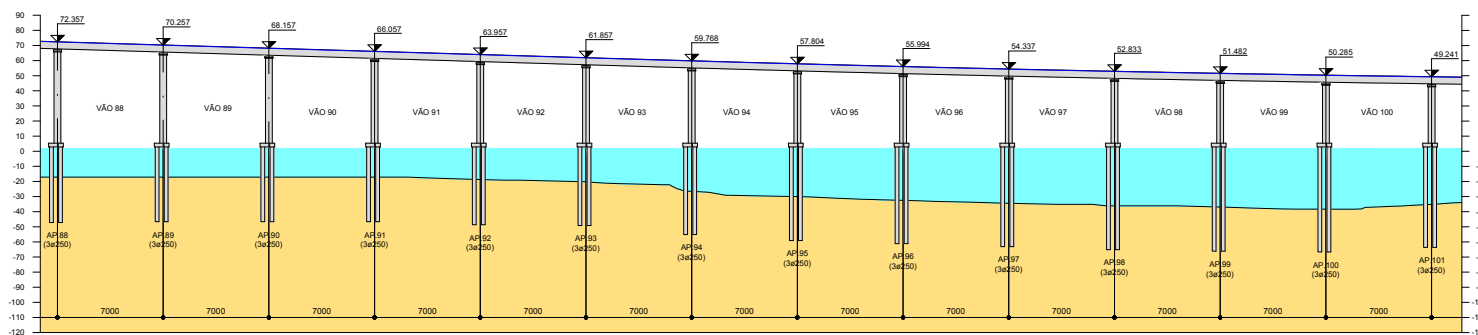
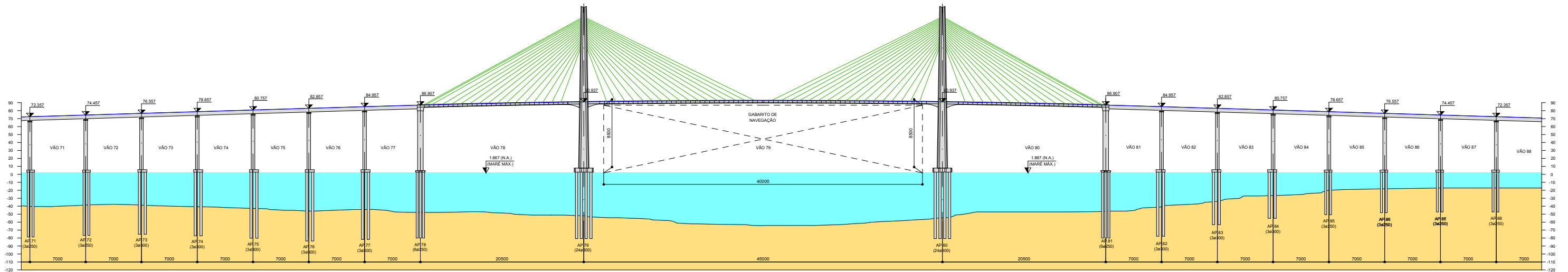
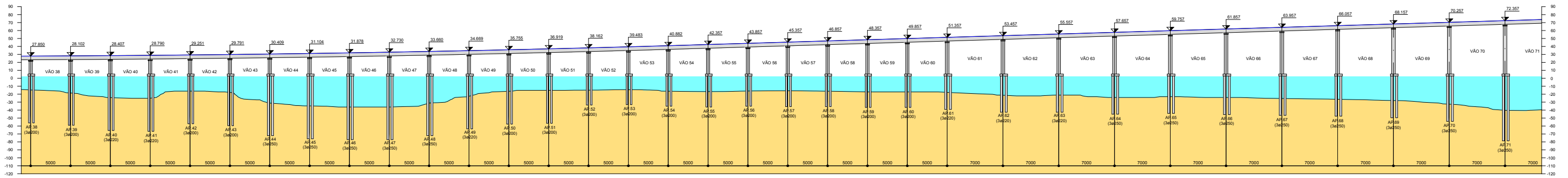
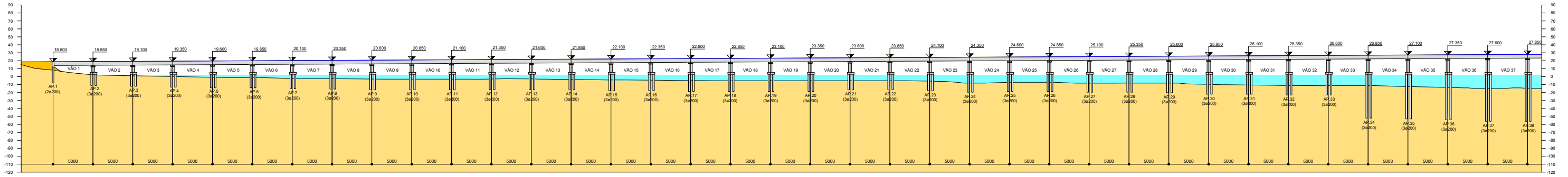
CONSORCIO: **ENESCIL** MAIA MELO ENGENHARIA

RESP. TÉCNICOS: CAIÃO F. RIBEIRO ROGÉRIO GIGLIO

CREA: 06005/12333 11.470 D/PE

Nº PROJETO: 3499 ELABORAÇÃO: OY VERIFICAÇÃO: OY APROVAÇÃO: CFR DATA: 18/09/2019

ELEVAÇÃO LONGITUDINAL ESQUEMÁTICA
ESC. 1:2500




| APOIO | H PILAR (cm) | COMP. TOTAL ESTACÃO (m) |
|-------|--------------|-------------------------|
| 1 | 963.3 | 21.5 |
| 2 | 688.3 | 14 |
| 3 | 713.3 | 17 |
| 4 | 738.3 | 16 |
| 5 | 763.3 | 15 |
| 6 | 788.3 | 17 |
| 7 | 813.3 | 18 |
| 8 | 838.3 | 18.5 |
| 9 | 863.3 | 19.5 |
| 10 | 888.3 | 19.5 |
| 11 | 913.3 | 19.5 |
| 12 | 938.3 | 19.5 |
| 13 | 963.3 | 19.5 |
| 14 | 988.3 | 19.5 |
| 15 | 1013.3 | 20.5 |
| 16 | 1038.3 | 20.5 |
| 17 | 1063.3 | 21.5 |
| 18 | 1088.3 | 21.5 |
| 19 | 1113.3 | 21.5 |
| 20 | 1138.3 | 21.5 |
| 21 | 1163.3 | 19.5 |
| 22 | 1188.3 | 19.5 |
| 23 | 1213.3 | 20.5 |
| 24 | 1238.3 | 22.5 |
| 25 | 1263.3 | 21.5 |
| 26 | 1288.3 | 21.5 |
| 27 | 1313.3 | 22.5 |
| 28 | 1338.3 | 22.5 |
| 29 | 1363.3 | 23 |
| 30 | 1388.3 | 25 |
| 31 | 1413.3 | 29 |
| 32 | 1438.3 | 26 |
| 33 | 1463.3 | 26 |
| 34 | 1488.3 | 55 |

| APOIO | H PILAR (cm) | COMP. TOTAL ESTACÃO (m) |
|-------|--------------|-------------------------|
| 35 | 1513.3 | 56 |
| 36 | 1538.3 | 57 |
| 37 | 1563.3 | 59 |
| 38 | 1588.3 | 59 |
| 39 | 1613.5 | 62 |
| 40 | 1644.0 | 68.5 |
| 41 | 1682.3 | 69.5 |
| 42 | 1728.4 | 60 |
| 43 | 1782.4 | 62.5 |
| 44 | 1844.2 | 75 |
| 45 | 1913.7 | 79 |
| 46 | 1991.1 | 80 |
| 47 | 2076.3 | 80 |
| 48 | 2169.3 | 75 |
| 49 | 2270.2 | 66.5 |
| 50 | 2378.8 | 60.5 |
| 51 | 2495.2 | 59.5 |
| 52 | 2619.5 | 36.5 |
| 53 | 2751.6 | 36 |
| 54 | 2891.5 | 38 |
| 55 | 3039.0 | 39 |
| 56 | 3189.0 | 38 |
| 57 | 3339.0 | 38.5 |
| 58 | 3489.0 | 38.5 |
| 59 | 3639.0 | 39.5 |
| 60 | 3789.0 | 39.5 |
| 61 | 3939.0 | 42 |
| 62 | 4149.0 | 45.5 |
| 63 | 4399.0 | 45.5 |
| 64 | 4599.0 | 46 |
| 65 | 4779.0 | 47 |
| 66 | 4989.0 | 48.5 |
| 67 | 5199.0 | 49.5 |
| 68 | 5409.0 | 50.5 |

| APOIO | H PILAR (cm) | COMP. TOTAL ESTACÃO (m) |
|-------|--------------|-------------------------|
| 69 | 5619.0 | 52.5 |
| 70 | 5829.0 | 57 |
| 71 | 6039.0 | 61.5 |
| 72 | 6249.0 | 79.5 |
| 73 | 6409.0 | 78 |
| 74 | 6619.0 | 80 |
| 75 | 6829.0 | 83 |
| 76 | 7039.0 | 86.5 |
| 77 | 7249.0 | 84.5 |
| 78 | 7494.0 | 85 |
| 79 | 8300.0 | 93.5 |
| 80 | 8300.0 | 95.5 |
| 81 | 7494.0 | 83 |
| 82 | 7249.0 | 80.5 |
| 83 | 7039.0 | 66 |
| 84 | 6829.0 | 58 |
| 85 | 6669.0 | 53.5 |
| 86 | 6459.0 | 51 |
| 87 | 6249.0 | 50 |
| 88 | 6039.0 | 50 |
| 89 | 5829.0 | 49.5 |
| 90 | 5619.0 | 49.5 |
| 91 | 5409.0 | 49.5 |
| 92 | 5199.0 | 51.5 |
| 93 | 4989.0 | 52 |
| 94 | 4780.1 | 58 |
| 95 | 4583.7 | 62 |
| 96 | 4402.7 | 64 |
| 97 | 4237.0 | 66 |
| 98 | 4086.6 | 68 |
| 99 | 3951.5 | 69 |
| 100 | 3831.8 | 69.5 |
| 101 | 3727.4 | 66.5 |


| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |


GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA
SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10011-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

ASSUNTO
PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
ELEVAÇÃO GERAL ESQUEMÁTICA - PARTE I

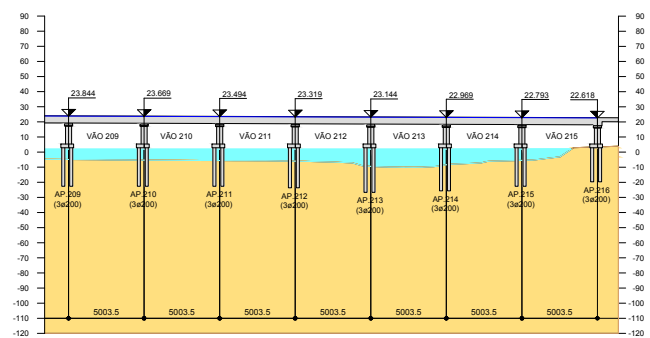
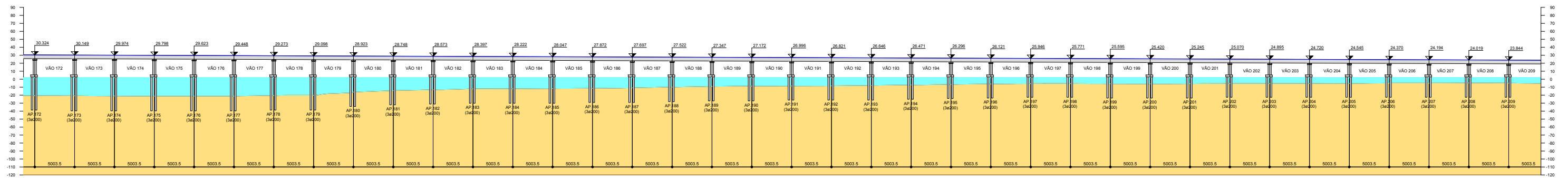
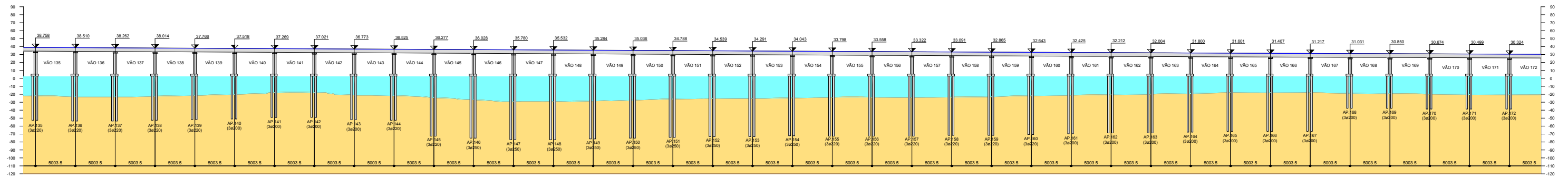
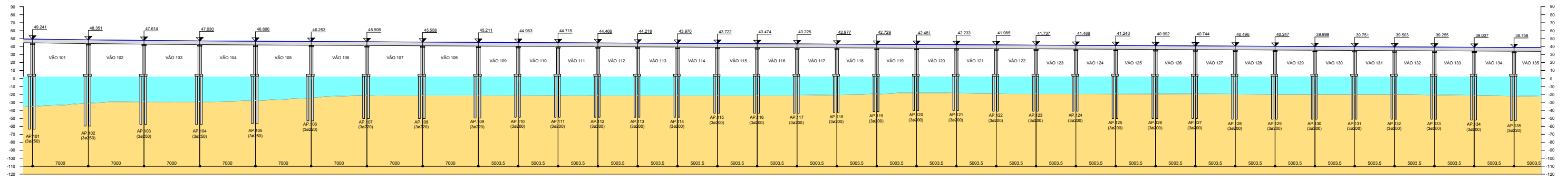
CONSÓRCIO:  

RESP. TÉCNICO: CATIÃO F. RIBEIRO
 VERIFICAÇÃO: ROGÉRIO GIGLIO
 CREA: 06005/2333
 11.470/DPE

Nº PROJETO: 3499
 ELABORAÇÃO: ACV
 VERIFICAÇÃO: OY
 APROVAÇÃO: CFR
 DATA: 18/09/2019

ELEVAÇÃO LONGITUDINAL ESQUEMÁTICA

ESC: 1:2000



| APOIO | H PILAR (cm) | COMP. TOTAL ESTACÃO (m) |
|-------|--------------|-------------------------|
| 102 | 3638.4 | 62.5 |
| 103 | 3664.7 | 60.5 |
| 104 | 3606.3 | 60.5 |
| 105 | 3463.3 | 59.5 |
| 106 | 3428.6 | 56 |
| 107 | 3393.8 | 53 |
| 108 | 3359.1 | 53 |
| 109 | 3324.4 | 52.5 |
| 110 | 3299.6 | 51.5 |
| 111 | 3274.8 | 51.5 |
| 112 | 3249.9 | 51.5 |
| 113 | 3225.1 | 51.5 |
| 114 | 3200.3 | 51.5 |
| 115 | 3175.5 | 48.5 |
| 116 | 3150.7 | 46.5 |
| 117 | 3125.9 | 46.5 |
| 118 | 3101.0 | 45.5 |
| 119 | 3076.2 | 44.5 |
| 120 | 3051.4 | 43 |
| 121 | 3026.6 | 43 |
| 122 | 3001.8 | 44 |
| 123 | 2977.0 | 44 |
| 124 | 2952.2 | 44 |
| 125 | 2927.3 | 53 |
| 126 | 2902.5 | 53 |
| 127 | 2877.7 | 53 |
| 128 | 2852.9 | 54 |
| 129 | 2828.0 | 54 |
| 130 | 2803.2 | 54 |
| 131 | 2778.4 | 54 |
| 132 | 2753.6 | 54 |
| 133 | 2728.8 | 54 |
| 134 | 2704.0 | 55 |
| 135 | 2679.1 | 55.5 |
| 136 | 2654.3 | 56.5 |
| 137 | 2629.5 | 56.5 |
| 138 | 2604.7 | 55.5 |
| 139 | 2579.9 | 54.5 |
| 140 | 2555.1 | 54 |

| APOIO | H PILAR (cm) | COMP. TOTAL ESTACÃO (m) |
|-------|--------------|-------------------------|
| 141 | 2530.2 | 52 |
| 142 | 2505.4 | 52 |
| 143 | 2480.6 | 55 |
| 144 | 2455.8 | 55.5 |
| 145 | 2431.0 | 75.5 |
| 146 | 2406.1 | 78 |
| 147 | 2381.3 | 80 |
| 148 | 2356.5 | 80 |
| 149 | 2331.7 | 79 |
| 150 | 2306.9 | 78 |
| 151 | 2282.1 | 77 |
| 152 | 2257.2 | 76 |
| 153 | 2232.4 | 76 |
| 154 | 2207.6 | 75 |
| 155 | 2182.8 | 75.5 |
| 156 | 2158.0 | 75.5 |
| 157 | 2133.2 | 75.5 |
| 158 | 2108.4 | 74.5 |
| 159 | 2083.6 | 74.5 |
| 160 | 2058.8 | 73.5 |
| 161 | 2034.0 | 72.5 |
| 162 | 2009.2 | 71.5 |
| 163 | 1984.4 | 71.5 |
| 164 | 1959.6 | 70.5 |
| 165 | 1934.8 | 69.5 |
| 166 | 1910.0 | 69.5 |
| 167 | 1885.2 | 69.5 |
| 168 | 1860.4 | 40.5 |
| 169 | 1835.6 | 40.5 |
| 170 | 1810.8 | 41.5 |
| 171 | 1786.0 | 41.5 |
| 172 | 1761.2 | 41.5 |
| 173 | 1736.4 | 42.5 |
| 174 | 1711.6 | 42.5 |
| 175 | 1686.8 | 42.5 |
| 176 | 1662.0 | 42.5 |
| 177 | 1637.2 | 42.5 |
| 178 | 1612.4 | 41.5 |
| 179 | 1587.6 | 41.5 |

| APOIO | H PILAR (cm) | COMP. TOTAL ESTACÃO (m) |
|-------|--------------|-------------------------|
| 180 | 1695.6 | 37 |
| 181 | 1670.8 | 35 |
| 182 | 1646.0 | 34 |
| 183 | 1621.2 | 33 |
| 184 | 1596.4 | 33 |
| 185 | 1571.6 | 33 |
| 186 | 1546.8 | 32 |
| 187 | 1522.0 | 32 |
| 188 | 1497.2 | 31 |
| 189 | 1472.4 | 30 |
| 190 | 1447.6 | 30 |
| 191 | 1422.8 | 29 |
| 192 | 1398.0 | 29 |
| 193 | 1373.2 | 29 |
| 194 | 1348.4 | 28 |
| 195 | 1323.6 | 27 |
| 196 | 1298.8 | 26.5 |
| 197 | 1274.0 | 25.5 |
| 198 | 1249.2 | 25.5 |
| 199 | 1224.4 | 26.5 |
| 200 | 1199.6 | 26.5 |
| 201 | 1174.8 | 26.5 |
| 202 | 1150.0 | 26.5 |
| 203 | 1125.2 | 25.5 |
| 204 | 1100.4 | 25.5 |
| 205 | 1075.6 | 25.5 |
| 206 | 1050.8 | 25.5 |
| 207 | 1026.0 | 25.5 |
| 208 | 1001.2 | 25.5 |
| 209 | 976.4 | 25.5 |
| 210 | 951.6 | 25.5 |
| 211 | 926.8 | 26.5 |
| 212 | 902.0 | 26.5 |
| 213 | 877.2 | 26.5 |
| 214 | 852.4 | 26.5 |
| 215 | 827.6 | 25.5 |
| 216 | 802.8 | 22.5 |

| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10012-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

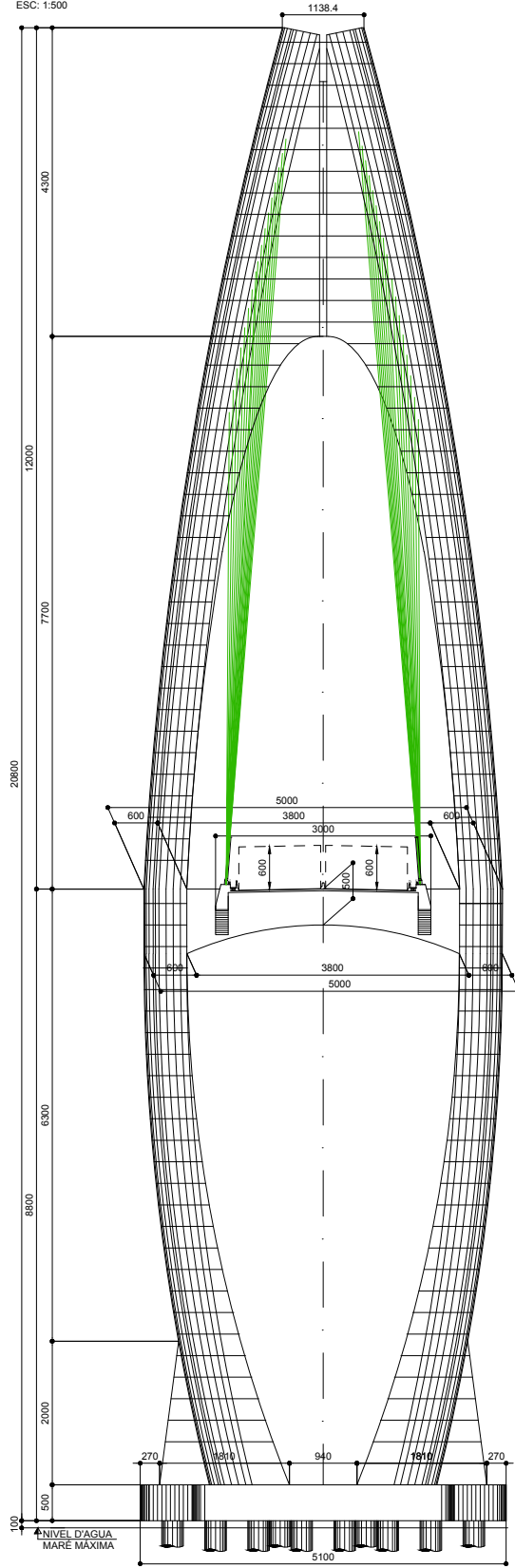
ASSUNTO: **PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS ELEVAÇÃO GERAL ESQUEMÁTICA - PARTE II**

CONSORCIO: **ENECIL** MAIA MELO ENGENHARIA

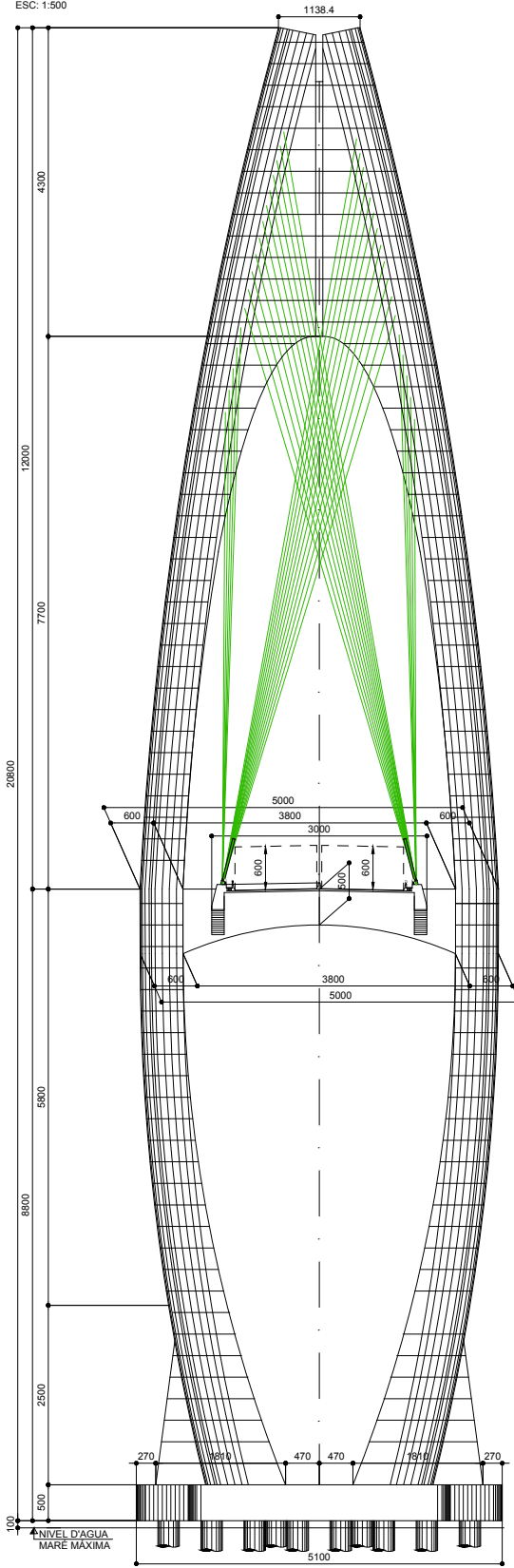
RES.P. TÉCNICOS: CATÃO F. RIBEIRO, ROGÉRIO GIGLIO
CREA: 06005/2333, 11.470 D/PE

Nº PROJETO: 3499 | ELABORAÇÃO: ACV | VERIFICAÇÃO: OY | APROVAÇÃO: CFR | DATA: 18/09/2019

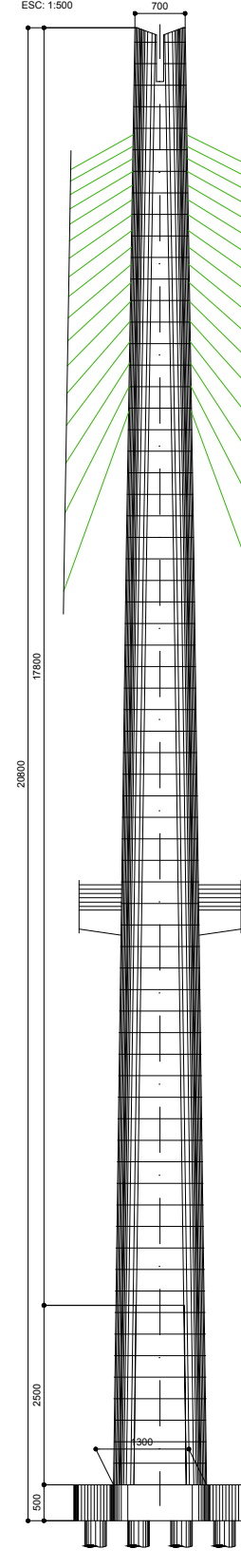
VISTA TRANSVERSAL - LADO DOS VÃOS ADJACENTES
ESC: 1:500



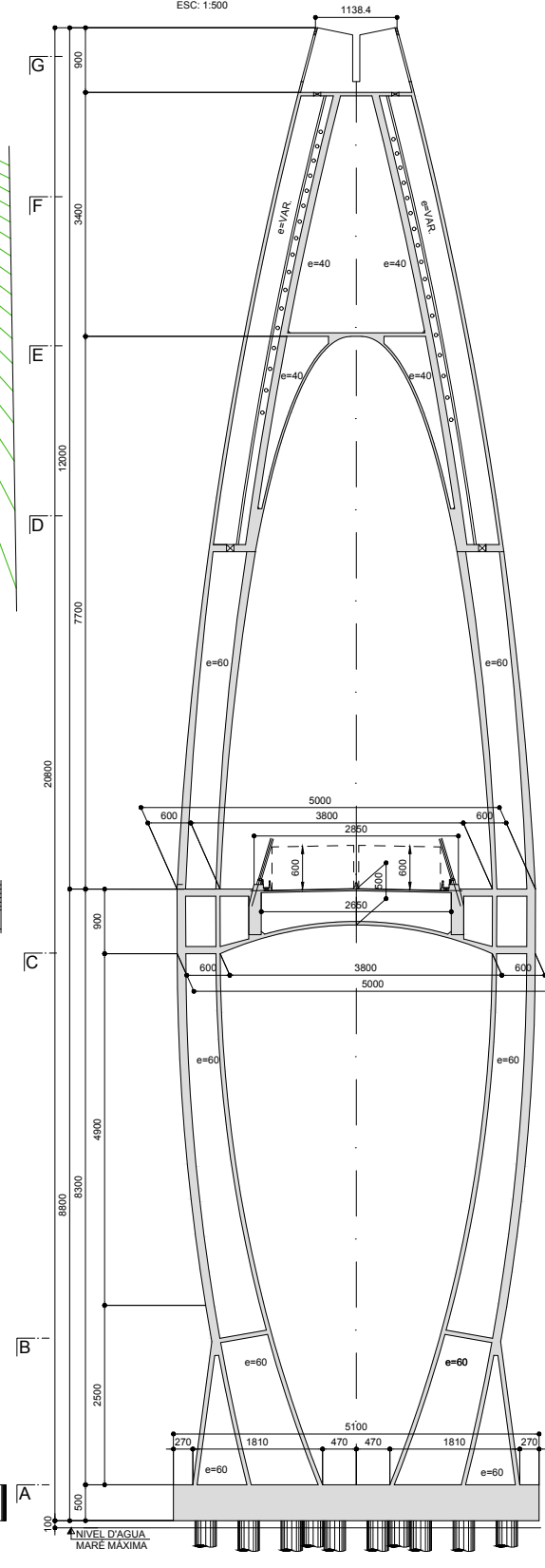
VISTA TRANSVERSAL - LADO DO VÃO CENTRAL
ESC: 1:500



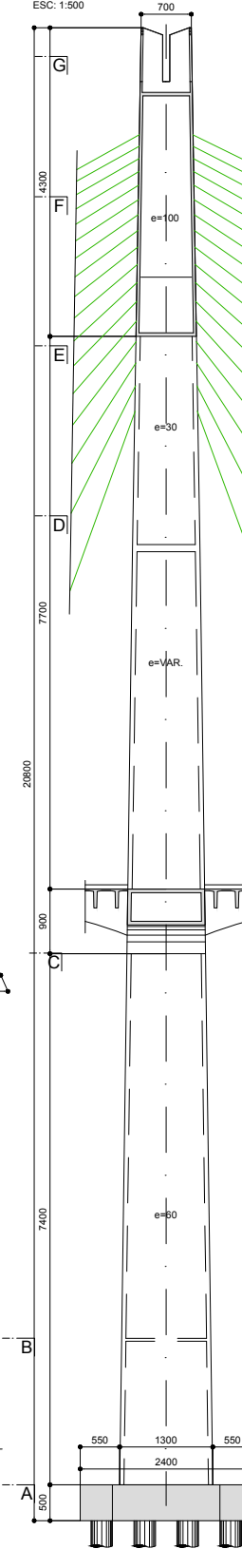
VISTA LONGITUDINAL
ESC: 1:500



CORTE TRANSVERSAL
ESC: 1:500



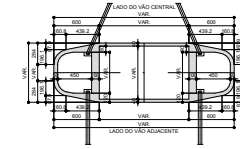
CORTE LONGITUDINAL
ESC: 1:500



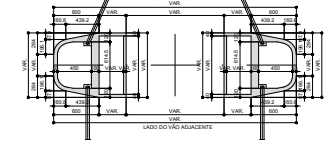
CORTE G-G / PLANTA
ESC: 1:500



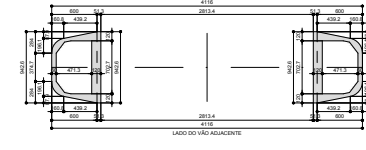
CORTE F-F / PLANTA
ESC: 1:500



CORTE E-E / PLANTA
ESC: 1:500



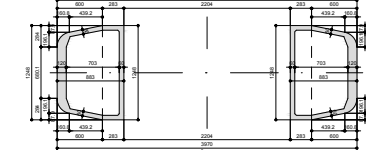
CORTE D-D / PLANTA
ESC: 1:500



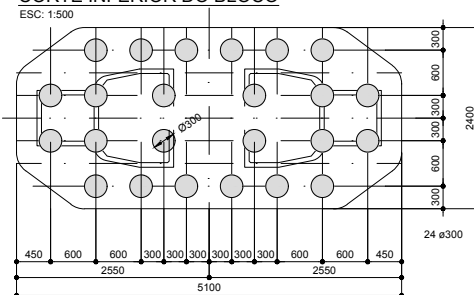
CORTE C-C / PLANTA
ESC: 1:500



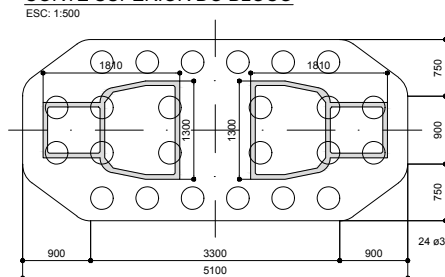
CORTE B-B / PLANTA
ESC: 1:500



CORTE INFERIOR DO BLOCO
ESC: 1:500



CORTE SUPERIOR DO BLOCO
ESC: 1:500



| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

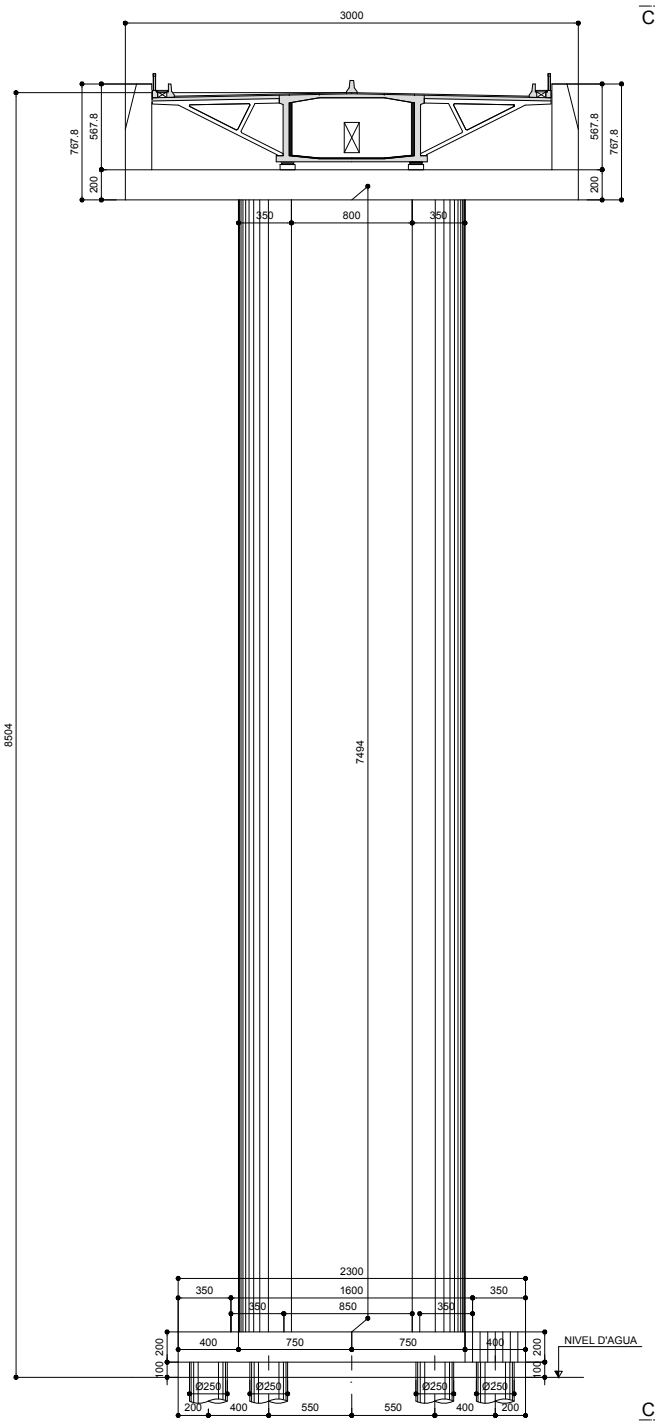
VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10111-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

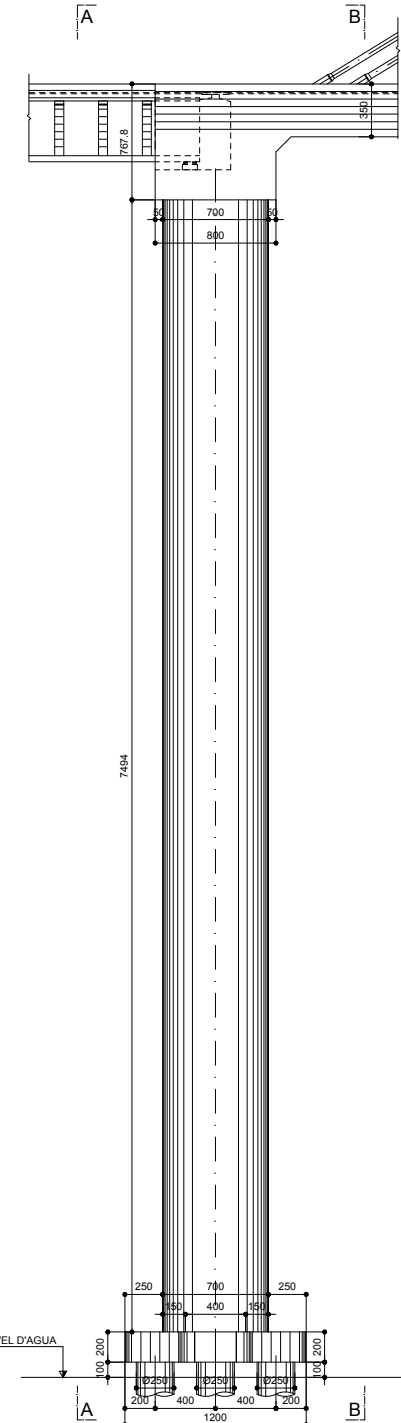
ASSUNTO: PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS / TRECHO ESTAIADO FORMA DOS MASTROS

| | | | |
|---------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| CONSORCIO: | | RESP. TÉCNICOS: CAIÃO F. RIBEIRO ROGÉRIO GHILIO | CREA: 0600512333 11.470 DIPE |
| Nº PROJETO: 3499 | ELABORAÇÃO: OY | VERIFICAÇÃO: OY | APROVAÇÃO: CFR |
| | | | DATA: 18/09/2019 |

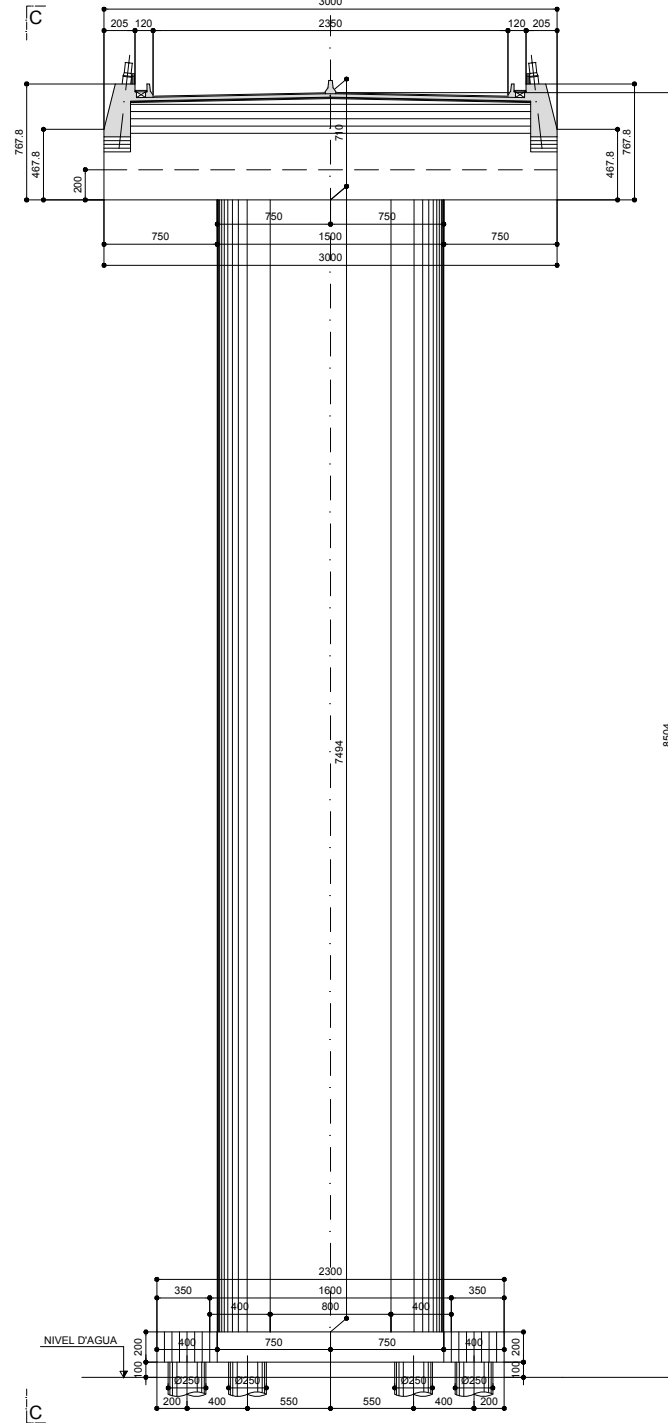
SEÇÃO TRANSVERSAL A-A
ESC. 1:250



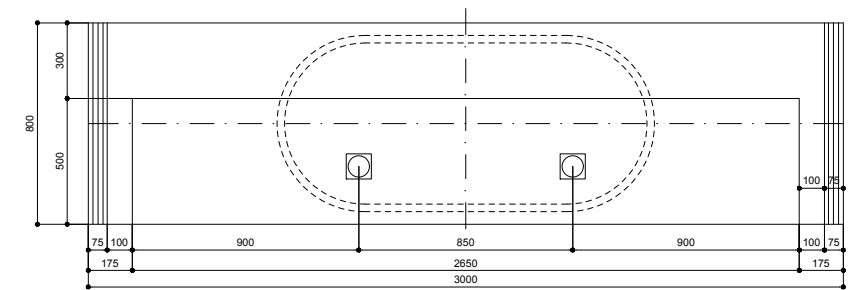
VISTA LONGITUDINAL C-C
ESC. 1:250



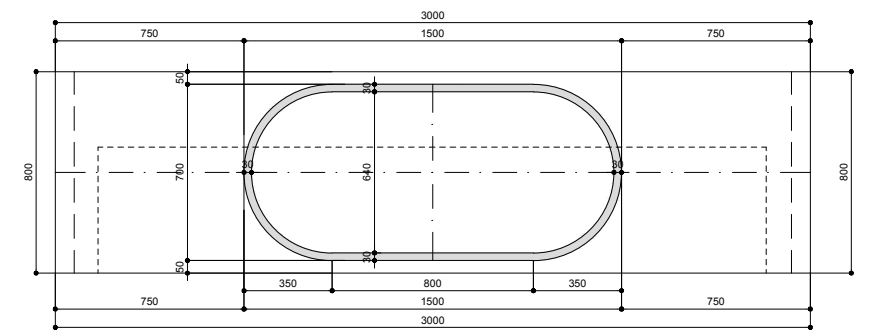
SEÇÃO TRANSVERSAL B-B
ESC. 1:250



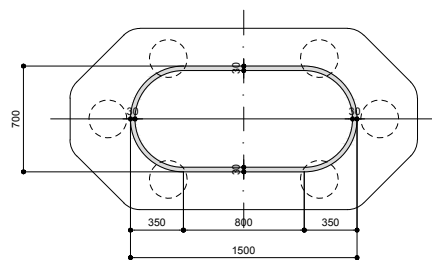
VISTA SUPERIOR DA TRAVESSA
ESC. 1:150



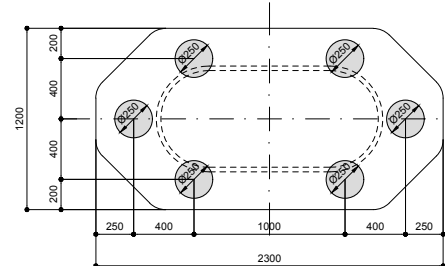
CORTE SUPERIOR DO PILAR
ESC. 1:150



CORTE INFERIOR DO PILAR
ESC. 1:250



CORTE SUPERIOR DA FUNDAÇÃO
ESC. 1:250



| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA
DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

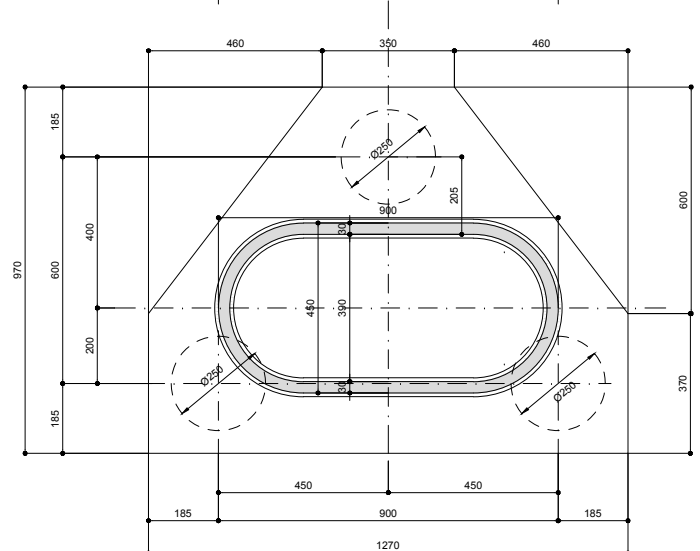
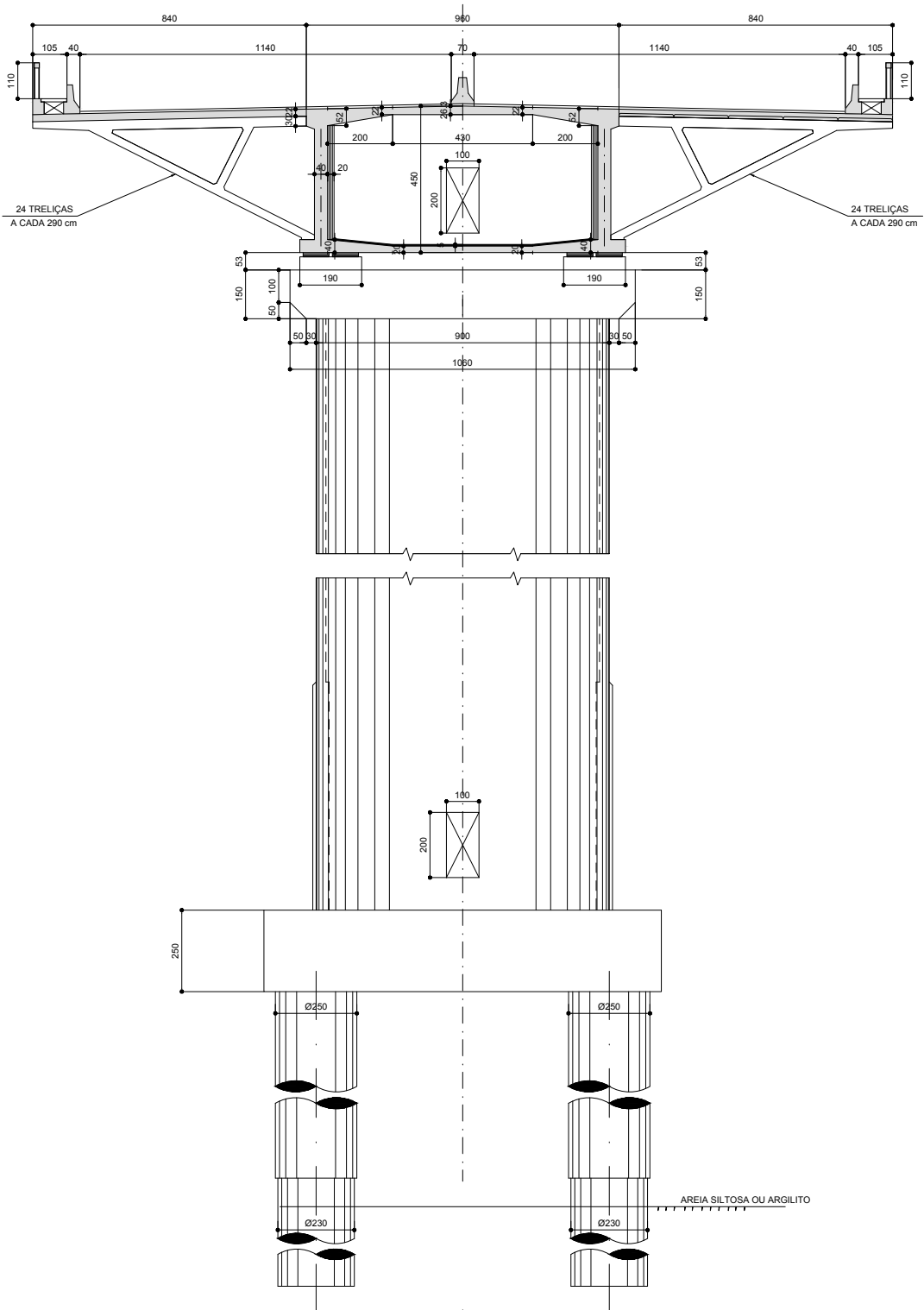
VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10112-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

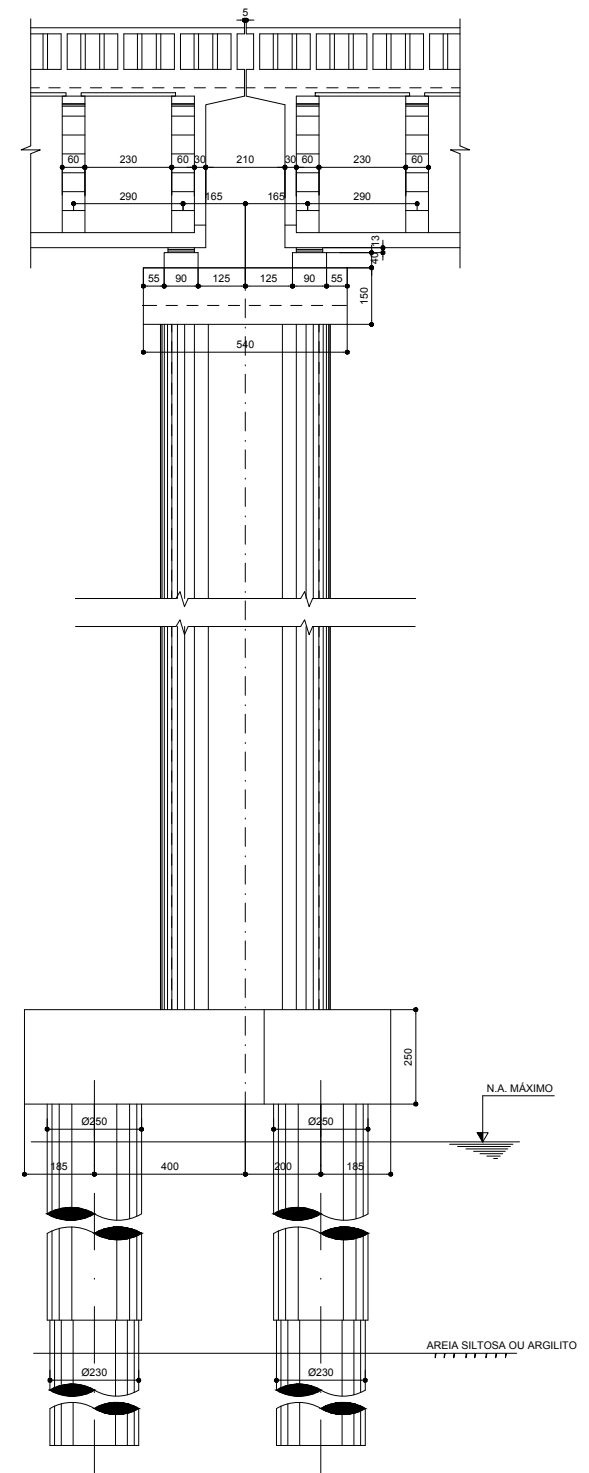
ASSUNTO
PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS / TRECHO ESTAIADO
FORMA DOS APOIOS ADJACENTES

| | | | | |
|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--|
| CONSORCIO: | | RESP. TÉCNICOS: | | CREA: |
| | | | | CATÃO F. RIBEIRO ROGÉRIO GIGLIO 0600512333 11.470 DPE |
| Nº PROJETO: 3499 | ELABORAÇÃO: OY | VERIFICAÇÃO: OY | APROVAÇÃO: CFR | DATA: 18/09/2019 |

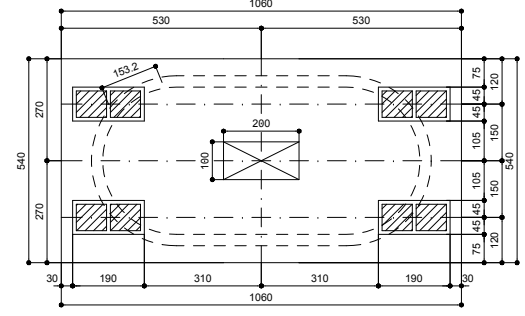
SEÇÃO TRANSVERAL DO APOIO TÍPICO 70.3
ESC. 1:100



VISTA LONGITUDINAL / VÃO 70 m
ESC. 1:100



VISTA SUPERIOR TRAVESSA
ESC. 1:100



| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |



SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA
GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10273-EN-RA ESCALA: INDICADA

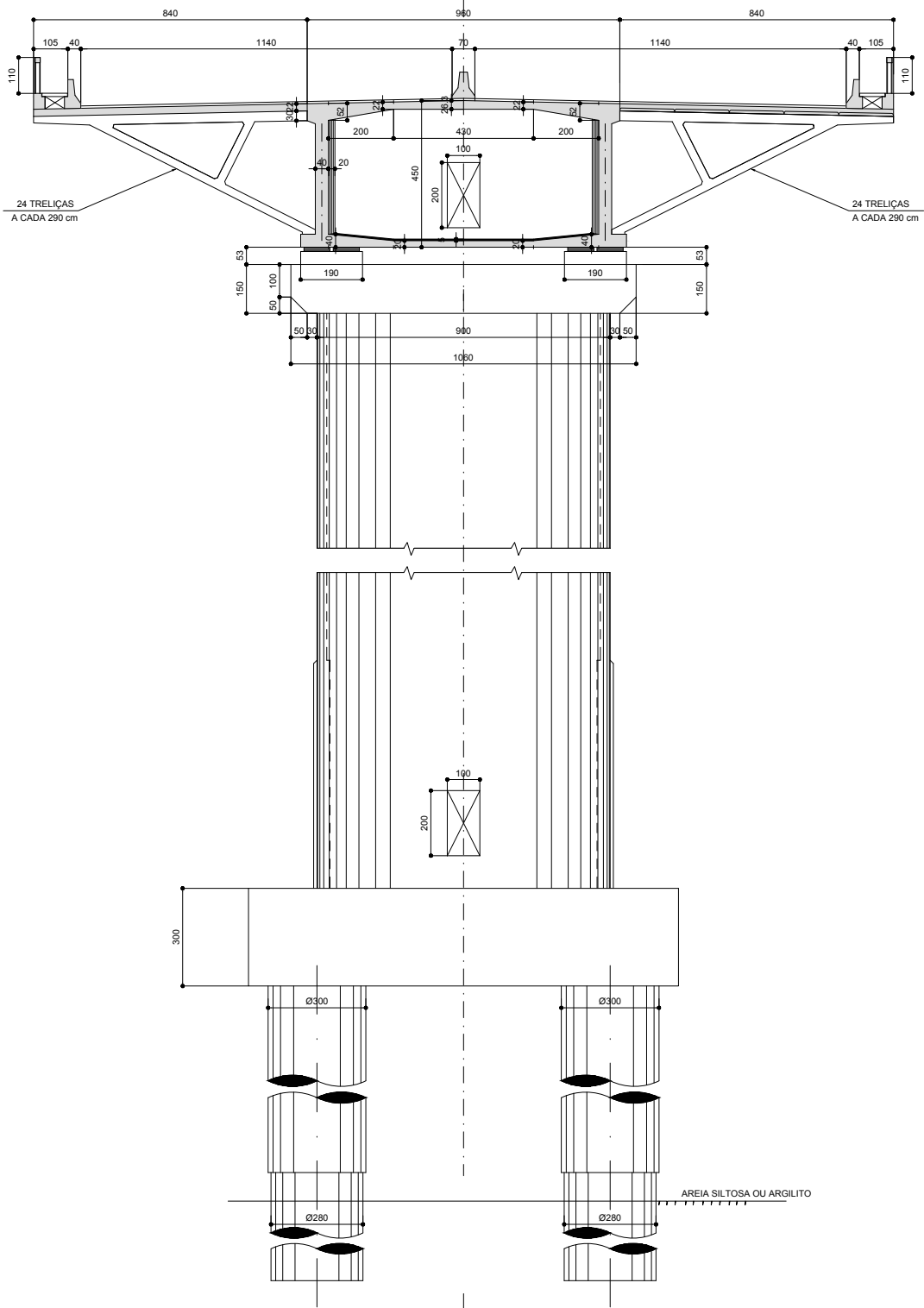
REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

ASSUNTO:
PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS / TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO
APOIO TÍPICO TIPO 70.3

| | | | | |
|---|-------------|------------------------------------|------------|--------------------------|
| CONSORCIO: | | RESP. TÉCNICOS: | | CREA: |
|   | | CATÃO F. RIBEIRO ROGÉRIO GIGLIO | | 0600512333 11.470 DPE |
| Nº PROJETO: | ELABORAÇÃO: | VERIFICAÇÃO: | APROVAÇÃO: | DATA: |
| 3499 | OY | OY | CFR | 18/09/2019 |

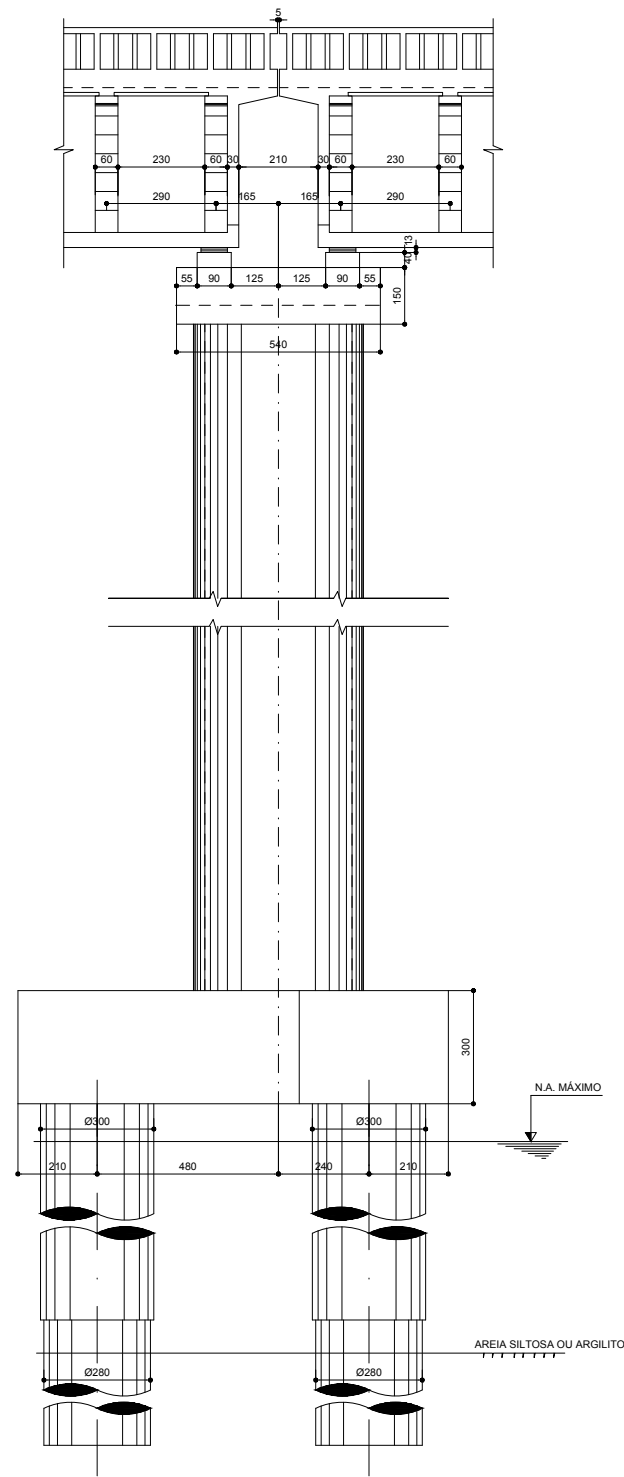
SEÇÃO TRANSVERSAL DOS APOIOS TÍPICO 70.4

ESC. 1:100



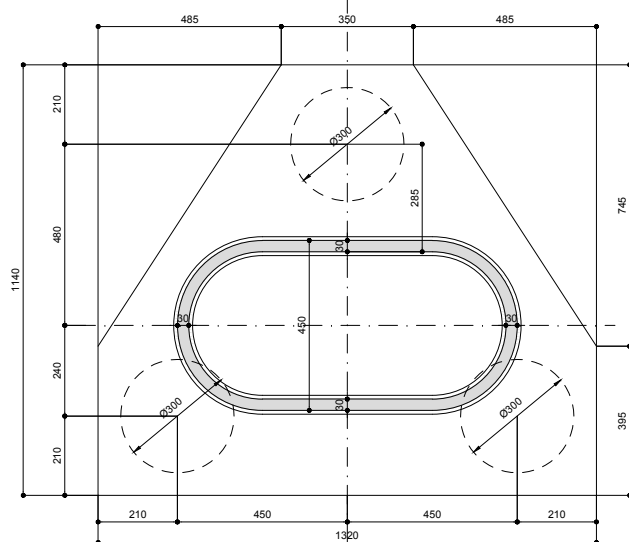
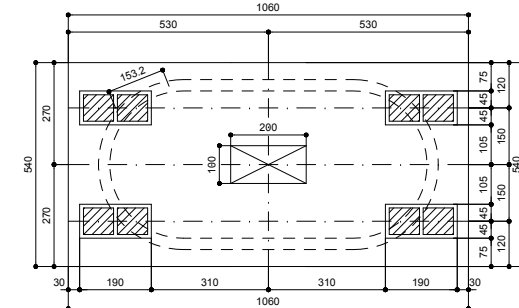
VISTA LONGITUDINAL / VÃO 70 m

ESC. 1:100



VISTA SUPERIOR TRAVESSA

ESC. 1:100



| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA
DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

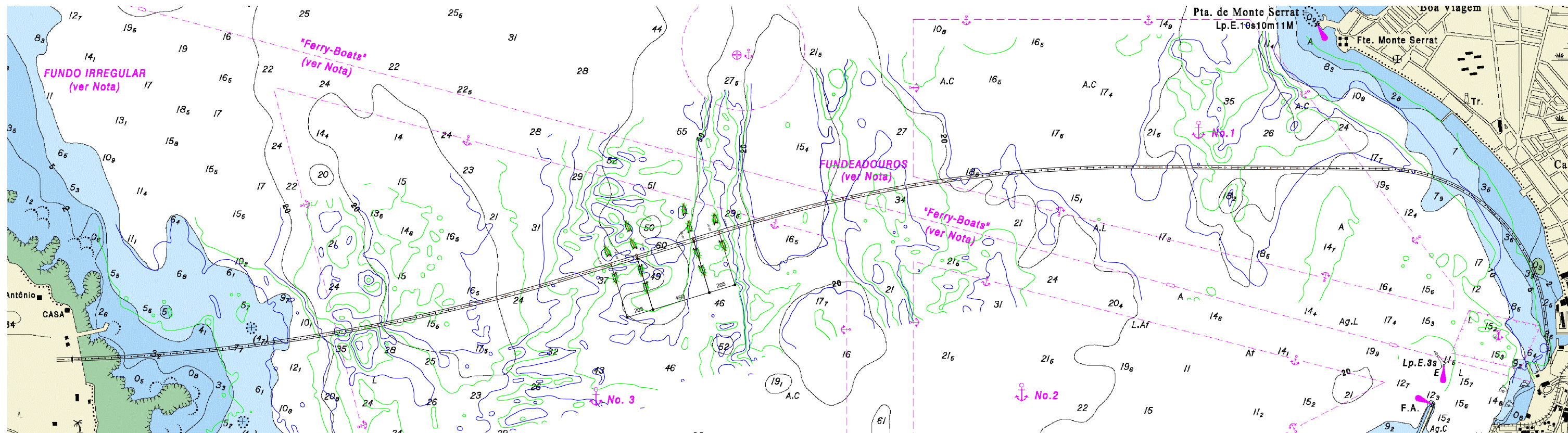
VISTO: DESENHO: R-OAE-201-DE-10274-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

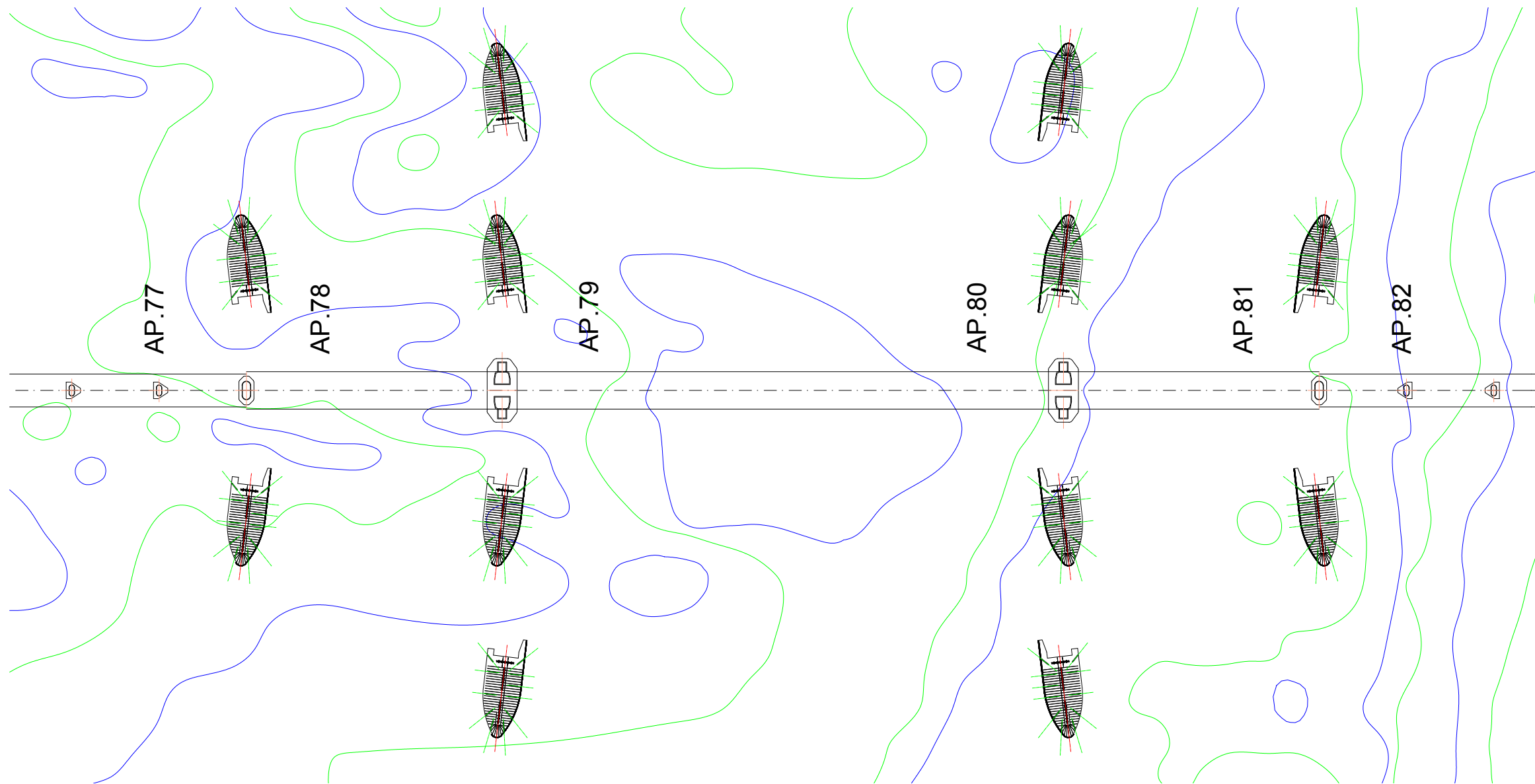
ASSUNTO: PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS / TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO APOIO TÍPICO TIPO 70.4

| | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------|----------------|------------------|
| CONSORCIO: | RESP. TÉCNICOS: | CREA: | | |
| ENECIL ENGENHARIA E PROJETOS | CATÃO F. RIBEIRO ROGÉRIO GIGLIO | 0600512333 11.470 DPE | | |
| MAIA MELO ENGENHARIA | | | | |
| Nº PROJETO: 3499 | ELABORAÇÃO: OY | VERIFICAÇÃO: OY | APROVAÇÃO: CFR | DATA: 18/09/2019 |

PLANTA GERAL DE LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS
ESC. 1:15.000



DETALHE DA LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS
ESC. 1:2.000



ESPECIFICAÇÕES:

- 1) NAVIO TIPO: SUEZMAX
 - DWT = 120.000 TONELADAS
 - DESLOCAMENTO TOTAL = 180.000 TONELADAS
 - VELOCIDADE DE NAVEGAÇÃO NO CANAL = 5,0 NÓS
 - ÂNGULO MÁXIMO DE DESVIO = 15°
 - ENERGIA CINÉTICA DA EMBARCAÇÃO: 595.469 kJ
 - ENERGIA A SER ABSORVIDA PARA DESVIAR A EMBARCAÇÃO: 157.972 kJ
- 2) FORMAS DE ABSORÇÃO DA ENERGIA:
 - DEFORMAÇÃO
 - TRANSFERÊNCIA DE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
 - ARRASTO HIDRODINÂMICO
 - REAÇÃO DA CATENÁRIA
 - ARRASTO DA POITA
- 3) DIMENSÕES DOS MÓDULOS:
 - MÓDULO A (AP.54 E AP.55) = 80 m x 30 m x 8 m
 - MÓDULO B (AP.53 E AP.56) = 33 m x 12 m x 4 m
- 4) MATERIAIS:
 - AÇO ASTM A36: 25.646 ton
 - MOLINETES HIDRÁULICOS DE 30 tF DE TRACÇÃO E 160 tF DE FREIO: 24 un
 - AMARRAS DE 21° GRAU 3: 50.875 m (4.477 ton)
 - POITAS DE 80 ton: 264 un
 - UNIDADES HIDRÁULICAS: 12

| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|------|-----------|-------|--------|--------|------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

VISTO: _____ DESENHO: R-OAE-201-DE-10501-EN-RA ESCALA: INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

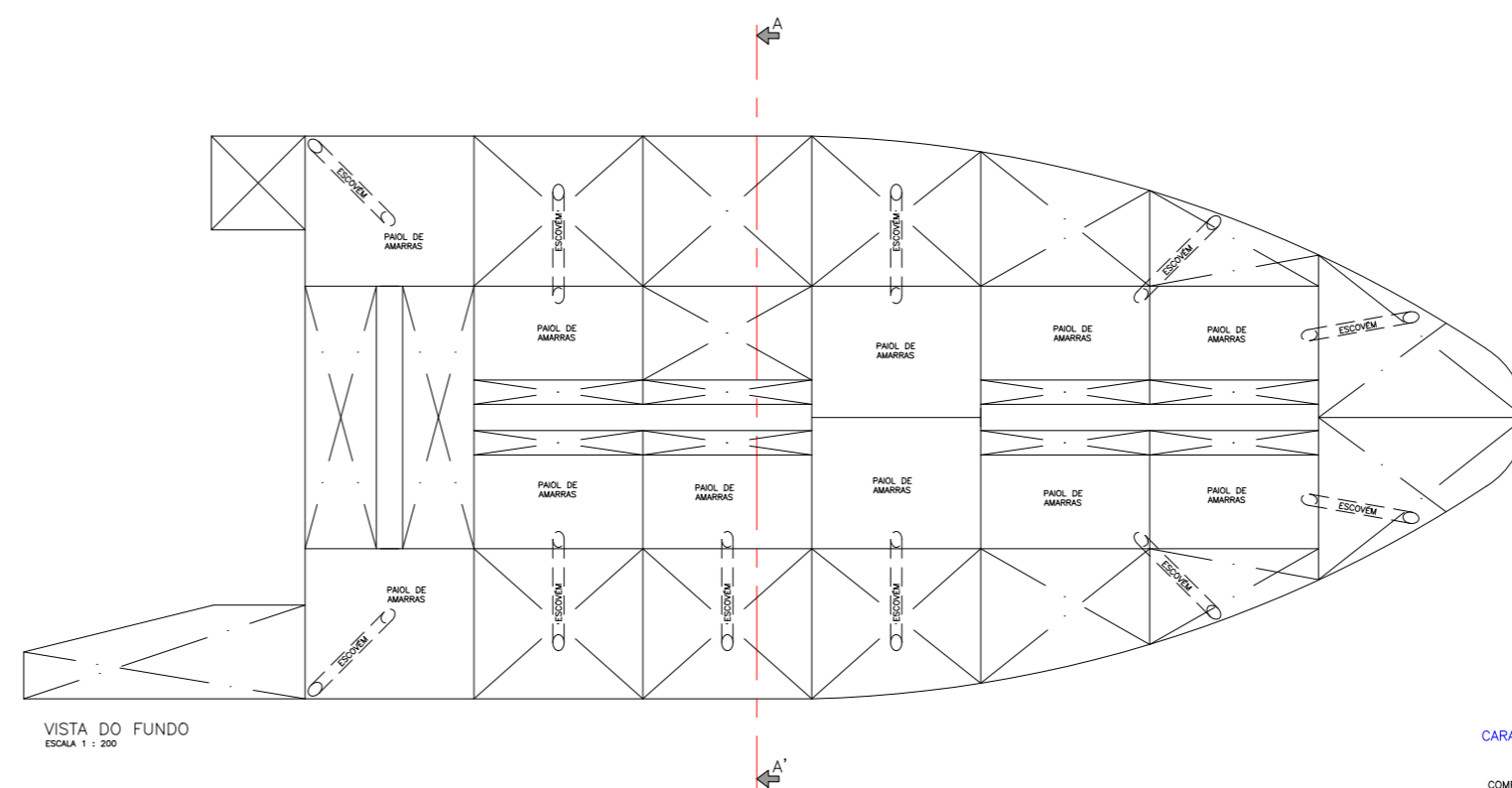
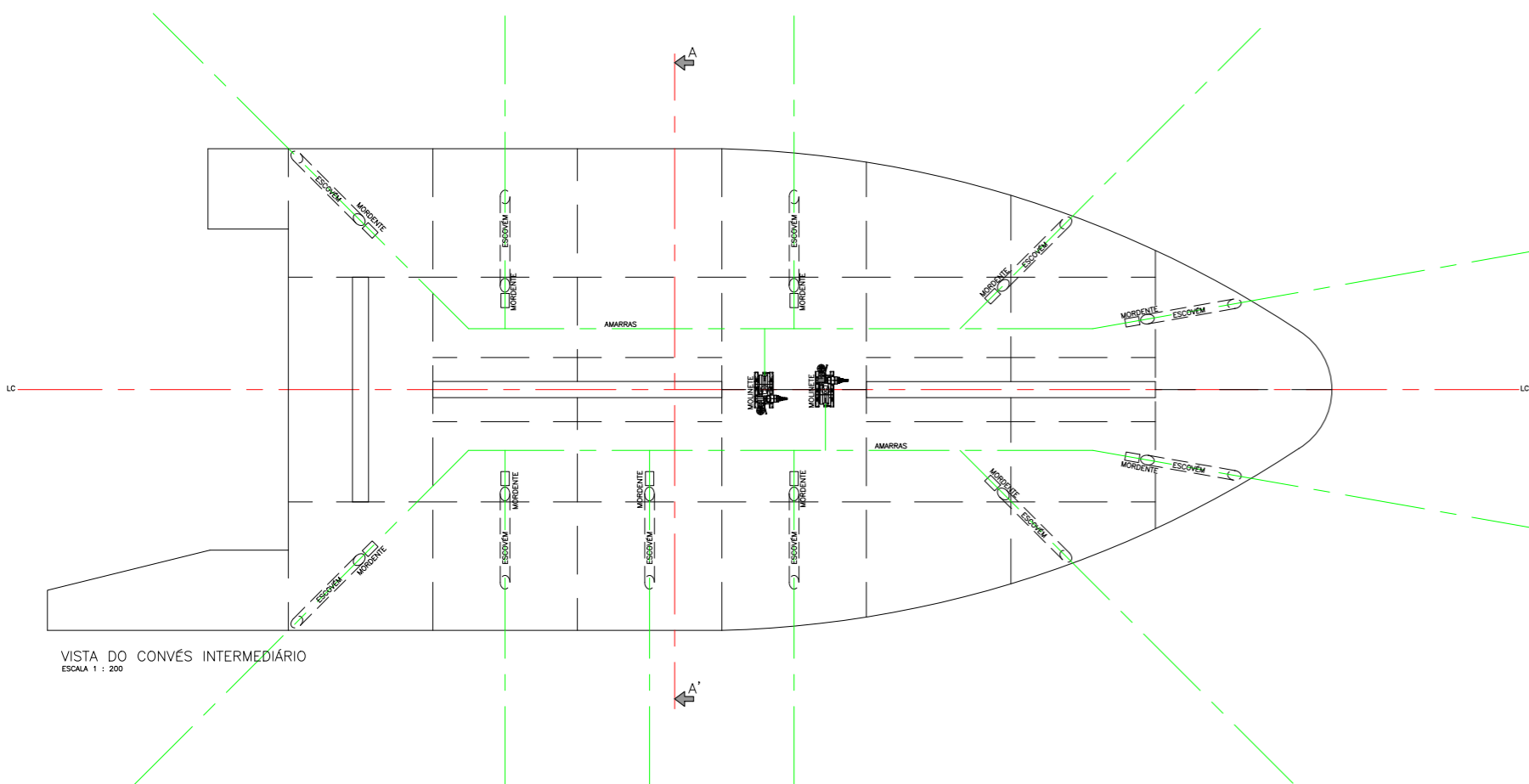
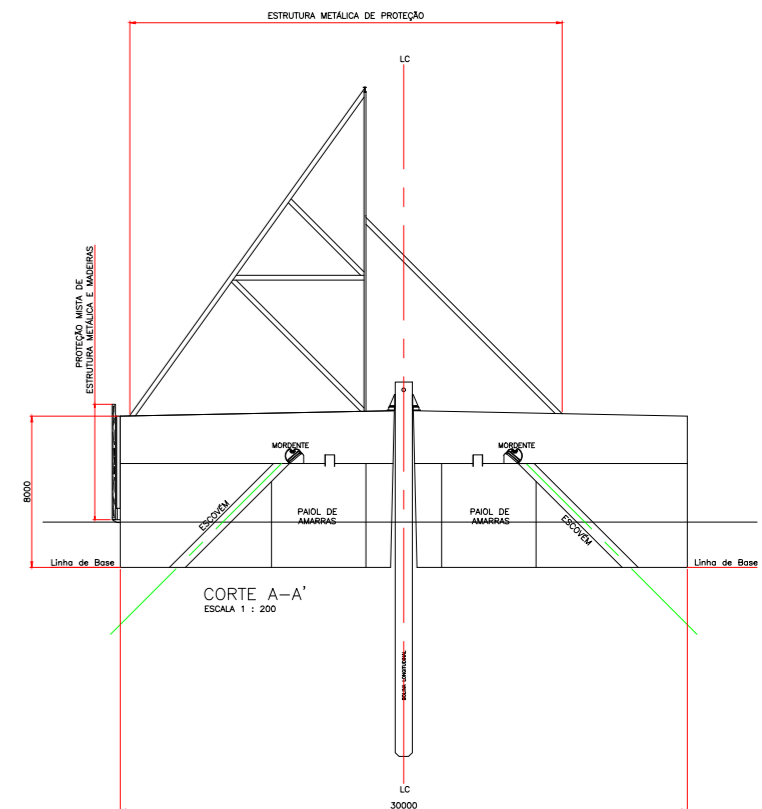
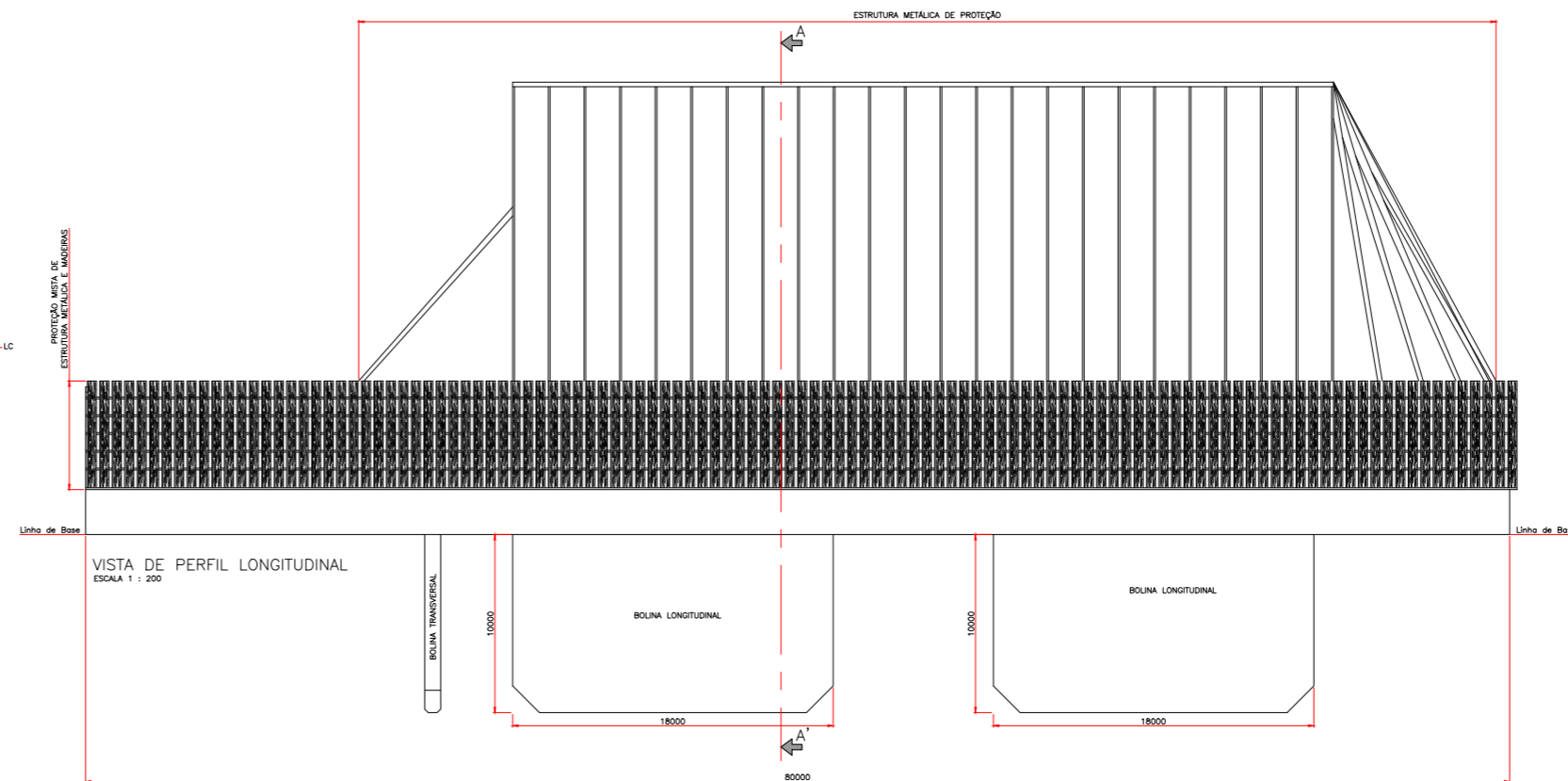
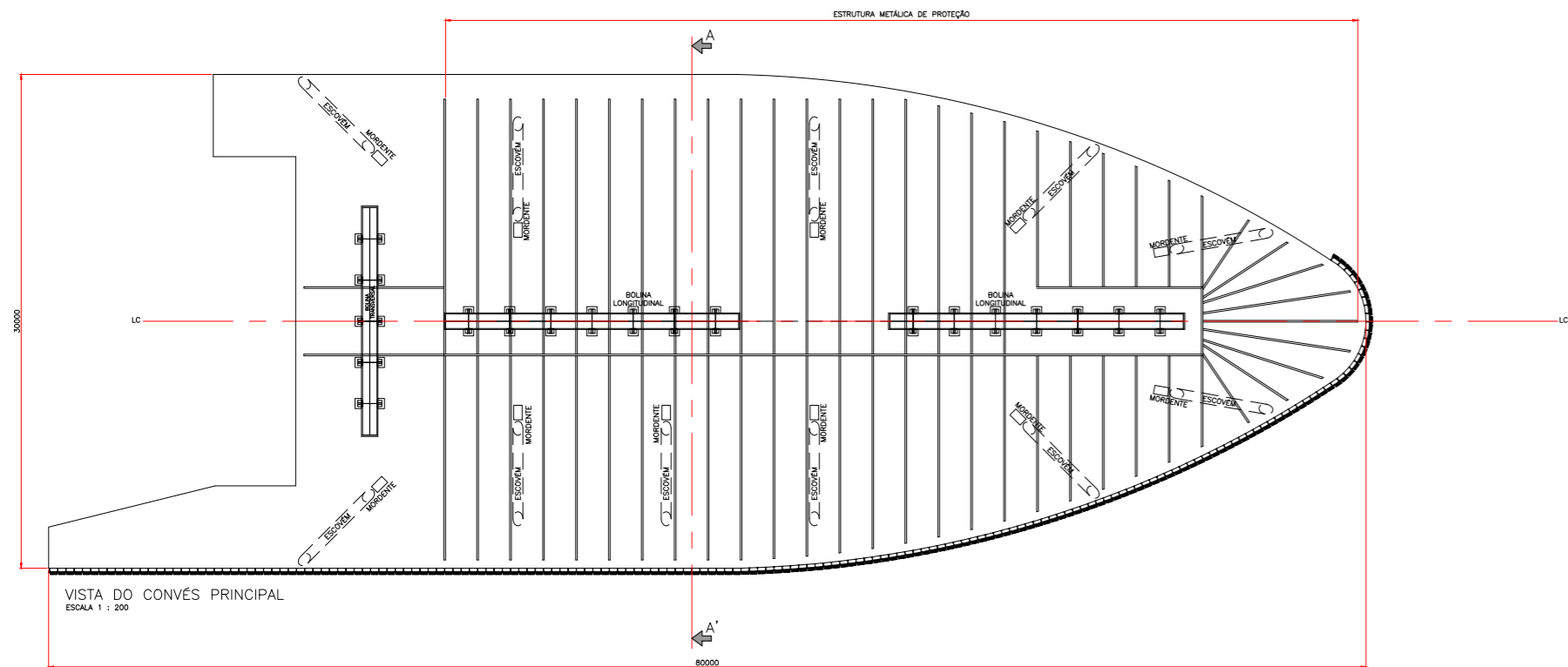
ASSUNTO: REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
SISTEMA DE PROTEÇÃO DOS PILARES - PLANTA GERAL DE LOCAÇÃO DOS MÓDULOS DE PROTEÇÃO

CONSORCIO: **ENESCIL** MAIA MELO ENGENHARIA

RESP. TÉCNICOS: CAIÃO F. RIBEIRO ROGERIO GHIGLIO

CREA: 06005/12333 11.470 DPE

Nº PROJETO: 3499 ELABORAÇÃO: OY VERIFICAÇÃO: OY APROVAÇÃO: CFR DATA: 18/09/2019



CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

| | |
|-----------------------|---------|
| COMP. DO CASCO..... | 80,00 m |
| COMP. ENTRE PERP..... | - m |
| BOCA DO CASCO..... | 30,00 m |
| PONTAL MOLDADO..... | 8,00 m |
| CALADO CARREGADO..... | - m |

(*) POR MÓDULO DE PROTEÇÃO

| REV. | DESCRIÇÃO | ELAB. | VERIF. | APROV. | DATA |
|----------------------------|-----------|-------|--------|--------|------|
| IDENTIFICAÇÃO DAS REVISÕES | | | | | |

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

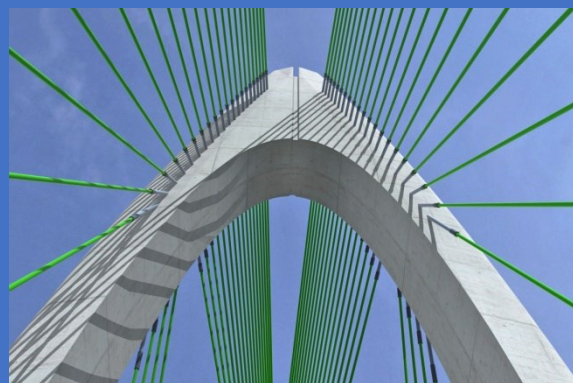
SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA
DE TRANSPORTES DA BAHIA - SIT

VISTO: DESENHO: ESCALA:
R-OAE-201-DE-10502-EN-RA INDICADA

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

ASSUNTO
PRODUTO 2 - REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
SISTEMA DE PROTEÇÃO DOS PILARES - DETALHE DOS MÓDULOS

| | | |
|---|---|------------------------------------|
| CONSORCIO: ENESOCIL ENGENHARIA DE PROJETOS | RESP. TÉCNICOS: CATÃO F. RIBEIRO ROGÉRIO GIGLIO | CREA: 0600512333 11.470 D/PE |
| Nº PROJETO: 3499 | ELABORAÇÃO: BRUNO | VERIFICAÇÃO: MAURÍCIO |
| | APROVAÇÃO: CATÃO F. RIBEIRO | DATA: 18/09/2019 |



REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

**PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
VOLUME 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO
TOMO I – TRECHO ESTAIADO**

CONTRATO: Nº 018-CT086-2019/SEINFRA

DOCUMENTO: R-PRO-200-CD-14121-EN

REVISÃO: RA

DATA: SETEMBRO / 2019

APRESENTAÇÃO

Apresentamos o Produto 2 do contrato de Revisão e Atualização do Orçamento do Projeto Básico de Referência, de acordo com os novos parâmetros de engenharia adotados.

O Produto 2 - Revisão do orçamento considerando a redução de duas faixas no tabuleiro da ponte e as alterações previstas no produto 1, contempla os seguintes novos parâmetros para a Ponte sobre a Baía de Todos os Santos:

- Redução do gabarito vertical do vão central para 85 m;
- Redução do comprimento do vão central para 450 m e dos vãos laterais para 205 m;
- Redução do comprimento dos vãos de aproximação para 70 m e 50 m;
- Redução da largura do tabuleiro para duas faixas mais acostamento.

O Produto 2 é constituído de 2 partes:

- Revisão conceitual da Ponte sobre a Baía de Todos os Santos com largura reduzida do tabuleiro;
- Orçamento revisado e atualizado

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL DA PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS - LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO

- Volume 1 – Desenhos
- Volume 2 – Memorial descritivo
- Volume 3 – Memória de cálculo de pré-dimensionamento em nível de levantamento de quantidades
- Volume 4 – Memória de cálculo dos quantitativos

PRODUTO 2 – ORÇAMENTO REVISADO E ATUALIZADO

- Volume 1 – Orçamento
- Volume 2 – Composições de Preços Unitários
- Volume 3 – Cotações

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO ESTAIADO

CONTRATO N° 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10111-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:



ÍNDICE

| | | | | | |
|----------|---|-----------|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 4 | 5.5 | Variação de temperatura dos elementos de concreto +15 graus | 21 |
| 2 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 5 | 5.6 | Variação de temperatura dos elementos de concreto -15 graus..... | 21 |
| 2.1 | Descrição geral do modelo | 5 | 5.7 | Gradiente de temperatura entre face superior e inferior do tabuleiro +5 graus | 21 |
| 2.2 | Seção transversal típica do tabuleiro | 5 | 5.8 | Variação de temperatura dos estais +15 graus | 22 |
| 2.3 | Propriedades geométricas das seções | 6 | 5.9 | Variação de temperatura dos estais -15 graus | 22 |
| 2.3.1 | Estacas | 6 | 5.10 | Frenagem / Aceleração - Sentido + x | 22 |
| 2.3.2 | Bloco dos apoios adjacentes..... | 7 | 5.11 | Frenagem / Aceleração - Sentido - x | 23 |
| 2.3.3 | Bloco dos mastros..... | 7 | 5.12 | Vento - Sentido +y..... | 23 |
| 2.3.4 | Mastros parte 1 | 8 | 5.13 | Vento - Sentido -y | 24 |
| 2.3.5 | Mastros parte 2 | 8 | 5.14 | Peso próprio da superestrutura do vão isostático | 25 |
| 2.3.6 | Mastros parte 3 | 9 | 5.15 | Cargas móveis da superestrutura do vão isostático | 25 |
| 2.3.7 | Mastros parte 4 | 9 | 5.16 | Cargas móveis | 26 |
| 2.3.8 | Mastros parte 5 | 10 | 6 | FASES DE EXECUÇÃO..... | 28 |
| 2.3.9 | Mastros parte 6 | 10 | 7 | VERIFICAÇÃO DAS ESTACAS | 33 |
| 2.3.10 | Mastros parte 7 | 11 | 7.1 | Carga geotécnica..... | 33 |
| 2.3.11 | Mastros parte 8 | 11 | 7.2 | Verificação estrutural das estacas dos mastros | 33 |
| 2.3.12 | Mastros parte 9 | 12 | 7.2.1 | Momentos fletores máximos de cálculo - My..... | 33 |
| 2.3.13 | Mastros parte 10 | 12 | 7.2.2 | Momentos fletores máximos de cálculo - Mz..... | 33 |
| 2.3.14 | Mastros - Ligação com as vigas travessas..... | 13 | 7.2.3 | Forças axiais máximas de cálculo - Fx | 34 |
| 2.3.15 | Mastros - Travessas de ligação com a superestrutura | 13 | 7.2.4 | Momentos fletores mínimos de cálculo - My | 34 |
| 2.3.16 | Tabuleiro - Seção típica | 14 | 7.2.5 | Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz | 34 |
| 2.3.17 | Tabuleiro - Seção engrossada | 14 | 7.2.6 | Forças axiais mínimas de cálculo - Fx..... | 34 |
| 2.3.18 | Tabuleiro - Seção variável..... | 15 | 7.2.7 | Esforços tabelados | 35 |
| 2.3.19 | Pilares - Apoios adjacentes..... | 15 | 7.2.8 | Gráfico de momentos resistentes / momentos solicitantes..... | 36 |
| 2.3.20 | Estais..... | 16 | 7.3 | Verificação estrutural das estacas dos apoios adjacentes | 37 |
| 3 | VINCULAÇÕES..... | 17 | 7.3.1 | Momentos fletores máximos de cálculo - My..... | 37 |
| 3.1 | Estacas - Pontas | 17 | 7.3.2 | Momentos fletores máximos de cálculo - Mz..... | 37 |
| 3.2 | Estacas - Laterais..... | 17 | 7.3.3 | Forças axiais máximas de cálculo - Fx | 37 |
| 4 | MATERIAIS..... | 17 | 7.3.4 | Momentos fletores mínimos de cálculo - My | 37 |
| 4.1 | Concreto 20MPa (Submerso) | 17 | 7.3.5 | Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz | 38 |
| 4.2 | Concreto 45MPa | 18 | 7.3.6 | Forças axiais mínimas de cálculo - Fx..... | 38 |
| 4.3 | Aço para estais..... | 18 | 7.3.7 | Esforços tabelados | 38 |
| 4.4 | Concreto 45MPa (retração / fluência e resistência à compressão) | 19 | 7.3.8 | Gráfico de momentos resistentes / momentos solicitantes..... | 39 |
| 5 | CARREGAMENTOS | 20 | 8 | VERIFICAÇÃO DOS PILARES DAS TORRES (TRECHO BLOCO - TABULEIRO)..... | 39 |
| 5.1 | Peso próprio dos elementos..... | 20 | 8.1 | Verificação estrutural..... | 39 |
| 5.2 | Peso próprio das transversinas de concreto | 20 | 8.1.1 | Momentos fletores máximos de cálculo - My..... | 39 |
| 5.3 | Pavimentação e barreiras de segurança | 20 | 8.1.2 | Momentos fletores máximos de cálculo - Mz..... | 39 |
| 5.4 | Força de macaqueamento dos pilares dos mastros..... | 20 | 8.1.3 | Forças axiais máximas de cálculo - Fx | 40 |
| | | | 8.1.4 | Momentos fletores mínimos de cálculo - My | 40 |
| | | | 8.1.5 | Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz | 40 |
| | | | 8.1.6 | Forças axiais mínimas de cálculo - Fx..... | 40 |
| | | | 8.1.7 | Seções analisadas..... | 41 |
| | | | 8.1.8 | Seção 1 | 41 |

| | | | | | |
|-----------|---|-----------|-----------|---|-----------|
| 8.1.9 | Seção 1 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 42 | 10.1.3 | Forças axiais máximas de cálculo - Fx | 60 |
| 8.1.10 | Seção 1 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 42 | 10.1.4 | Momentos fletores mínimos de cálculo - My | 60 |
| 8.1.11 | Seção 2..... | 43 | 10.1.5 | Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz | 60 |
| 8.1.12 | Seção 2 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 43 | 10.1.6 | Forças axiais mínimas de cálculo - Fx..... | 60 |
| 8.1.13 | Seção 2 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 44 | 10.1.7 | Seção no topo do pilar | 61 |
| 8.1.14 | Seção 3..... | 44 | 10.1.8 | Seção topo do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 61 |
| 8.1.15 | Seção 3 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 45 | 10.1.9 | Seção topo do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima | 62 |
| 8.1.16 | Seção 3 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 45 | 10.1.10 | Seção base do pilar | 62 |
| 8.1.17 | Seção 4..... | 45 | 10.1.11 | Seção base do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 63 |
| 8.1.18 | Seção 4 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 46 | 10.1.12 | Seção base do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima | 63 |
| 8.1.19 | Seção 4 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 46 | | | |
| 8.1.20 | Seção 5..... | 47 | 11 | VERIFICAÇÃO DO TABULEIRO..... | 64 |
| 8.1.21 | Seção 5 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 47 | 11.1 | Cabos de protensão | 64 |
| 8.1.22 | Seção 5 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 48 | 11.1.1 | Características dos cabos..... | 64 |
| | | | 11.1.2 | Cabos próximos ao apoio adjacente..... | 65 |
| 9 | VERIFICAÇÃO DAS TORRES (TRECHO TABULEIRO - TOPO) | 48 | 11.1.3 | Cabos das aduelas de disparo | 65 |
| 9.1 | Verificação estrutural | 48 | 11.1.4 | Cabos no vão central..... | 66 |
| 9.1.1 | Momentos fletores máximos de cálculo - My | 48 | 11.2 | Tensões devido à protensão | 68 |
| 9.1.2 | Momentos fletores máximos de cálculo - Mz | 48 | 11.2.1 | Tensões na face superior (Já consideradas as perdas no tempo infinito) | 68 |
| 9.1.3 | Forças axiais máximas de cálculo - Fx..... | 49 | 11.2.2 | Tensões na face inferior (Já consideradas as perdas no tempo infinito)..... | 68 |
| 9.1.4 | Momentos fletores mínimos de cálculo - My..... | 49 | 11.3 | Análise de tensões com cabos de protensão - Estado Limite de Serviço (E.L.S.) | 68 |
| 9.1.5 | Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz..... | 49 | 11.3.1 | Tensões máximas na face superior - Combinação Quase Permanente..... | 68 |
| 9.1.6 | Forças axiais mínimas de cálculo - Fx | 49 | 11.3.2 | Tensões máximas na face inferior - Combinação Quase Permanente | 69 |
| 9.1.7 | Seções analisadas | 50 | 11.3.3 | Tensões máximas na face superior - Combinação Frequente | 69 |
| 9.1.8 | Seção 6..... | 50 | 11.3.4 | Tensões máximas na face inferior - Combinação Frequente..... | 69 |
| 9.1.9 | Seção 6 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 51 | 11.3.5 | Conclusão para situação com cabos de protensão..... | 69 |
| 9.1.10 | Seção 6 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 51 | 11.4 | Verificação das seções no Estado Limite Ultimo (E.L.U.)..... | 69 |
| 9.1.11 | Seção 7..... | 52 | 11.4.1 | Momentos fletores de cálculo | 69 |
| 9.1.12 | Seção 7 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 52 | 11.4.2 | Esforços axiais de cálculo máximos..... | 70 |
| 9.1.13 | Seção 7 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 53 | 11.4.3 | Esforços axiais de cálculo mínimos | 70 |
| 9.1.14 | Seção 8..... | 53 | 11.4.4 | Envoltória de momentos fletores resistentes..... | 71 |
| 9.1.15 | Seção 8 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 54 | 11.5 | Verificação de esforços cortantes..... | 74 |
| 9.1.16 | Seção 8 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 54 | 11.5.1 | Forças cortantes de cálculo..... | 74 |
| 9.1.17 | Seção 9..... | 55 | 11.6 | Verificação de esforços de flexão durante as etapas construtivas | 75 |
| 9.1.18 | Seção 9 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 55 | 11.6.1 | Momentos fletores - Situação construtiva crítica..... | 75 |
| 9.1.19 | Seção 9 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 56 | 11.6.2 | Forças axiais - Situação construtiva crítica..... | 75 |
| 9.1.20 | Seção 10..... | 56 | 11.6.3 | Verificação das seções | 76 |
| 9.1.21 | Seção 10 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 57 | 11.6.4 | Conclusão | 77 |
| 9.1.22 | Seção 10 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 57 | | | |
| 9.1.23 | Seção 11..... | 58 | 12 | VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS | 77 |
| 9.1.24 | Seção 11 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima..... | 58 | 12.1 | Limite de tensão..... | 77 |
| 9.1.25 | Seção 11 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima..... | 59 | 12.2 | Forças máximas nos estais..... | 77 |
| | | | 12.3 | Tensões máximas nos estais | 78 |
| | | | 12.4 | Conclusão..... | 78 |
| 10 | VERIFICAÇÃO DOS PILARES DOS APOIOS ADJACENTES..... | 59 | | | |
| 10.1 | Verificação estrutural | 59 | 13 | DETERMINAÇÃO DAS PROTENSÕES DO MASTRO | 78 |
| 10.1.1 | Momentos fletores máximos de cálculo - My | 59 | | | |
| 10.1.2 | Momentos fletores máximos de cálculo - Mz | 59 | | | |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 14 | VERIFICAÇÕES DAS TRANSVERSINAS | 80 |
| 14.1 | Características das transversinas..... | 80 |
| 14.2 | Propriedades da seção | 80 |
| 14.3 | Dimensionamento da seção | 80 |
| 15 | FREQUENCIAS E MODOS DE VIBRAÇÃO | 81 |
| 15.1 | Objetivo | 81 |
| 15.2 | Modelo estrutural..... | 81 |
| 15.3 | Modelos estruturais analisados..... | 81 |
| 15.4 | Modelo 1..... | 83 |
| 15.4.1 | Primeiro modo de vibração | 83 |
| 15.4.2 | Segundo modo de vibração | 83 |
| 15.4.3 | Terceiro modo de vibração..... | 84 |
| 15.4.4 | Quarto modo de vibração..... | 84 |
| 15.4.5 | Quinto modo de vibração..... | 85 |
| 15.4.6 | Resumo tabelado..... | 85 |
| 15.5 | Modelo 2..... | 86 |
| 15.5.1 | Primeiro modo de vibração | 86 |
| 15.5.2 | Segundo modo de vibração | 86 |
| 15.5.3 | Terceiro modo de vibração..... | 86 |
| 15.5.4 | Quarto modo de vibração..... | 87 |
| 15.5.5 | Quinto modo de vibração..... | 87 |
| 15.5.6 | Resumo tabelado..... | 88 |
| 15.6 | Modelo 3..... | 89 |
| 15.6.1 | Primeiro modo de vibração | 89 |
| 15.6.2 | Segundo modo de vibração | 89 |
| 15.6.3 | Terceiro modo de vibração..... | 90 |
| 15.6.4 | Quarto modo de vibração..... | 90 |
| 15.6.5 | Quinto modo de vibração..... | 91 |
| 15.6.6 | Resumo tabelado..... | 91 |
| 15.7 | Modelo 4..... | 92 |
| 15.7.1 | Primeiro modo de vibração | 92 |
| 15.7.2 | Segundo modo de vibração | 92 |
| 15.7.3 | Terceiro modo de vibração..... | 93 |
| 15.7.4 | Quarto modo de vibração..... | 93 |
| 15.7.5 | Quinto modo de vibração..... | 94 |
| 15.7.6 | Resumo tabelado..... | 94 |
| 15.8 | Modelo 5..... | 95 |
| 15.8.1 | Primeiro modo de vibração | 95 |
| 15.8.2 | Segundo modo de vibração | 96 |
| 15.8.3 | Terceiro modo de vibração..... | 97 |
| 15.8.4 | Quarto modo de vibração..... | 98 |
| 15.8.5 | Quinto modo de vibração..... | 99 |
| 15.8.6 | Resumo tabelado..... | 100 |

1 INTRODUÇÃO

Comprimento do trecho estaiado = 860m (dois vãos laterais de 205m e um vão central de 450m)

Largura total do tabuleiro = 30 m

Ponte para Carga Móvel TB-450 (item 5.1 da NBR 7188:2013)

Grau de agressividade ambiental IV – Muito forte para infraestrutura

Grau de agressividade ambiental III – Forte para meso e superestrutura

Materiais

- Aço para armaduras passivas: CA – 50 - $f_{yk} = 500$ MPa
- Aço para armaduras ativas: CP-190RB - $f_{yk} = 1700$ MPa
- Aço estrutural : SAC – 350 - $f_{yk} = 350$ MPa
- Aço para estais: CP-177RB - $f_{yk} = 1600$ MPa
- Concretos:
 - Estacas $f_{ck} = 20$ MPa
 - Blocos $f_{ck} = 45$ MPa
 - Pilares das torres $f_{ck} = 45$ MPa
 - Pilares dos apoios adjacentes $f_{ck} = 45$ MPa
 - Torre acima do tabuleiro $f_{ck} = 45$ MPa
 - Tabuleiro $f_{ck} = 45$ MPa

Bibliografia

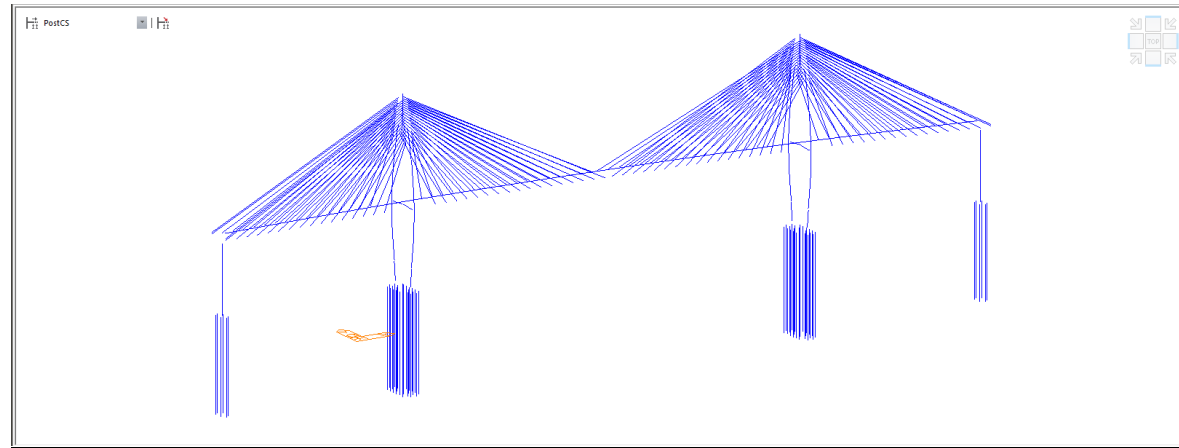
- NBR 6118:2014, NBR 7187:2003, NBR 8681:2003
- Fundamentos da técnica de armar - P. B. Fusco
- Técnicas de armar as estruturas de concreto - Péricles B. Fusco
- Construções de concreto - F. Leonhardt / E. Monnig
- SETRA - Recommendations of French interministerial commission on Prestressing

2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

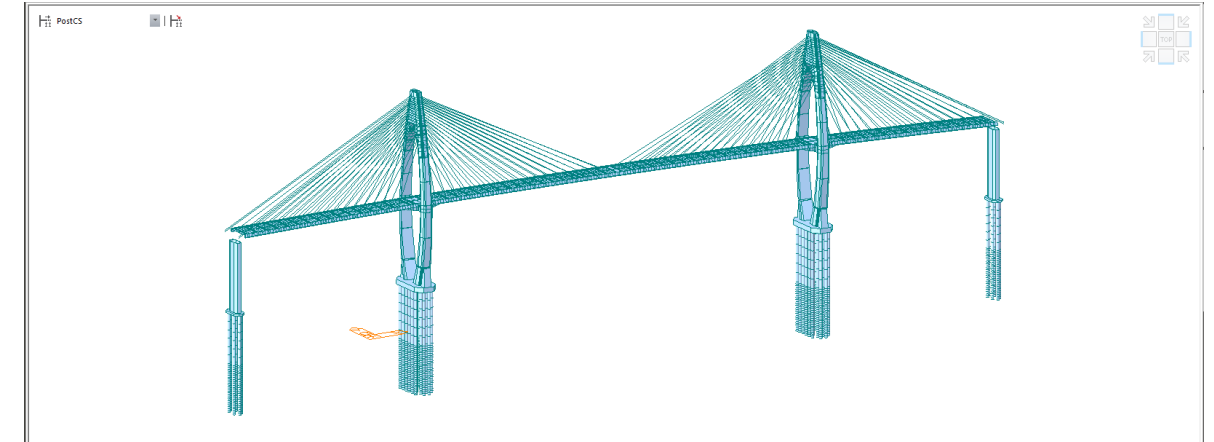
2.1 Descrição geral do modelo

O modelo de cálculo foi gerado no software Midas Civil representando fielmente as características geométricas da OAE. Primeiramente o modelo é gerado de forma completa, na situação em que a obra ficará depois de concluída. Nessa fase são atribuídas das propriedades geométricas, materiais, apoios, vinculações, etc. aos elementos. Após o modelo completo estar pronto damos início ao detalhamento das fases de execução. O software utilizado tem a capacidade de gerar fases de execução, adicionando ou removendo barras, carregamentos, etc. para simular as diversas etapas construtivas. Alguns modelos secundários serão gerados para análises localizadas. À medida que for necessário faremos a descrição desses modelos, mas a princípio vamos nos ater à descrição do modelo principal.

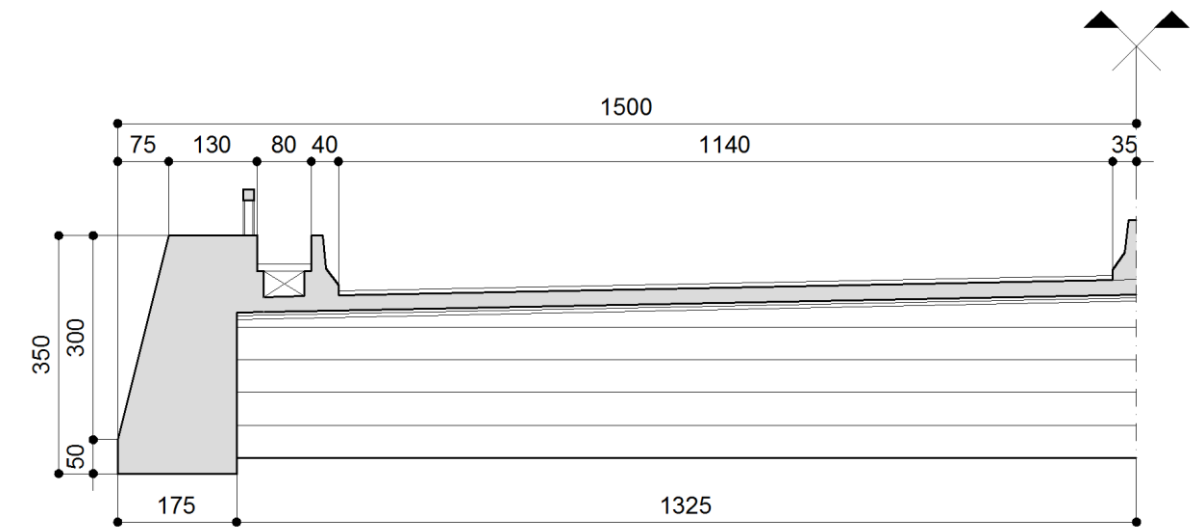
Vista isométrica do modelo de barras:



Vista isométrica do modelo de renderizado:



2.2 Seção transversal típica do tabuleiro



2.3 Propriedades geométricas das seções

2.3.1 Estacas

Section Data

DB/User | Section ID: 49 | Solid Round

Name: Pile_Ø=2,5 | User | DB: AISC10(US)

Sect. Name: | Built-Up Section:

Get Data from Single Angle | DB Name: AISC10(US) | Sect. Name: |

D: 2.5 m

Section Properties

| | Value | Unit |
|----------|----------------|----------------|
| Area | 4.908739e+000 | m ² |
| Asy | 4.417865e+000 | m ² |
| Asz | 4.417865e+000 | m ² |
| Ixx | 3.834952e+000 | m ⁴ |
| Iyy | 1.917476e+000 | m ⁴ |
| Izz | 1.917476e+000 | m ⁴ |
| Cyp | 1.250000e+000 | m |
| Cym | 1.250000e+000 | m |
| Czp | 1.250000e+000 | m |
| Czm | 1.250000e+000 | m |
| Qyb | 5.208333e-001 | m ² |
| Qzb | 5.208333e-001 | m ² |
| Peri:0 | 7.853982e+000 | m |
| Peri:1 | 0.000000e+000 | m |
| Center:y | 1.250000e+000 | m |
| Center:z | 1.250000e+000 | m |
| y1 | 0.000000e+000 | m |
| z1 | 1.250000e+000 | m |
| y2 | 1.250000e+000 | m |
| z2 | 0.000000e+000 | m |
| y3 | 0.000000e+000 | m |
| z3 | -1.250000e+000 | m |
| y4 | -1.250000e+000 | m |
| z4 | 0.000000e+000 | m |

Section Data

DB/User | Section ID: 74 | Solid Round

Name: Pile_Ø3 | User | DB: AISC10(US)

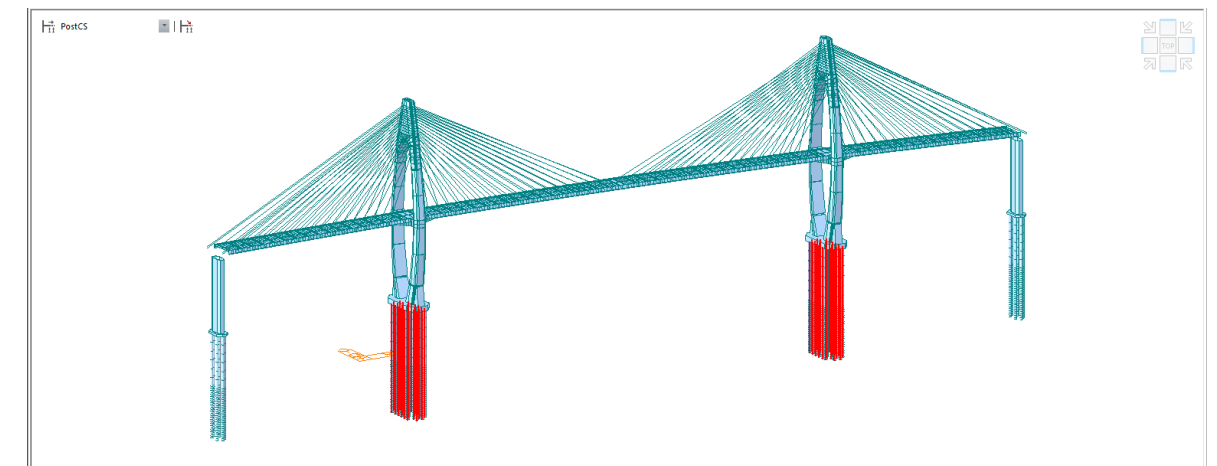
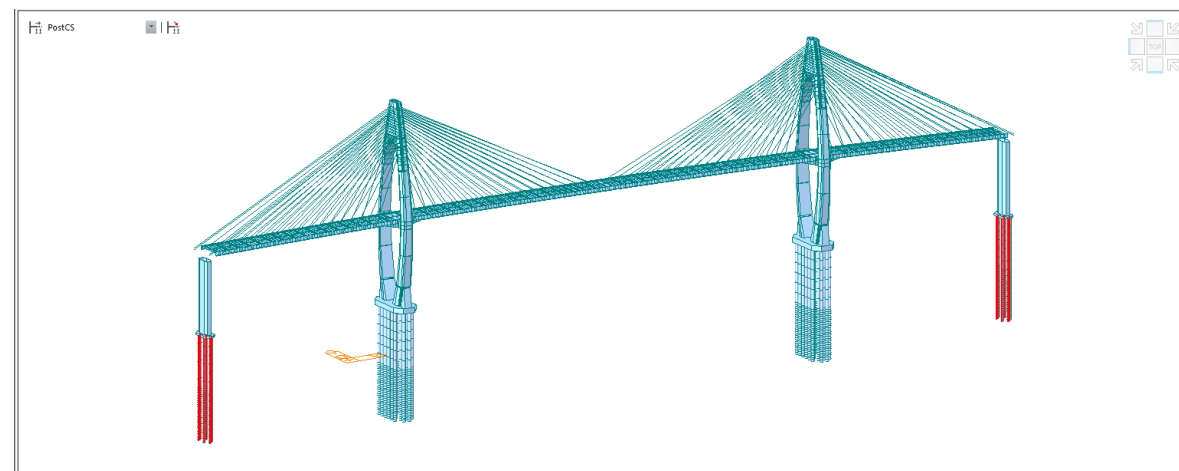
Sect. Name: | Built-Up Section:

Get Data from Single Angle | DB Name: AISC10(US) | Sect. Name: |

D: 3 m

Section Properties

| | Value | Unit |
|----------|----------------|----------------|
| Area | 7.068583e+000 | m ² |
| Asy | 6.361725e+000 | m ² |
| Asz | 6.361725e+000 | m ² |
| Ixx | 7.952156e+000 | m ⁴ |
| Iyy | 3.976078e+000 | m ⁴ |
| Izz | 3.976078e+000 | m ⁴ |
| Cyp | 1.500000e+000 | m |
| Cym | 1.500000e+000 | m |
| Czp | 1.500000e+000 | m |
| Czm | 1.500000e+000 | m |
| Qyb | 7.500000e-001 | m ² |
| Qzb | 7.500000e-001 | m ² |
| Peri:0 | 9.424778e+000 | m |
| Peri:1 | 0.000000e+000 | m |
| Center:y | 1.500000e+000 | m |
| Center:z | 1.500000e+000 | m |
| y1 | 0.000000e+000 | m |
| z1 | 1.500000e+000 | m |
| y2 | 1.500000e+000 | m |
| z2 | 0.000000e+000 | m |
| y3 | 0.000000e+000 | m |
| z3 | -1.500000e+000 | m |
| y4 | -1.500000e+000 | m |
| z4 | 0.000000e+000 | m |




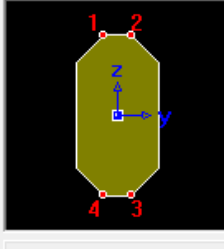
2.3.2 Bloco dos apoios adjacentes

Section Data

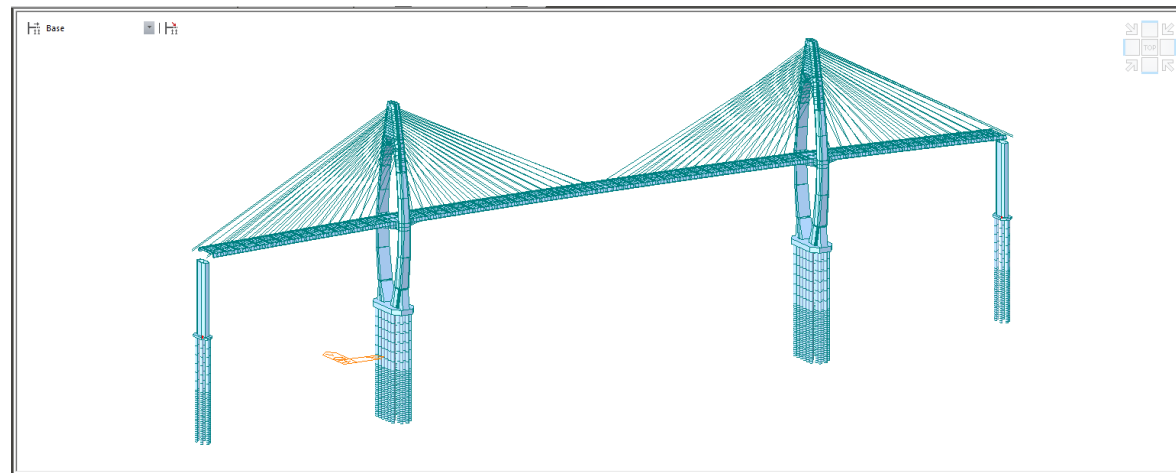
DB/User Value

Section ID: 57

Name: Pile Cap Adj. Built-Up Section

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Area | 2.44000e+002 | m^2 |
| Asy | 2.03017e+002 | m^2 |
| Asz | 2.09013e+002 | m^2 |
| Ixx | 7.70296e+003 | m^4 |
| Iyy | 8.83100e+003 | m^4 |
| Izz | 2.58667e+003 | m^4 |
| Cyp | 6.0000 | m |
| Cym | 6.0000 | m |
| Czp | 11.5000 | m |
| Czm | 11.5000 | m |
| Qyb | 52.5694 | m^2 |
| Qzb | 14.7536 | m^2 |
| Peri:O | 6.06274e+001 | m |
| Peri:I | 0.00000e+000 | m |
| Cent:y | 6.0000 | m |
| Cent:z | 11.5000 | m |



2.3.3 Bloco dos mastros

Section Data

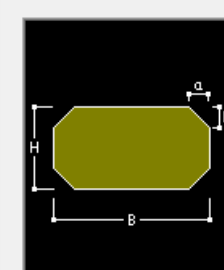
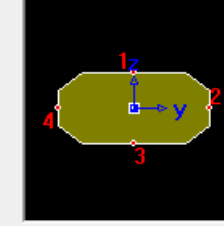
DB/User

Section ID: 47

Name: Tower Pile Cap User DB

Sect. Name

Built-Up Section

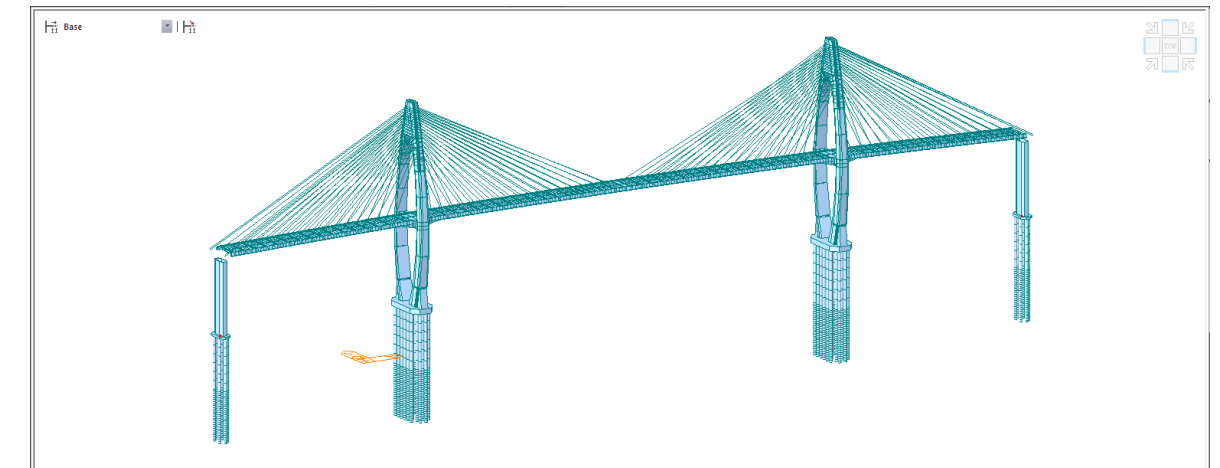
Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name

| | | |
|---|----|---|
| H | 24 | m |
| B | 51 | m |
| a | 8 | m |
| b | 6 | m |

| | Value | Unit |
|----------|----------------|------|
| Area | 1.128000e+003 | m^2 |
| Asy | 9.400000e+002 | m^2 |
| Asz | 9.400000e+002 | m^2 |
| Ixx | 1.324256e+005 | m^4 |
| Iyy | 4.896000e+004 | m^4 |
| Izz | 2.149100e+005 | m^4 |
| Cyp | 2.550000e+001 | m |
| Cym | 2.550000e+001 | m |
| Czp | 1.200000e+001 | m |
| Czm | 1.200000e+001 | m |
| Qyb | 6.258824e+001 | m^2 |
| Qzb | 2.794583e+002 | m^2 |
| Peri:O | 1.340000e+002 | m |
| Peri:I | 0.000000e+000 | m |
| Center:y | 2.550000e+001 | m |
| Center:z | 1.200000e+001 | m |
| y1 | 0.000000e+000 | m |
| z1 | 1.200000e+001 | m |
| y2 | 2.550000e+001 | m |
| z2 | 0.000000e+000 | m |
| y3 | 0.000000e+000 | m |
| z3 | -1.200000e+001 | m |
| y4 | -2.550000e+001 | m |
| z4 | 0.000000e+000 | m |



2.3.4 Mastros parte 1

Section Data DB/User Tapered

Section ID: 69

Name: 1-2

General Section

Value User DB AISC10(US)

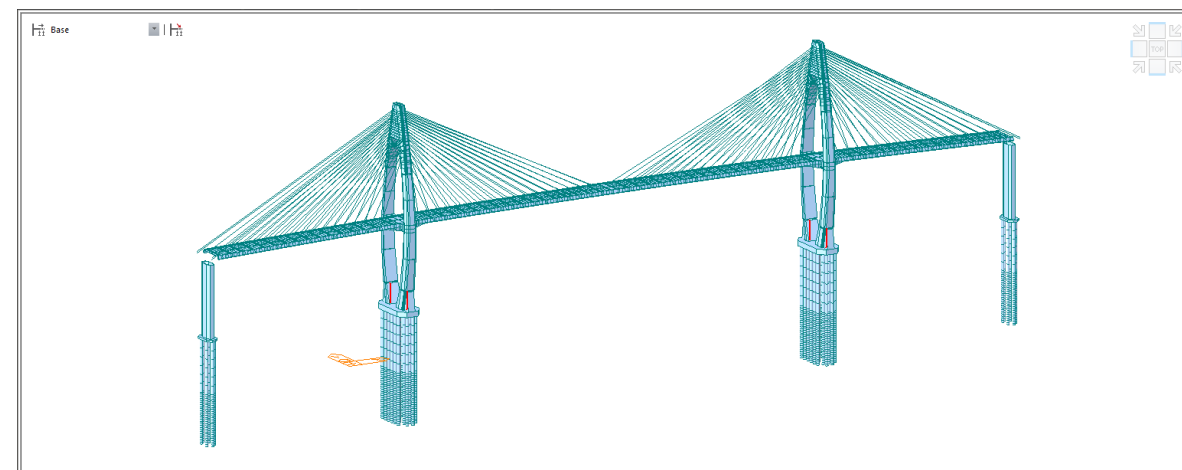
Section-i

| Property | Value | Unit |
|----------|--------------|----------------|
| Area | 3.85531e+001 | m ² |
| Asy | 1.83333e+001 | m ² |
| Asz | 1.60664e+001 | m ² |
| Ixx | 1.26016e+003 | m ⁴ |
| Iyy | 6.78587e+002 | m ⁴ |

Section-j

| Property | Value | Unit |
|----------|--------------|----------------|
| Area | 2.69593e+001 | m ² |
| Asy | 8.22522e+000 | m ² |
| Asz | 1.58804e+001 | m ² |
| Ixx | 5.57683e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 4.24264e+002 | m ⁴ |

| Property | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|---------------|---------------|----------------|
| Area | 3.85531e+001 | 2.69593e+001 | m ² |
| Asy | 1.83333e+001 | 8.22522e+000 | m ² |
| Asz | 1.60664e+001 | 1.58804e+001 | m ² |
| Ixx | 1.26016e+003 | 5.57683e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 6.78587e+002 | 4.24264e+002 | m ⁴ |
| Izz | 1.41533e+003 | 3.18550e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 9.66854e+000 | 4.55171e+000 | m |
| Cym | 8.43146e+000 | 4.68329e+000 | m |
| Czm | 6.49995e+000 | 6.23443e+000 | m |
| Czm | 6.50005e+000 | 6.23457e+000 | m |
| Qyb | 4.05014e+001 | 2.61674e+001 | m ² |
| Qzb | 6.05127e+001 | 3.51707e+001 | m ² |
| Peri:O | 5.89458e+001 | 4.01538e+001 | m |
| Peri:I | 6.47305e+001 | 4.48765e+001 | m |
| Center:y | 8.43146e+000 | 4.68329e+000 | m |
| Center:z | 6.50005e+000 | 6.23457e+000 | m |
| v1 | -8.43146e+000 | -4.68329e+000 | m |
| z1 | 6.49995e+000 | 6.23443e+000 | m |
| y2 | 9.66854e+000 | 4.55171e+000 | m |
| z2 | 3.66035e+000 | 3.39483e+000 | m |
| v3 | 9.66854e+000 | 4.55171e+000 | m |
| z3 | -3.66045e+000 | -3.39497e+000 | m |
| y4 | -8.43146e+000 | -4.68329e+000 | m |
| z4 | -6.50005e+000 | -6.23457e+000 | m |



2.3.5 Mastros parte 2

Section Data DB/User Tapered

Section ID: 70

Name: 3-4

General Section

Value User DB AISC10(US)

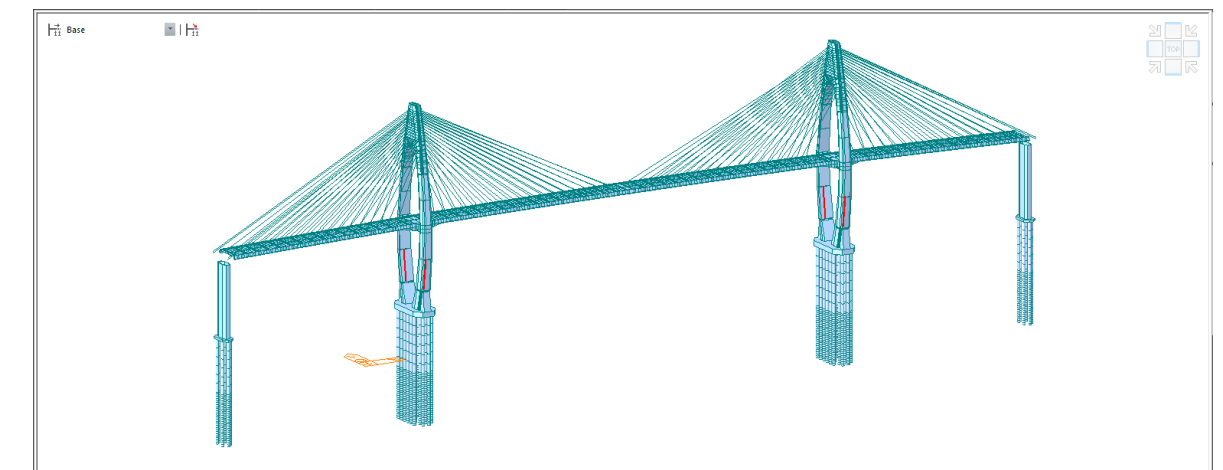
Section-i

| Property | Value | Unit | |
|----------|--------------|----------------|----------------|
| Area | 2.73085e+001 | m ² | |
| Asy | 7.59753e+000 | m ² | |
| Asz | 1.71044e+001 | m ² | |
| Ixx | 5.58561e+002 | m ⁴ | |
| Iyy | 4.50975e+002 | 3.34436e+002 | m ⁴ |

Section-j

| Property | Value | Unit | |
|----------|--------------|----------------|----------------|
| Area | 2.43173e+001 | m ² | |
| Asy | 5.74127e+000 | m ² | |
| Asz | 1.63722e+001 | m ² | |
| Ixx | 3.45156e+002 | m ⁴ | |
| Iyy | 4.50975e+002 | 3.34436e+002 | m ⁴ |

| Property | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|---------------|---------------|----------------|
| Area | 2.73085e+001 | 2.43173e+001 | m ² |
| Asy | 7.59753e+000 | 5.74127e+000 | m ² |
| Asz | 1.71044e+001 | 1.63722e+001 | m ² |
| Ixx | 5.58561e+002 | 3.45156e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 4.50975e+002 | 3.34436e+002 | m ⁴ |
| Izz | 2.93410e+002 | 1.67393e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 3.89554e+000 | 3.19395e+000 | m |
| Cym | 4.57446e+000 | 3.66605e+000 | m |
| Czp | 6.25999e+000 | 5.97999e+000 | m |
| Czm | 6.26010e+000 | 5.98001e+000 | m |
| Qyb | 2.71763e+001 | 2.19668e+001 | m ² |
| Qzb | 3.39084e+001 | 2.42825e+001 | m ² |
| Peri:O | 3.86778e+001 | 3.43378e+001 | m |
| Peri:I | 3.35903e+001 | 2.92503e+001 | m |
| Center:y | 4.57446e+000 | 3.66605e+000 | m |
| Center:z | 6.26010e+000 | 5.98001e+000 | m |
| v1 | -4.57446e+000 | -3.66605e+000 | m |
| z1 | 6.25999e+000 | 5.97999e+000 | m |
| y2 | 3.46124e+000 | 2.75965e+000 | m |
| z2 | 4.66389e+000 | 4.38389e+000 | m |
| v3 | 3.46124e+000 | 2.75965e+000 | m |
| z3 | -4.66391e+000 | -4.38391e+000 | m |
| y4 | -4.57446e+000 | -3.66605e+000 | m |
| z4 | -6.26010e+000 | -5.98001e+000 | m |



2.3.6 Mastros parte 3

Section Data

DB/User Tapered

Section ID: 71

Name: 4-5

General Section

Value User DB AISC10(US)

Section-i

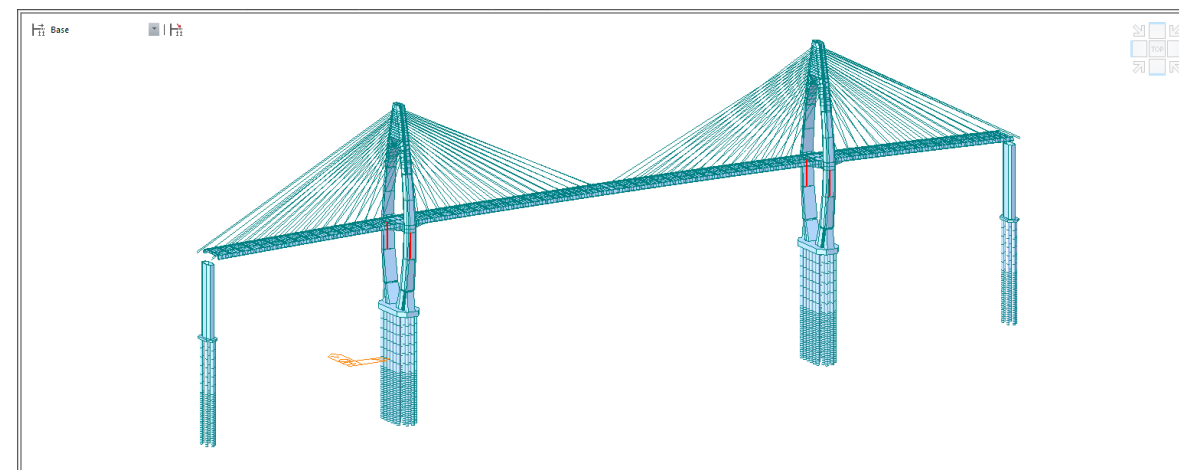
| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.43173e+001 | m ² |
| Asy | 5.74127e+000 | m ² |
| Asz | 1.63722e+001 | m ² |
| Ixx | 3.45156e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 3.34436e+002 | m ⁴ |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.19684e+001 | m ² |
| Asy | 4.84008e+000 | m ² |
| Asz | 1.51224e+001 | m ² |
| Ixx | 2.36872e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 2.50710e+002 | m ⁴ |

Section Properties

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Area | 2.431730e+001 | 2.196840e+001 | m ² |
| Asy | 5.741270e+000 | 4.840080e+000 | m ² |
| Asz | 1.637220e+001 | 1.512240e+001 | m ² |
| Ixx | 3.451560e+002 | 2.368720e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 3.344360e+002 | 2.507100e+002 | m ⁴ |
| Izz | 1.673930e+002 | 1.131340e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 3.193950e+000 | 2.848030e+000 | m |
| Cym | 3.666050e+000 | 3.171970e+000 | m |
| Czp | 5.979990e+000 | 5.615010e+000 | m |
| Czm | 5.980010e+000 | 5.614990e+000 | m |
| Qyb | 2.19685e+001 | 1.804239e+001 | m ² |
| Qzb | 2.428252e+001 | 1.900485e+001 | m ² |
| Peri:O | 3.433780e+001 | 3.119770e+001 | m |
| Peri:I | 2.925030e+001 | 2.611020e+001 | m |
| Center:y | 3.666050e+000 | 3.171970e+000 | m |
| Center:z | 5.980010e+000 | 5.614990e+000 | m |
| v1 | -3.666050e+000 | -3.171970e+000 | m |
| z1 | 5.979990e+000 | 5.615010e+000 | m |
| y2 | 2.759650e+000 | 2.413630e+000 | m |
| z2 | 4.383890e+000 | 4.018910e+000 | m |
| v3 | 2.759650e+000 | 2.413630e+000 | m |
| z3 | -4.383910e+000 | -4.018890e+000 | m |
| y4 | -3.666050e+000 | -3.171970e+000 | m |
| z4 | -5.980010e+000 | -5.614990e+000 | m |



2.3.7 Mastros parte 4

Section Data

DB/User Tapered

Section ID: 72

Name: 6-7

General Section

Value User DB AISC10(US)

Section-i

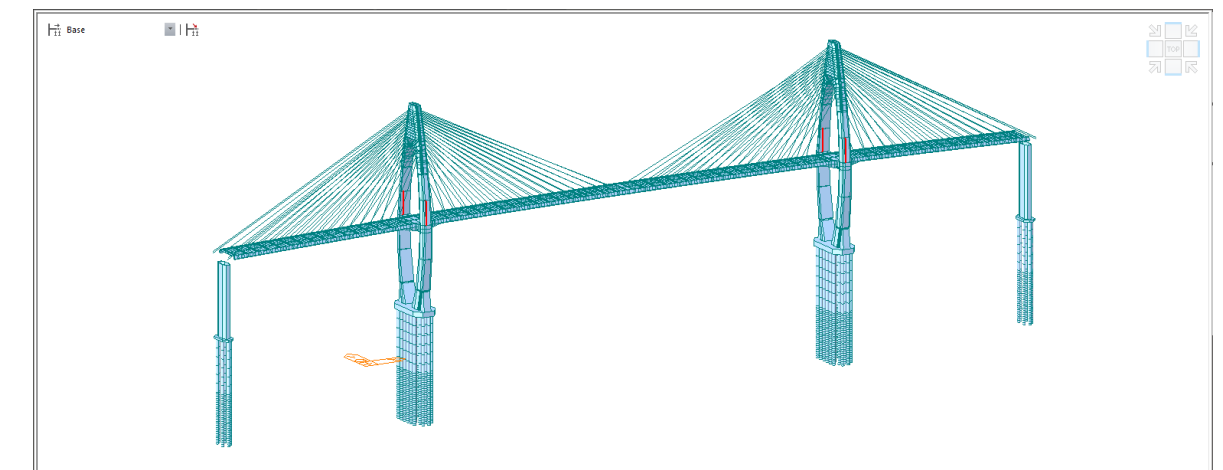
| Section Properties | | |
|--------------------|---------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.19439e+001 | m ² |
| Asy | 4.83801e+000 | m ² |
| Asz | 1.51461e+001 | m ² |
| Ixx | 2.35994e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 2.500190e+002 | m ⁴ |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.10849e+001 | m ² |
| Asy | 5.42180e+000 | m ² |
| Asz | 1.40675e+001 | m ² |
| Ixx | 2.39067e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 2.50019e+002 | m ⁴ |

Section Properties

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Area | 2.194390e+001 | 2.108490e+001 | m ² |
| Asy | 4.838010e+000 | 5.421800e+000 | m ² |
| Asz | 1.514610e+001 | 1.406750e+001 | m ² |
| Ixx | 2.359940e+002 | 2.390670e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 2.500190e+002 | 2.126680e+002 | m ⁴ |
| Izz | 1.122000e+002 | 1.170810e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 2.838990e+000 | 3.431630e+000 | m |
| Cym | 3.161010e+000 | 2.818370e+000 | m |
| Czp | 5.615010e+000 | 5.160030e+000 | m |
| Czm | 5.614990e+000 | 5.159970e+000 | m |
| Qyb | 1.800625e+001 | 1.689067e+001 | m ² |
| Qzb | 1.891694e+001 | 1.893522e+001 | m ² |
| Peri:O | 3.115780e+001 | 2.983780e+001 | m |
| Peri:I | 2.607030e+001 | 2.450230e+001 | m |
| Center:y | 3.161010e+000 | 2.818370e+000 | m |
| Center:z | 5.614990e+000 | 5.159970e+000 | m |
| v1 | -3.161010e+000 | -2.818370e+000 | m |
| z1 | 5.615010e+000 | 5.160030e+000 | m |
| y2 | 2.404690e+000 | 2.997330e+000 | m |
| z2 | 4.018910e+000 | 3.563930e+000 | m |
| v3 | 2.404690e+000 | 2.997330e+000 | m |
| z3 | -4.018890e+000 | -3.563870e+000 | m |
| y4 | -3.161010e+000 | -2.818370e+000 | m |
| z4 | -5.614990e+000 | -5.159970e+000 | m |



2.3.8 Mastros parte 5

Section Data DB/User Tapered

Section ID: 73

Name: 7-8

General Section

Value User DB AISC10(US)

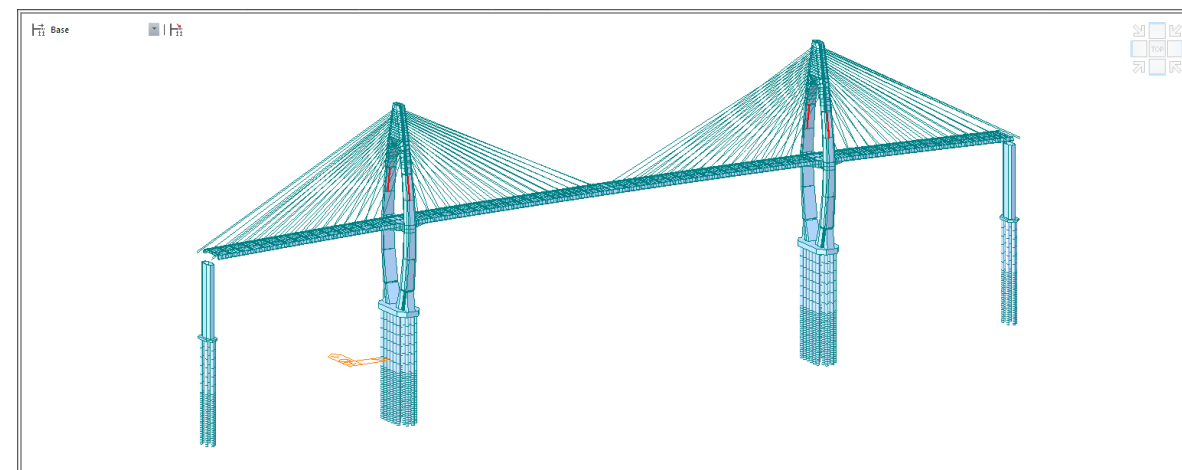
Section-i

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.10849e+001 | m ² |
| Asy | 5.42180e+000 | m ² |
| Asz | 1.40675e+001 | m ² |
| Ixx | 2.39067e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 2.12668e+002 | m ⁴ |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.04113e+001 | m ² |
| Asy | 5.97305e+000 | m ² |
| Asz | 1.28169e+001 | m ² |
| Ixx | 2.15925e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 1.77643e+002 | m ⁴ |

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Area | 2.108490e+001 | 2.041130e+001 | m ² |
| Asy | 5.421800e+000 | 5.973050e+000 | m ² |
| Asz | 1.406750e+001 | 1.281690e+001 | m ² |
| Ixx | 2.390670e+002 | 2.159250e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 2.126680e+002 | 1.776430e+002 | m ⁴ |
| Izz | 1.170810e+002 | 1.093850e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 3.431630e+000 | 4.008470e+000 | m |
| Cym | 2.818370e+000 | 2.501530e+000 | m |
| Czp | 5.160030e+000 | 4.705010e+000 | m |
| Czm | 5.159970e+000 | 4.704990e+000 | m |
| Qyb | 1.689067e+001 | 1.568733e+001 | m ² |
| Qzb | 1.893522e+001 | 1.719058e+001 | m ² |
| Peri:O | 2.983780e+001 | 2.853780e+001 | m |
| Peri:I | 2.450230e+001 | 2.302030e+001 | m |
| Center:y | 2.818370e+000 | 2.501530e+000 | m |
| Center:z | 5.159970e+000 | 4.704990e+000 | m |
| y1 | -2.818370e+000 | -2.501530e+000 | m |
| z1 | 5.160030e+000 | 4.705010e+000 | m |
| y2 | 2.997330e+000 | 3.574170e+000 | m |
| z2 | 3.563930e+000 | 3.108910e+000 | m |
| y3 | 2.997330e+000 | 3.574170e+000 | m |
| z3 | -3.563870e+000 | -3.108890e+000 | m |
| y4 | -2.818370e+000 | -2.501530e+000 | m |
| z4 | -5.159970e+000 | -4.704990e+000 | m |



2.3.9 Mastros parte 6

Section Data DB/User Tapered

Section ID: 36

Name: M_16-17

General Section

Value User DB AISC10(US)

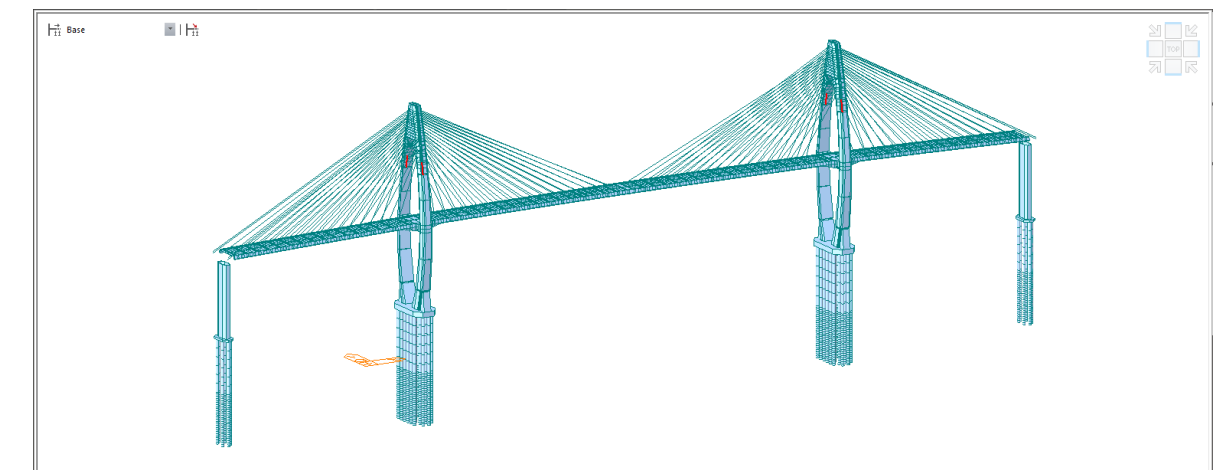
Section-i

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.11537e+001 | m ² |
| Asy | 1.34263e+001 | m ² |
| Asz | 6.26189e+000 | m ² |
| Ixx | 1.95589e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 9.53355e+001 | m ⁴ |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 2.11522e+001 | m ² |
| Asy | 1.31294e+001 | m ² |
| Asz | 7.00522e+000 | m ² |
| Ixx | 2.05542e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 1.05788e+002 | m ⁴ |

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Area | 2.115370e+001 | 2.115220e+001 | m ² |
| Asy | 1.342630e+001 | 1.312940e+001 | m ² |
| Asz | 6.261890e+000 | 7.005220e+000 | m ² |
| Ixx | 1.955890e+002 | 2.055420e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 9.533550e+001 | 1.057880e+002 | m ⁴ |
| Izz | 1.812110e+002 | 1.744950e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 4.696530e+000 | 4.525050e+000 | m |
| Cym | 4.696540e+000 | 4.525060e+000 | m |
| Czp | 2.349950e+000 | 2.950120e+000 | m |
| Czm | 4.211590e+000 | 4.385560e+000 | m |
| Qyb | 1.141902e+001 | 1.130998e+001 | m ² |
| Qzb | 1.524919e+001 | 1.500143e+001 | m ² |
| Peri:O | 2.867320e+001 | 2.953560e+001 | m |
| Peri:I | 3.913130e+001 | 3.930780e+001 | m |
| Center:y | 4.696540e+000 | 4.525060e+000 | m |
| Center:z | 4.211590e+000 | 4.385560e+000 | m |
| y1 | -4.696540e+000 | -4.525060e+000 | m |
| z1 | 2.349950e+000 | 2.950120e+000 | m |
| y2 | 4.696530e+000 | 4.525050e+000 | m |
| z2 | 2.349950e+000 | 2.950120e+000 | m |
| y3 | 3.270300e+000 | 3.098820e+000 | m |
| z3 | -3.626650e+000 | -3.800620e+000 | m |
| y4 | -3.270310e+000 | -3.098830e+000 | m |
| z4 | -3.626650e+000 | -3.800620e+000 | m |



2.3.10 Mastros parte 7

Section Data

DB/User Tapered

Section ID: 37

Name: M_17-18

General Section

Value User DB AISC10(US)

Section-i

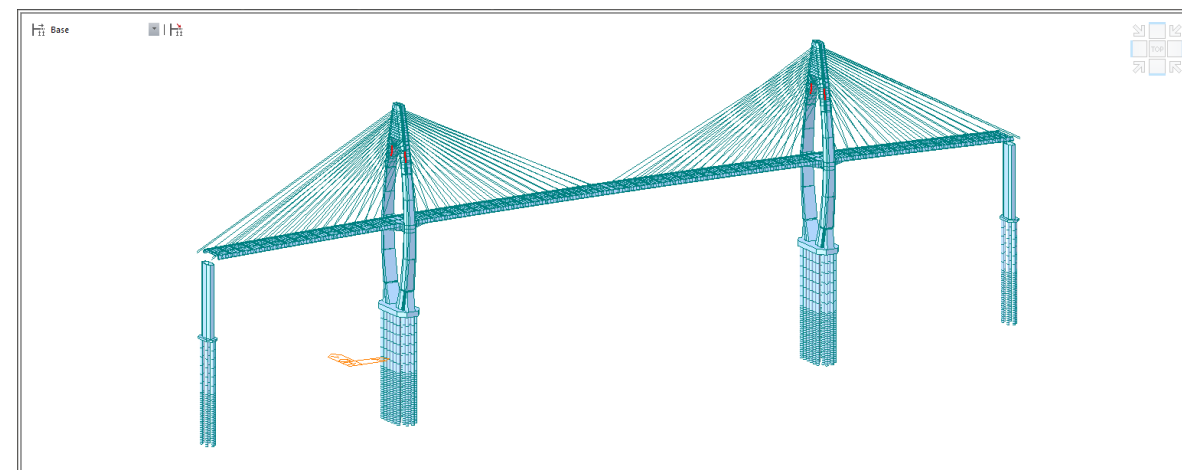
| Import | | |
|--------|--------------|-----|
| Area | 2.11522e+001 | m^2 |
| Asy | 1.31294e+001 | m^2 |
| Asz | 7.00522e+000 | m^2 |
| lxx | 2.05542e+002 | m^4 |
| lvy | 1.05788e+002 | m^4 |

Section-j

| Import | | |
|--------|--------------|-----|
| Area | 2.19551e+001 | m^2 |
| Asy | 1.29688e+001 | m^2 |
| Asz | 8.36838e+000 | m^2 |
| lxx | 2.49971e+002 | m^4 |
| lvy | 1.46886e+002 | m^4 |

Section Properties

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|------|
| Area | 2.115220e+001 | 2.195510e+001 | m^2 |
| Asy | 1.312940e+001 | 1.296880e+001 | m^2 |
| Asz | 7.005220e+000 | 8.368380e+000 | m^2 |
| lxx | 2.055420e+002 | 2.499710e+002 | m^4 |
| lvy | 1.057880e+002 | 1.468860e+002 | m^4 |
| lzz | 1.744950e+002 | 1.799030e+002 | m^4 |
| Cyp | 4.525050e+000 | 4.355960e+000 | m |
| Cym | 4.525060e+000 | 4.360010e+000 | m |
| Czp | 2.950120e+000 | 4.141540e+000 | m |
| Czm | 4.385560e+000 | 4.817350e+000 | m |
| Qyb | 1.130998e+001 | 1.163867e+001 | m^2 |
| Qzb | 1.500143e+001 | 1.545544e+001 | m^2 |
| Peri:O | 2.953560e+001 | 3.208990e+001 | m |
| Peri:I | 3.930780e+001 | 4.116360e+001 | m |
| Center:y | 4.525060e+000 | 4.360010e+000 | m |
| Center:z | 4.385560e+000 | 4.817350e+000 | m |
| y1 | -4.525060e+000 | -4.360010e+000 | m |
| z1 | 2.950120e+000 | 4.141540e+000 | m |
| y2 | 4.525050e+000 | 4.355960e+000 | m |
| z2 | 2.950120e+000 | 4.141540e+000 | m |
| y3 | 3.098820e+000 | 2.929730e+000 | m |
| z3 | -3.800620e+000 | -4.232410e+000 | m |
| y4 | -3.098830e+000 | -2.889780e+000 | m |
| z4 | -3.800620e+000 | -4.238680e+000 | m |



2.3.11 Mastros parte 8

Section Data

DB/User Tapered

Section ID: 38

Name: M_18-19

General Section

Value User DB AISC10(US)

Section-i

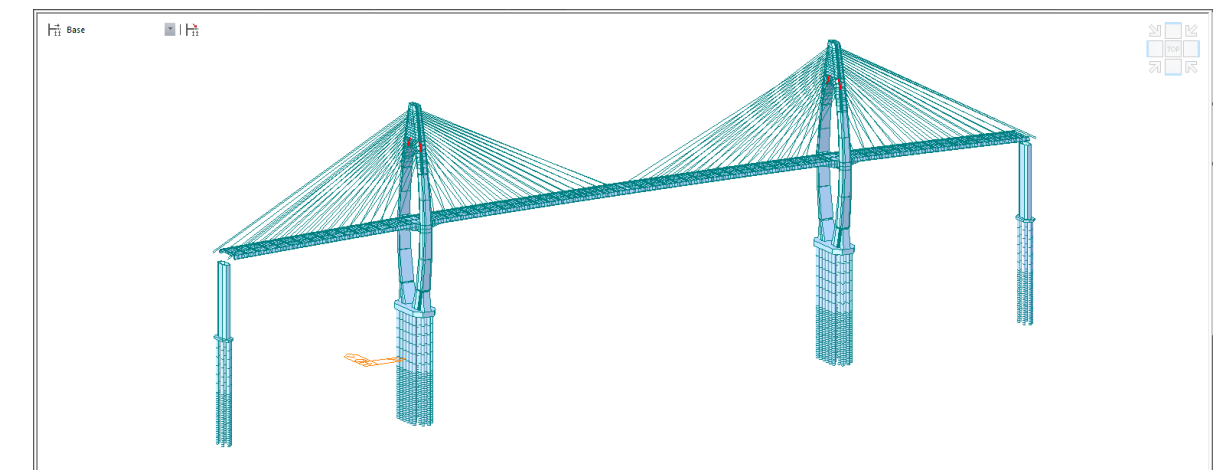
| Import | | |
|--------|--------------|-----|
| Area | 2.19551e+001 | m^2 |
| Asy | 1.29688e+001 | m^2 |
| Asz | 8.36838e+000 | m^2 |
| lxx | 2.49971e+002 | m^4 |
| lvy | 1.46886e+002 | m^4 |

Section-j

| Import | | |
|--------|--------------|-----|
| Area | 2.98504e+001 | m^2 |
| Asy | 1.54833e+001 | m^2 |
| Asz | 1.06413e+001 | m^2 |
| lxx | 5.29820e+002 | m^4 |
| lvy | 6.21033e+002 | m^4 |

Section Properties

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|------|
| Area | 2.195510e+001 | 2.985040e+001 | m^2 |
| Asy | 1.296880e+001 | 1.548330e+001 | m^2 |
| Asz | 8.368380e+000 | 1.064130e+001 | m^2 |
| lxx | 2.499710e+002 | 5.298200e+002 | m^4 |
| lvy | 1.468860e+002 | 6.210330e+002 | m^4 |
| lzz | 1.799030e+002 | 2.520550e+002 | m^4 |
| Cyp | 4.355960e+000 | 4.221950e+000 | m |
| Cym | 4.360010e+000 | 4.221960e+000 | m |
| Czp | 4.141540e+000 | 6.654970e+000 | m |
| Czm | 4.817350e+000 | 7.400080e+000 | m |
| Qyb | 1.163867e+001 | 7.485160e+001 | m^2 |
| Qzb | 1.545544e+001 | 1.635772e+001 | m^2 |
| Peri:O | 3.208990e+001 | 4.176200e+001 | m |
| Peri:I | 4.116360e+001 | 4.916560e+001 | m |
| Center:y | 4.360010e+000 | 4.221960e+000 | m |
| Center:z | 4.817350e+000 | 7.400080e+000 | m |
| y1 | -4.360010e+000 | -4.221960e+000 | m |
| z1 | 4.141540e+000 | 6.654970e+000 | m |
| y2 | 4.355960e+000 | 4.221950e+000 | m |
| z2 | 4.141540e+000 | 6.654970e+000 | m |
| y3 | 2.929730e+000 | 2.795730e+000 | m |
| z3 | -4.232410e+000 | -6.815140e+000 | m |
| y4 | -2.889780e+000 | -2.795740e+000 | m |
| z4 | -4.238680e+000 | -6.815140e+000 | m |



2.3.12 Mastros parte 9

Section Data DB/User Tapered

Section ID: 39

Name: M_20-21

General Section

Value User DB AISC10(US)

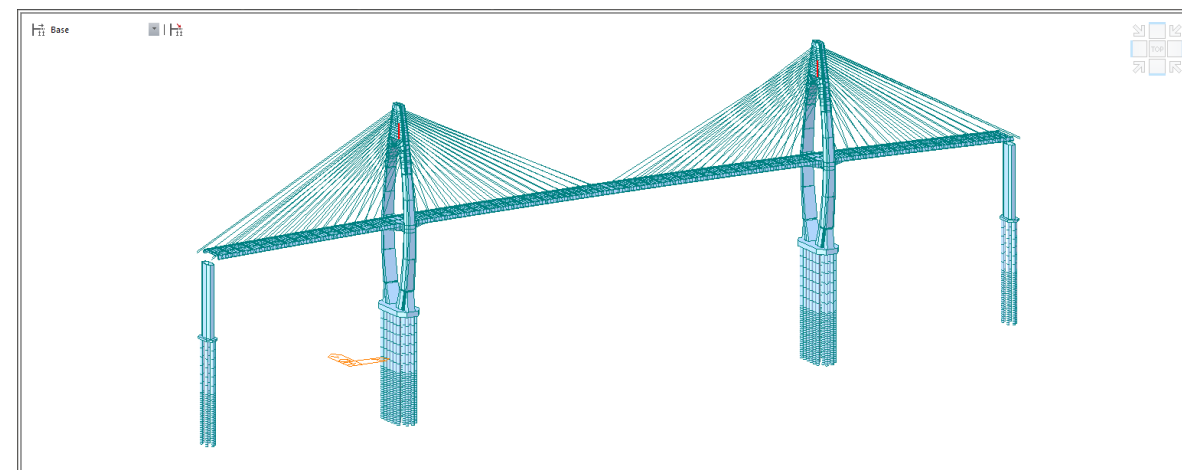
Section-i

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 4.71545e+001 | m ² |
| Asy | 1.30778e+001 | m ² |
| Asz | 2.04686e+001 | m ² |
| lxx | 1.29661e+003 | m ⁴ |
| lyy | 4.43934e+003 | m ⁴ |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 4.04950e+001 | m ² |
| Asy | 1.53745e+001 | m ² |
| Asz | 1.62146e+001 | m ² |
| lxx | 8.48369e+002 | m ⁴ |
| lyy | 2.10173e+003 | m ⁴ |

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Area | 4.715450e+001 | 4.049500e+001 | m ² |
| Asy | 1.307780e+001 | 1.537450e+001 | m ² |
| Asz | 2.046860e+001 | 1.621460e+001 | m ² |
| lxx | 1.296610e+003 | 8.483690e+002 | m ⁴ |
| lyy | 4.439340e+003 | 2.101730e+003 | m ⁴ |
| lzz | 4.523630e+002 | 3.139830e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 4.208340e+000 | 3.947660e+000 | m |
| Cym | 4.208330e+000 | 3.947660e+000 | m |
| Czp | 1.475110e+001 | 1.156640e+001 | m |
| Czm | 1.475110e+001 | 1.156640e+001 | m |
| Qyb | 2.644251e+002 | 1.679688e+002 | m ² |
| Qzb | 2.235788e+001 | 1.715985e+001 | m ² |
| Peri:O | 6.936570e+001 | 5.558420e+001 | m |
| Peri:I | 8.921680e+001 | 7.334990e+001 | m |
| Center:y | 4.208330e+000 | 3.947660e+000 | m |
| Center:z | 1.475110e+001 | 1.156640e+001 | m |
| y1 | -2.782110e+000 | -2.521440e+000 | m |
| z1 | 1.416610e+001 | 1.098140e+001 | m |
| y2 | 2.782110e+000 | 2.521440e+000 | m |
| z2 | 1.416610e+001 | 1.098140e+001 | m |
| y3 | 2.782110e+000 | 2.521440e+000 | m |
| z3 | -1.416610e+001 | -1.098140e+001 | m |
| y4 | -2.782110e+000 | -2.521440e+000 | m |
| z4 | -1.416610e+001 | -1.098140e+001 | m |



2.3.13 Mastros parte 10

Section Data DB/User Tapered

Section ID: 40

Name: M_21-22

General Section

Value User DB AISC10(US)

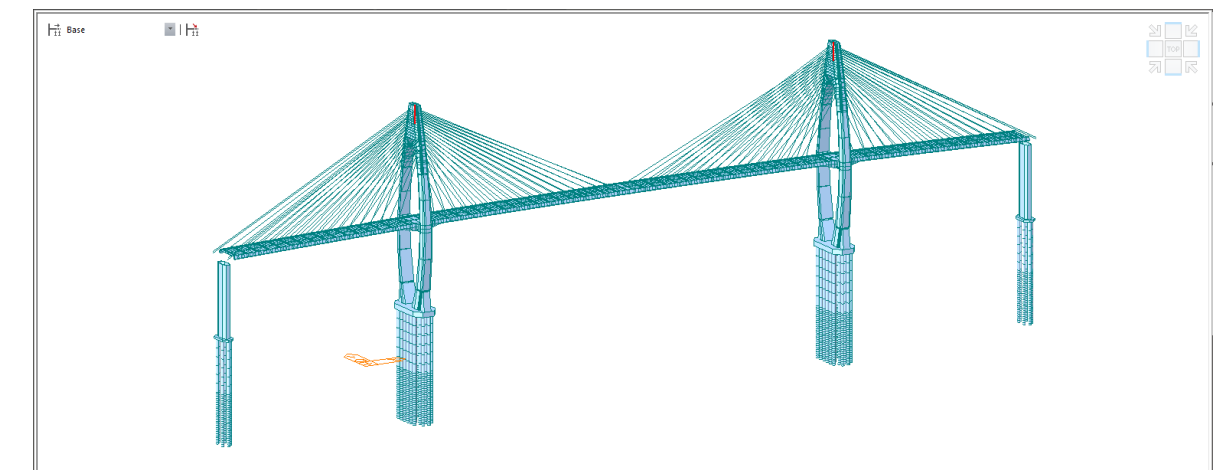
Section-i

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 4.04950e+001 | m ² |
| Asy | 1.53745e+001 | m ² |
| Asz | 1.62146e+001 | m ² |
| lxx | 8.48369e+002 | m ⁴ |
| lyy | 2.10173e+003 | m ⁴ |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Import | | |
| Area | 3.20975e+001 | m ² |
| Asy | 1.66609e+001 | m ² |
| Asz | 1.26998e+001 | m ² |
| lxx | 4.02262e+002 | m ⁴ |
| lyy | 4.96457e+002 | m ⁴ |

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|----------------|----------------|----------------|
| Area | 4.049500e+001 | 3.209750e+001 | m ² |
| Asy | 1.537450e+001 | 1.666090e+001 | m ² |
| Asz | 1.621460e+001 | 1.269980e+001 | m ² |
| lxx | 8.483690e+002 | 4.022620e+002 | m ⁴ |
| lyy | 2.101730e+003 | 4.964570e+002 | m ⁴ |
| lzz | 3.139830e+002 | 1.781520e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 3.947660e+000 | 3.658330e+000 | m |
| Cym | 3.947660e+000 | 3.658340e+000 | m |
| Czp | 1.156640e+001 | 7.414710e+000 | m |
| Czm | 1.156640e+001 | 7.414710e+000 | m |
| Qyb | 1.679688e+002 | 6.749720e+001 | m ² |
| Qzb | 1.715985e+001 | 1.141958e+001 | m ² |
| Peri:O | 5.558420e+001 | 3.782020e+001 | m |
| Peri:I | 7.334990e+001 | 5.327130e+001 | m |
| Center:y | 3.947660e+000 | 3.658340e+000 | m |
| Center:z | 1.156640e+001 | 7.414710e+000 | m |
| y1 | -2.521440e+000 | -2.232110e+000 | m |
| z1 | 1.098140e+001 | 6.829770e+000 | m |
| y2 | 2.521440e+000 | 2.232100e+000 | m |
| z2 | 1.098140e+001 | 6.829770e+000 | m |
| y3 | 2.521440e+000 | 2.232100e+000 | m |
| z3 | -1.098140e+001 | -6.829770e+000 | m |
| y4 | -2.521440e+000 | -2.232110e+000 | m |
| z4 | -1.098140e+001 | -6.829770e+000 | m |




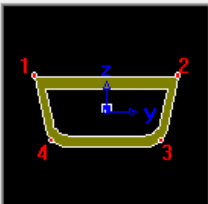
2.3.14 Mastros - Ligação com as vigas travessas

Section Data

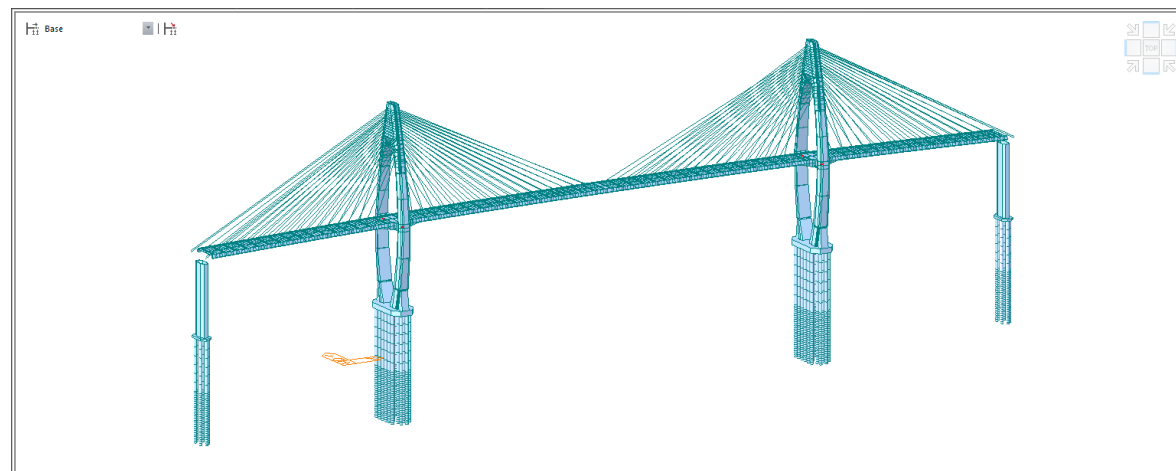
DB/User Value

Section ID 13 ? General Section

Name Mastro_011 Built-Up Section

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|----------------|
| Area | 2.77940e+001 | m ² |
| Asy | 2.01037e+001 | m ² |
| Asz | 5.73120e+000 | m ² |
| Ixx | 3.22257e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 1.40262e+002 | m ⁴ |
| Izz | 3.57058e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 6.0184 | m |
| Cym | 6.0184 | m |
| Czp | 2.6729 | m |
| Czm | 3.3365 | m |
| Qyb | 21.3062 | m ² |
| Qzb | 20.7196 | m ² |
| Peri:O | 3.28532e+001 | m |
| Peri:I | 2.60554e+001 | m |
| Cent:y | 6.0184 | m |
| Cent:z | 3.3365 | m |




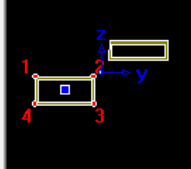
2.3.15 Mastros - Travessas de ligação com a superestrutura

Section Data

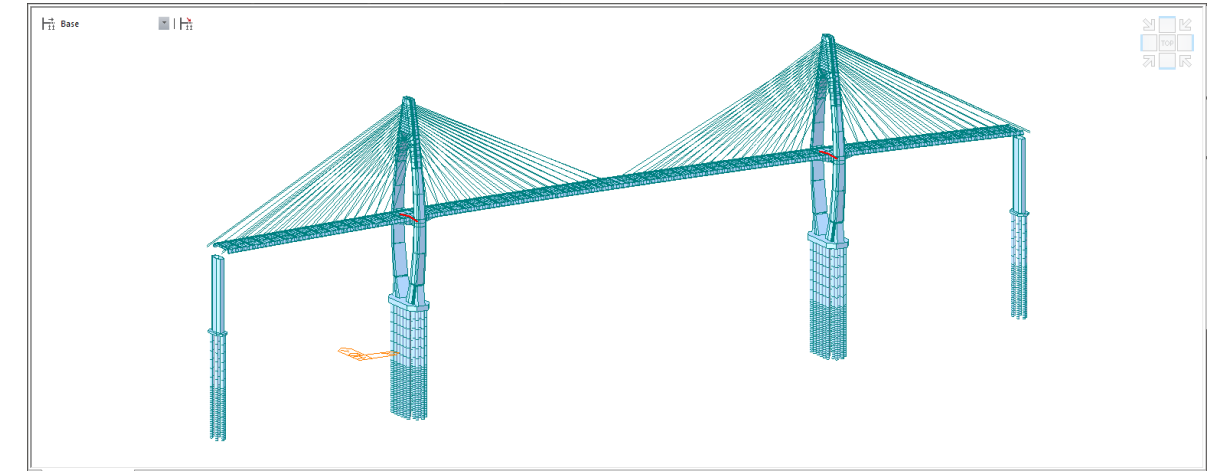
DB/User Tapered

Section ID 46 ? General Section

Name T_B-C Value User DB AISC10(US)

| Section Properties | | |
|--------------------|---------------|----------------|
| Area | 1.92260e+001 | m ² |
| Asy | 1.31854e+001 | m ² |
| Asz | 3.84694e+000 | m ² |
| Ixx | 2.52896e+002 | m ⁴ |
| Iyy | 1.04505e+002 | m ⁴ |
| Izz | 3.28408e+002 | m ⁴ |
| Cyp | 6.06841e+000 | m |
| Cym | 6.06204e+000 | m |
| Czp | 2.61884e+000 | m |
| Czm | 3.16588e+000 | m |
| Qyb | 2.12242e+001 | m ² |
| Qzb | 2.88428e+001 | m ² |
| Peri:O | 3.56333e+001 | m |
| Peri:I | 3.12002e+001 | m |
| Center:y | 6.06204e+000 | m |
| Center:z | 3.16588e+000 | m |
| y1 | -5.96852e+000 | m |
| z1 | 2.61884e+000 | m |
| y2 | 5.96317e+000 | m |
| z2 | 2.61884e+000 | m |
| y3 | 6.06841e+000 | m |
| z3 | -3.16588e+000 | m |
| y4 | -6.06204e+000 | m |
| z4 | -3.16588e+000 | m |




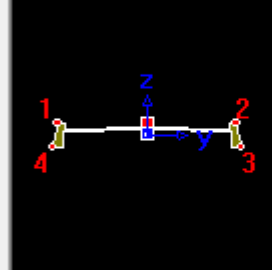
2.3.16 Tabuleiro - Seção típica

Section Data

DB/User Value

Section ID: 51 ? General Section

Name: Deck_2 Built-Up Section

Import SEC Files...

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Area | 1.34766e+001 | m^2 |
| Asy | 5.96700e+000 | m^2 |
| Asz | 1.18716e+000 | m^2 |
| Ixx | 2.69592e+000 | m^4 |
| Iyy | 1.13351e+001 | m^4 |
| Izz | 1.70340e+003 | m^4 |
| Cyp | 14.2000 | m |
| Cym | 14.2000 | m |
| Czp | 1.4580 | m |
| Czm | 2.0421 | m |
| Qyb | 2.7600 | m^2 |
| Qzb | 319.6421 | m^2 |
| Peri:O | 6.90388e+001 | m |
| Peri:I | 0.00000e+000 | m |
| Cent:y | 14.2000 | m |
| Cent:z | 2.0421 | m |
| y1 | -13.4500 | m |


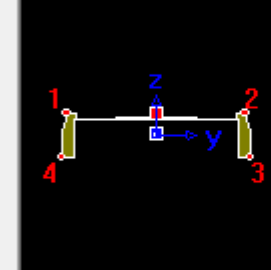
2.3.17 Tabuleiro - Seção engrossada

Section Data

DB/User Value

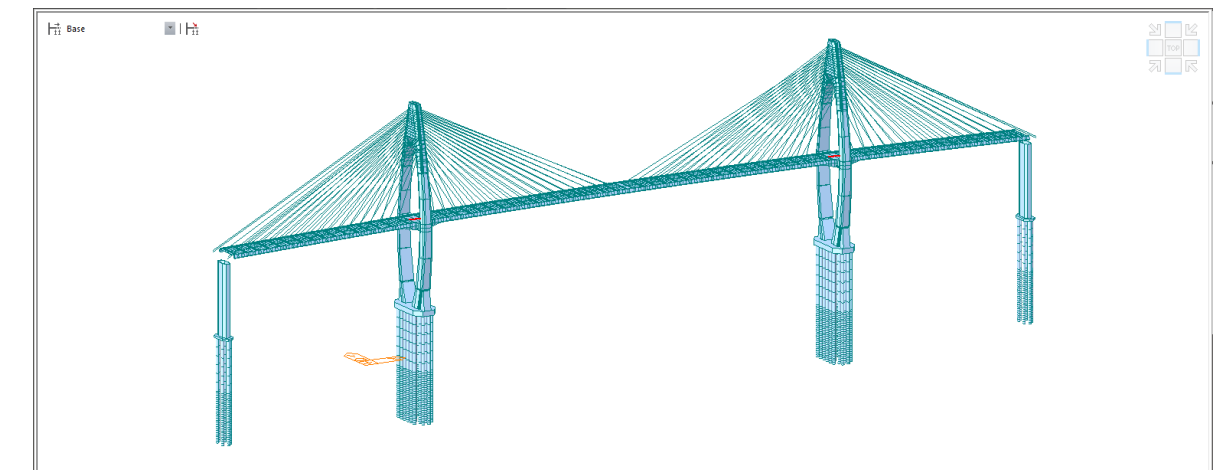
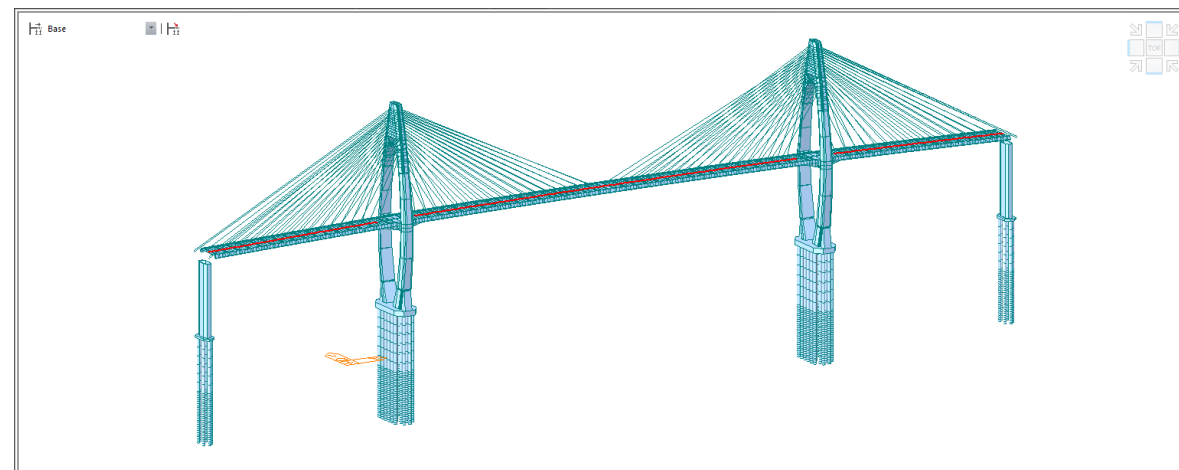
Section ID: 50 ? General Section

Name: Deck_1 Built-Up Section

Import SEC Files...

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Area | 2.85266e+001 | m^2 |
| Asy | 6.26296e+000 | m^2 |
| Asz | 6.48496e+000 | m^2 |
| Ixx | 1.85022e+001 | m^4 |
| Iyy | 1.24758e+002 | m^4 |
| Izz | 4.56930e+003 | m^4 |
| Cyp | 14.6000 | m |
| Cym | 14.6000 | m |
| Czp | 3.1150 | m |
| Czm | 3.8850 | m |
| Qyb | 7.5466 | m^2 |
| Qzb | 791.3494 | m^2 |
| Peri:O | 8.46388e+001 | m |
| Peri:I | 0.00000e+000 | m |
| Cent:y | 14.6000 | m |
| Cent:z | 3.8850 | m |
| y1 | -13.8500 | m |



2.3.18 Tabuleiro - Seção variável

Section Data

DB/User Tapered

Section ID: 52

Name: Deck_1-2

Section-i

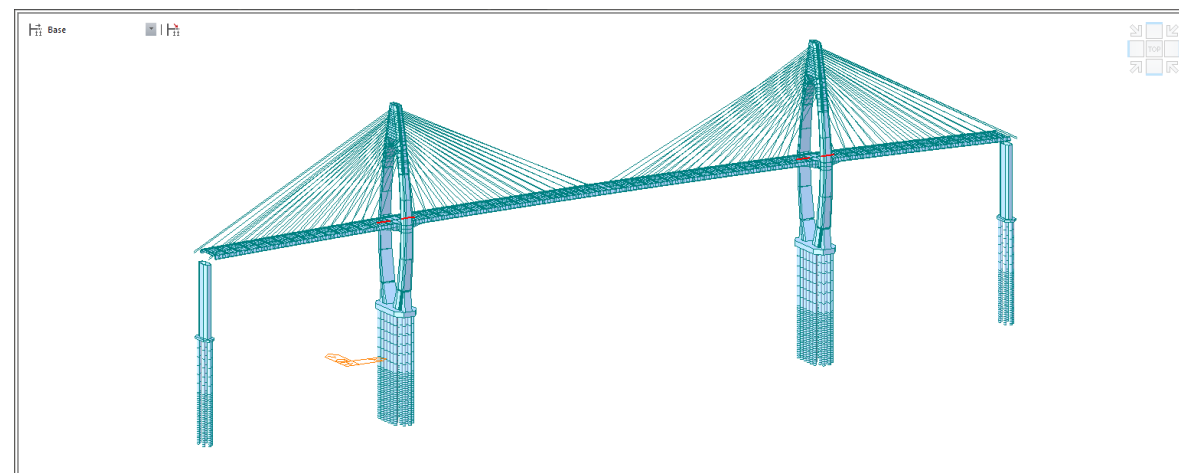
| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Import | | |
| Area | 2.85266e+001 | m^2 |
| Asy | 6.26296e+000 | m^2 |
| Asz | 6.48496e+000 | m^2 |
| Ixx | 1.85022e+001 | m^4 |
| Iyy | 1.24758e+002 | m^4 |

Section-j

| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Import | | |
| Area | 1.34766e+001 | m^2 |
| Asy | 5.96700e+000 | m^2 |
| Asz | 1.18716e+000 | m^2 |
| Ixx | 2.69592e+000 | m^4 |
| Iyy | 1.13351e+001 | m^4 |

Section Properties

| | Value(I) | Value(J) | Unit |
|----------|---------------|---------------|------|
| Area | 2.85266e+001 | 1.34766e+001 | m^2 |
| Asy | 6.26296e+000 | 5.96700e+000 | m^2 |
| Asz | 6.48496e+000 | 1.18716e+000 | m^2 |
| Ixx | 1.85022e+001 | 2.69592e+000 | m^4 |
| Iyy | 1.24758e+002 | 1.13351e+001 | m^4 |
| Izz | 4.56930e+003 | 1.70340e+003 | m^4 |
| Cyp | 1.46000e+001 | 1.42000e+001 | m |
| Cym | 1.46000e+001 | 1.42000e+001 | m |
| Czp | 3.11501e+000 | 1.45795e+000 | m |
| Czm | 3.88499e+000 | 2.04205e+000 | m |
| Qyb | 7.54656e+000 | 2.75997e+000 | m^2 |
| Qzb | 7.91349e+002 | 3.19642e+002 | m^2 |
| Peri:O | 8.46388e+001 | 6.90388e+001 | m |
| Peri:I | 0.00000e+000 | 0.00000e+000 | m |
| Center:y | 1.46000e+001 | 1.42000e+001 | m |
| Center:z | 3.88499e+000 | 2.04205e+000 | m |
| y1 | -1.38500e+001 | -1.34500e+001 | m |
| z1 | 3.11501e+000 | 1.45795e+000 | m |
| y2 | 1.38500e+001 | 1.34500e+001 | m |
| z2 | 3.11501e+000 | 1.45795e+000 | m |
| y3 | 1.46000e+001 | 1.42000e+001 | m |
| z3 | -3.88499e+000 | -2.04205e+000 | m |
| y4 | -1.46000e+001 | -1.42000e+001 | m |
| z4 | -3.88499e+000 | -2.04205e+000 | m |



2.3.19 Pilares - Apoios adjacentes

Section Data

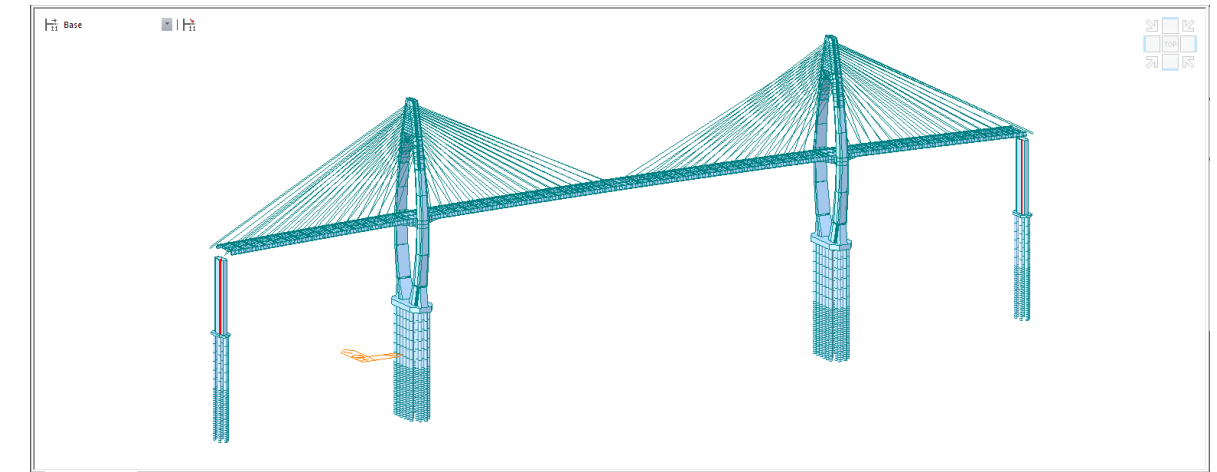
DB/User Value

Section ID: 59

Name: Pilar Adjacente 30c

Built-Up Section

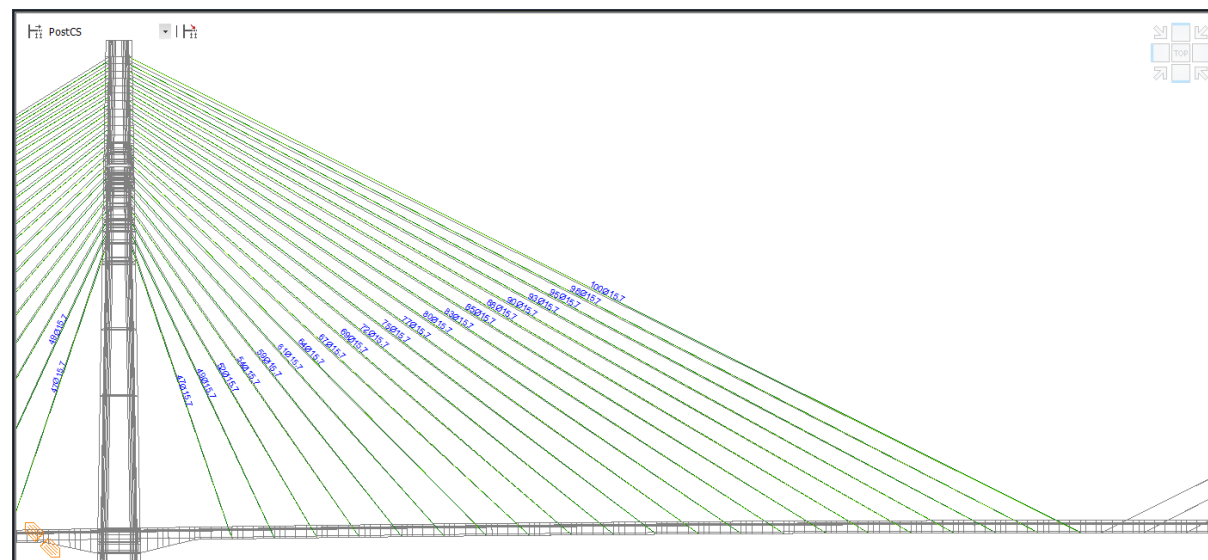
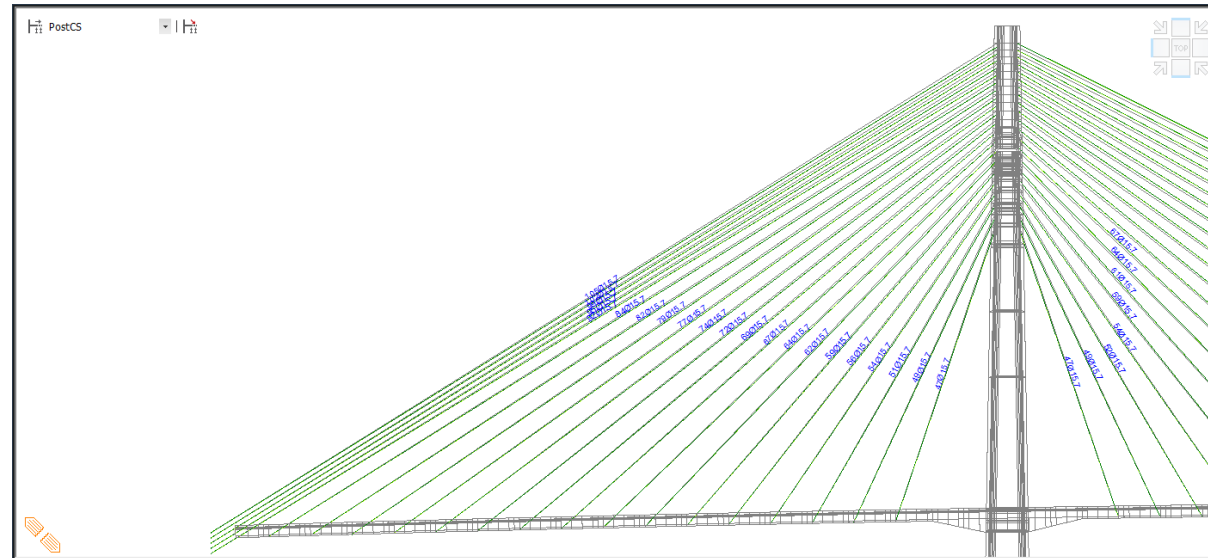
| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Area | 1.20116e+001 | m^2 |
| Asy | 8.56103e+000 | m^2 |
| Asz | 2.34132e+000 | m^2 |
| Ixx | 2.67117e+002 | m^4 |
| Iyy | 9.14091e+001 | m^4 |
| Izz | 3.45344e+002 | m^4 |
| Cyp | 8.0000 | m |
| Cym | 8.0000 | m |
| Czp | 3.5000 | m |
| Czm | 3.5000 | m |
| Qyb | 25.9766 | m^2 |
| Qzb | 47.2630 | m^2 |
| Peri:O | 4.10880e+001 | m |
| Peri:I | 3.89896e+001 | m |
| Cent:y | 8.0000 | m |
| Cent:z | 3.5000 | m |
| y1 | -8.0000 | m |



2.3.20 Estais

Cada estai é representado por um elemento de seção circular de área equivalente à área total das cordoalhas que compõe o cabo. A quantidade de cordoalhas por cabo varia de 41 a 106.

Abaixo vemos exemplificada uma propriedade de estai com 106 cordoalhas



Section Data

DB/User

Section ID: 606

Name: 106Ø15.7

Material: Solid Round

DB: AISC10(US)

Sect. Name: []

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name: []

D: 0.14228 m

Section Properties

| | Value | Unit |
|----------|----------------|----------------|
| Area | 1.589929e-002 | m ² |
| Asy | 1.430936e-002 | m ² |
| Asz | 1.430936e-002 | m ² |
| Ixx | 4.023234e-005 | m ⁴ |
| Iyy | 2.011617e-005 | m ⁴ |
| Izz | 2.011617e-005 | m ⁴ |
| Cyp | 7.114000e-002 | m |
| Cym | 7.114000e-002 | m |
| Czp | 7.114000e-002 | m |
| Czm | 7.114000e-002 | m |
| Qyb | 1.686967e-003 | m ² |
| Qzb | 1.686967e-003 | m ² |
| Peri:Ø | 4.469858e-001 | m |
| Peri:l | 0.000000e+000 | m |
| Center:y | 7.114000e-002 | m |
| Center:z | 7.114000e-002 | m |
| y1 | 0.000000e+000 | m |
| z1 | 7.114000e-002 | m |
| y2 | 7.114000e-002 | m |
| z2 | 0.000000e+000 | m |
| y3 | 0.000000e+000 | m |
| z3 | -7.114000e-002 | m |
| y4 | -7.114000e-002 | m |
| z4 | 0.000000e+000 | m |

$\varnothing = 0,14228\text{m}$
 $A = 0,0159\text{m}^2$

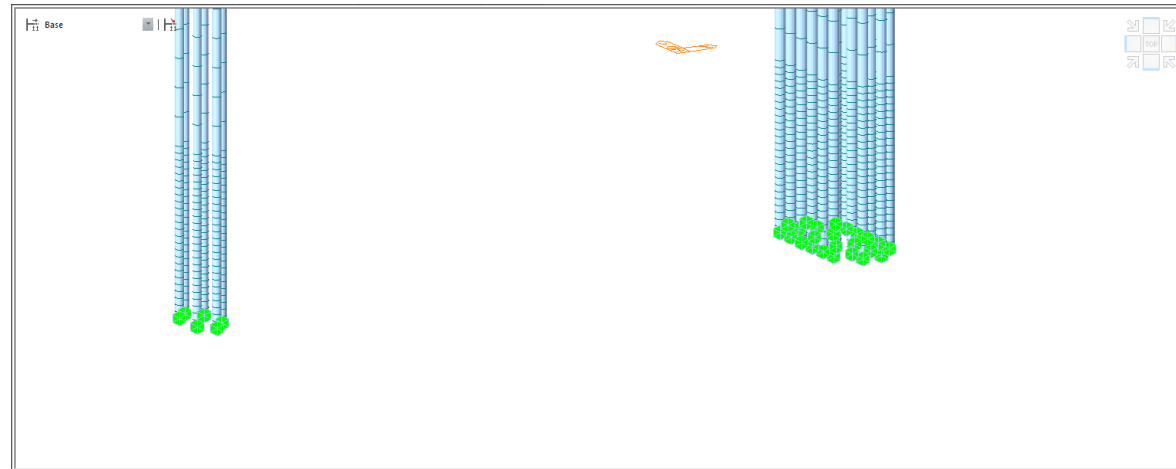
Cada cordoalha tem uma área de $1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Portanto a área do cabo é de $106 \times 1,5 \times 10^{-4} = 0,0159 \text{ m}^2$

3 VINCULAÇÕES

3.1 Estacas - Pontas

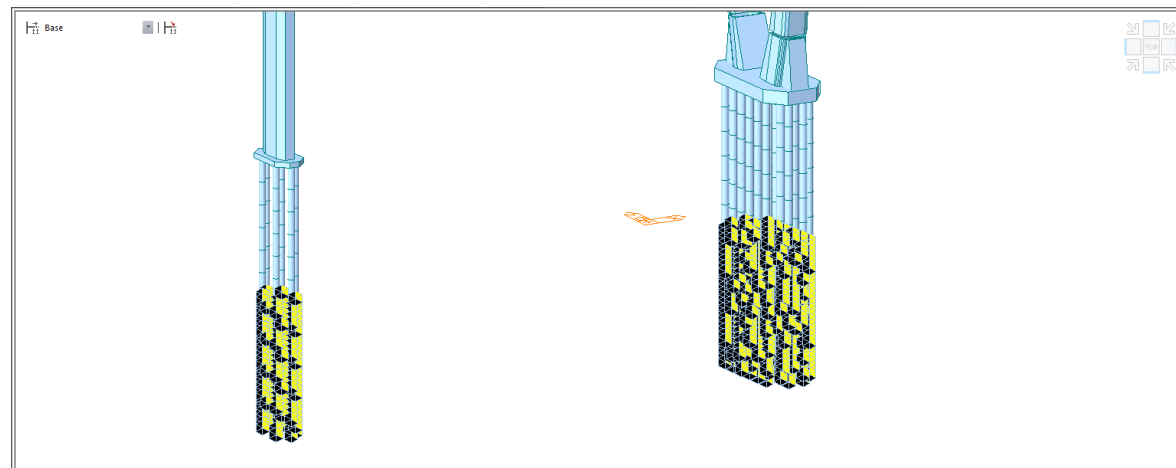
A ponta das estacas é vinculada de maneira a não permitir deslocamentos verticais e horizontais e rotações em torno de nenhum dos três eixos X, Y e Z.



3.2 Estacas - Laterais

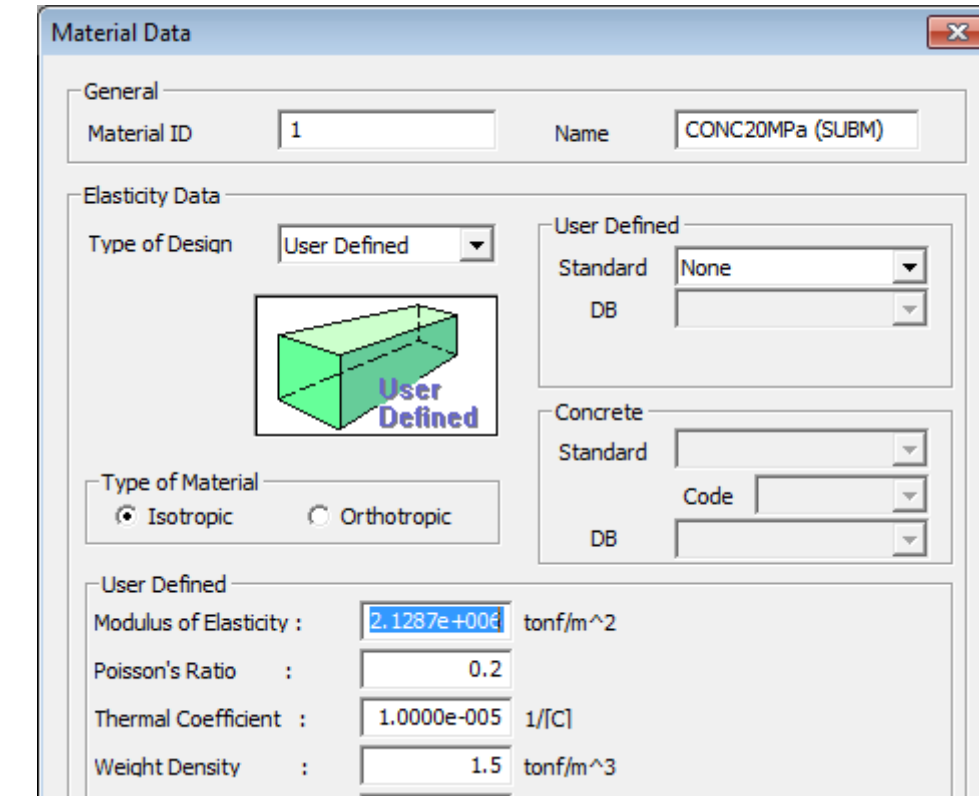
Todo o trecho de estacas embutidas em solo possuem molas que simulam o confinamento do solo. Essas molas são calculadas de acordo com a área de influência do nó ao qual elas são atribuídas e também em função do material apresentado nas sondagens. As molas são apoios elásticos nas direções X e Y.

Molas das estacas do apoio 3.

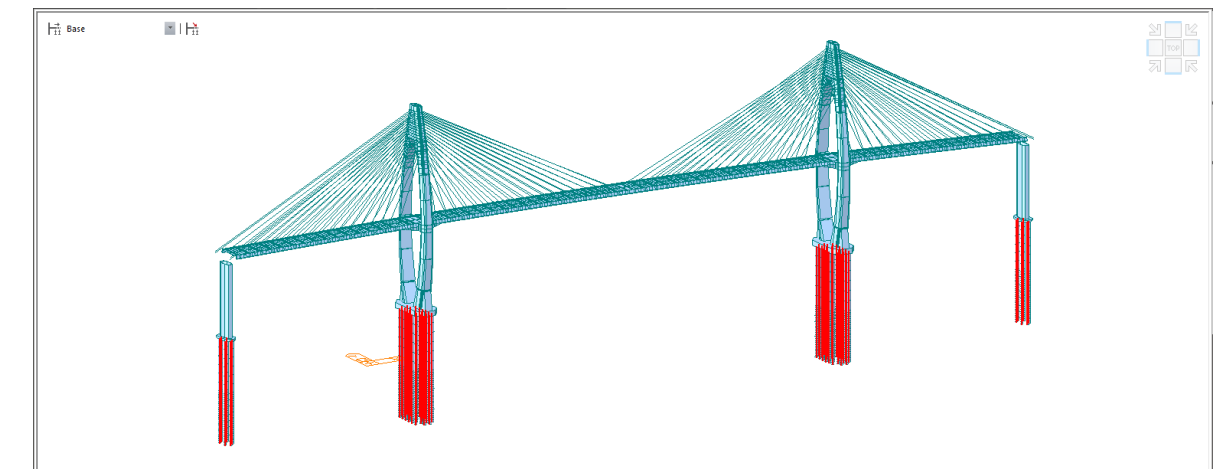


4 MATERIAIS

4.1 Concreto 20MPa (Submerso)



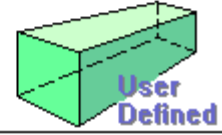
| Material Data | |
|--|-----------------------------------|
| General | |
| Material ID | 1 |
| Name | CONC20MPa (SUBM) |
| Elasticity Data | |
| Type of Design | User Defined |
| User Defined | |
| Standard | None |
| DB | |
| Concrete | |
| Standard | |
| Code | |
| DB | |
| Type of Material | |
| <input checked="" type="radio"/> Isotropic | <input type="radio"/> Orthotropic |
| User Defined | |
| Modulus of Elasticity : | 2.1287e+006 tonf/m ² |
| Poisson's Ratio : | 0.2 |
| Thermal Coefficient : | 1.0000e-005 1/[C] |
| Weight Density : | 1.5 tonf/m ³ |



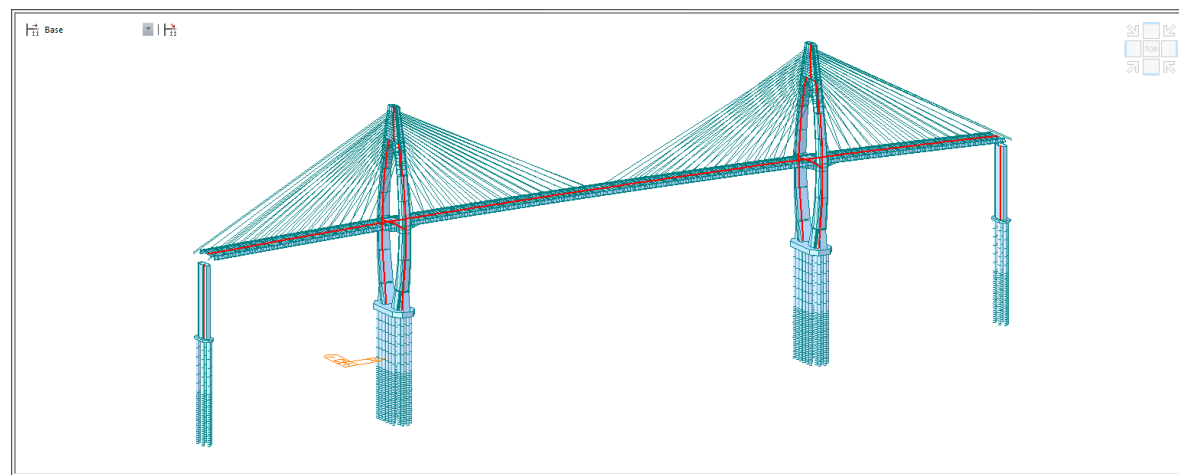
4.2 Concreto 45MPa

Material Data

General
 Material ID: 12 Name: CONC45MPa

Elasticity Data
 Type of Design: User Defined

 User Defined
 Standard: None
 DB:
 Concrete
 Standard:
 Code:
 DB:
 Type of Material
 Isotropic Orthotropic

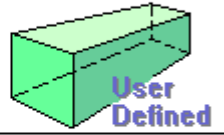
User Defined
 Modulus of Elasticity : 3.1931e+006 tonf/m²
 Poisson's Ratio : 0.2
 Thermal Coefficient : 1.0000e-005 1/[C]
 Weight Density : 2.5 tonf/m³



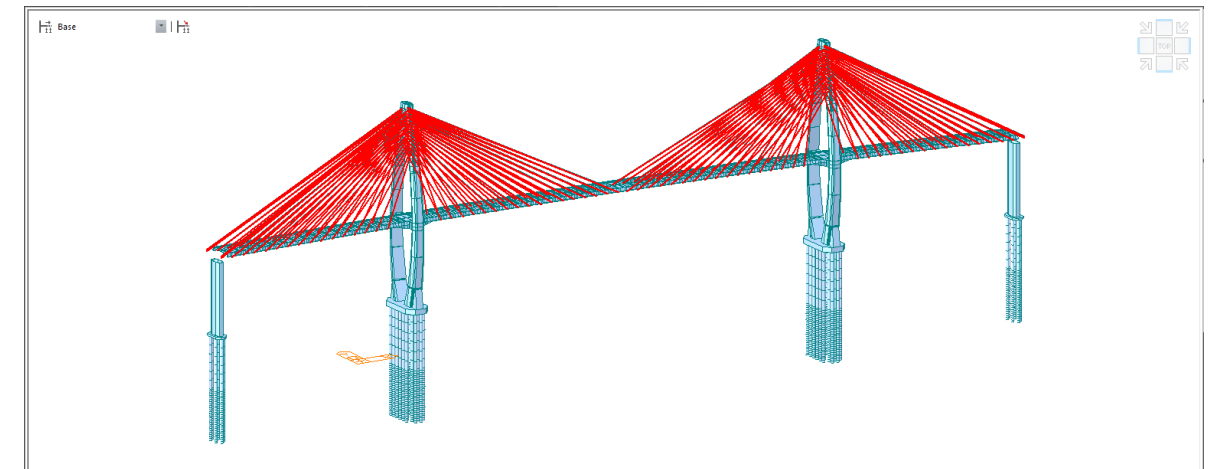
4.3 Aço para estais

Material Data

General
 Material ID: 6 Name: CP177RB

Elasticity Data
 Type of Design: User Defined

 User Defined
 Standard: None
 DB:
 Concrete
 Standard:
 Code:
 DB:
 Type of Material
 Isotropic Orthotropic

User Defined
 Modulus of Elasticity : 1.9600e+007 tonf/m²
 Poisson's Ratio : 0.3
 Thermal Coefficient : 1.2000e-005 1/[C]
 Weight Density : 7.85 tonf/m³



4.4 Concreto 45MPa (retração / fluência e resistência à compressão)

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)

Name : C45 Code : CEB-FIP(1990)

CEB-FIP(1990)

Characteristic compressive strength of concrete at the age of 28 days (f_{ck}) : 4500 tonf/m²

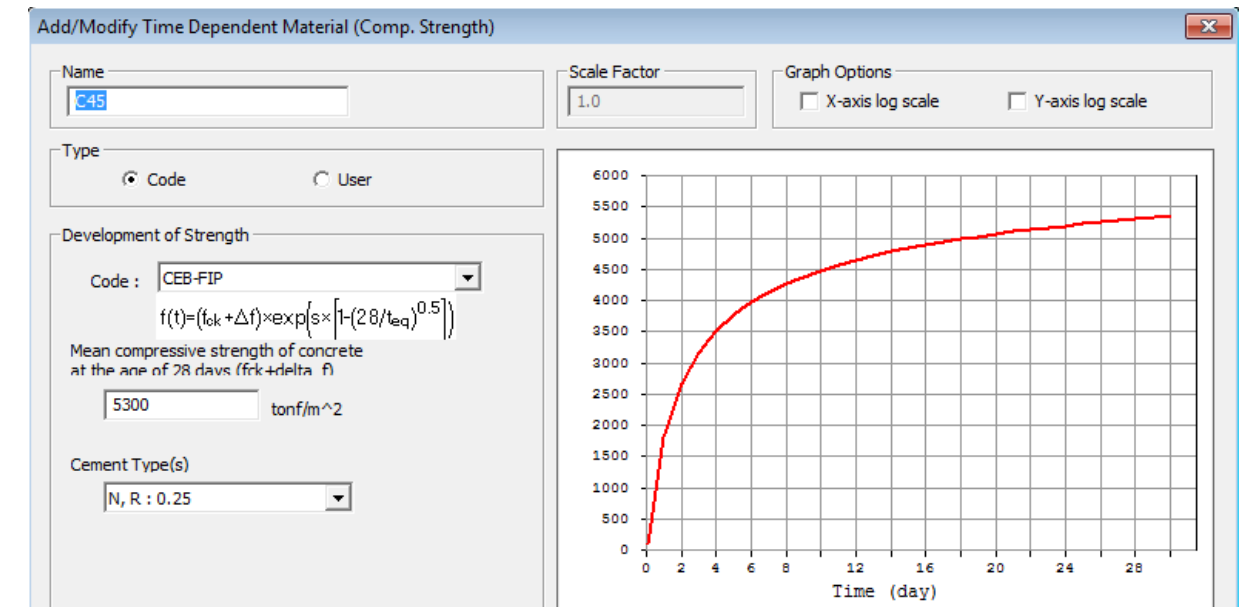
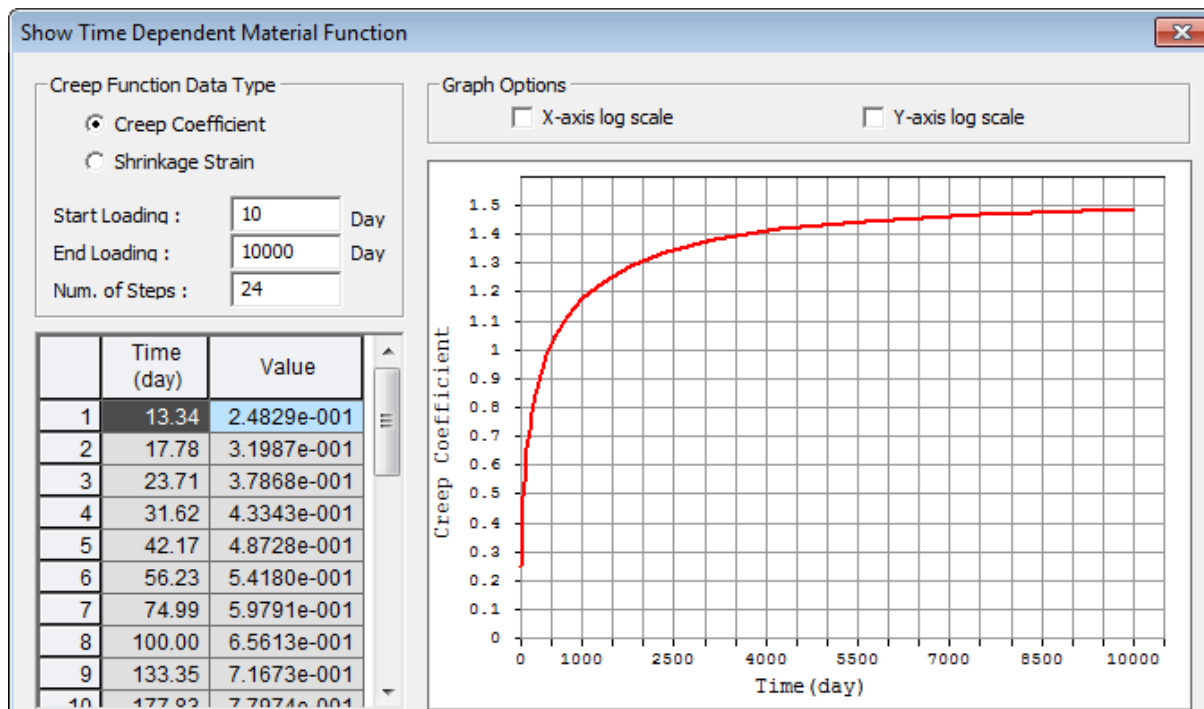
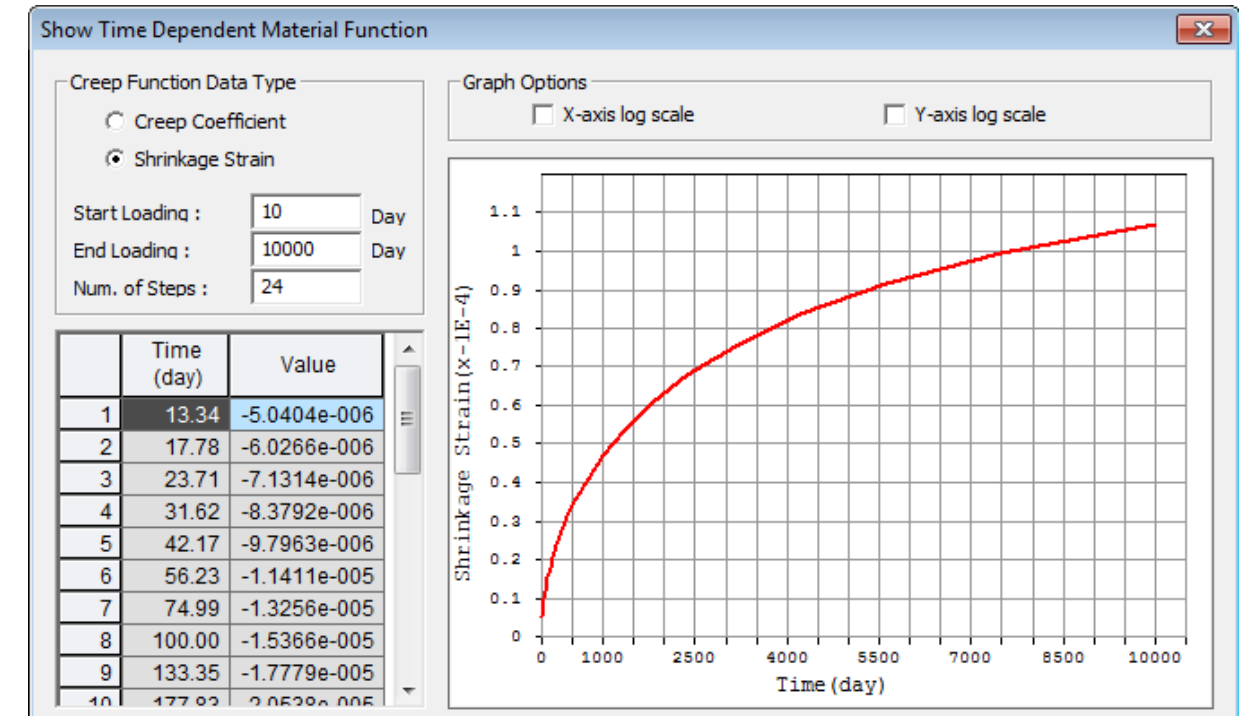
Relative Humidity of ambient environment (40 - 99) : 90 %

Notional size of member : 0.5 m
 $h = 2 * A_c / u$ (A_c : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere)

Type of cement

- Rapid hardening high strength cement (RS)
- Normal or rapid hardening cement (N, R)
- Slowly hardening cement (SL)

Age of concrete at the beginning of shrinkage : 3 day

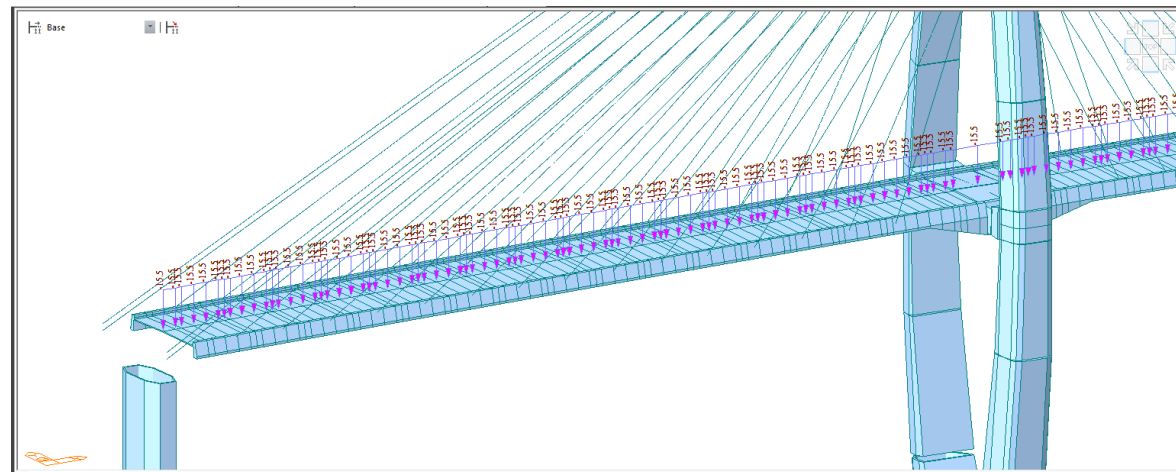
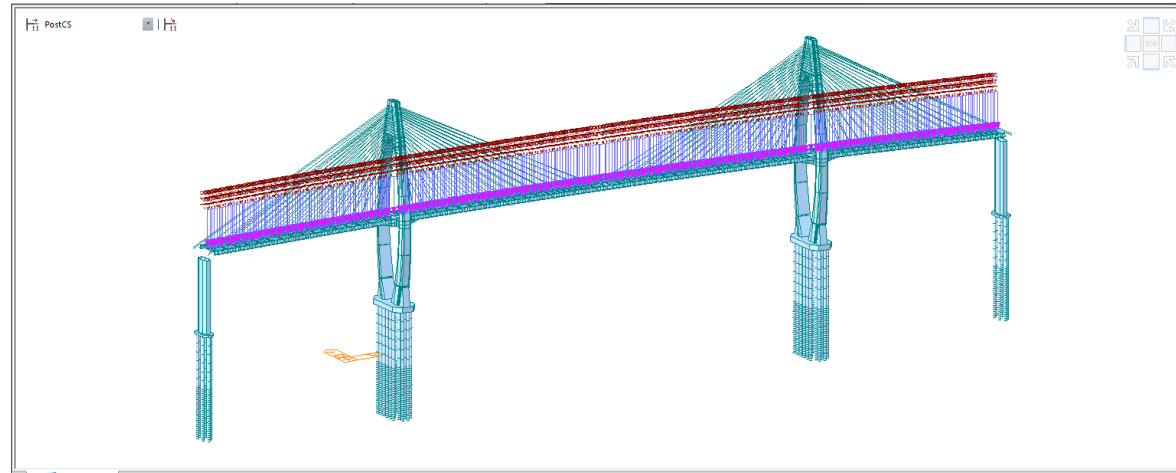


5 CARREGAMENTOS

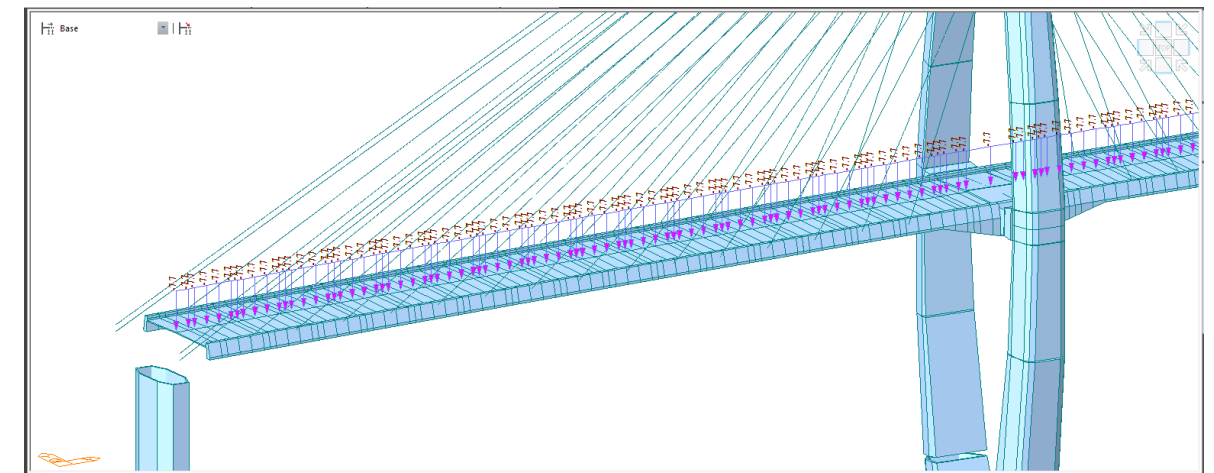
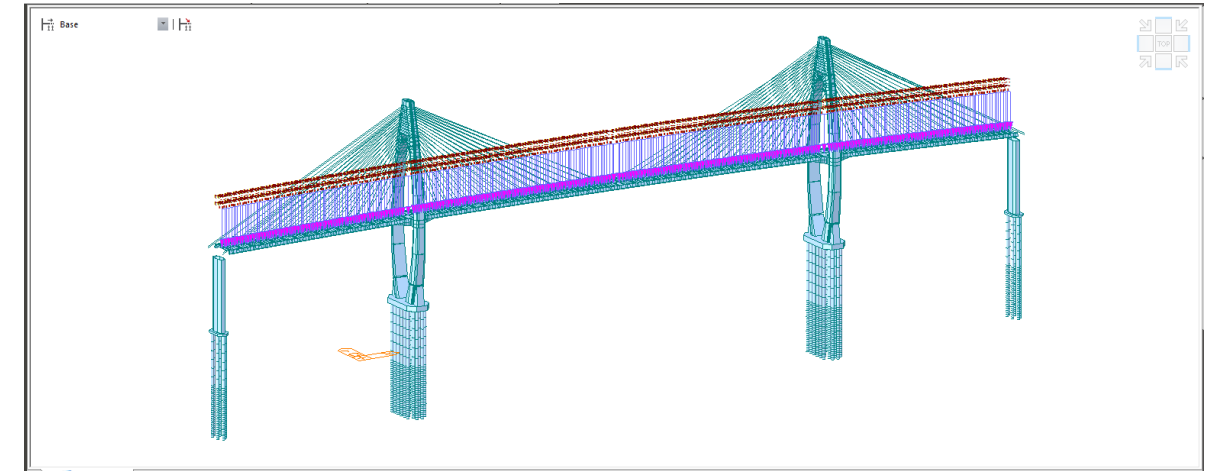
5.1 Peso próprio dos elementos

O peso próprio dos elementos é aplicado automaticamente pelo software e é calculado de acordo com as propriedades das seções e densidades dos materiais informados pelo usuário.

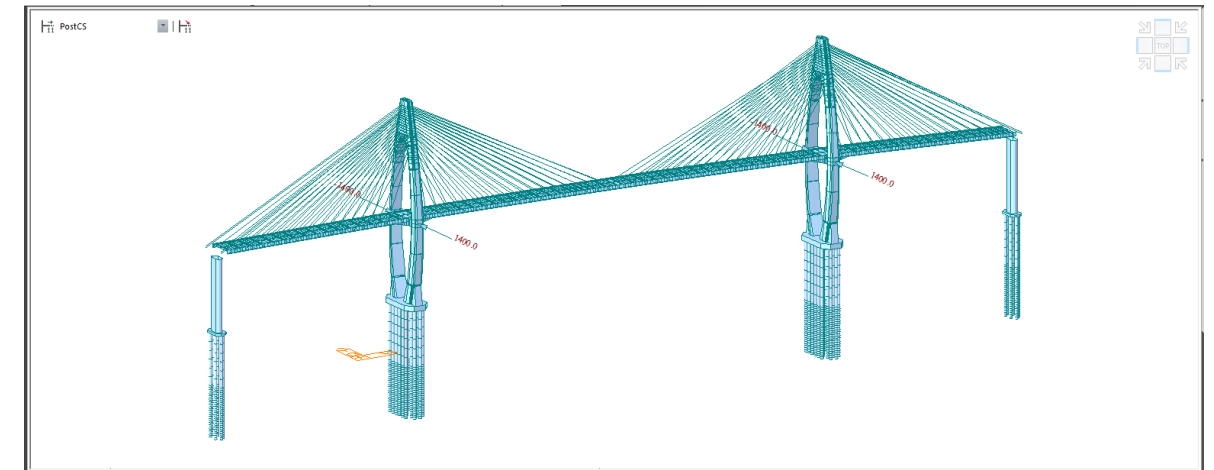
5.2 Peso próprio das transversinas de concreto



5.3 Pavimentação e barreiras de segurança

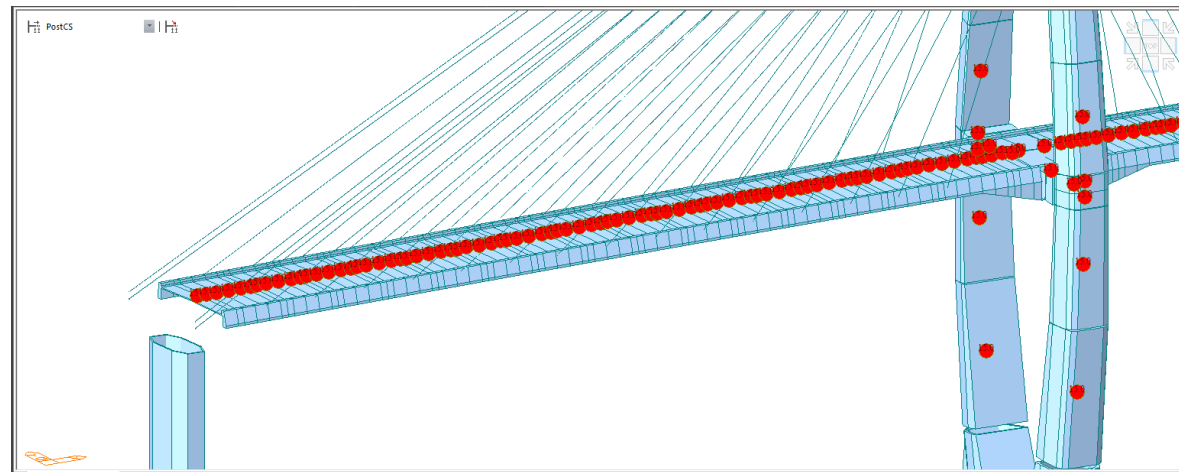
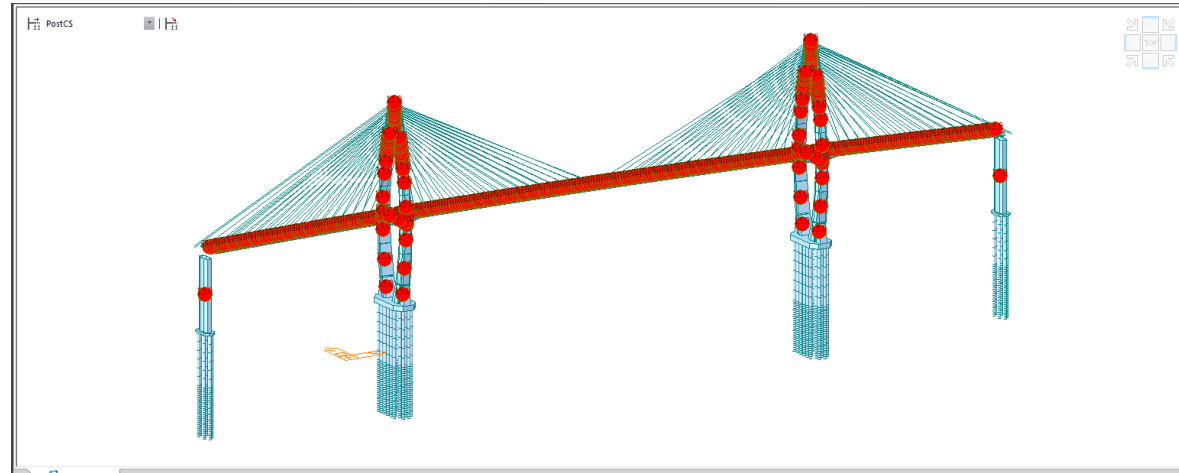


5.4 Força de macaqueamento dos pilares dos mastros

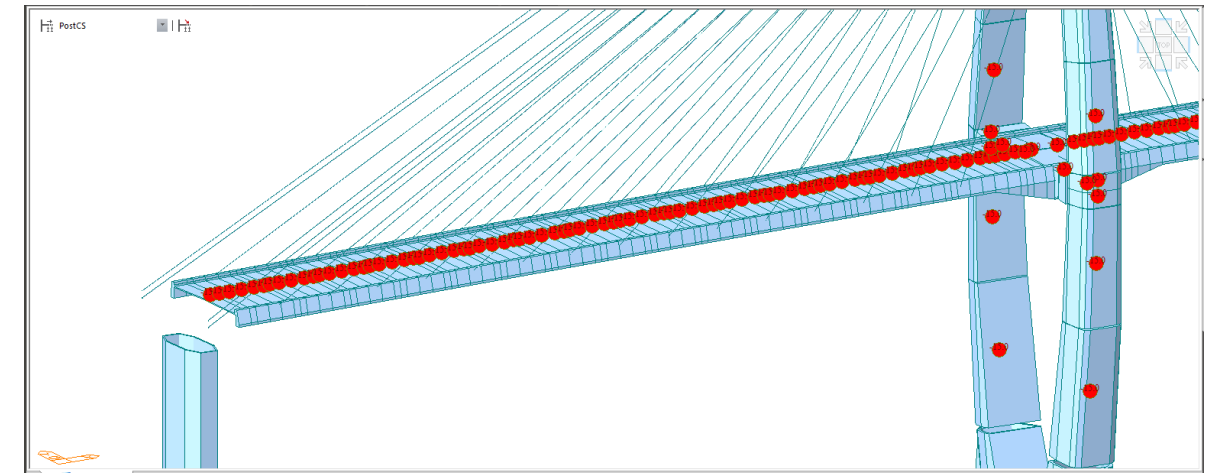
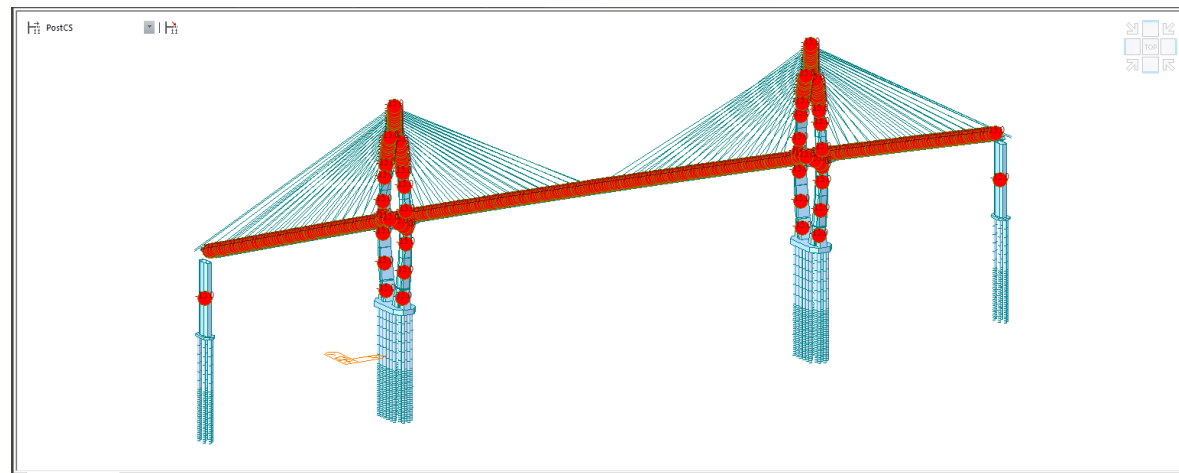


Carga aplicada por meio de cabos de protensão antes da concretagem das travessas.

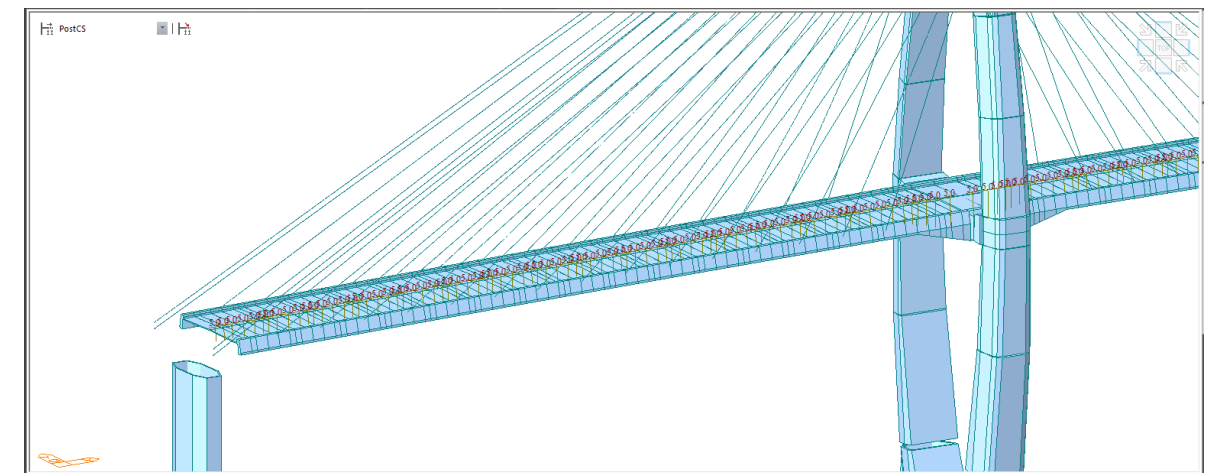
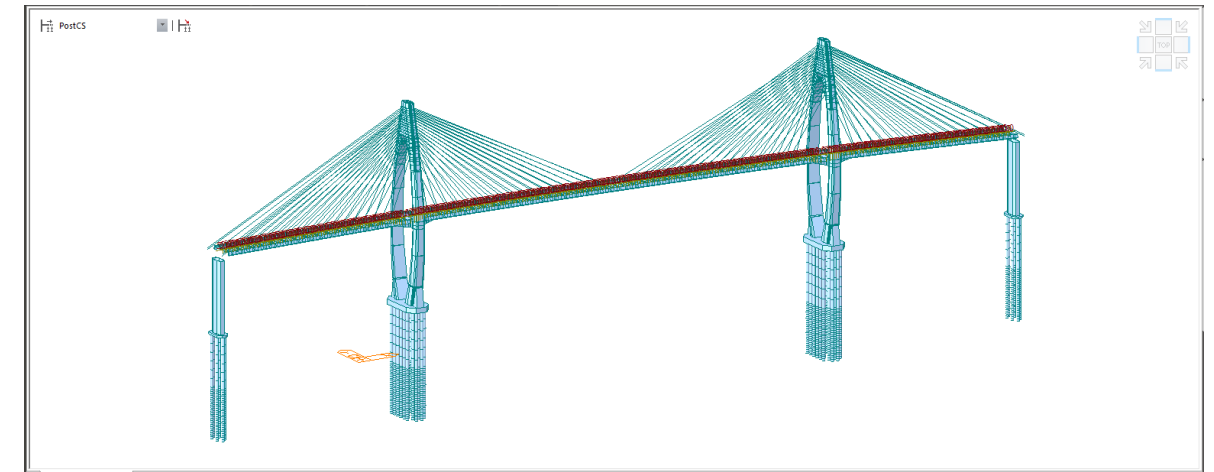
5.5 Variação de temperatura dos elementos de concreto +15 graus



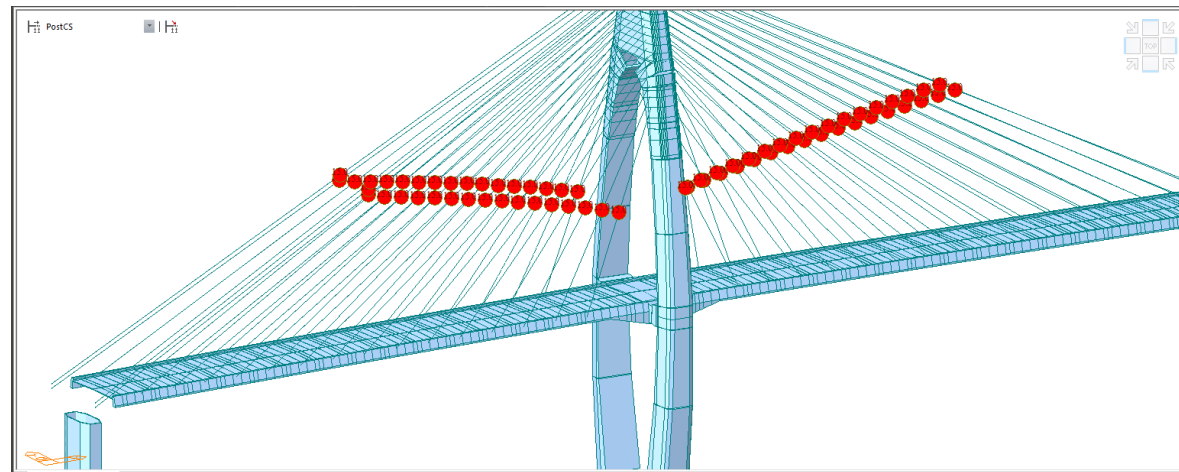
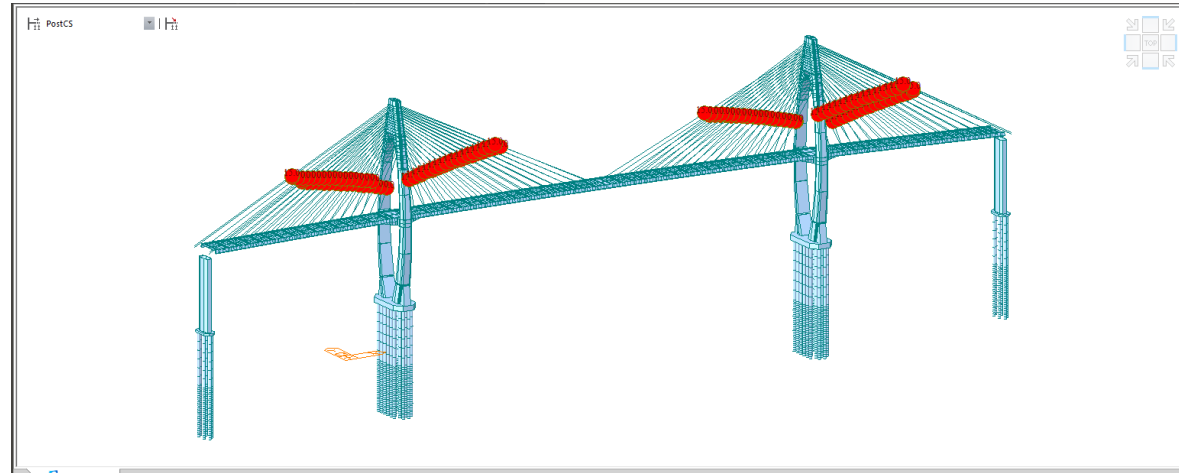
5.6 Variação de temperatura dos elementos de concreto -15 graus



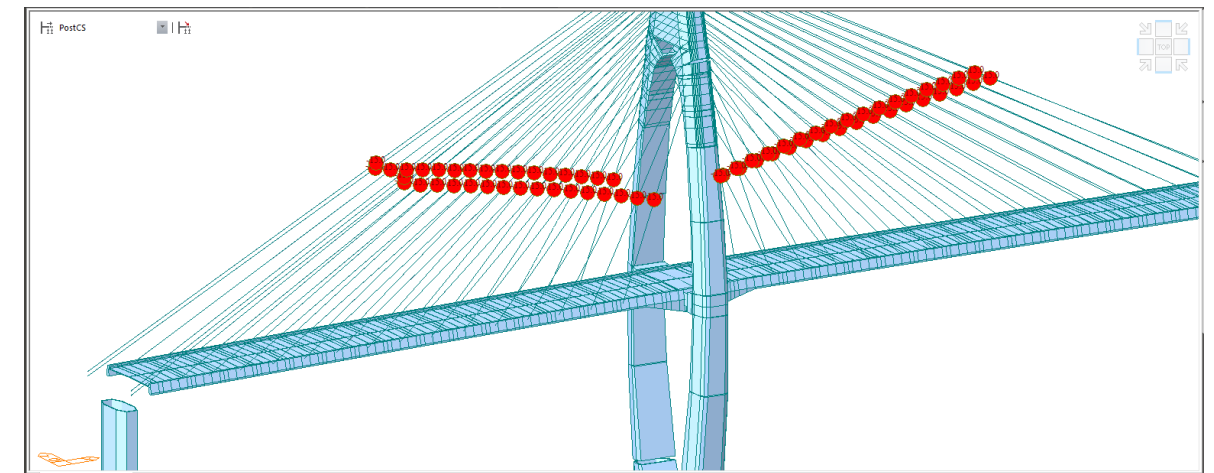
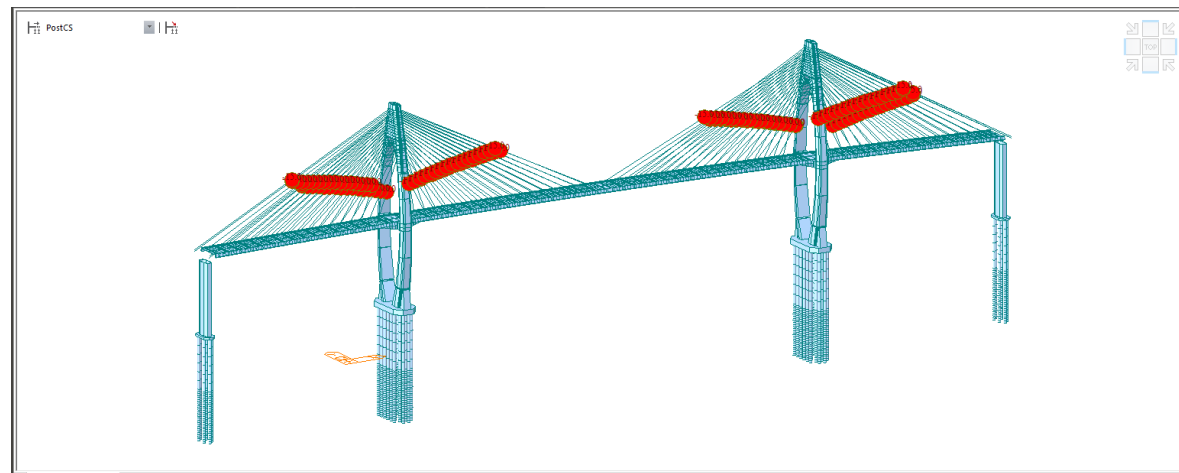
5.7 Gradiente de temperatura entre face superior e inferior do tabuleiro +5 graus



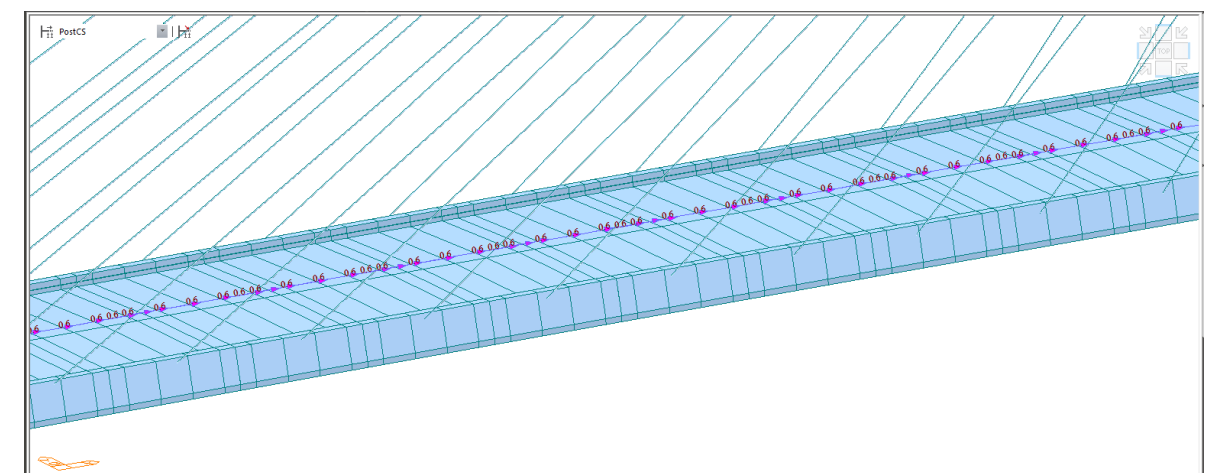
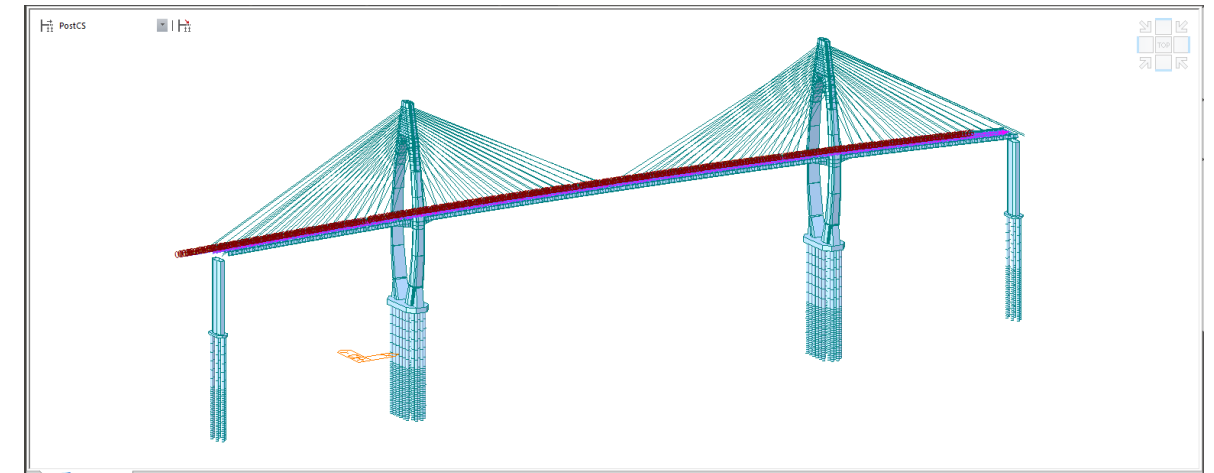
5.8 Variação de temperatura dos estais +15 graus



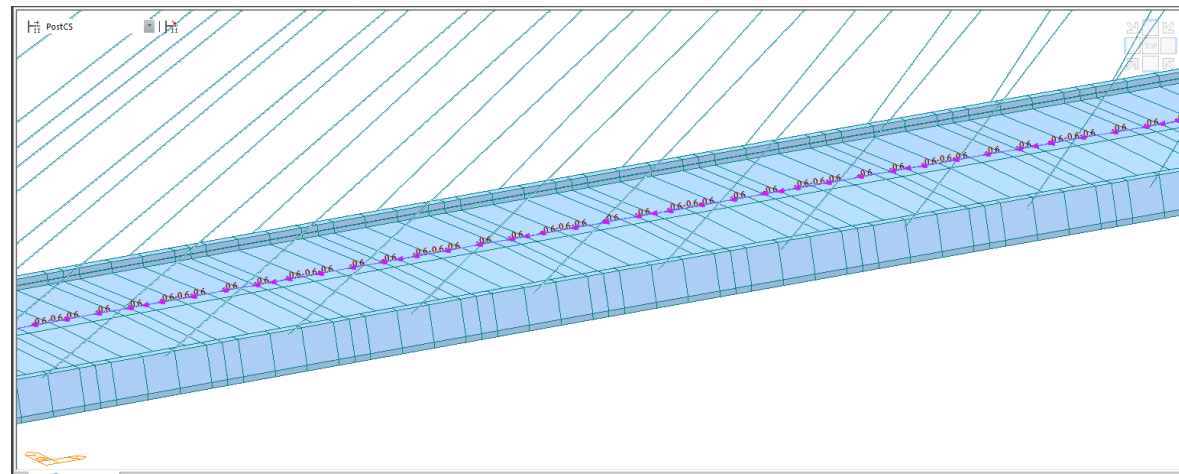
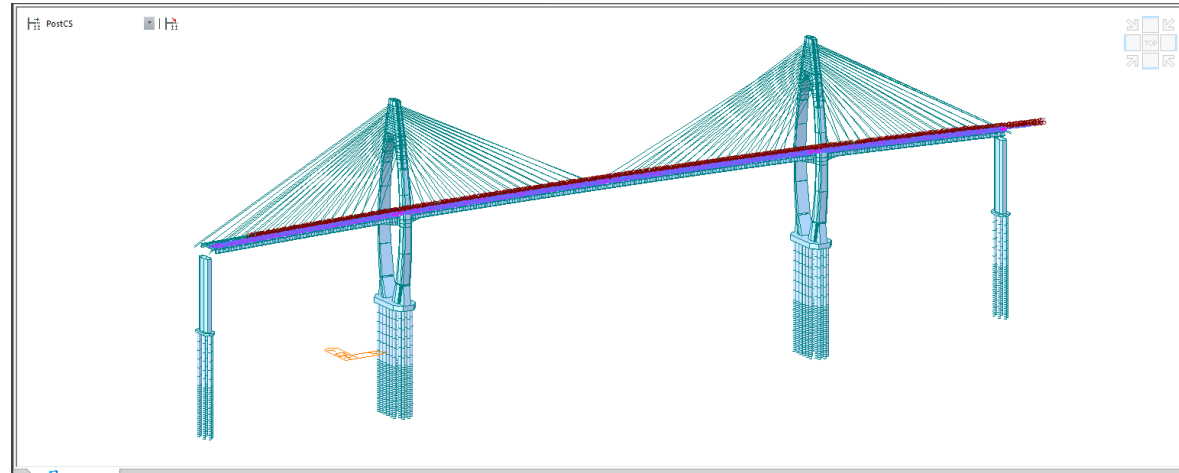
5.9 Variação de temperatura dos estais -15 graus



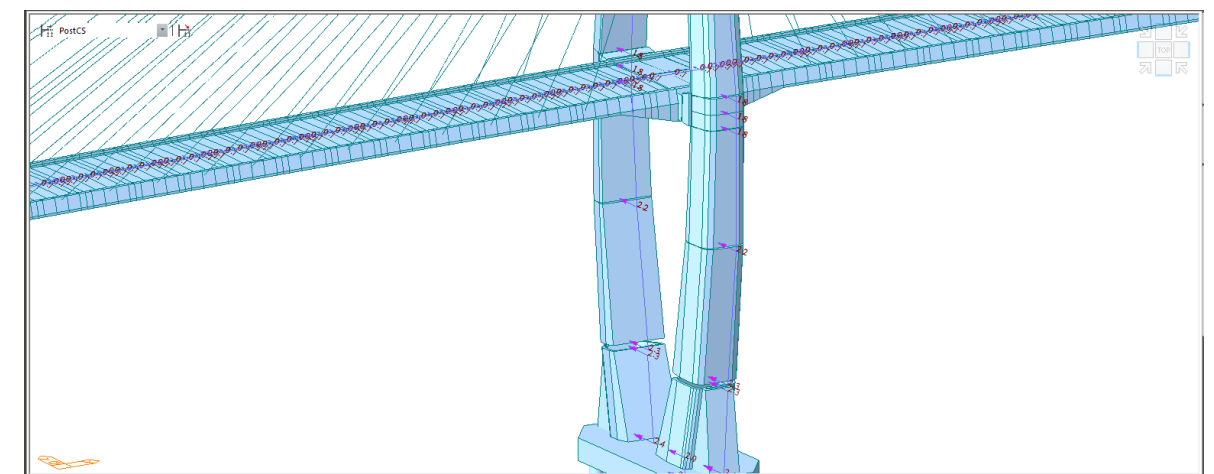
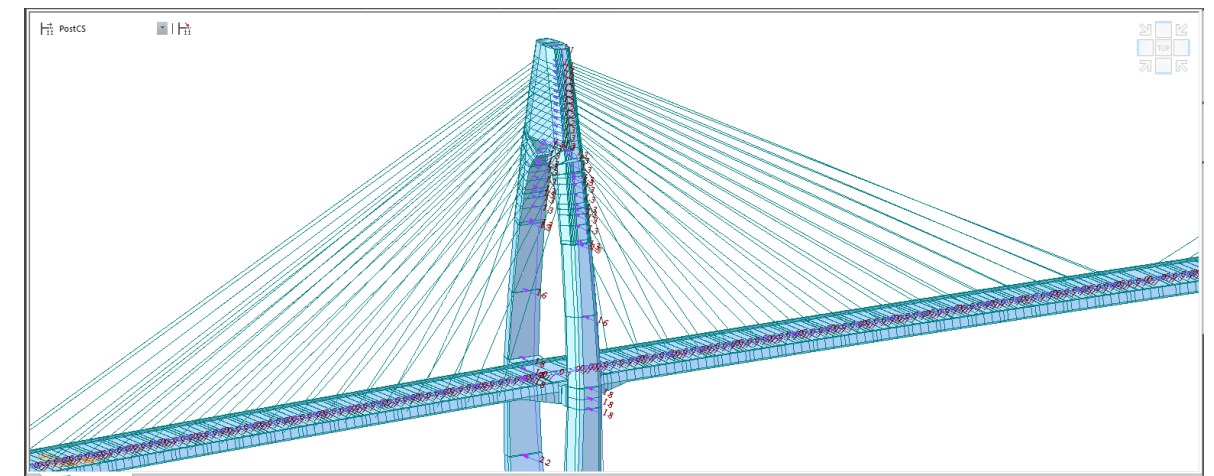
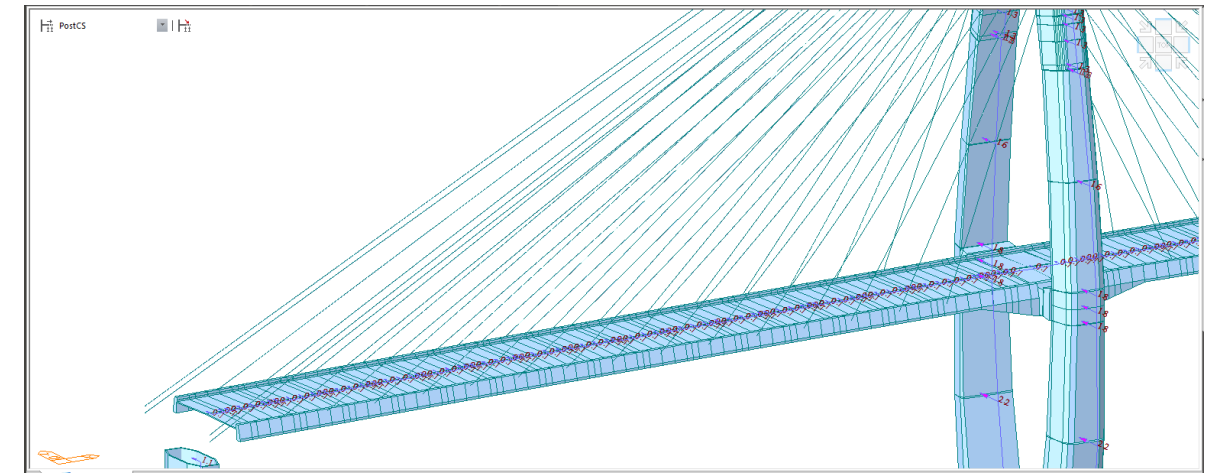
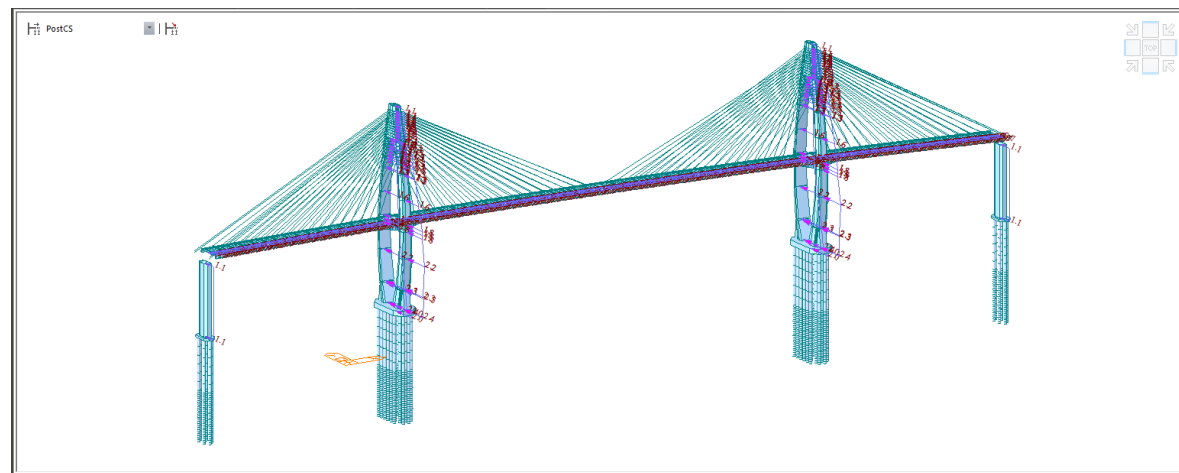
5.10 Frenagem / Aceleração - Sentido + x

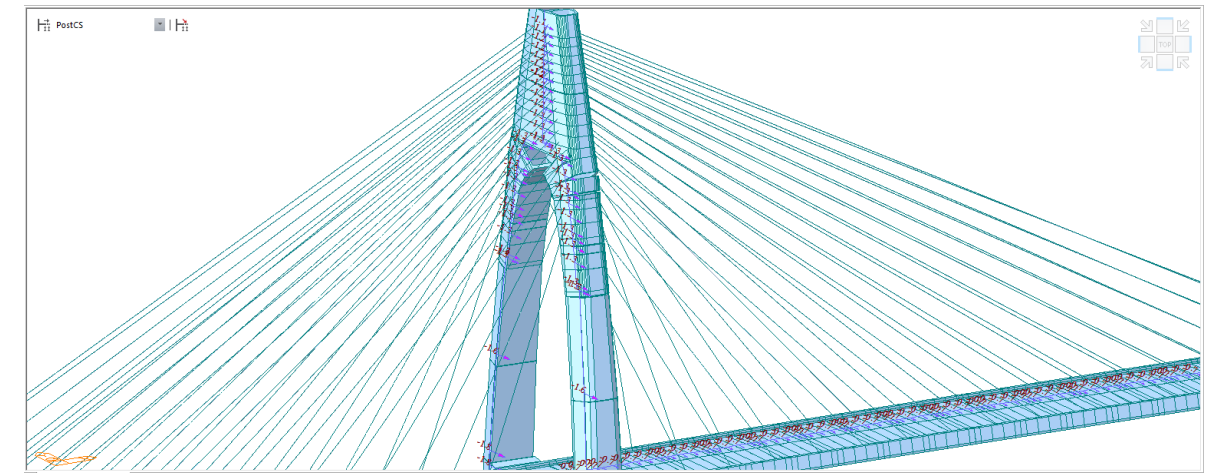
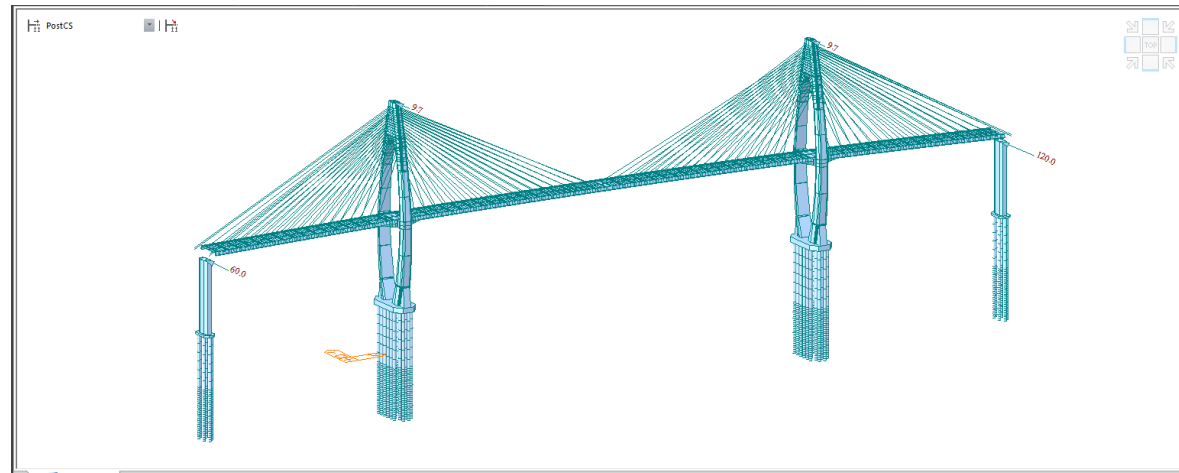


5.11 Frenação / Aceleração - Sentido - x

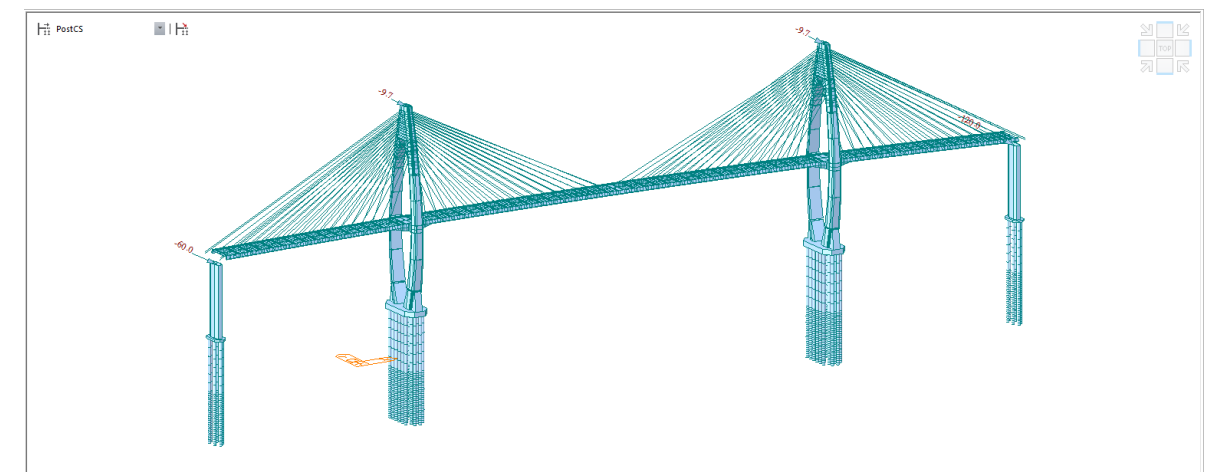
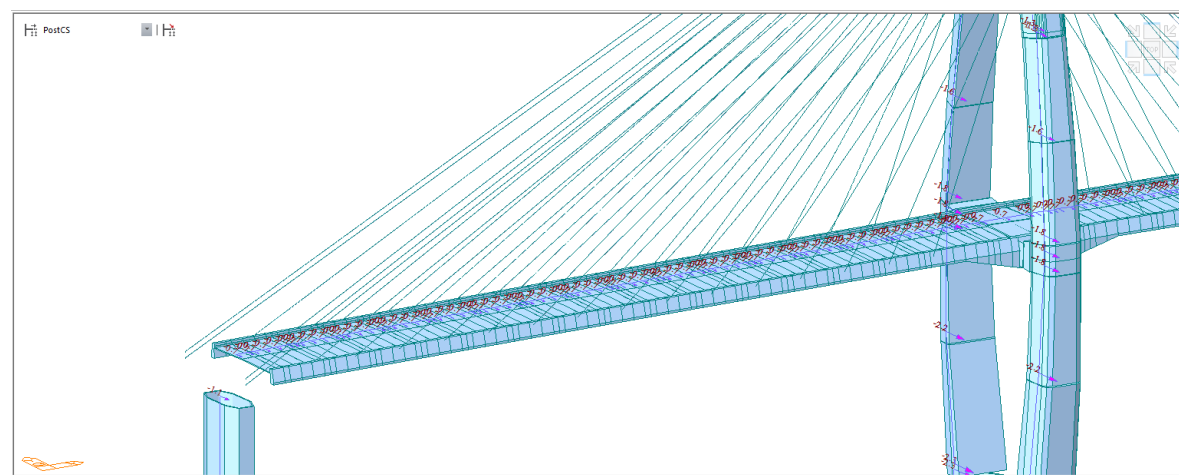
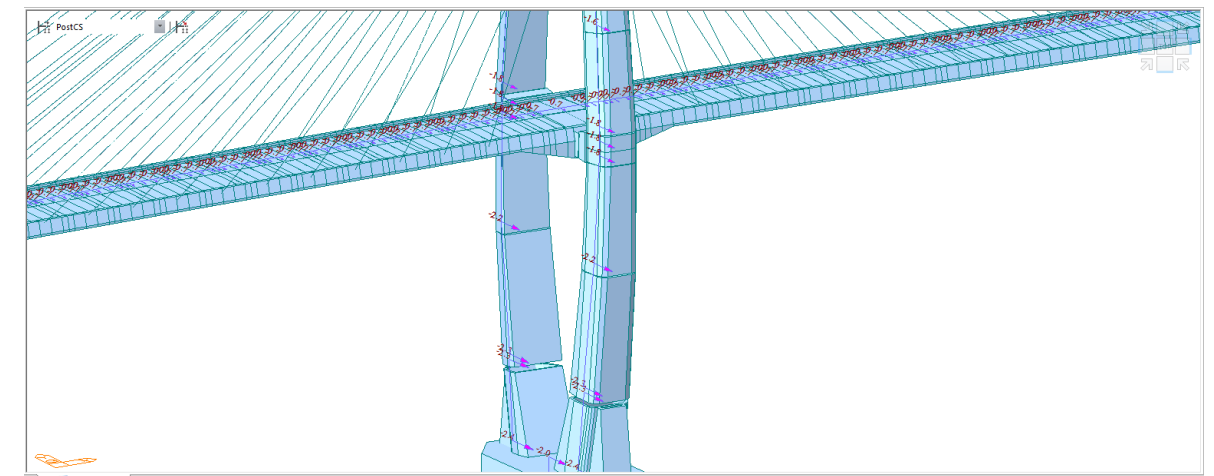
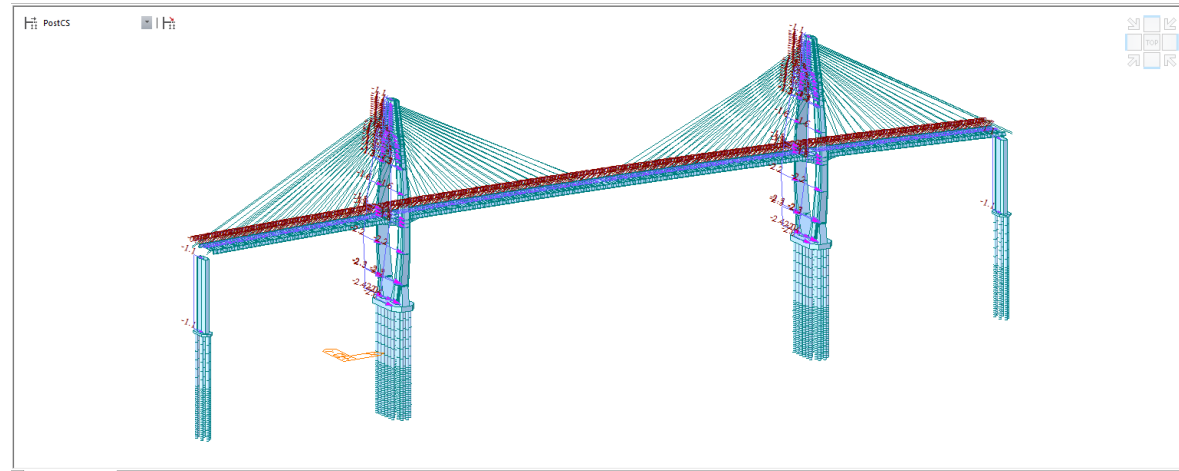


5.12 Vento - Sentido +y

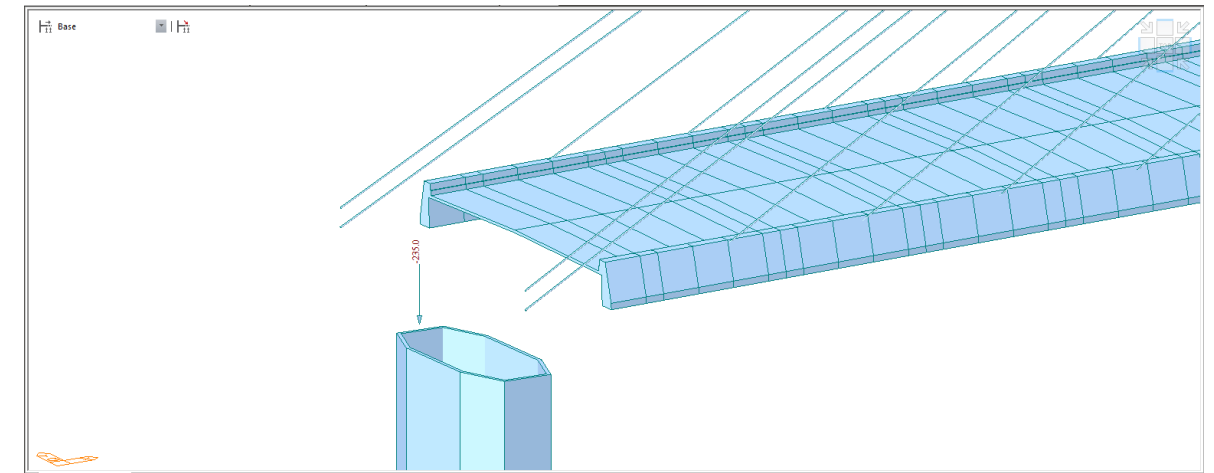
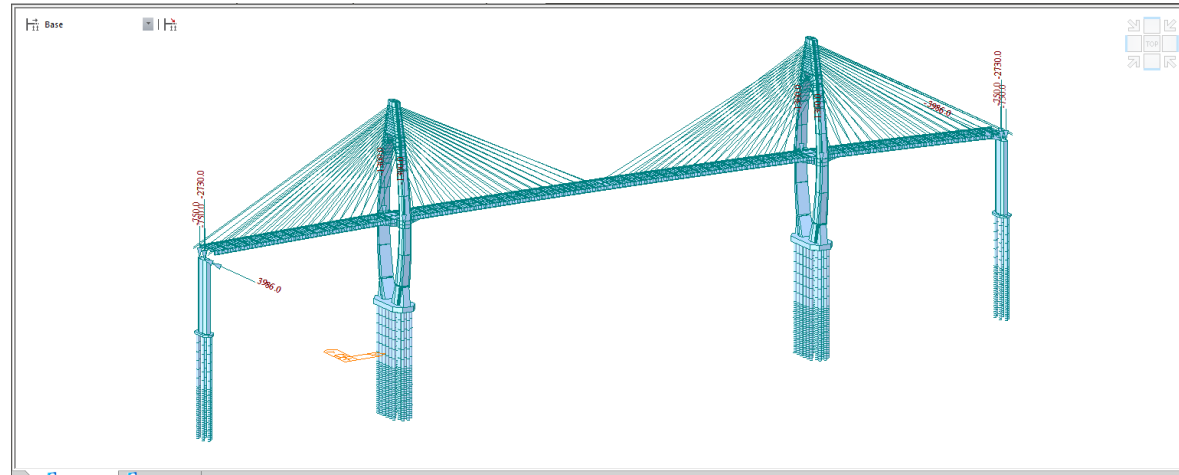




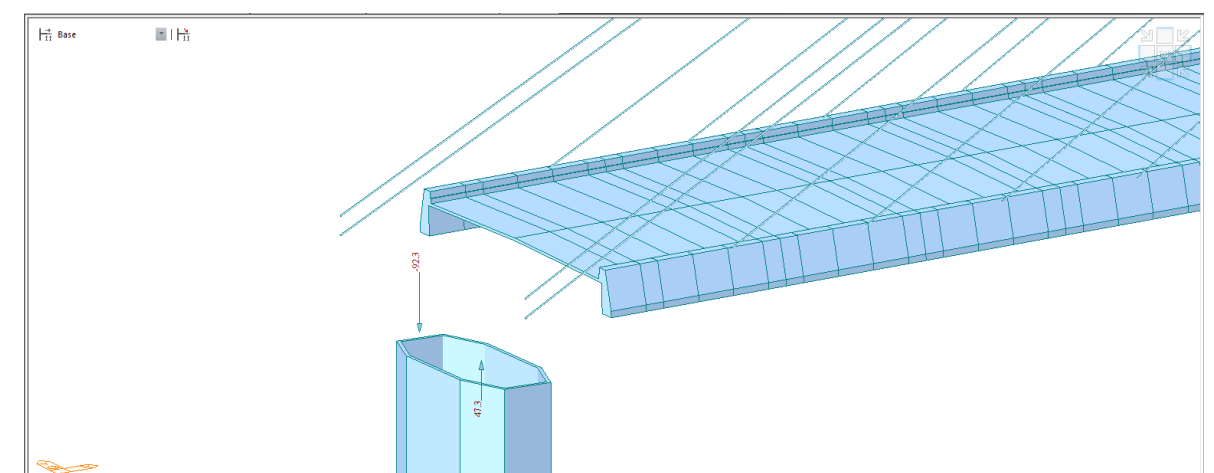
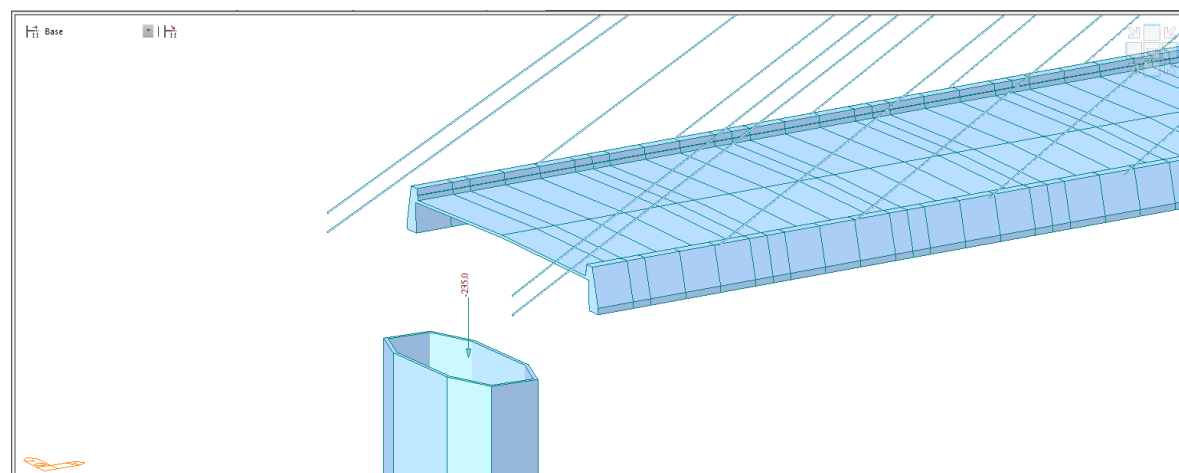
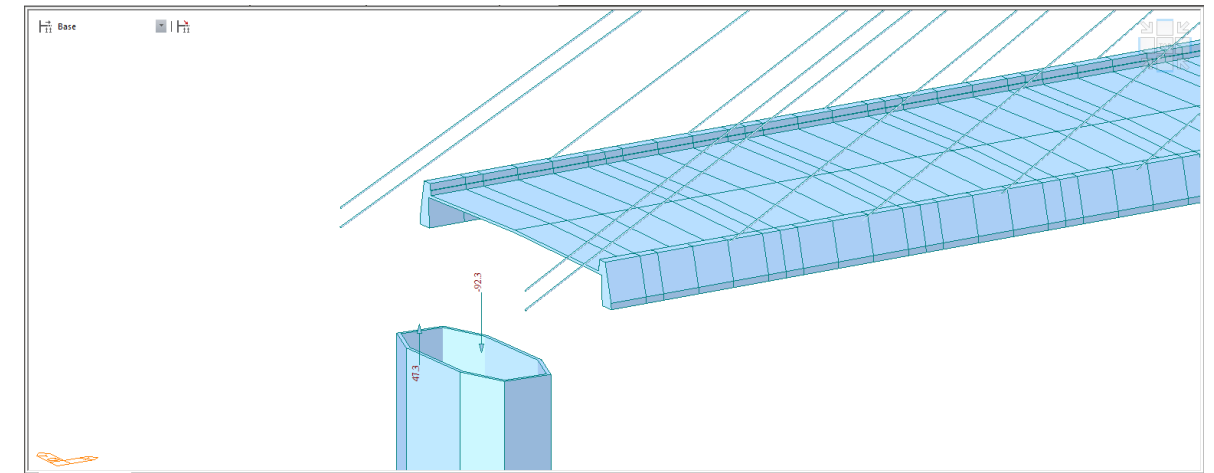
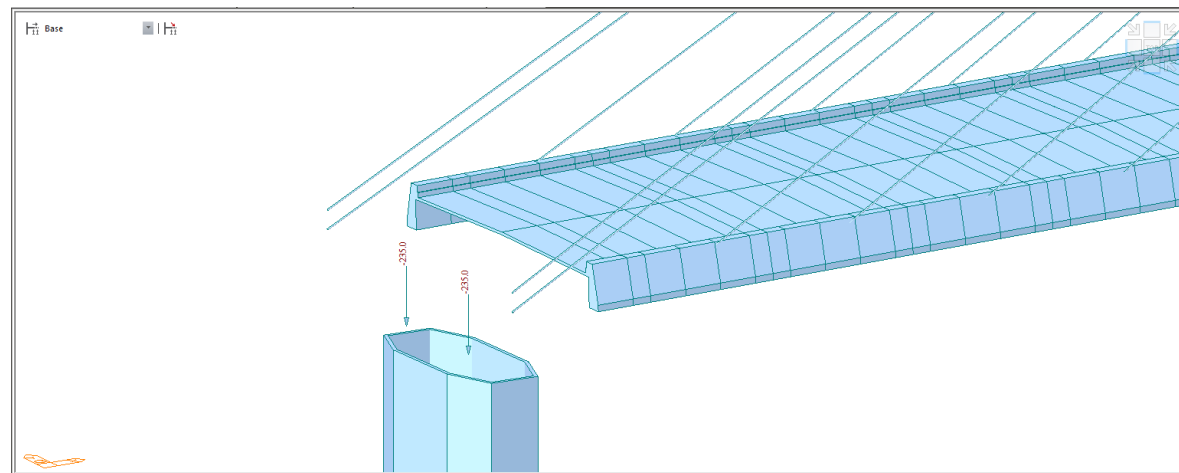
5.13 Vento - Sentido -y



5.14 Peso próprio da superestrutura do vão isostático



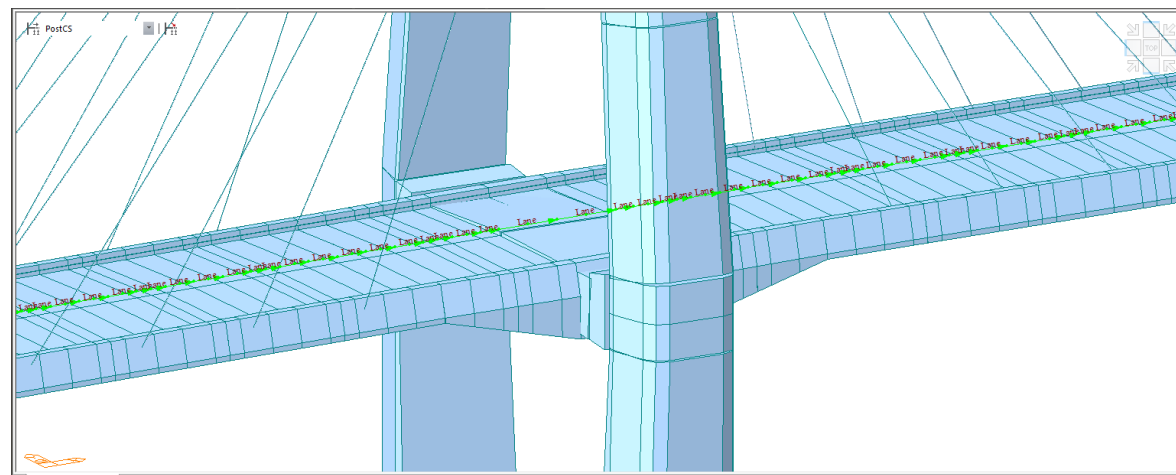
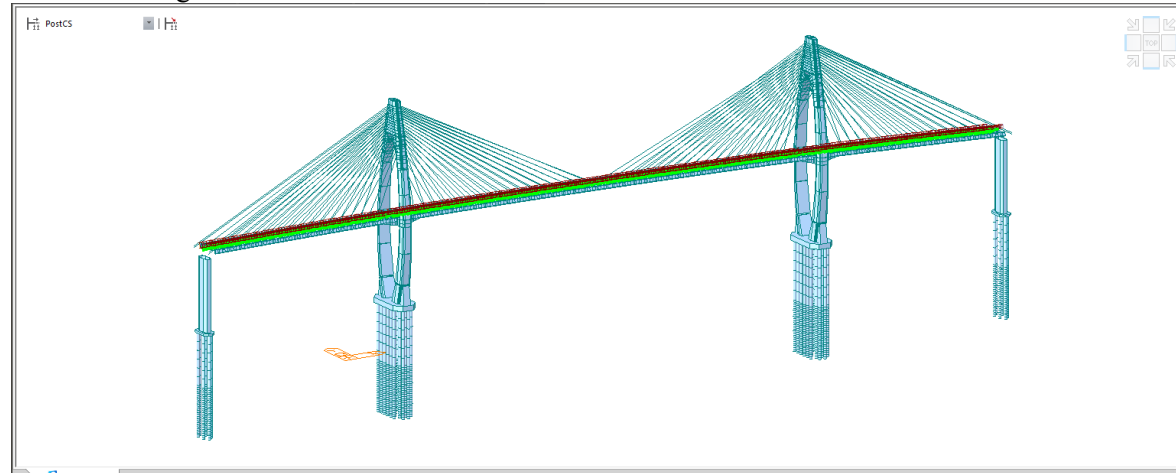
5.15 Cargas móveis da superestrutura do vão isostático



5.16 Cargas móveis

As cargas móveis são calculadas pelo software por linhas de influencia.
 O usuário do software informa as linhas de tráfego e o trem-tipo que devem trafegar nessas linhas.
 No modelo de cálculo existe uma linha de tráfego.

Linha de tráfego.



Veículo

Define User Defined Vehicular Load ✕

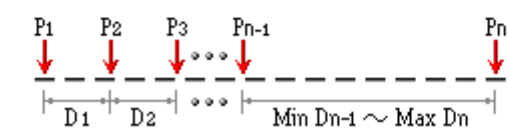
Load Type

Truck/Lane
 Train Load

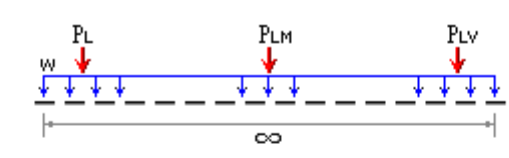
Vehicular Load Properties

Vehicular Load Name :

Truck Load



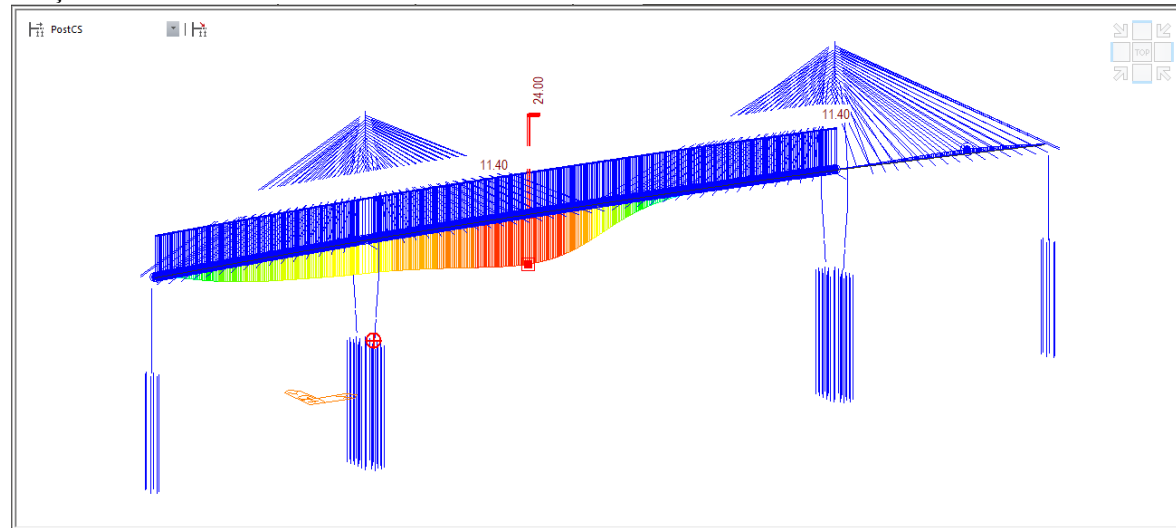
Lane Load



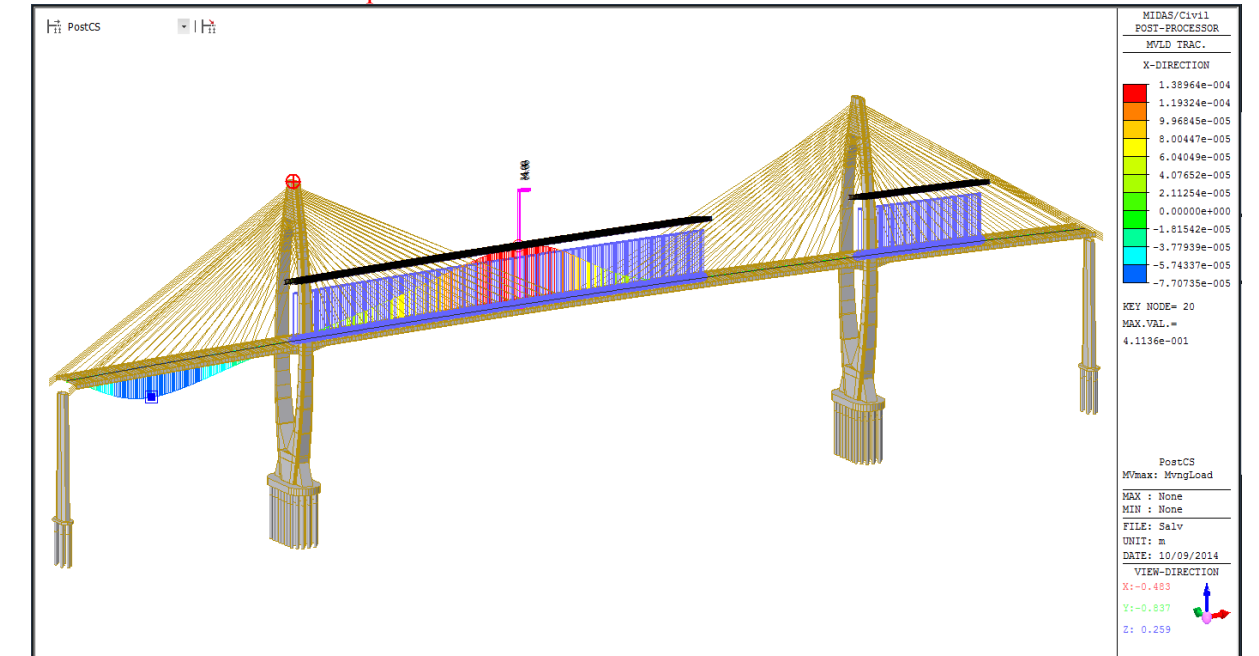
| Truck Load | | | Lane Load | |
|----------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| P# | D# | | w | tonf/m |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="button" value="Add"/> | PL | <input type="text" value="0"/> tonf |
| 1 | 24 | <input type="button" value="Insert"/> | PLM | <input type="text" value="0"/> tonf |
| 2 | 24 | <input type="button" value="Modify"/> | PLV | <input type="text" value="0"/> tonf |
| 3 | 24 | <input type="button" value="Delete"/> | | |
| < | | | | |

Abaixo mostraremos alguns casos de carga móvel para demonstrar:

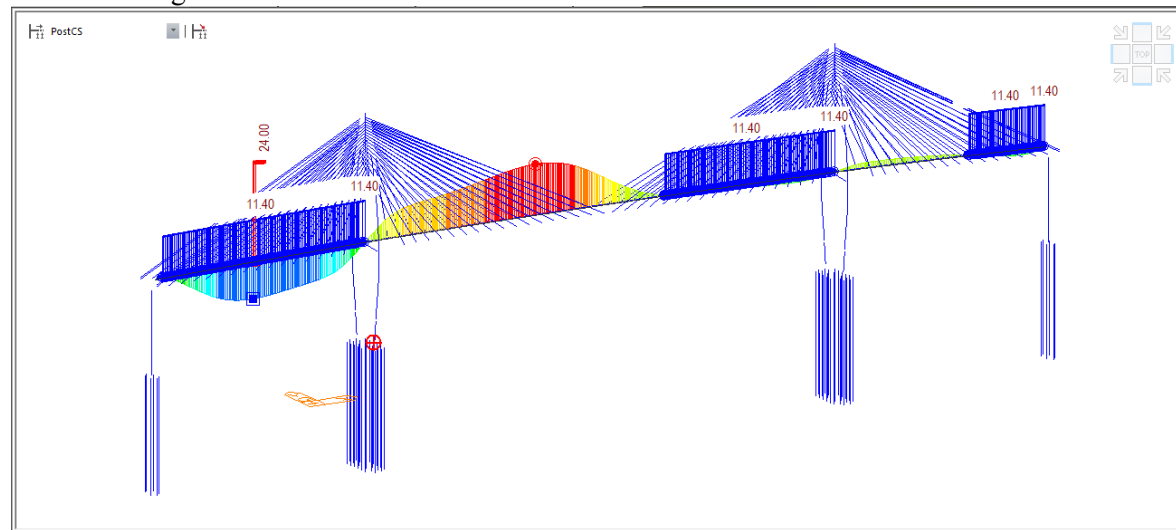
Força axial máxima na base da torre sobre o bloco.



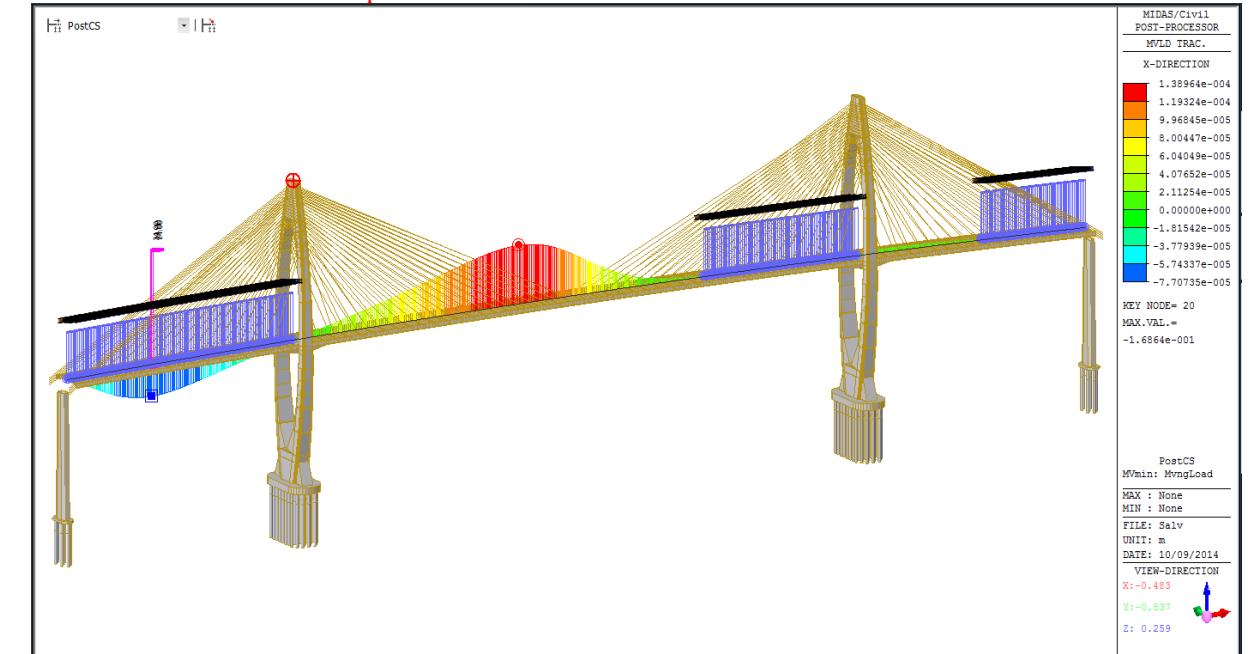
Deslocamento máximo do topo da torre - Sentido + x



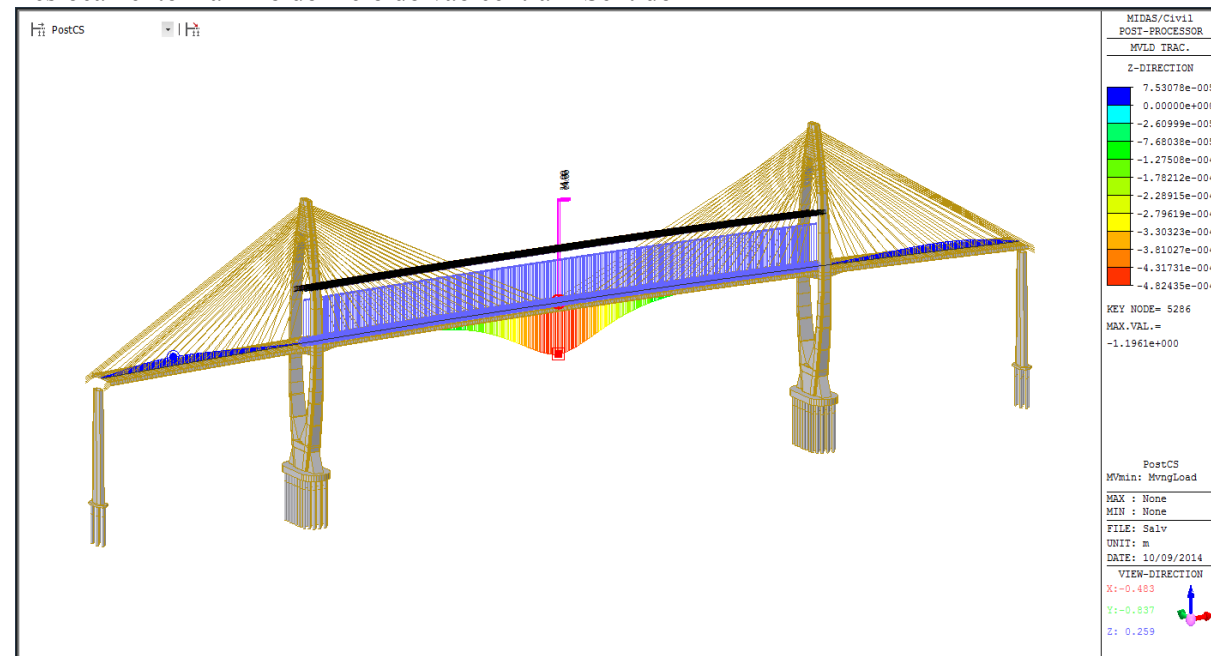
Momento longitudinal fletor máximo na base da torre sobre o bloco.



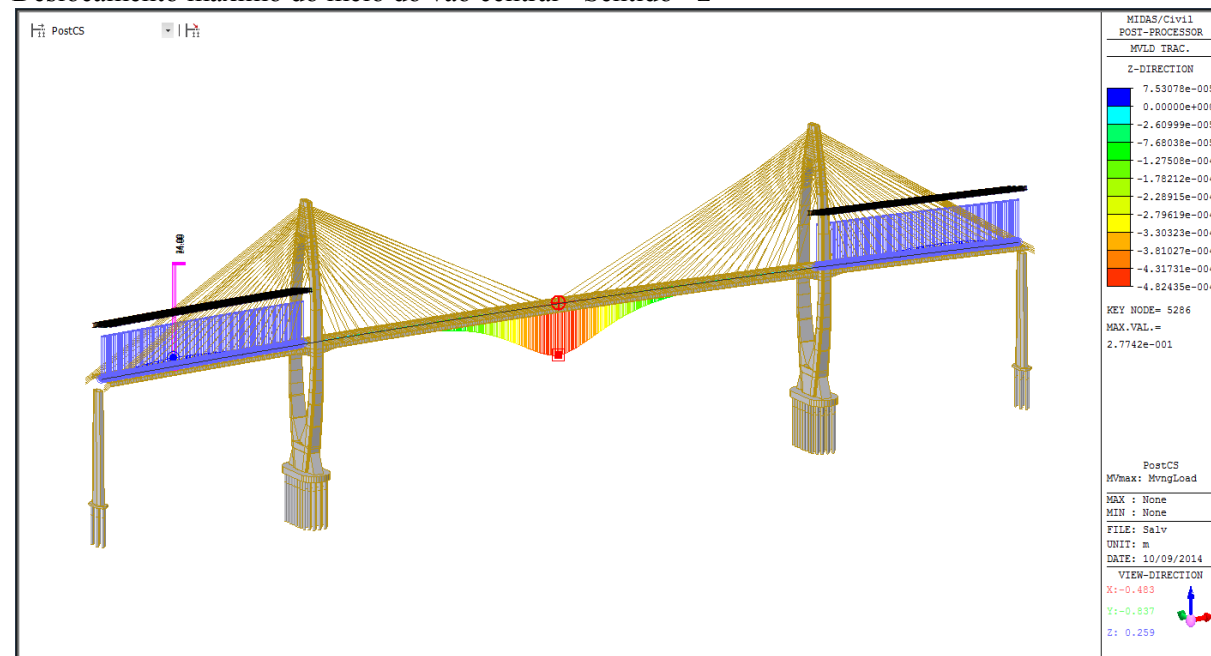
Deslocamento máximo do topo da torre - Sentido - x



Deslocamento máximo do meio do vão central - Sentido -z

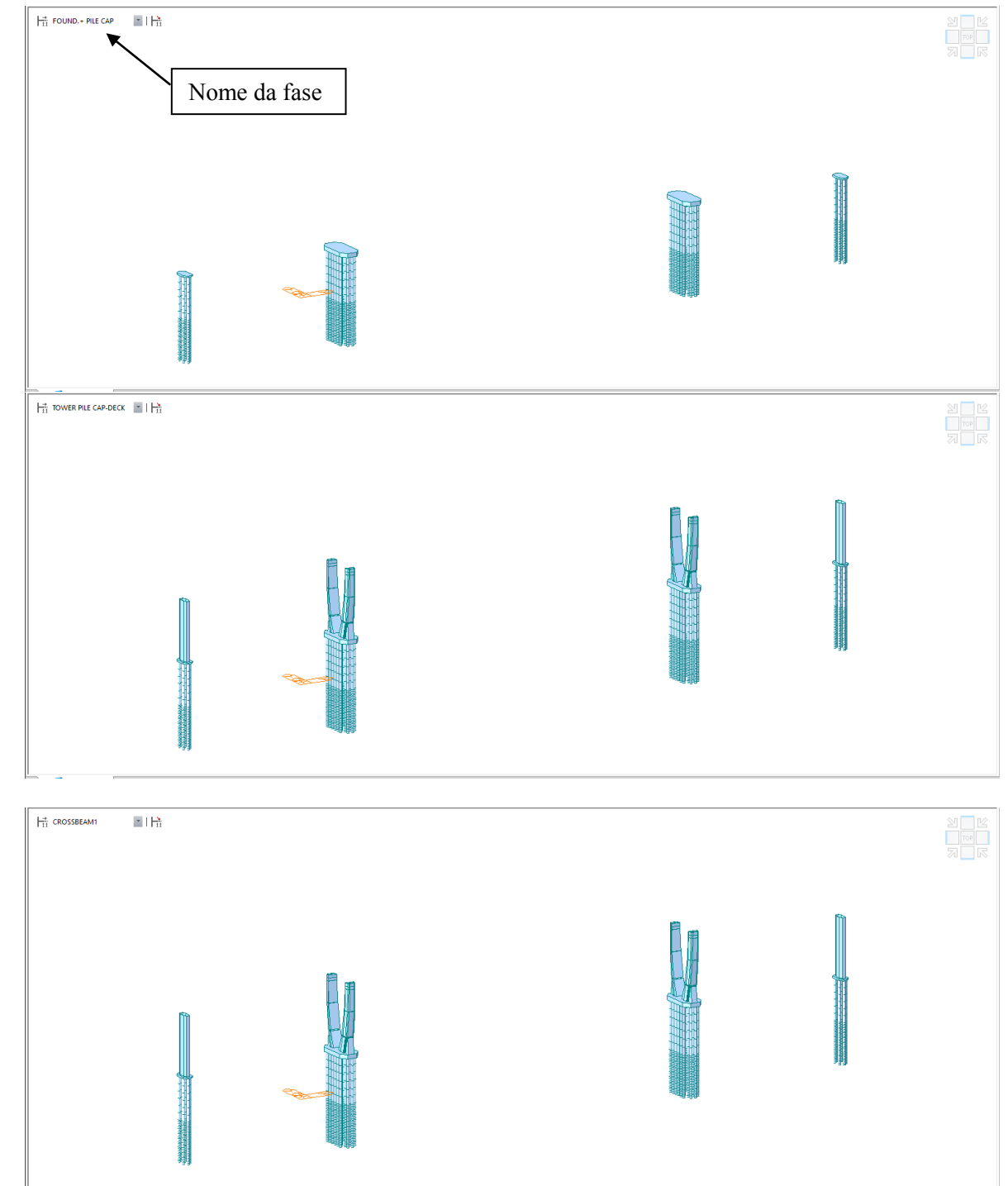


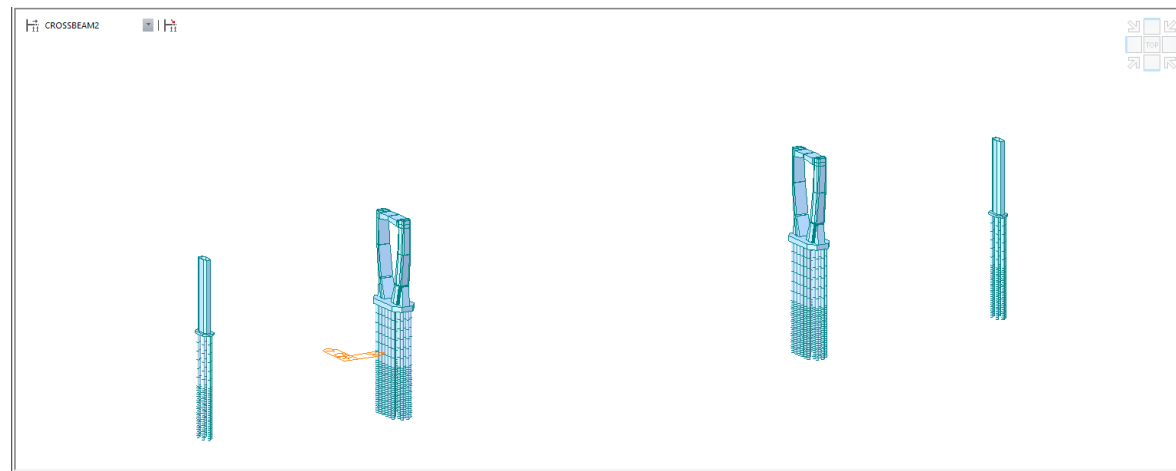
Deslocamento máximo do meio do vão central - Sentido +z



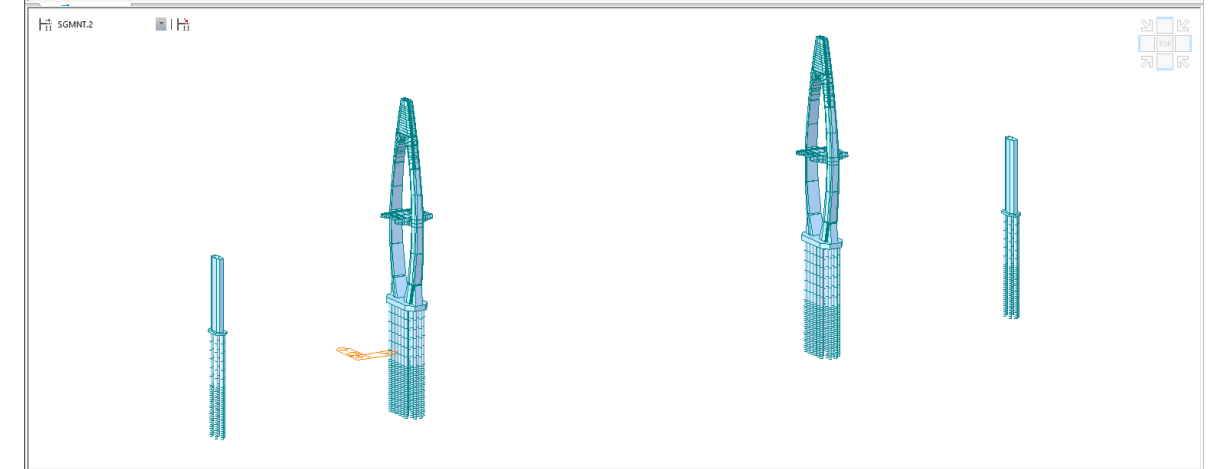
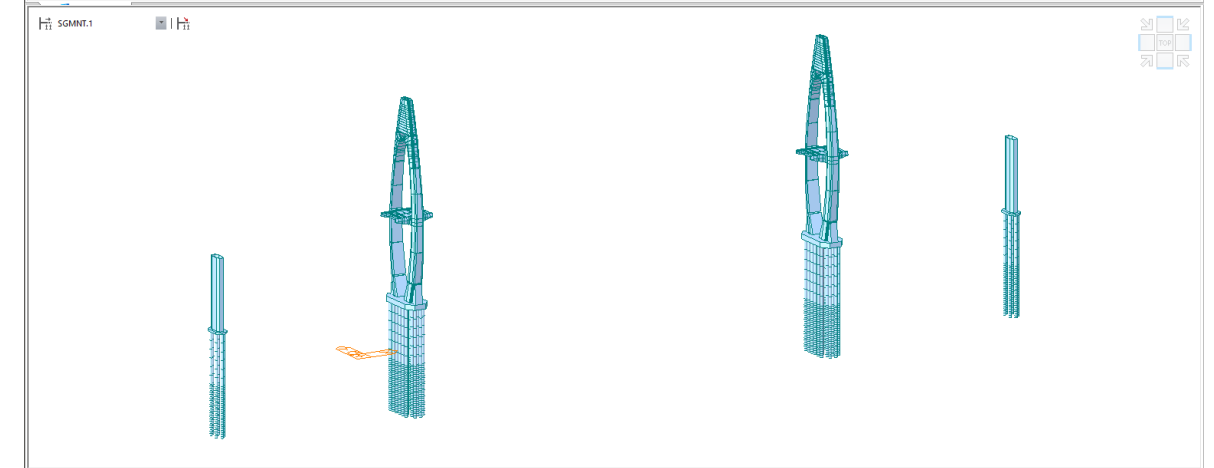
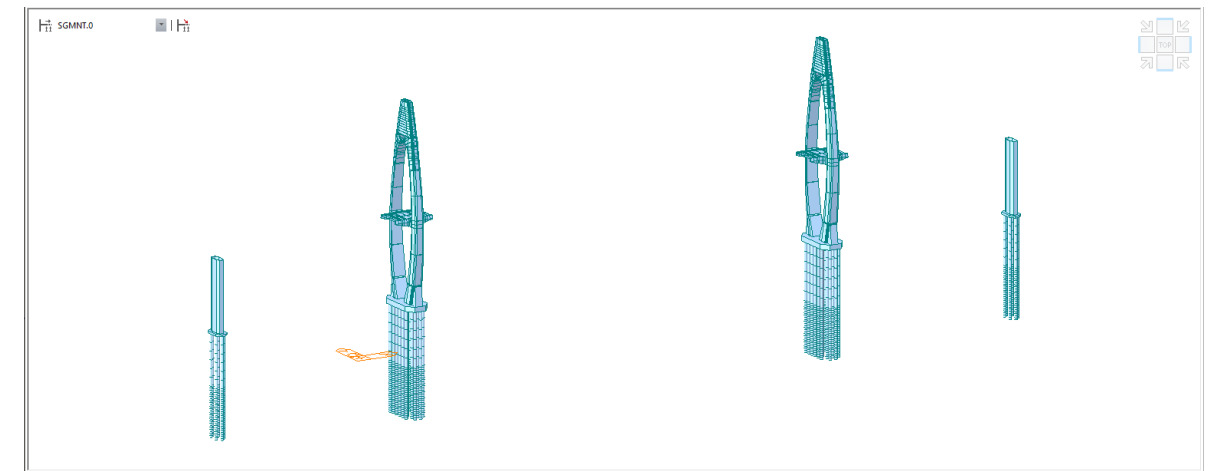
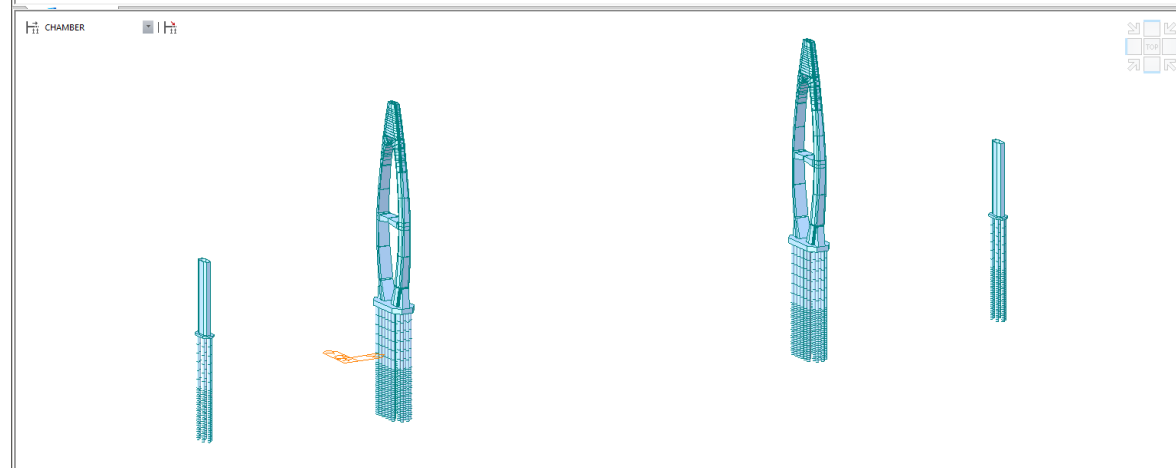
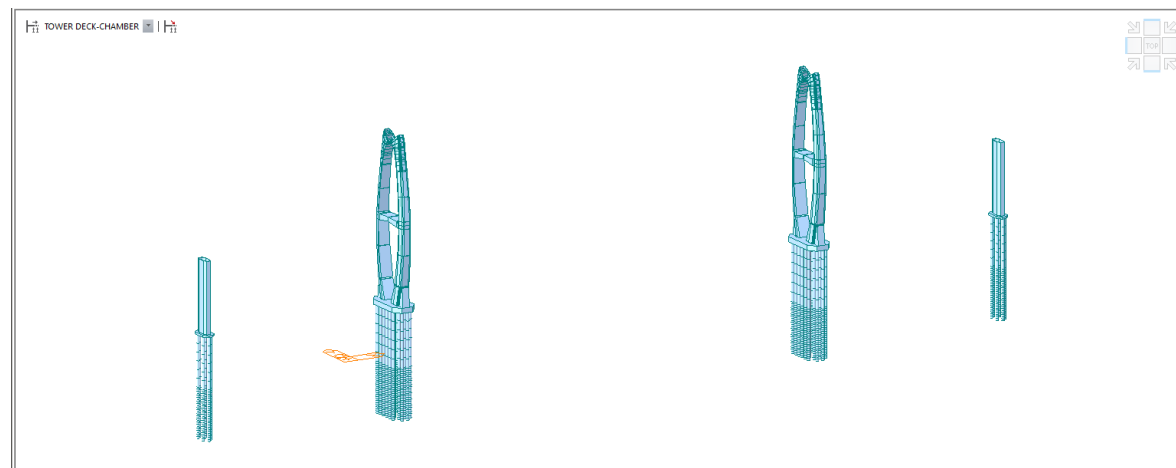
6 FASES DE EXECUÇÃO

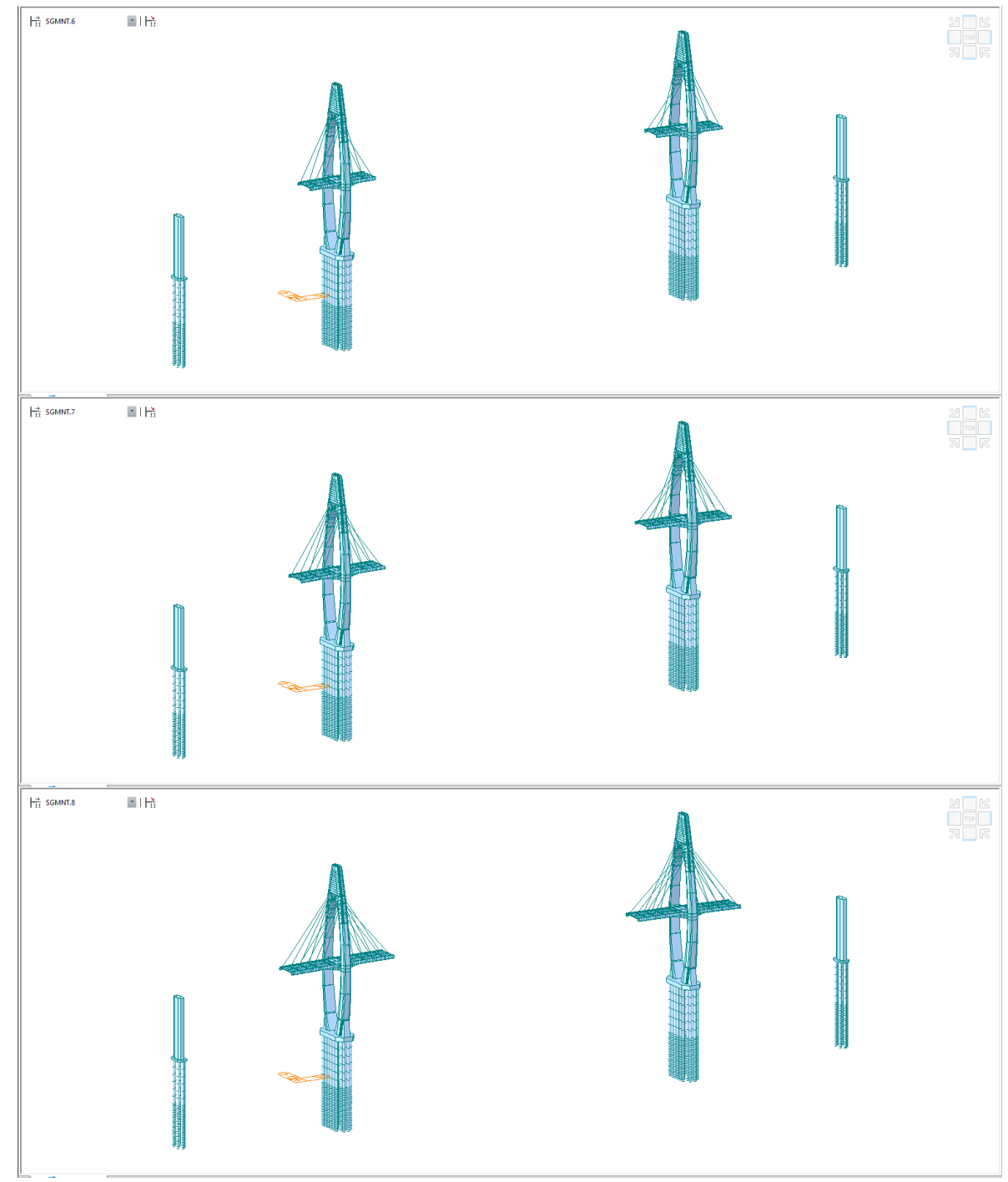
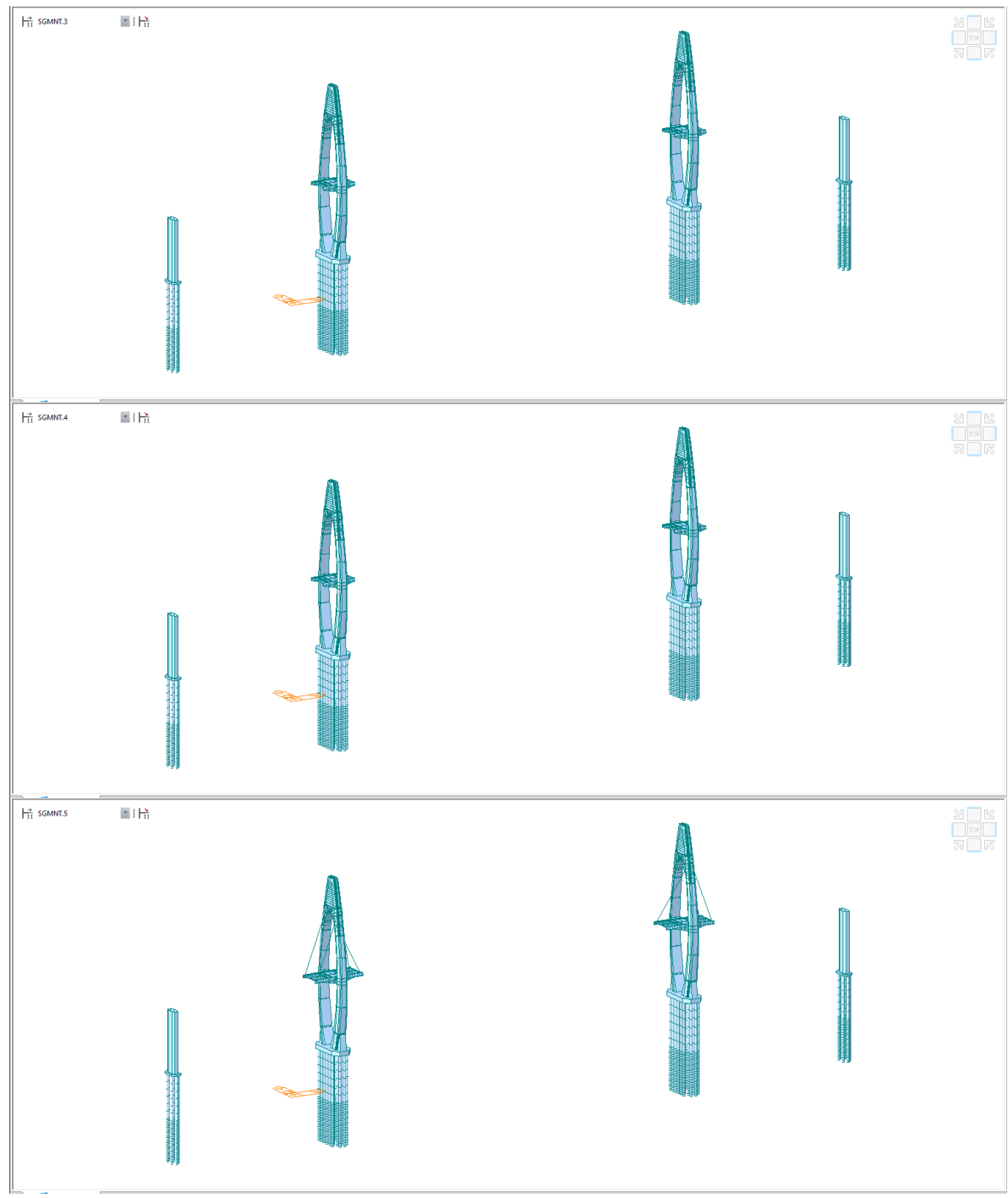
Abaixo vemos ilustradas todas as fases de execução consideradas

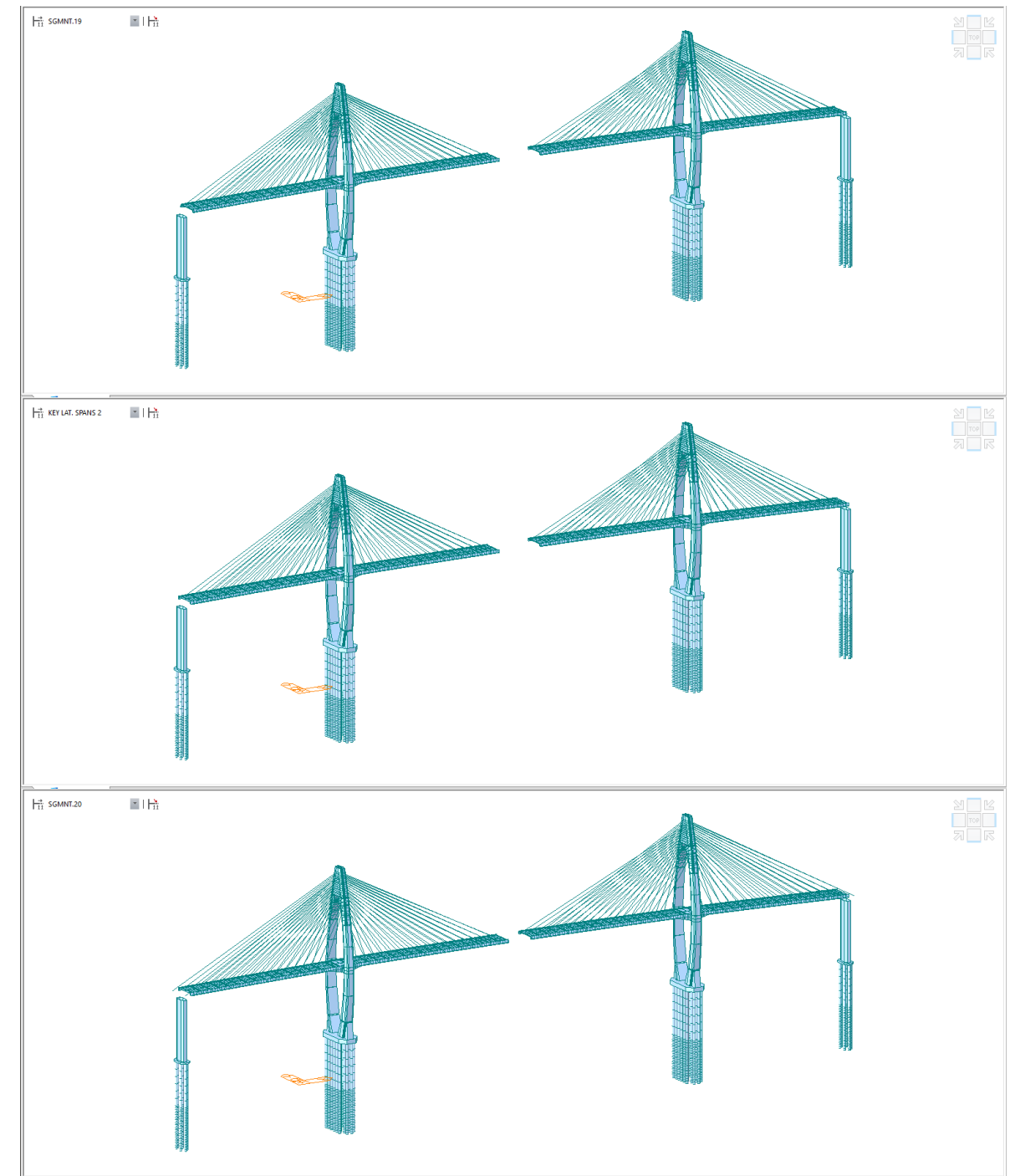
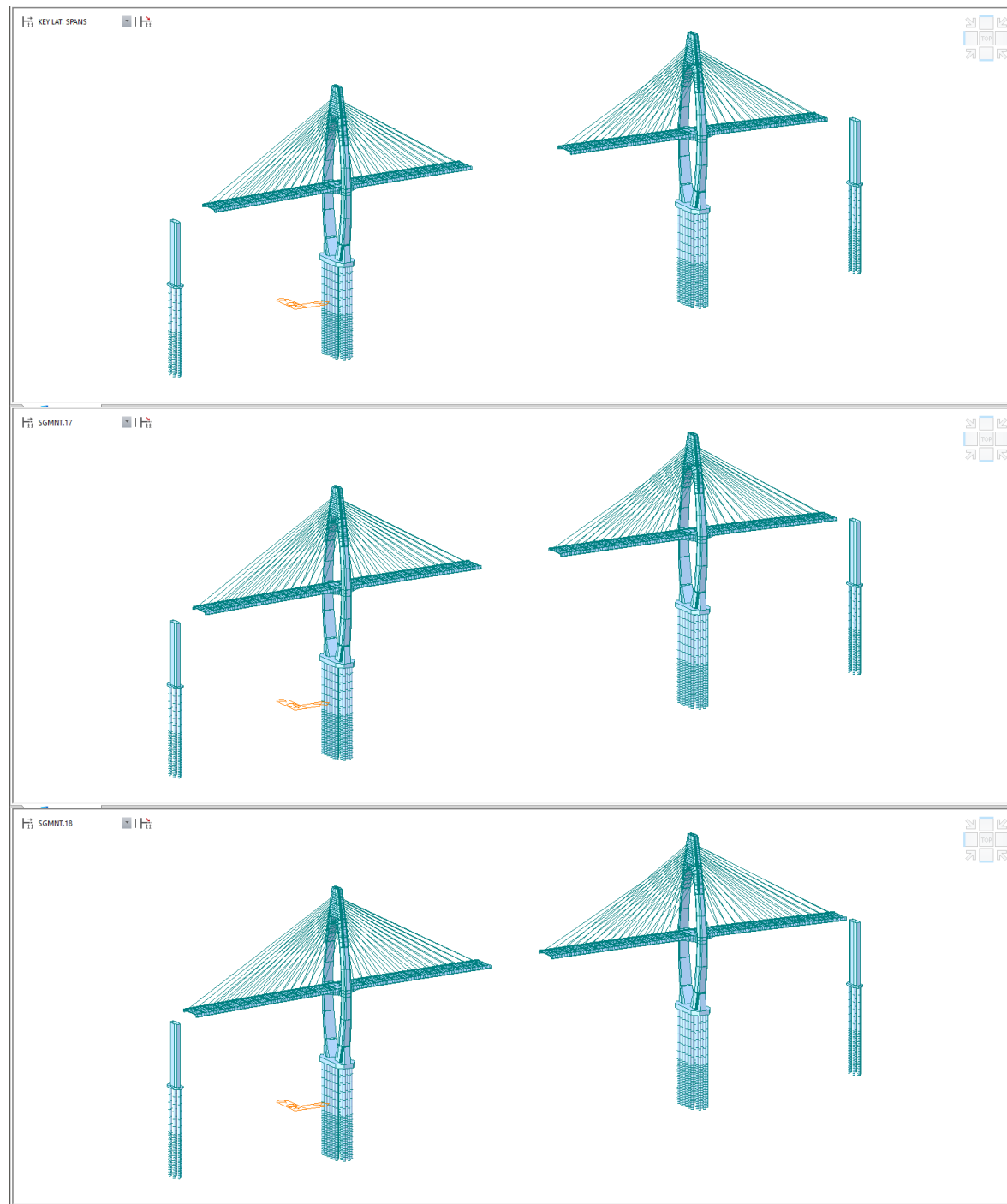


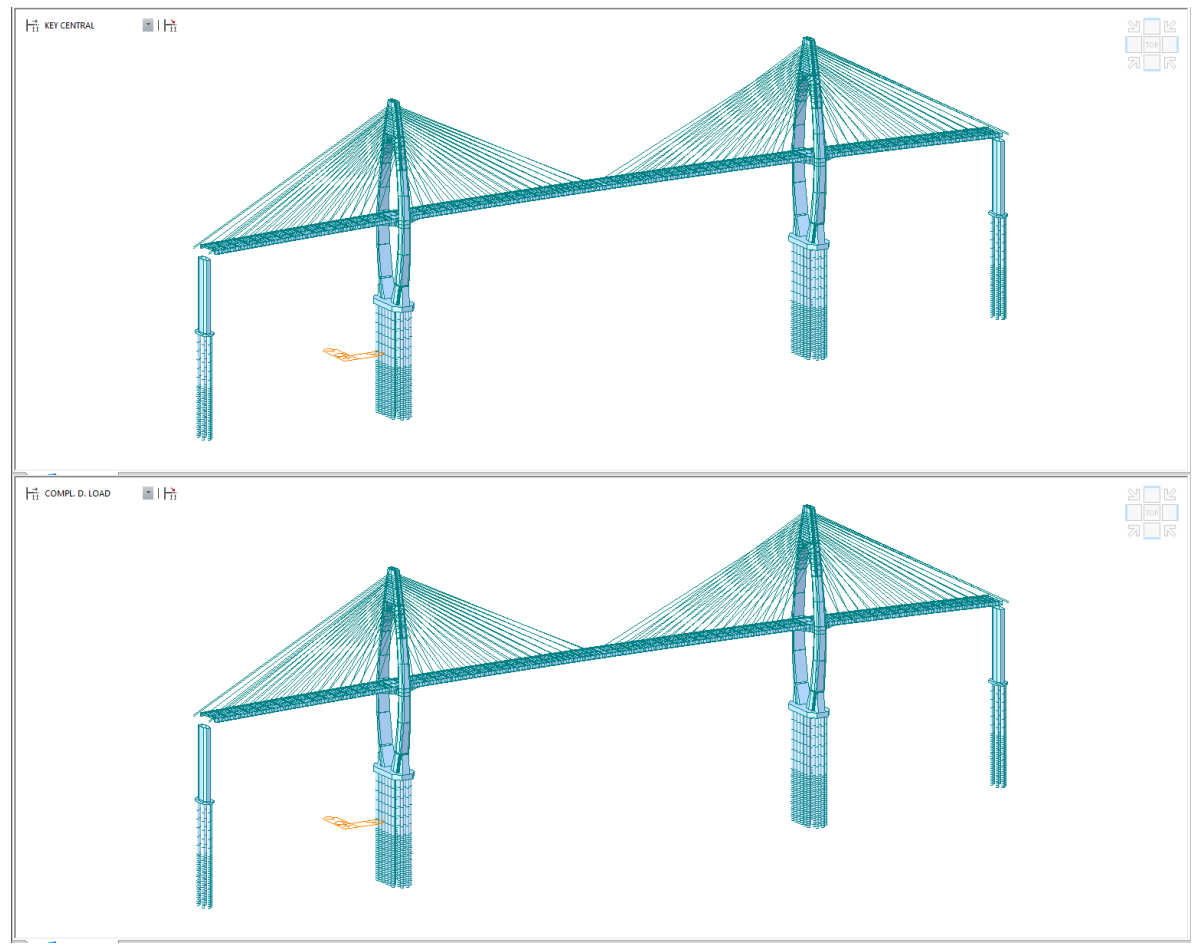


As fases "CROSSBEAM1" E "CROSSBEAM2" parecem iguais porem na fase "CROSSBEAM1" aplicamos um "beam end release" no meio da viga travessa de maneira simular a sua execução em balanços sucessivos. Na fase "CROSSBEAM2" desativamos esse release para simular o funcionamento normal dessa viga travessa.

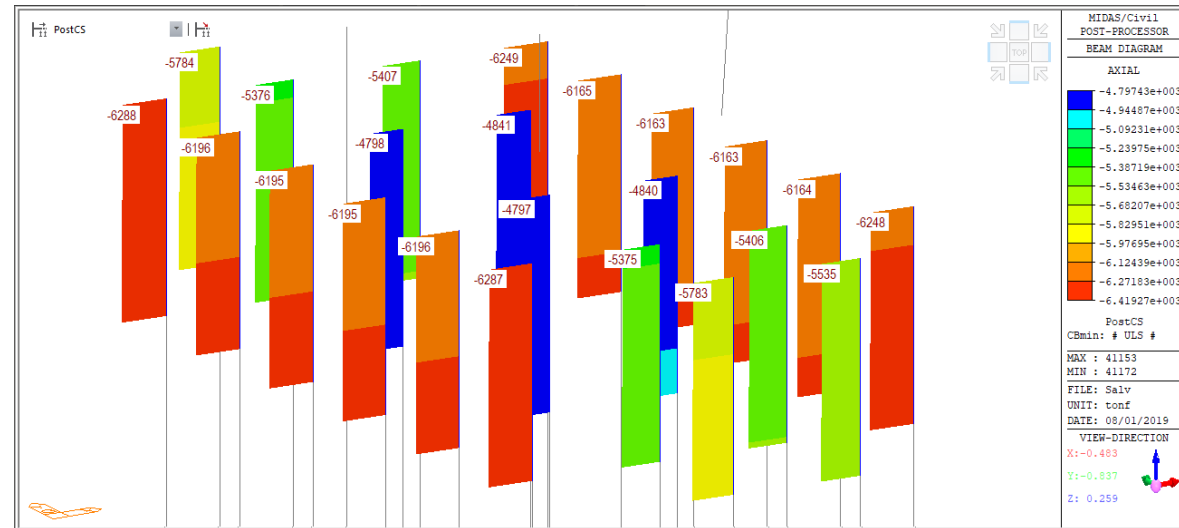




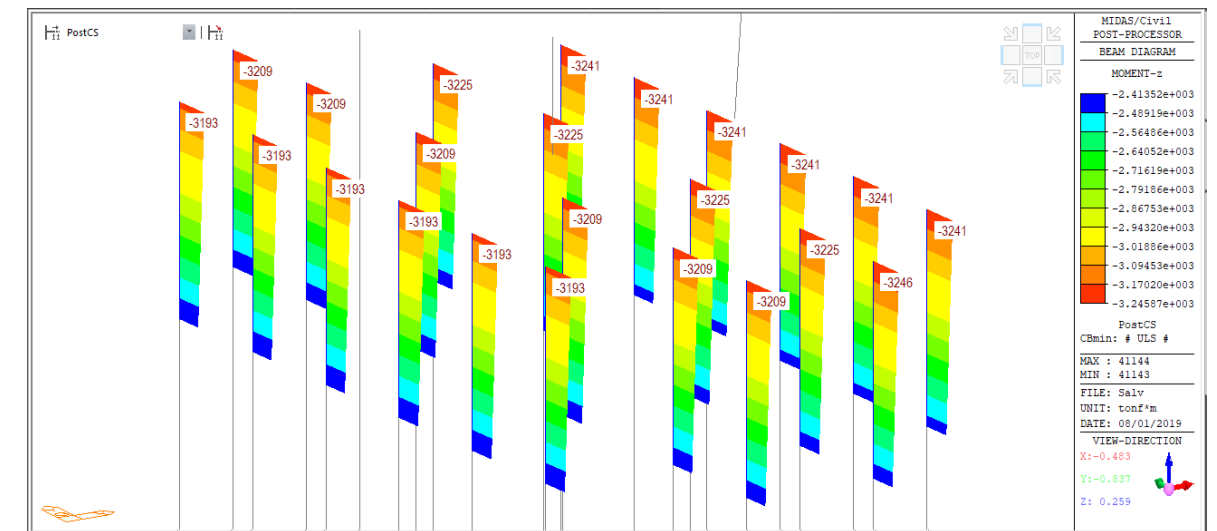




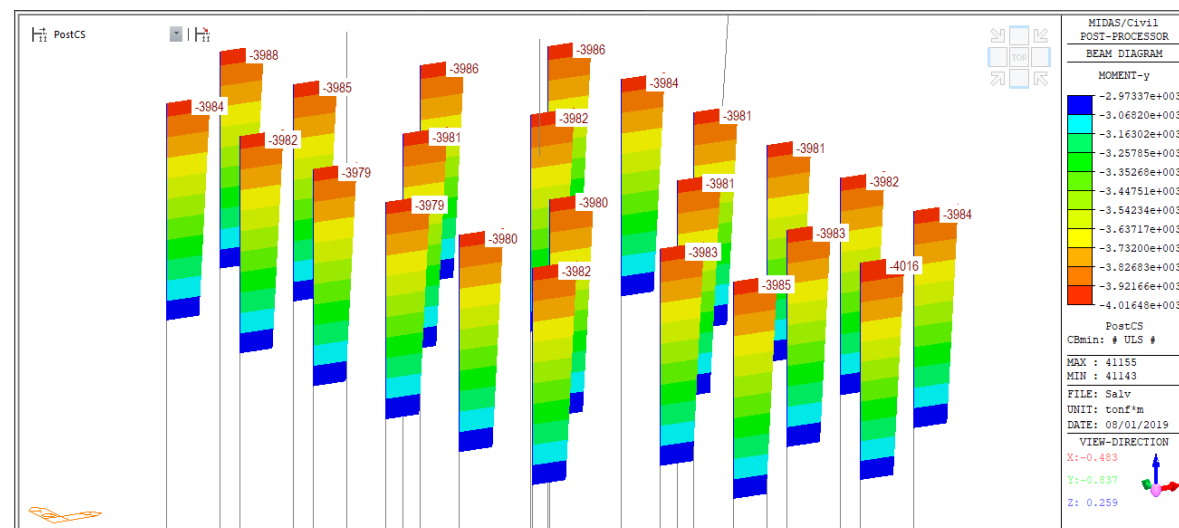
7.2.3 Forças axiais máximas de cálculo - Fx



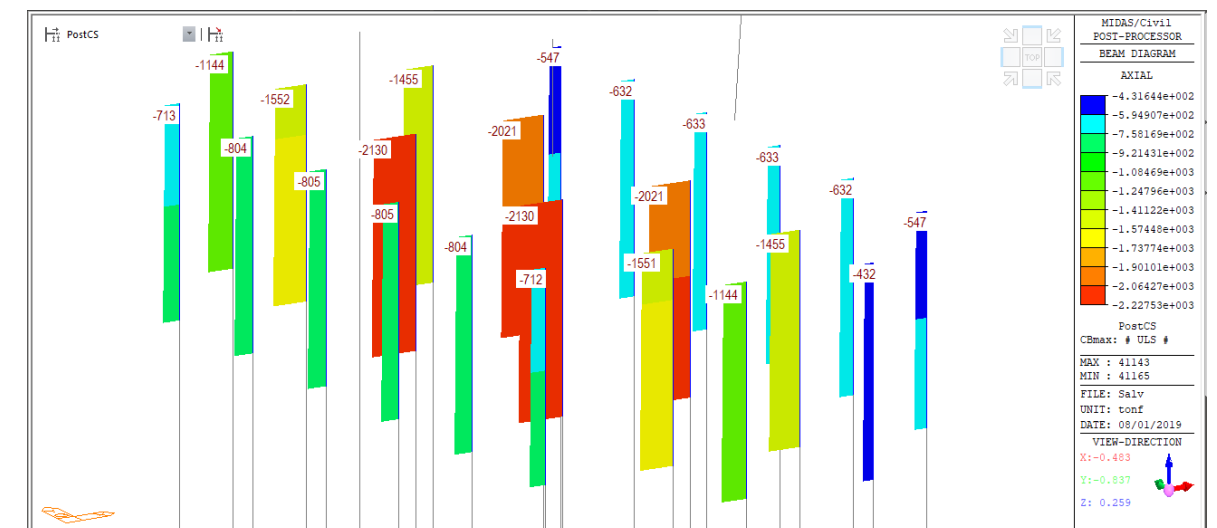
7.2.5 Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz



7.2.4 Momentos fletores mínimos de cálculo - My



7.2.6 Forças axiais mínimas de cálculo - Fx



Govorno do Estado da Bahia
Secretaria de Infraestrutura
Superintendência de Infraestrutura de Transportes da Bahia - SIT

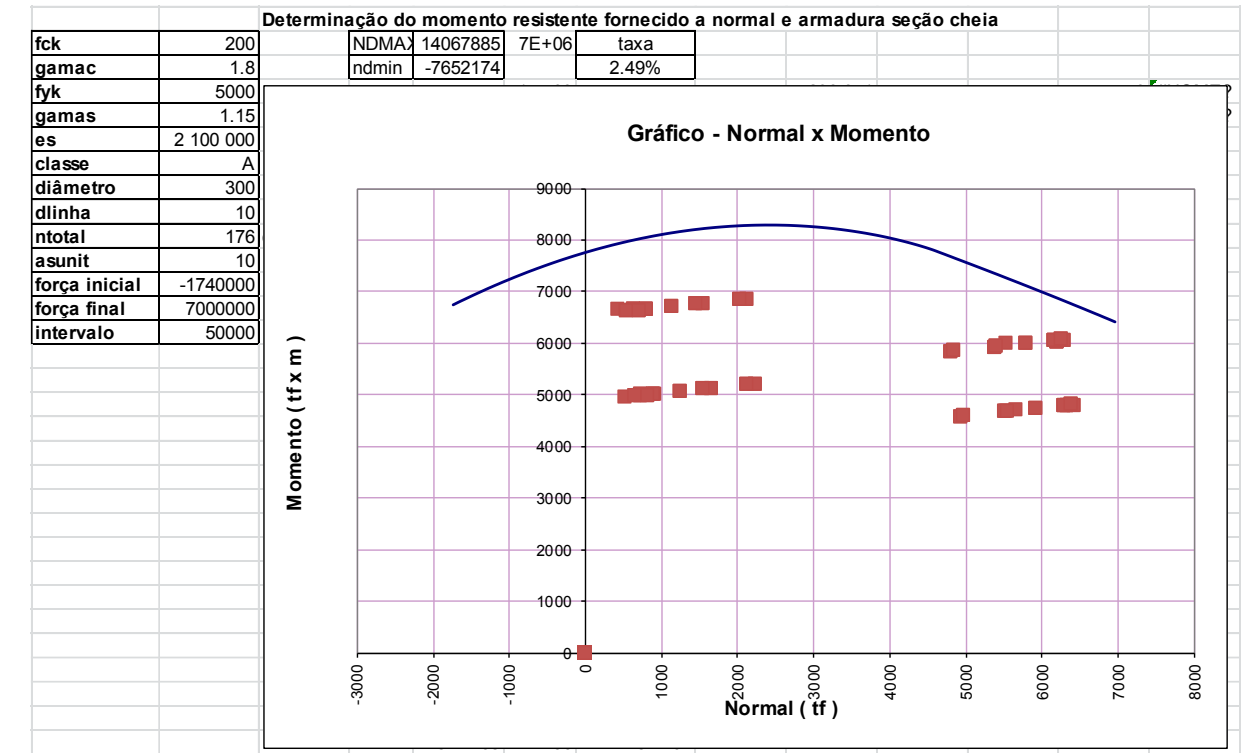
7.2.7 Esforços tabelados

| | Elem | Load | Part | Axial (tonf) | Shear-y (tonf) | Shear-z (tonf) | Torsion (tonf*m) | Moment-y (tonf*m) | Moment-z (tonf*m) |
|---|-------|----------------|---------|--------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| ▶ | 41141 | # ULS #([355] | | -1241.41 | 80.08 | 101.22 | 22.32 | 4231.19 | 2425.19 |
| | 41141 | # ULS #([5239] | J[5239] | -1143.87 | 78.28 | 99.42 | 22.32 | 5700.56 | 3209.42 |
| | 41143 | # ULS #([9397] | | -529.19 | 84.85 | 107.10 | 22.32 | 4224.77 | 2432.25 |
| | 41143 | # ULS #([9396] | J[9396] | -431.64 | 83.04 | 105.30 | 22.32 | 5726.90 | 3245.69 |
| | 41144 | # ULS #([345] | | -809.52 | 79.57 | 101.03 | 22.32 | 4229.67 | 2414.16 |
| | 41144 | # ULS #([291] | J[291] | -711.98 | 77.77 | 99.23 | 22.32 | 5697.62 | 3194.04 |
| | 41145 | # ULS #([344] | | -1649.04 | 80.08 | 101.18 | 22.32 | 4229.51 | 2425.19 |
| | 41145 | # ULS #([290] | J[290] | -1551.50 | 78.28 | 99.37 | 22.32 | 5698.31 | 3209.41 |
| | 41146 | # ULS #([342] | | -1552.52 | 80.59 | 101.33 | 22.32 | 4229.34 | 2436.35 |
| | 41146 | # ULS #([288] | J[288] | -1454.97 | 78.79 | 99.52 | 22.32 | 5699.01 | 3224.97 |
| | 41147 | # ULS #([341] | | -644.44 | 81.11 | 101.47 | 22.32 | 4229.17 | 2447.59 |
| | 41147 | # ULS #([287] | J[287] | -546.89 | 79.31 | 99.67 | 22.32 | 5699.70 | 3240.67 |
| | 41148 | # ULS #([340] | | -901.32 | 79.57 | 100.99 | 22.32 | 4227.99 | 2414.16 |
| | 41148 | # ULS #([286] | J[286] | -803.78 | 77.77 | 99.18 | 22.32 | 5695.38 | 3194.03 |
| | 41151 | # ULS #([336] | | -729.16 | 81.11 | 101.43 | 22.32 | 4227.49 | 2447.59 |
| | 41151 | # ULS #([282] | J[282] | -631.62 | 79.31 | 99.63 | 22.32 | 5697.45 | 3240.66 |
| | 41152 | # ULS #([335] | | -902.33 | 79.57 | 100.94 | 22.32 | 4226.31 | 2414.16 |
| | 41152 | # ULS #([281] | J[281] | -804.78 | 77.77 | 99.14 | 22.32 | 5693.13 | 3194.03 |
| | 41153 | # ULS #([334] | | -2227.40 | 80.08 | 101.11 | 22.32 | 4226.98 | 2425.19 |
| | 41153 | # ULS #([280] | J[280] | -2129.85 | 78.28 | 99.31 | 22.32 | 5694.95 | 3209.41 |
| | 41154 | # ULS #([332] | | -2118.91 | 80.59 | 101.26 | 22.32 | 4226.81 | 2436.35 |
| | 41154 | # ULS #([278] | J[278] | -2021.36 | 78.79 | 99.46 | 22.32 | 5695.64 | 3224.97 |
| | 41155 | # ULS #([331] | | -730.06 | 81.11 | 101.39 | 22.32 | 4225.81 | 2447.60 |
| | 41155 | # ULS #([277] | J[277] | -632.51 | 79.31 | 99.58 | 22.32 | 5695.21 | 3240.66 |
| | 41164 | # ULS #([5201] | | -902.47 | 79.57 | 100.96 | 22.32 | 4226.27 | 2414.16 |
| | 41164 | # ULS #([266] | J[266] | -804.93 | 77.77 | 99.15 | 22.32 | 5693.06 | 3194.03 |
| | 41165 | # ULS #([5203] | | -2227.53 | 80.08 | 101.14 | 22.32 | 4226.89 | 2425.19 |
| | 41165 | # ULS #([265] | J[265] | -2129.98 | 78.27 | 99.34 | 22.32 | 5694.80 | 3209.41 |
| | 41166 | # ULS #([5207] | | -2118.99 | 80.59 | 101.29 | 22.32 | 4226.72 | 2436.35 |
| | 41166 | # ULS #([263] | J[263] | -2021.44 | 78.79 | 99.48 | 22.32 | 5695.49 | 3224.97 |
| | 41167 | # ULS #([5209] | | -730.09 | 81.11 | 101.40 | 22.32 | 4225.76 | 2447.60 |
| | 41167 | # ULS #([262] | J[262] | -632.55 | 79.31 | 99.60 | 22.32 | 5695.14 | 3240.66 |

| | Elem | Load | Part | Axial (tonf) | Shear-y (tonf) | Shear-z (tonf) | Torsion (tonf*m) | Moment-y (tonf*m) | Moment-z (tonf*m) |
|--|-------|----------------|---------|--------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | 41168 | # ULS #([261] | J[261] | -804.22 | 77.77 | 99.22 | 22.32 | 5695.16 | 3194.03 |
| | 41171 | # ULS #([5219] | | -729.28 | 81.11 | 101.47 | 22.32 | 4227.34 | 2447.60 |
| | 41171 | # ULS #([257] | J[257] | -631.73 | 79.31 | 99.67 | 22.32 | 5697.23 | 3240.66 |
| | 41172 | # ULS #([5221] | | -810.23 | 79.57 | 101.09 | 22.32 | 4229.42 | 2414.16 |
| | 41172 | # ULS #([256] | J[256] | -712.69 | 77.77 | 99.29 | 22.32 | 5697.25 | 3194.03 |
| | 41173 | # ULS #([5223] | | -1649.36 | 80.08 | 101.24 | 22.32 | 4229.25 | 2425.19 |
| | 41173 | # ULS #([255] | J[255] | -1551.82 | 78.27 | 99.44 | 22.32 | 5697.94 | 3209.40 |
| | 41174 | # ULS #([5227] | | -1552.74 | 80.59 | 101.39 | 22.32 | 4229.08 | 2436.35 |
| | 41174 | # ULS #([253] | J[253] | -1455.19 | 78.79 | 99.59 | 22.32 | 5698.64 | 3224.96 |
| | 41175 | # ULS #([5229] | | -644.66 | 81.11 | 101.54 | 22.32 | 4228.92 | 2447.60 |
| | 41175 | # ULS #([252] | J[252] | -547.11 | 79.31 | 99.74 | 22.32 | 5699.33 | 3240.66 |
| | 41176 | # ULS #([348] | | -1241.87 | 80.08 | 101.31 | 22.32 | 4230.83 | 2425.19 |
| | 41176 | # ULS #([294] | J[294] | -1144.32 | 78.27 | 99.51 | 22.32 | 5700.04 | 3209.40 |
| | 41141 | # ULS #([355] | | -5914.55 | -80.09 | -151.18 | -22.86 | -2977.57 | -2424.94 |
| | 41141 | # ULS #([5239] | J[5239] | -5782.86 | -78.29 | -149.38 | -22.86 | -3984.53 | -3209.05 |
| | 41143 | # ULS #([9397] | | -5667.01 | -84.84 | -157.23 | -22.85 | -2977.57 | -2432.39 |
| | 41143 | # ULS #([9396] | J[9396] | -5535.33 | -83.04 | -155.43 | -22.85 | -4016.48 | -3245.87 |
| | 41144 | # ULS #([345] | | -6418.89 | -79.60 | -150.97 | -22.86 | -2976.44 | -2413.52 |
| | 41144 | # ULS #([291] | J[291] | -6287.20 | -77.80 | -149.16 | -22.86 | -3982.19 | -3193.14 |
| | 41145 | # ULS #([344] | | -5507.14 | -80.09 | -151.13 | -22.86 | -2976.27 | -2424.94 |
| | 41145 | # ULS #([290] | J[290] | -5375.45 | -78.29 | -149.32 | -22.86 | -3982.81 | -3209.05 |
| | 41146 | # ULS #([342] | | -5538.18 | -80.59 | -151.28 | -22.86 | -2976.11 | -2436.48 |
| | 41146 | # ULS #([288] | J[288] | -5406.50 | -78.79 | -149.48 | -22.86 | -3983.43 | -3225.15 |
| | 41147 | # ULS #([341] | | -6380.16 | -81.09 | -151.44 | -22.86 | -2975.95 | -2448.12 |
| | 41147 | # ULS #([287] | J[287] | -6248.48 | -79.29 | -149.64 | -22.86 | -3984.05 | -3241.38 |
| | 41148 | # ULS #([340] | | -6327.31 | -79.60 | -150.91 | -22.86 | -2975.14 | -2413.52 |
| | 41148 | # ULS #([286] | J[286] | -6195.62 | -77.79 | -149.11 | -22.86 | -3980.48 | -3193.14 |
| | 41151 | # ULS #([336] | | -6295.66 | -81.09 | -151.38 | -22.86 | -2974.66 | -2448.12 |
| | 41151 | # ULS #([282] | J[282] | -6163.97 | -79.29 | -149.58 | -22.86 | -3982.34 | -3241.38 |
| | 41152 | # ULS #([335] | | -6326.52 | -79.60 | -150.85 | -22.86 | -2973.85 | -2413.52 |
| | 41152 | # ULS #([281] | J[281] | -6194.83 | -77.79 | -149.05 | -22.86 | -3978.77 | -3193.14 |
| | 41153 | # ULS #([334] | | -4929.12 | -80.09 | -151.04 | -22.86 | -2974.34 | -2424.94 |

| Elem | Load | Part | Axial (tonf) | Shear-y (tonf) | Shear-z (tonf) | Torsion (tonf*m) | Moment-y (tonf*m) | Moment-z (tonf*m) |
|-------|---------|--------|--------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 41151 | # ULS # | [336] | -6295.66 | -81.09 | -151.38 | -22.86 | -2974.66 | -2448.12 |
| 41151 | # ULS # | J[282] | -6163.97 | -79.29 | -149.58 | -22.86 | -3982.34 | -3241.38 |
| 41152 | # ULS # | [335] | -6326.52 | -79.60 | -150.85 | -22.86 | -2973.85 | -2413.52 |
| 41152 | # ULS # | J[281] | -6194.83 | -77.79 | -149.05 | -22.86 | -3978.77 | -3193.14 |
| 41153 | # ULS # | [334] | -4929.12 | -80.09 | -151.04 | -22.86 | -2974.34 | -2424.94 |
| 41153 | # ULS # | J[280] | -4797.43 | -78.29 | -149.24 | -22.86 | -3980.25 | -3209.05 |
| 41154 | # ULS # | [332] | -4972.12 | -80.59 | -151.20 | -22.86 | -2974.17 | -2436.48 |
| 41154 | # ULS # | J[278] | -4840.43 | -78.78 | -149.39 | -22.86 | -3980.87 | -3225.15 |
| 41155 | # ULS # | [331] | -6294.99 | -81.09 | -151.33 | -22.86 | -2973.37 | -2448.12 |
| 41155 | # ULS # | J[277] | -6163.30 | -79.29 | -149.52 | -22.86 | -3980.63 | -3241.38 |
| 41164 | # ULS # | [5201] | -6326.59 | -79.60 | -150.85 | -22.86 | -2974.19 | -2413.52 |
| 41164 | # ULS # | J[266] | -6194.90 | -77.79 | -149.04 | -22.86 | -3979.24 | -3193.14 |
| 41165 | # ULS # | [5203] | -4929.42 | -80.09 | -151.03 | -22.86 | -2975.01 | -2424.94 |
| 41165 | # ULS # | J[265] | -4797.73 | -78.29 | -149.23 | -22.86 | -3981.17 | -3209.05 |
| 41166 | # ULS # | [5207] | -4972.48 | -80.59 | -151.19 | -22.86 | -2974.85 | -2436.48 |
| 41166 | # ULS # | J[263] | -4840.80 | -78.78 | -149.39 | -22.86 | -3981.79 | -3225.14 |
| 41167 | # ULS # | [5209] | -6295.17 | -81.09 | -151.32 | -22.86 | -2973.71 | -2448.12 |
| 41167 | # ULS # | J[262] | -6163.48 | -79.29 | -149.52 | -22.86 | -3981.10 | -3241.38 |
| 41168 | # ULS # | [5211] | -6327.51 | -79.60 | -150.90 | -22.86 | -2976.16 | -2413.52 |
| 41168 | # ULS # | J[261] | -6195.83 | -77.79 | -149.10 | -22.86 | -3981.87 | -3193.13 |
| 41171 | # ULS # | [5219] | -6296.21 | -81.09 | -151.38 | -22.86 | -2975.67 | -2448.12 |
| 41171 | # ULS # | J[257] | -6164.52 | -79.29 | -149.57 | -22.86 | -3983.73 | -3241.37 |
| 41172 | # ULS # | [5221] | -6419.27 | -79.60 | -150.95 | -22.86 | -2978.13 | -2413.52 |
| 41172 | # ULS # | J[256] | -6287.58 | -77.79 | -149.15 | -22.86 | -3984.49 | -3193.13 |
| 41173 | # ULS # | [5223] | -5507.91 | -80.09 | -151.11 | -22.86 | -2977.96 | -2424.94 |
| 41173 | # ULS # | J[255] | -5376.22 | -78.29 | -149.31 | -22.86 | -3985.12 | -3209.04 |
| 41174 | # ULS # | [5227] | -5539.07 | -80.59 | -151.27 | -22.86 | -2977.80 | -2436.49 |
| 41174 | # ULS # | J[253] | -5407.38 | -78.78 | -149.47 | -22.86 | -3985.74 | -3225.14 |
| 41175 | # ULS # | [5229] | -6381.05 | -81.09 | -151.43 | -22.86 | -2977.64 | -2448.13 |
| 41175 | # ULS # | J[252] | -6249.36 | -79.29 | -149.63 | -22.86 | -3986.36 | -3241.37 |
| 41176 | # ULS # | [348] | -5915.62 | -80.09 | -151.16 | -22.86 | -2979.93 | -2424.94 |
| 41176 | # ULS # | J[294] | -5783.93 | -78.28 | -149.36 | -22.86 | -3987.74 | -3209.04 |

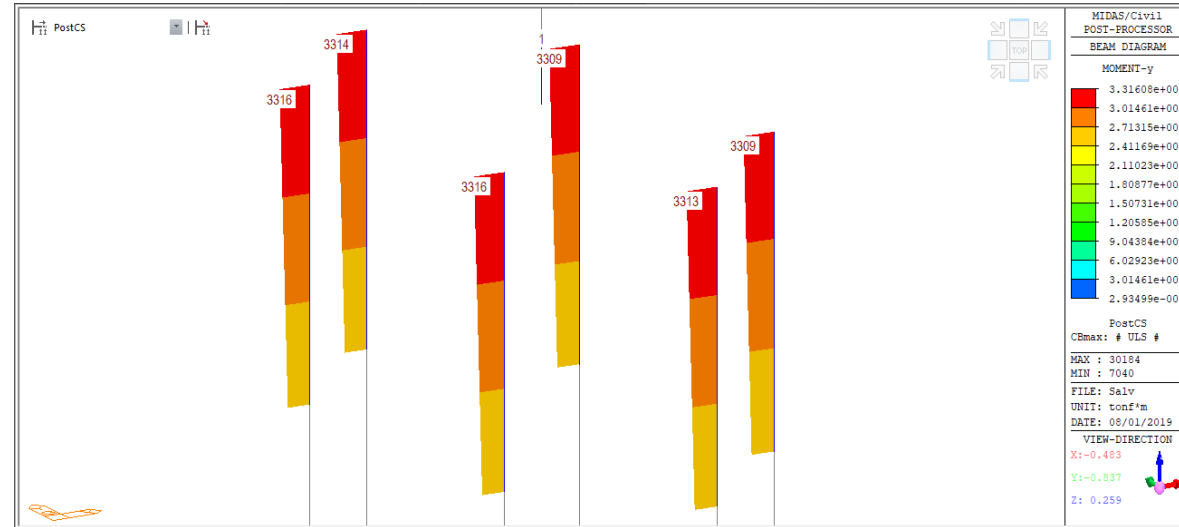
7.2.8 Gráfico de momentos resistentes / momentos solicitantes



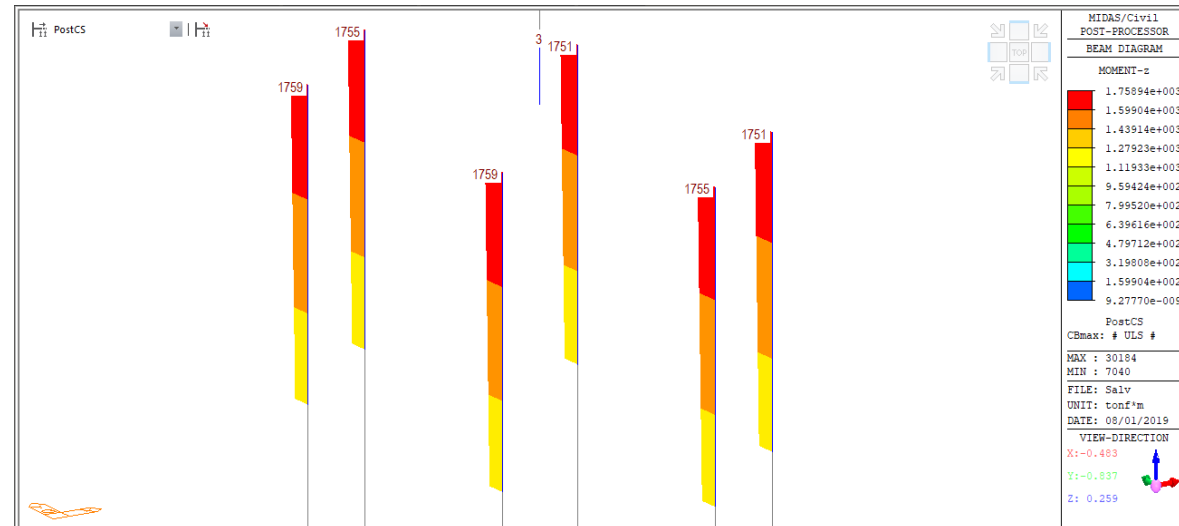
Vale ressaltar que os esforços solicitantes apresentados não são concomitantes, e sim os esforços máximos de cada seção. Se considerarmos os esforços concomitantes a folga entre esforços solicitantes e resistentes será ainda maior.

7.3 Verificação estrutural das estacas dos apoios adjacentes

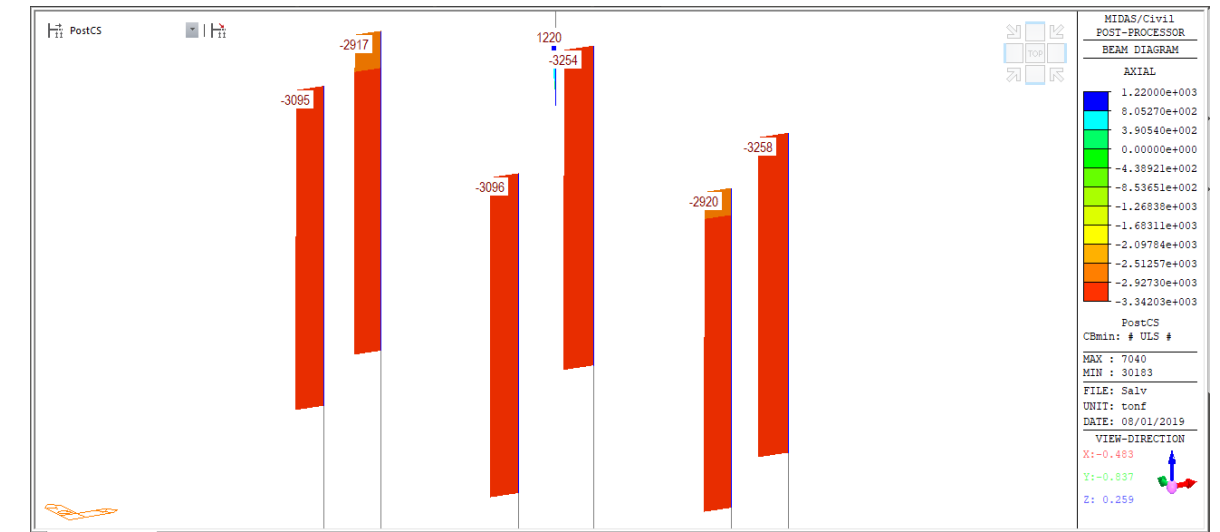
7.3.1 Momentos fletores máximos de cálculo - My



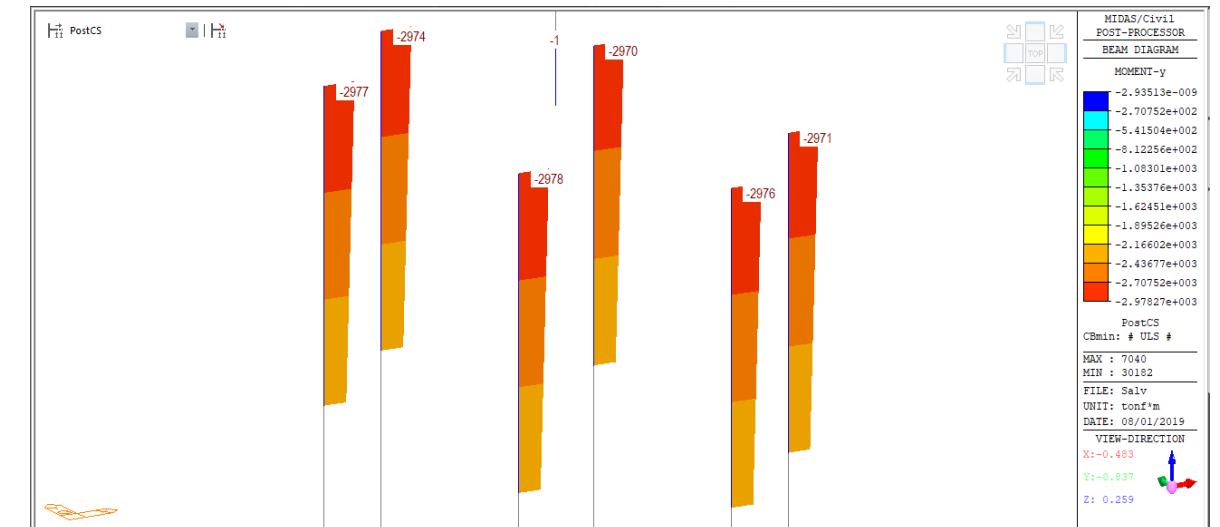
7.3.2 Momentos fletores máximos de cálculo - Mz



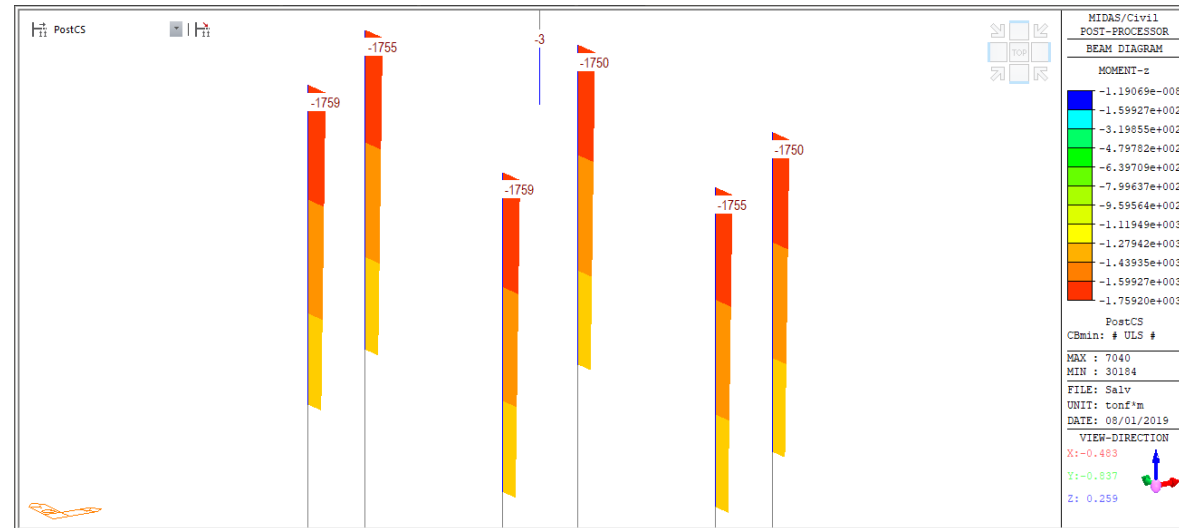
7.3.3 Forças axiais máximas de cálculo - Fx



7.3.4 Momentos fletores mínimos de cálculo - My



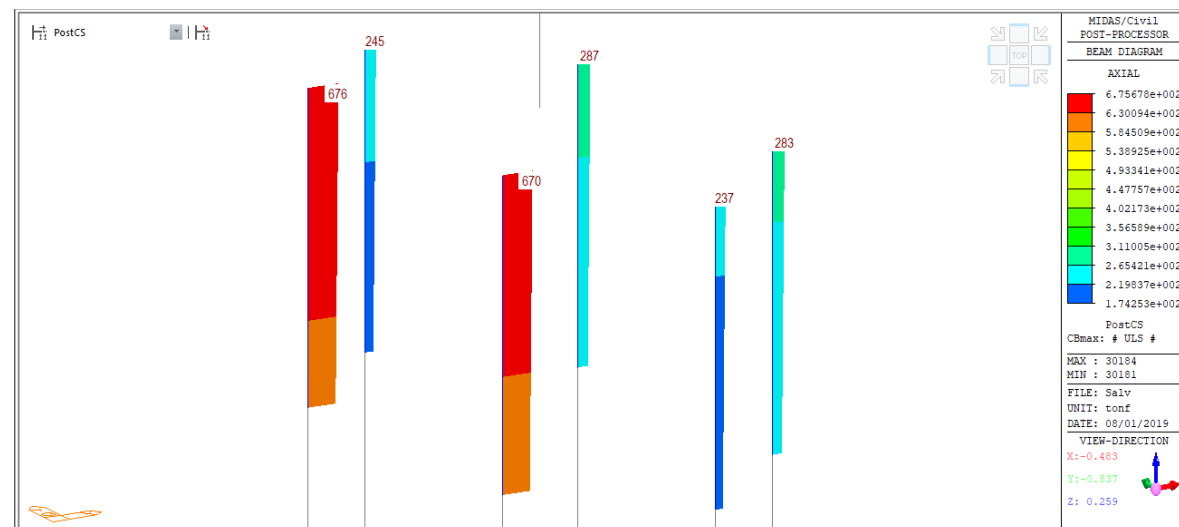
7.3.5 Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz



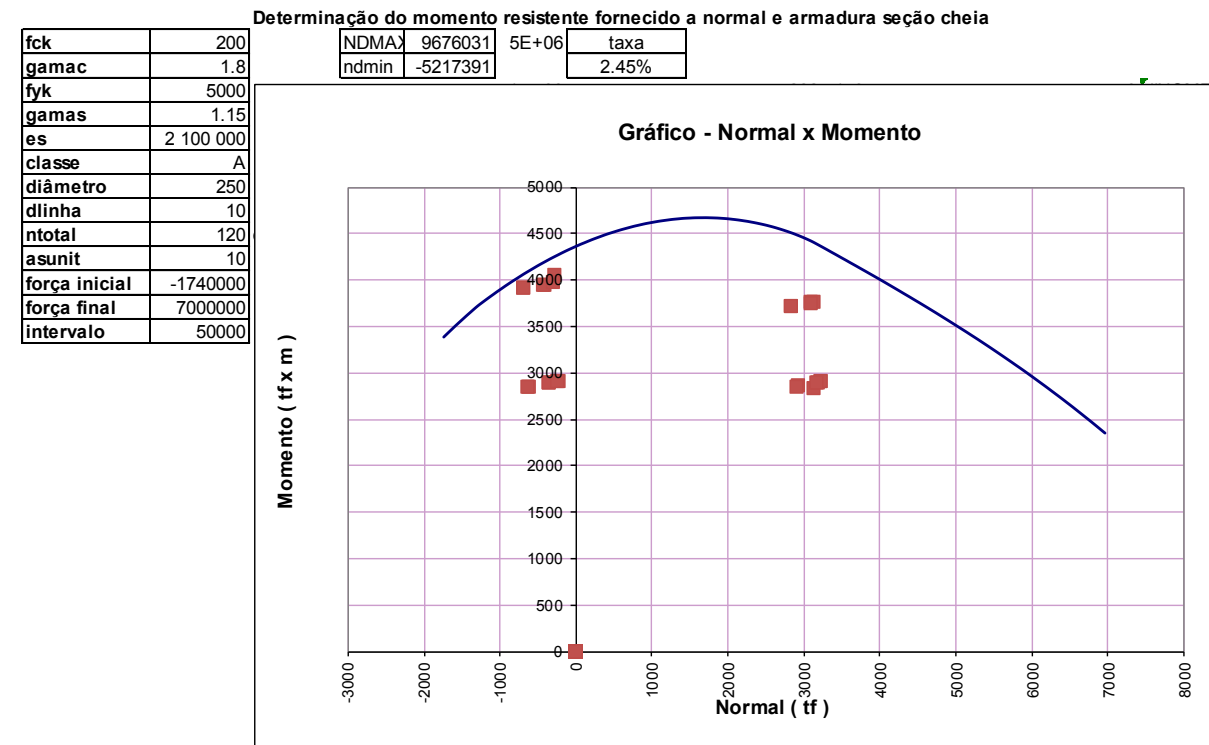
7.3.7 Esforços tabelados

| | Elem | Load | Part | Axial (tonf) | Shear-y (tonf) | Shear-z (tonf) | Torsion (tonf*m) | Moment-y (tonf*m) | Moment-z (tonf*m) |
|--|-------|---------|---------|--------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | 30181 | # ULS # | [7087] | 218.03 | 50.14 | 84.19 | 17.20 | 2638.60 | 1298.51 |
| | 30181 | # ULS # | J[7086] | 280.61 | 49.43 | 84.12 | 17.20 | 3614.71 | 1741.64 |
| | 30182 | # ULS # | [7059] | 620.57 | 50.47 | 84.59 | 17.20 | 2637.28 | 1299.70 |
| | 30182 | # ULS # | J[7058] | 683.15 | 49.66 | 84.47 | 17.20 | 3614.98 | 1744.55 |
| | 30183 | # ULS # | [7031] | 350.16 | 49.77 | 83.64 | 17.20 | 2638.31 | 1297.37 |
| | 30183 | # ULS # | J[7030] | 412.75 | 49.16 | 83.63 | 17.20 | 3611.83 | 1738.53 |
| | 30184 | # ULS # | [7143] | 628.99 | 50.50 | 84.60 | 17.20 | 2637.47 | 1299.68 |
| | 30184 | # ULS # | J[7142] | 691.57 | 49.69 | 84.48 | 17.20 | 3615.48 | 1744.66 |
| | 30185 | # ULS # | [7115] | 356.66 | 49.80 | 83.66 | 17.20 | 2638.49 | 1297.34 |
| | 30185 | # ULS # | J[7114] | 419.24 | 49.19 | 83.64 | 17.20 | 3612.33 | 1738.64 |
| | 30186 | # ULS # | [7171] | 230.66 | 50.18 | 84.20 | 17.20 | 2638.97 | 1298.47 |
| | 30186 | # ULS # | J[7170] | 293.25 | 49.47 | 84.12 | 17.20 | 3615.55 | 1741.79 |
| | 30181 | # ULS # | [7087] | -2921.94 | -50.15 | -110.29 | -16.44 | -2036.51 | -1296.89 |
| | 30181 | # ULS # | J[7086] | -2837.45 | -49.44 | -110.22 | -16.44 | -2791.73 | -1740.02 |
| | 30182 | # ULS # | [7059] | -3223.84 | -50.45 | -110.68 | -16.44 | -2035.21 | -1298.50 |
| | 30182 | # ULS # | J[7058] | -3139.35 | -49.65 | -110.57 | -16.44 | -2791.98 | -1743.50 |
| | 30183 | # ULS # | [7031] | -3184.59 | -49.79 | -109.74 | -16.44 | -2036.25 | -1295.33 |
| | 30183 | # ULS # | J[7030] | -3100.10 | -49.18 | -109.72 | -16.44 | -2788.94 | -1736.33 |
| | 30184 | # ULS # | [7143] | -3219.76 | -50.48 | -110.74 | -16.44 | -2034.36 | -1298.47 |
| | 30184 | # ULS # | J[7142] | -3135.27 | -49.67 | -110.62 | -16.44 | -2791.04 | -1743.62 |
| | 30185 | # ULS # | [7115] | -3178.61 | -49.82 | -109.80 | -16.44 | -2035.39 | -1295.30 |
| | 30185 | # ULS # | J[7114] | -3094.12 | -49.21 | -109.78 | -16.44 | -2788.00 | -1736.44 |
| | 30186 | # ULS # | [7171] | -2914.72 | -50.19 | -110.38 | -16.44 | -2035.00 | -1296.85 |
| | 30186 | # ULS # | J[7170] | -2830.23 | -49.47 | -110.30 | -16.44 | -2789.97 | -1740.18 |

7.3.6 Forças axiais mínimas de cálculo - Fx



7.3.8 Gráfico de momentos resistentes / momentos solicitantes

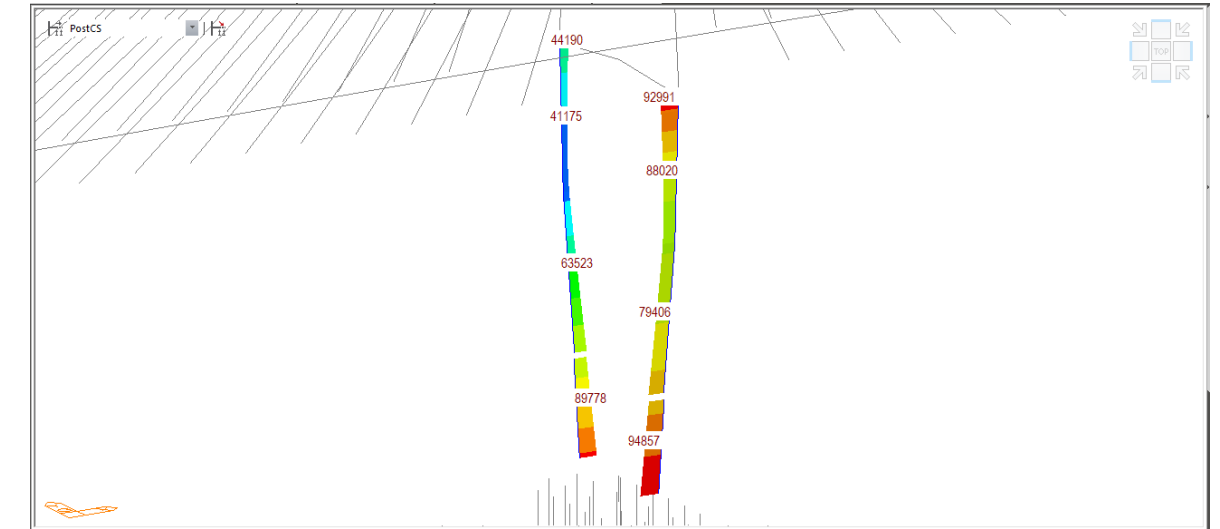


Vale ressaltar que os esforços solicitantes apresentados não são concomitantes, e sim os esforços máximos de cada seção. Se considerarmos os esforços concomitantes a folga entre esforços solicitantes e resistentes será ainda maior.

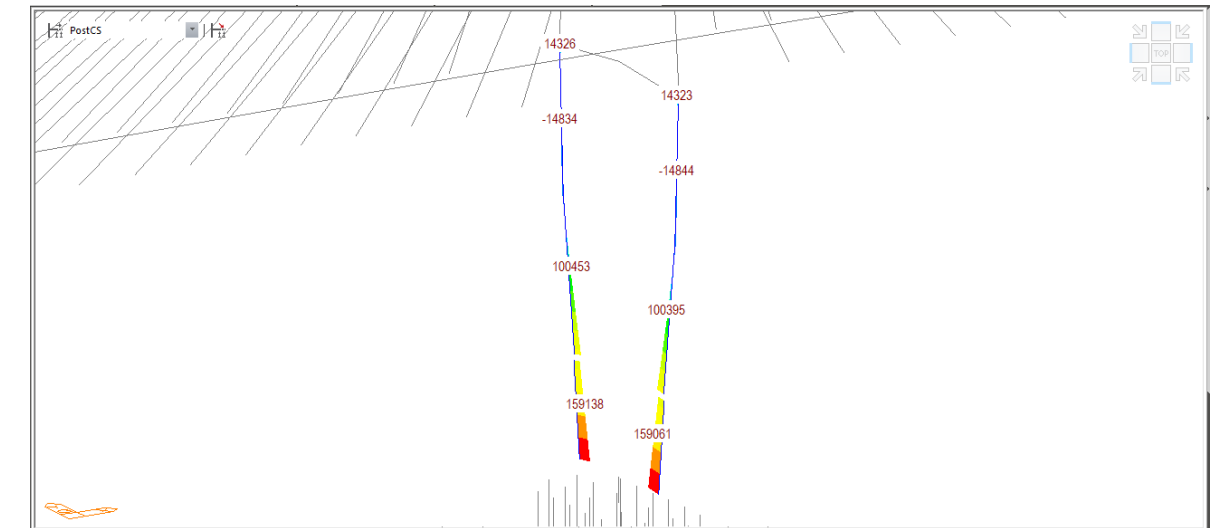
8 VERIFICAÇÃO DOS PILARES DAS TORRES (TRECHO BLOCO - TABULEIRO)

8.1 Verificação estrutural

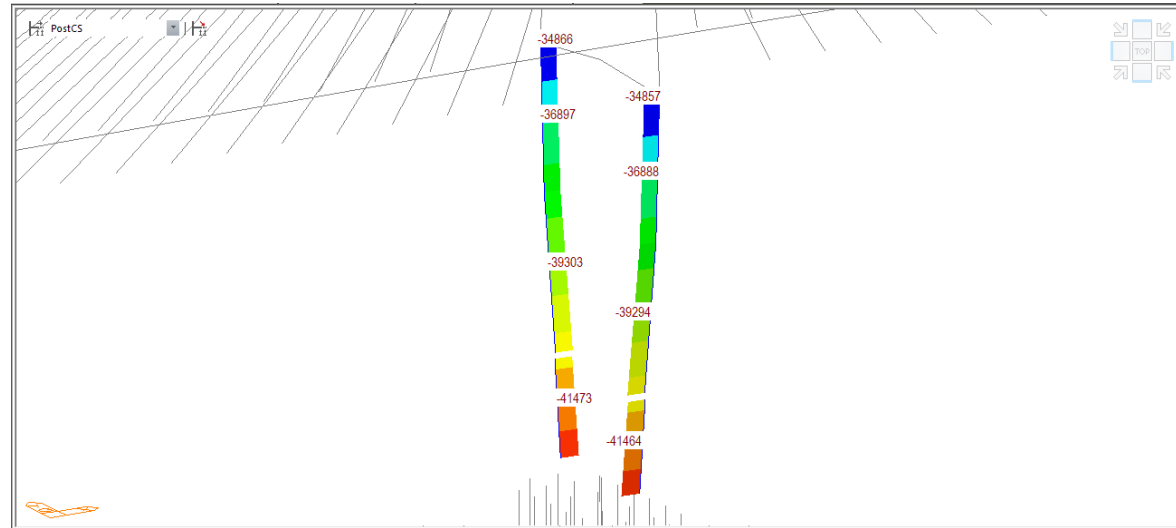
8.1.1 Momentos fletores máximos de cálculo - My



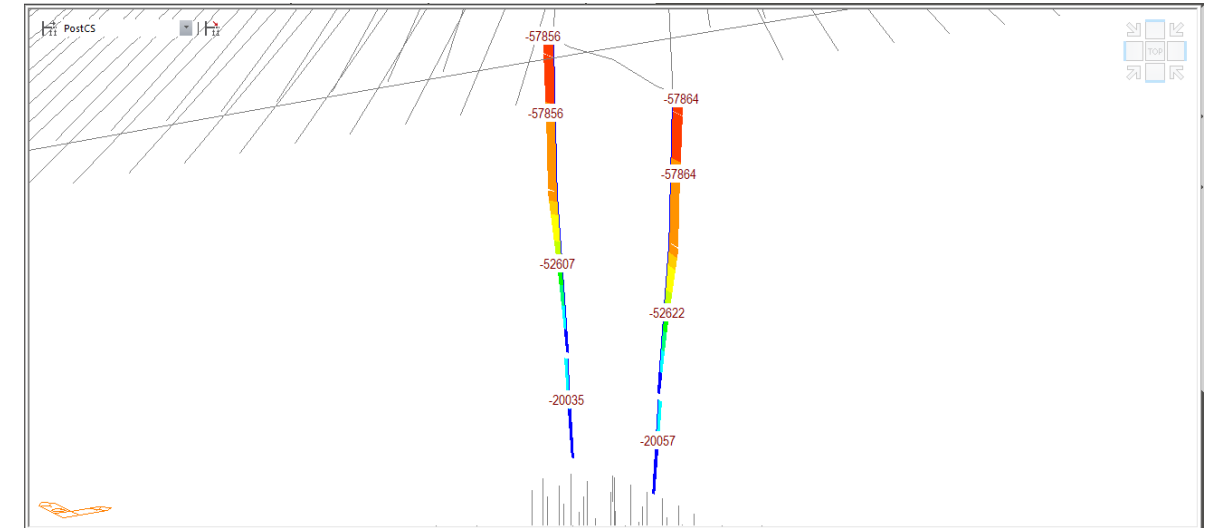
8.1.2 Momentos fletores máximos de cálculo - Mz



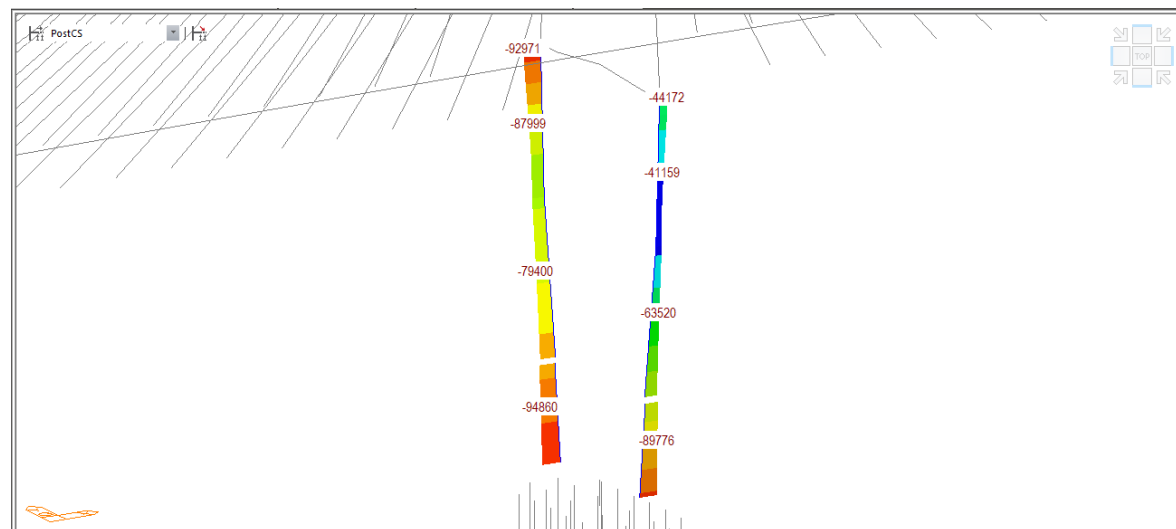
8.1.3 Forças axiais máximas de cálculo - Fx



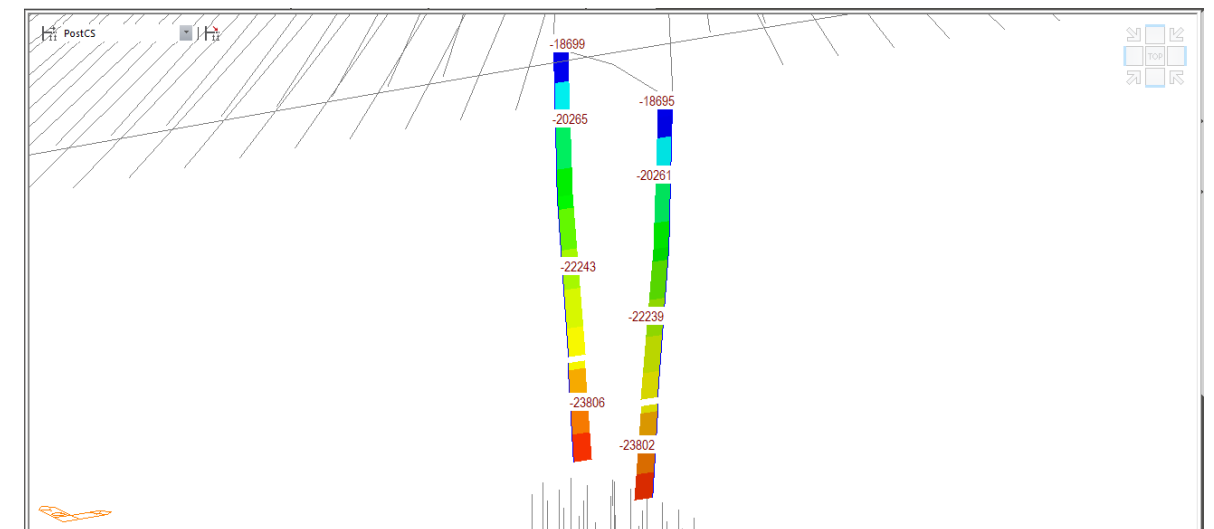
8.1.5 Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz



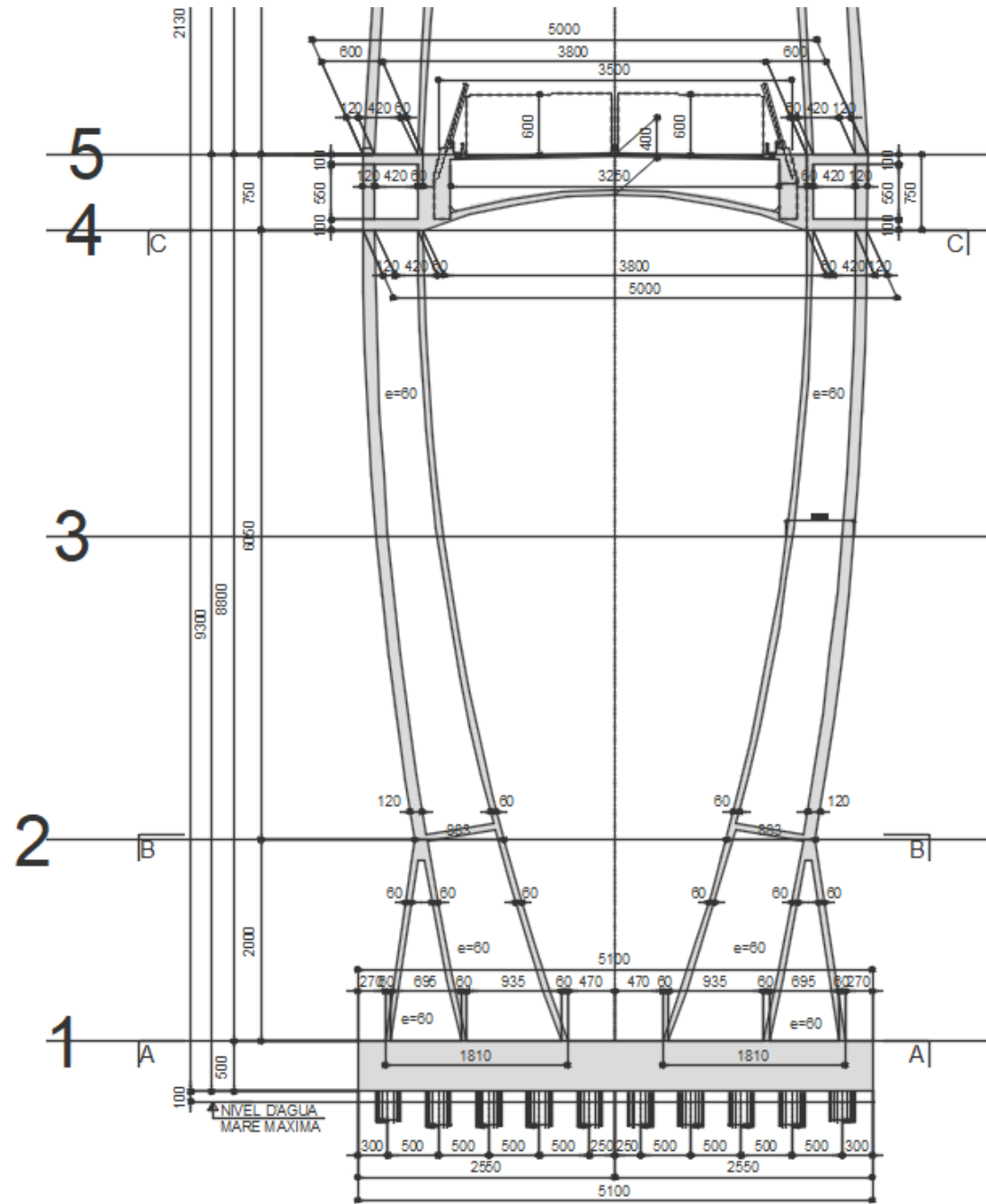
8.1.4 Momentos fletores mínimos de cálculo - My



8.1.6 Forças axiais mínimas de cálculo - Fx



8.1.7 Seções analisadas



8.1.8 Seção 1

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

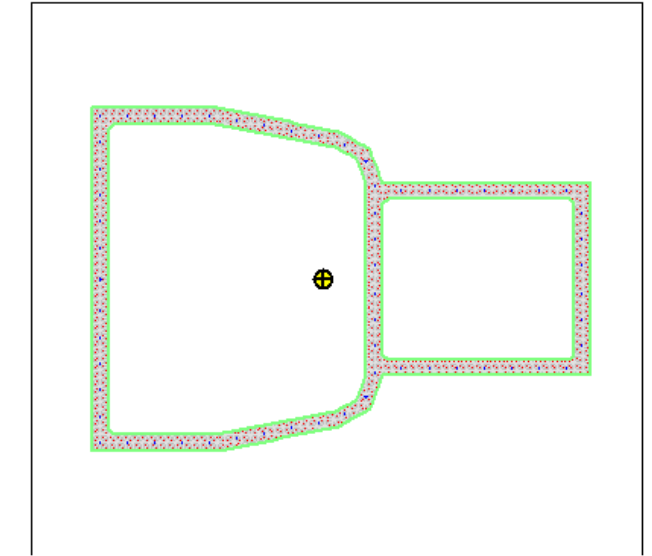
02/08/2019

XZ

Page __ of __

Section Details:

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| X Centroid: | 22.82E+3 cm |
| Y Centroid: | -5654 cm |
| Section Area: | 376.8E+3 cm ² |
| EI gross about X: | 1.77E+13 N-m ² |
| EI gross about Y: | 3.79E+13 N-m ² |
| I trans (c45 1.4) about X: | 68.31E+9 cm ⁴ |
| I trans (c45 1.4) about Y: | 146.15E+9 cm ⁴ |
| Reinforcing Bar Area: | 1830 cm ² |
| Percent Longitudinal Steel: | 4857 % |
| Overall Width: | 1810 cm |
| Overall Height: | 1300 cm |
| Number of Fibers: | 1045 |
| Number of Bars: | 61 |
| Number of Materials: | 2 |



Material Types and Names:

| | |
|---------------|---|
| User Defined: | c45 1.4 |
| User Defined: | ca50 |

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = -6354.35717110359
 Boundary_Left = 21934.4774258887
 Boundary_Right = 23844.4774258887
 Boundary_Top = -4954.35717110213
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

8.1.9 Seção 1 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
XDDS
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.82E+3 cm
Y Centroid: -5654 cm
Section Area: 376.8E+3 cm²

Loading Details:

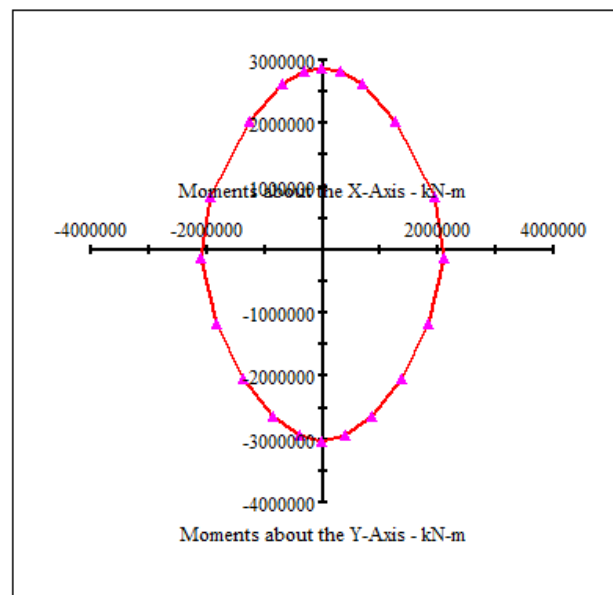
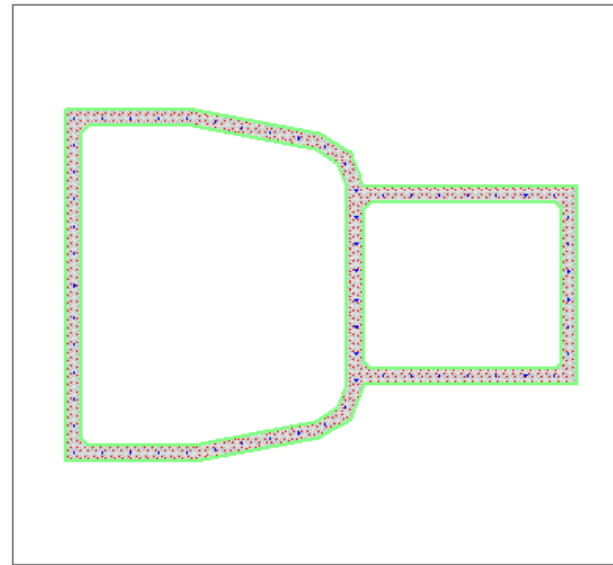
Applied Axial Load: 410.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 2.095E+6 kN-m
Max. Positive Y Moment: 2.882E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -2.095E+6 kN-m
Max. Negative Y Moment: -3.040E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: .6202E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .3772E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -.6201E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.4341E-3 1/m
Max. Principle Moment: 3.040E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .4341E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

User Comments



8.1.10 Seção 1 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
XZ
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.82E+3 cm
Y Centroid: -5654 cm
Section Area: 376.8E+3 cm²

Loading Details:

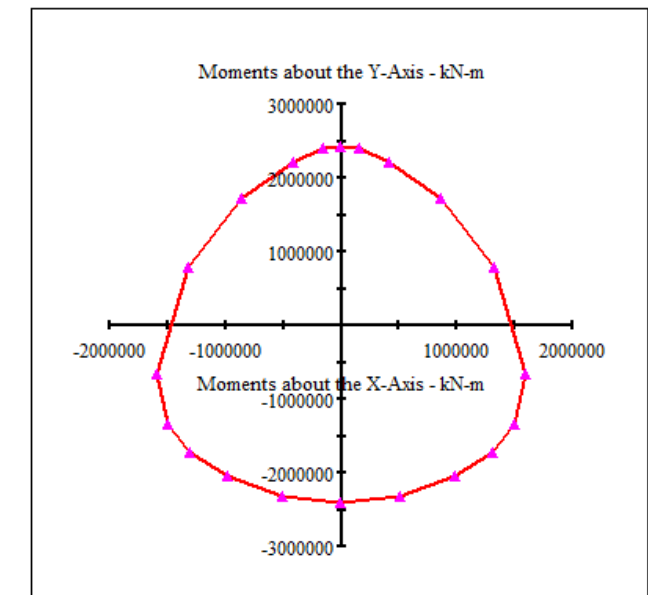
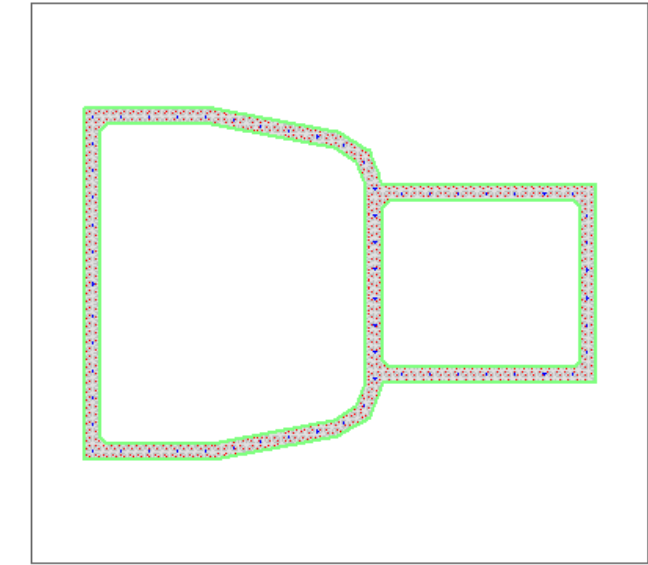
Applied Axial Load: 230.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.592E+6 kN-m
Max. Positive Y Moment: 2.436E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -1.592E+6 kN-m
Max. Negative Y Moment: -2.407E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: 1.030E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .5937E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -1.030E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.6748E-3 1/m
Max. Principle Moment: 2.436E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .5937E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 90.00 deg

Comments:

User Comments



8.1.11 Seção 2

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

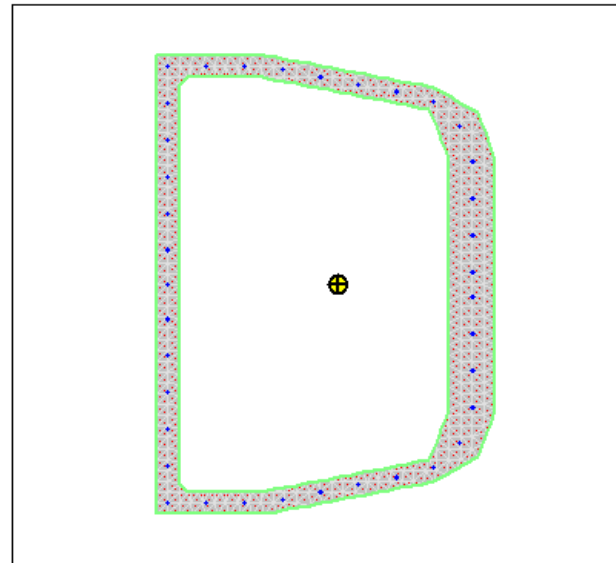
02/08/2019

DSD

Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.89E+3 cm
 Y Centroid: -3654 cm
 Section Area: 276.4E+3 cm²
 EI gross about X: 1.26E+13 N-m²
 EI gross about Y: 8.87E+12 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 48.67E+9 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 34.16E+9 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 2220 cm²
 Percent Longitudinal Steel: .8031 %
 Overall Width: 883.0 cm
 Overall Height: 1248 cm
 Number of Fibers: 706
 Number of Bars: 37
 Number of Materials: 2



Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = -4328.35717110778
 Boundary_Left = 22369.1959968638
 Boundary_Right = 23352.1959968638
 Boundary_Top = -2980.35717110743
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

8.1.12 Seção 2 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltd

Section Name: SECTION

02/08/2019

Loading Name: orb

DSD

Analysis Type: Capacity Orbit

Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.89E+3 cm
 Y Centroid: -3654 cm
 Section Area: 276.0E+3 cm²

Loading Details:

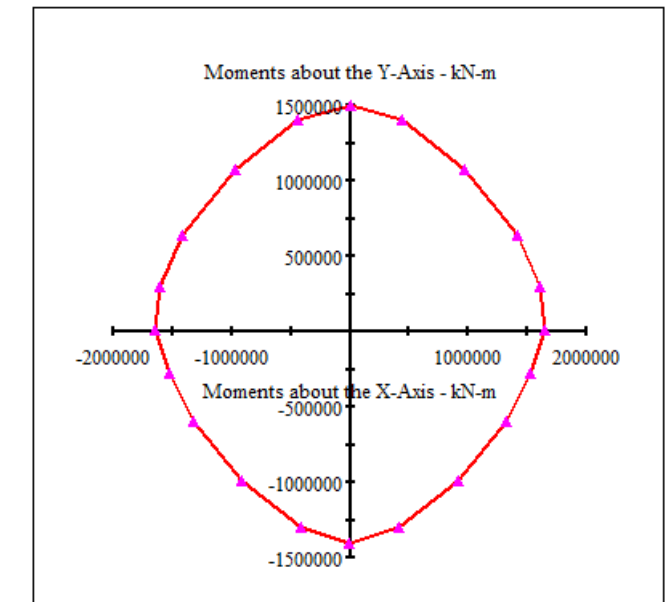
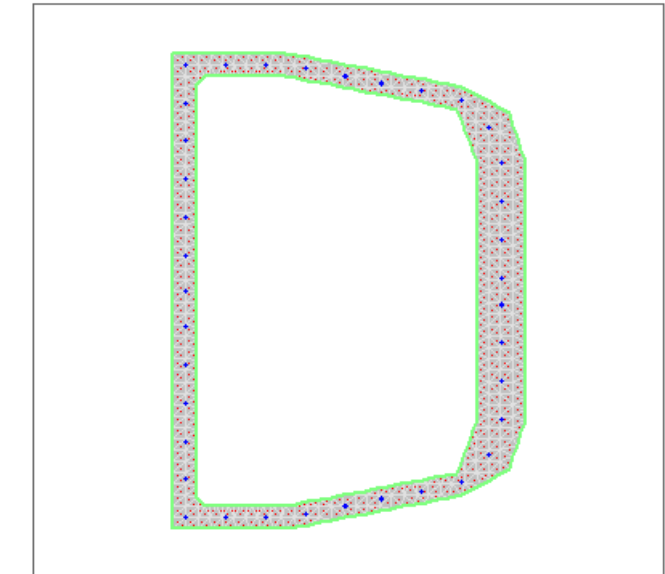
Applied Axial Load: 390.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.641E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.499E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.641E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.400E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .4623E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .7827E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.4622E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.5649E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.641E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .4623E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 0 deg

Comments:

User Comments



8.1.13 Seção 2 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
D
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.89E+3 cm
Y Centroid: -3654 cm
Section Area: 276.4E+3 cm²

Loading Details:

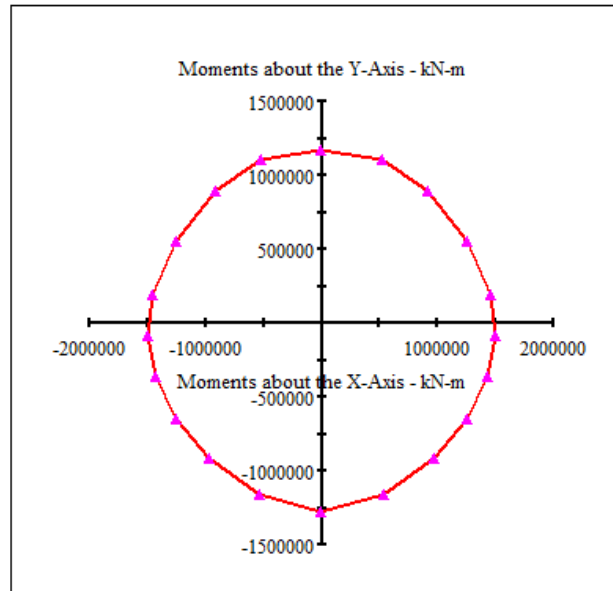
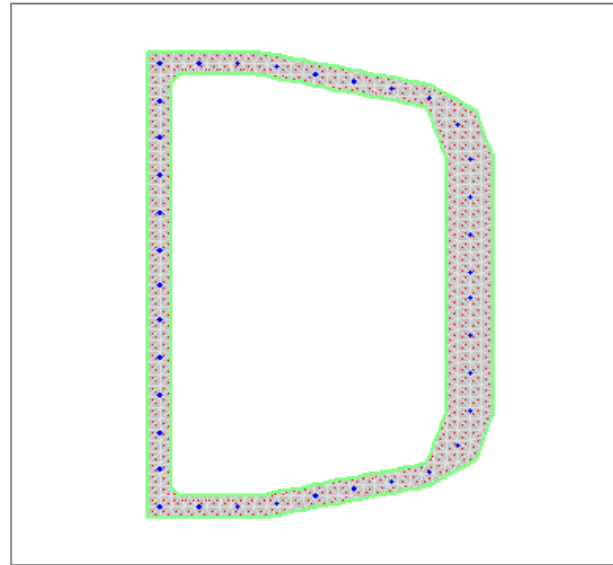
Applied Axial Load: 220.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.497E+6 kN-m
Max. Positive Y Moment: 1.172E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -1.497E+6 kN-m
Max. Negative Y Moment: -1.278E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: .8310E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: 1.411E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -.8306E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -1.496E-3 1/m
Max. Principle Moment: 1.499E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .8306E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 180.0 deg

Comments:

User Comments



8.1.14 Seção 3

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

02/08/2019

FD
Page __ of __

Section Details:

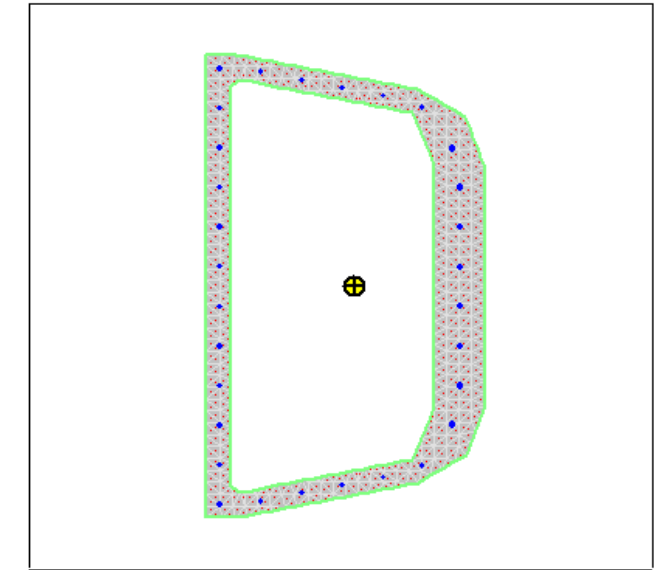
X Centroid: 22.72E+3 cm
Y Centroid: -650.2 cm
Section Area: 236.5E+3 cm²
EI gross about X: 8.41E+12 N-m²
EI gross about Y: 4.27E+12 N-m²
I trans (c45 1.4) about X: 32.40E+9 cm⁴
I trans (c45 1.4) about Y: 16.46E+9 cm⁴
Reinforcing Bar Area: 2280 cm²
Percent Longitudinal Steel: .9643 %
Overall Width: 670.0 cm
Overall Height: 1168 cm
Number of Fibers: 581
Number of Bars: 30
Number of Materials: 2

Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
Boundary_Bottom = -1284.19006820191
Boundary_Left = 22318.9071790581
Boundary_Right = 23088.9071790581
Boundary_Top = -16.1900682017977
Min_Triangle_Area = 1
Max_Number_of_Fibers = 19000
Window_Left = 582.0
Window_Bottom = 146.3
Window_Height = 647.6



8.1.15 Seção 3 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
FD
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.72E+3 cm
Y Centroid: -650.2 cm
Section Area: 236.5E+3 cm²

Loading Details:

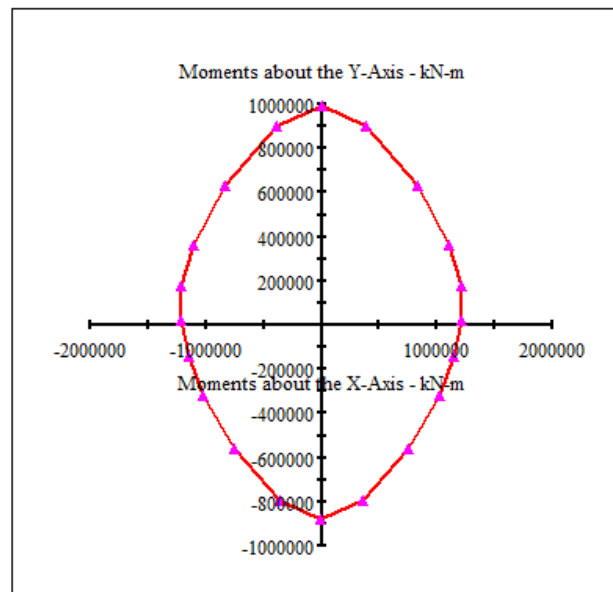
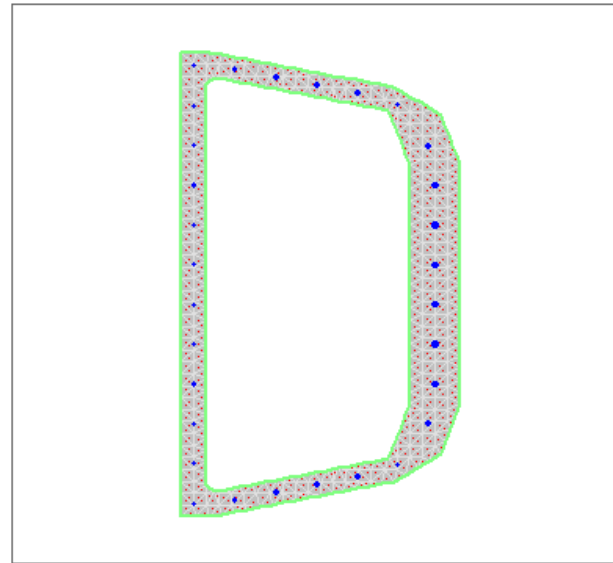
Applied Axial Load: 360.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.211E+6 kN-m
Max. Positive Y Moment: 992.8E+3 kN-m
Max. Negative X Moment: -1.211E+6 kN-m
Max. Negative Y Moment: -879.4E+3 kN-m
Max. Positive X Curvature: .4713E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .9753E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -.4712E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.6507E-3 1/m
Max. Principle Moment: 1.223E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .5415E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 18.00 deg

Comments:

User Comments



8.1.17 Seção 4

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

02/08/2019

DS
Page __ of __

Section Details:

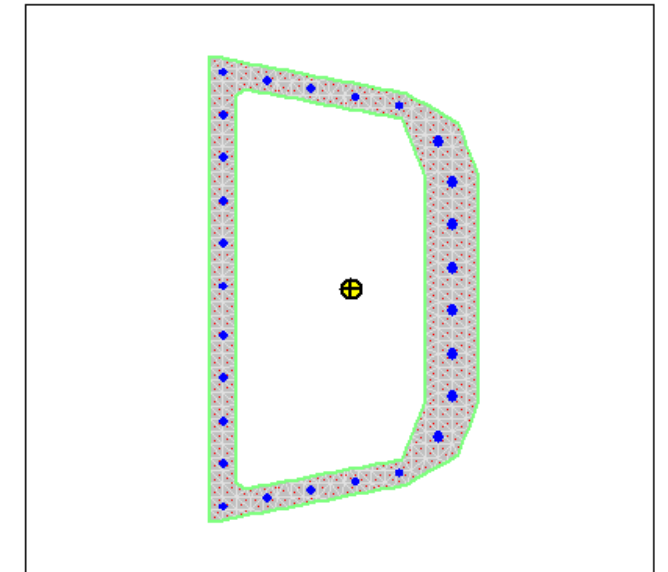
X Centroid: 22.91E+3 cm
Y Centroid: 1966 cm
Section Area: 212.6E+3 cm²
EI gross about X: 7.20E+12 N-m²
EI gross about Y: 3.48E+12 N-m²
I trans (c45 1.4) about X: 27.74E+9 cm⁴
I trans (c45 1.4) about Y: 13.40E+9 cm⁴
Reinforcing Bar Area: 7350 cm²
Percent Longitudinal Steel: 3.457 %
Overall Width: 600.0 cm
Overall Height: 1087 cm
Number of Fibers: 528
Number of Bars: 27
Number of Materials: 2

Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
Boundary_Bottom = 1372.95952306368
Boundary_Left = 22543.50084621
Boundary_Right = 23243.5008462109
Boundary_Top = 2559.95952306368
Min_Triangle_Area = 1
Max_Number_of_Fibers = 19000
Window_Left = 582.0
Window_Bottom = 146.3
Window_Height = 647.6



8.1.16 Seção 3 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

@@

8.1.18 Seção 4 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
 DS
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.91E+3 cm
 Y Centroid: 1966 cm
 Section Area: 212.6E+3 cm²

Loading Details:

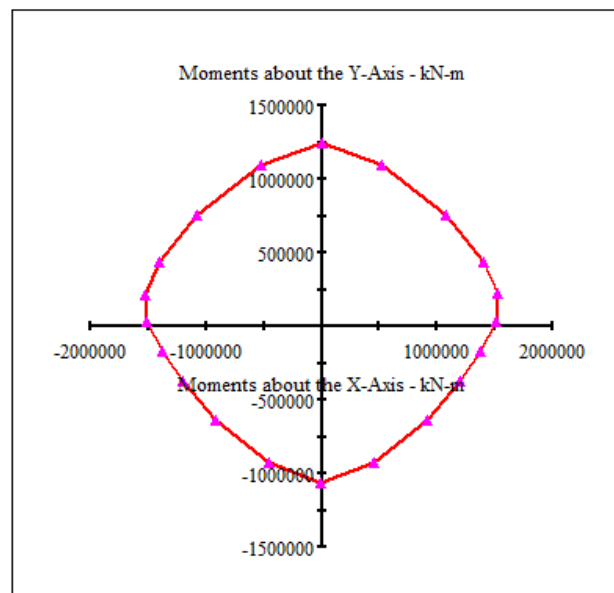
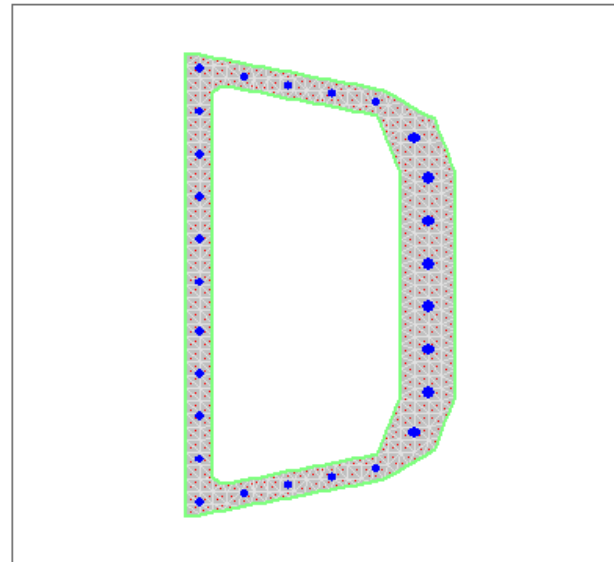
Applied Axial Load: 340.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.507E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.242E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.507E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.060E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .5419E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: 1.146E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.5421E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.8443E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.539E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .6340E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 18.00 deg

Comments:

User Comments



8.1.19 Seção 4 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
 FD
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.91E+3 cm
 Y Centroid: 1966 cm
 Section Area: 212.6E+3 cm²

Loading Details:

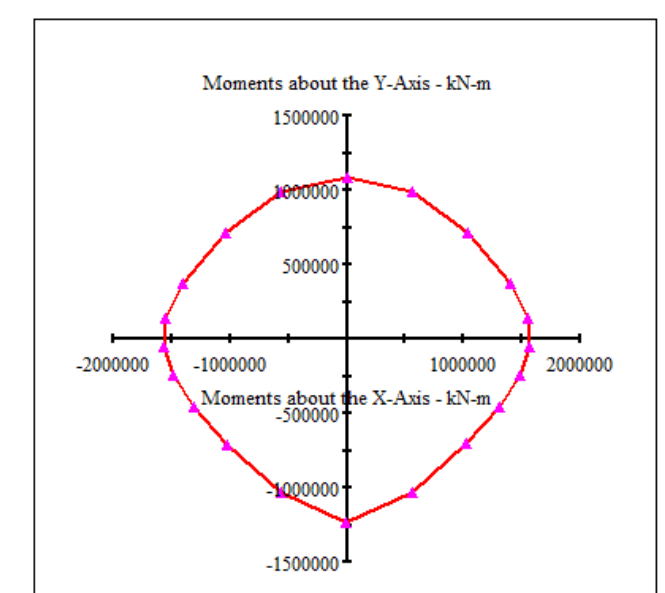
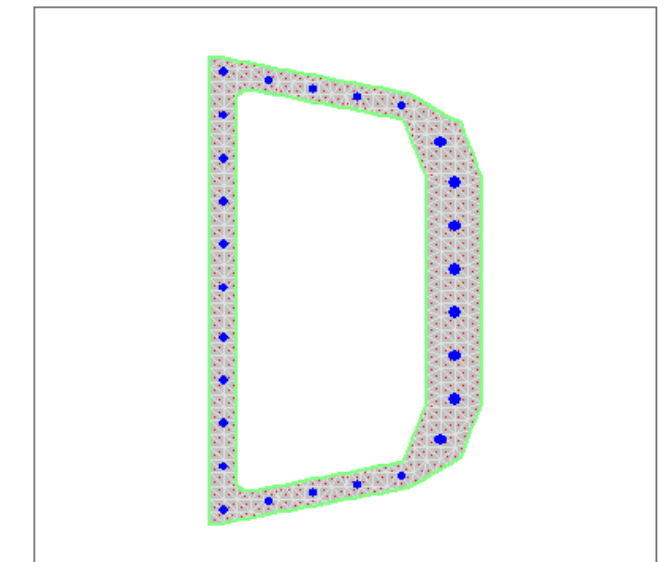
Applied Axial Load: 180.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.561E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.087E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.560E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.237E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .7364E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: 2.247E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.7370E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -1.309E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.562E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .9095E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 18.00 deg

Comments:

User Comments



8.1.20 Seção 5

XTRACT Section Report

Section Name: SECTION

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

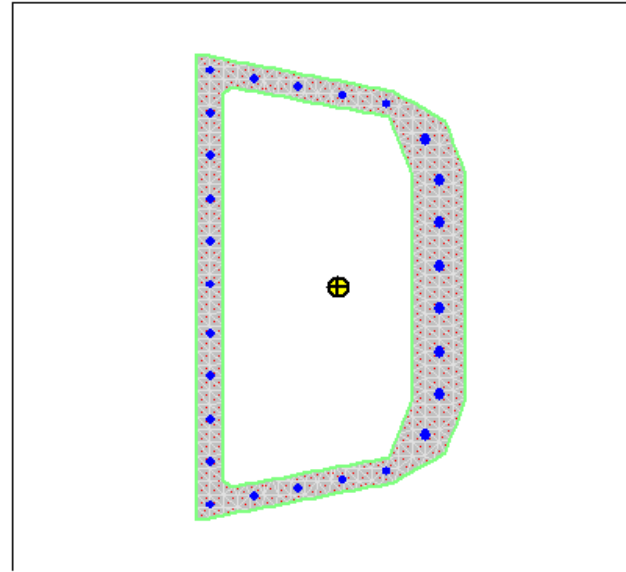
02/08/2019

DS

Page __ of __

Section Details:

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| X Centroid: | 22.91E+3 cm |
| Y Centroid: | 1966 cm |
| Section Area: | 212.6E+3 cm ² |
| EI gross about X: | 7.20E+12 N-m ² |
| EI gross about Y: | 3.48E+12 N-m ² |
| I trans (c45 1.4) about X: | 27.74E+9 cm ⁴ |
| I trans (c45 1.4) about Y: | 13.40E+9 cm ⁴ |
| Reinforcing Bar Area: | 7350 cm ² |
| Percent Longitudinal Steel: | 3.457 % |
| Overall Width: | 600.0 cm |
| Overall Height: | 1087 cm |
| Number of Fibers: | 528 |
| Number of Bars: | 27 |
| Number of Materials: | 2 |



Material Types and Names:

| | |
|---------------|--|
| User Defined: | <input type="checkbox"/> c45 1.4 |
| User Defined: | <input checked="" type="checkbox"/> ca50 |

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = 1372.95952306368
 Boundary_Left = 22543.50084621
 Boundary_Right = 23243.5008462109
 Boundary_Top = 2559.95952306368
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

8.1.21 Seção 5 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

02/08/2019

DS

Page __ of __

Section Details:

| | |
|---------------|--------------------------|
| X Centroid: | 22.91E+3 cm |
| Y Centroid: | 1966 cm |
| Section Area: | 212.6E+3 cm ² |

Loading Details:

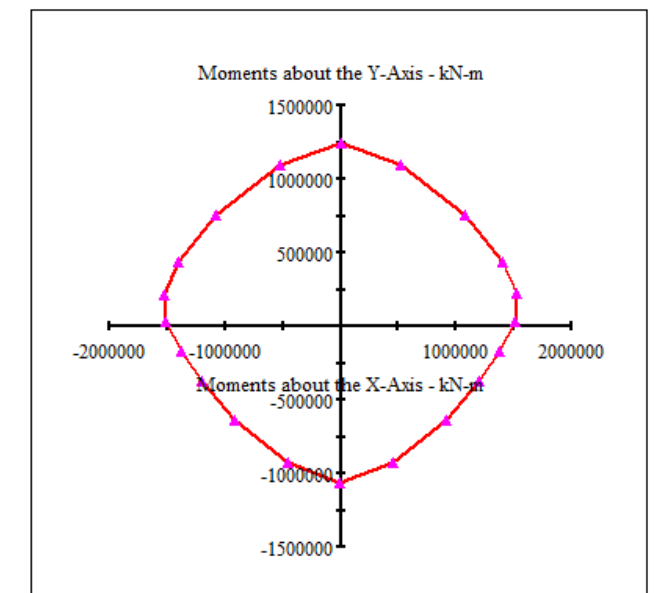
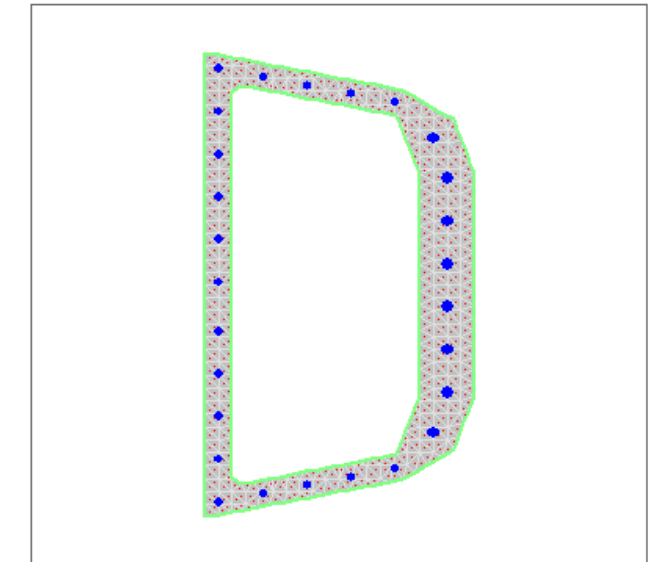
| | |
|----------------------|-------------------------|
| Applied Axial Load: | 340.0E+3 kN |
| Number of Points: | 20 |
| Orbit Type: | Target Material Strains |
| Min. c45 1.4 Strain: | 3.500E-3 Comp |
| Max. c45 1.4 Strain: | 10.00E-3 Ten |
| Min. ca50 Strain: | 10.00E-3 Comp |
| Max. ca50 Strain: | 10.00E-3 Ten |

Analysis Results:

| | |
|----------------------------|----------------|
| Max. Positive X Moment: | 1.507E+6 kN-m |
| Max. Positive Y Moment: | 1.242E+6 kN-m |
| Max. Negative X Moment: | -1.507E+6 kN-m |
| Max. Negative Y Moment: | -1.060E+6 kN-m |
| Max. Positive X Curvature: | .5419E-3 1/m |
| Max. Positive Y Curvature: | 1.146E-3 1/m |
| Max. Negative X Curvature: | -.5421E-3 1/m |
| Max. Negative Y Curvature: | -.8443E-3 1/m |
| Max. Principle Moment: | 1.539E+6 kN-m |
| Curvature at Prin. Moment: | .6340E-3 1/m |
| Angle at Prin. Moment: | 18.00 deg |

Comments:

User Comments



8.1.22 Seção 5 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

02/08/2019
 FD
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.91E+3 cm
 Y Centroid: 1966 cm
 Section Area: 212.6E+3 cm²

Loading Details:

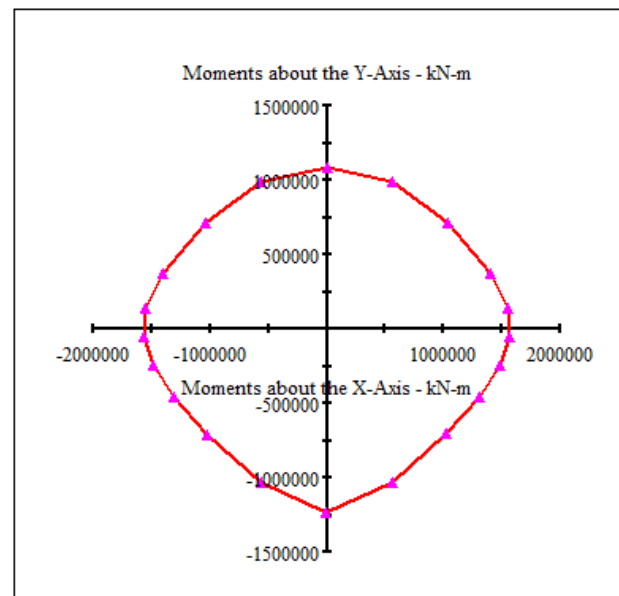
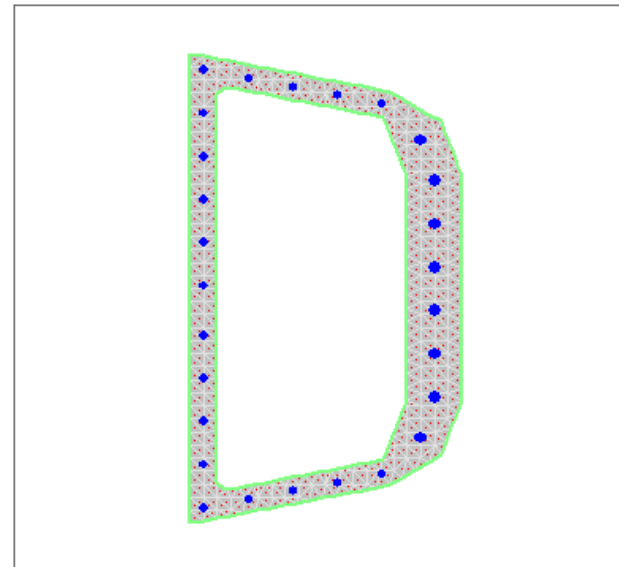
Applied Axial Load: 180.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.561E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.087E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.560E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.237E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .7364E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: 2.247E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.7370E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -1.309E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.562E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .9095E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 18.00 deg

Comments:

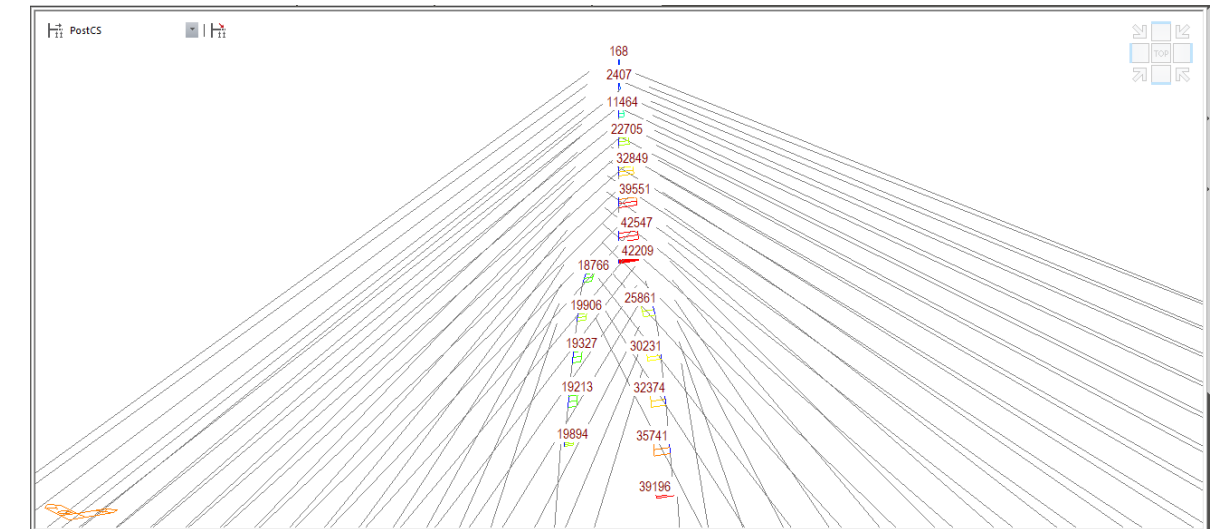
User Comments



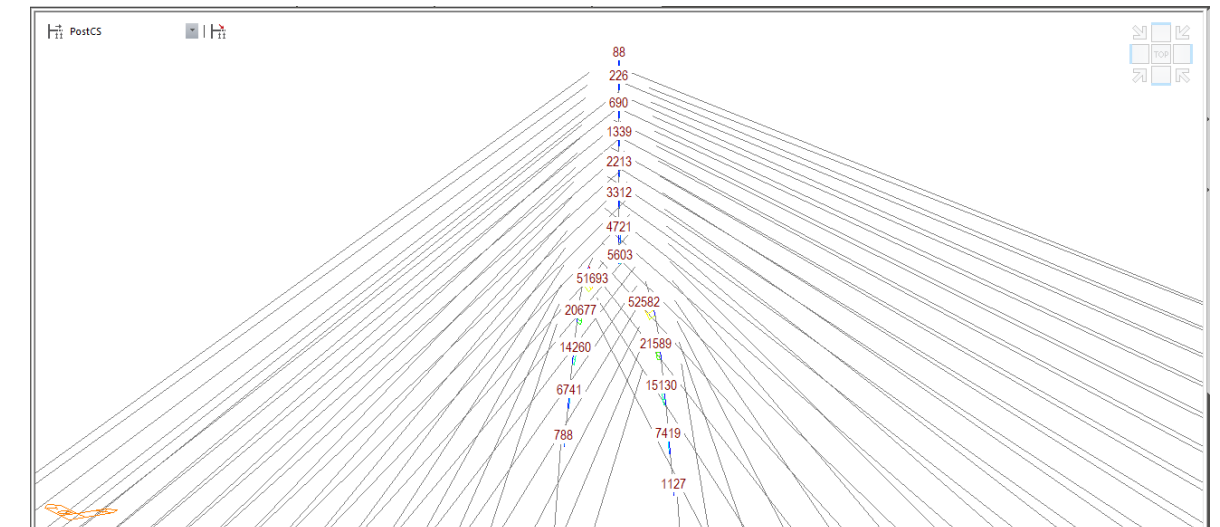
9 VERIFICAÇÃO DAS TORRES (TRECHO TABULEIRO - TOPO)

9.1 Verificação estrutural

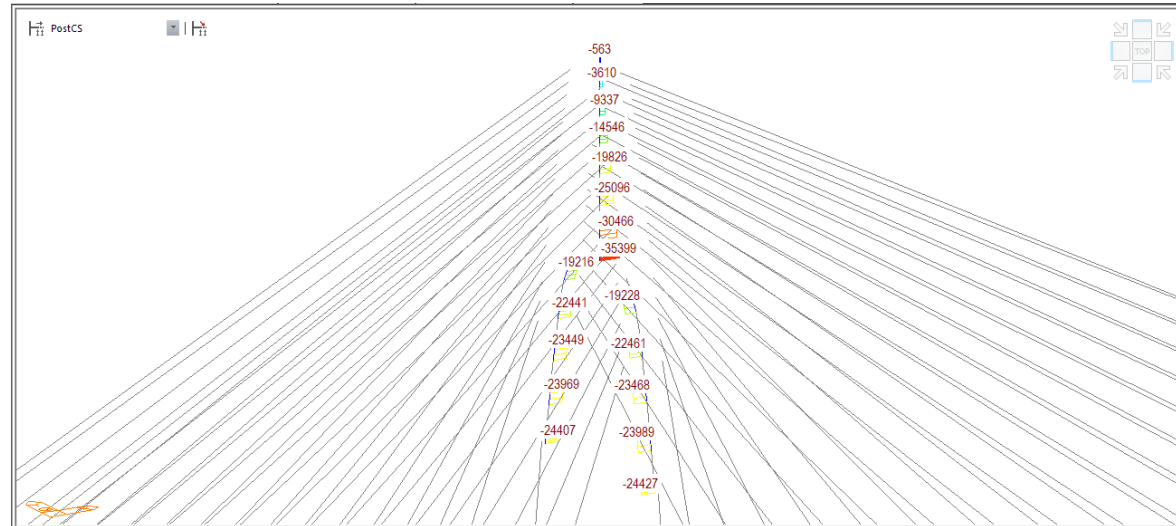
9.1.1 Momentos fletores máximos de cálculo - My



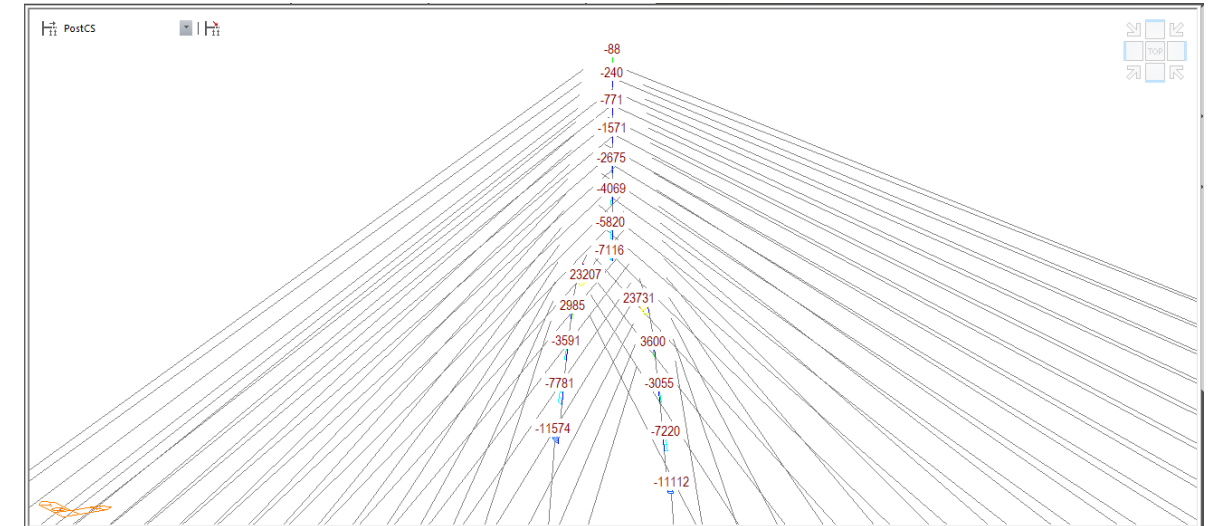
9.1.2 Momentos fletores máximos de cálculo - Mz



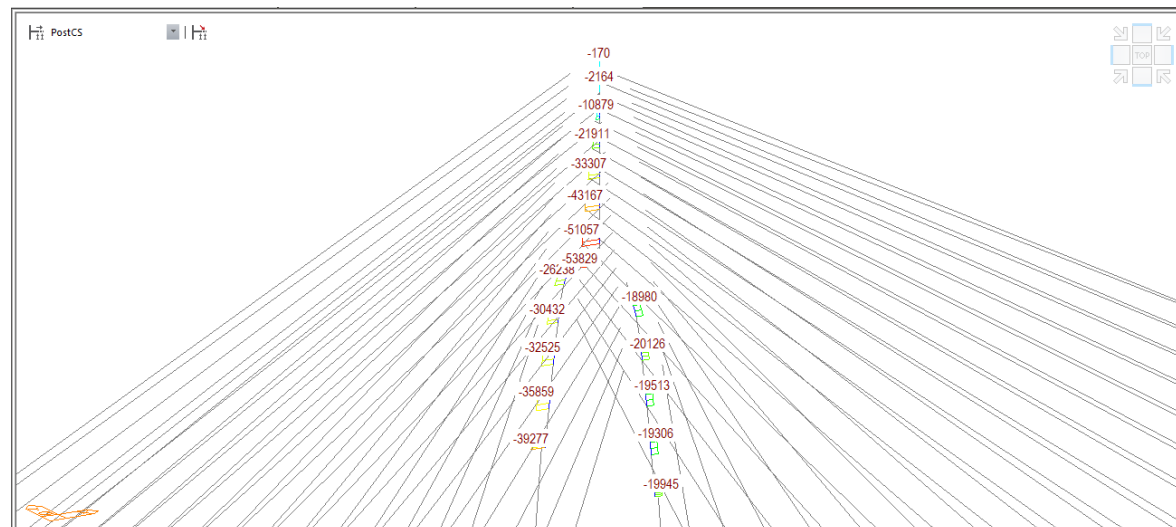
9.1.3 Forças axiais máximas de cálculo - Fx



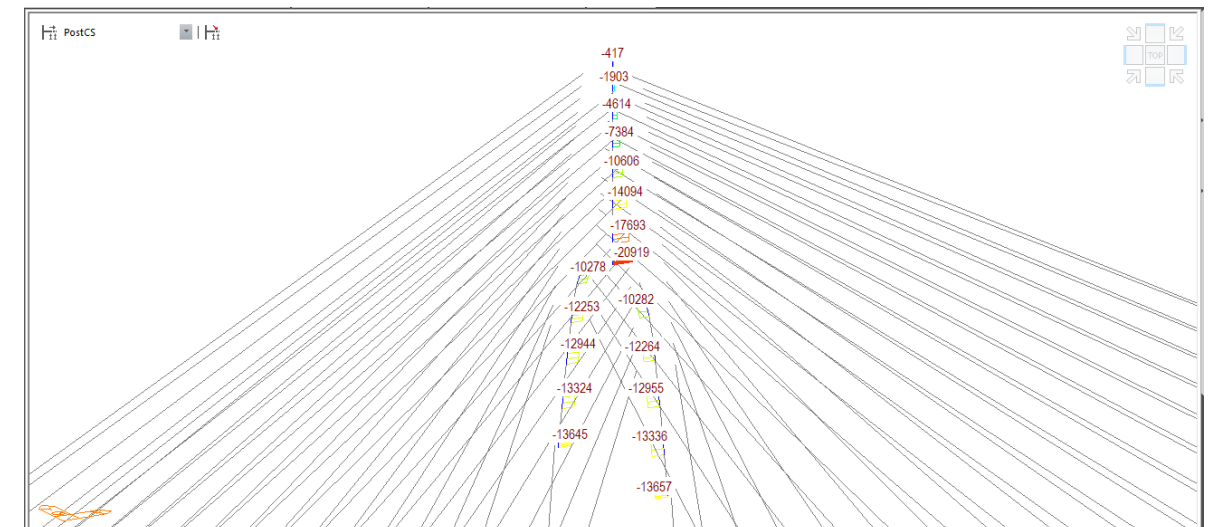
9.1.5 Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz



9.1.4 Momentos fletores mínimos de cálculo - My



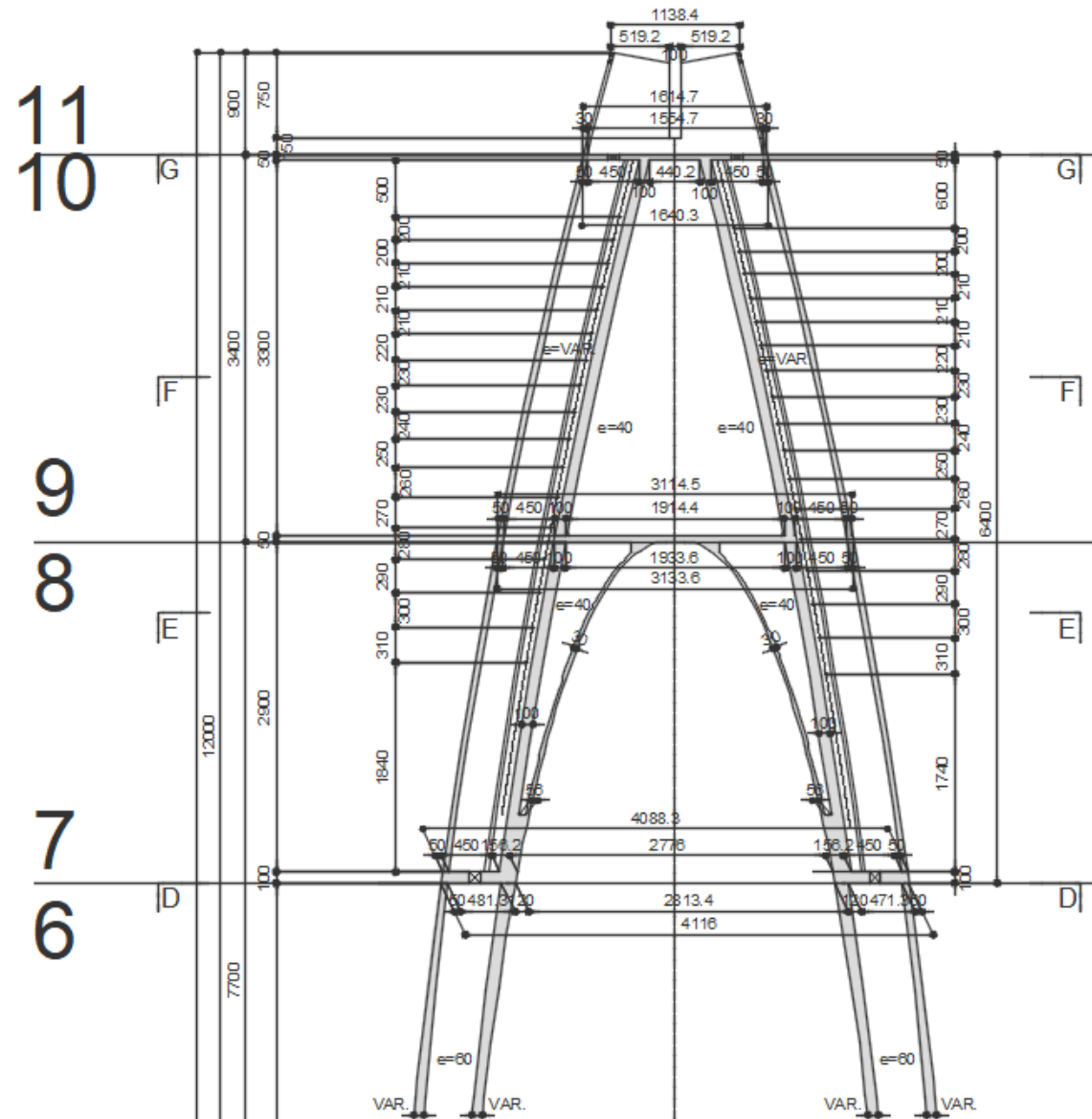
9.1.6 Forças axiais mínimas de cálculo - Fx



9.1.7 Seções analisadas

9.1.8 Seção 6

CORTE TRANSVERSAL
 ESC: 1:500



XTRACT Section Report

Section Name: SECTION

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

07/08/2019

S
Page __ of __

Section Details:

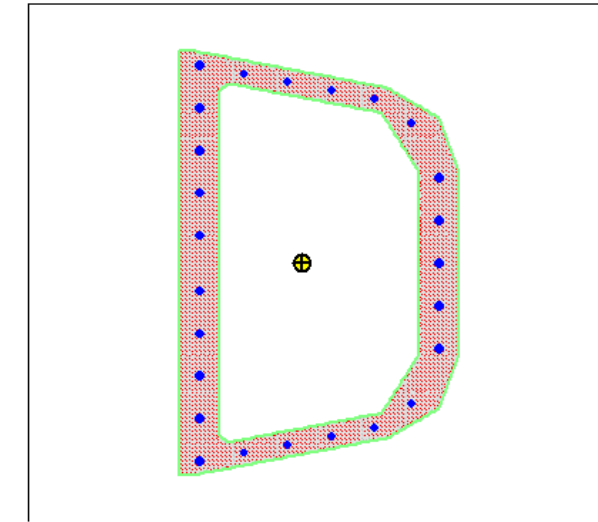
| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| X Centroid: | 22.76E+3 cm |
| Y Centroid: | 5614 cm |
| Section Area: | 209.3E+3 cm ² |
| EI gross about X: | 6.05E+12 N-m ² |
| EI gross about Y: | 3.55E+12 N-m ² |
| I trans (c45 1.4) about X: | 23.32E+9 cm ⁴ |
| I trans (c45 1.4) about Y: | 13.67E+9 cm ⁴ |
| Reinforcing Bar Area: | 5850 cm ² |
| Percent Longitudinal Steel: | 2.795 % |
| Overall Width: | 626.0 cm |
| Overall Height: | 1000.0 cm |
| Number of Fibers: | 4603 |
| Number of Bars: | 25 |
| Number of Materials: | 2 |

Material Types and Names:

| | |
|---------------|---|
| User Defined: |  c45 1.4 |
| User Defined: |  ca50 |

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = 5063.98133115878
 Boundary_Left = 22430.3611856988
 Boundary_Right = 23156.3611856998
 Boundary_Top = 6163.98133115878
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6



9.1.9 Seção 6 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

07/08/2019

s
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.76E+3 cm
 Y Centroid: 5614 cm
 Section Area: 209.4E+3 cm²

Loading Details:

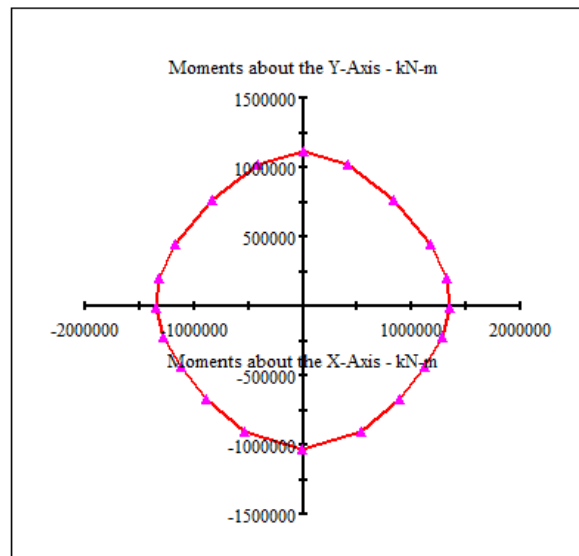
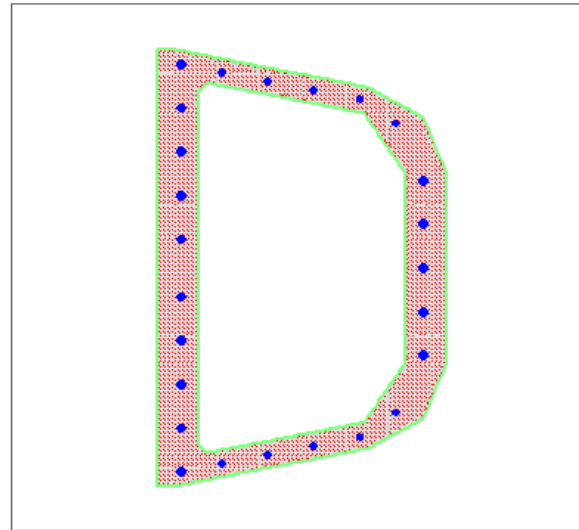
Applied Axial Load: 220.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.343E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.112E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.343E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.027E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .7267E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .9352E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.7267E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -2.058E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.343E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .7267E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 180.0 deg

Comments:

User Comments



9.1.10 Seção 6 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

07/08/2019

S
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.76E+3 cm
 Y Centroid: 5614 cm
 Section Area: 209.3E+3 cm²

Loading Details:

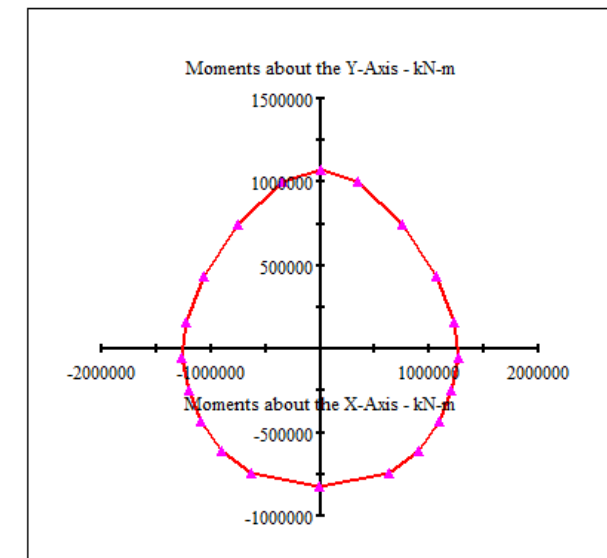
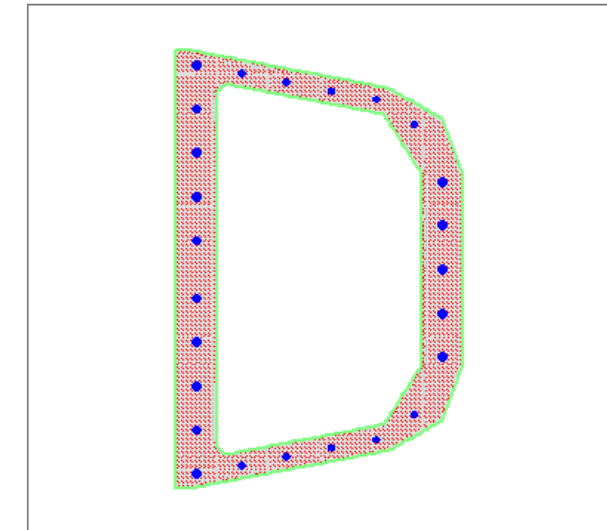
Applied Axial Load: 120.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.262E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.078E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.262E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -821.1E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .9698E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: 1.624E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.9698E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -1.933E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.263E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .9698E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 180.0 deg

Comments:

User Comments



9.1.11 Seção 7

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

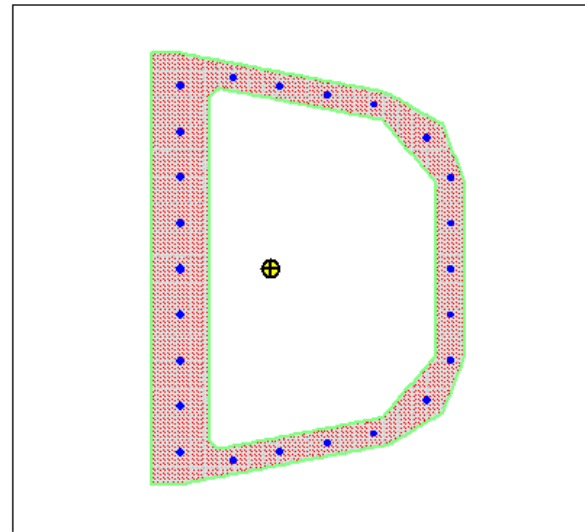
Section Name: SECTION

07/08/2019

D
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.65E+3 cm
 Y Centroid: 7124 cm
 Section Area: 211.3E+3 cm²
 EI gross about X: 5.13E+12 N-m²
 EI gross about Y: 3.21E+12 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 19.75E+9 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 12.36E+9 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 3190 cm²
 Percent Longitudinal Steel: 1.509 %
 Overall Width: 652.0 cm
 Overall Height: 943.0 cm
 Number of Fibers: 4383
 Number of Bars: 24
 Number of Materials: 2



Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = 6602.87122681371
 Boundary_Left = 22350.1250860664
 Boundary_Right = 23102.1250860673
 Boundary_Top = 7645.87122681371
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

9.1.12 Seção 7 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

07/08/2019

Loading Name: orb

D

Analysis Type: Capacity Orbit

Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.65E+3 cm
 Y Centroid: 7124 cm
 Section Area: 211.3E+3 cm²

Loading Details:

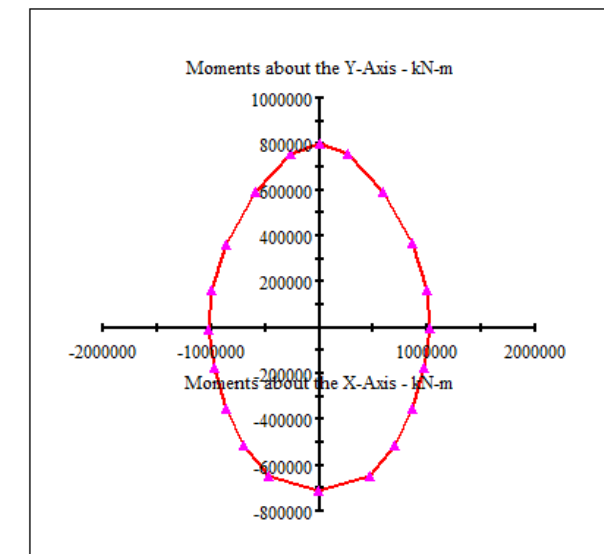
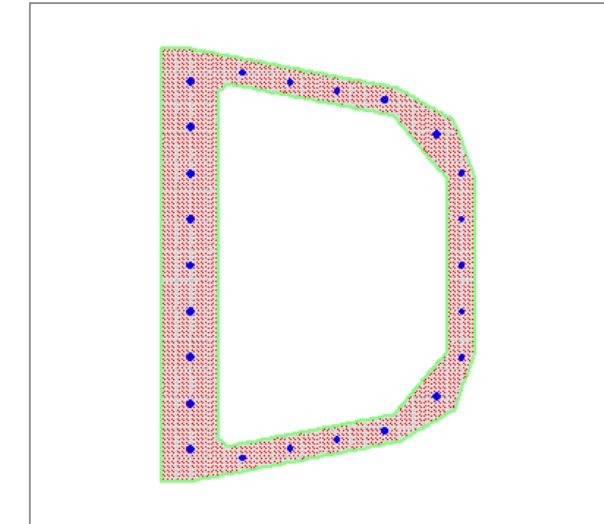
Applied Axial Load: 220.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.022E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 805.0E+3 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.022E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -711.0E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .8049E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .7905E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.8046E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -1.927E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.022E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .8049E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 0 deg

Comments:

User Comments



9.1.13 Seção 7 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

07/08/2019

s
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.65E+3 cm
Y Centroid: 7124 cm
Section Area: 211.3E+3 cm²

Loading Details:

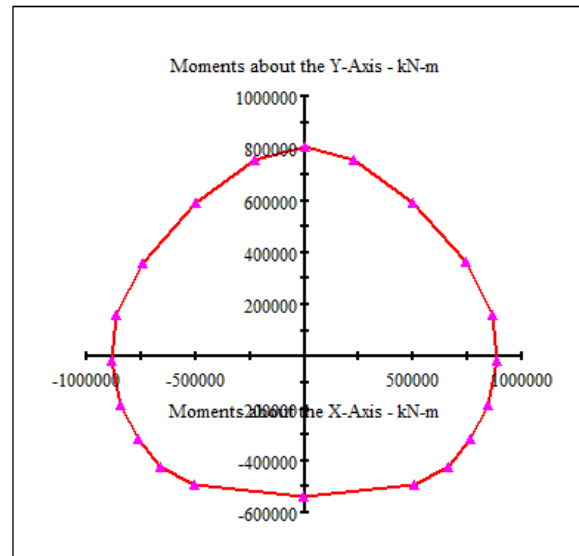
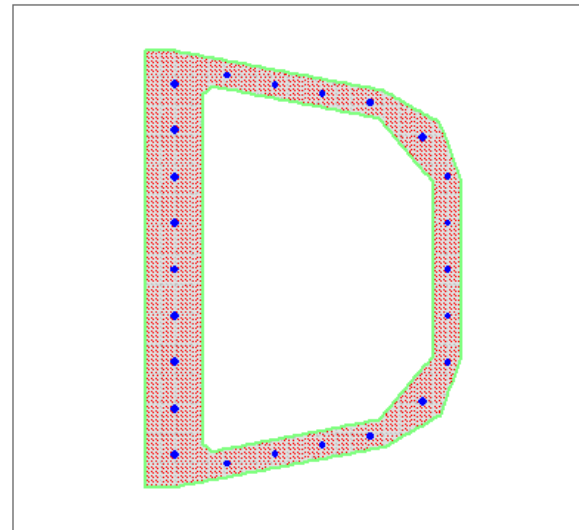
Applied Axial Load: 120.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 884.3E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 805.6E+3 kN-m
Max. Negative X Moment: -884.3E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -538.4E+3 kN-m
Max. Positive X Curvature: 1.236E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: 1.293E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -1.235E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -1.823E-3 1/m
Max. Principle Moment: 884.5E+3 kN-m
Curvature at Prin. Moment: 1.235E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 180.0 deg

Comments:

User Comments



9.1.14 Seção 8

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

07/08/2019

DS
Page __ of __

Section Details:

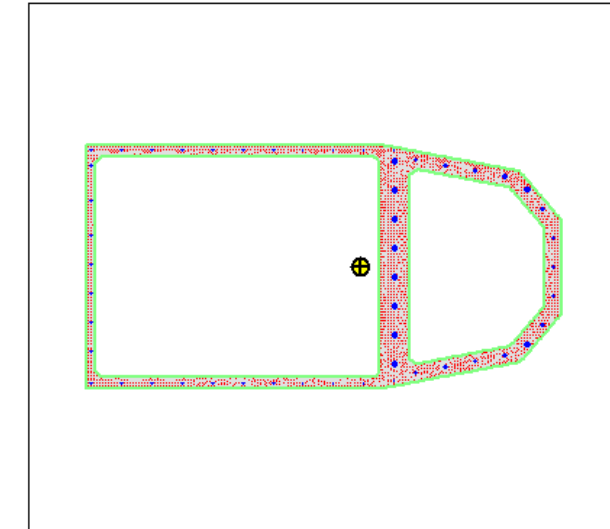
X Centroid: 22.48E+3 cm
Y Centroid: 10.38E+3 cm
Section Area: 267.3E+3 cm²
EI gross about X: 5.54E+12 N-m²
EI gross about Y: 1.33E+13 N-m²
I trans (c35 1.4) about X: 27.46E+9 cm⁴
I trans (c35 1.4) about Y: 66.11E+9 cm⁴
Reinforcing Bar Area: 3880 cm²
Percent Longitudinal Steel: 1.452 %
Overall Width: 1567 cm
Overall Height: 842.0 cm
Number of Fibers: 5615
Number of Bars: 52
Number of Materials: 2

Material Types and Names:

User Defined: c35 1.4
User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
Boundary_Bottom = 9905.34901915101
Boundary_Left = 21523.2034565593
Boundary_Right = 23190.2034565593
Boundary_Top = 10847.349019151
Min_Triangle_Area = 1
Max_Number_of_Fibers = 19000
Window_Left = 582.0
Window_Bottom = 146.3
Window_Height = 647.6



9.1.15 Seção 8 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

07/08/2019
 DS
 Page ___ of ___

Section Details:

X Centroid: 22.48E+3 cm
 Y Centroid: 10.38E+3 cm
 Section Area: 267.3E+3 cm²

Loading Details:

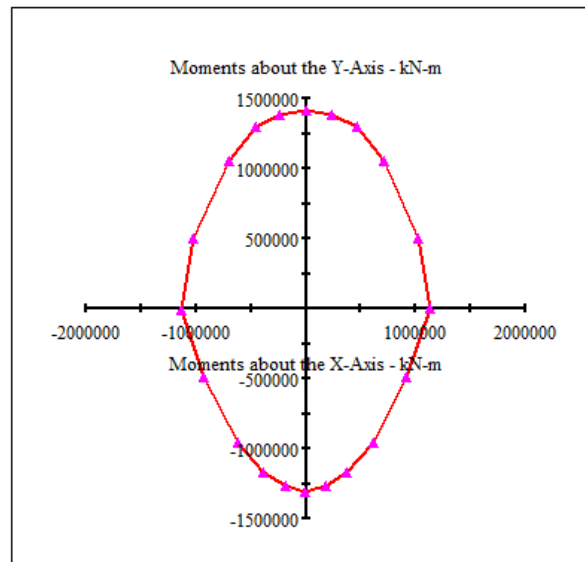
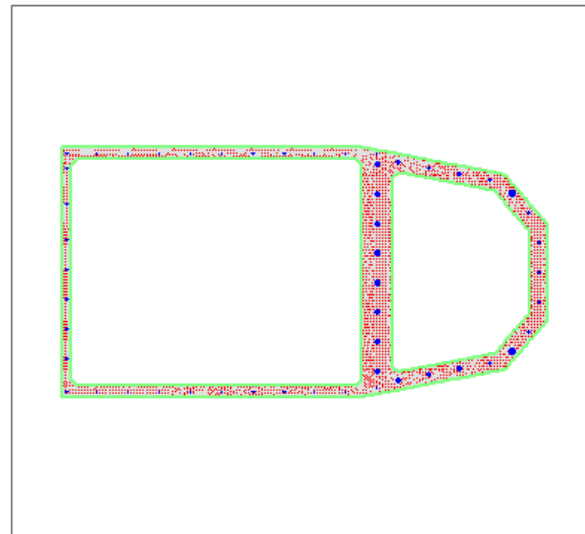
Applied Axial Load: 300.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c35 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c35 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.136E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.414E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.134E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.312E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: .6948E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .5385E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -.7065E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.2995E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.414E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .5385E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 90.00 deg

Comments:

User Comments



9.1.16 Seção 8 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

08/08/2019
 F
 Page ___ of ___

Section Details:

X Centroid: 22.47E+3 cm
 Y Centroid: 10.38E+3 cm
 Section Area: 268.2E+3 cm²

Loading Details:

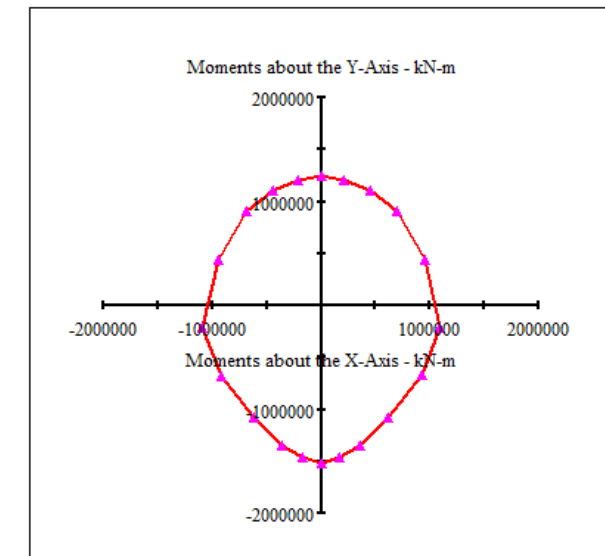
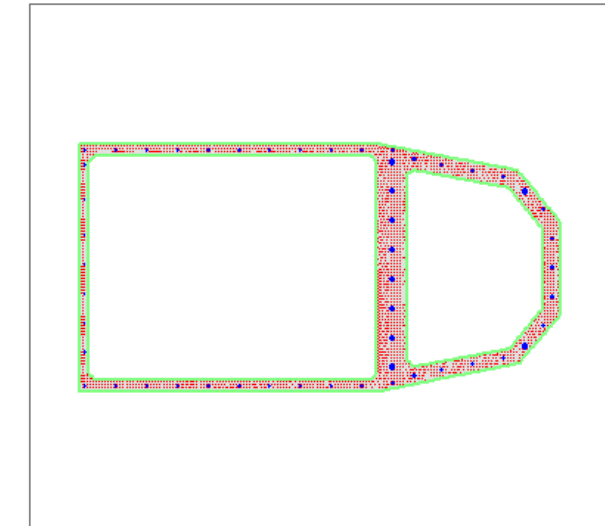
Applied Axial Load: 170.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c35 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c35 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.097E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.244E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -1.087E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.514E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.196E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .6804E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.228E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.3526E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.514E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .3526E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

User Comments



9.1.17 Seção 9

9.1.18 Seção 9 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

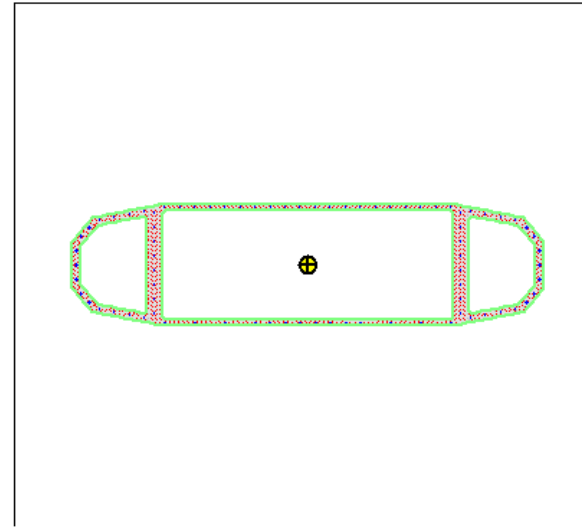
Section Name: SECTION

08/08/2019

W
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.42E+3 cm
 Y Centroid: 11.54E+3 cm
 Section Area: 488.1E+3 cm²
 EI gross about X: 1.32E+13 N-m²
 EI gross about Y: 1.57E+14 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 50.84E+9 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 603.92E+9 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 7220 cm²
 Percent Longitudinal Steel: 1.479 %
 Overall Width: 3134 cm
 Overall Height: 842.0 cm
 Number of Fibers: 1412
 Number of Bars: 86
 Number of Materials: 2



Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = 11068.8901486375
 Boundary_Left = 20799.9019846288
 Boundary_Right = 24033.9019846279
 Boundary_Top = 12010.8901486375
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

08/08/2019

Loading Name: orb

W

Analysis Type: Capacity Orbit

Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.42E+3 cm
 Y Centroid: 11.54E+3 cm
 Section Area: 488.1E+3 cm²

Loading Details:

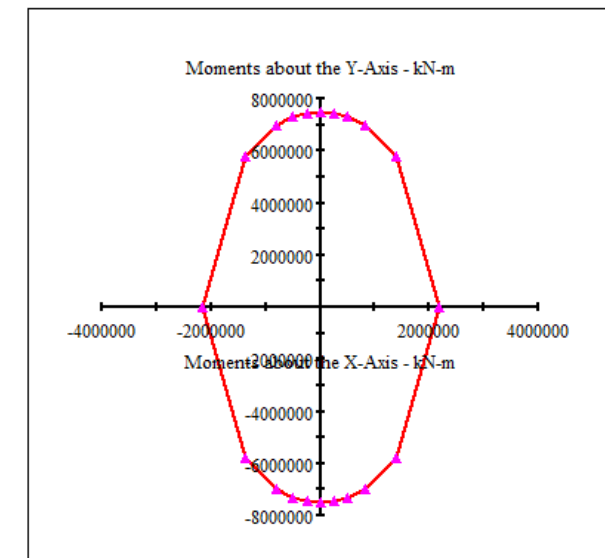
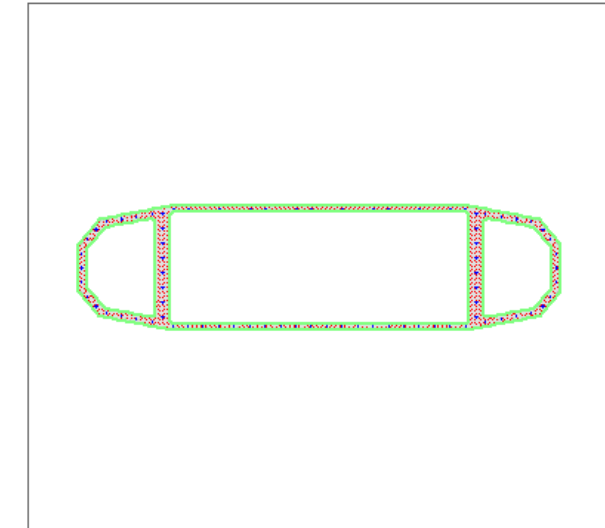
Applied Axial Load: 300.0E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 2.187E+6 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 7.467E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -2.160E+6 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -7.467E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.589E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .4228E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.577E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.4228E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 7.467E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .4228E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 90.00 deg

Comments:

User Comments



9.1.19 Seção 9 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

9.1.20 Seção 10

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

08/08/2019

SD
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.42E+3 cm
Y Centroid: 11.54E+3 cm
Section Area: 488.1E+3 cm²

Loading Details:

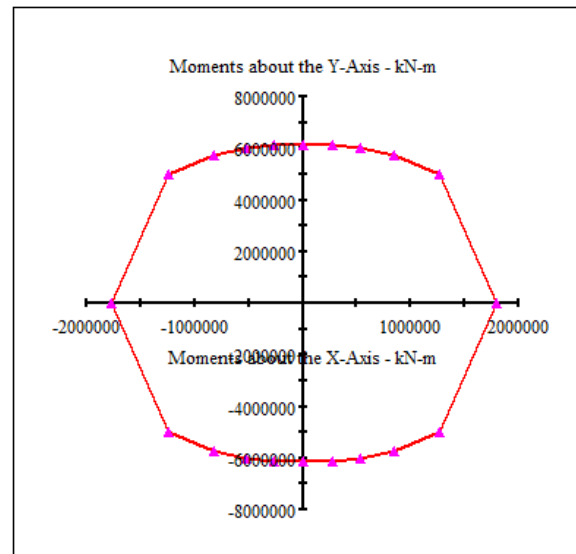
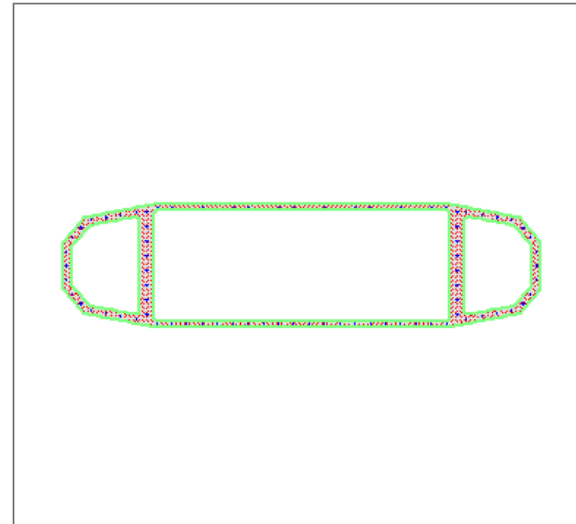
Applied Axial Load: 170.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 1.803E+6 kN-m
Max. Positive Y Moment: 6.132E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -1.767E+6 kN-m
Max. Negative Y Moment: -6.132E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: 1.460E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .4028E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -1.452E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.4028E-3 1/m
Max. Principle Moment: 6.132E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .4028E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 90.00 deg

Comments:

User Comments



XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

08/08/2019

V
Page __ of __

Section Details:

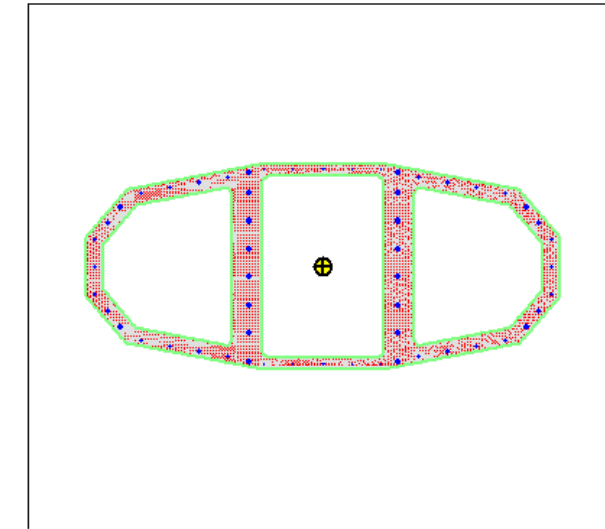
X Centroid: 22.29E+3 cm
Y Centroid: 13.74E+3 cm
Section Area: 331.4E+3 cm²
EI gross about X: 4.39E+12 N-m²
EI gross about Y: 1.65E+13 N-m²
I trans (c35 1.4) about X: 21.73E+9 cm⁴
I trans (c35 1.4) about Y: 81.77E+9 cm⁴
Reinforcing Bar Area: 6320 cm²
Percent Longitudinal Steel: 1.907 %
Overall Width: 1615 cm
Overall Height: 732.0 cm
Number of Fibers: 7134
Number of Bars: 56
Number of Materials: 2

Material Types and Names:

User Defined: c35 1.4
User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
Boundary_Bottom = 13327.0513220764
Boundary_Left = 21432.4111732343
Boundary_Right = 23147.4111732343
Boundary_Top = 14159.0513220768
Min_Triangle_Area = 1
Max_Number_of_Fibers = 19000
Window_Left = 582.0
Window_Bottom = 146.3
Window_Height = 647.6



9.1.21 Seção 10 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report Enescil Engenharia de Projetos Ltda
 Section Name: SECTION 08/08/2019
 Loading Name: orb V
 Analysis Type: Capacity Orbit Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.29E+3 cm
 Y Centroid: 13.74E+3 cm
 Section Area: 331.4E+3 cm²

Loading Details:

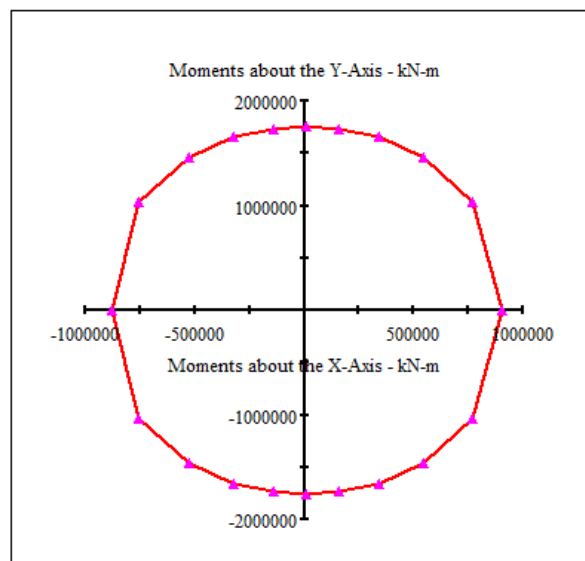
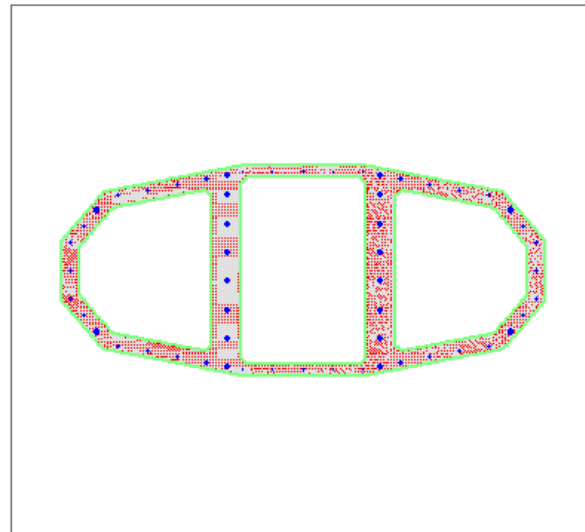
Applied Axial Load: 32.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c35 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c35 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 903.8E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.758E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -880.3E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.758E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.756E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .7198E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.744E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.7198E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.758E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .7198E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 90.00 deg

Comments:

User Comments



9.1.22 Seção 10 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report Enescil Engenharia de Projetos Ltda
 Section Name: SECTION 08/08/2019
 Loading Name: orb S
 Analysis Type: Capacity Orbit Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.29E+3 cm
 Y Centroid: 13.74E+3 cm
 Section Area: 331.4E+3 cm²

Loading Details:

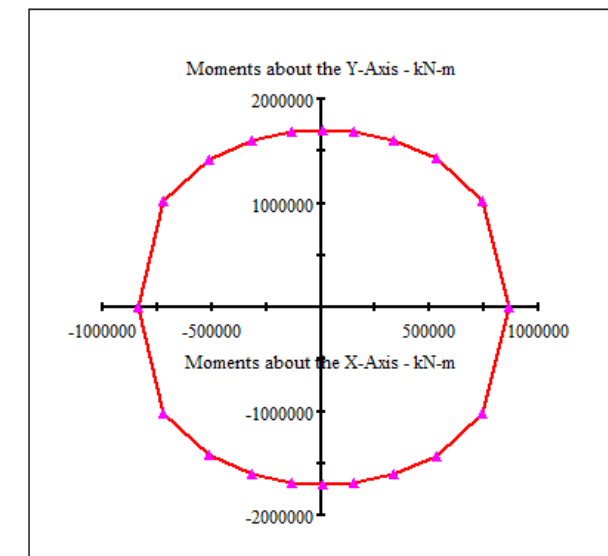
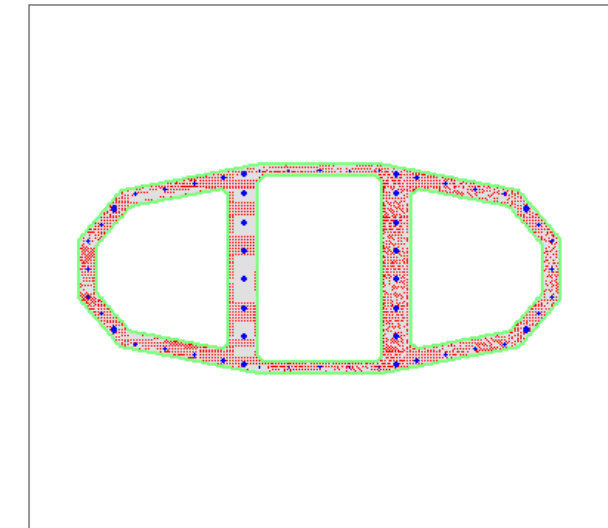
Applied Axial Load: 16.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c35 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c35 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 864.7E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.706E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -840.2E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.706E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.732E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .7645E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.722E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.7645E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.706E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .7645E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 90.00 deg

Comments:

User Comments



9.1.23 Seção 11

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

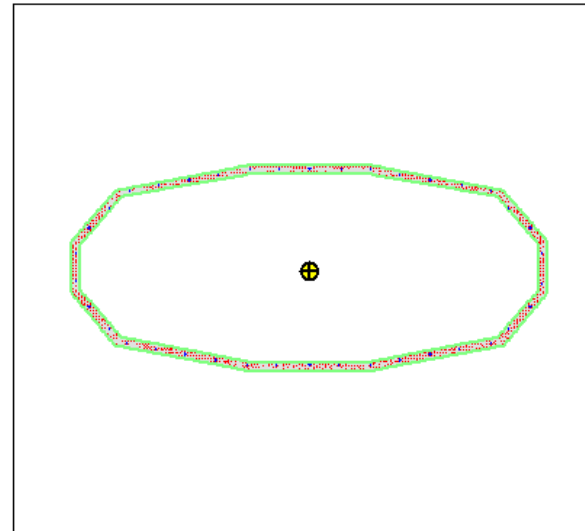
Section Name: SECTION

08/08/2019

3
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.29E+3 cm
 Y Centroid: 14.73E+3 cm
 Section Area: 116.9E+3 cm²
 EI gross about X: 2.52E+12 N-m²
 EI gross about Y: 8.89E+12 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 9.720E+9 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 34.25E+9 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 1140 cm²
 Percent Longitudinal Steel: .9752 %
 Overall Width: 1620 cm
 Overall Height: 730.0 cm
 Number of Fibers: 2702
 Number of Bars: 38
 Number of Materials: 2



Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = 14332.2343369237
 Boundary_Left = 21432.4111732348
 Boundary_Right = 23147.4111732343
 Boundary_Top = 15164.2343369242
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

9.1.24 Seção 11 - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

08/08/2019

Loading Name: orb

3

Analysis Type: Capacity Orbit

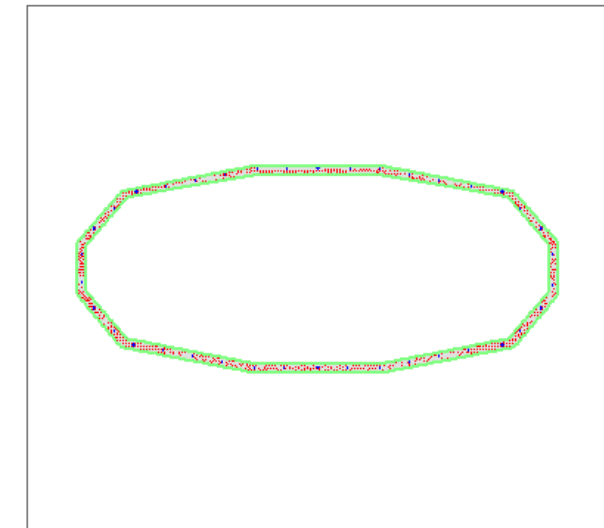
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.29E+3 cm
 Y Centroid: 14.73E+3 cm
 Section Area: 116.9E+3 cm²

Loading Details:

Applied Axial Load: 32.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

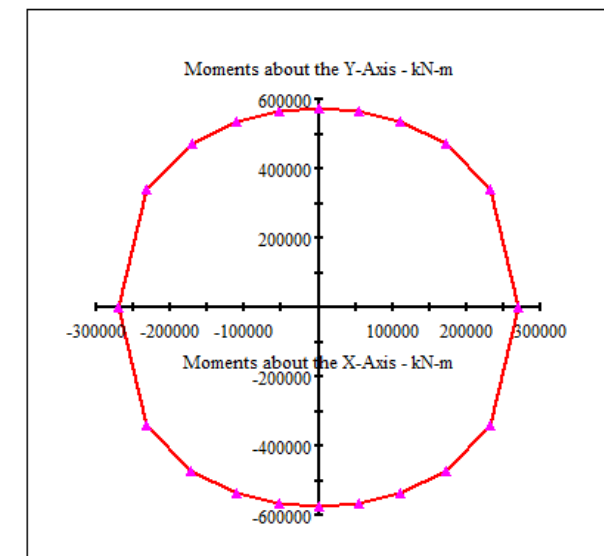


Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 271.0E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 573.6E+3 kN-m
 Max. Negative X Moment: -270.7E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -573.7E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.567E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .7609E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.567E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.7609E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 573.7E+3 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .7609E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

User Comments



9.1.25 Seção 11 - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

08/08/2019

cf
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 22.29E+3 cm
Y Centroid: 14.73E+3 cm
Section Area: 116.9E+3 cm²

Loading Details:

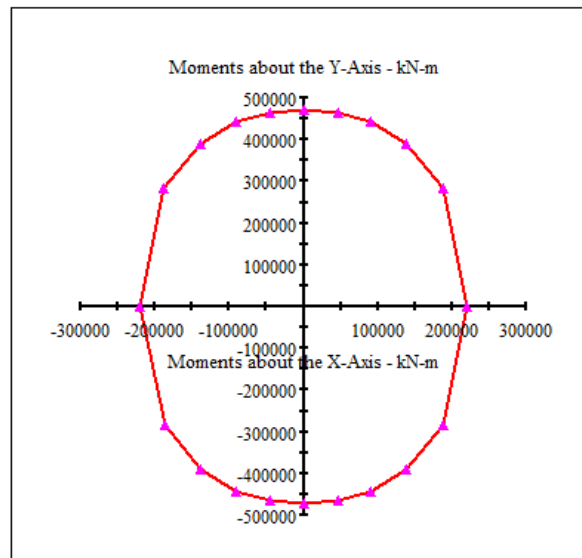
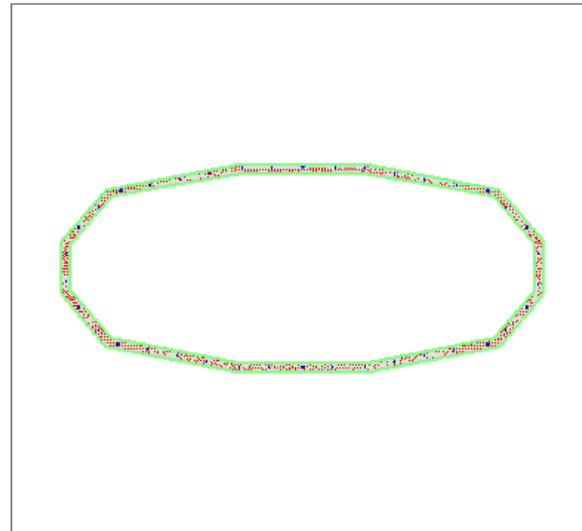
Applied Axial Load: 16.00E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 219.5E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 471.9E+3 kN-m
Max. Negative X Moment: -219.3E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -472.0E+3 kN-m
Max. Positive X Curvature: 1.532E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .7296E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -1.532E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.7296E-3 1/m
Max. Principle Moment: 472.0E+3 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .7296E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

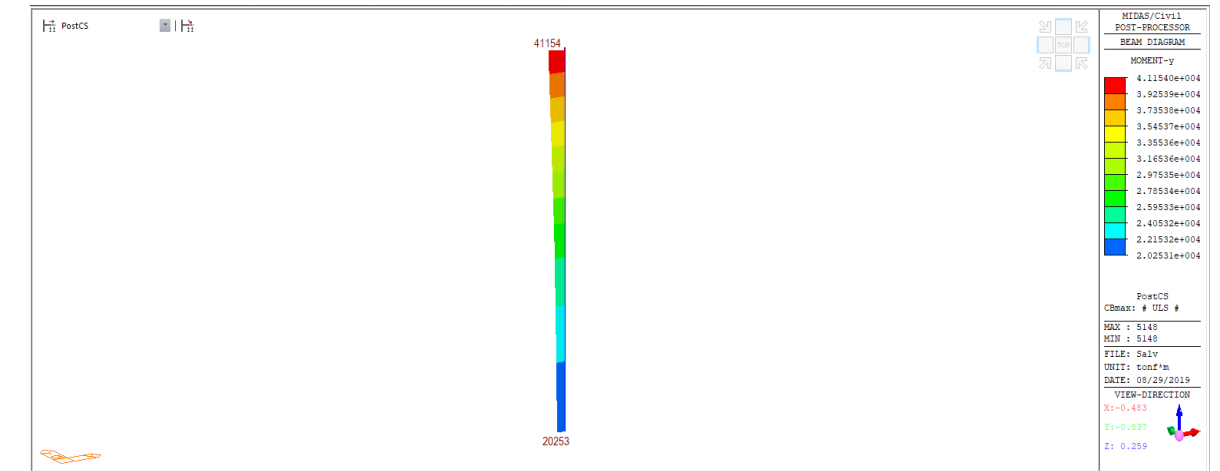
User Comments



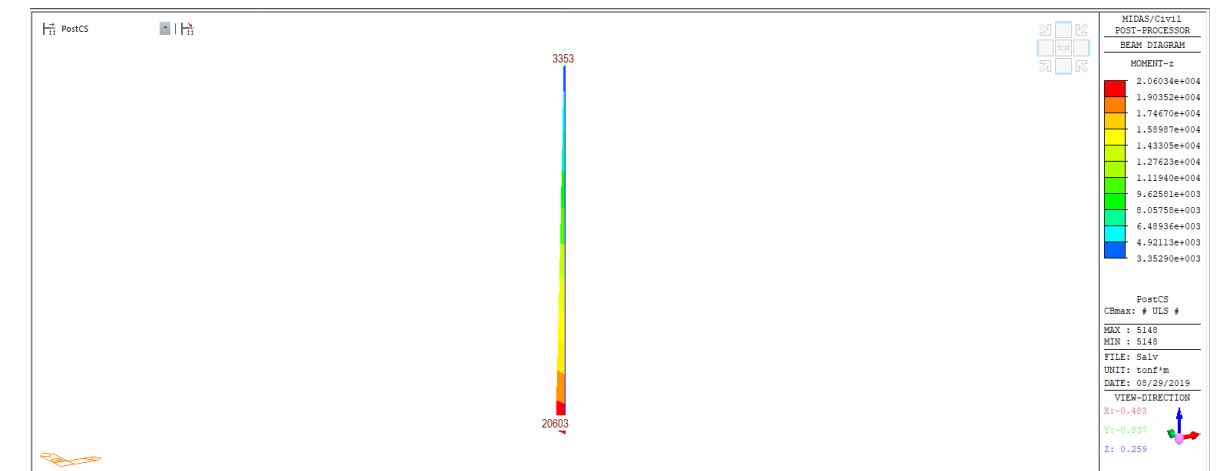
10 VERIFICAÇÃO DOS PILARES DOS APOIOS ADJACENTES

10.1 Verificação estrutural

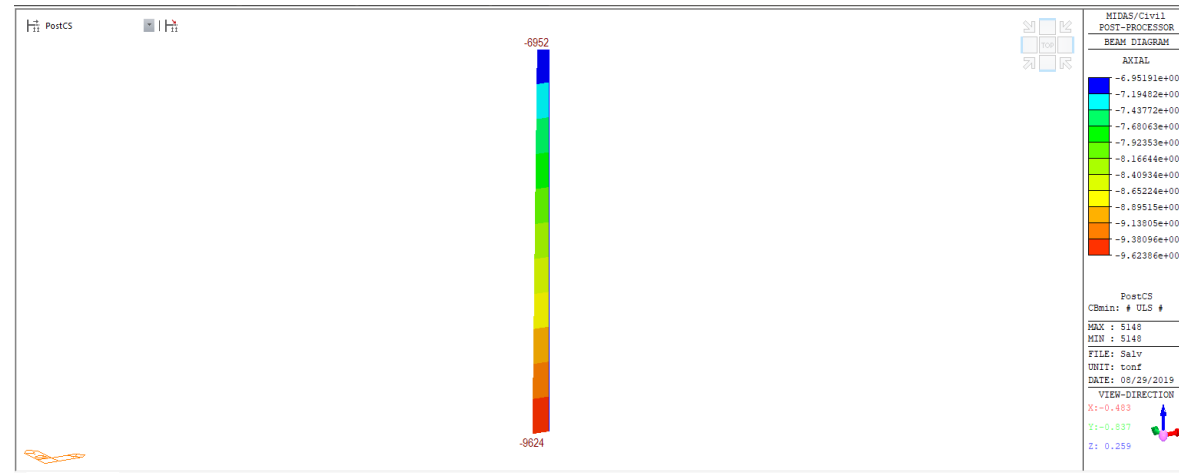
10.1.1 Momentos fletores máximos de cálculo - My



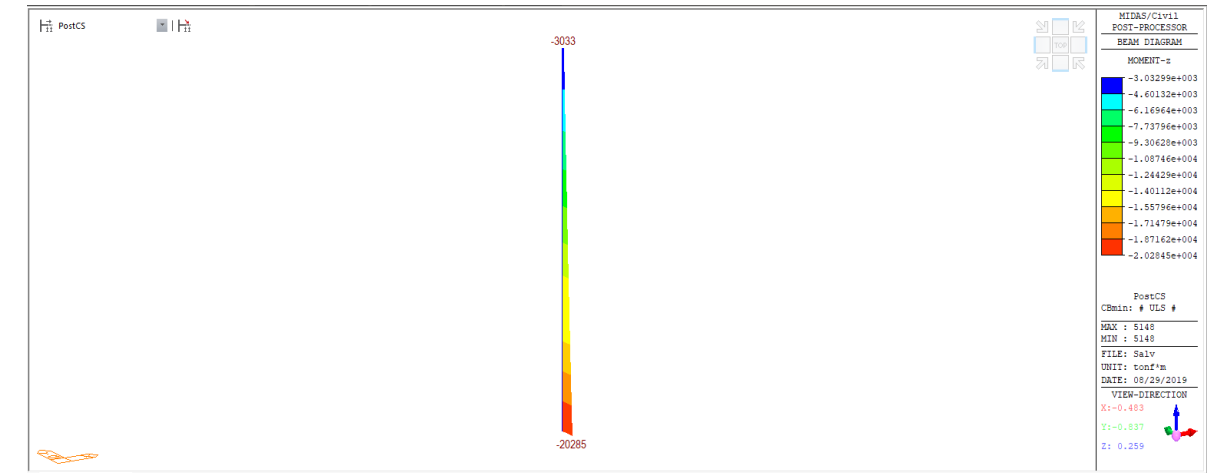
10.1.2 Momentos fletores máximos de cálculo - Mz



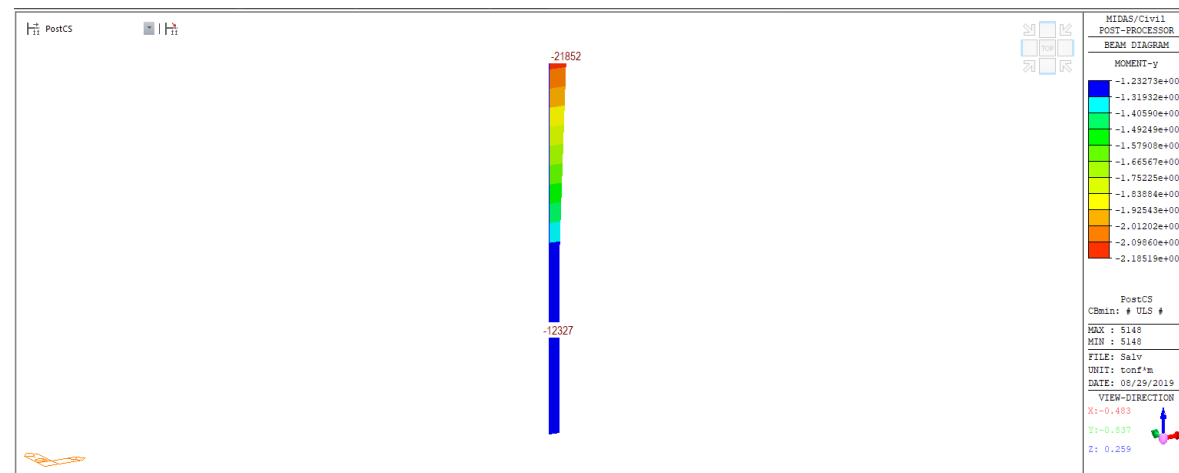
10.1.3 Forças axiais máximas de cálculo - Fx



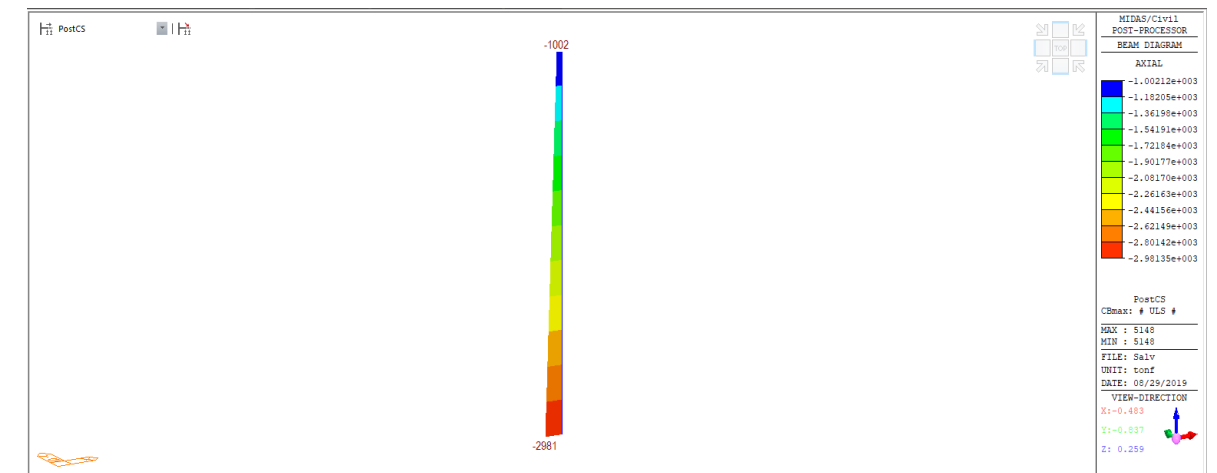
10.1.5 Momentos fletores mínimos de cálculo - Mz



10.1.4 Momentos fletores mínimos de cálculo - My



10.1.6 Forças axiais mínimas de cálculo - Fx



10.1.7 Seção no topo do pilar

XTRACT Section Report

Section Name: SECTION

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

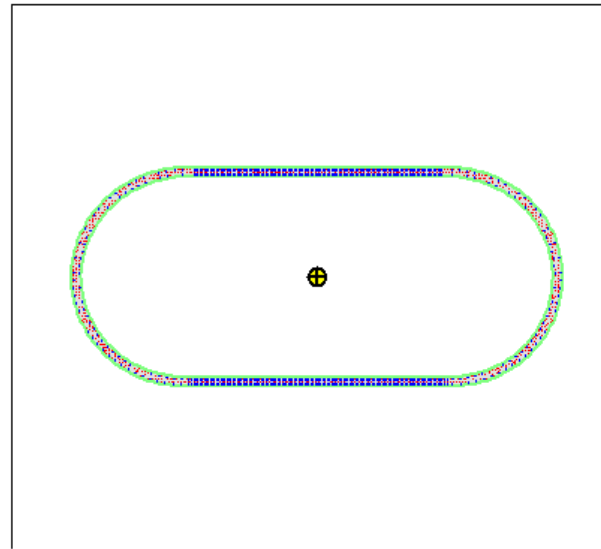
29/08/2019

1

Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 2.425E+6 cm
 Y Centroid: -431.2E+3 cm
 Section Area: 111.2E+3 cm²
 EI gross about X: 2.91E+12 N-m²
 EI gross about Y: 7.85E+12 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 1.12E+10 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 3.02E+10 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 3299 cm²
 Percent Longitudinal Steel: 2.967 %
 Overall Width: 1500 cm
 Overall Height: 700.0 cm
 Number of Fibers: 2420
 Number of Bars: 672
 Number of Materials: 2



Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = -431616.502914593
 Boundary_Left = 2423886.81278808
 Boundary_Right = 2425487.23952607
 Boundary_Top = -430816.502857641
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

10.1.8 Seção topo do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

29/08/2019

1

Page __ of __

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

Section Details:

X Centroid: 2.425E+6 cm
 Y Centroid: -431.2E+3 cm
 Section Area: 111.2E+3 cm²

Loading Details:

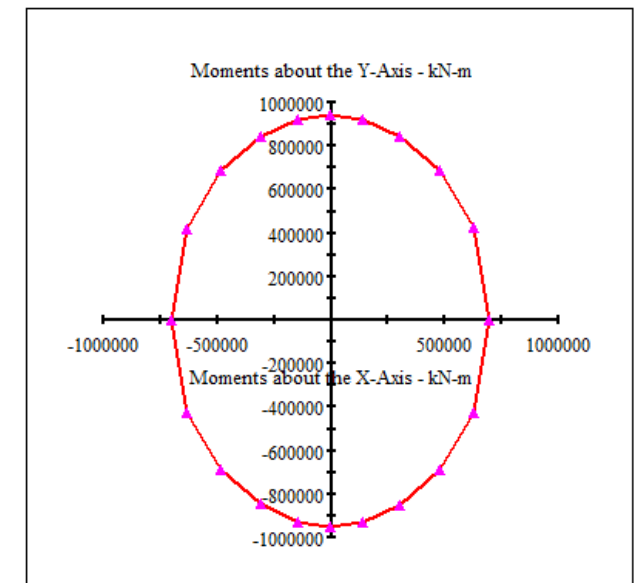
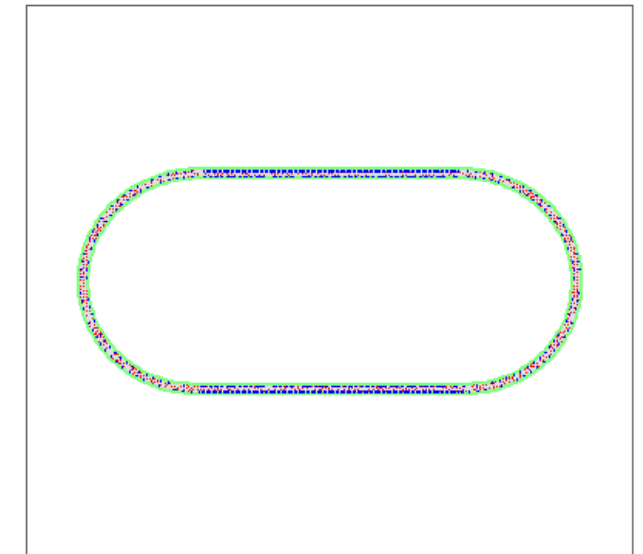
Applied Axial Load: 70.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 693.1E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 945.3E+3 kN-m
 Max. Negative X Moment: -703.9E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -949.3E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.733E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .5819E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.741E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.5778E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 949.3E+3 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .5778E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

User Comments



10.1.9 Seção topo do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

10.1.10 Seção base do pilar

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

29/08/2019

1
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 2.425E+6 cm
 Y Centroid: -431.2E+3 cm
 Section Area: 111.2E+3 cm²

Loading Details:

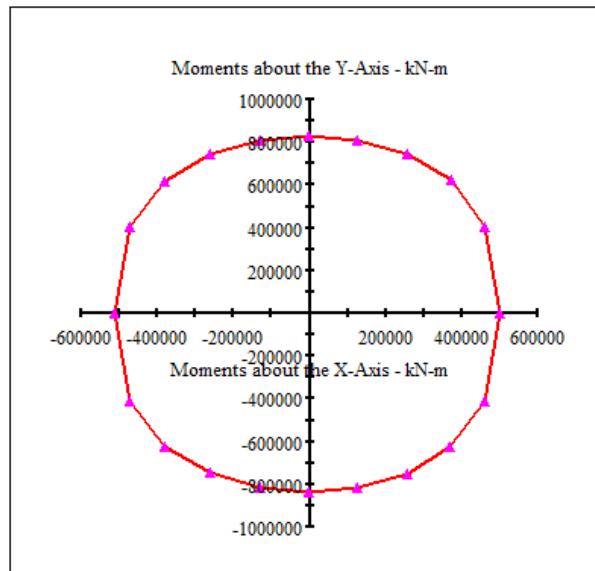
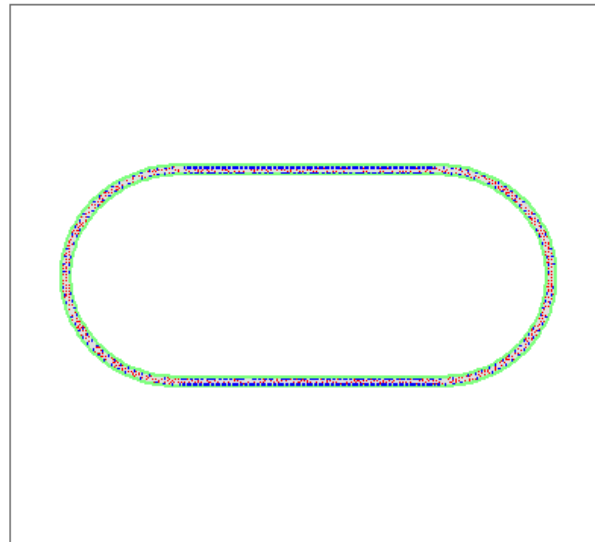
Applied Axial Load: 10000 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 502.3E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 828.7E+3 kN-m
 Max. Negative X Moment: -512.9E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -835.1E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.608E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .7943E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.612E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.7879E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 835.1E+3 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .7879E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

User Comments



XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION

29/08/2019

1
 Page __ of __

Section Details:

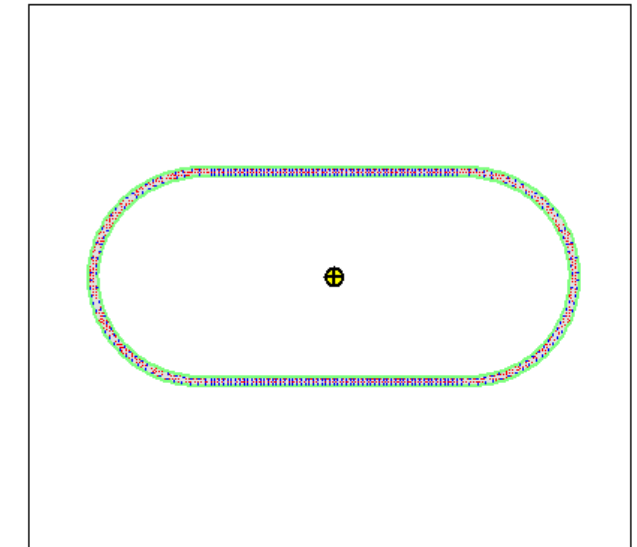
X Centroid: 2.425E+6 cm
 Y Centroid: -429.1E+3 cm
 Section Area: 111.2E+3 cm²
 EI gross about X: 2.66E+12 N-m²
 EI gross about Y: 7.74E+12 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 1.03E+10 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 2.98E+10 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 2081 cm²
 Percent Longitudinal Steel: 1.872 %
 Overall Width: 1500 cm
 Overall Height: 700.0 cm
 Number of Fibers: 2420
 Number of Bars: 424
 Number of Materials: 2

Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = -429490.527269124
 Boundary_Left = 2423886.81278808
 Boundary_Right = 2425487.23952607
 Boundary_Top = -428690.527212173
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6



10.1.11 Seção base do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial máxima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

29/08/2019

1
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 2.425E+6 cm
 Y Centroid: -429.1E+3 cm
 Section Area: 111.2E+3 cm²

Loading Details:

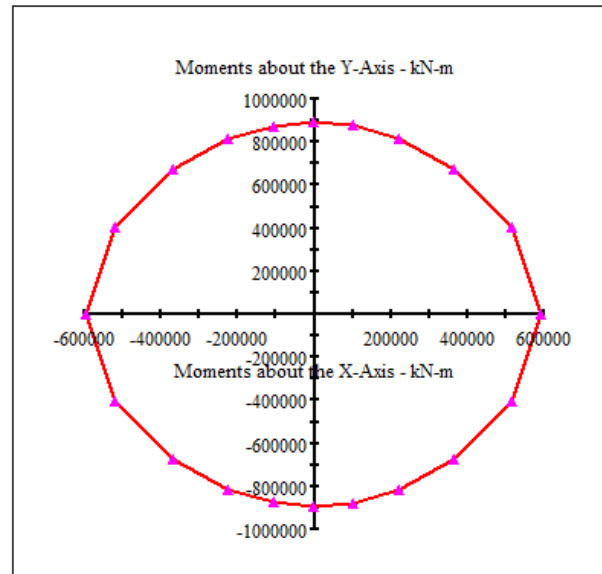
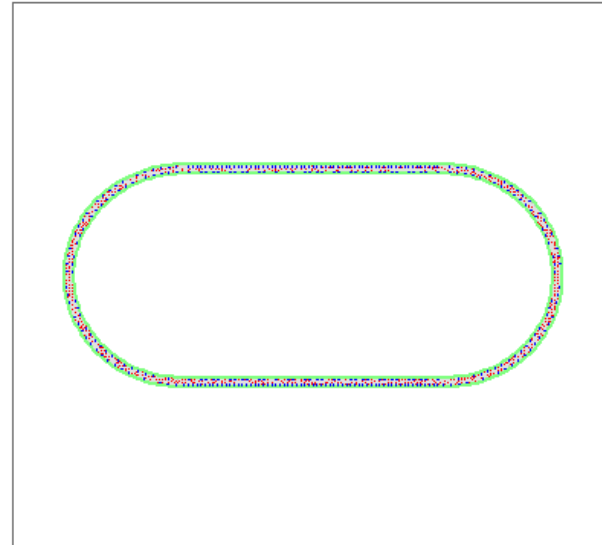
Applied Axial Load: 96.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 590.4E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 894.0E+3 kN-m
 Max. Negative X Moment: -594.3E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -894.0E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.881E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .5547E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.896E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.5547E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 894.0E+3 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .5547E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

User Comments



10.1.12 Seção base do pilar - Envoltória de momentos fletores para força axial mínima

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

29/08/2019

1
 Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 2.425E+6 cm
 Y Centroid: -429.1E+3 cm
 Section Area: 111.2E+3 cm²

Loading Details:

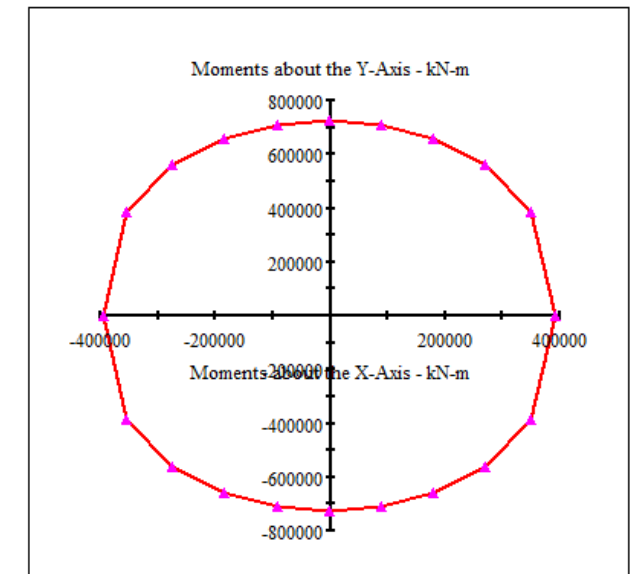
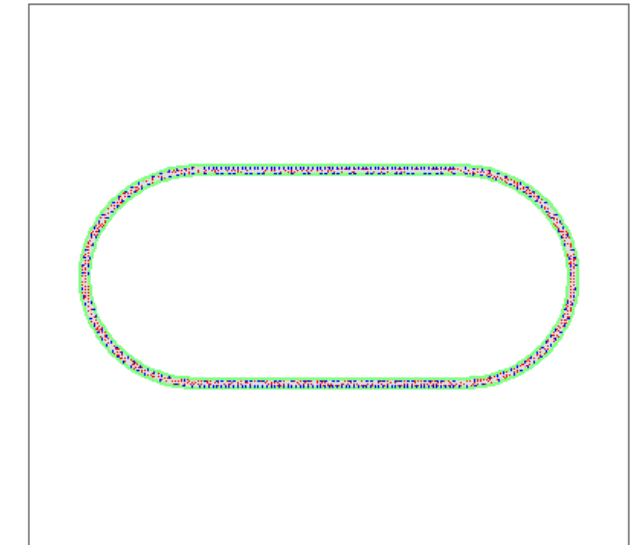
Applied Axial Load: 29.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 390.8E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 724.5E+3 kN-m
 Max. Negative X Moment: -395.8E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -724.5E+3 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 1.617E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .8906E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -1.619E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.8906E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 724.5E+3 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .8906E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 270.0 deg

Comments:

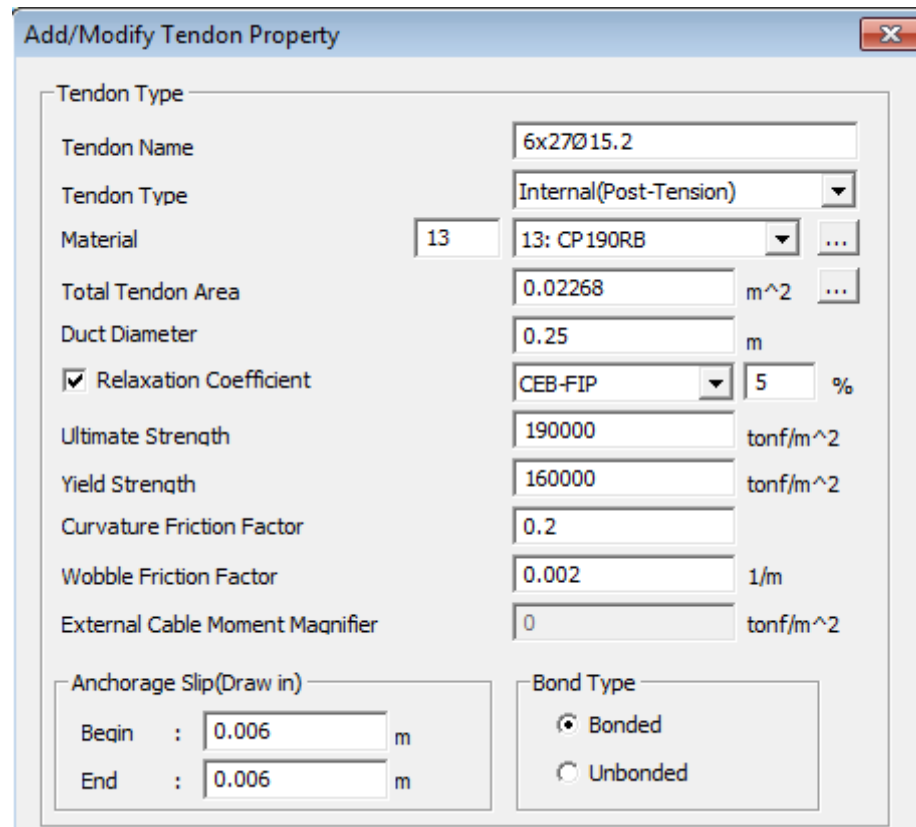
User Comments



11 VERIFICAÇÃO DO TABULEIRO

11.1 Cabos de protensão

11.1.1 Características dos cabos

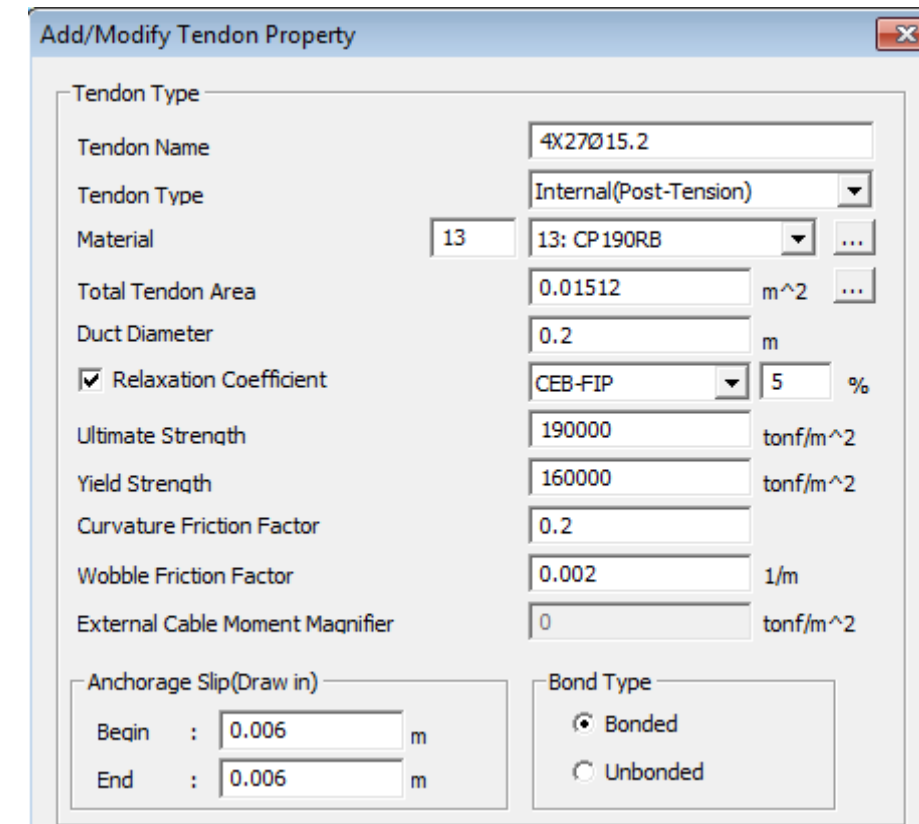


Add/Modify Tendon Property

Tendon Type
 Tendon Name: 6x27Ø15.2
 Tendon Type: Internal(Post-Tension)
 Material: 13 13: CP190RB
 Total Tendon Area: 0.02268 m²
 Duct Diameter: 0.25 m
 Relaxation Coefficient: CEB-FIP 5 %
 Ultimate Strength: 190000 tonf/m²
 Yield Strength: 160000 tonf/m²
 Curvature Friction Factor: 0.2
 Wobble Friction Factor: 0.002 1/m
 External Cable Moment Magnifier: 0 tonf/m²

Anchorage Slip(Draw in)
 Begin : 0.006 m
 End : 0.006 m

Bond Type
 Bonded
 Unbonded

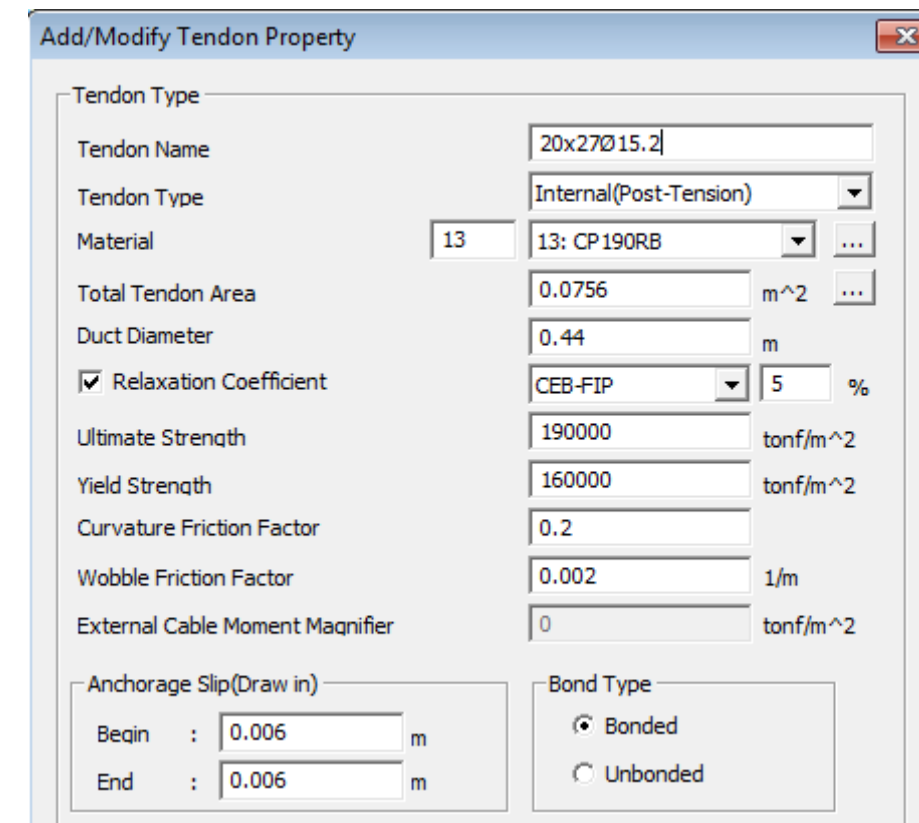


Add/Modify Tendon Property

Tendon Type
 Tendon Name: 4x27Ø15.2
 Tendon Type: Internal(Post-Tension)
 Material: 13 13: CP190RB
 Total Tendon Area: 0.01512 m²
 Duct Diameter: 0.2 m
 Relaxation Coefficient: CEB-FIP 5 %
 Ultimate Strength: 190000 tonf/m²
 Yield Strength: 160000 tonf/m²
 Curvature Friction Factor: 0.2
 Wobble Friction Factor: 0.002 1/m
 External Cable Moment Magnifier: 0 tonf/m²

Anchorage Slip(Draw in)
 Begin : 0.006 m
 End : 0.006 m

Bond Type
 Bonded
 Unbonded



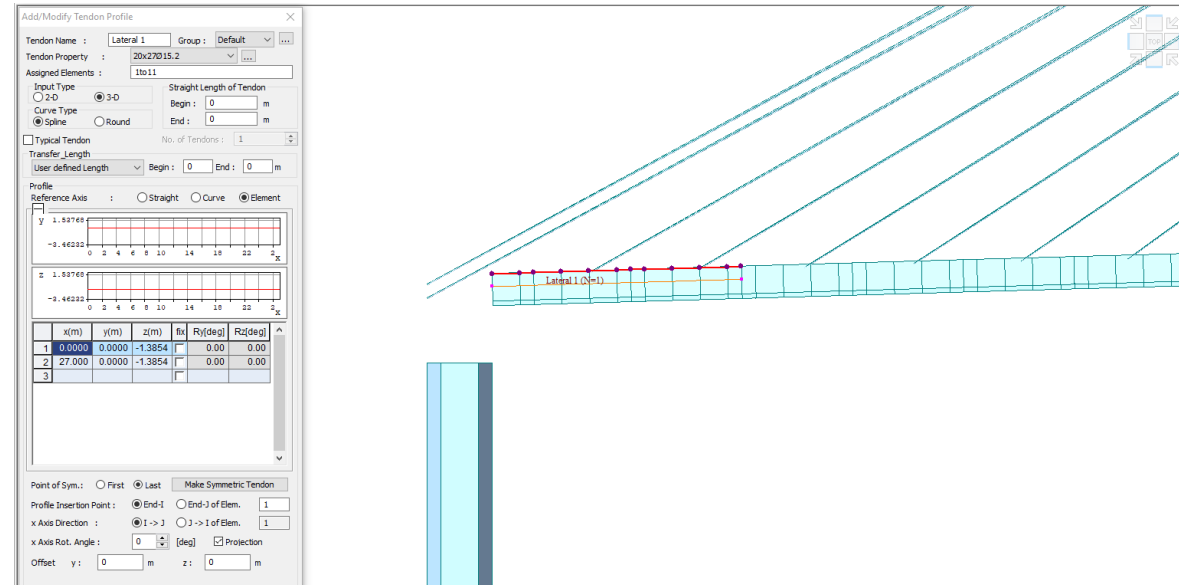
Add/Modify Tendon Property

Tendon Type
 Tendon Name: 20x27Ø15.2
 Tendon Type: Internal(Post-Tension)
 Material: 13 13: CP190RB
 Total Tendon Area: 0.0756 m²
 Duct Diameter: 0.44 m
 Relaxation Coefficient: CEB-FIP 5 %
 Ultimate Strength: 190000 tonf/m²
 Yield Strength: 160000 tonf/m²
 Curvature Friction Factor: 0.2
 Wobble Friction Factor: 0.002 1/m
 External Cable Moment Magnifier: 0 tonf/m²

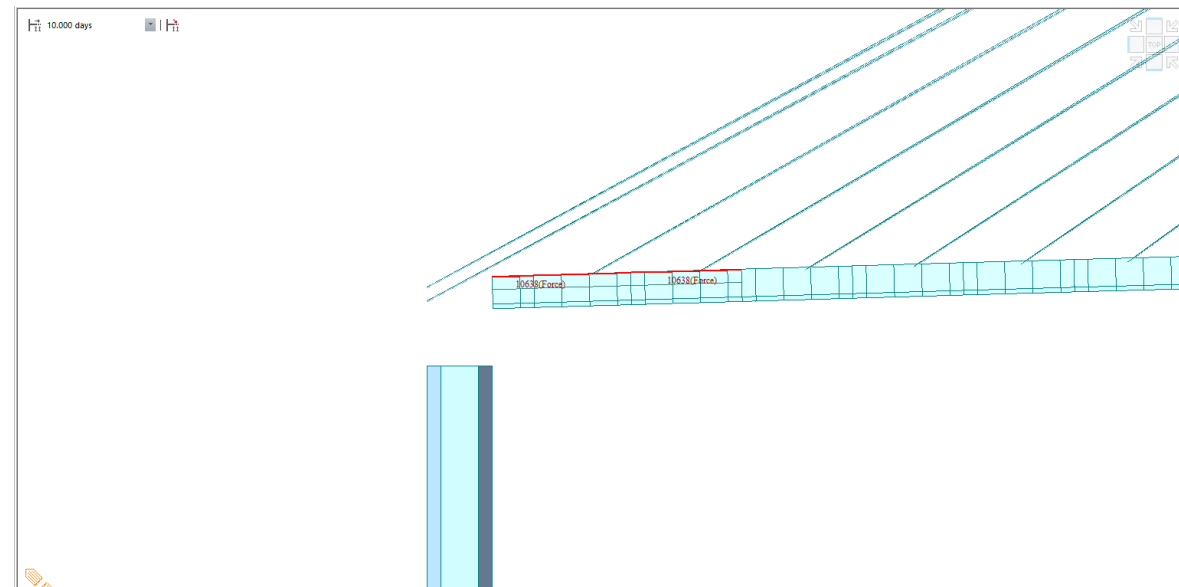
Anchorage Slip(Draw in)
 Begin : 0.006 m
 End : 0.006 m

Bond Type
 Bonded
 Unbonded

11.1.2 Cabos próximos ao apoio adjacente

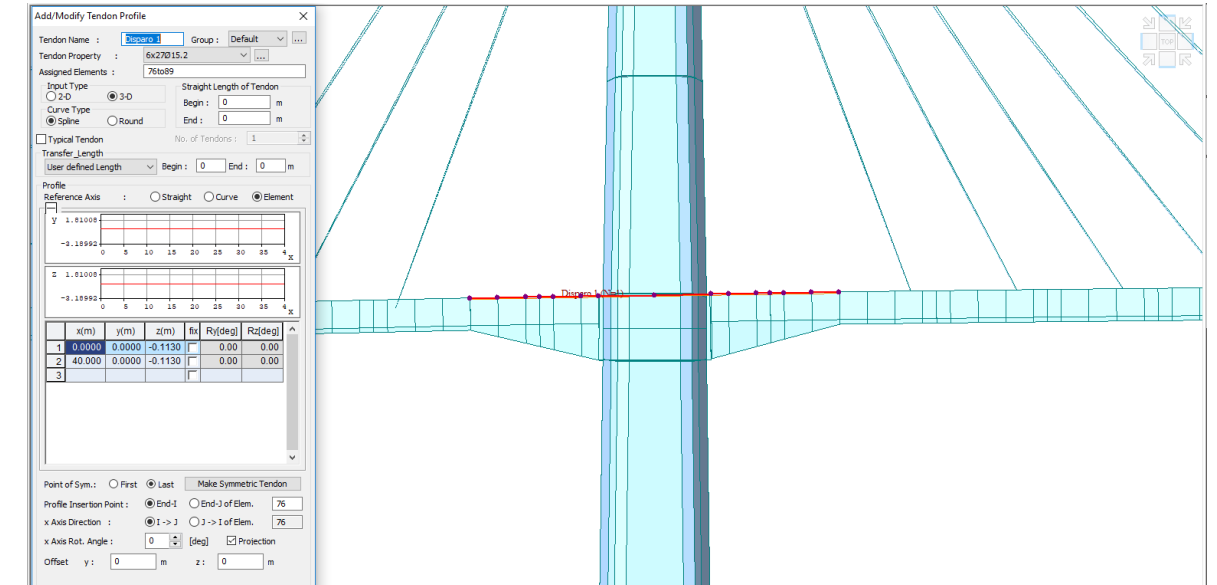


Protensão centrada - 20 cabos de 27Ø15.2mm

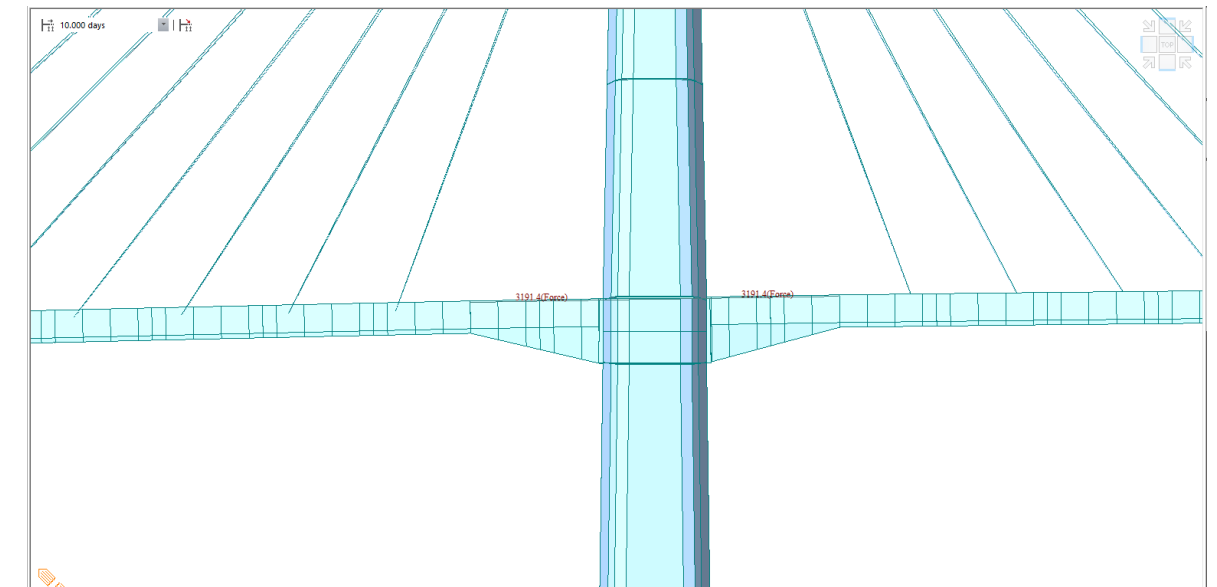


Cada cordoalha protendida com 19,7 toneladas

11.1.3 Cabos das aduelas de disparo

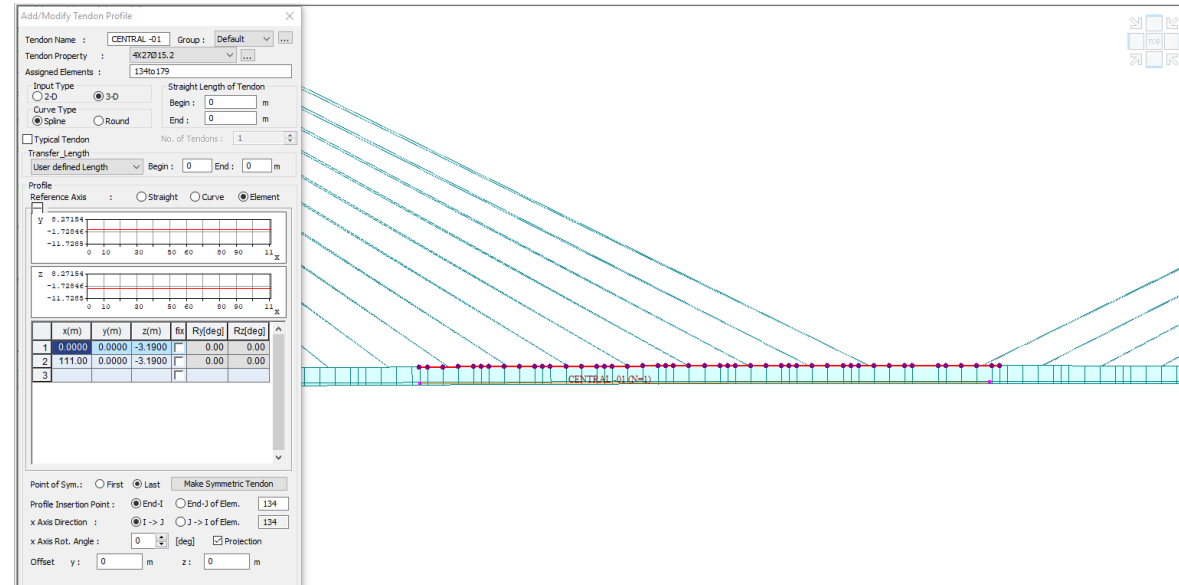


Protensão próxima à face superior - 6 cabos de 27Ø15.2mm

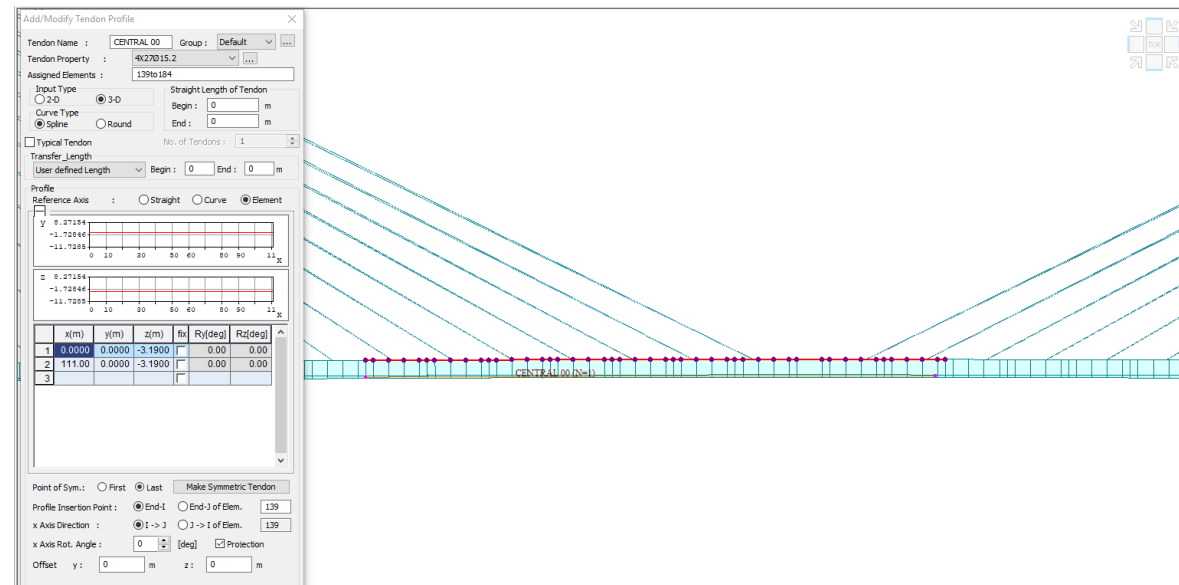


Cada cordoalha protendida com 19,7 toneladas

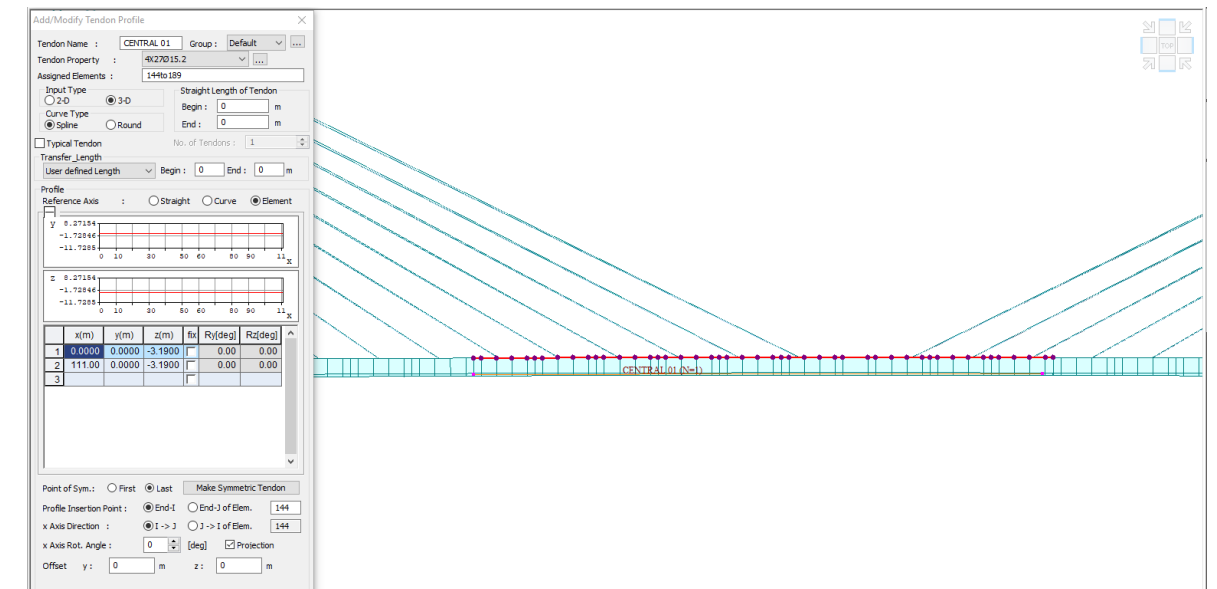
11.1.4 Cabos no vão central



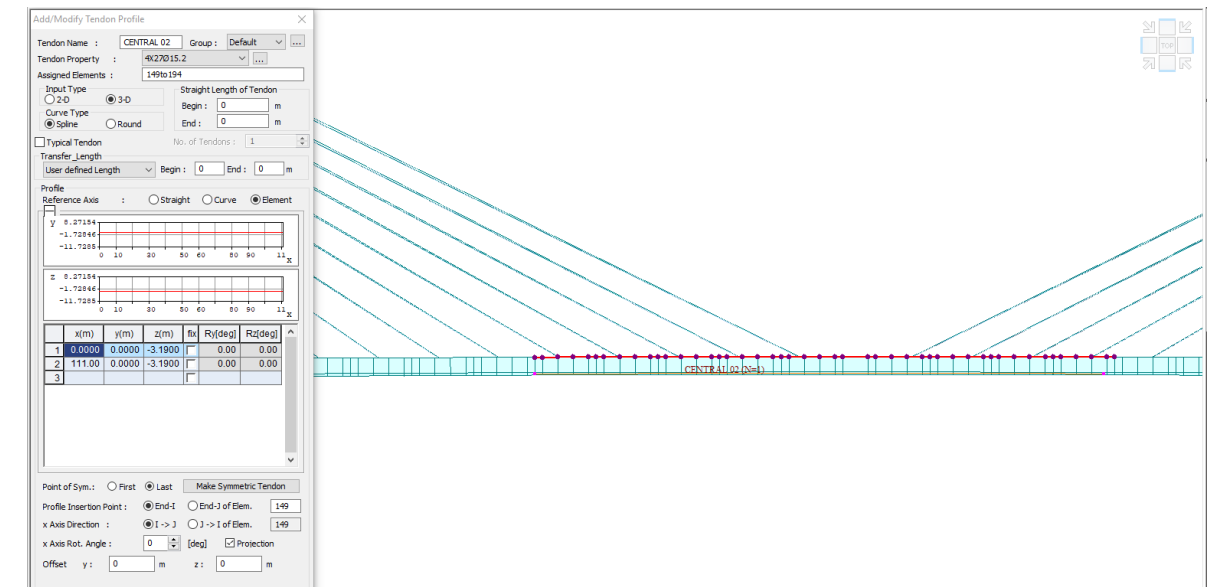
Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



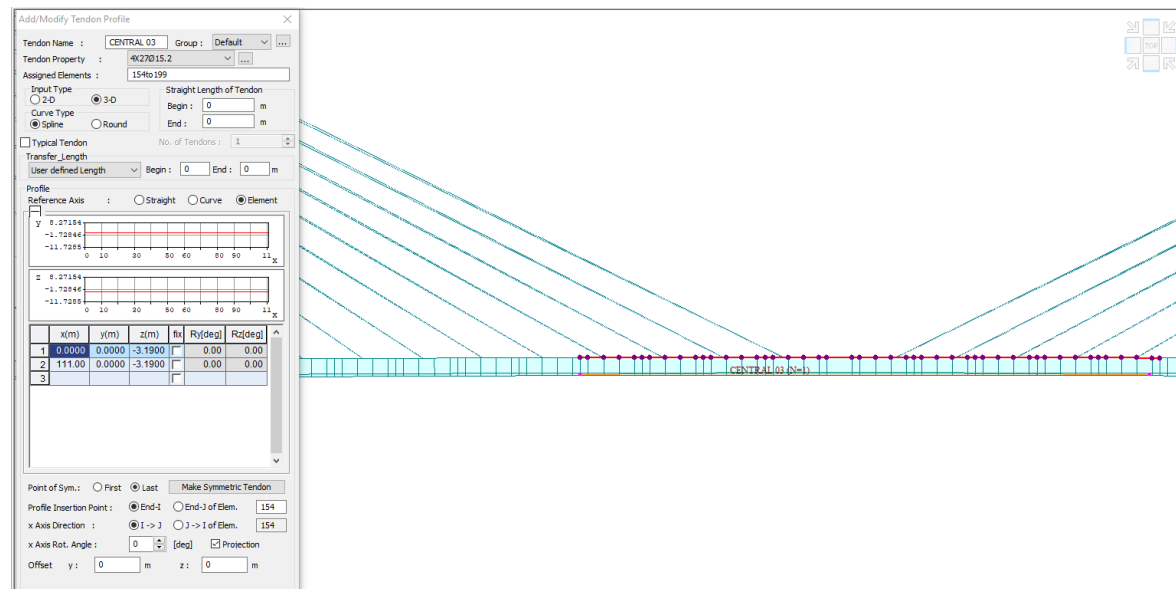
Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



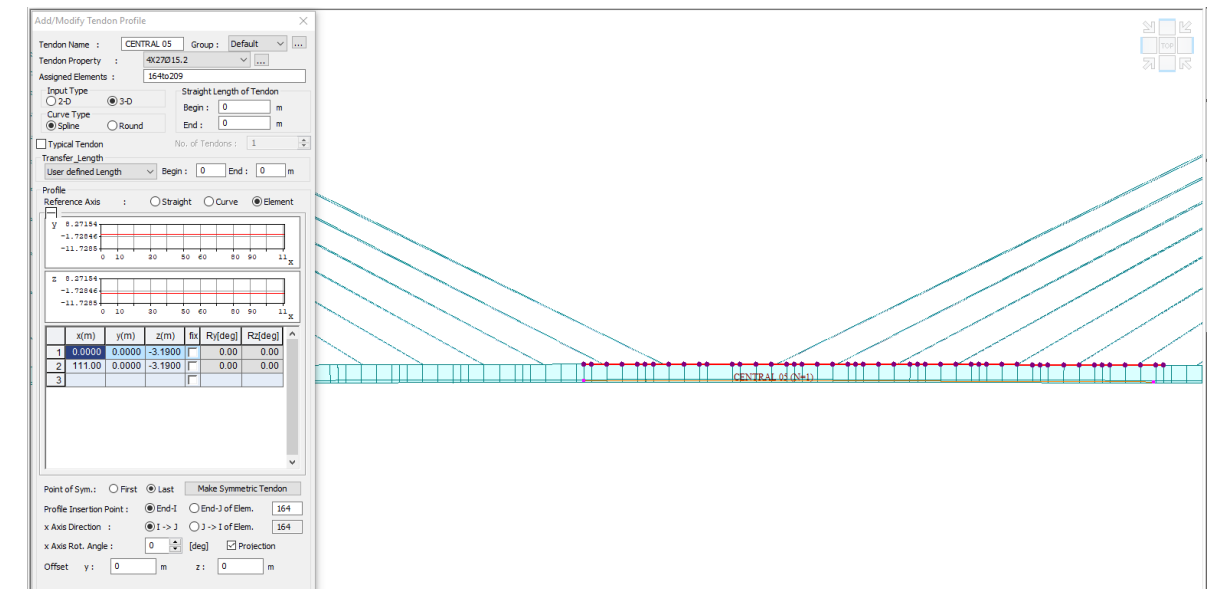
Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



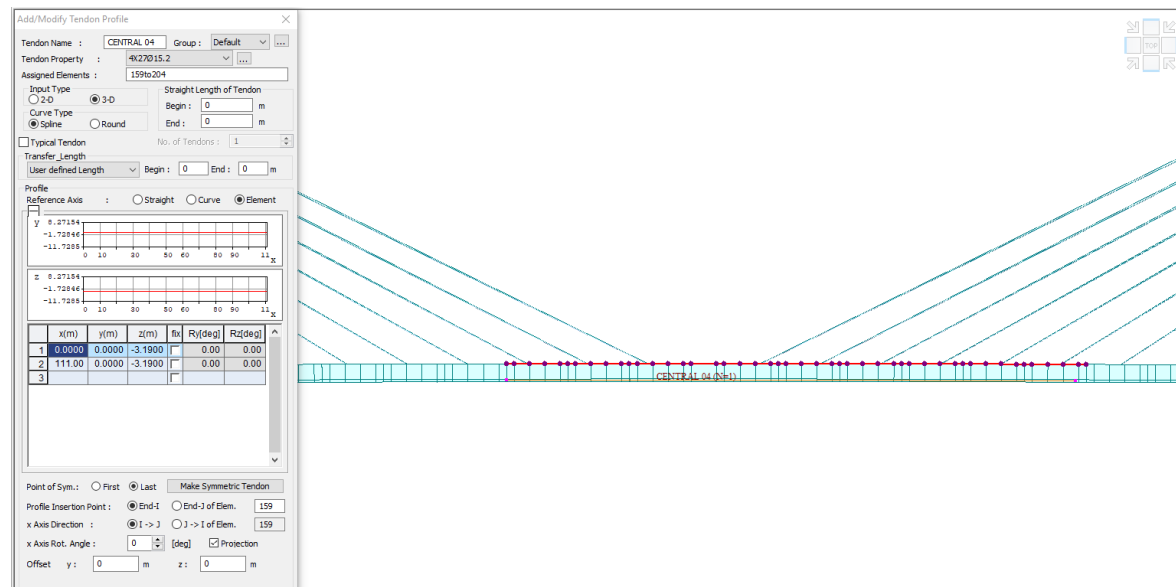
Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



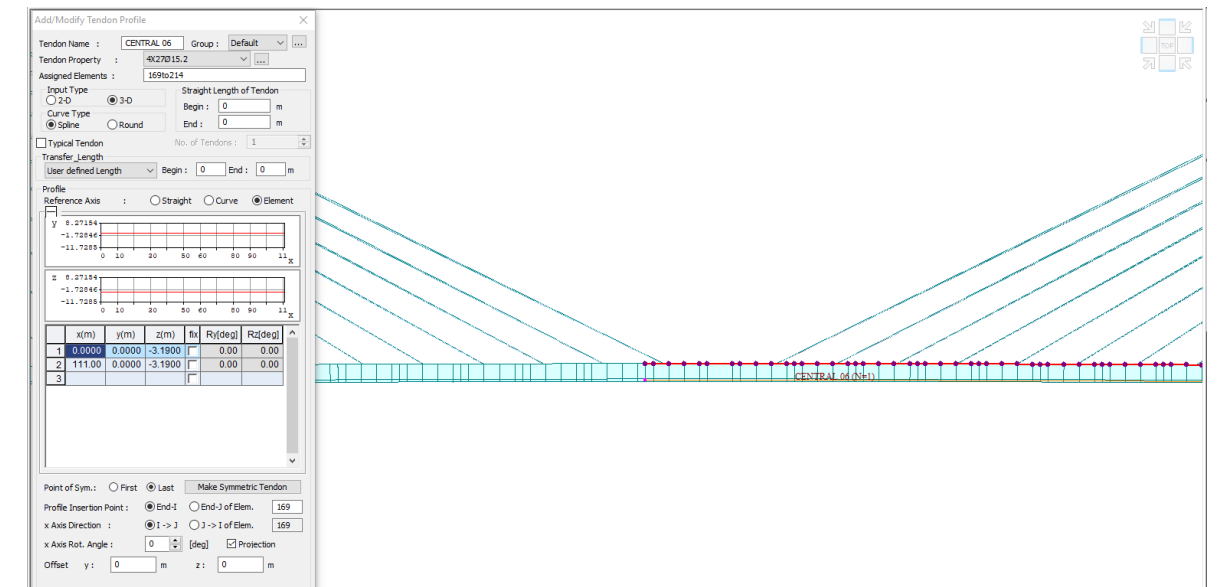
Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



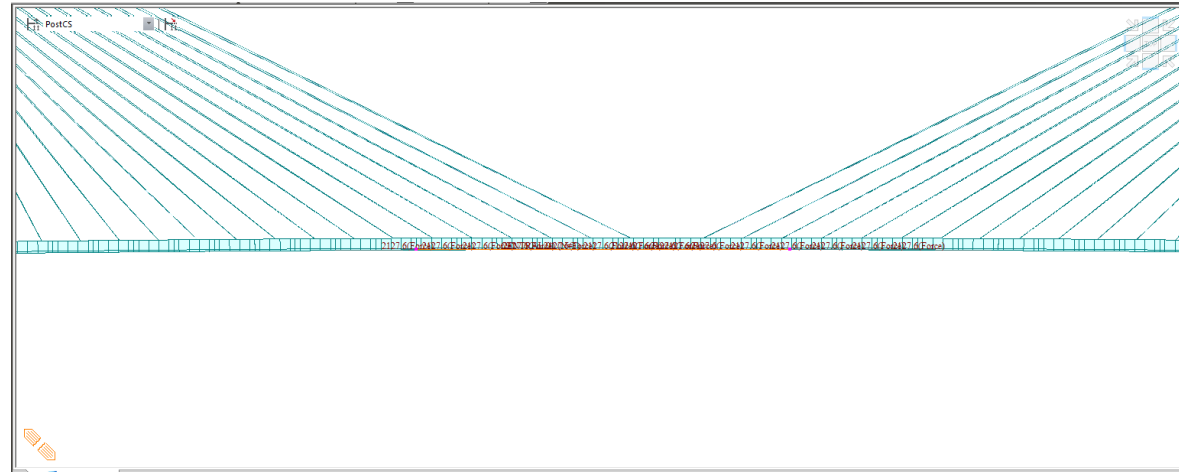
Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



Protensão próxima à face inferior - 4 cabos de 27Ø15.2mm



Cada cordoalha protendida com 19,7 toneladas

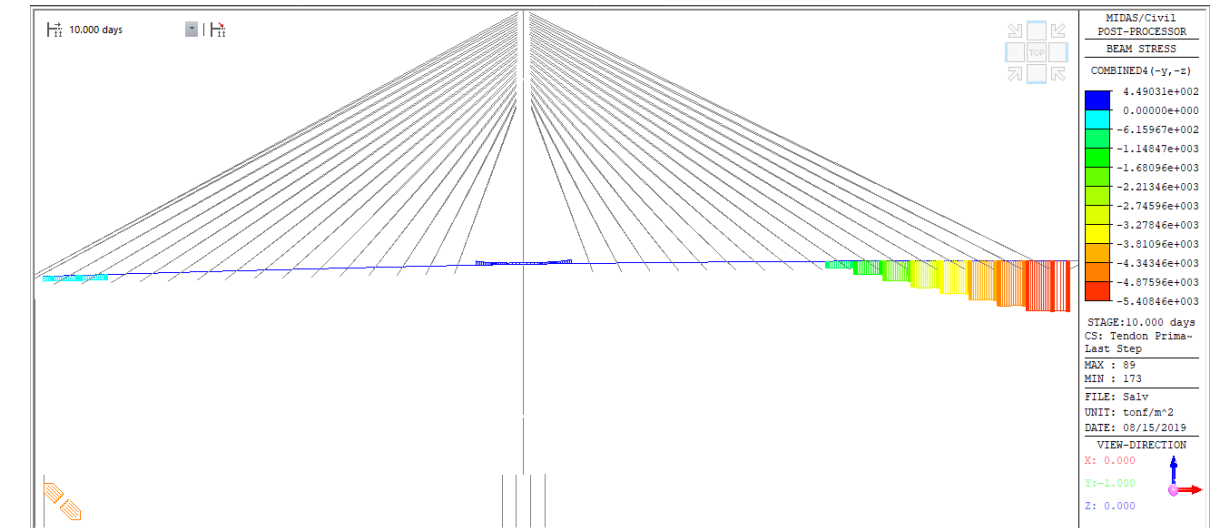
Tabela de forças de protensão dos cabos do modelo.

| Tendon | Load Case | Type | Jacking | Stress Begin (tonf/m ²) | Stress End (tonf/m ²) | Force Begin (tonf) | Force End (tonf) | Grouting | Load Group |
|-----------|-----------|-------|---------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------|----------|------------|
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| CENTRAL | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 2127.60 | 2127.60 | 0 | KEY CEN |
| Disparo 1 | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 3191.40 | 3191.40 | 0 | SGMNT.0 |
| Disparo 2 | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 3191.40 | 3191.40 | 0 | SGMNT.0 |
| Lateral 1 | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 10638.00 | 10638.00 | 0 | KEY LAT. |
| Lateral 2 | PRESTR | Force | Both | 0.00 | 0.00 | 10638.00 | 10638.00 | 0 | KEY LAT. |

11.2 Tensões devido à protensão

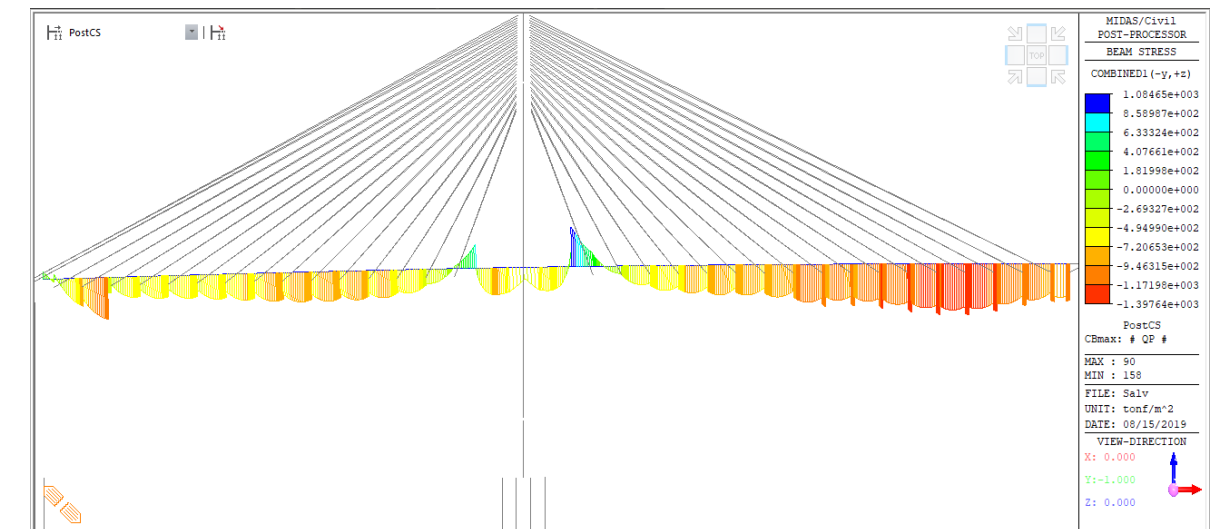
11.2.1 Tensões na face superior (Já consideradas as perdas no tempo infinito)

11.2.2 Tensões na face inferior (Já consideradas as perdas no tempo infinito)

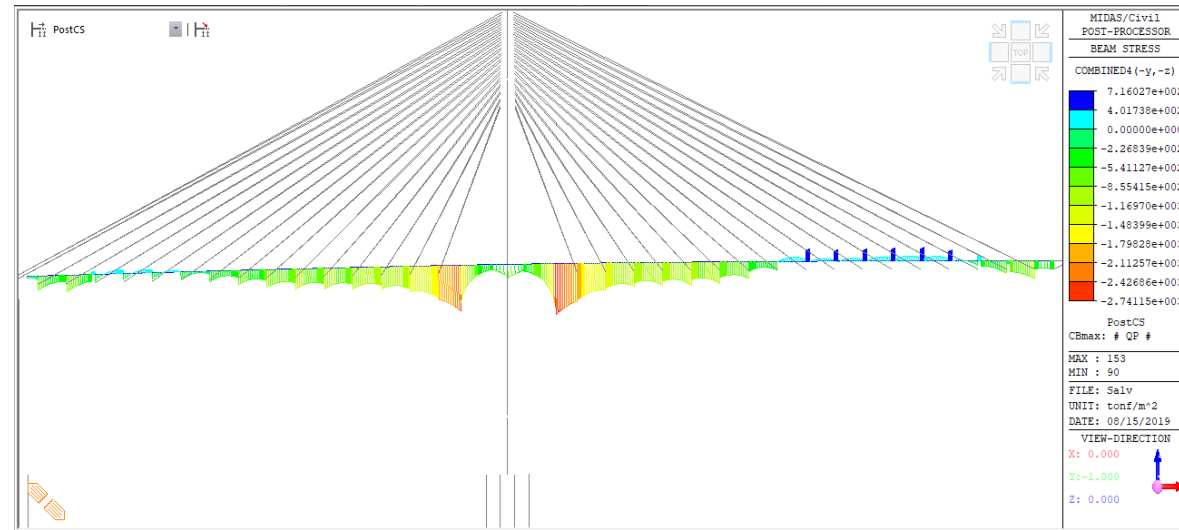


11.3 Análise de tensões com cabos de protensão - Estado Limite de Serviço (E.L.S.)

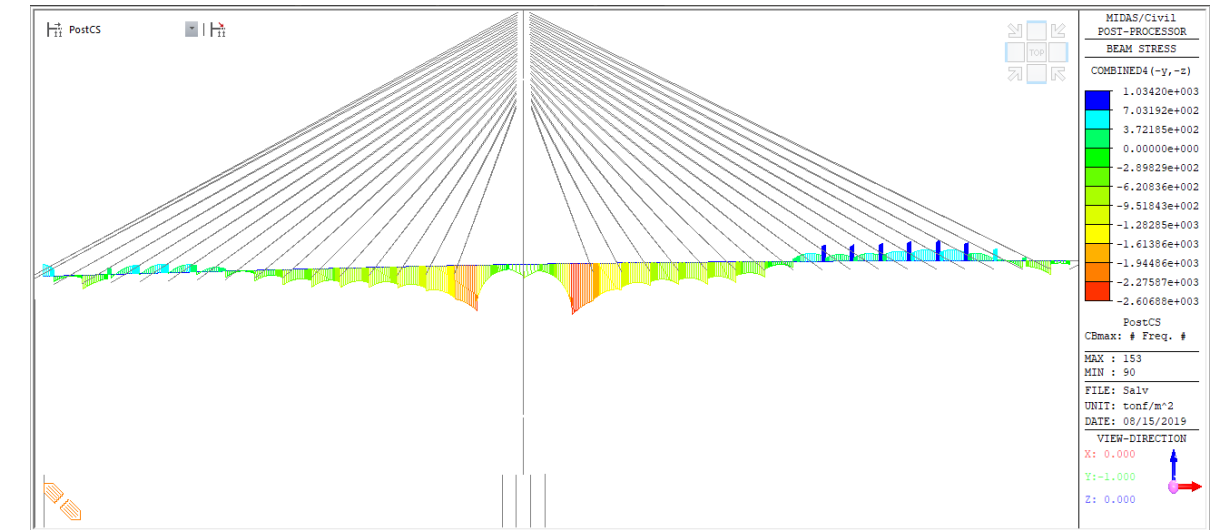
11.3.1 Tensões máximas na face superior - Combinação Quase Permanente



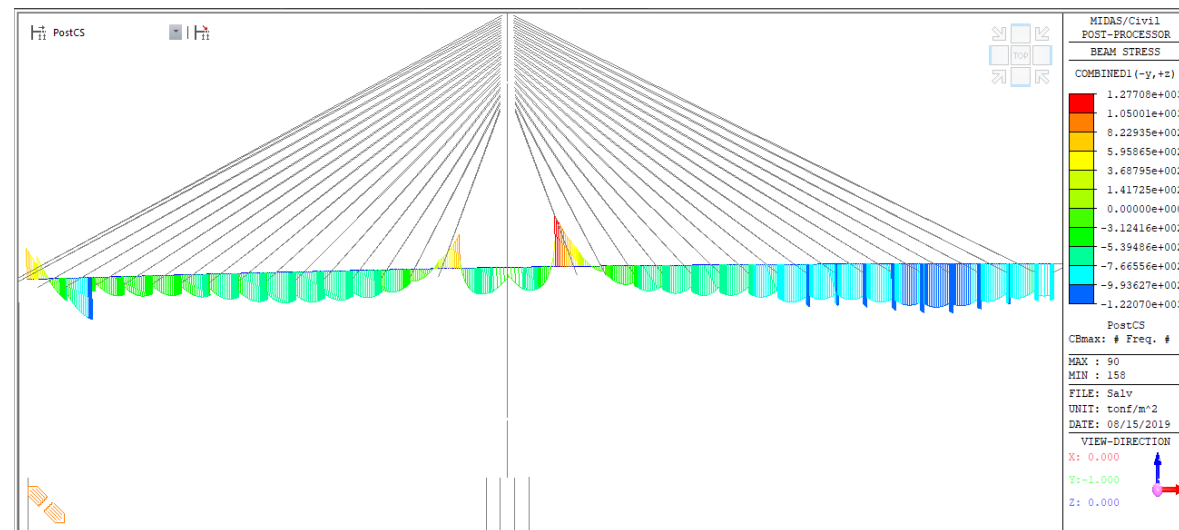
11.3.2 Tensões máximas na face inferior - Combinação Quase Permanente



11.3.4 Tensões máximas na face inferior - Combinação Freqüente



11.3.3 Tensões máximas na face superior - Combinação Freqüente

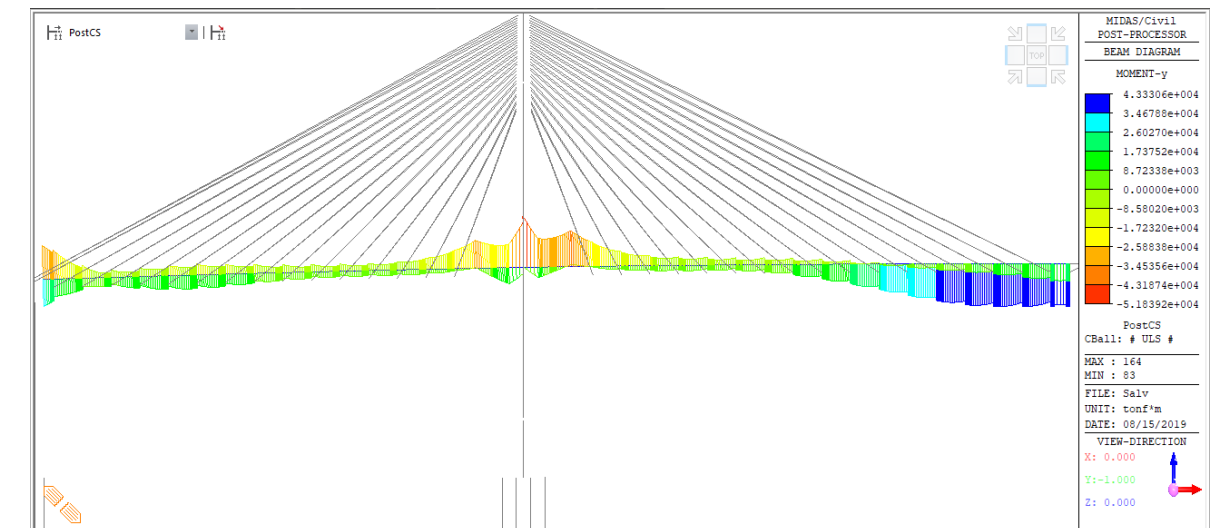


11.3.5 Conclusão para situação com cabos de protensão

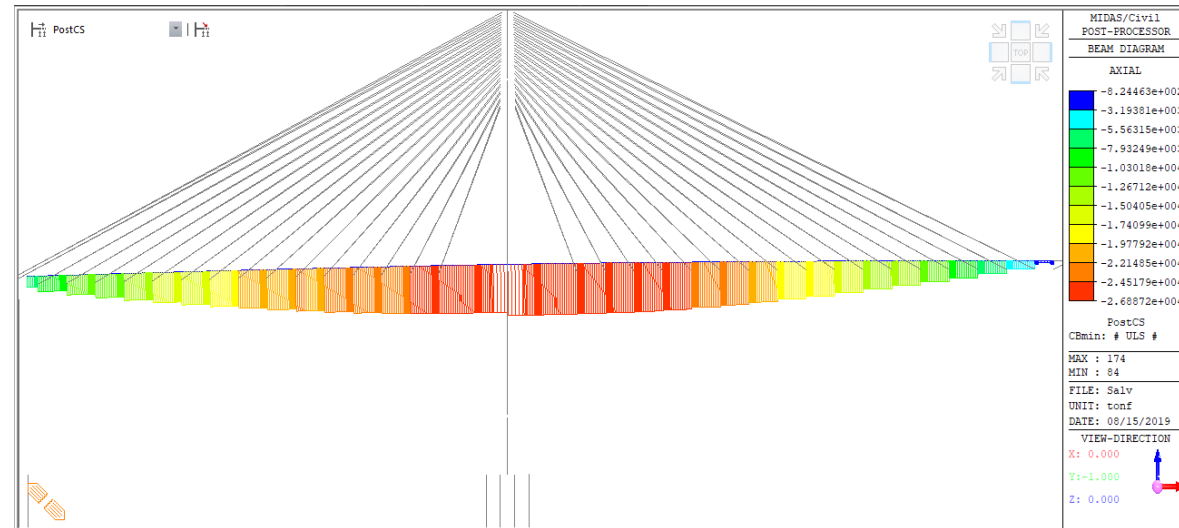
Conforme podemos notar os limites de tensão estão sendo atendidos

11.4 Verificação das seções no Estado Limite Ultimo (E.L.U.)

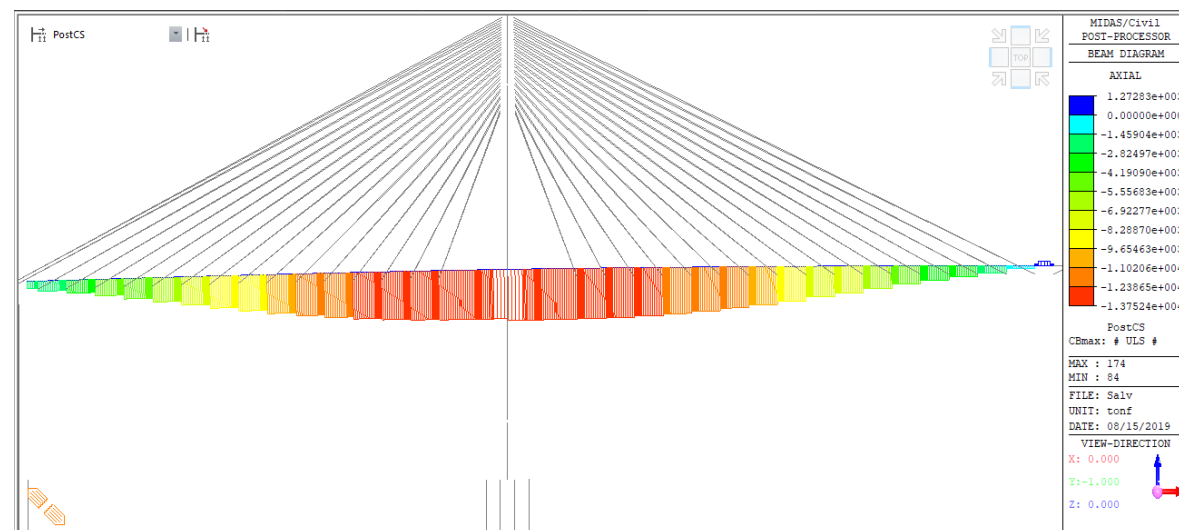
11.4.1 Momentos fletores de cálculo



11.4.2 Esforços axiais de cálculo máximos



11.4.3 Esforços axiais de cálculo mínimos



11.4.4 Envoltória de momentos fletores resistentes

- Seção próxima ao apoio adjacente (normal máxima)

XTRACT Analysis Report

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

Enescil Engenharia de Projetos Ltda
16/08/2019
1
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 23.03E+3 cm
Y Centroid: -14.90E+3 cm
Section Area: 164.5E+3 cm²

Loading Details:

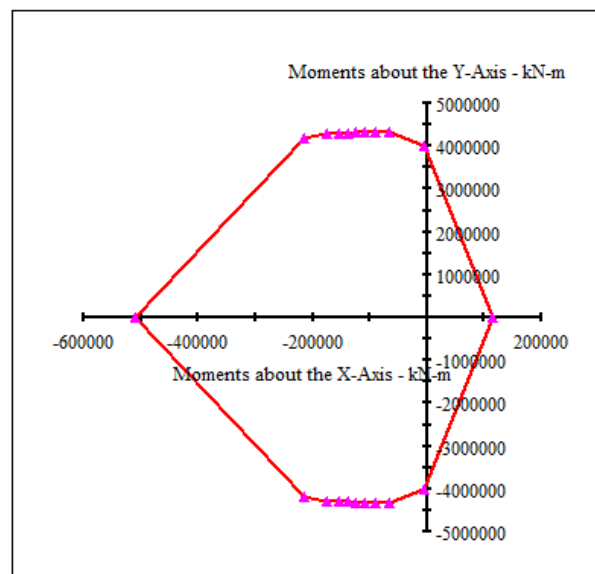
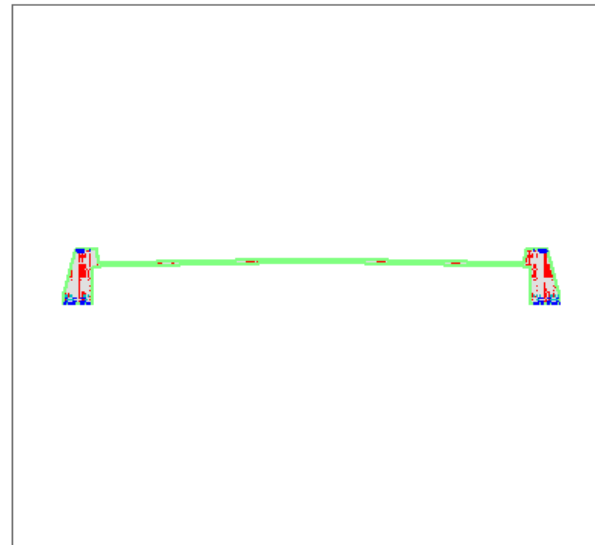
Applied Axial Load: 31.00E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 114.2E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 4.310E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -509.8E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -4.310E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: 3.335E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .3918E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -2.805E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.3918E-3 1/m
Max. Principle Moment: 4.315E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .4139E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 288.0 deg

Comments:

User Comments



- Seção próxima ao apoio adjacente (normal mínima)

XTRACT Analysis Report

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

Enescil Engenharia de Projetos Ltda
16/08/2019
1
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 23.03E+3 cm
Y Centroid: -14.90E+3 cm
Section Area: 164.5E+3 cm²

Loading Details:

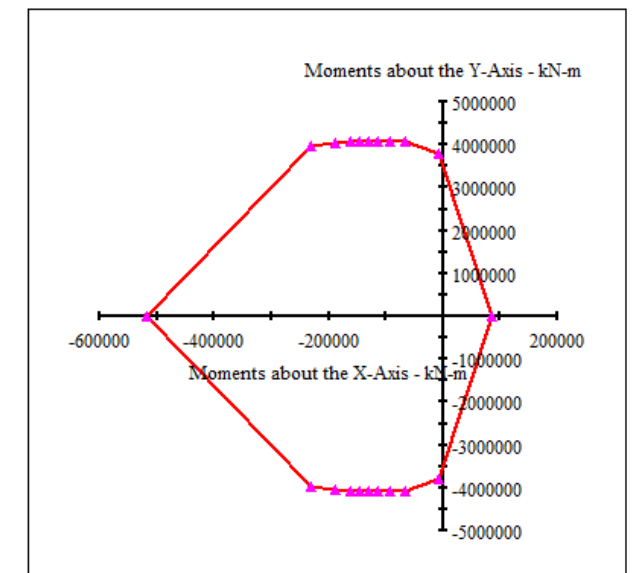
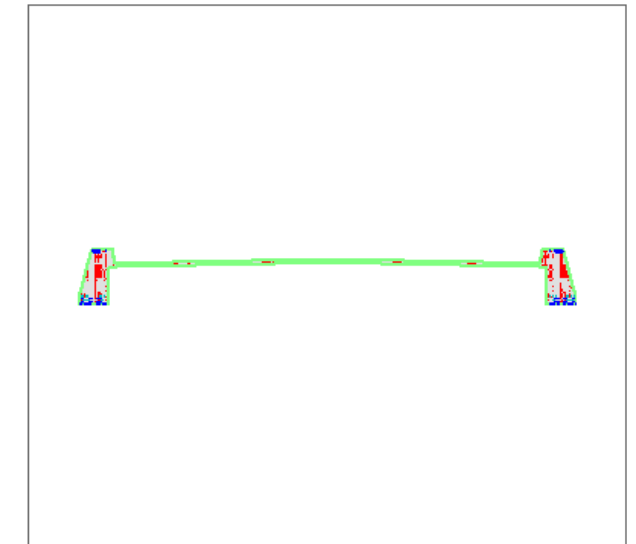
Applied Axial Load: 14.00E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 86.77E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 4.077E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -518.0E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -4.077E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: 3.256E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .3854E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -2.896E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.3854E-3 1/m
Max. Principle Moment: 4.082E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .4071E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 288.0 deg

Comments:

User Comments



- Seção no eixo dos mastros (normal máxima)

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

16/08/2019

disp_max
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 27.26E+3 cm
Y Centroid: -15.04E+3 cm
Section Area: 287.0E+3 cm²

Loading Details:

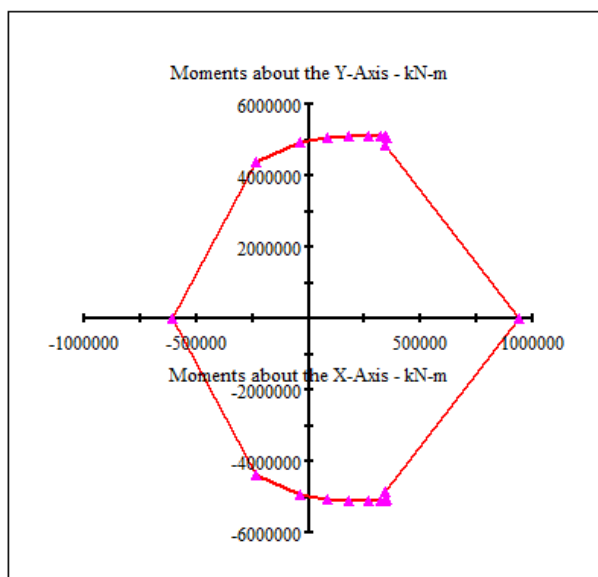
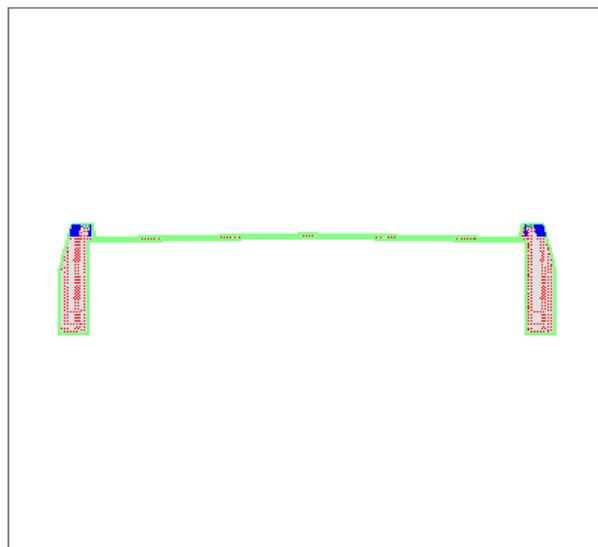
Applied Axial Load: 260.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 941.5E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 5.114E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -609.3E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -5.115E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: .8235E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .3938E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -1.809E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.3938E-3 1/m
Max. Principle Moment: 5.133E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .4775E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 306.0 deg

Comments:

User Comments



- Seção no eixo dos mastros (normal mínima)

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

16/08/2019

disp_min
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 27.26E+3 cm
Y Centroid: -15.04E+3 cm
Section Area: 287.0E+3 cm²

Loading Details:

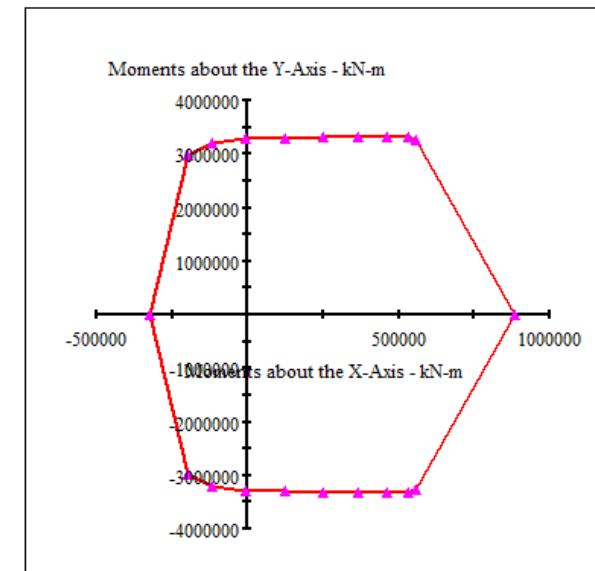
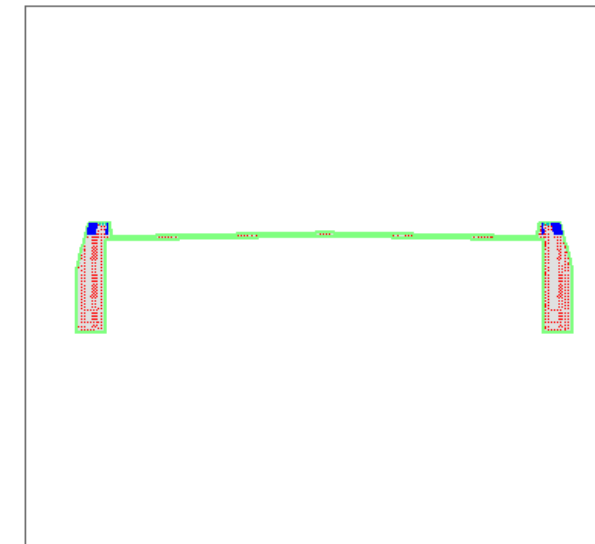
Applied Axial Load: 130.0E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 882.8E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 3.314E+6 kN-m
Max. Negative X Moment: -322.8E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -3.315E+6 kN-m
Max. Positive X Curvature: 1.240E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .3683E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -1.698E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.3683E-3 1/m
Max. Principle Moment: 3.367E+6 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .5650E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 324.0 deg

Comments:

User Comments



- Seção no meio do vão central (normal máxima)

XTRACT Analysis Report

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

16/08/2019

a
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 31.86E+3 cm
 Y Centroid: -14.90E+3 cm
 Section Area: 164.5E+3 cm²

Loading Details:

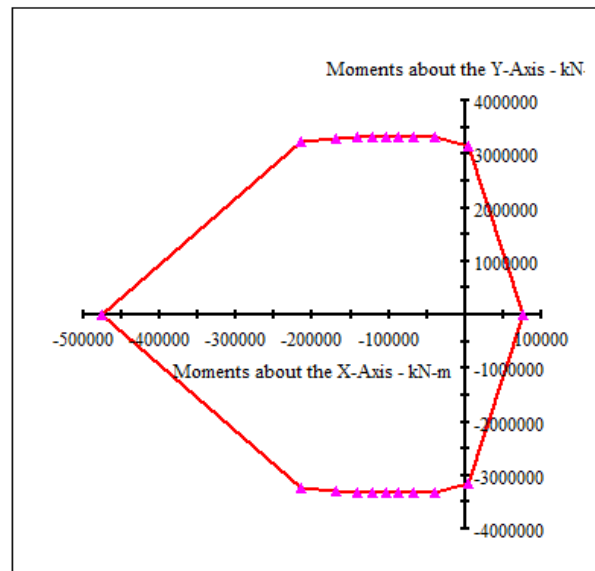
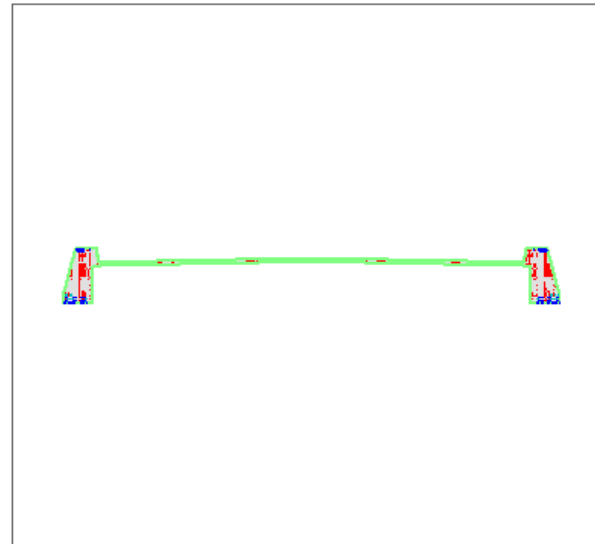
Applied Axial Load: 8000 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
 Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 76.37E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 3.317E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -476.3E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -3.317E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 3.228E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .3762E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -3.137E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.3762E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 3.321E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .3976E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 72.00 deg

Comments:

User Comments



- Seção no meio do vão central (normal mínima)

XTRACT Analysis Report

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

16/08/2019

ctr_min
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 31.86E+3 cm
 Y Centroid: -14.90E+3 cm
 Section Area: 164.5E+3 cm²

Loading Details:

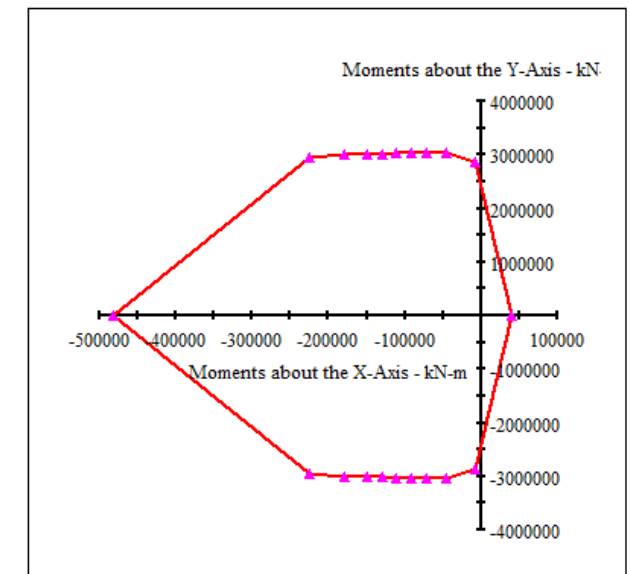
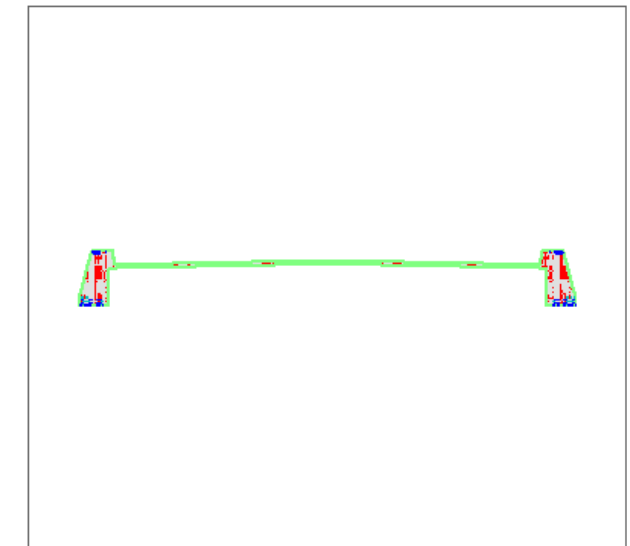
Applied Axial Load: -13.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
 Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 41.14E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 3.026E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -482.4E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -3.026E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 3.113E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .3700E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -3.251E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.3700E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 3.030E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .3910E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 72.00 deg

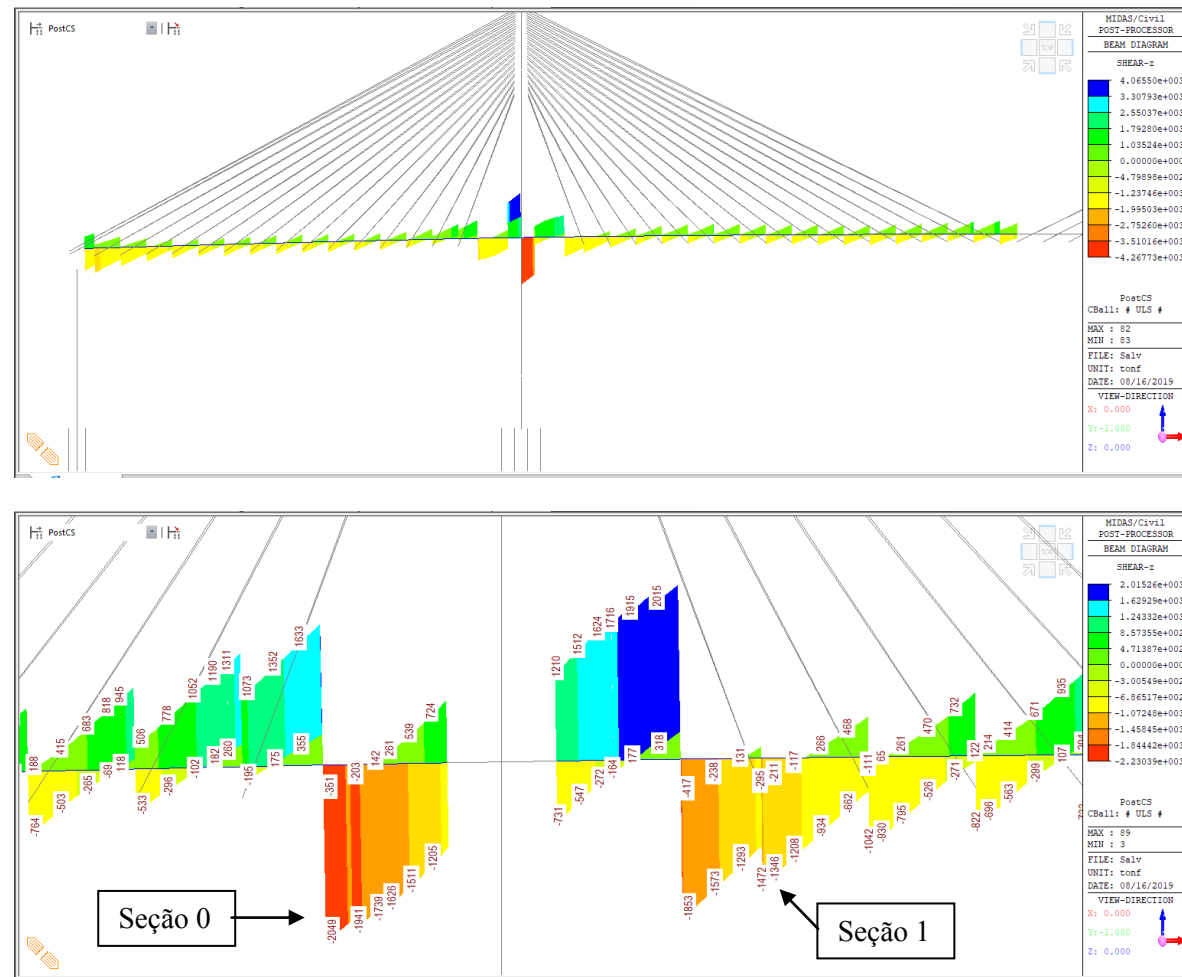
Comments:

User Comments



11.5 Verificação de esforços cortantes

11.5.1 Forças cortantes de cálculo



Vamos verificar as duas seções destacadas acima.

Para a seção 0 vamos considerar um bw efetivo de 230cm devido à presença das bainhas dos cabos de protensão.

Para a seção 1 vamos considerar um bw efetivo de 150cm devido à presença dos tubos forma dos estais. Diâmetro estimado dos tubos forma 45cm.

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SECÃO:

| | | Seção 0 | Seção 1 |
|------------------|------|---------|---------|
| d | (cm) | 280.0 | 280.0 |
| bw | (cm) | 230.00 | 150.00 |
| bainha na alma | | n | n |
| bw útil | (cm) | 230.0 | 150.0 |
| bitola (mm) | (mm) | 20.0 | 20.0 |
| Ramos de estribo | | 8 | 8 |

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

| | | Seção 0 | Seção 1 |
|------|------|---------|---------|
| Vsd | (tf) | 2049 | 1346 |
| Vrd2 | (tf) | 4583 | 2989 |

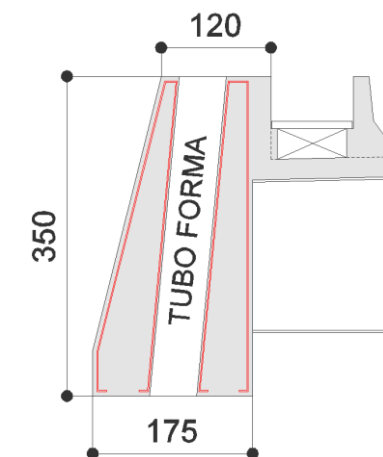
DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

| | | | |
|-------------|----------------------|---------------|--------------|
| fctm | (MPa) | 3.80 | 3.80 |
| fctd | (MPa) | 1.90 | 1.90 |
| Vc = Vco | (tf) | 733 | 478 |
| Taxa mínima | | 0.15 | 0.15 |
| Aswmin | (cm ² /m) | 34.92 | 22.77 |
| Asw | (cm ² /m) | 120.09 | 79.20 |

Armaduras a serem adotadas:

Seção 0 - 8 Ramos (4 ramos por longarina) Ø25 espaçados cada 20cm

Seção 1 - 8 Ramos (4 ramos por longarina) Ø16 espaçados cada 20cm



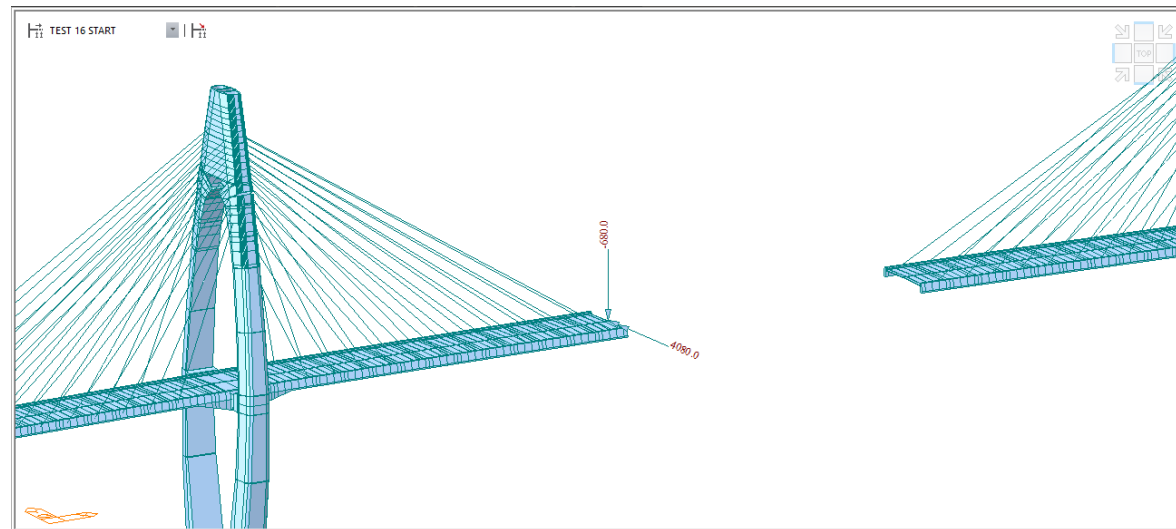
11.6 Verificação de esforços de flexão durante as etapas construtivas

Durante a execução do tabuleiro o mesmo fica submetido a momentos fletores negativos de grande magnitude devido às concretagens de aduelas em balanço e também devido ao peso das treliças de cimbramento posicionadas na extremidade da ultima aduela pronta.

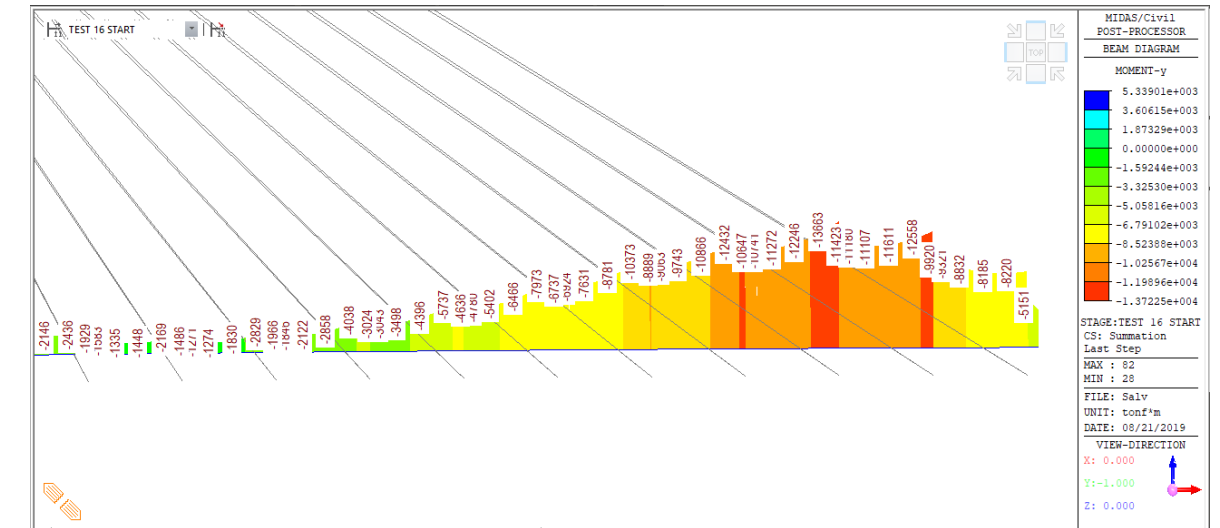
Para simular essa situação, modelamos uma fase construtiva, logo após a fase de execução da aduela 16, onde aplicamos na extremidade da aduela 16 uma carga vertical e um momento fletor.

Estimamos o peso das longarinas e peso das transversinas metálicas em 340 toneladas, carga essa afastada 6m (meia aduela) da extremidade da aduela 16. Estimamos o peso da treliça de cimbramento em mais 340 toneladas que a favor da segurança também vamos considerar afastada 6m da extremidade da aduela 16..

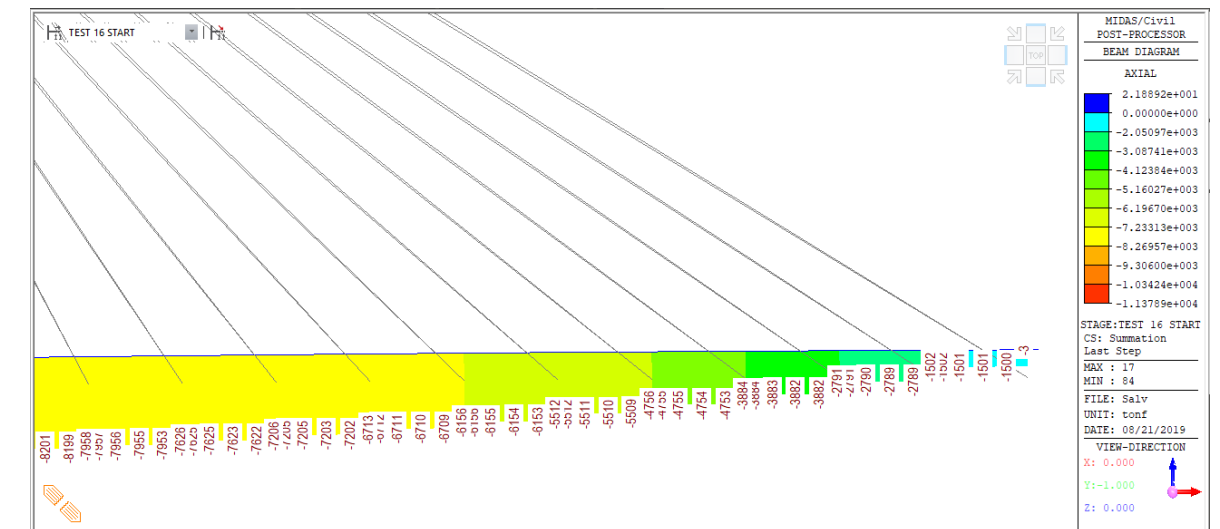
Assim aplicamos uma carga vertical de 680 tf e um momento fletor de 4080 tf x m na extremidade da aduela 16. Este carregamento está ilustrado abaixo.



11.6.1 Momentos fletores - Situação construtiva crítica



11.6.2 Forças axiais - Situação construtiva crítica



11.6.3 Verificação das seções

➤ Seção de momento fletor máximo

XTRACT Section Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

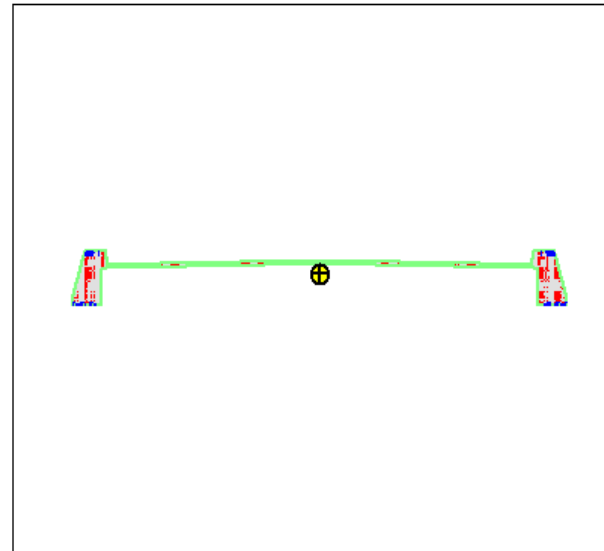
21/08/2019

1
Page __ of __

Section Name: SECTION

Section Details:

X Centroid: 30.83E+3 cm
 Y Centroid: -15.32E+3 cm
 Section Area: 164.5E+3 cm²
 EI gross about X: 4.23E+11 N-m²
 EI gross about Y: 6.65E+13 N-m²
 I trans (c45 1.4) about X: 1.63E+9 cm⁴
 I trans (c45 1.4) about Y: 2.56E+11 cm⁴
 Reinforcing Bar Area: 1110 cm²
 Percent Longitudinal Steel: .6748 %
 Overall Width: 3000 cm
 Overall Height: 350.0 cm
 Number of Fibers: 3524
 Number of Bars: 138
 Number of Materials: 2



Material Types and Names:

User Defined: c45 1.4
 User Defined: ca50

Comments:

NAME = SECTION
 Boundary_Bottom = -15567.3995980022
 Boundary_Left = 29277.3558647771
 Boundary_Right = 32377.3558642565
 Boundary_Top = -15117.3995980022
 Min_Triangle_Area = 1
 Max_Number_of_Fibers = 19000
 Window_Left = 582.0
 Window_Bottom = 146.3
 Window_Height = 647.6

XTRACT Analysis Report

Enescil Engenharia de Projetos Ltda

21/08/2019

1
Page __ of __

Section Name: SECTION
 Loading Name: orb
 Analysis Type: Capacity Orbit

Section Details:

X Centroid: 30.83E+3 cm
 Y Centroid: -15.32E+3 cm
 Section Area: 164.5E+3 cm²

Loading Details:

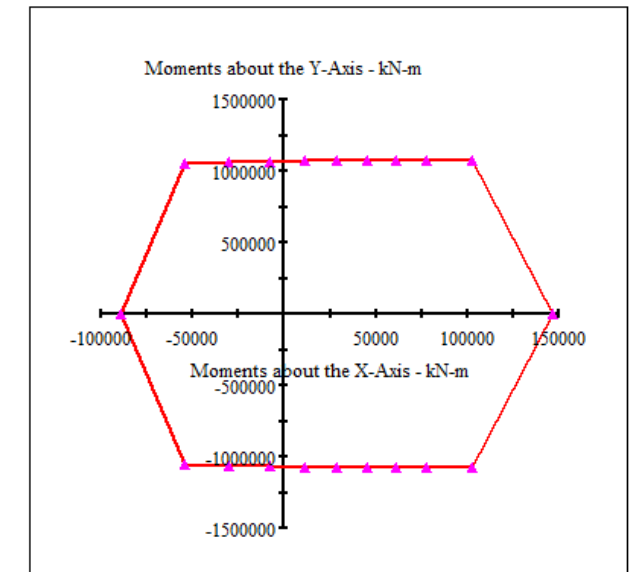
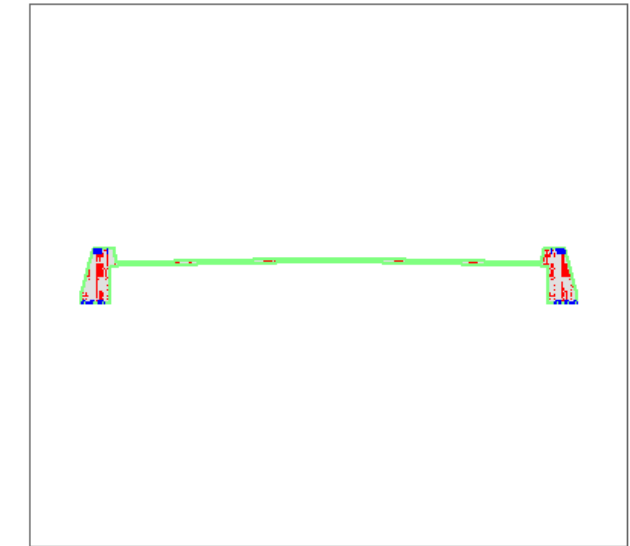
Applied Axial Load: 28.00E+3 kN
 Number of Points: 20
 Orbit Type: Target Material Strains
 Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
 Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
 Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
 Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 146.6E+3 kN-m
 Max. Positive Y Moment: 1.076E+6 kN-m
 Max. Negative X Moment: -89.21E+3 kN-m
 Max. Negative Y Moment: -1.076E+6 kN-m
 Max. Positive X Curvature: 3.570E-3 1/m
 Max. Positive Y Curvature: .3589E-3 1/m
 Max. Negative X Curvature: -3.448E-3 1/m
 Max. Negative Y Curvature: -.3589E-3 1/m
 Max. Principle Moment: 1.084E+6 kN-m
 Curvature at Prin. Moment: .9820E-3 1/m
 Angle at Prin. Moment: 342.0 deg

Comments:

User Comments



➤ Seção de força normal mínima
XTRACT Analysis Report

Section Name: SECTION
Loading Name: orb
Analysis Type: Capacity Orbit

Enescil Engenharia de Projetos Ltda
21/08/2019
1
Page __ of __

Section Details:

X Centroid: 30.83E+3 cm
Y Centroid: -15.32E+3 cm
Section Area: 164.5E+3 cm²

Loading Details:

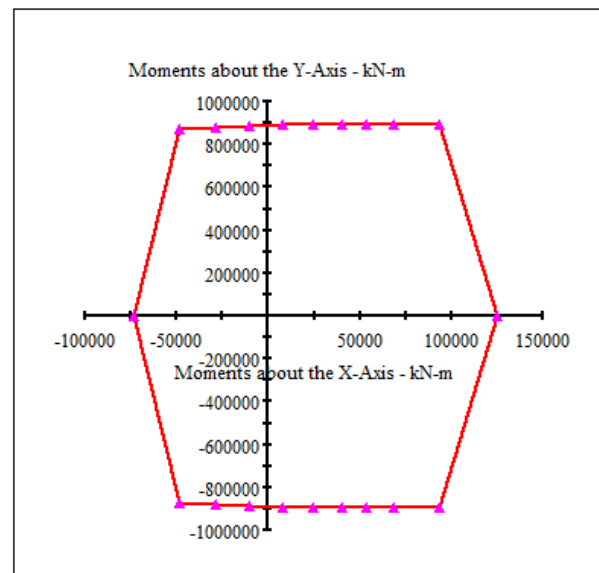
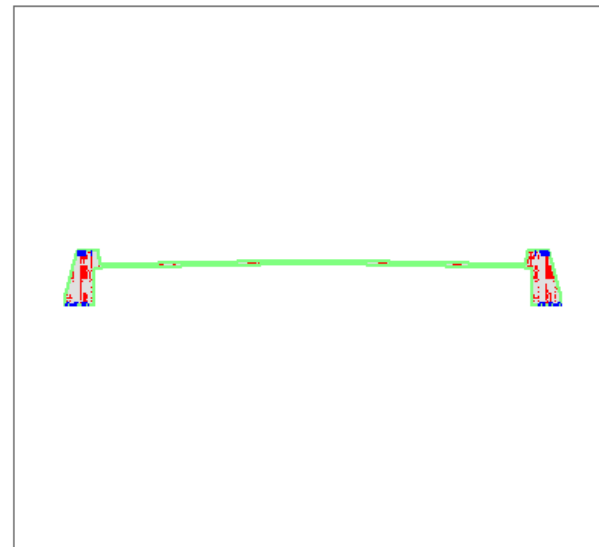
Applied Axial Load: 15.00E+3 kN
Number of Points: 20
Orbit Type: Target Material Strains
Min. c45 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c45 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

Max. Positive X Moment: 125.1E+3 kN-m
Max. Positive Y Moment: 895.0E+3 kN-m
Max. Negative X Moment: -73.37E+3 kN-m
Max. Negative Y Moment: -895.1E+3 kN-m
Max. Positive X Curvature: 3.447E-3 1/m
Max. Positive Y Curvature: .3555E-3 1/m
Max. Negative X Curvature: -3.335E-3 1/m
Max. Negative Y Curvature: -.3555E-3 1/m
Max. Principle Moment: 901.5E+3 kN-m
Curvature at Prin. Moment: .9602E-3 1/m
Angle at Prin. Moment: 342.0 deg

Comments:

User Comments



12 VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

12.1 Limite de tensão

Para verificação dos estais vamos limitar a sua tensão máxima a 45% da sua força de ruptura para combinação característica.

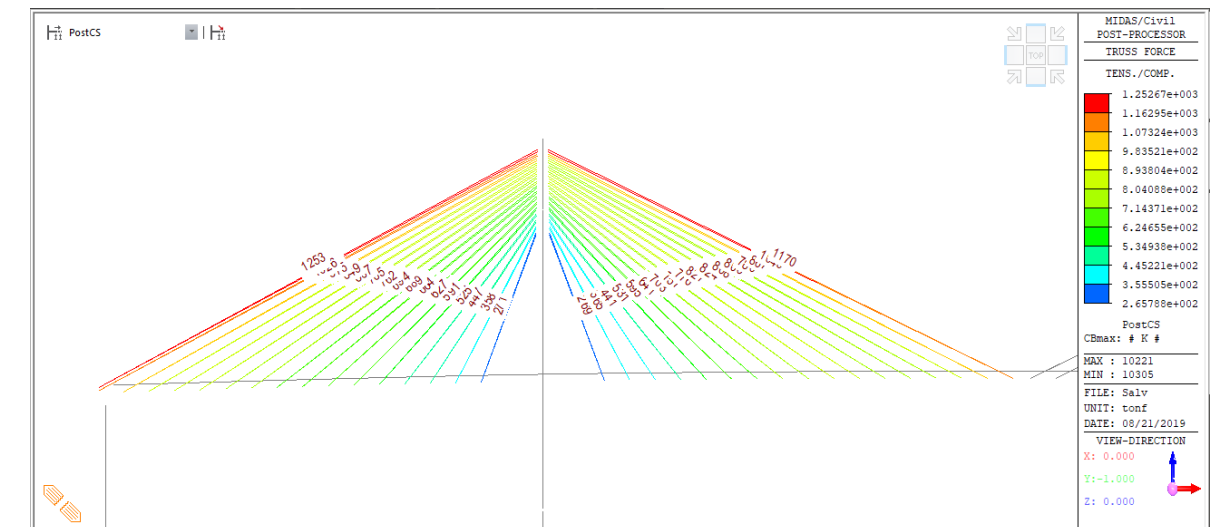
Sabemos que a carga de ruptura de uma cordoalha de estai tipo CP-177RB Ø15.7mm é de 260KN. Assim devemos limitar a força de cada cordoalha a 117 KN.

Sabemos também que a área de cada cordoalha CP-177RB Ø15,7mm é de 0,00015 metros quadrados.

Dessa forma temos que limitar as tensões de tração nos estais a:

$$\sigma_{max} = 117 / 0,00015 = 780.000\text{KN/m}^2 = 79.500 \text{ Tf/m}^2.$$

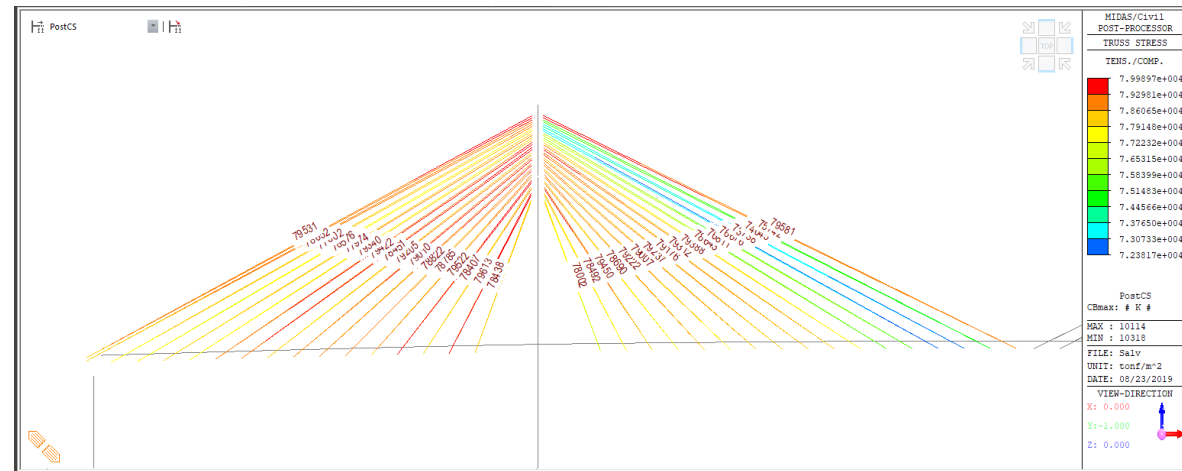
12.2 Forças máximas nos estais



11.6.4 Conclusão

Considerando um coeficiente de majoração de esforços solicitantes de 1.2 as seções ainda apresentam capacidade resistente suficiente.

12.3 Tensões máximas nos estais

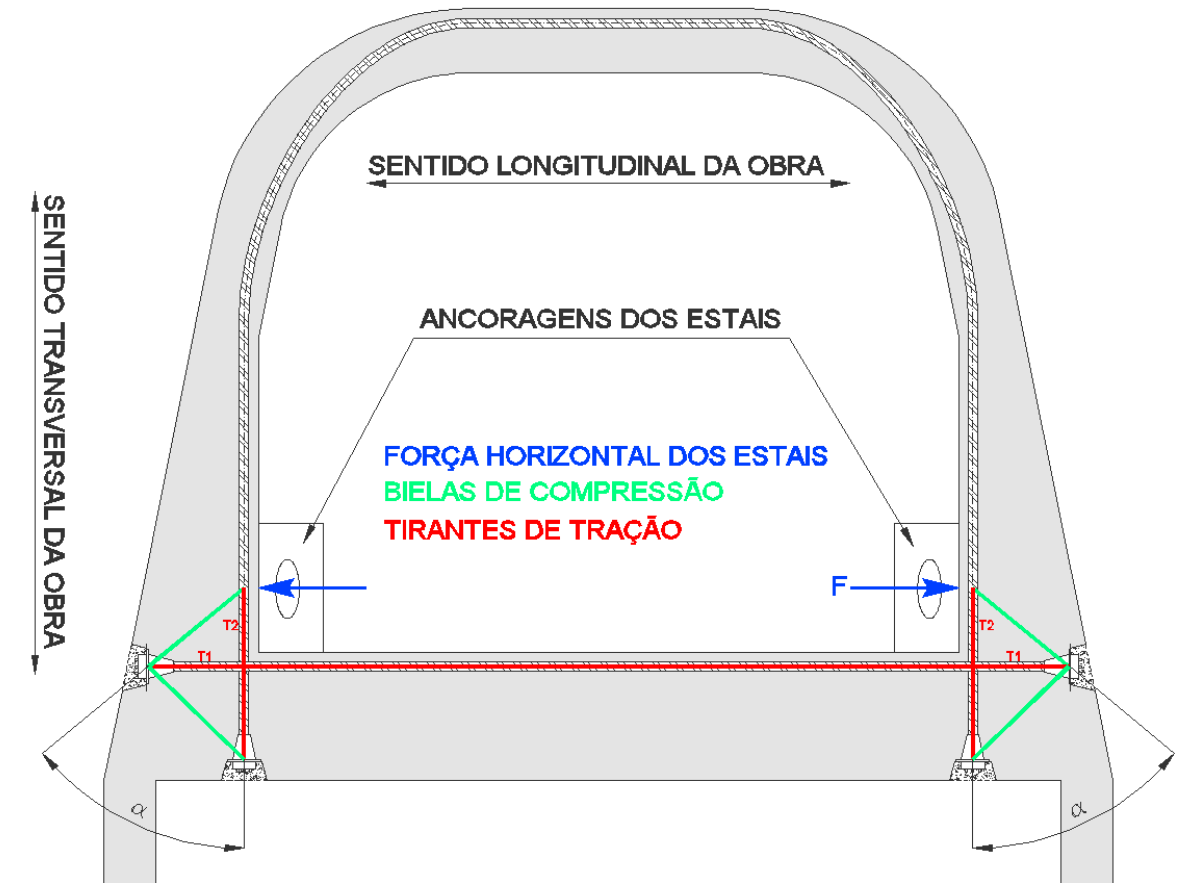


12.4 Conclusão

Conforme podemos notar todos os estais estão com os níveis de tensão aceitáveis.

13 DETERMINAÇÃO DAS PROTENSÕES DO MASTRO

De maneira a suspender as cargas provenientes dos estais, uma ligação entre as ancoragens destes deve ser feita. Abaixo podemos ver um diagrama mostrando o fluxo de forças em uma seção do mastro onde há ancoragens de estai.



Podemos notar que:

$$\begin{aligned}
 T1 &= F \\
 T2 &= T2 / \tan \alpha
 \end{aligned}$$

Se adotarmos $\alpha = 45^\circ$ temos que

$$T2 = T1$$

A seguir podemos ver tabelada a quantidade de cabos de protensão necessária para cada nível dos estais.

| Nível dos estais | F | Número de cordoalhas | Força máxima por cabo | Número necessário de cabos |
|------------------|-----|----------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | 136 | 4 | 56 | 4 |
| 2 | 179 | 4 | 56 | 4 |
| 3 | 224 | 4 | 56 | 4 |
| 4 | 263 | 4 | 56 | 5 |
| 5 | 297 | 4 | 56 | 6 |
| 6 | 320 | 4 | 56 | 6 |
| 7 | 351 | 9 | 126 | 3 |
| 8 | 387 | 9 | 126 | 4 |
| 9 | 417 | 9 | 126 | 4 |
| 10 | 417 | 9 | 126 | 4 |
| 11 | 417 | 9 | 126 | 4 |
| 12 | 417 | 9 | 126 | 6 |
| 13 | 404 | 9 | 126 | 6 |
| 14 | 438 | 9 | 126 | 6 |
| 15 | 513 | 9 | 126 | 8 |
| 16 | 570 | 9 | 126 | 8 |
| 17 | 627 | 9 | 126 | 8 |

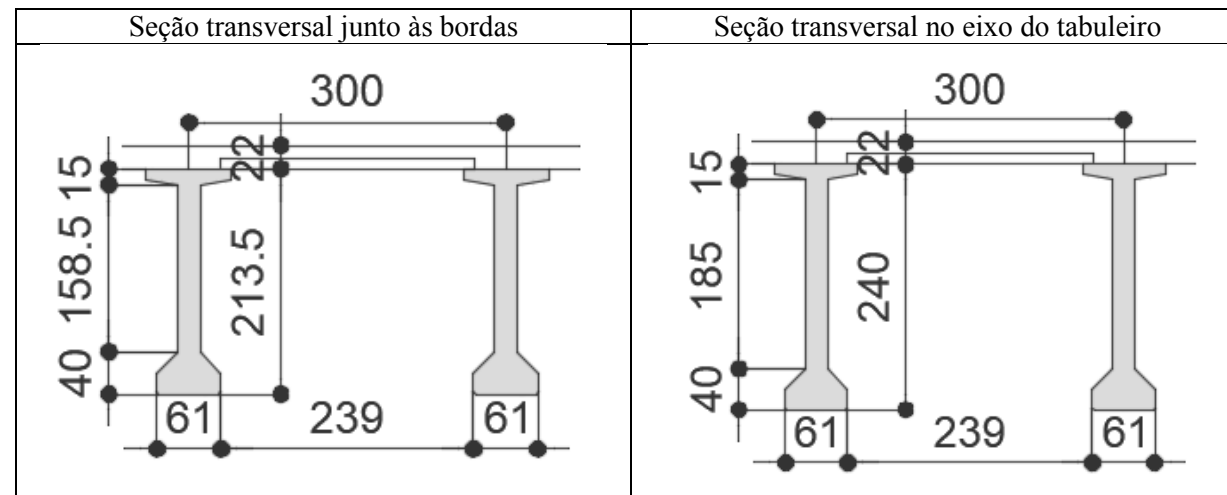
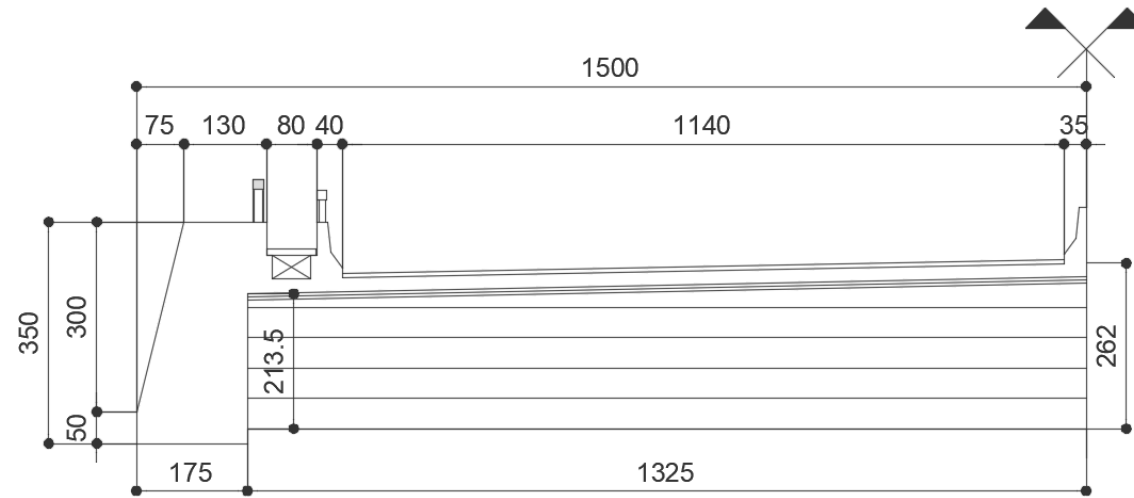
Conforme podemos notar foram utilizadas cordoalhas tipo CP190-RB Ø15.2mm
Força máxima por cordoalha = 14 toneladas

Para os níveis dos estais 1 a 6 utilizamos cabos de 4Ø15.2mm variando as suas quantidades de 4 a 6.
Para os níveis dos estais 7 a 17 utilizamos cabos de 9Ø15.2mm variando as suas quantidades de 4 a 8

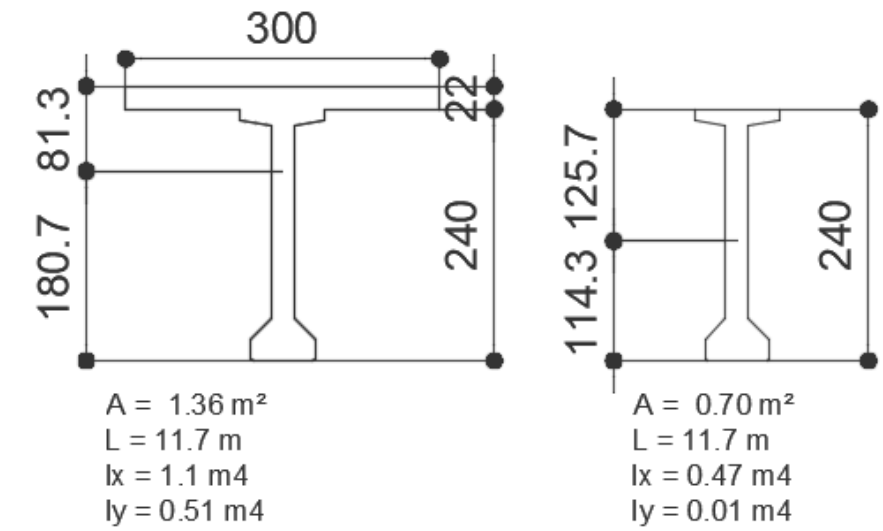
14 VERIFICAÇÕES DAS TRANSVERSINAS

Para verificação das transversinas vamos utilizar um modelo de uma viga biapoiada.

14.1 Características das transversinas



14.2 Propriedades da seção



14.3 Dimensionamento da seção

| TRANSVERSINAS - MODELO BIAPOIADO | |
|----------------------------------|---------------------|
| A compl = | 1.36 m ² |
| A simples = | 0.7 m ² |
| I = | 1.1 m ⁴ |
| L = | 27.2 m |
| ysup = | 0.81 m |
| yinf = | 1.81 m |
| g = | 4.1 tf/m |
| q = | 1.95 tf/m |
| Q = | 46.8 tf |
| Mg = | 381.0 tfm |
| Mq = | 498.6 tfm |
| Md = | 1262.2 tfm |
| Vg = | 56.0 tf |
| Vq = | 73.3 tf |
| Vd = | 185.6 tf |

| DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO | |
|----------------------------|----------------------|
| F = | 525.9 tf |
| As = | 121 cm ² |
| Asf/Ac = | 1.73% |
| DIMENSIONAMENTO A CORTANTE | |
| Asw/s = | 24.7 cm ² |
| Asw/Ac = | 0.35% |
| AS/AC = | 2.08% |

15 FREQUENCIAS E MODOS DE VIBRAÇÃO

15.1 Objetivo

O objetivo dessa análise é fornecer subsídios para elaboração de modelos reduzidos a serem submetidos a ensaios em túnel de vento do trecho estaiado da ponte.

15.2 Modelo estrutural

A estrutura tridimensional composta por elementos reticulares foi modelada com o software “Midas Civil”, onde as características físicas e geométricas das barras que compõem o modelo foram determinadas com base nas dimensões e materiais descritos no projeto.

A vinculação do modelo foi feita por meio de apoios elásticos lineares posicionados ao longo do comprimento da estaca, de modo a simular a interação “estrutura – solo”. Também foi utilizado um apoio rígido em sua extremidade (engastamento perfeito) de modo a considerar a indeslocabilidade da ponta das estacas. A união do topo das estacas junto a base do pilar é simulada através de uma ligação perfeitamente rígida (simulação de bloco rígido). Da mesma forma, a ligação da extremidade dos estais junto ao mastro e ao tabuleiro foi simulada por meio de elementos indeformáveis.

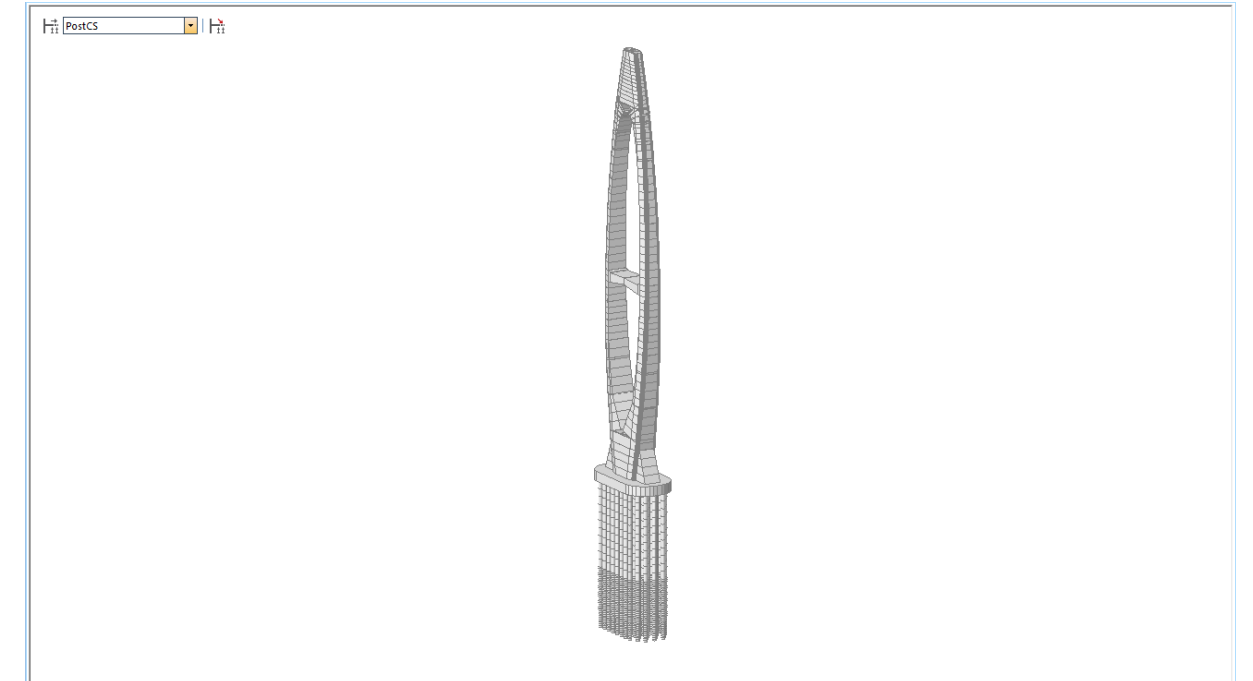
As barras que simulam os estais atuam exclusivamente na direção axial (elementos de treliça), sendo sua rigidez determinada com base na tensão atuante sobre a mesma durante cada fase construtiva estudada.

Para determinação da matriz de rigidez foi admitido o comportamento linear da estrutura (tanto no que diz respeito às características físicas como geométricas). A matriz de massa foi definida pelo método “lumped mass”.

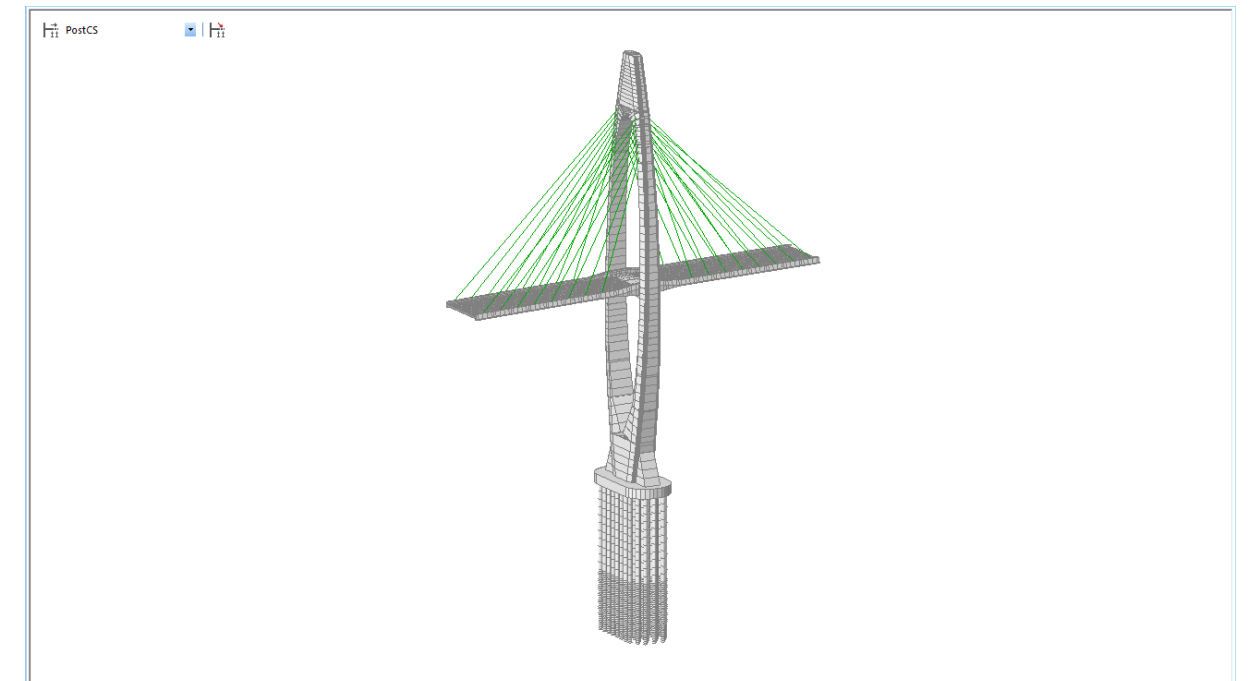
15.3 Modelos estruturais analisados

Foram gerados 5 modelos estruturais representando 4 etapas construtivas e a fase final da obra concluída. Abaixo listamos cada modelo:

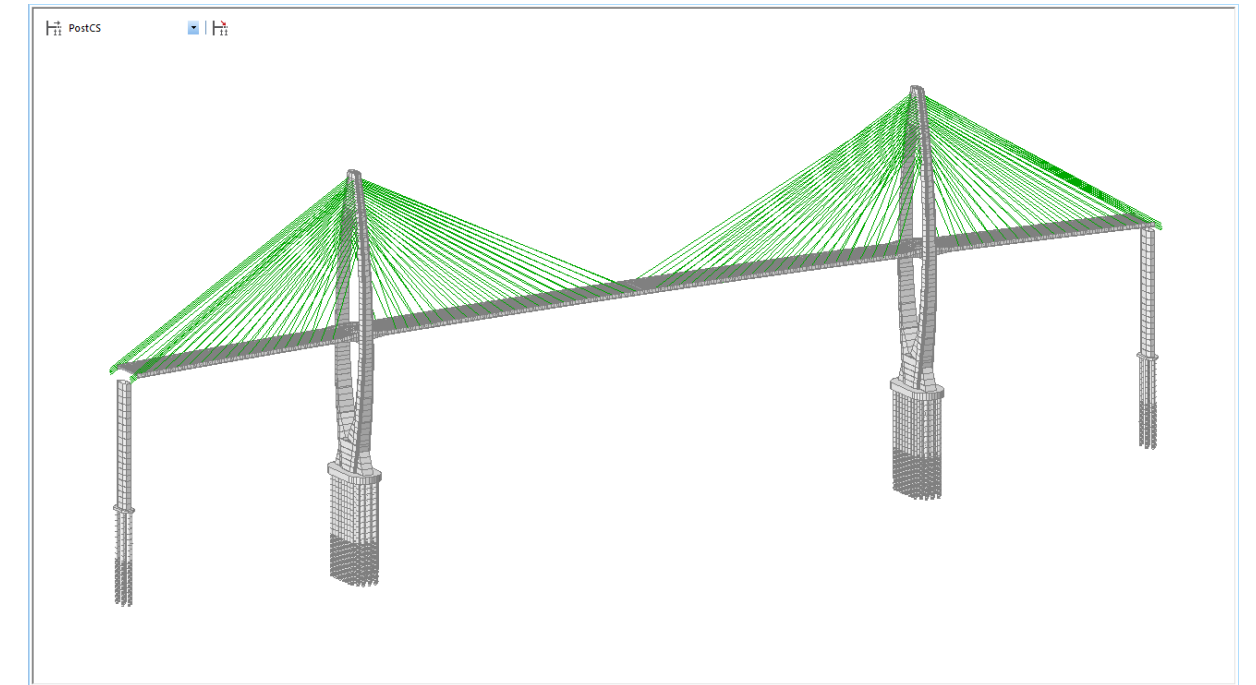
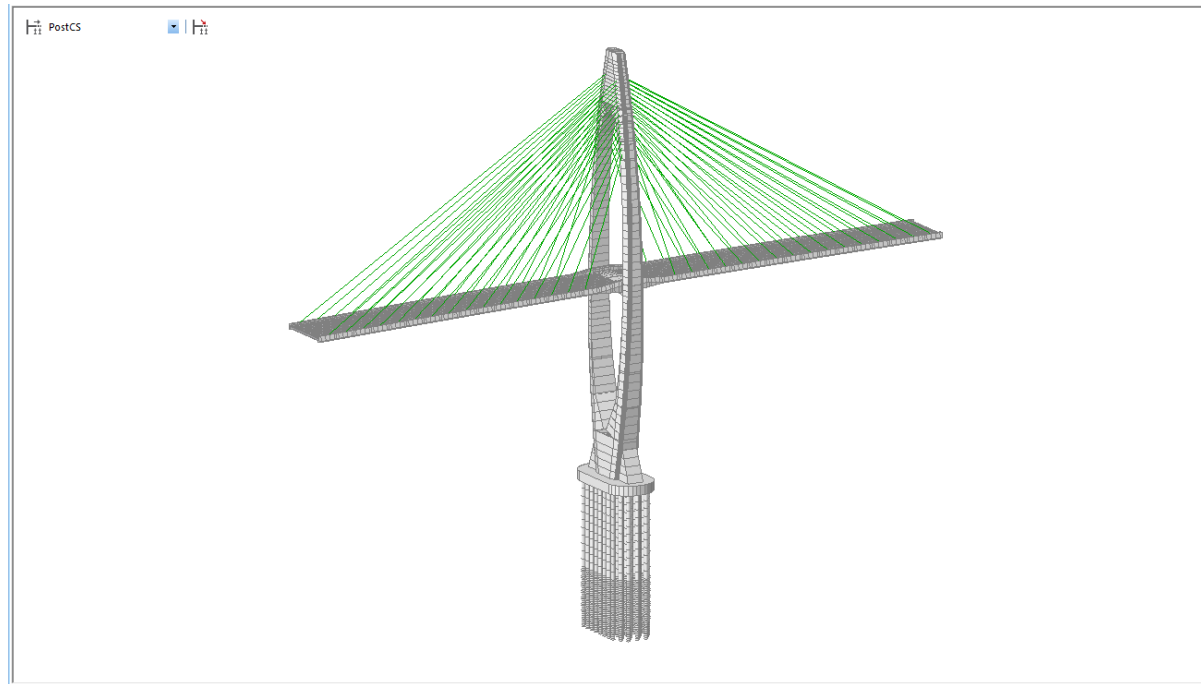
1. Modelo 1 - Fase construtiva em que somente o mastro está executado



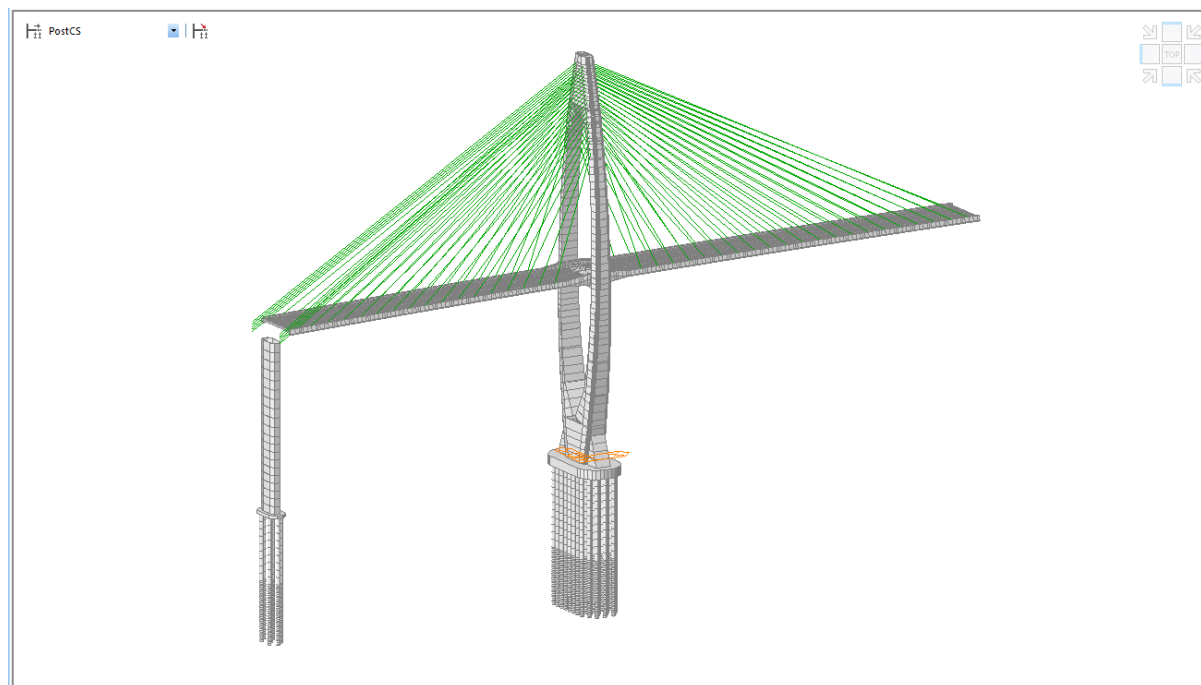
2. Modelo 2 - Fase em que os tabuleiros estão executados até a aduela 8



3. Modelo 3 - Fase em que os tabuleiros estão executados até a aduela 16, fase anterior à conexão dos tabuleiros com os apoios adjacentes



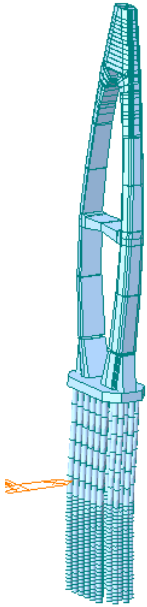
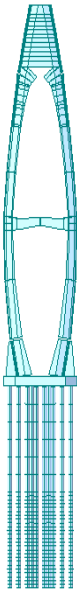
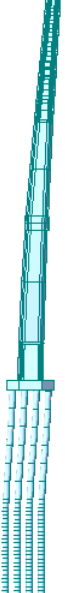
4. Modelo 4 - Fase em que os tabuleiros estão executado até a aduela 21, fase anterior à conexão dos tabuleiros com a aduela de fechamento central.



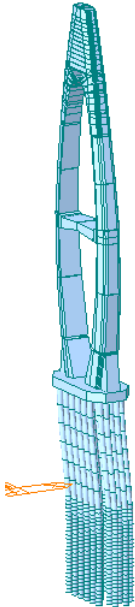
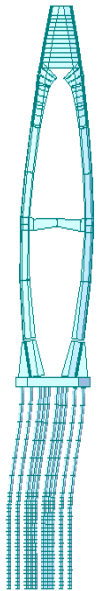
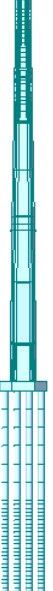
5. Modelo 5 - Obra completa com a inclusão das demais cargas permanentes provenientes de elementos não estruturais como pavimentação e barreiras de concreto.

15.4 Modelo 1

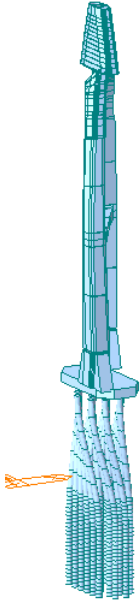
15.4.1 Primeiro modo de vibração

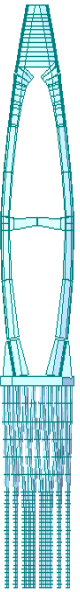

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <pre> MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.142882 NATURAL PERIOD (SEC) 6.998779 </pre> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

15.4.2 Segundo modo de vibração

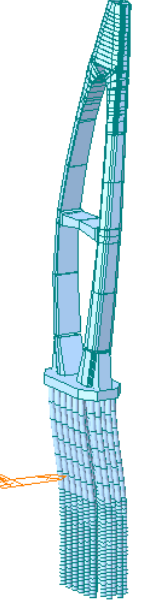
| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <pre> MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.182673 NATURAL PERIOD (SEC) 5.474275 </pre> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

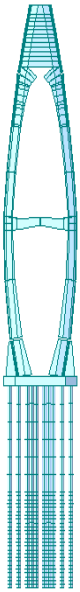
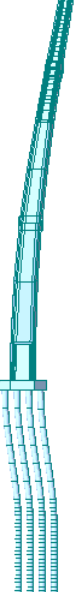
15.4.3 Terceiro modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <pre> MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.287956 NATURAL PERIOD (SEC) 3.472752 </pre> |  |

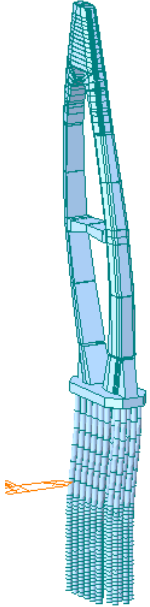
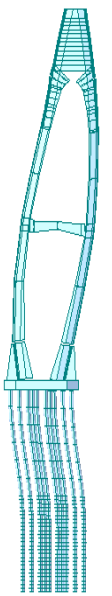
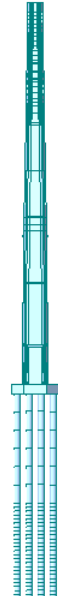
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|---|---|
|  |  |

15.4.4 Quarto modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <pre> MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.311394 NATURAL PERIOD (SEC) 3.211361 </pre> |  |

| Vista Frontal | Vista Lateral |
|---|---|
|  |  |

15.4.5 Quinto modo de vibração

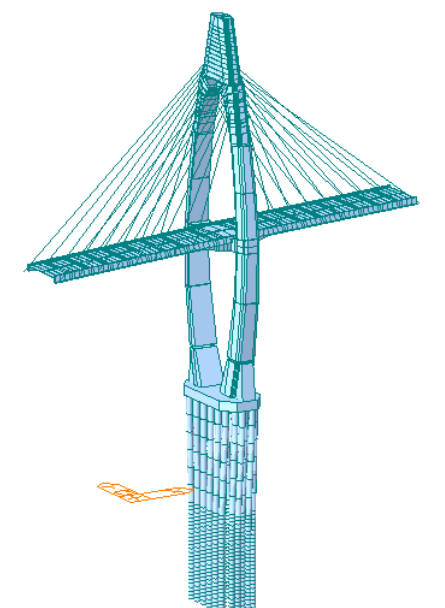
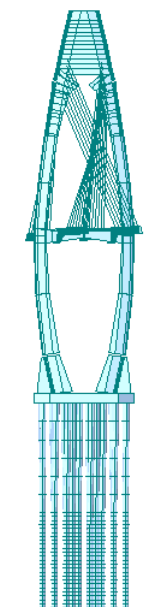
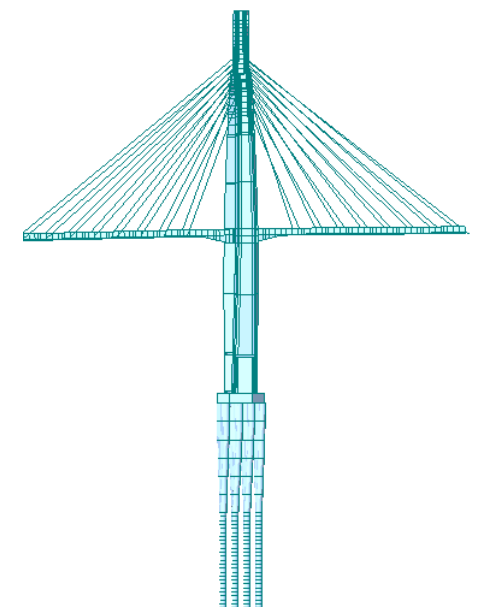
| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <hr/> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.513267</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 1.948302</p> </div> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

15.4.6 Resumo tabelado

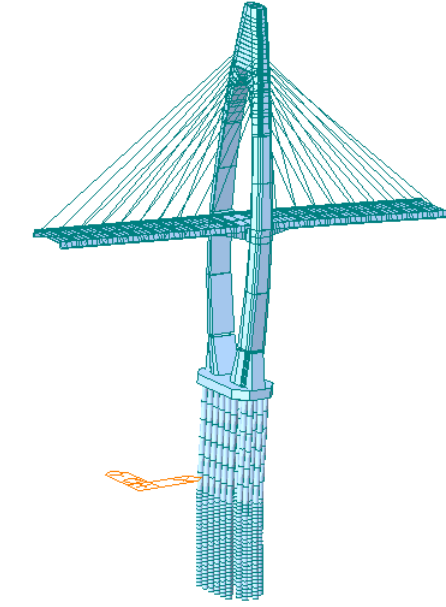
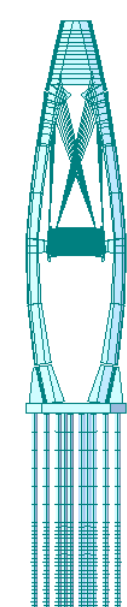
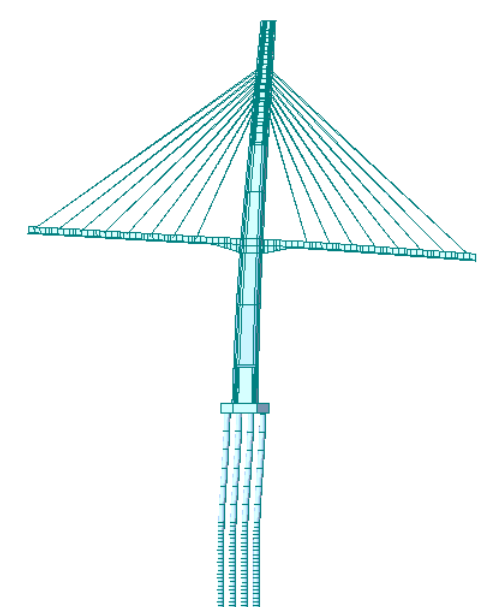
| Mode No | Frequency | | Period (sec) |
|---------|-----------|-------------|--------------|
| | (rad/sec) | (cycle/sec) | |
| 1 | 0.897755 | 0.142882 | 6.998779 |
| 2 | 1.147766 | 0.182673 | 5.474275 |
| 3 | 1.809281 | 0.287956 | 3.472752 |
| 4 | 1.956549 | 0.311394 | 3.211361 |
| 5 | 3.224954 | 0.513267 | 1.948302 |

15.5 Modelo 2

15.5.1 Primeiro modo de vibração

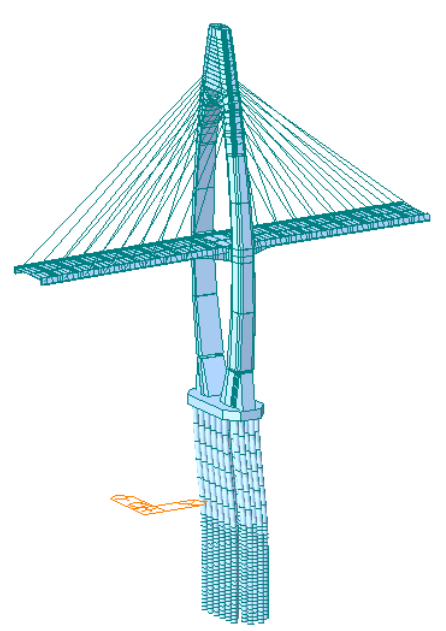
| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|--|
| <pre> MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.107299 NATURAL PERIOD (SEC) 9.319729 </pre> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

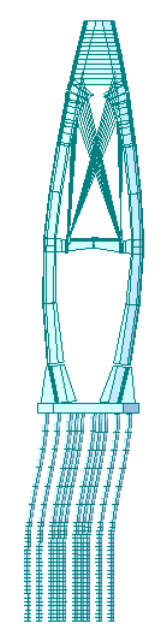
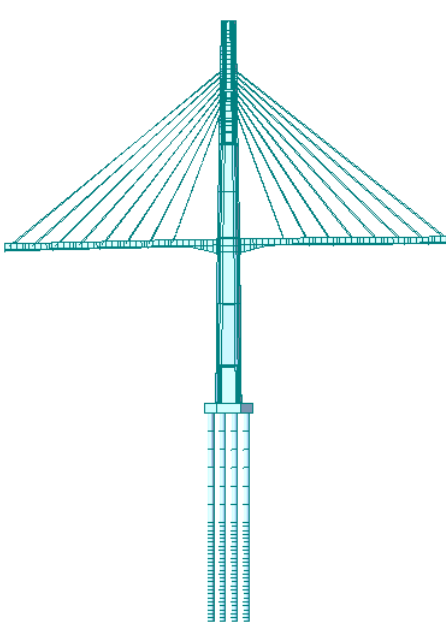
15.5.2 Segundo modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <pre> MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.119215 NATURAL PERIOD (SEC) 8.388207 </pre> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

15.5.3 Terceiro modo de vibração

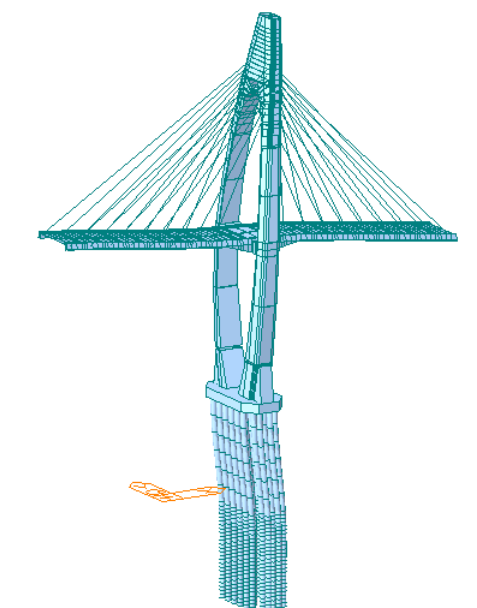
| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

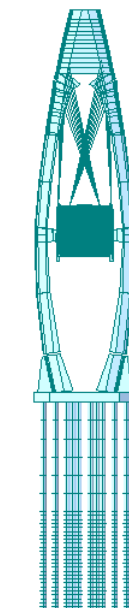
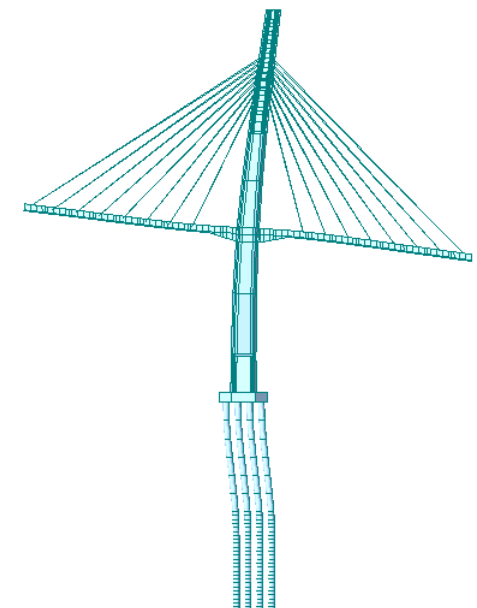
| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|--|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.158450</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 6.311155</p> |  |

| Vista Frontal | Vista Lateral |
|---|--|
|  |  |

15.5.4 Quarto modo de vibração

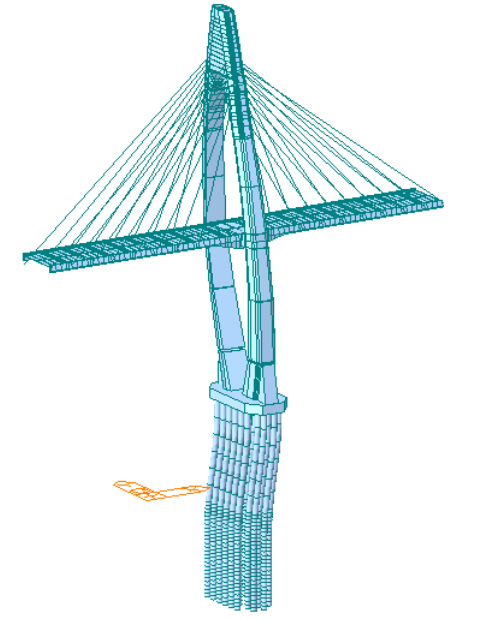
| Frequência e período | Vista Isométrica |
|----------------------|------------------|
|----------------------|------------------|

| | |
|---|---|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.239877</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 4.168804</p> |  |
|---|---|

| Vista Frontal | Vista Lateral |
|---|---|
|  |  |

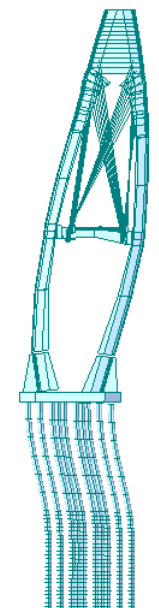
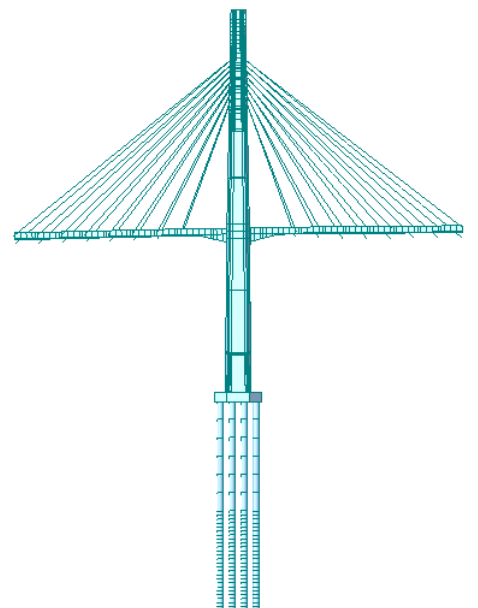
15.5.5 Quinto modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|----------------------|------------------|
|----------------------|------------------|

| | |
|---|--|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.532682</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 1.877293</p> |  |
|---|--|

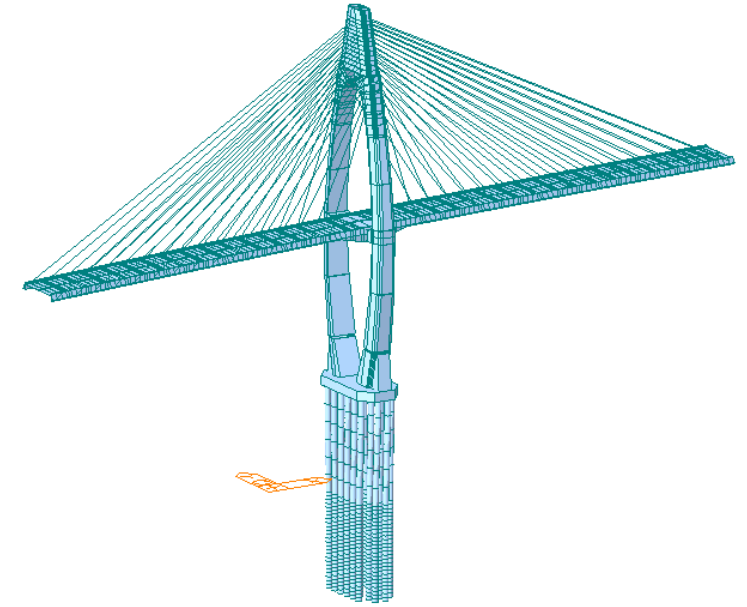
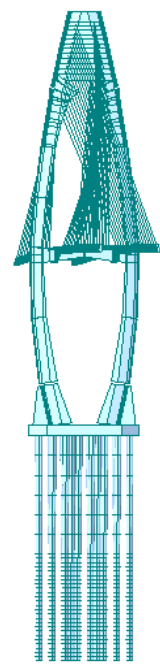
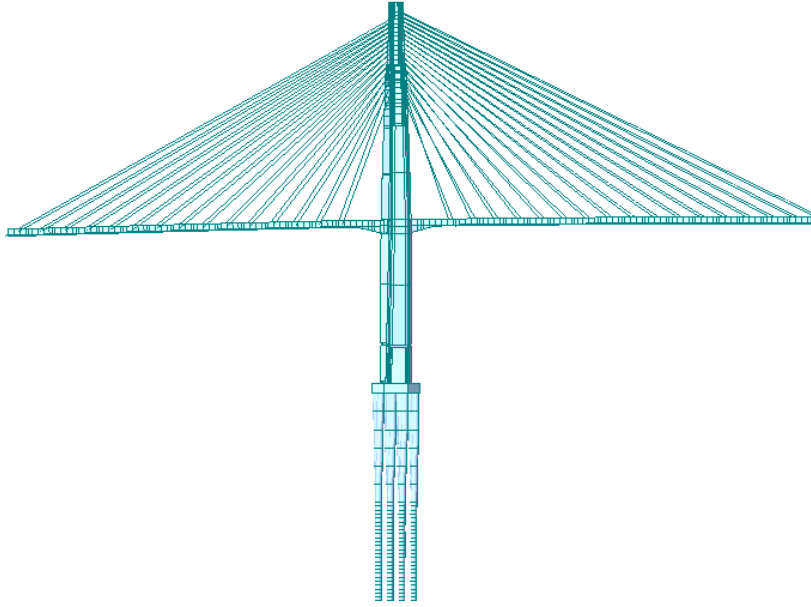
15.5.6 Resumo tabelado

| Mode No | Frequency | | Period (sec) |
|---------|-----------|-------------|--------------|
| | (rad/sec) | (cycle/sec) | |
| 1 | 0.674181 | 0.107299 | 9.319729 |
| 2 | 0.749050 | 0.119215 | 8.388207 |
| 3 | 0.995568 | 0.158450 | 6.311155 |
| 4 | 1.507191 | 0.239877 | 4.168804 |
| 5 | 3.346939 | 0.532682 | 1.877293 |

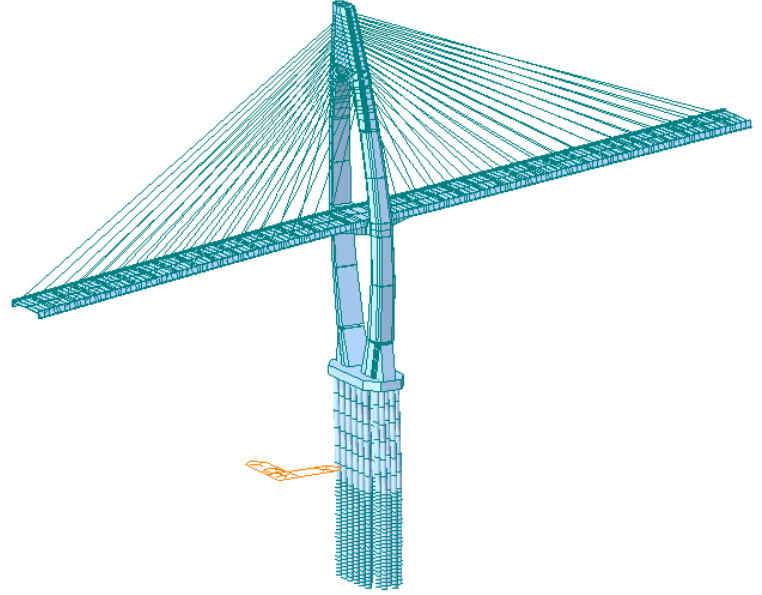
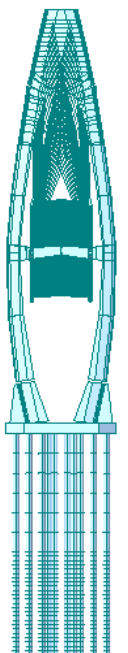
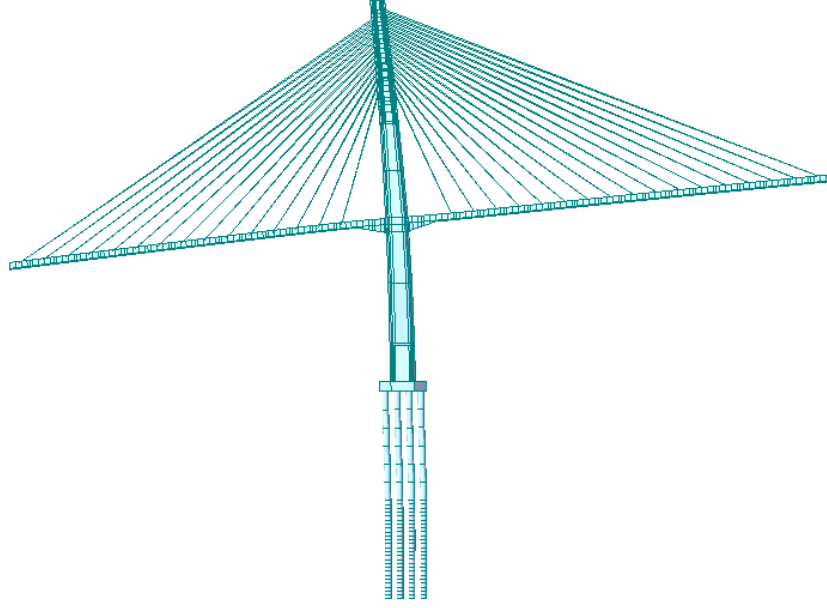
| | |
|--|---|
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

15.6 Modelo 3

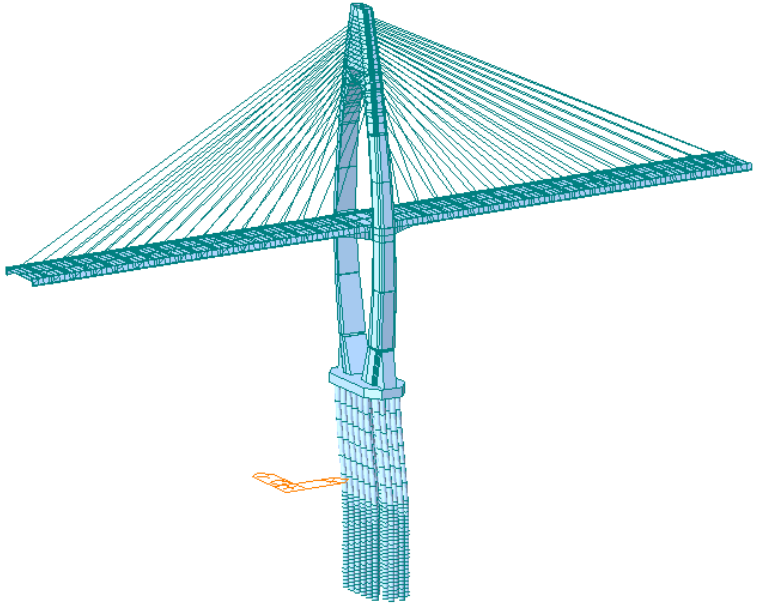
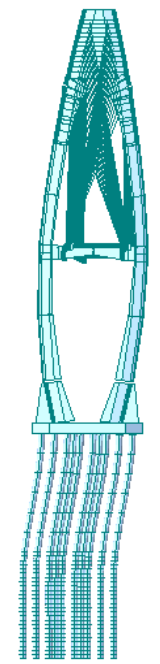
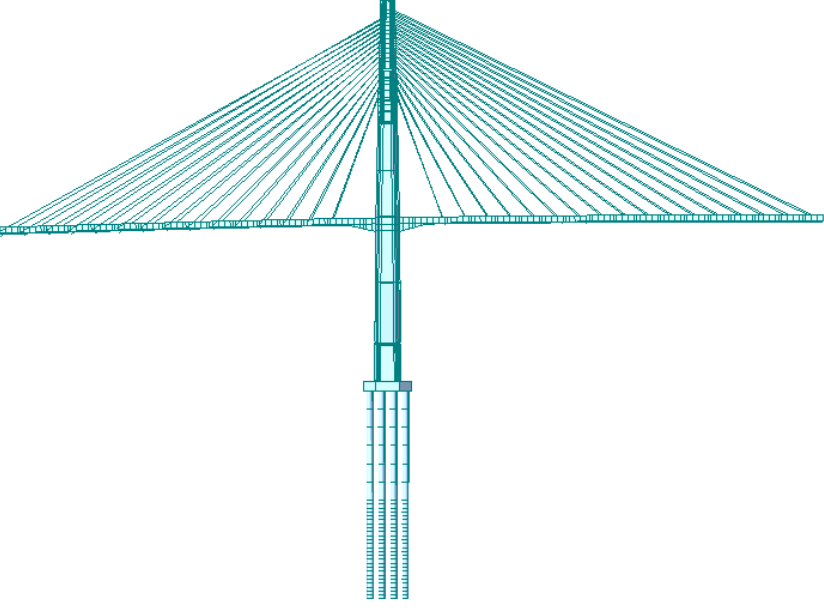
15.6.1 Primeiro modo de vibração

| | |
|--|--|
| Frequência e período | Vista Isométrica |
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <hr/> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.044564</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 22.439708</p> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

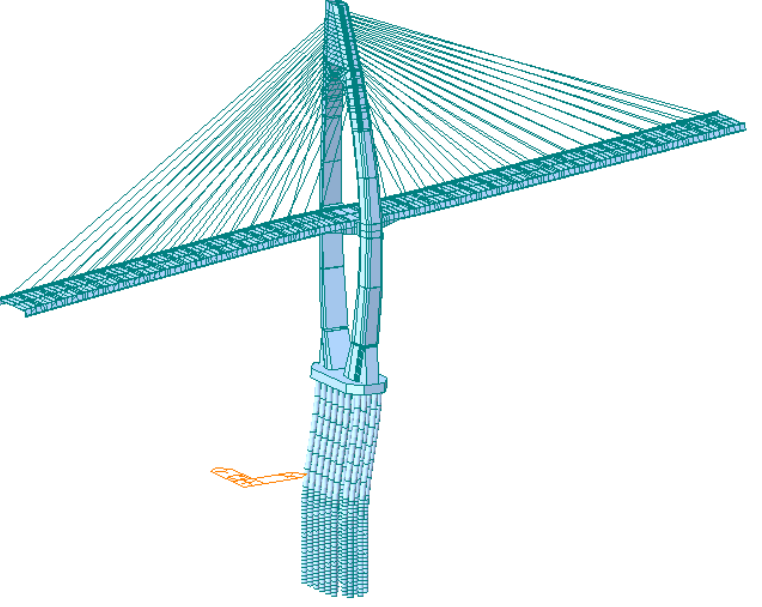
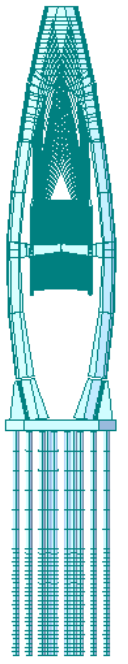
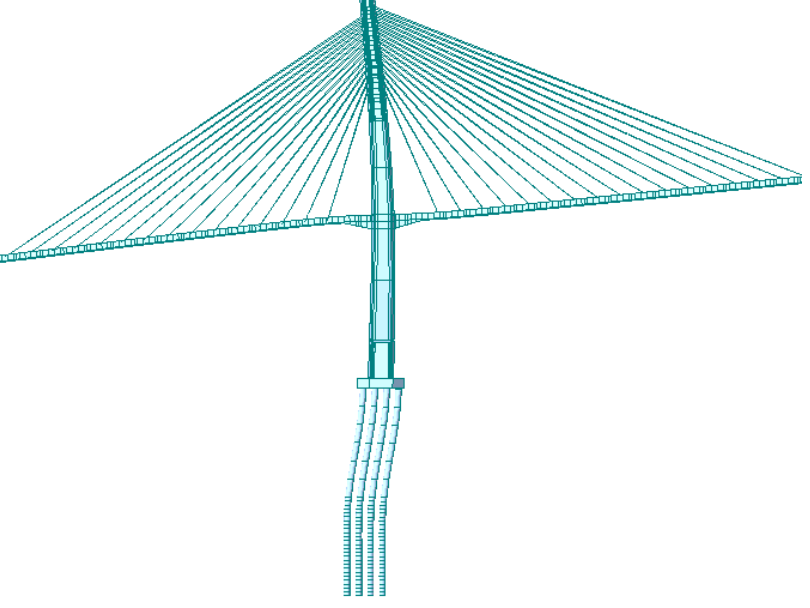
15.6.2 Segundo modo de vibração

| | |
|--|---|
| Frequência e período | Vista Isométrica |
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <hr/> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.084573</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 11.824084</p> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

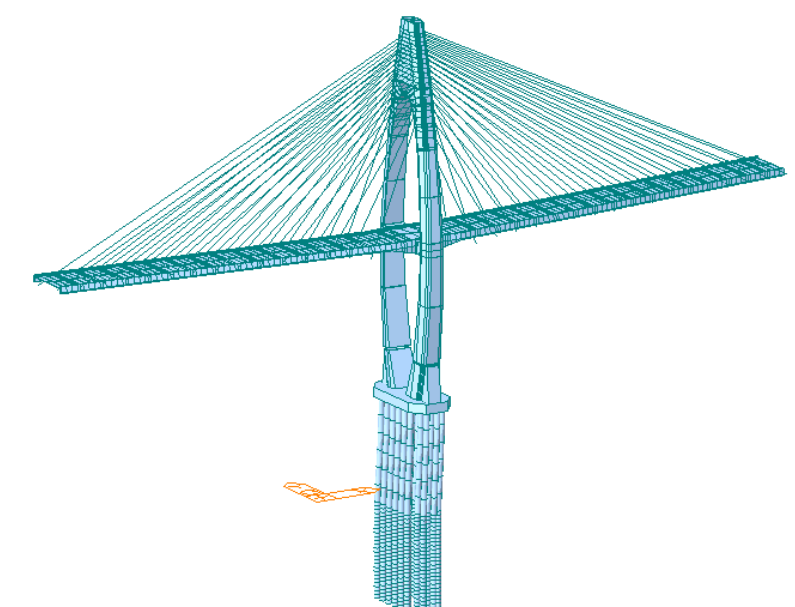
15.6.3 Terceiro modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|--|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.138606</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 7.214692</p> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

15.6.4 Quarto modo de vibração

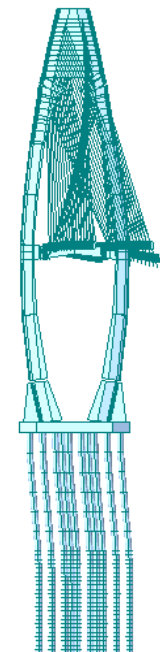
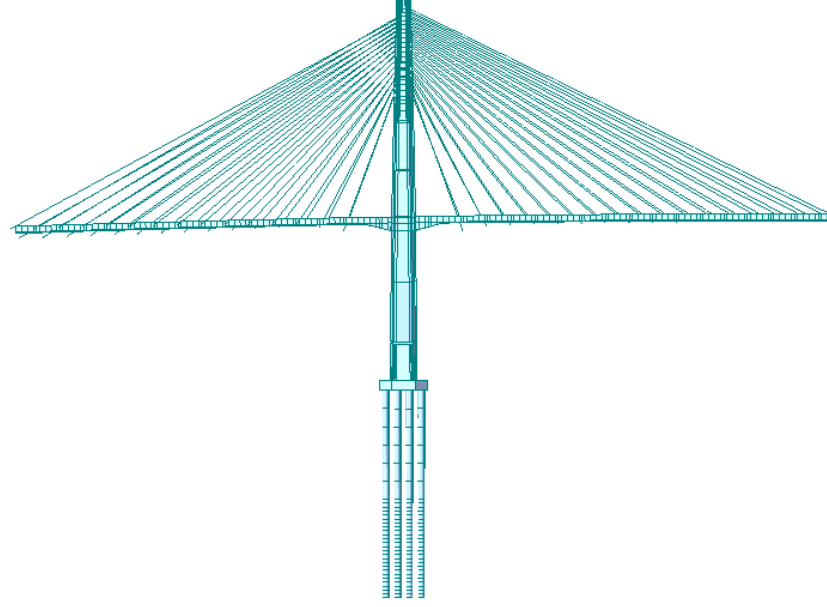
| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|---|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.155371</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 6.436190</p> |  |
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|  |  |

15.6.5 Quinto modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|--|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <hr/> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.312636</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 3.198608</p> |  |

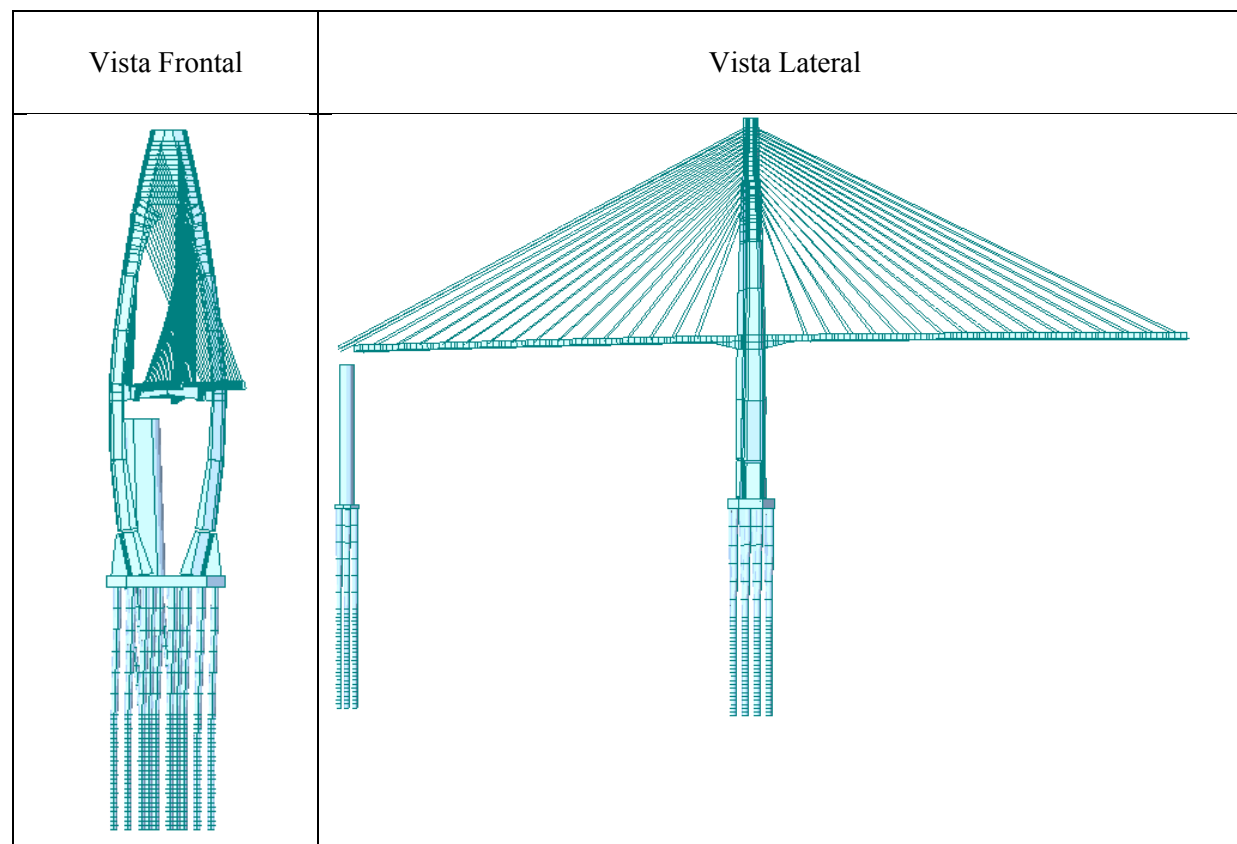
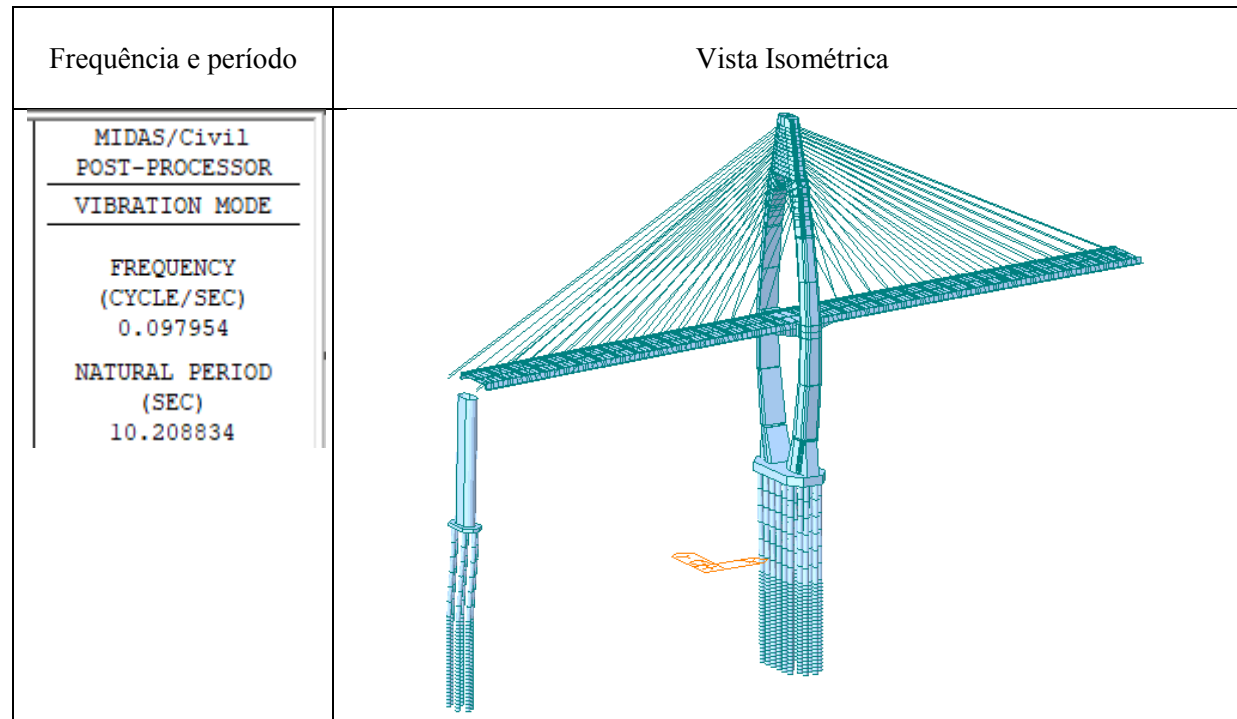
15.6.6 Resumo tabelado

| Mode No | Frequency | | Period |
|---------|-----------|-------------|-----------|
| | (rad/sec) | (cycle/sec) | (sec) |
| 1 | 0.280003 | 0.044564 | 22.439708 |
| 2 | 0.531389 | 0.084573 | 11.824084 |
| 3 | 0.870888 | 0.138606 | 7.214692 |
| 4 | 0.976227 | 0.155371 | 6.436190 |
| 5 | 1.964350 | 0.312636 | 3.198608 |

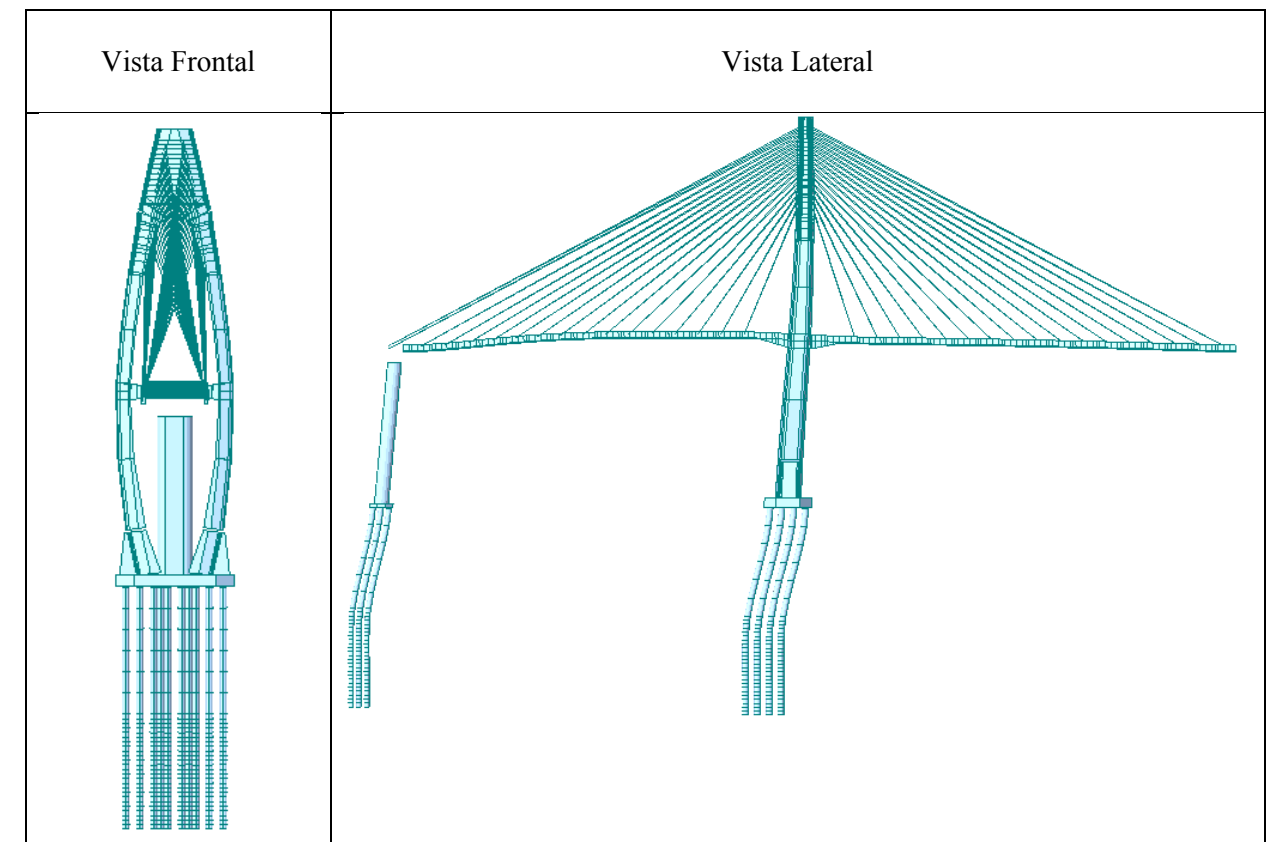
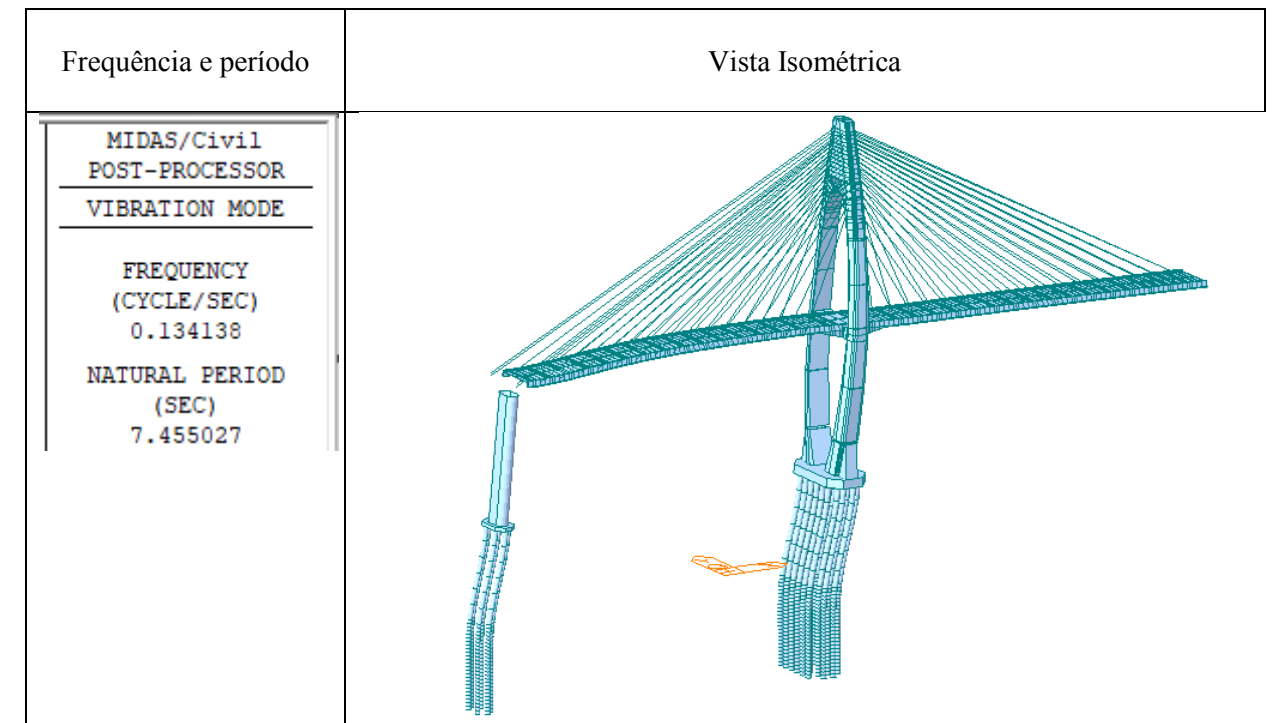
| Vista Frontal | Vista Lateral |
|---|--|
|  |  |

15.7 Modelo 4

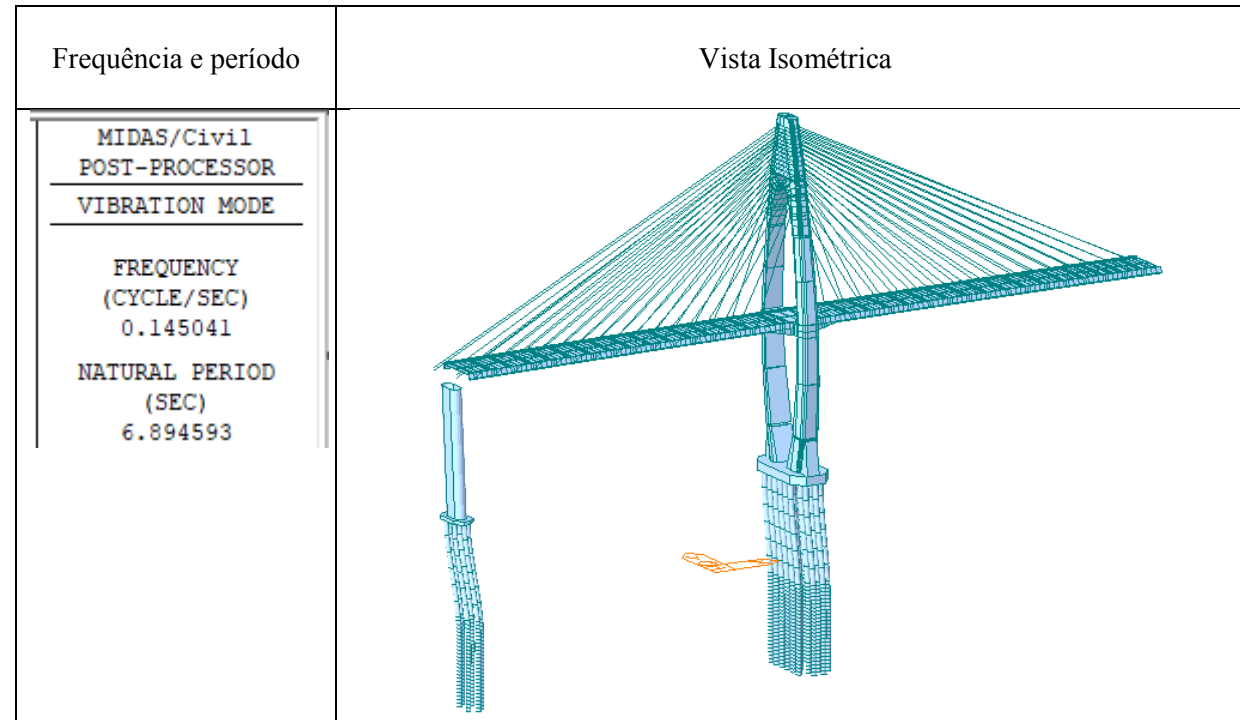
15.7.1 Primeiro modo de vibração



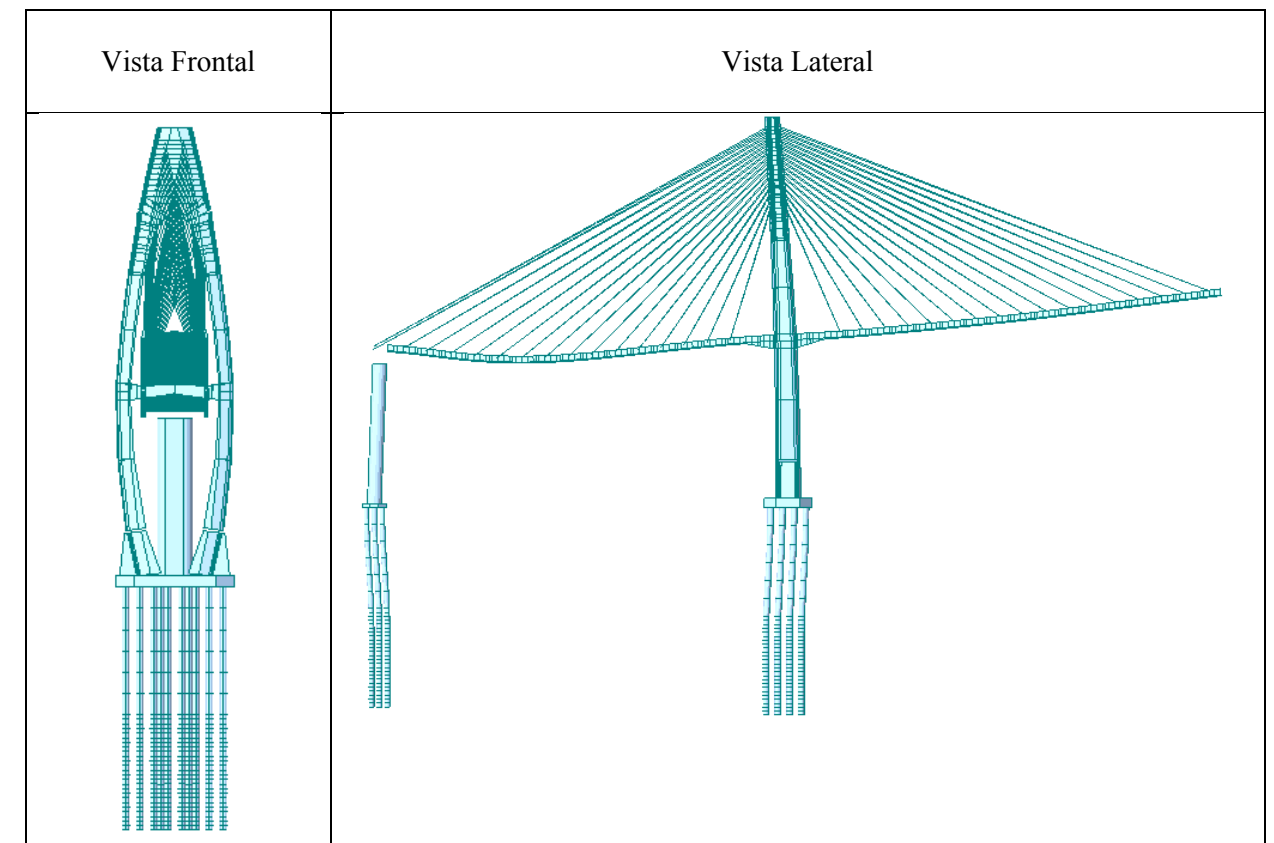
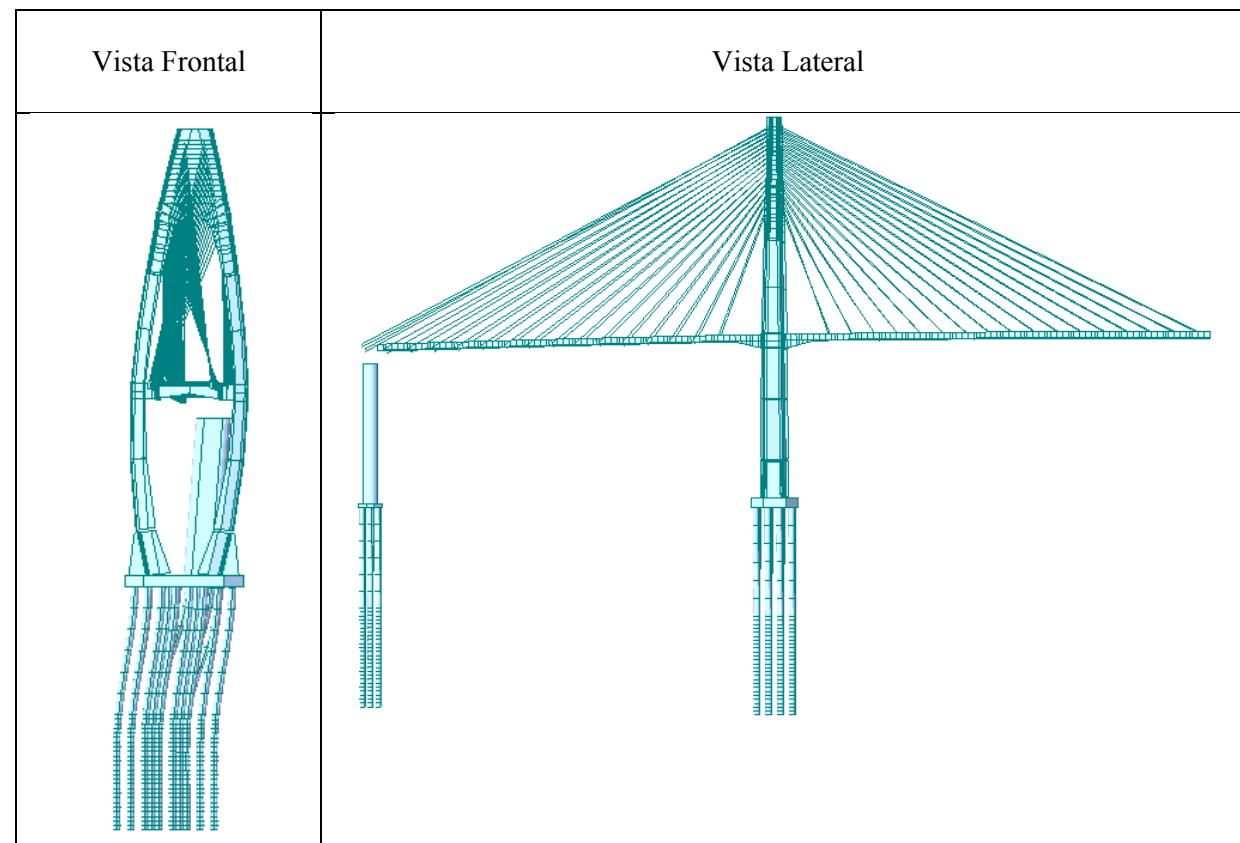
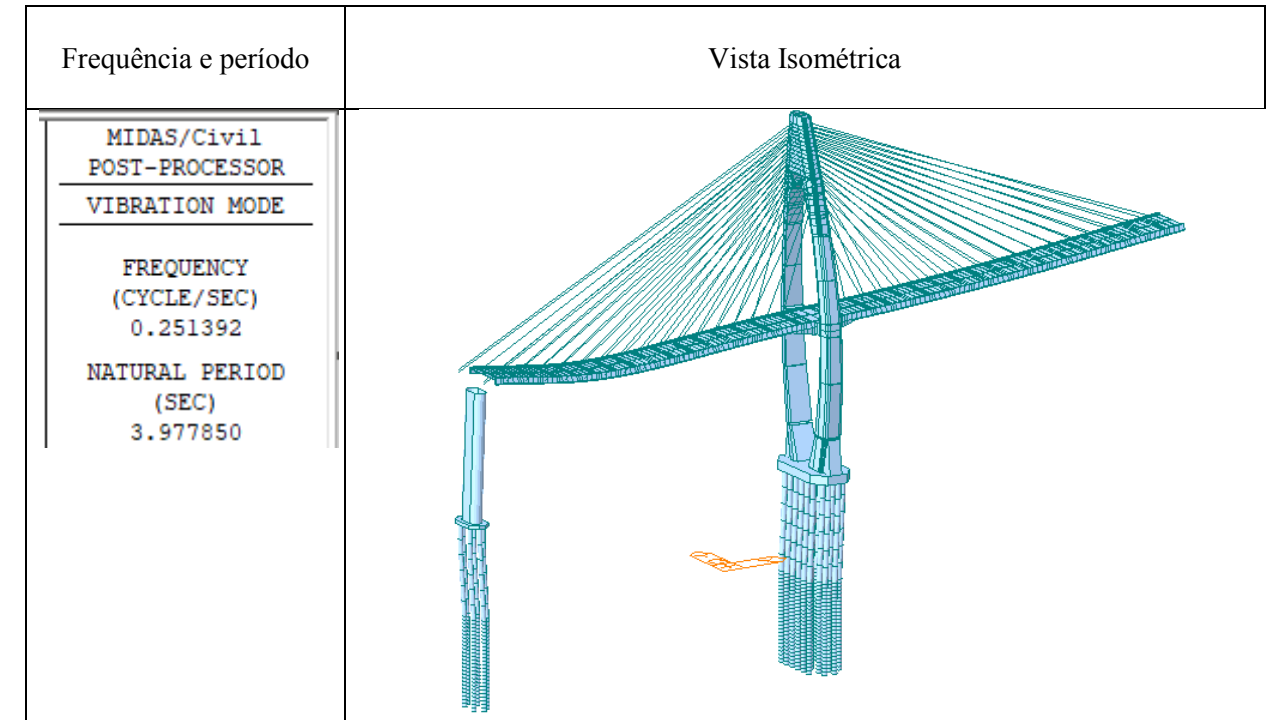
15.7.2 Segundo modo de vibração



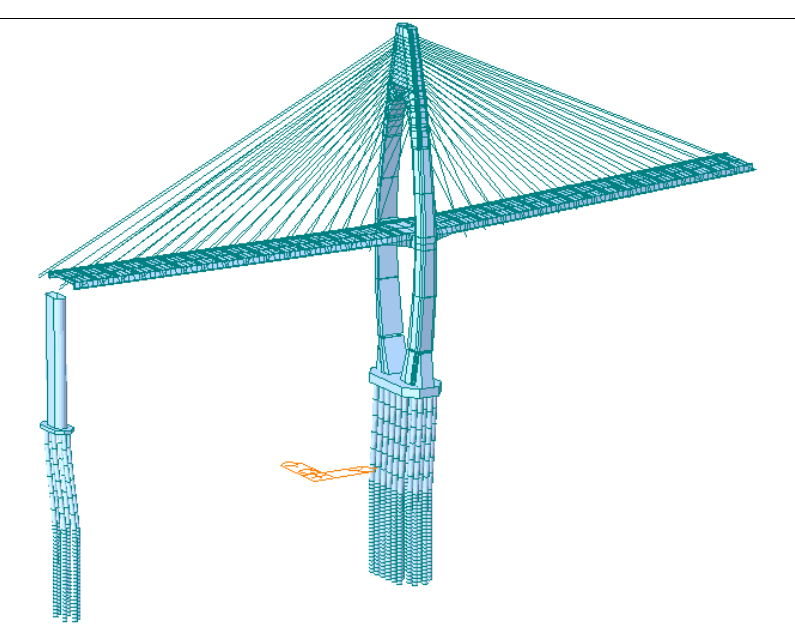
15.7.3 Terceiro modo de vibração



15.7.4 Quarto modo de vibração

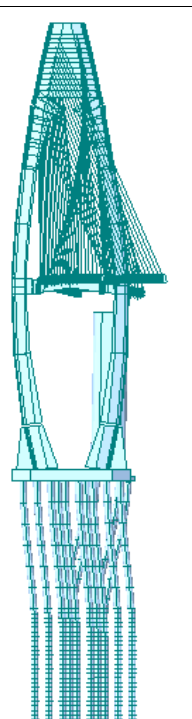
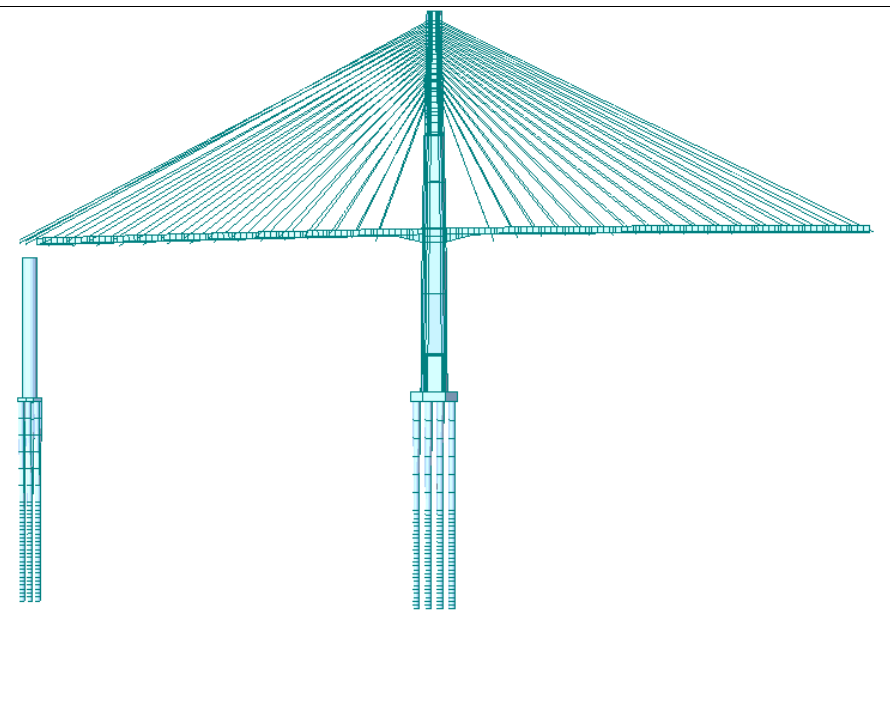


15.7.5 Quinto modo de vibração

| Frequência e período | Vista Isométrica |
|---|--|
| <p>MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE</p> <p>FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.265806</p> <p>NATURAL PERIOD (SEC) 3.762147</p> |  |

15.7.6 Resumo tabelado

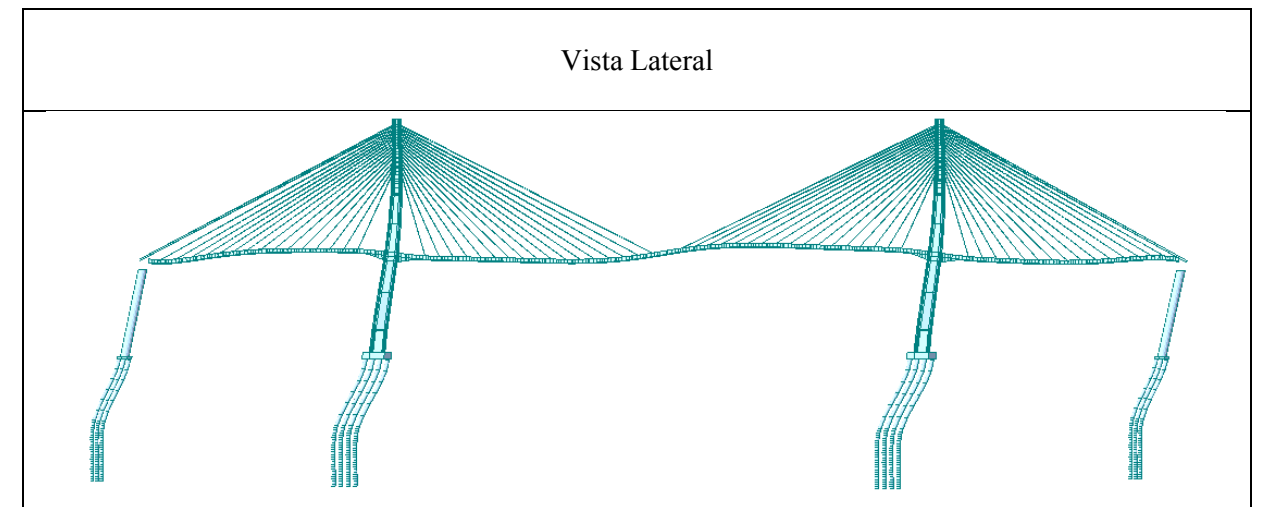
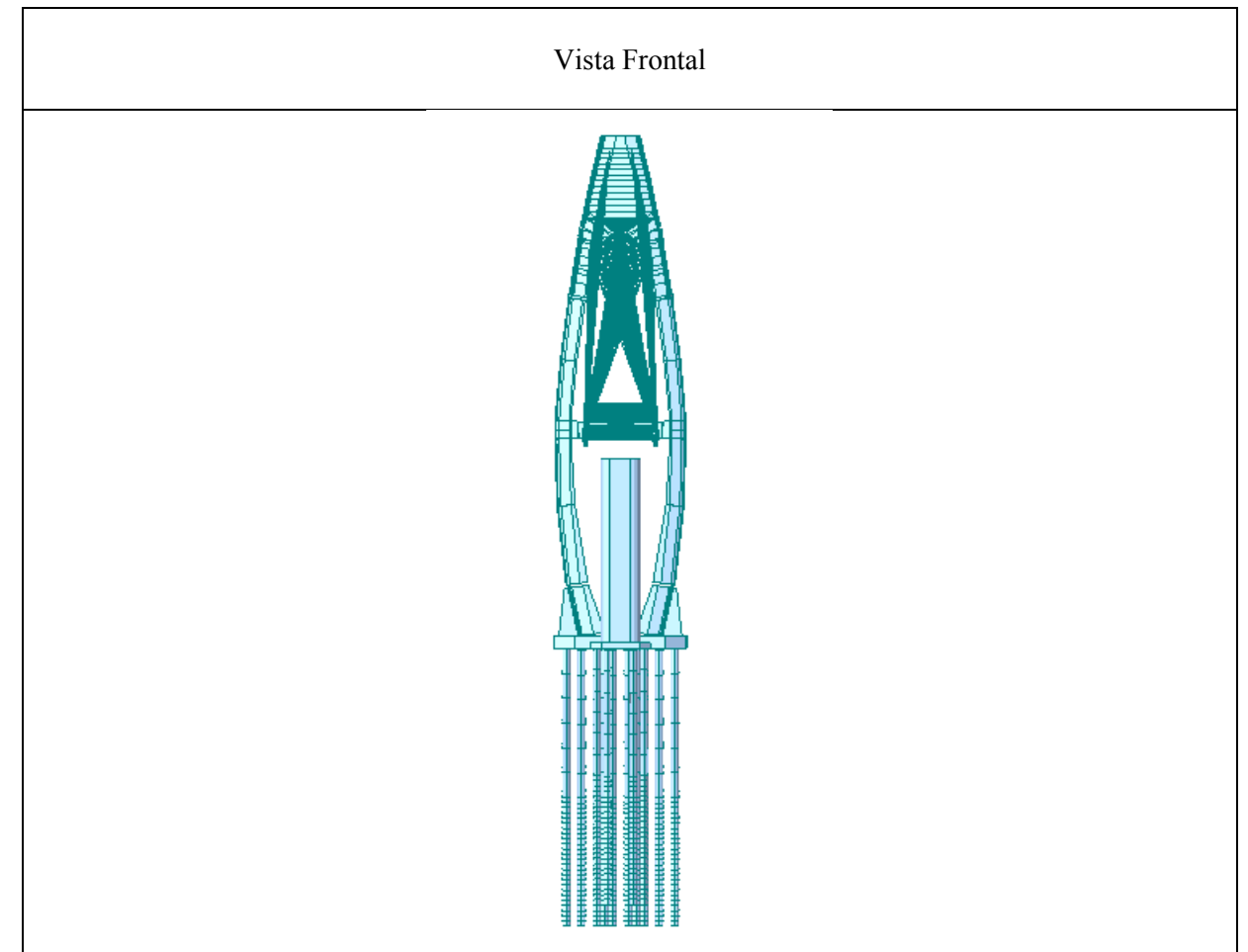
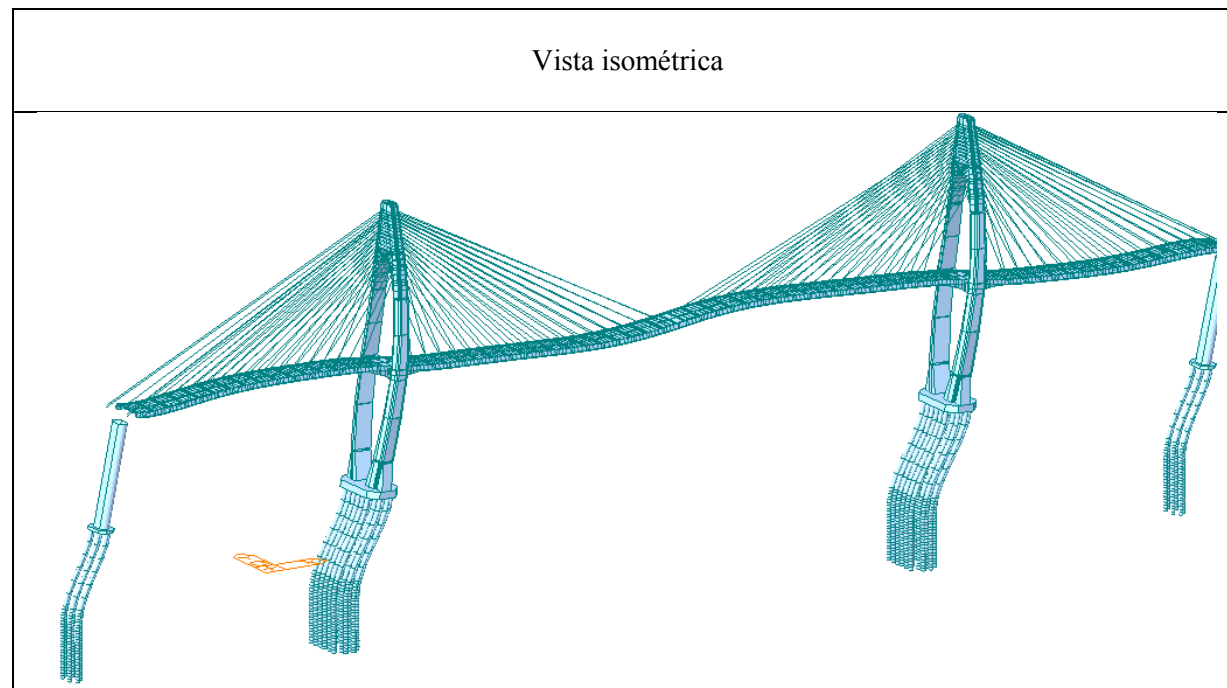
| Mode No | Frequency | | Period |
|---------|-----------|-------------|-----------|
| | (rad/sec) | (cycle/sec) | (sec) |
| 1 | 0.615466 | 0.097954 | 10.208834 |
| 2 | 0.842812 | 0.134138 | 7.455027 |
| 3 | 0.911321 | 0.145041 | 6.894593 |
| 4 | 1.579543 | 0.251392 | 3.977850 |
| 5 | 1.670106 | 0.265806 | 3.762147 |

| Vista Frontal | Vista Lateral |
|---|--|
|  |  |

15.8 Modelo 5

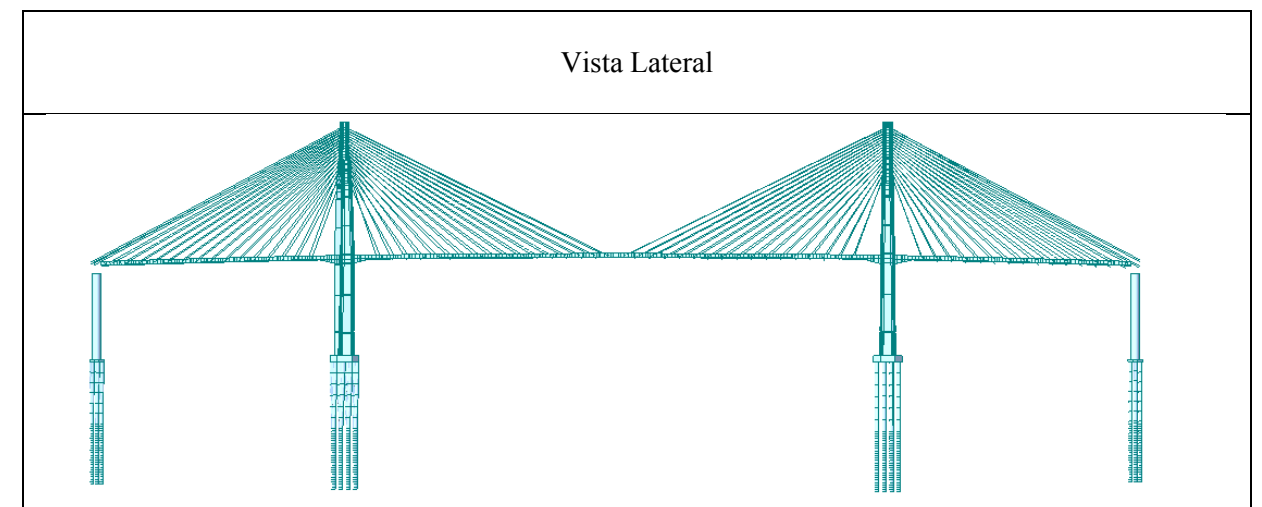
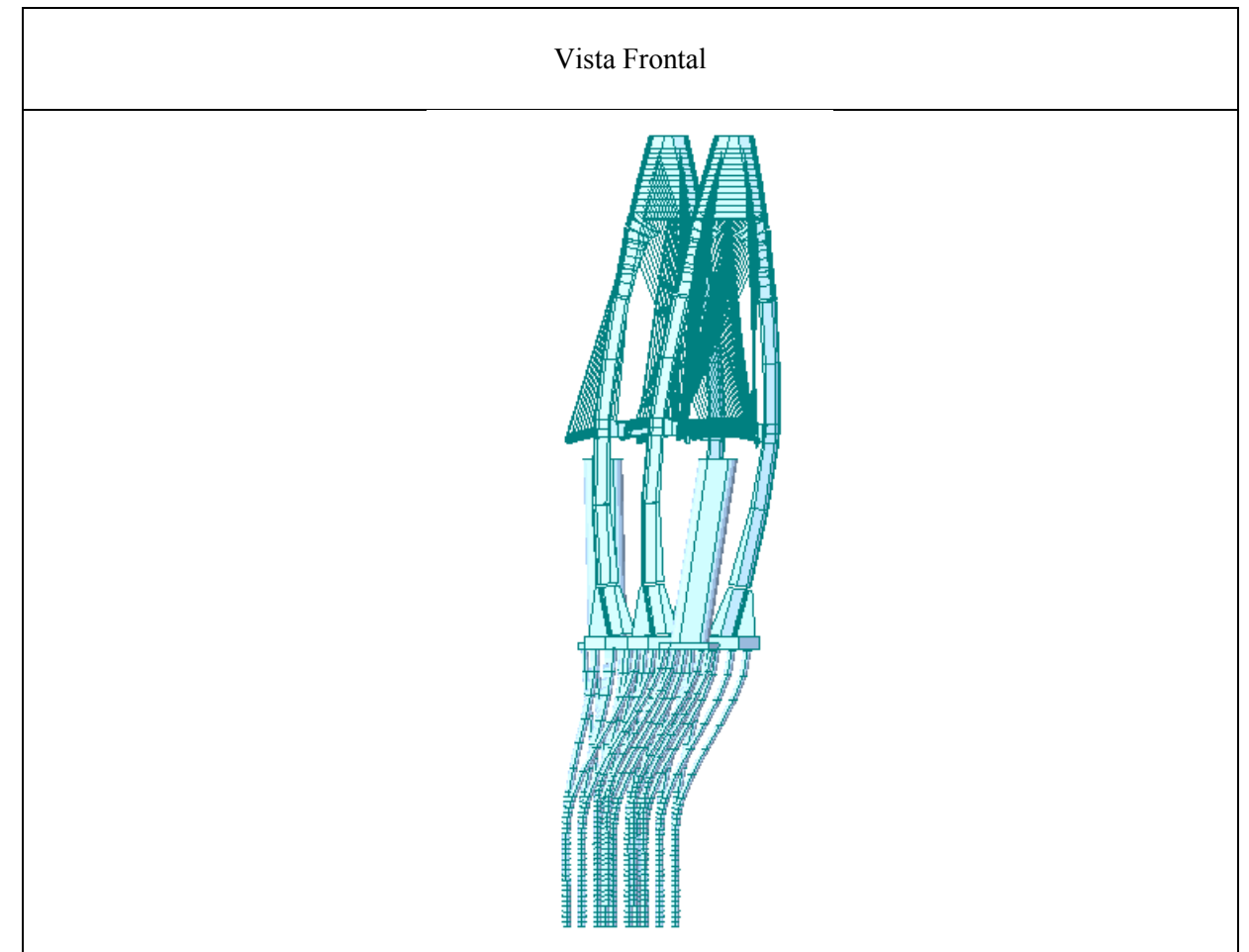
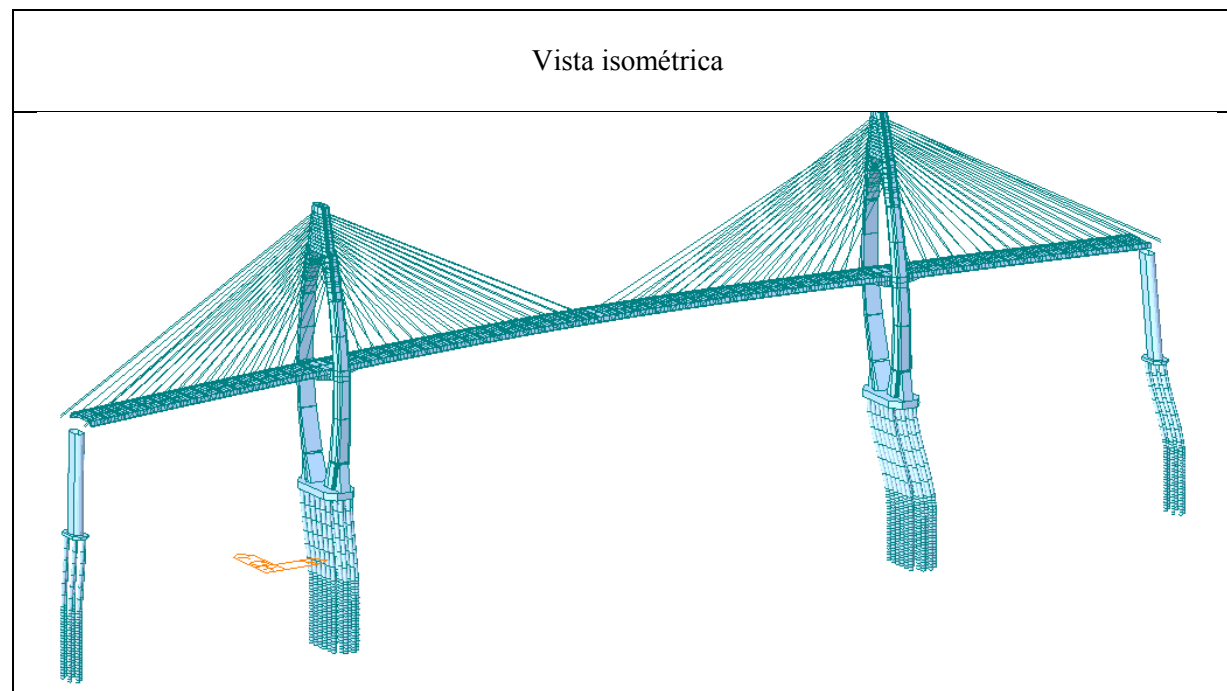
15.8.1 Primeiro modo de vibração

| Frequência e período | |
|---|--|
| MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE | |
| FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.132587 | |
| NATURAL PERIOD (SEC) 7.542201 | |



15.8.2 Segundo modo de vibração

| Frequência e período |
|---|
| MIDAS/Civil POST-PROCESSOR VIBRATION MODE |
| FREQUENCY (CYCLE/SEC) 0.144190 |
| NATURAL PERIOD (SEC) 6.935306 |

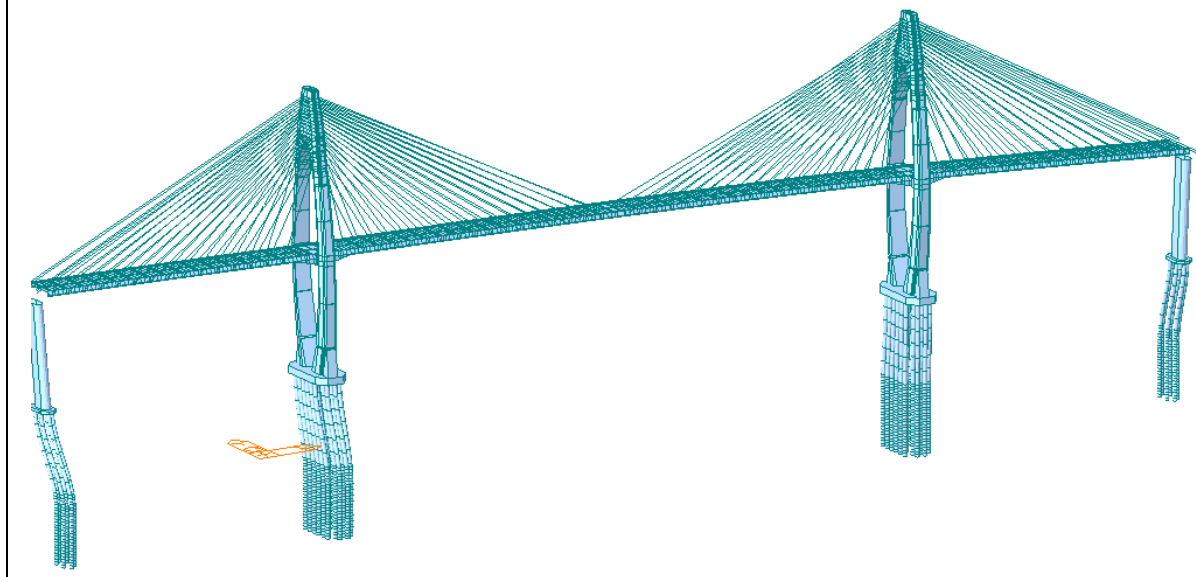


15.8.3 Terceiro modo de vibração

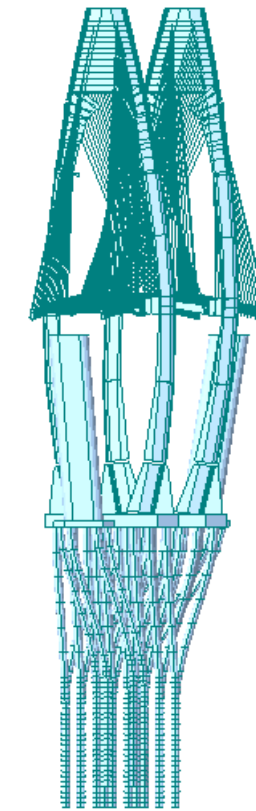
Frequência e período

| | |
|--------------------------|----------|
| MIDAS/Civil | |
| POST-PROCESSOR | |
| VIBRATION MODE | |
| | |
| FREQUENCY (CYCLE/SEC) | 0.157266 |
| NATURAL PERIOD (SEC) | 6.358669 |

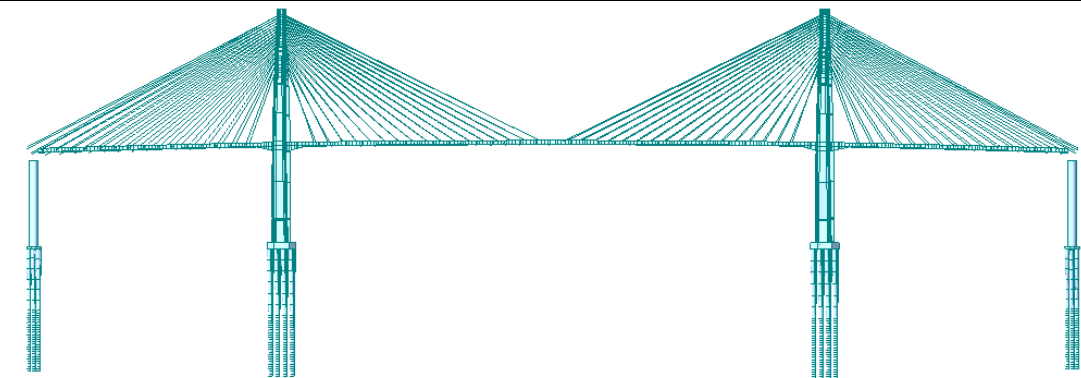
Vista isométrica



Vista Frontal



Vista Lateral

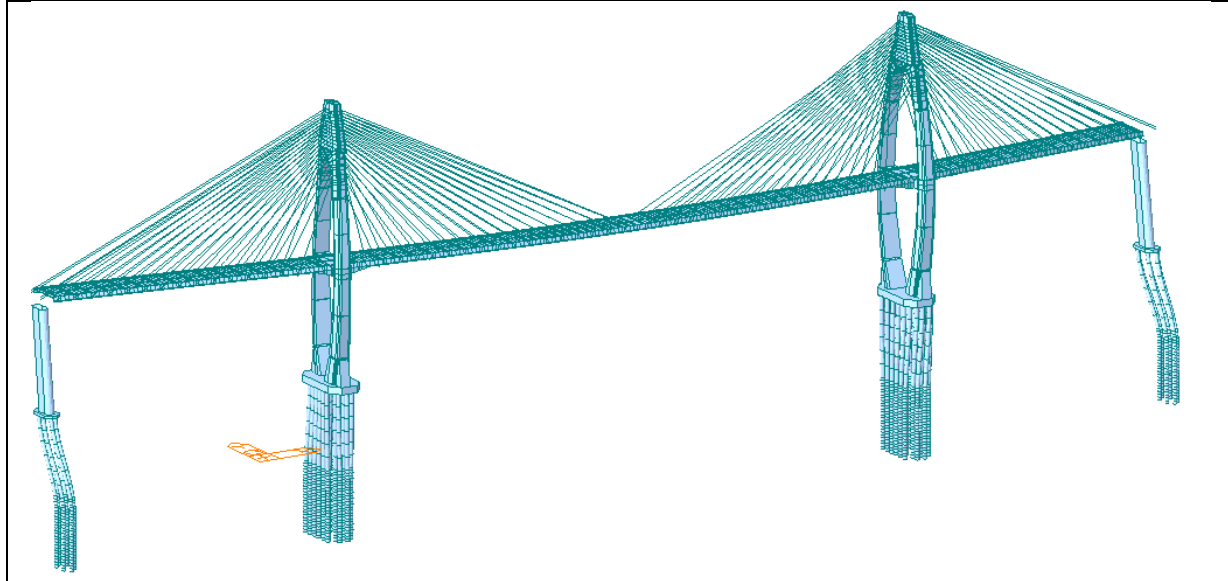


15.8.4 Quarto modo de vibração

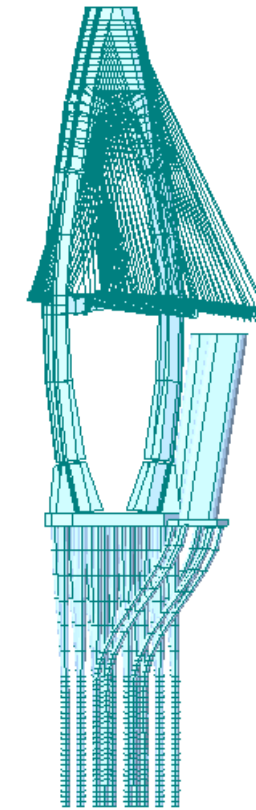
Frequência e período

| |
|--------------------------|
| MIDAS/Civil |
| POST-PROCESSOR |
| VIBRATION MODE |
| |
| FREQUENCY (CYCLE/SEC) |
| 0.211303 |
| NATURAL PERIOD (SEC) |
| 4.732546 |

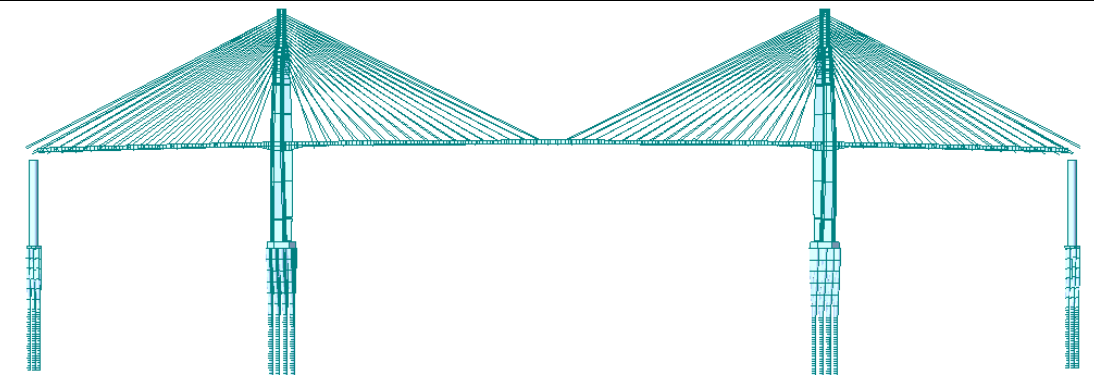
Vista isométrica



Vista Frontal



Vista Lateral

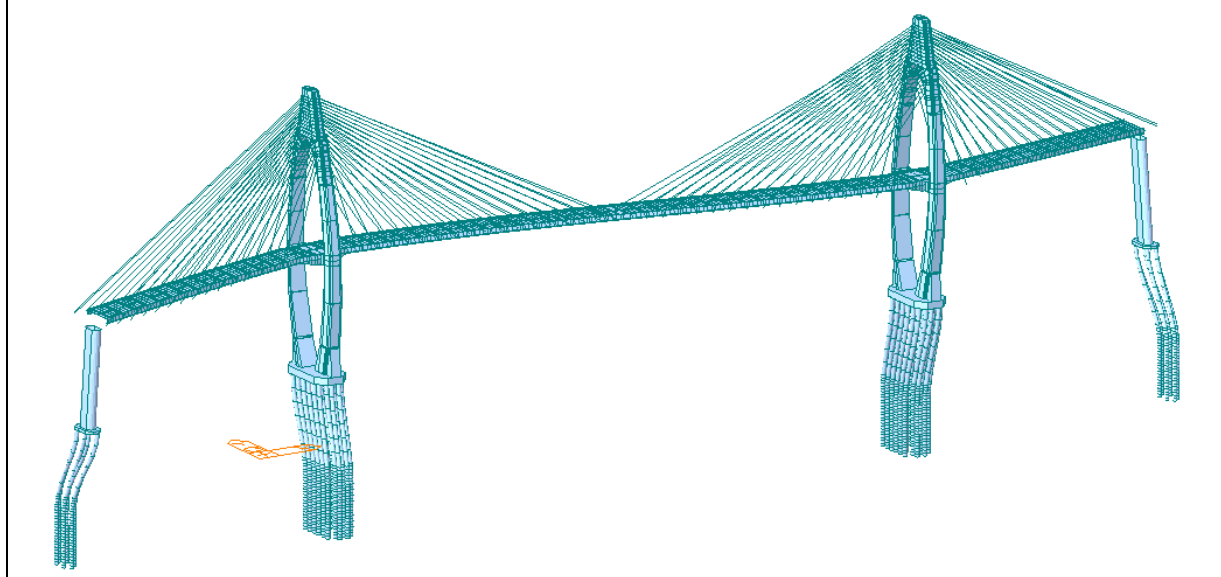


15.8.5 Quinto modo de vibração

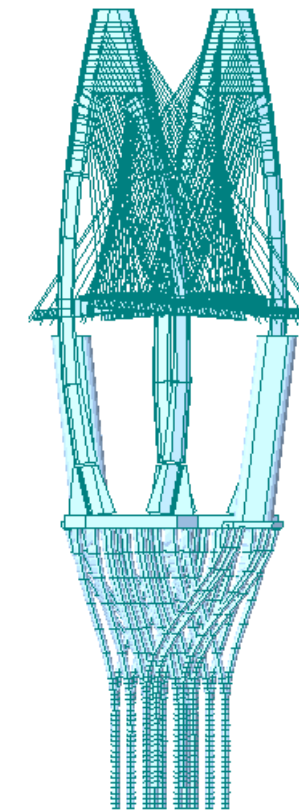
Frequência e período

| | |
|----------------|-------------|
| MIDAS/Civil | |
| POST-PROCESSOR | |
| VIBRATION MODE | |
| | |
| FREQUENCY | (CYCLE/SEC) |
| 0.244130 | |
| NATURAL PERIOD | (SEC) |
| 4.096176 | |

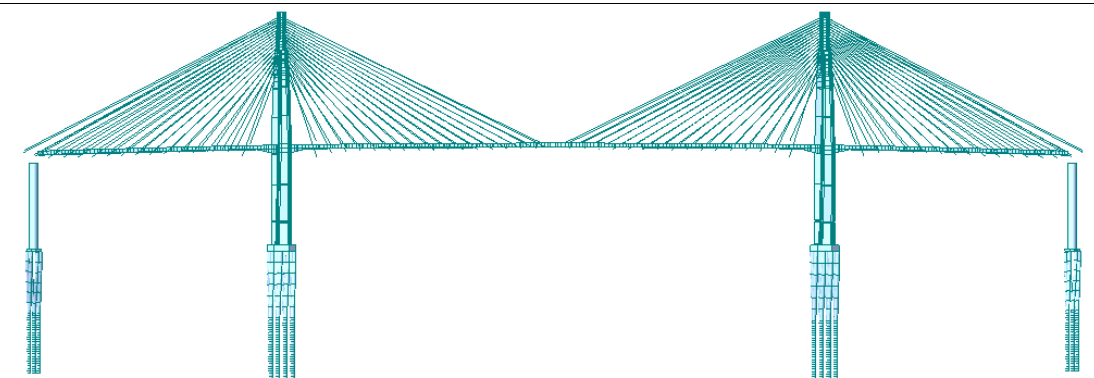
Vista isométrica



Vista Frontal

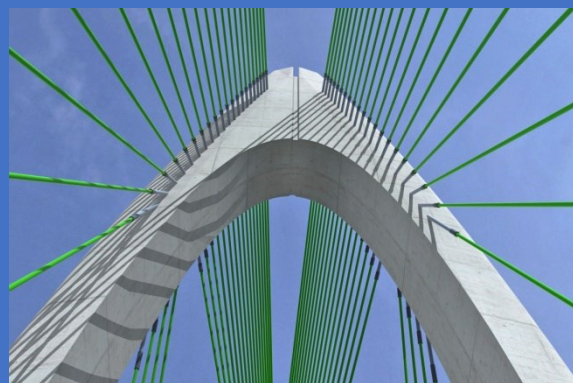


Vista Lateral



15.8.6 Resumo tabelado

| Mode No | Frequency | | Period (sec) |
|------------|-----------|-------------|-----------------|
| | (rad/sec) | (cycle/sec) | |
| 1 | 0.833071 | 0.132587 | 7.542201 |
| 2 | 0.880145 | 0.140079 | 7.138810 |
| 3 | 0.905971 | 0.144190 | 6.935306 |
| 4 | 0.988129 | 0.157266 | 6.358669 |
| 5 | 1.327654 | 0.211303 | 4.732546 |



REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA, DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

**PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
VOLUME 3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO
TOMO II – VÃOS DE APROXIMAÇÃO**

CONTRATO: Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
DOCUMENTO: R-PRO-200-CD-14122-EN
REVISÃO: RA
DATA: SETEMBRO / 2019

APRESENTAÇÃO

Apresentamos o Produto 2 do contrato de Revisão e Atualização do Orçamento do Projeto Básico de Referência, de acordo com os novos parâmetros de engenharia adotados.

O Produto 2 - Revisão do orçamento considerando a redução de duas faixas no tabuleiro da ponte e as alterações previstas no produto 1, contempla os seguintes novos parâmetros para a Ponte sobre a Baía de Todos os Santos:

- Redução do gabarito vertical do vão central para 85 m;
- Redução do comprimento do vão central para 450 m e dos vãos laterais para 205 m;
- Redução do comprimento dos vãos de aproximação para 70 m e 50 m;
- Redução da largura do tabuleiro para duas faixas mais acostamento.

O Produto 2 é constituído de 2 partes:

- Revisão conceitual da Ponte sobre a Baía de Todos os Santos com largura reduzida do tabuleiro;
- Orçamento revisado e atualizado

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL DA PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS - LARGURA REDUZIDA DO TABULEIRO

- Volume 1 – Desenhos
- Volume 2 – Memorial descritivo
- Volume 3 – Memória de cálculo de pré-dimensionamento em nível de levantamento de quantidades
- Volume 4 – Memória de cálculo dos quantitativos

PRODUTO 2 – ORÇAMENTO REVISADO E ATUALIZADO

- Volume 1 – Orçamento
- Volume 2 – Composições de Preços Unitários
- Volume 3 – Cotações

O Volume 3 - Memória de cálculo de pré-dimensionamento em nível de levantamento de quantidades é apresentado em 2 Tomos:

- Tomo I – Trecho estaiado
- Tomo II – Trecho dos vãos de aproximação

TOMO I – TRECHO ESTAIADO

Apresenta-se, neste Tomo, a memória de cálculo do trecho estaiado

TOMO II – TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO

Apresenta-se, neste Tomo, as memórias de cálculo do trecho dos vãos de aproximação, representativas do conjunto dos tabuleiros e apoio existentes:

- Superestrutura do vão de 50 m: representativa dos tabuleiros de 50 m de vão
- Superestrutura do vão de 70 m: representativa dos tabuleiros de 70 m de vão

- Infraestrutura do apoio 77: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 70.4, para vãos de 70 m
- Infraestrutura do apoio 72: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 70.3, para vãos de 70 m
- Infraestrutura do apoio 63: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 70.3, para vãos de 70 m
- Infraestrutura do apoio 48: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 50.3, para vãos de 50 m
- Infraestrutura do apoio 135: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 50.2, para vãos de 50 m
- Infraestrutura do apoio 60: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 50.1, para vãos de 50 m, para pilares com alturas entre 25 e 39 m
- Infraestrutura do apoio 50: representativa da infraestrutura dos apoios tipo 50.1, para vãos de 50 m, para pilares com alturas de até 25 m

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO SUPERESTRUTURA – VÃO DE 50 m

CONTRATO N° 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10211-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

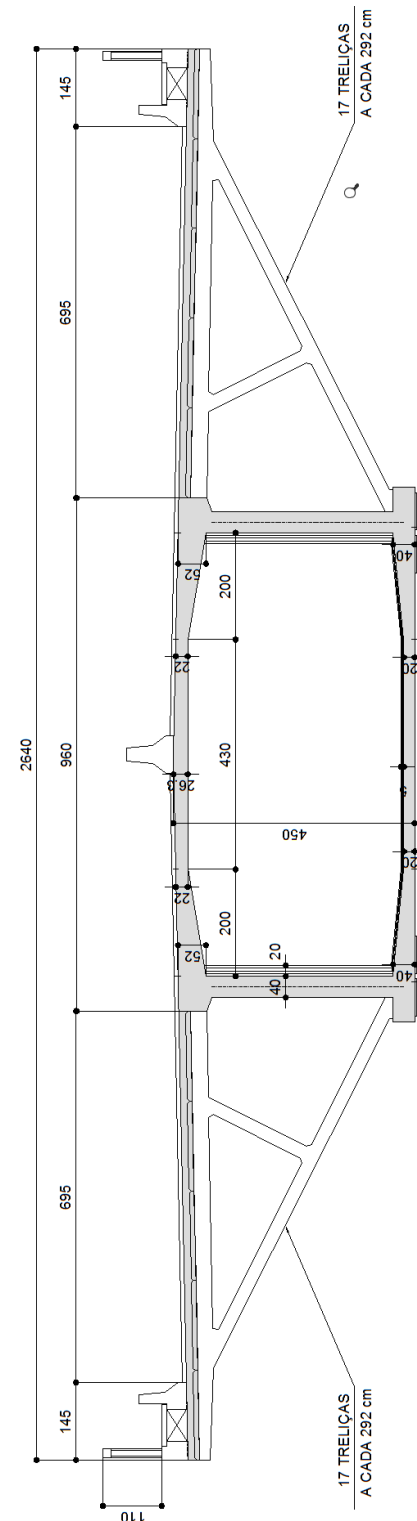


ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 |
| 1.1 | Seção transversal típica do caixão..... | 2 |
| 2 | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 |
| 3 | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO..... | 2 |
| 4 | MODELOS DE CÁLCULO | 3 |
| 4.1 | Geometria do modelo de cálculo | 3 |
| 4.2 | Propriedades do modelo de cálculo..... | 3 |
| 4.3 | Materiais..... | 3 |
| 5 | CARREGAMENTOS: | 4 |
| 5.1 | Carregamentos permanentes:..... | 4 |
| 5.2 | Cablagem e protensão do caixão | 5 |
| 5.3 | Cargas móveis..... | 5 |
| 6 | RESULTADOS DE ESFORÇOS NO CAIXÃO | 8 |
| 6.1 | Momentos fletores | 8 |
| 6.2 | Momentos torsores | 9 |
| 6.3 | Esforços axiais..... | 9 |
| 6.4 | Esforços cortantes | 9 |
| 7 | DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NO CAIXÃO TÍPICO DE 50M | 10 |
| 7.1 | Análises de tensões | 10 |
| 7.2 | Verificação da ruptura das seções (Estado Limite Último)..... | 10 |
| 7.3 | Dimensionamento ao cisalhamento e torção nas almas | 12 |
| 8 | VERIFICAÇÕES DE DEFORMAÇÕES DO CAIXÃO..... | 14 |

1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Seção transversal típica do caixão



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;
- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);
- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27 Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 295cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

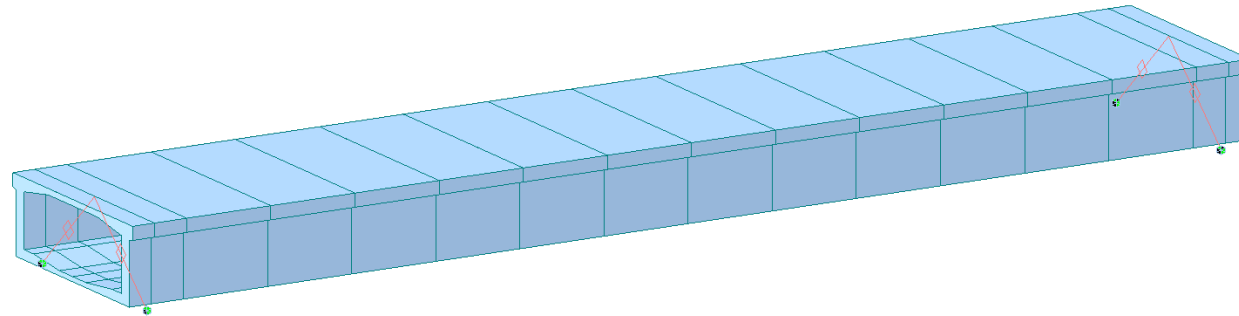
Finalizando a obra com as barreiras e pavimentação.

4 MODELOS DE CÁLCULO

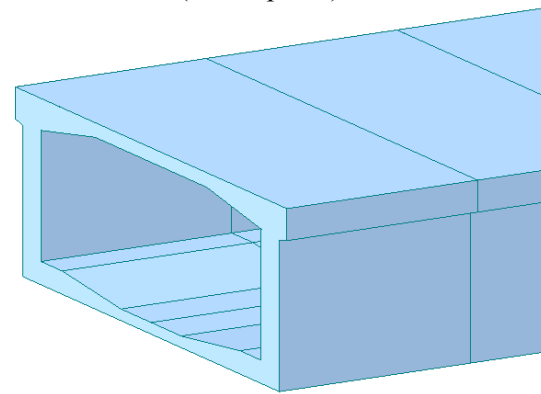
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é um pórtico espacial composto de barras para o tabuleiro. Já para os estais temos elementos de cabos (elementos que resistem somente à tração refletindo mudança na rigidez de acordo com a força de tração no cabo – considerando também a catenária do cabo).

Elevação lateral do modelo de cálculo da superestrutura.



O vão de cálculo considerado foi de 46,80m (entre apoios)

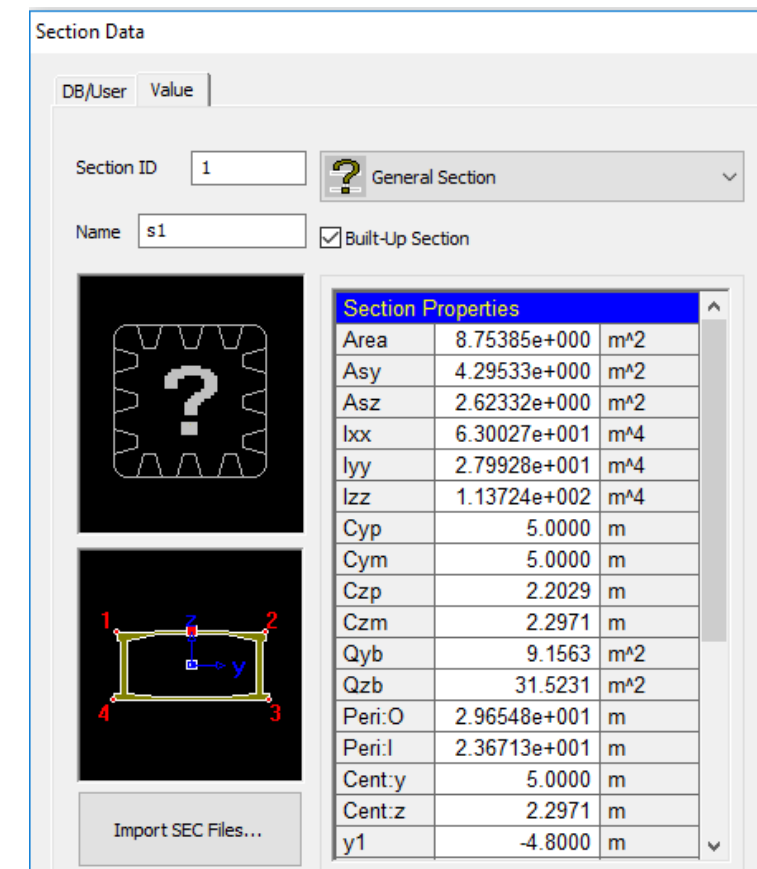


Como elemento estrutural longitudinal foi considerado somente o núcleo central do caixão.

4.2 Propriedades do modelo de cálculo

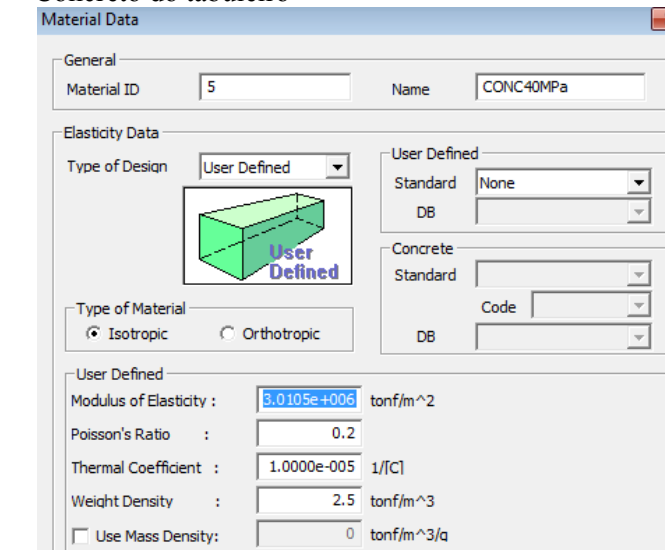
A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):

Seção transversal típica



4.3 Materiais

Concreto do tabuleiro



Concreto C40

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)

Name : C&s 40MPa Code : CEB-FIP

CEB

Compressive strength of concrete at the age of 28 days : 4000 tonf/m²

Relative Humidity of ambient environment (40 - 99) : 70 %

Notational size of member : 0.5 m

$h = 2 * Ac / u$ (Ac : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere)

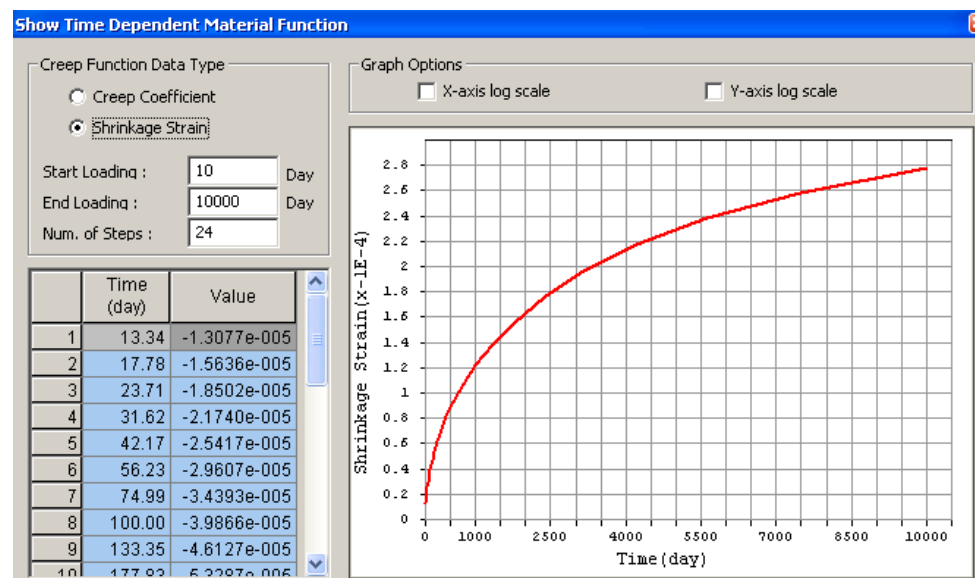
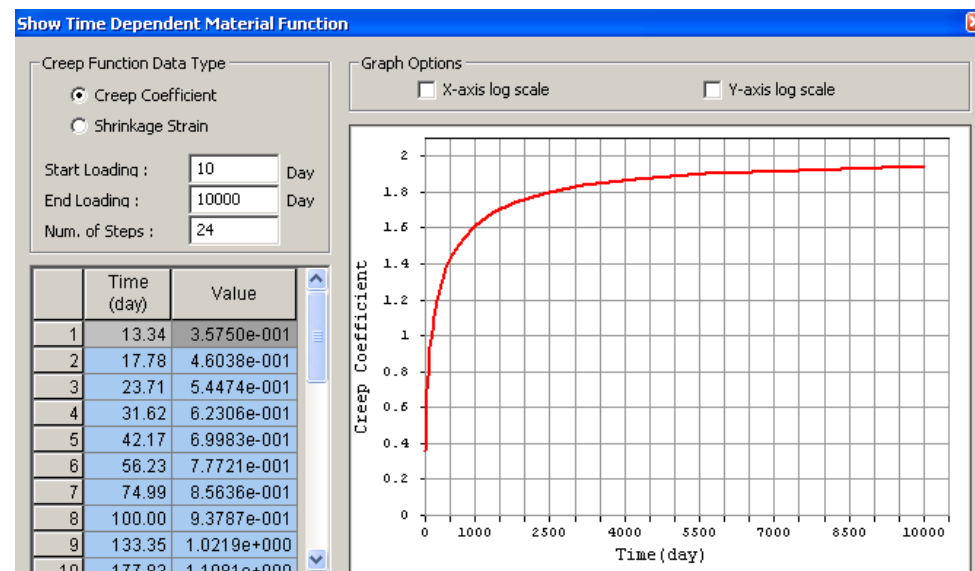
Type of cement

Rapid hardening high strength cement (RS)

Normal or rapid hardening cement (N, R)

Slowly hardening cement (SL)

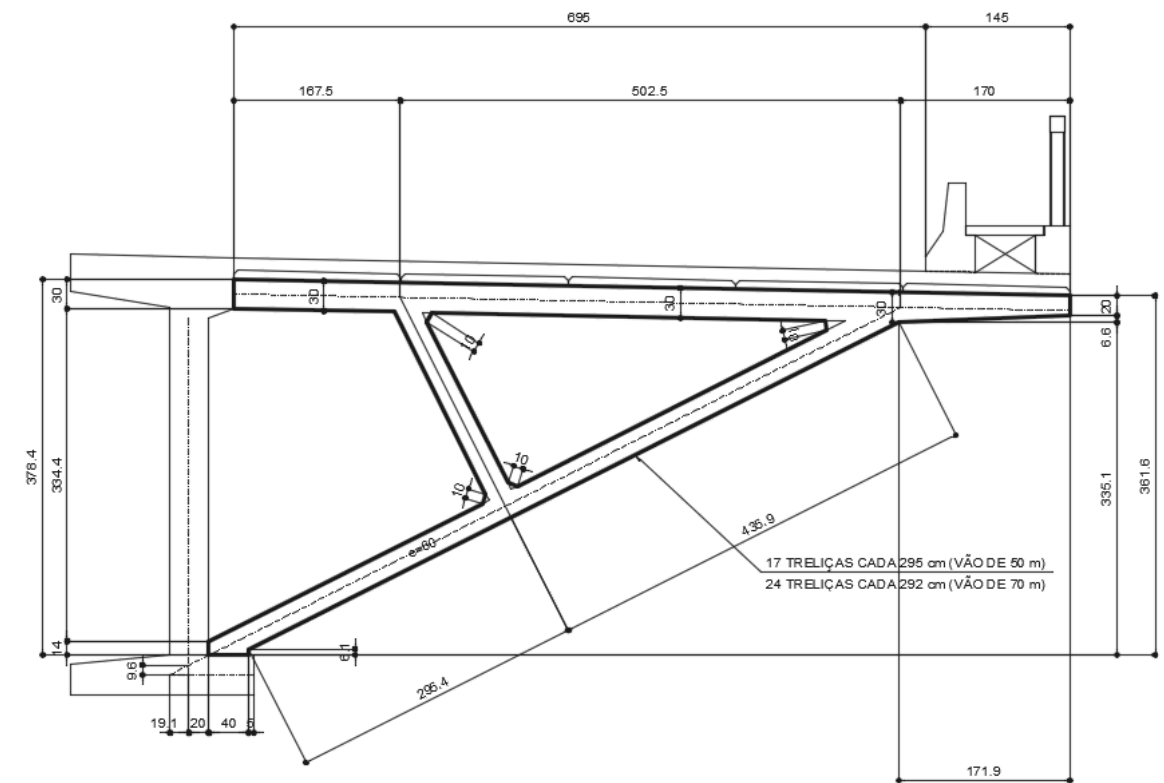
Age of concrete at the beginning of shrinkage : 3 day



5 CARREGAMENTOS:

5.1 Carregamentos permanentes:

- Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área da seções.
- Peso da laje e pré-laje:



devido à variação da inclinação longitudinal adotaremos a favor da segurança 0,25m de espessura

$$p = 2 \times 8,40 \times 0,22 \times 2,5 = 9,24 \text{ tf/m}$$

- Peso da treliça:

$$\text{Peso} = 2 \times (4,82 \times 0,6 \times 2,5) / 2,92 = 4,95 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9,24 + 4,95 = 14,19 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

Barreira central $p = 0,372 \times 2,5 = 0,93 \text{ tf/m}$

Barreiras laterais $p = 2 \times 0,271 \times 2,5 = 1,36 \text{ tf/m}$

Pavimento $p = 2 \times 11,4 \times 0,07 \times 2,4 = 3,83 \text{ tf/m}$

Gradil $p = 2 \times 0,062 \times 2,5 + 2 \times 0,159 \times 2,5 = 1,105 \text{ tf/m}$

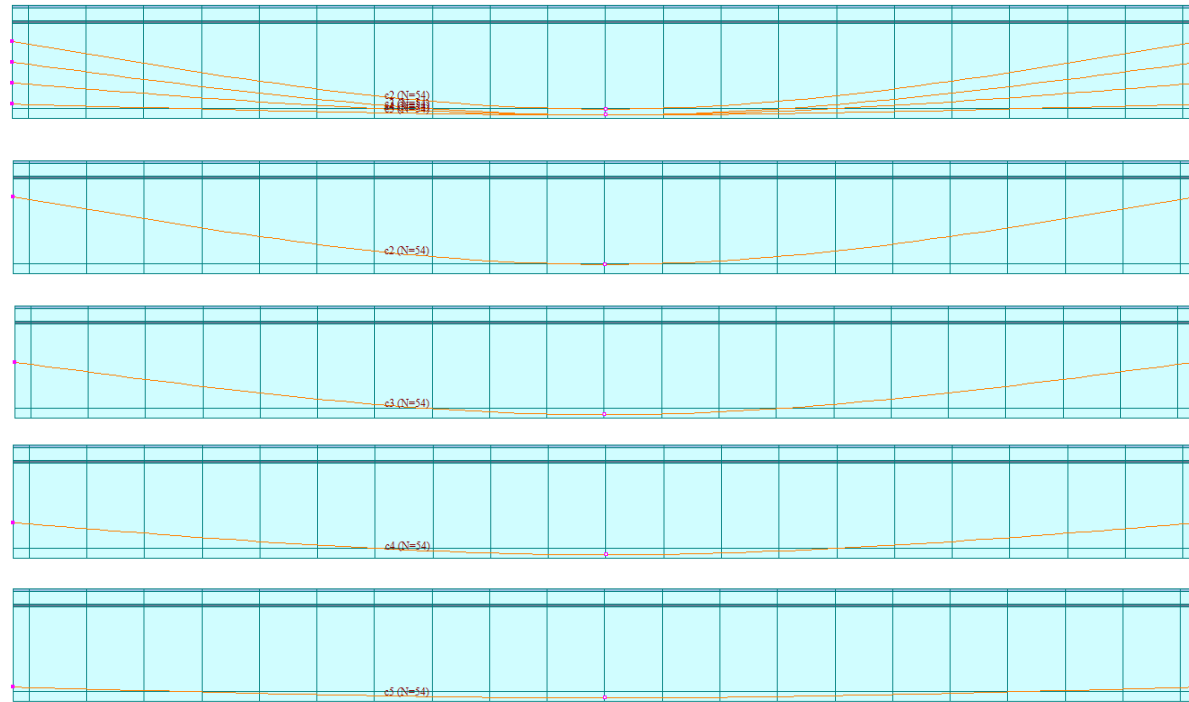
Passeio $p = 0,78 \times 0,1 \times 2 \times 2,5 = 0,39 \text{ tf/m}$

Total $p = 7,615 \text{ tf/m}$

5.2 Cablagem e protensão do caixão

Os cabos de protensão são de 27 cordoalhas de Ø15,2mm. Sendo 4 cabos por alma.

Vista dos cabos de protensão do caixão



Para o modelo de cálculo cada cabo acima temos o equivalente a 54 cordoalhas Ø15,2mm (representando as duas almas).

Propriedades para uma cordoalha:

Add/Modify Tendon Property [X]

Tendon Type

Tendon Name:

Tendon Type:

Material: 6: AÇO

Total Tendon Area: m²

Duct Diameter: m

Relaxation Coefficient: ?8: %

Name:

Ultimate Strength: tonf/m²

Yield Strength: tonf/m²

Curvature Friction Factor:

Wobble Friction Factor: 1/m

External Cable Moment Magnifier: tonf/m²

Anchorage Slip(Draw in)

Begin : m

End : m

Bond Type

Bonded

Unbonded

Cabos protendidos com a tensão de 140.714 tf/m²

Área de cada cordoalha = 1,4 e -4 m²

Protensão de cada cordoalha = 19,7 tf

O programa Midas leva em conta as perdas nos cabos devido ao atrito e encunhamento e também ao longo do tempo.

Os valores apresentados a seguir correspondem a uma cordoalha de 15,2mm protendida com 19,7 tf em somente uma das extremidades do caixão.

5.3 Cargas móveis

Multidão: 0,5 tf/m²

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

CIV = 1,35 ,para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{Liv+50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{46,8 + 50} \right) = 1,22$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n-2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6-2) = 0,8$$

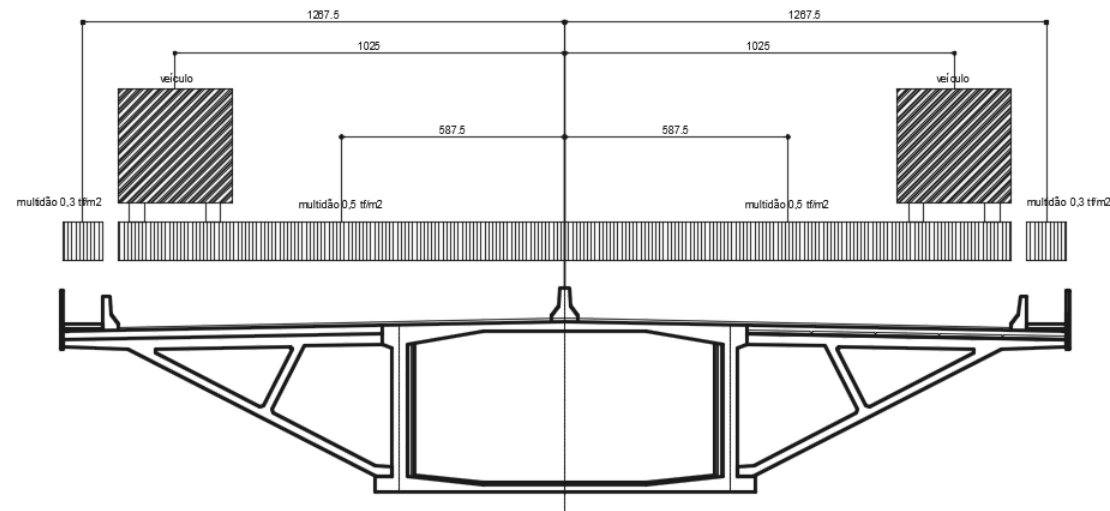
Coeficiente de impacto

$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,22 \times 0,9 = 1,1, \text{ então consideramos } CI = 1,0$$

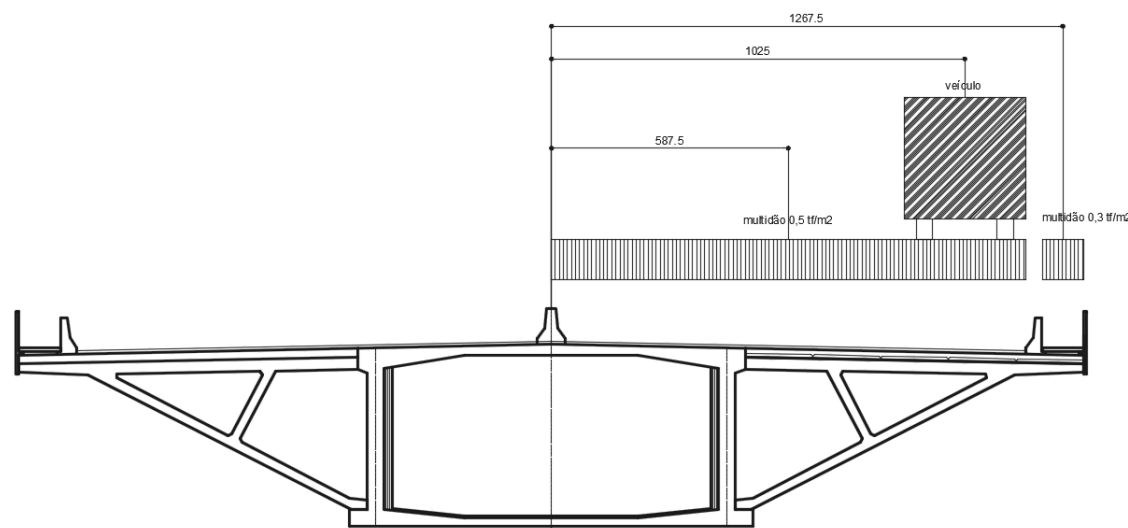
Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

Esquema da carga móvel para cortante máxima

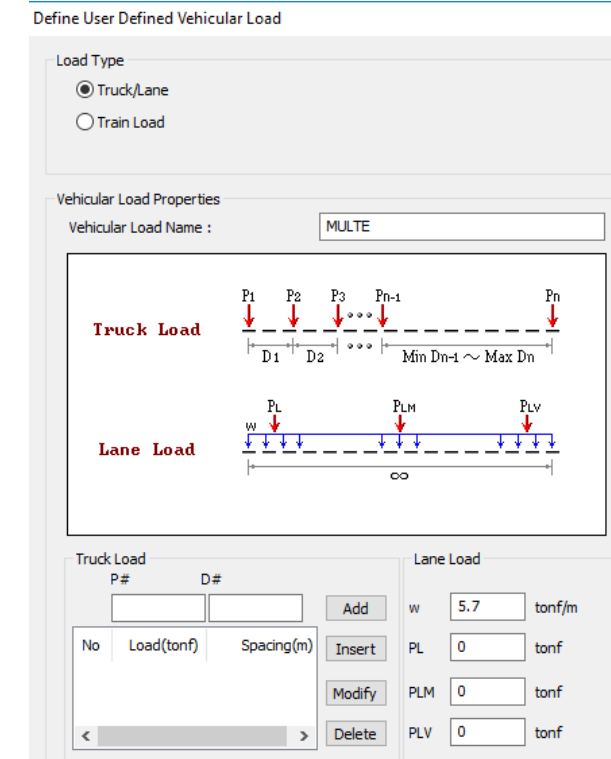


Carga da multidão: $q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,25 m de distância do centro do caixão
Esquema da carga móvel para torção máxima

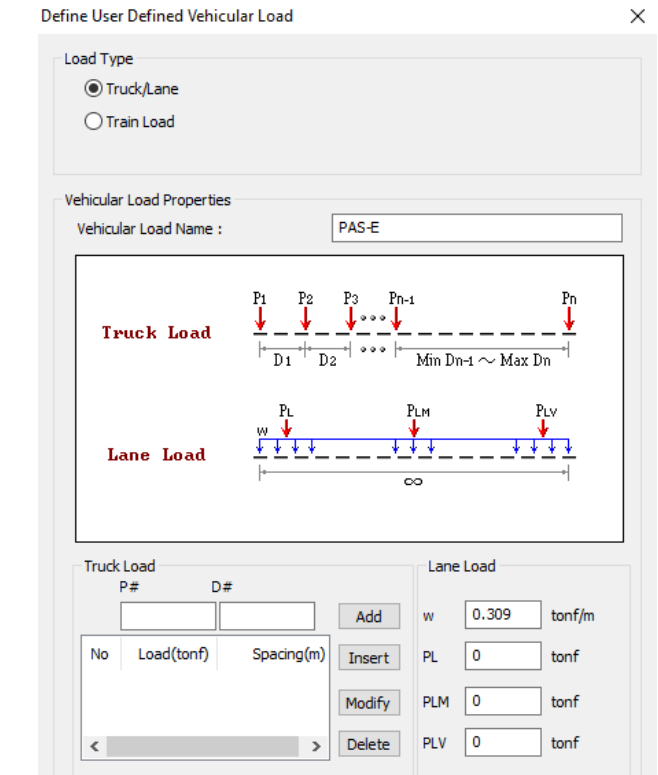


Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,25 m de distância do centro do caixão

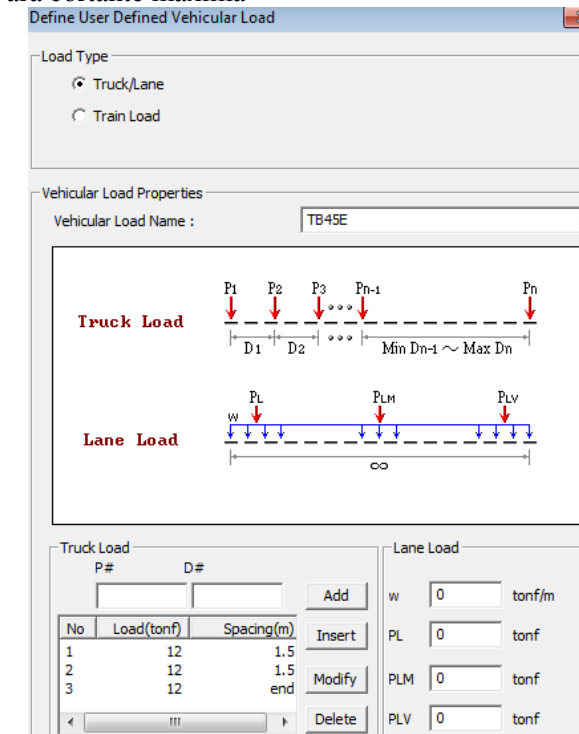
Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.



Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima



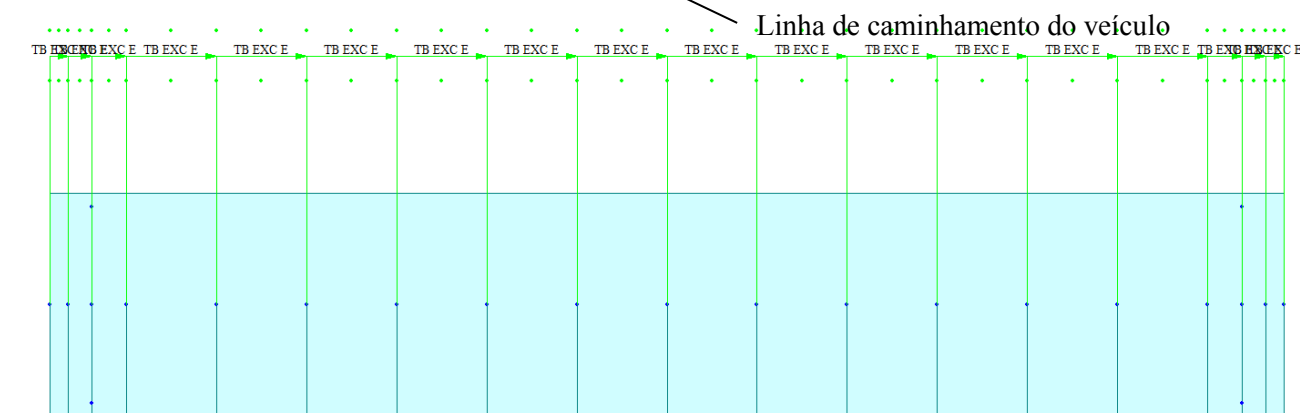
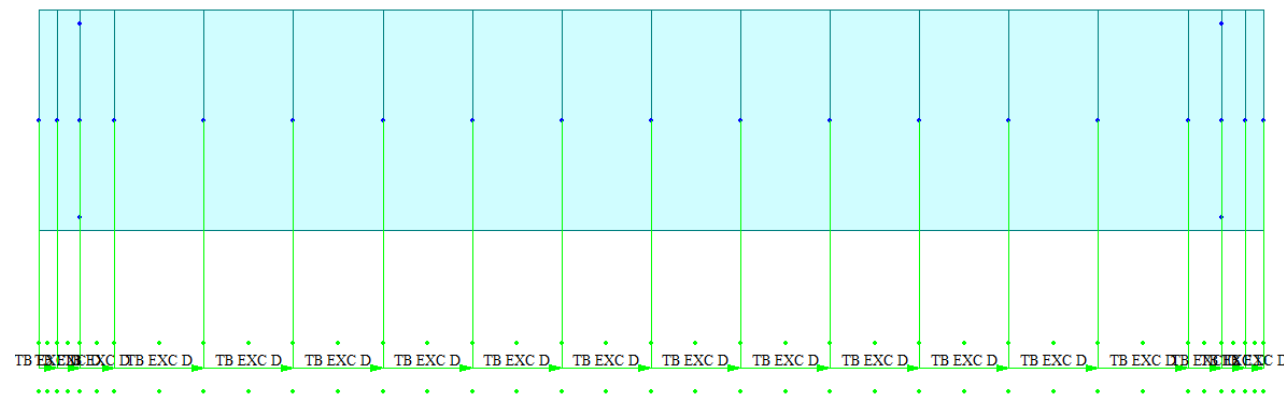
Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



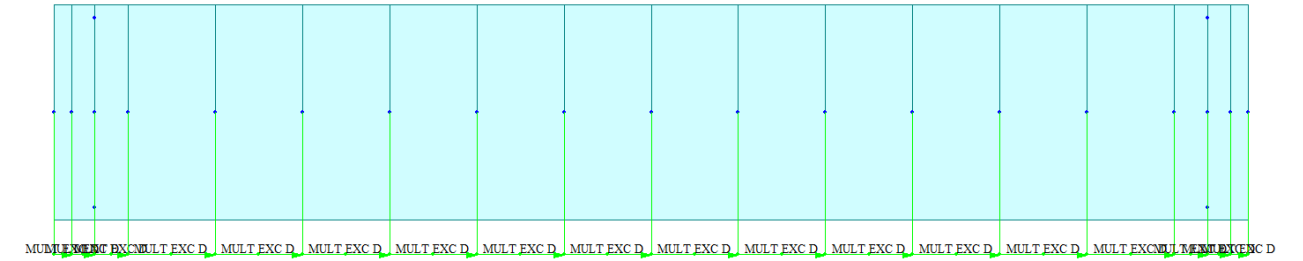
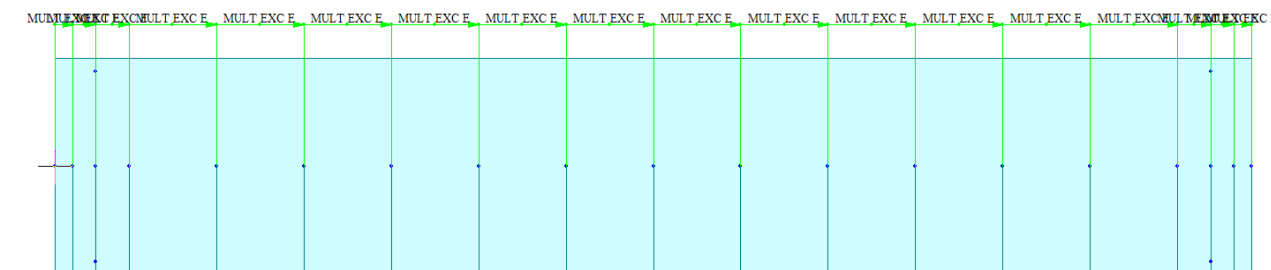
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

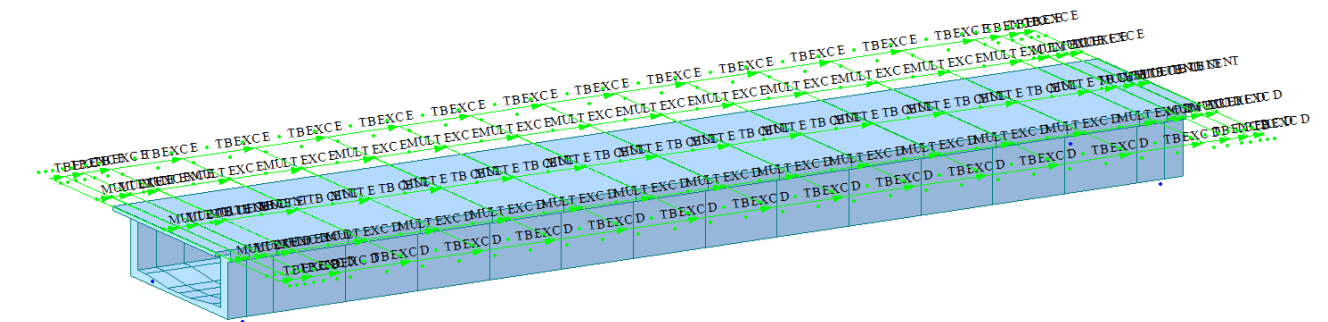
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão.



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



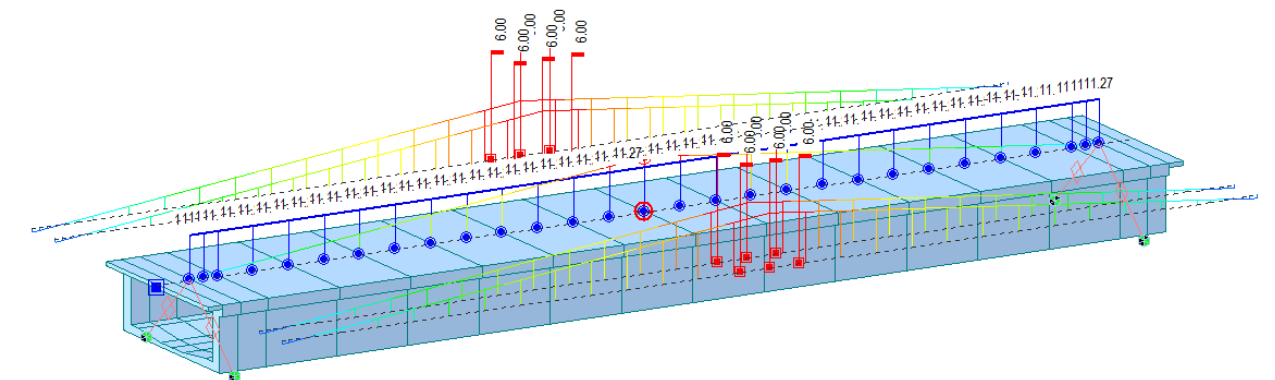
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



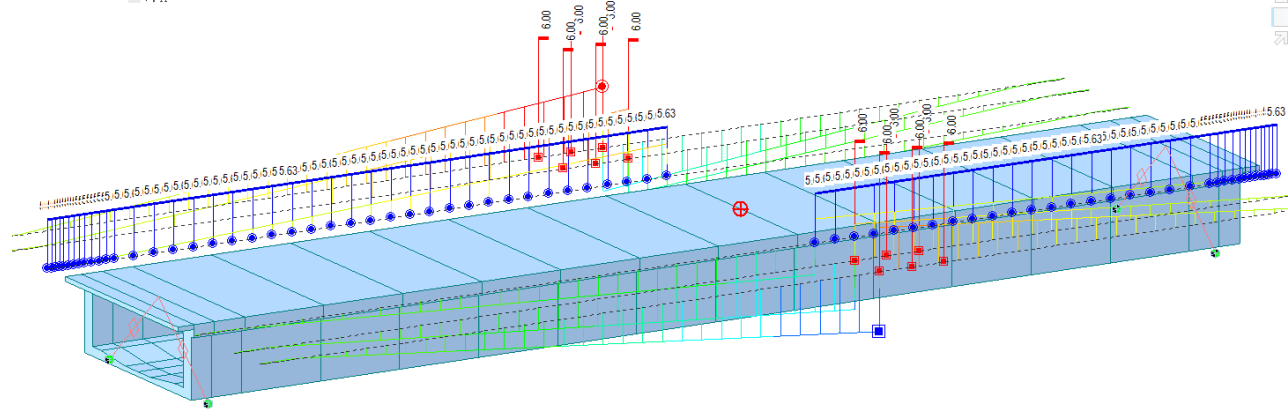
O software Midas determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

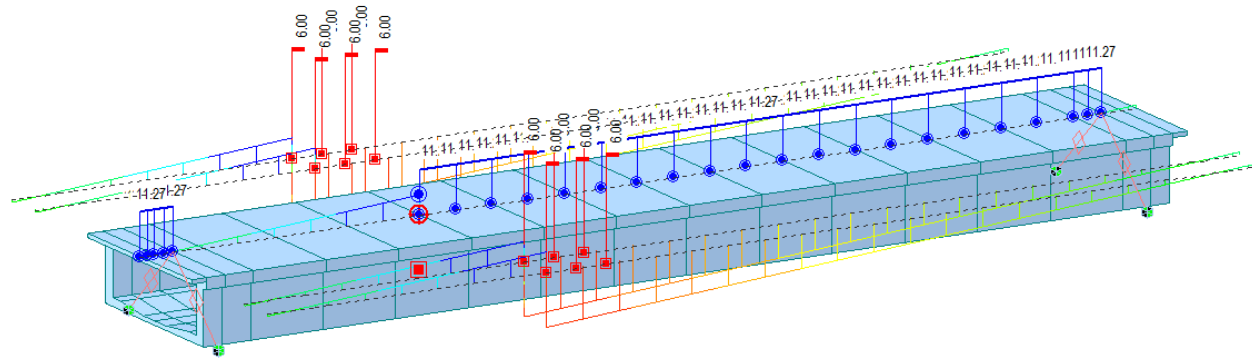
Máximo momento positivo no vão :



Torção máxima em uma barra do caixão



Cortante máxima na mesma barra



- Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto:

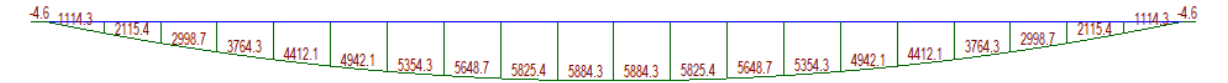
Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa Midas pelo avanço do tempo considerado nas análises. Assim com o nível de protensão na seção e o avanço no tempo o concreto vai retraindo produzindo os efeitos que serão verificados nos elementos da estrutura.

6 RESULTADOS DE ESFORÇOS NO CAIXÃO

Os resultados apresentados são:
Momentos fletores: tf m, Cortante: tf

6.1 Momentos fletores

Momentos fletores permanentes devido ao peso próprio



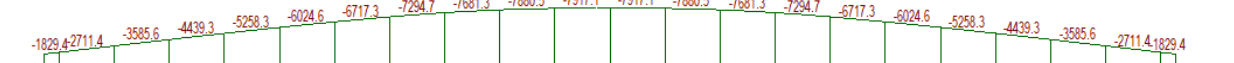
Permanentes com peso do caixão, laje, mão francesa, pavimento e defensas



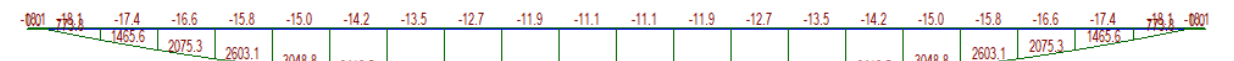
Momentos fletores isostáticos após a protensão



Momentos fletores isostáticos após 10000 dias protensão



Momentos fletores devido à carga móvel

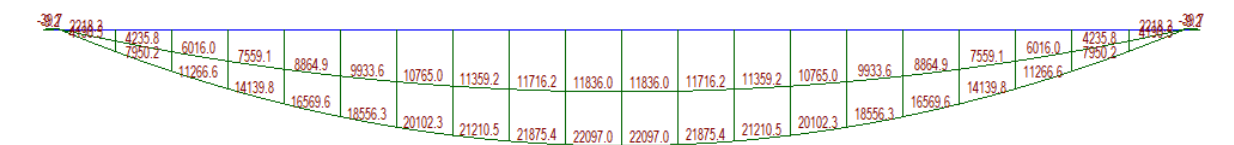


Momentos fletores de cálculo – obra concluída (sem isostático de protensão)

Combinações de ações:

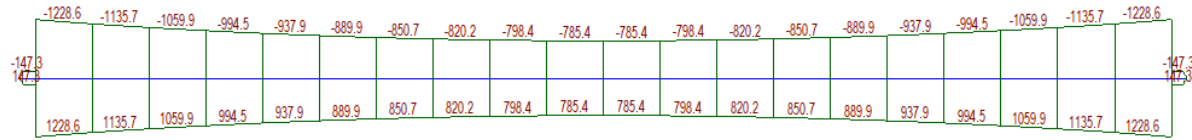
$\gamma_f = 1,35$ para cargas permanentes

$\gamma_f = 1,5$ para carga móvel

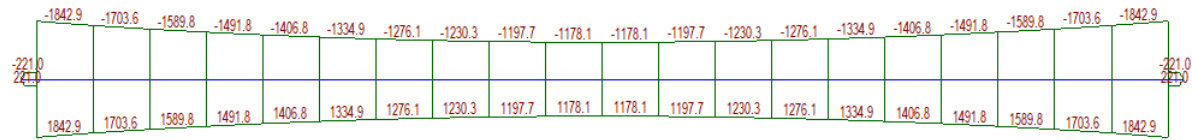


6.2 Momentos torsores

Torsores devido carga móvel



Envoltória de torsores de cálculo



6.3 Esforços axiais

Axiais após a protensão

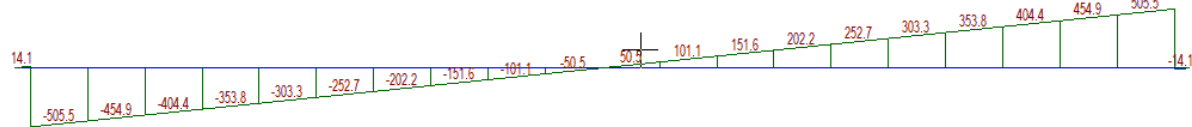


Axiais devido à protensão após 10000 dias da execução da obra

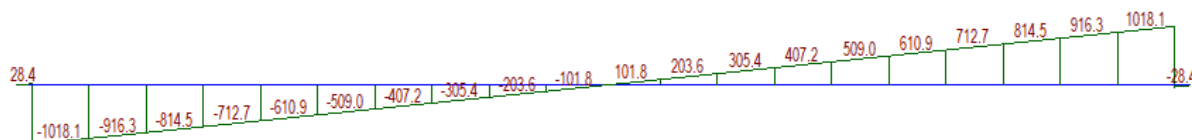


6.4 Esforços cortantes

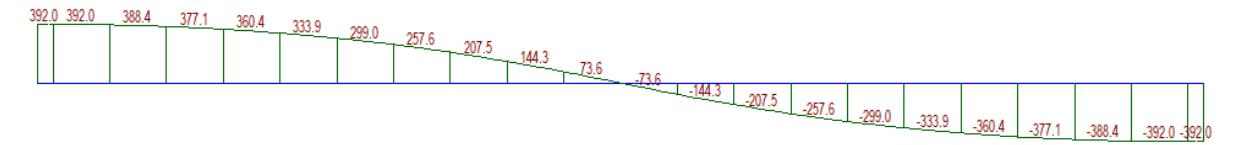
Cortantes permanentes (peso próprio do caixão)



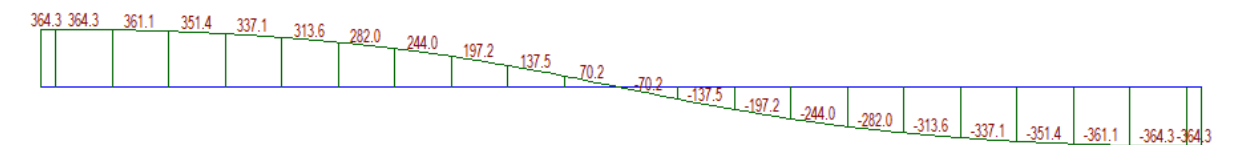
Cortantes permanentes total



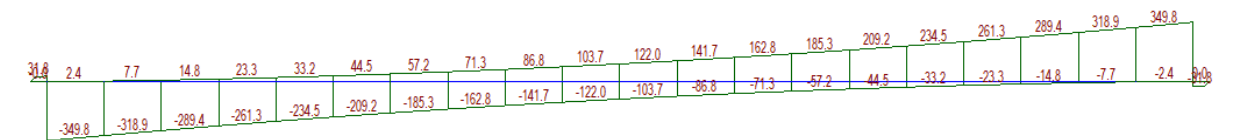
Cortantes isostáticos da protensão



Cortantes isostáticos da protensão, após 10000 dias



Cortante devido carga móvel



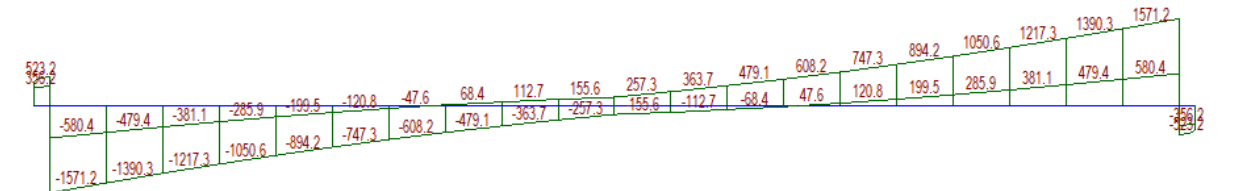
Cortantes de cálculo

Combinações de ações:

$\gamma_f = \{1,35; 1\}$ para cargas permanentes

$\gamma_f = \{0,9\}$ para protensão isostática

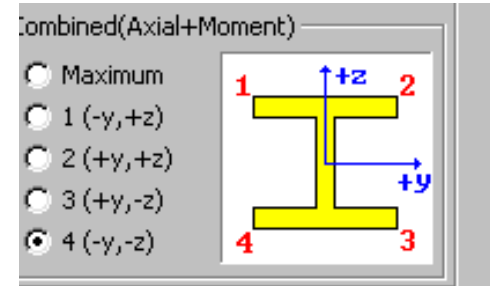
$\gamma_f = 1,5$ para carga móvel



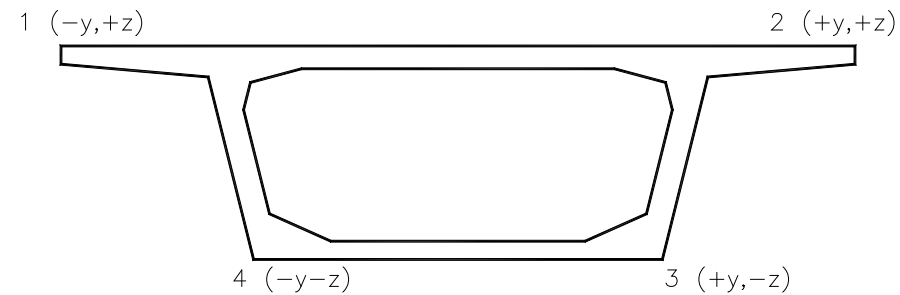
7 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NO CAIXÃO TÍPICO DE 50M

7.1 Análises de tensões

Convenções para os gráficos de tensões



Apresentaremos os gráficos dos pontos 1 (fibra superior) e 4 (fibra inferior) - esquemático:



Os resultados apresentados são:

Tensões: tf/m²

Resultados em tf/m², sendo o sinal negativo – compressão e o sinal positivo + tração

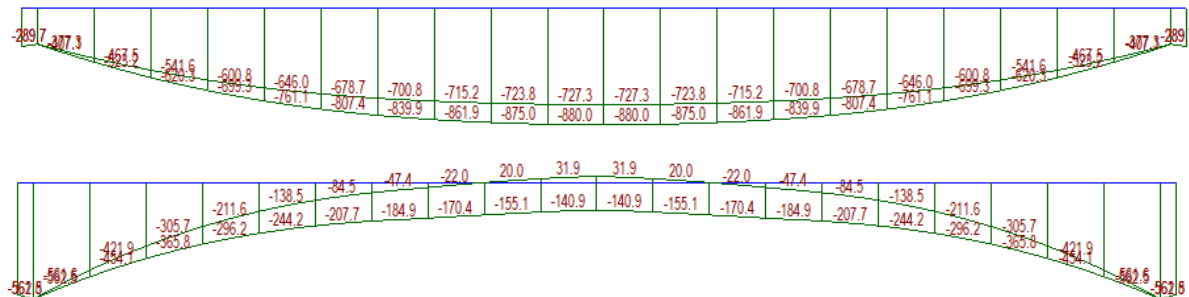
Tensões na face superior / inferior combinação frequente

Observamos na combinação frequente as tensões de tração e compressão no caixão estão abaixo dos limites.

O limite de tração é de $1,2 f_{ctk} = 1,2 \times 0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} = 1,2 \times 0,7 \times 0,3 \times 40^{2/3} = 2,95 \text{ MPa}$

Tensão limite de tração = 295 tf/m².

O limite de compressão é de $0,7 f_{ck} = 0,7 \times 40 = 28 \text{ MPa} = 2800 \text{ tf/m}^2$.



Assim temos que as tensões no caixão estão verificadas.

7.2 Verificação da ruptura das seções (Estado Limite Último)

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT

(<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto, aço CA-50 e aço protendido (com pré-alongamento) seguindo os critérios da norma NBR 6118.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C40 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85

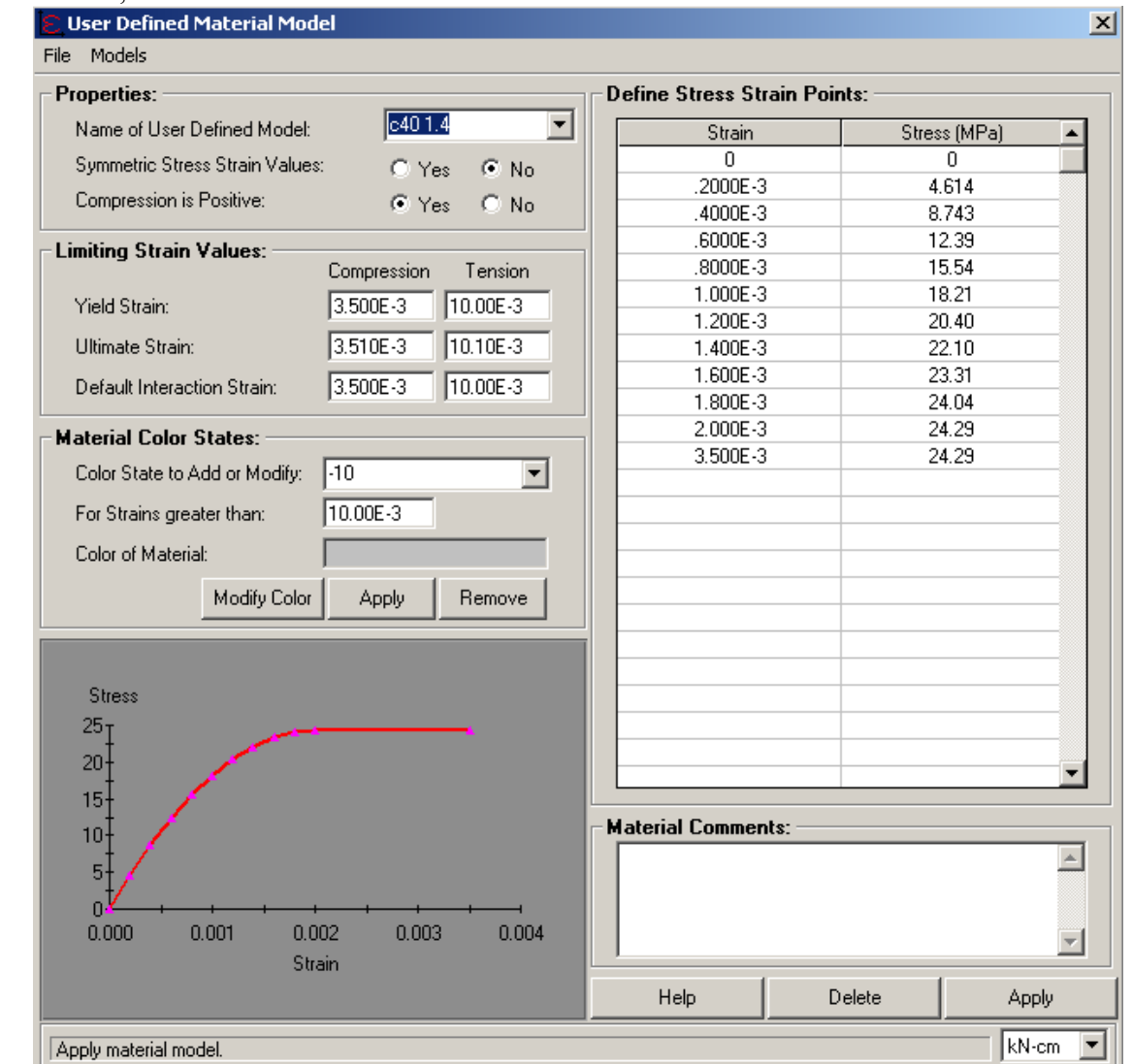


Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)

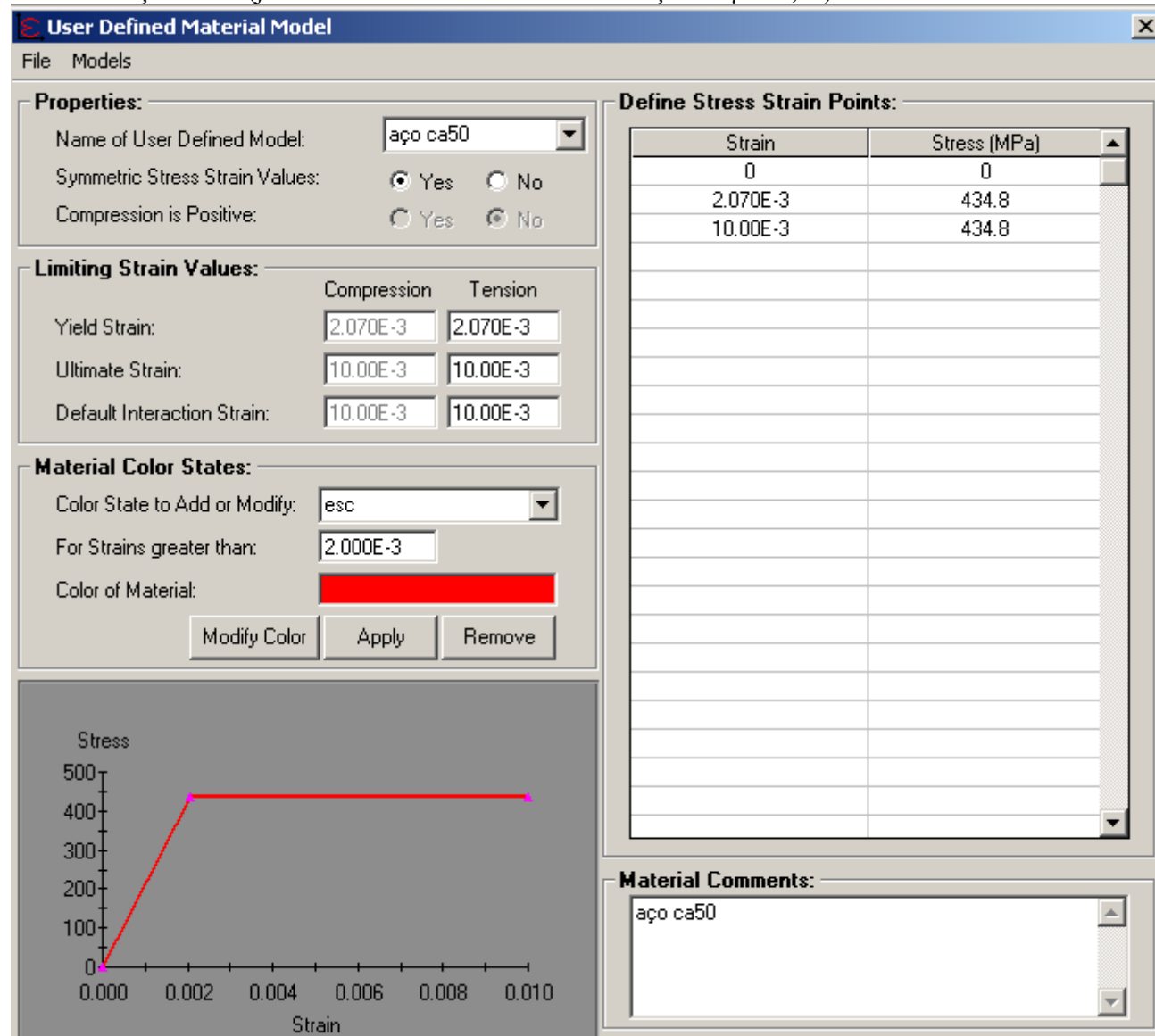
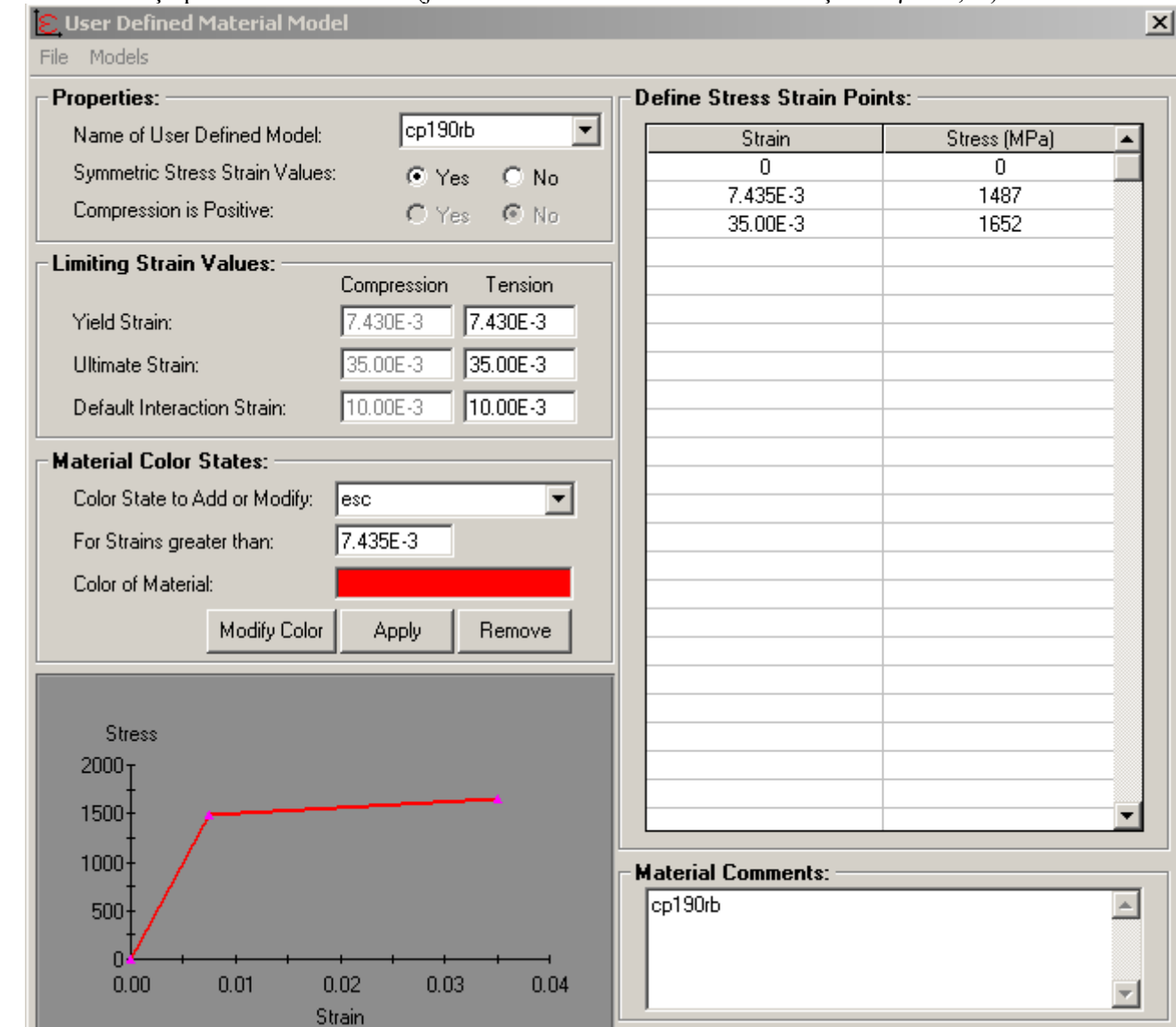
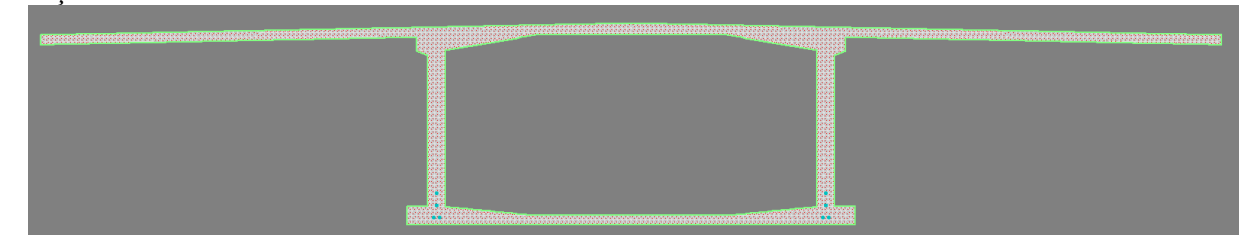


Gráfico do aço protendido CP190RB (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



Seção discretizada com elementos de no máximo 10cm:



CP 190RB –Temos 4 cabos de 27Ø15,2mm em cada alma e armadura passiva.

Section Details:

X Centroid: 127.4 m
Y Centroid: -102.9 m
Section Area: 12.45 m²

Loading Details:

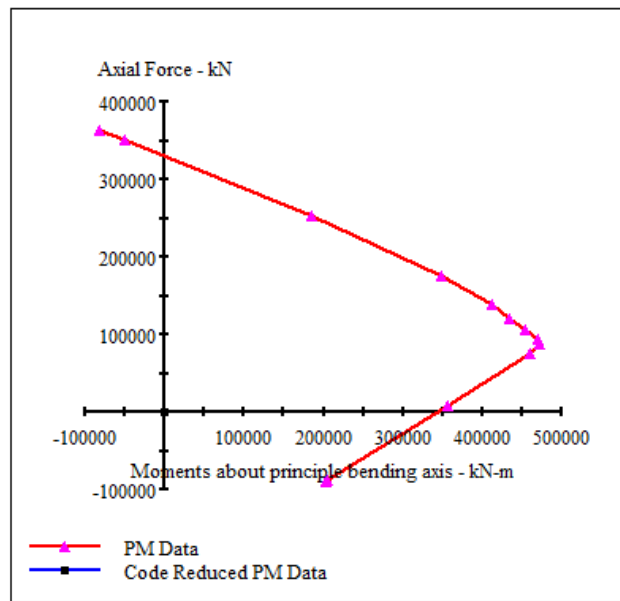
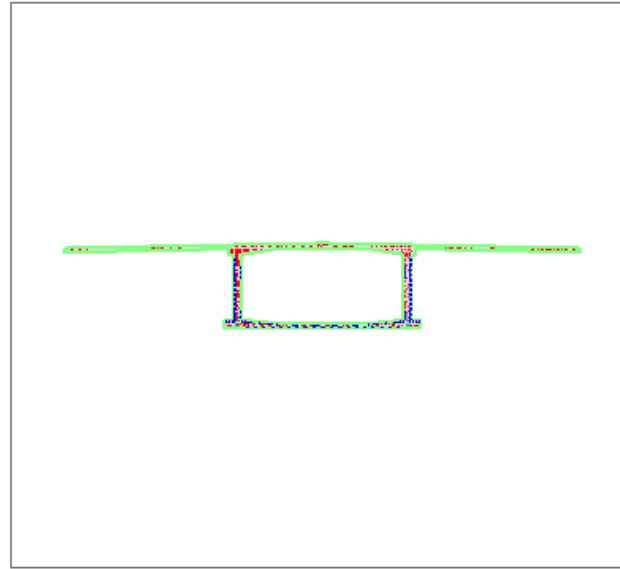
Angle of Loading: 180 deg
Number of Points: 20
Min. c40 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c40 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

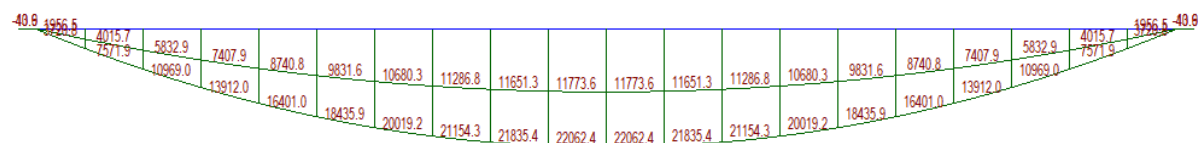
Max. Compression Load: 364.2E+3 kN
Max. Tension Load: -89.35E+3 kN
Maximum Moment: 472.7E+3 kN-m
P at Max. Moment: 87.59E+3 kN
Minimum Moment: -82.57E+3 kN-m
P at Min. Moment: 364.2E+3 kN
Moment (M180) at P=0: 345.0E+3 kN-m
Max. Code Comp. Load: 0 kN
Max. Code Ten. Load: 0 kN
Maximum Code Moment: 0 kN-m
P at Max. Code Moment: 0 kN
Minimum Code Moment: 0 kN-m
P at Min. Code Moment: 0 kN

Comments:

User Comments



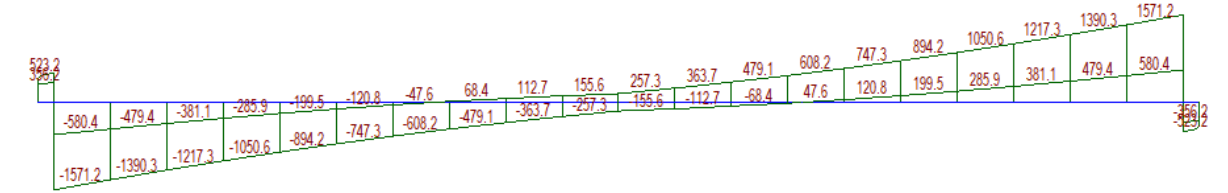
Momentos fletores de cálculo – obra concluída (sem isostático de protensão)



Assim temos que para axial P=0 o momento resistente é de $345,0 \times 10^3 \text{ kN} \times \text{m} = 34500 \text{ tf m}$
Sendo o momento solicitante de 22062.4 tf m.

7.3 Dimensionamento ao cisalhamento e torção nas almas

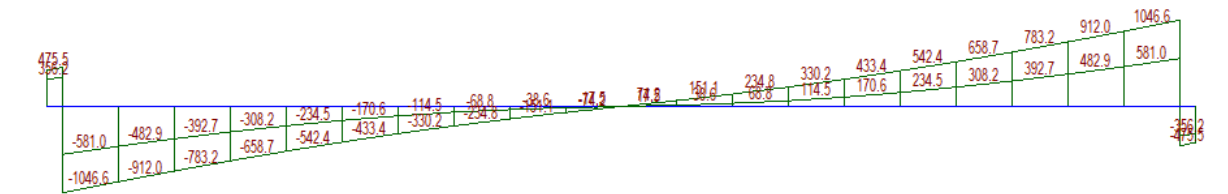
Cortantes de cálculo máximas –
 $\gamma_f = \{1,35\}$ para cargas permanentes $\gamma_f = \{0,9\}$ para protensão isostático
 $\gamma_f = 1,5$ para carga móvel
Cortantes de cálculo



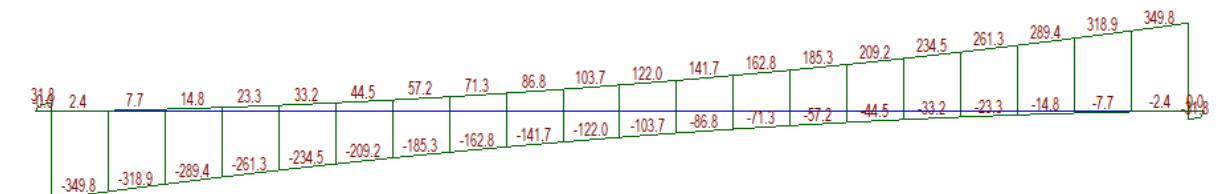
Cortantes equivalentes a permanentes (demais cargas exceto carga móvel)

$\gamma_f = \{1,35; 1\}$ para cargas permanentes $\gamma_f = 0,9$ para protensão isostático

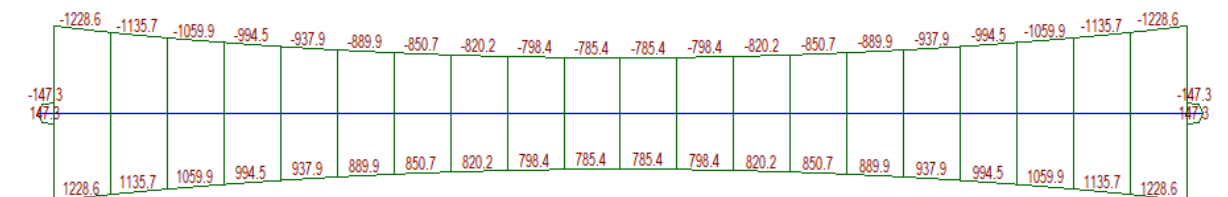
Do resultado desta soma de esforços foi dividido por 1,35 (coeficiente para carga permanente) – pois na planilha de dimensionamento temos os esforços permanentes e móveis separados para a análise da fadiga.



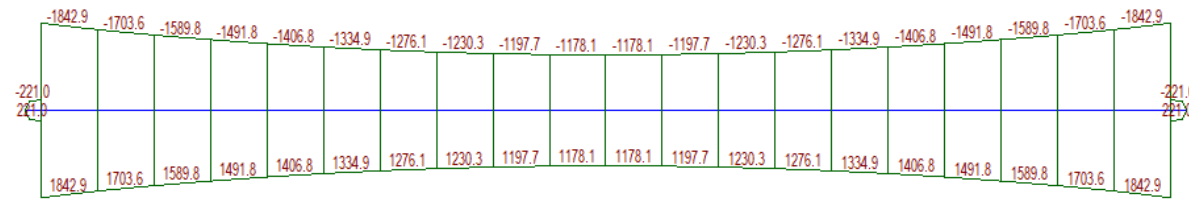
Cortantes devido à carga móvel máxima (tf)



Torsões devido à carga móvel máxima (tf)



Torsões de cálculo



Para dimensionamento da armadura de cisalhamento foi considerado que o esforço cortante é distribuído igualmente pelas 2 almas do caixão.

Já a torção pela espessura fictícia da seção A_e (linha média de acordo com a norma).

A favor da segurança, não será considerada a concomitância entre cortante máximo e torção equivalente.

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

| | | | |
|-----------------|------|-----------------|------|
| $\gamma_{fg} =$ | 1.35 | $\gamma_{fq} =$ | 1.50 |
| $\gamma_{fg} =$ | 1.00 | $\gamma_{fp} =$ | 0.90 |

Estado Limite de Utilização (Combinação Frequente das Ações):

| | | | |
|-----------------|----------|-----------------------------|------|
| $\gamma_{fg} =$ | 1.00 | $\psi_1 =$ | 0.50 |
| Nº de Ciclos | 2.00E+06 | Δ_{fsd} fadiga (MPa) | 85 |

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

| | |
|--------------|------|
| $\gamma_c =$ | 1.4 |
| $\gamma_s =$ | 1.15 |

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

| | | | |
|------------------|-----|---------------|----|
| f_{ck} (MPa) | 40 | Ø Bainha (cm) | 22 |
| f_{yk} (MPa) | 500 | TETA (°) | 45 |
| α (graus) | 90 | | |

Modelo de verificação

- Modelo I 1
 Modelo II

Apresentaremos os cálculos a seguir considerando o dimensionamento de uma alma do caixão, ou seja, os esforços cortantes obtidos serão divididos por 2 e o esforço de torção considerado integralmente.

Dimensionamento de cortante máxima com torção concomitante

ESFORÇOS SOLICITANTES:

| | | Apoio | 9m |
|-------------|--------|--------|--------|
| V_{gk} | (tf) | 377.00 | 226.30 |
| V_{qkmax} | (tf) | 174.90 | 117.30 |
| V_{qkmin} | (tf) | | |
| V_{pk} | (tf) | | |
| T_{gk} | (tf m) | | |
| T_{qk} | (tf m) | 123.00 | 123.00 |

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SECÃO:

| | | Apoio | 9m |
|------------------|--------------------|--------|--------|
| d | (cm) | 418.00 | 418.00 |
| bw | (cm) | 60.00 | 40.00 |
| bainha na alma | | s | s |
| bw útil | (cm) | 49.00 | 29.00 |
| bitola (mm) | (mm) | 20 | 20 |
| Ramos de estribo | | 2 | 2 |
| A_e | (cm ²) | 368138 | 368139 |
| hef | (cm) | 49.0 | 29.0 |
| uef | (cm) | 2578 | 2579 |

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

| | | Apoio | 9m |
|-----------------------------------|--------|-------------|-------------|
| V_{sd} | (tf) | 771 | 481 |
| V_{rd2} | (tf) | 1327 | 786 |
| T_{sd} | (tf m) | 185 | 185 |
| T_{rd2} | (tf m) | 21647 | 12811 |
| $T_{sd}/T_{rd2} + V_{sd}/V_{rd2}$ | | 0.59 | 0.63 |

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

| | | | |
|----------------|----------------------|--------------|--------------|
| f_{ctm} | (MPa) | 3.51 | 3.51 |
| f_{ctd} | (MPa) | 1.75 | 1.75 |
| $V_c = V_{co}$ | (tf) | 216 | 128 |
| Taxa mínima | | 0.14 | 0.14 |
| A_{swmin} | (cm ² /m) | 8.42 | 5.61 |
| A_{sw} | (cm ² /m) | 33.97 | 21.63 |

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

| | | | |
|-------------------|----------------------|-------------|-------------|
| A_l/s (pele) | (cm ² /m) | 0.58 | 0.58 |
| A_sT/s (torção) | (cm ² /m) | 0.58 | 0.58 |

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

| | | | |
|----------------------|----------------------|--------------|--------------|
| V_{Sdmax} | (tf) | 464 | 285 |
| V_{Sdmin} | (tf) | 377 | 226 |
| σ_{swmax} | (MPa) | 279 | 272 |
| σ_{swmin} | (MPa) | 211 | 200 |
| $\Delta\sigma_s$ | (MPa) | 68 | 72 |
| $\Delta\sigma_{adm}$ | (MPa) | 85 | 85 |
| $K < 1.79$ (EB-3) | | 1.00 | 1.00 |
| $A_{swcorrig.}$ | (cm ² /m) | 33.97 | 21.63 |

Armadura total necessária nas almas do caixão (A_s cisalhamento + A_s torção)

Dimensionamento de torção máxima com cortante concomitante

ESFORÇOS SOLICITANTES:

| | | Apoio | 9m |
|--------|--------|---------|--------|
| Vgk | (tf) | 377.00 | 226.30 |
| Vqkmax | (tf) | 147.47 | 46.80 |
| Vqkmin | (tf) | | |
| Vpk | (tf) | | |
| Tgk | (tf m) | | |
| Tqk | (tf m) | 1228.60 | 937.90 |

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SECÃO:

| | | Apoio | 9m |
|------------------|-------|--------|--------|
| d | (cm) | 418.00 | 418.00 |
| bw | (cm) | 60.00 | 40.00 |
| bainha na alma | | s | s |
| bw útil | (cm) | 49.00 | 29.00 |
| bitola (mm) | (mm) | 20 | 20 |
| Ramos de estribo | | 2 | 2 |
| Ae | (cm²) | 368138 | 368139 |
| hef | (cm) | 49.0 | 29.0 |
| uef | (cm) | 2578 | 2579 |

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

| | | Apoio | 9m |
|--------------------|--------|-------|-------|
| Vsd | (tf) | 730 | 376 |
| Vrd2 | (tf) | 1327 | 786 |
| Tsd | (tf m) | 1843 | 1407 |
| Trd2 | (tf m) | 21647 | 12811 |
| Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2 | | 0.64 | 0.59 |

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

| | | | |
|-------------|---------|-------|-------|
| fctm | (MPa) | 3.51 | 3.51 |
| fctd | (MPa) | 1.75 | 1.75 |
| Vc = Vco | (tf) | 216 | 128 |
| Taxa mínima | | 0.14 | 0.14 |
| Aswmin | (cm²/m) | 8.42 | 5.61 |
| Asw | (cm²/m) | 31.46 | 15.17 |

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

| | | | |
|----------------|---------|------|------|
| Al/s (pele) | (cm²/m) | 5.76 | 4.39 |
| AsT/s (torção) | (cm²/m) | 5.76 | 4.39 |

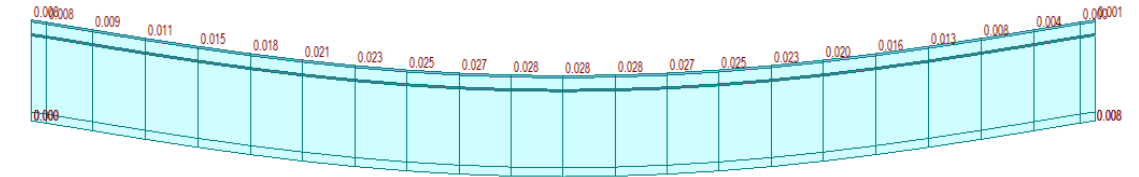
VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

| | | | |
|-----------------|---------|-------|-------|
| VSdmax | (tf) | 451 | 250 |
| VSdmin | (tf) | 377 | 226 |
| σσwmax | (MPa) | 290 | 326 |
| σσwmin | (MPa) | 227 | 285 |
| Δσs | (MPa) | 62 | 41 |
| Δσsadm | (MPa) | 85 | 85 |
| K < 1.79 (EB-3) | | 1.00 | 1.00 |
| Aswcorrig. | (cm²/m) | 31.46 | 15.17 |

Armadura total necessária nas almas do caixão (As cisalhamento + As torção)

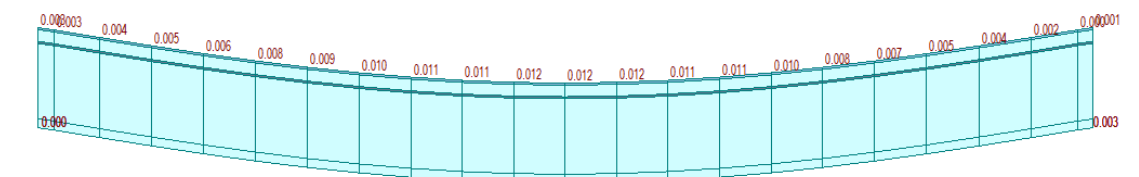
8 VERIFICAÇÕES DE DEFORMAÇÕES DO CAIXÃO

Flechas após 10000 dias para cargas permanentes (m)



Estando os valores dentro dos limites de L/300 ($46,8/300 = 0,156m$).

Deformação devida carga móvel (m)



Estando os valores dentro dos limites de L/500 ($46,8/500 = 0,094m$).

Assim podemos verificar que as deformações para carga móvel está verificadas.

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

PRODUTO 2 – REVISÃO CONCEITUAL COM LARGURA REDUZIDA

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO SUPERESTRUTURA – VÃO DE 70 m

CONTRATO N° 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10212-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

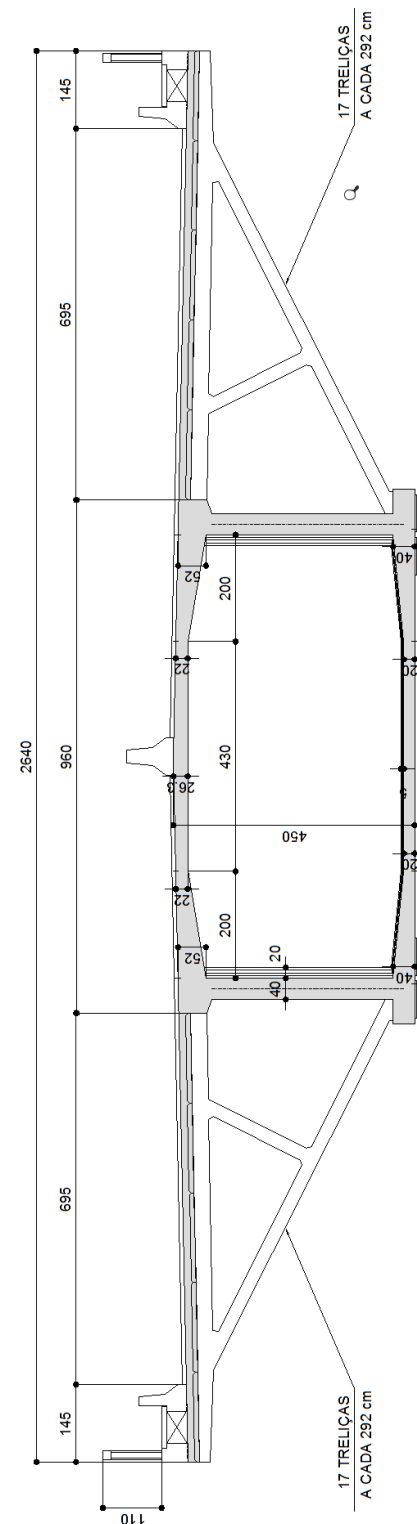


ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 |
| 1.1 | Seção transversal típica do caixão..... | 2 |
| 2 | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 |
| 3 | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO..... | 2 |
| 4 | MODELOS DE CÁLCULO | 3 |
| 4.1 | Geometria do modelo de cálculo | 3 |
| 4.2 | Propriedades do modelo de cálculo..... | 3 |
| 4.3 | Materiais..... | 3 |
| 5 | CARREGAMENTOS: | 4 |
| 5.1 | Carregamentos permanentes:..... | 4 |
| 5.2 | Cablagem e protensão do caixão | 5 |
| 5.3 | Cargas móveis..... | 5 |
| 6 | RESULTADOS DE ESFORÇOS NO CAIXÃO | 8 |
| 6.1 | Momentos fletores..... | 8 |
| 6.2 | Momentos torsores | 9 |
| 6.3 | Esforços axiais..... | 9 |
| 6.4 | Esforços cortantes | 9 |
| 7 | DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NO CAIXÃO TÍPICO DE 70M | 10 |
| 7.1 | Análises de tensões | 10 |
| 7.2 | Verificação da ruptura das seções (Estado Limite Último)..... | 10 |
| 7.3 | Dimensionamento ao cisalhamento e torção nas almas | 12 |
| 8 | VERIFICAÇÕES DE DEFORMAÇÕES DO CAIXÃO..... | 14 |

1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Seção transversal típica do caixão



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;
- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);
- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27 Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

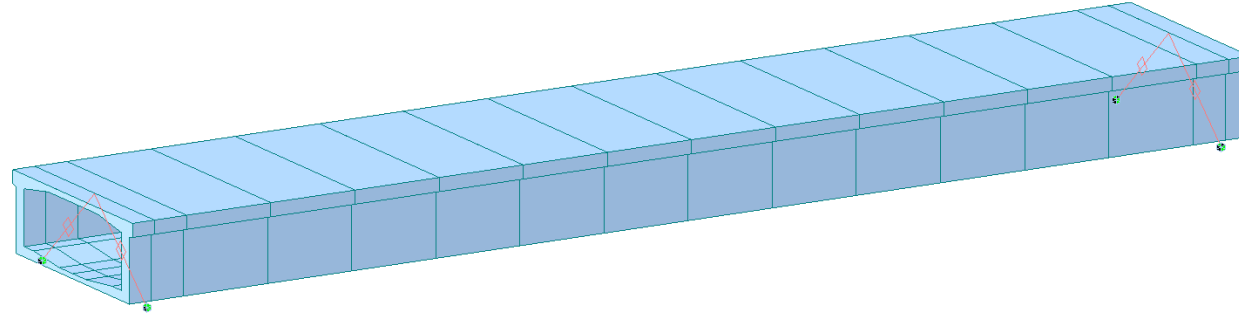
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 295cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

Finalizando a obra com as barreiras e pavimentação.

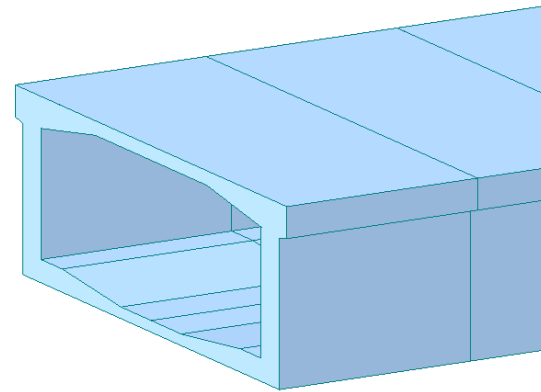
4 MODELOS DE CÁLCULO

4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é um pórtico espacial composto de barras para o tabuleiro. Já para os estais temos elementos de cabos (elementos que resistem somente à tração refletindo mudança na rigidez de acordo com a força de tração no cabo – considerando também a catenária do cabo).
Elevação lateral do modelo de cálculo da superestrutura.



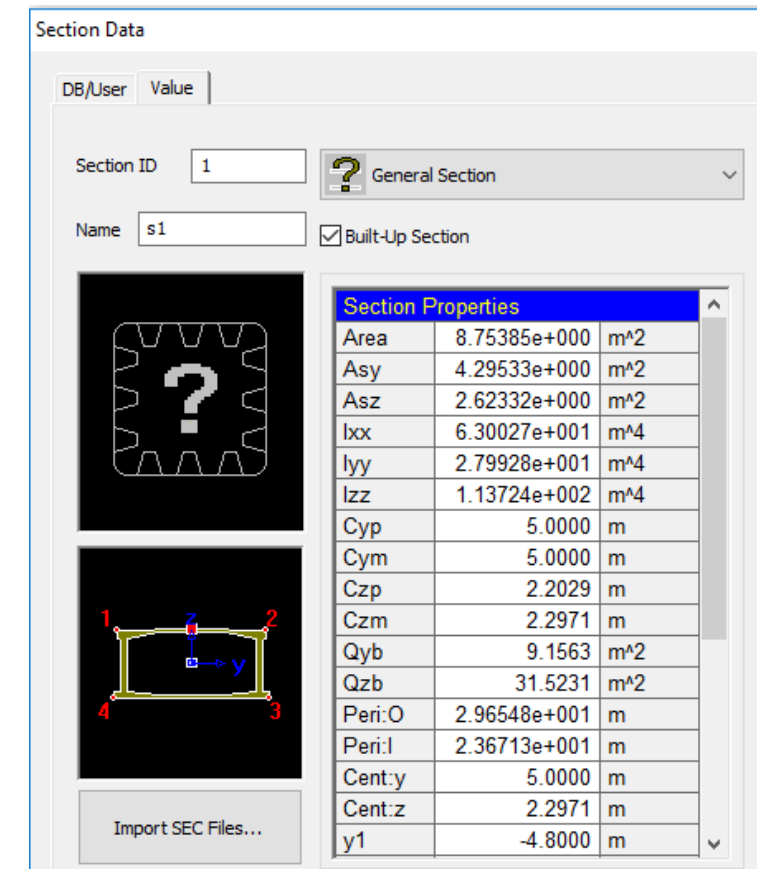
O vão de cálculo considerado foi de 46,80m (entre apoios)



Como elemento estrutural longitudinal foi considerado somente o núcleo central do caixão.

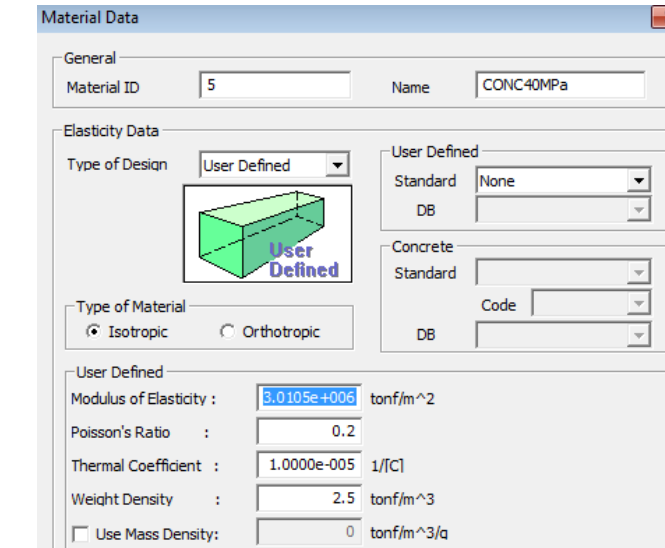
4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):
Seção transversal típica



4.3 Materiais

Concreto do tabuleiro



Concreto C40

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)

Name : C&s 40MPa Code : CEB-FIP

CEB

Compressive strength of concrete at the age of 28 days : 4000 tonf/m²

Relative Humidity of ambient environment (40 - 99) : 70 %

Notational size of member : 0.5 m

$h = 2 * A_c / u$ (A_c : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere)

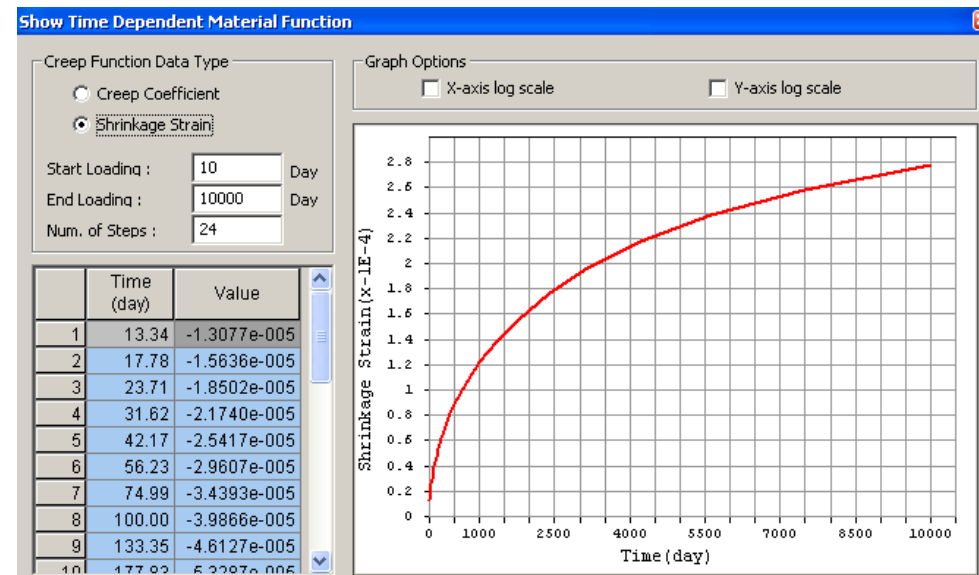
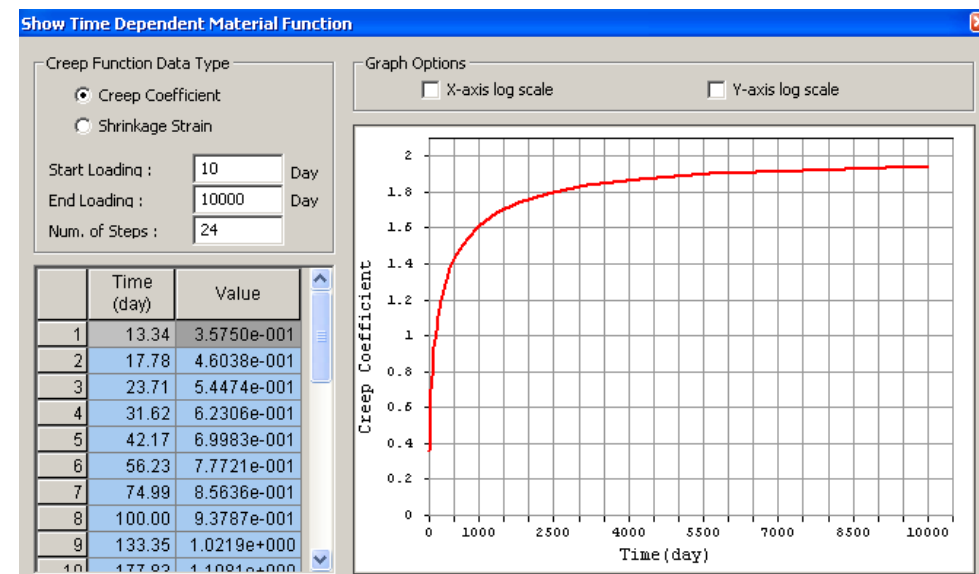
Type of cement

Rapid hardening high strength cement (RS)

Normal or rapid hardening cement (N, R)

Slowly hardening cement (SL)

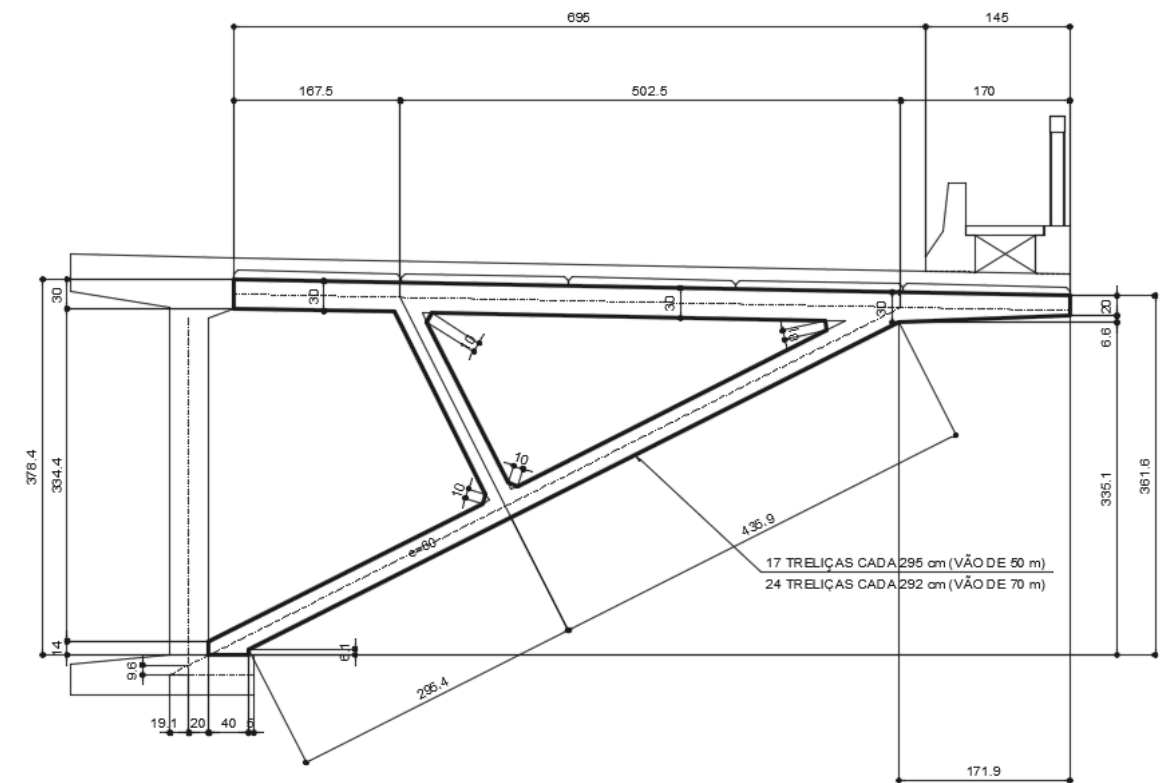
Age of concrete at the beginning of shrinkage : 3 day



5 CARREGAMENTOS:

5.1 Carregamentos permanentes:

- Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área da seções.
- Peso da laje e pré-laje:



devido à variação da inclinação longitudinal adotaremos a favor da segurança 0,25m de espessura

$$p = 2 \times 8,40 \times 0,22 \times 2,5 = 9,24 \text{ tf/m}$$

- Peso da treliça:
 $\text{Peso} = 2 \times (4,82 \times 0,6 \times 2,5) / 2,92 = 4,95 \text{ tf/m}$
 Totalizando de laje e treliça a carga de $9,24 + 4,95 = 14,19 \text{ tf/m}$

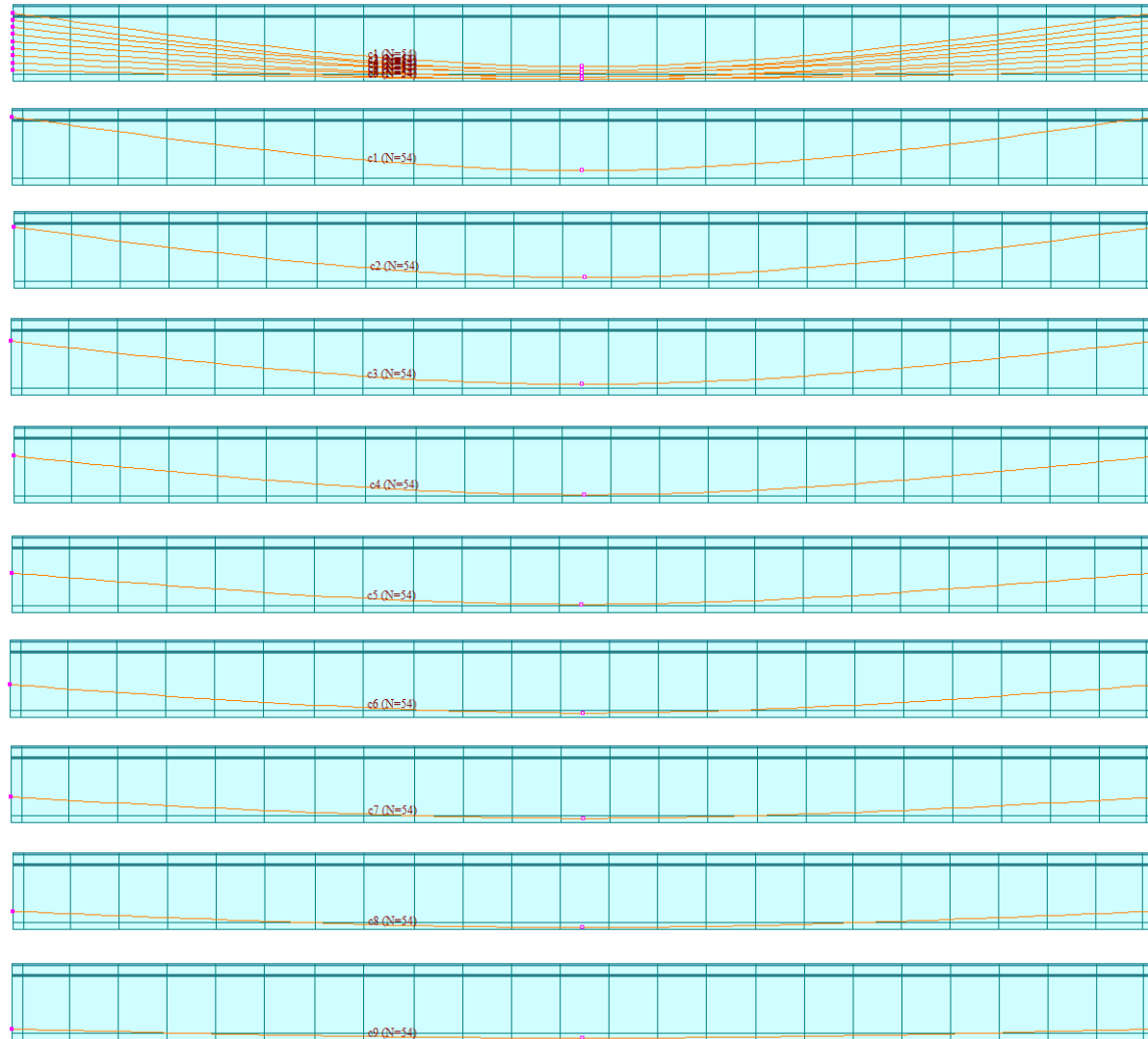
• **Peso de defensas e pavimentos**

- Barreira central $p = 0,372 \times 2,5 = 0,93 \text{ tf/m}$
- Barreiras laterais $p = 2 \times 0,271 \times 2,5 = 1,36 \text{ tf/m}$
- Pavimento $p = 2 \times 11,4 \times 0,07 \times 2,4 = 3,83 \text{ tf/m}$
- Gradil $p = 2 \times 0,062 \times 2,5 + 2 \times 0,159 \times 2,5 = 1,105 \text{ tf/m}$
- Passeio $p = 0,78 \times 0,1 \times 2 \times 2,5 = 0,39 \text{ tf/m}$
- Total $p = 7,615 \text{ tf/m}$

5.2 Cablagem e protensão do caixão

Os cabos de protensão são de 27 cordoalhas de Ø15,2mm. Sendo 9 cabos por alma.

Vista dos cabos de protensão do caixão



Para o modelo de cálculo cada cabo acima temos o equivalente a 54 cordoalhas Ø15,2mm (representando as duas almas).

Propriedades para uma cordoalha:

Add/Modify Tendon Property [X]

Tendon Name:

Tendon Type:

Material: 6: AÇO

Total Tendon Area: m²

Duct Diameter: m

Relaxation Coefficient: ?8: %

Name:

Ultimate Strength: tonf/m²

Yield Strength: tonf/m²

Curvature Friction Factor:

Wobble Friction Factor: 1/m

External Cable Moment Magnifier: tonf/m²

Anchorage Slip(Draw in):
 Begin : m
 End : m

Bond Type:
 Bonded
 Unbonded

Cabos protendidos com a tensão de 140.714 tf/m²

Área de cada cordoalha = 1,4 e -4 m²

Protensão de cada cordoalha = 19,7 tf

O programa Midas leva em conta as perdas nos cabos devido ao atrito e encunhamento e também ao longo do tempo.

Os valores apresentados a seguir correspondem a uma cordoalha de 15,2mm protendida com 19,7 tf em somente uma das extremidades do caixão.

5.3 Cargas móveis

Multidão: 0,5 tf/m²

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

CIV = 1,35 ,para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{Liv+50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{46,6 + 50} \right) = 1,22$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n-2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6-2) = 0,8$$

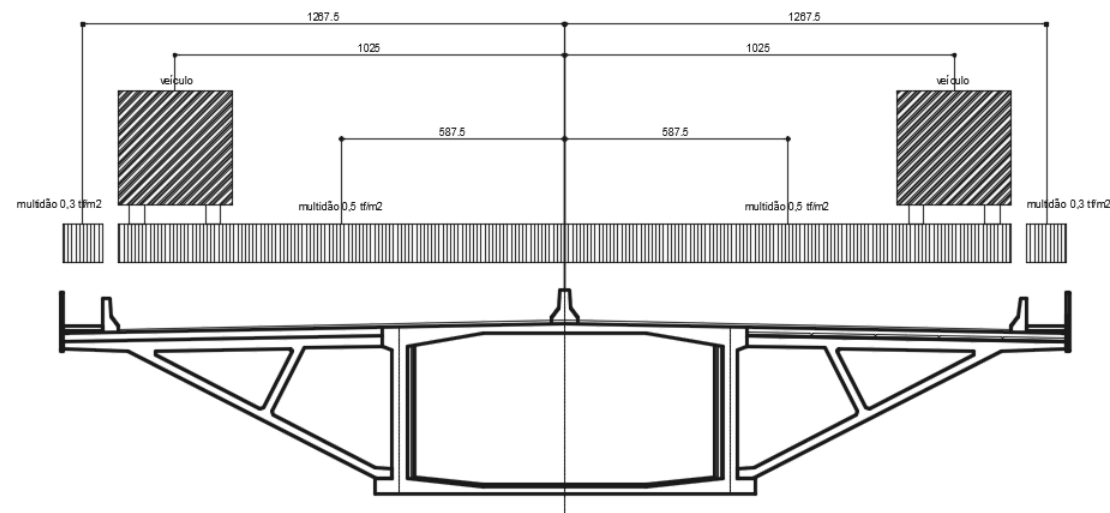
Coeficiente de impacto

$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,22 \times 0,9 = 1,1, \text{ então consideramos } CI = 1,0$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

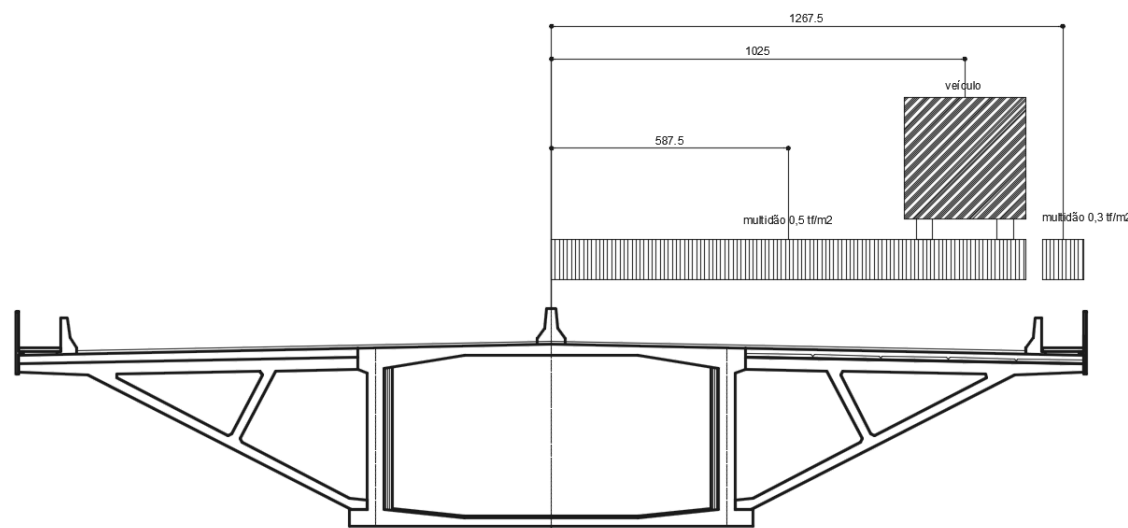
Esquema da carga móvel para cortante máxima



Carga da multidão: $q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,25 m de distância do centro do caixão

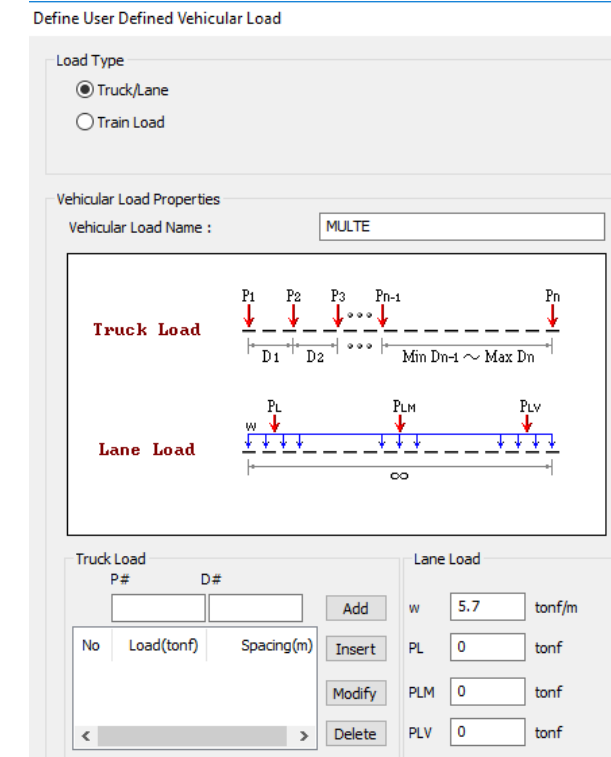
Esquema da carga móvel para torção máxima



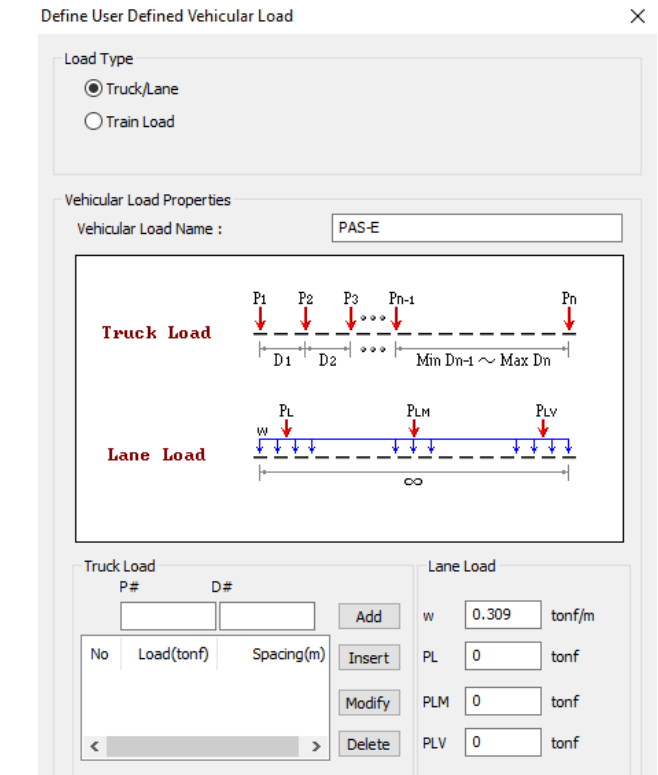
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,25 m de distância do centro do caixão

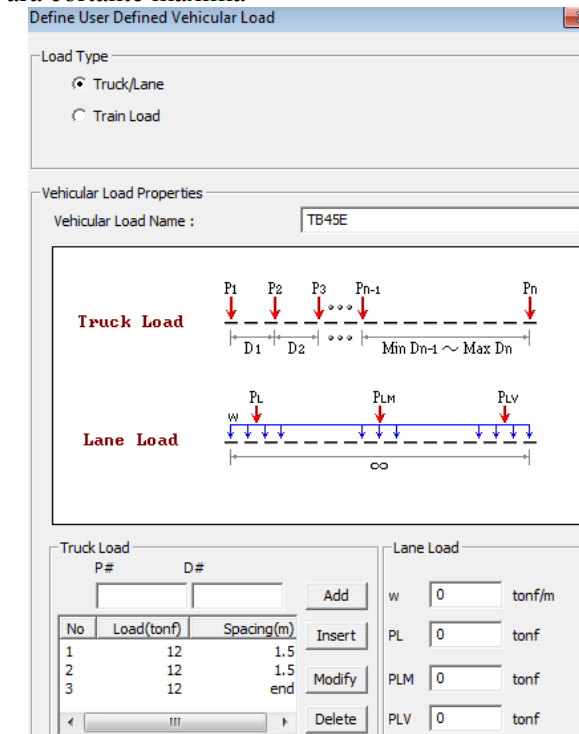
Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.



Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima



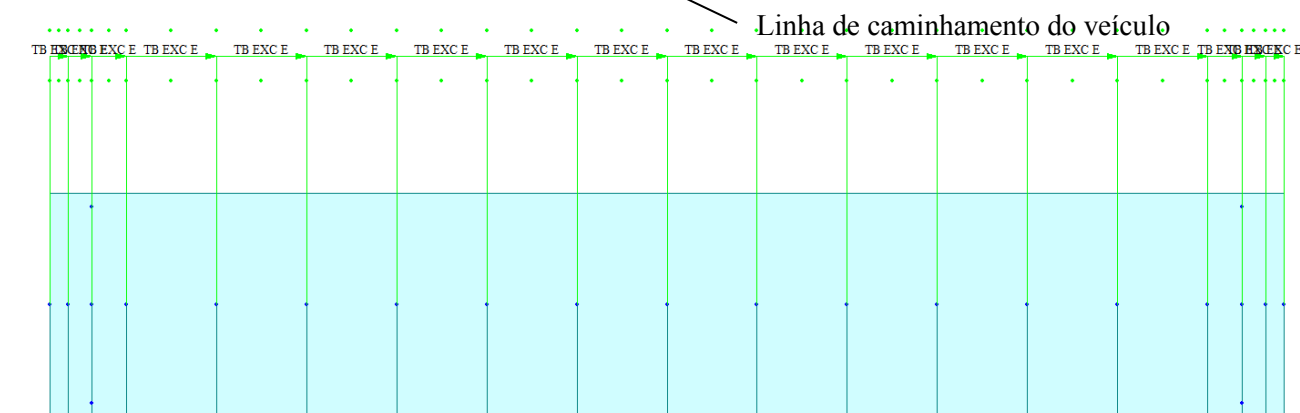
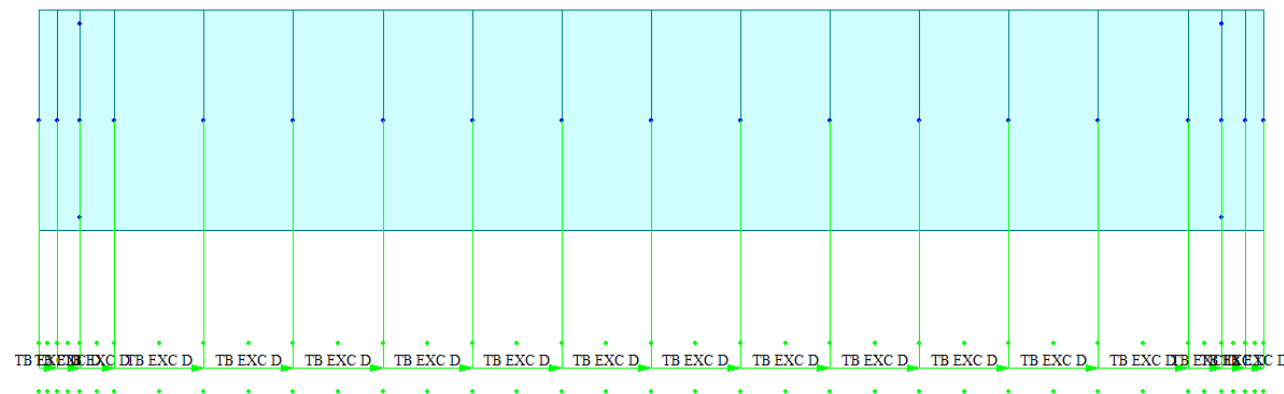
Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



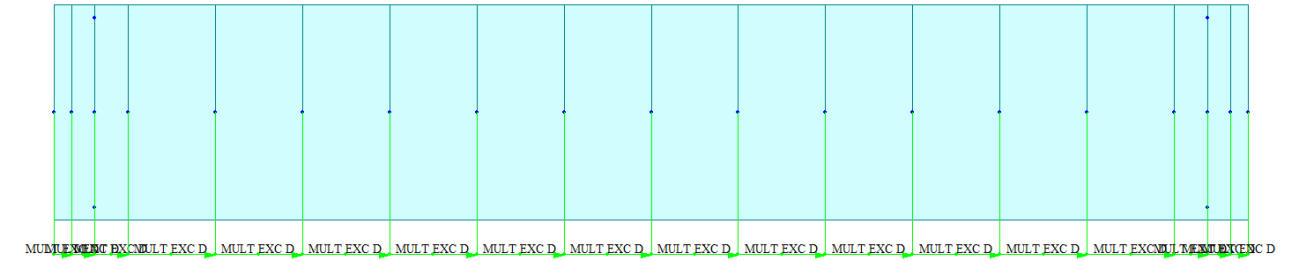
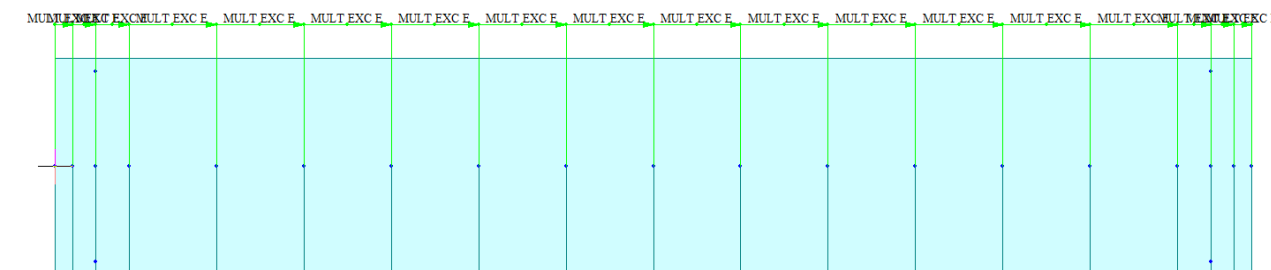
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

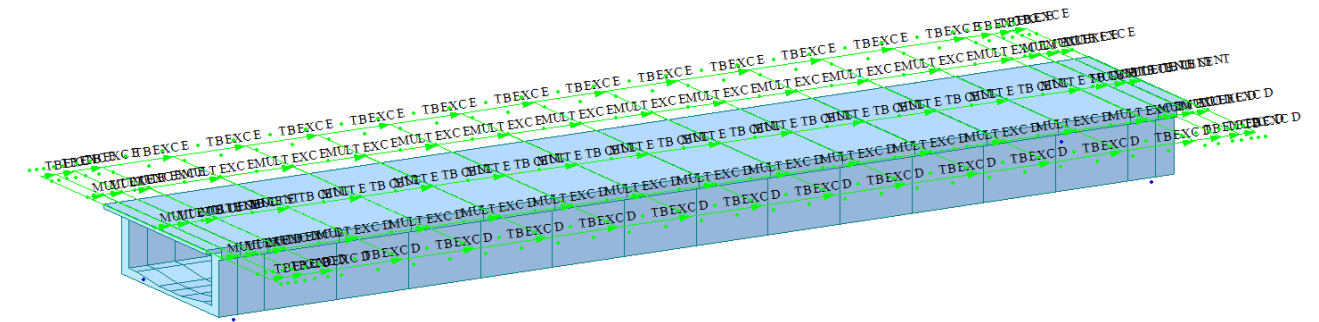
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão.



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



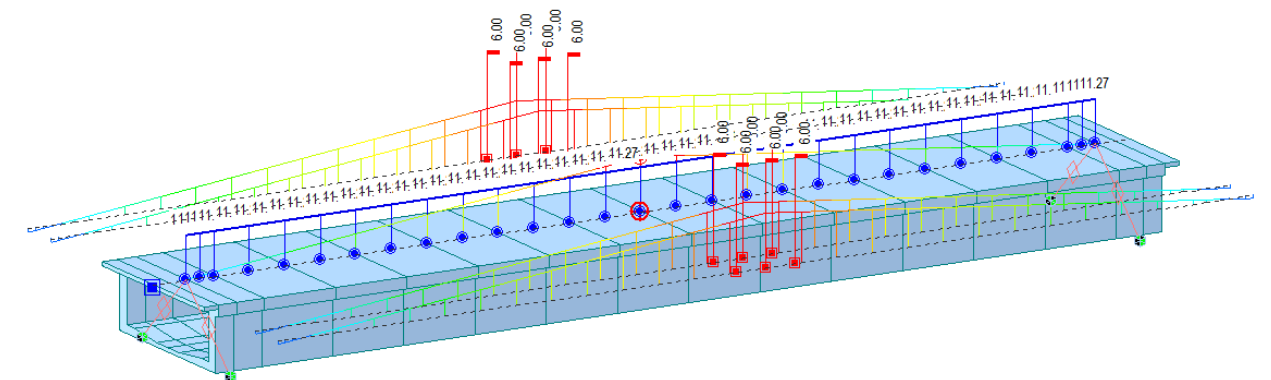
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



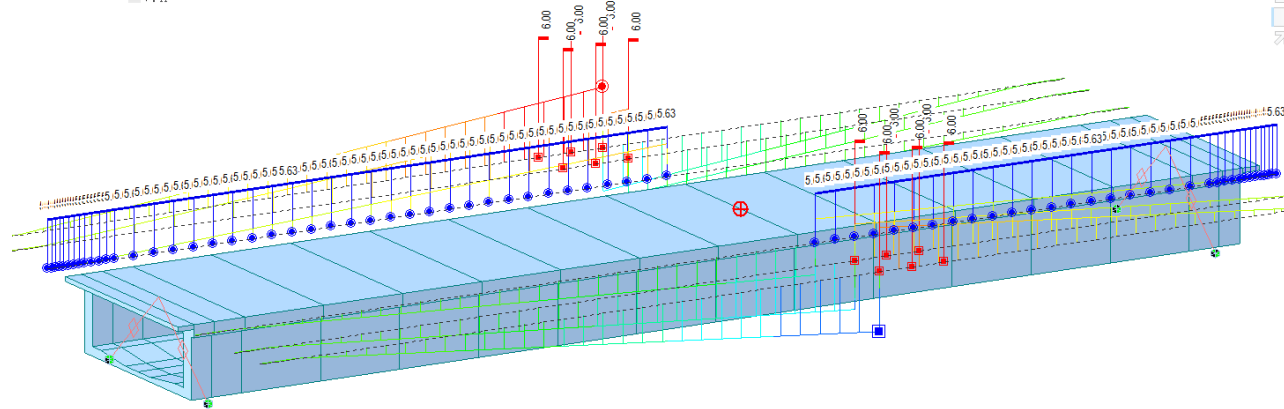
O software Midas determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

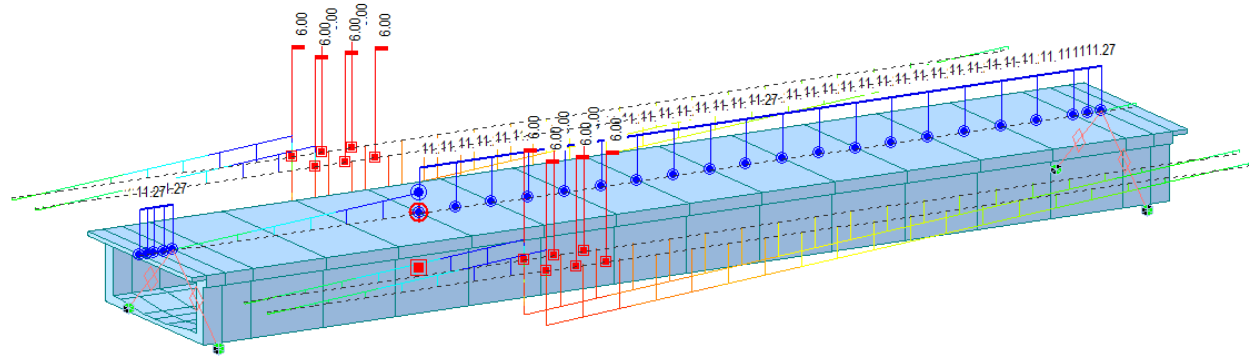
Máximo momento positivo no vão :



Torção máxima em uma barra do caixão



Cortante máxima na mesma barra



- Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto:

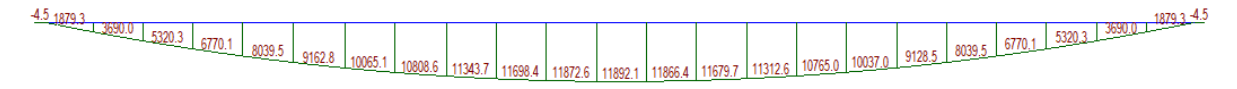
Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa Midas pelo avanço do tempo considerado nas análises. Assim com o nível de protensão na seção e o avanço no tempo o concreto vai retraindo produzindo os efeitos que serão verificados nos elementos da estrutura.

6 RESULTADOS DE ESFORÇOS NO CAIXÃO

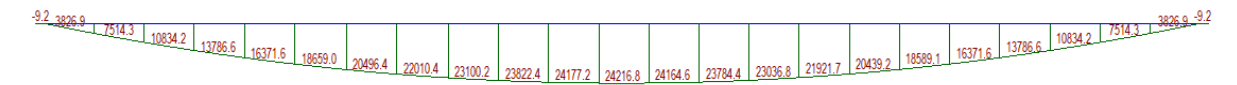
Os resultados apresentados são:
 Momentos fletores: tf m, Cortante: tf

6.1 Momentos fletores

Momentos fletores permanentes devido ao peso próprio



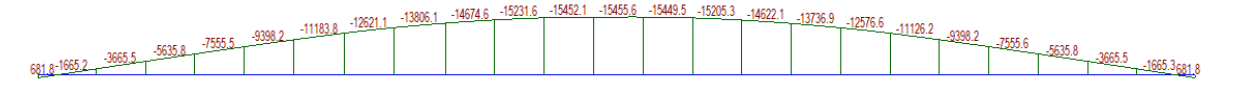
Permanentes com peso do caixão, laje, mão francesa, pavimento e defensas



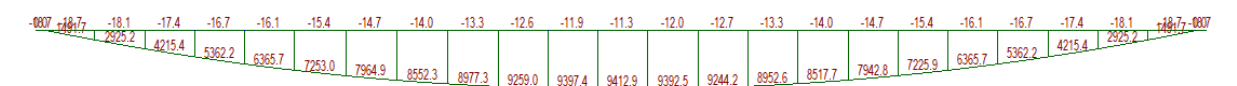
Momentos fletores isostáticos após a protensão



Momentos fletores isostáticos após 10000 dias protensão



Momentos fletores devido à carga móvel

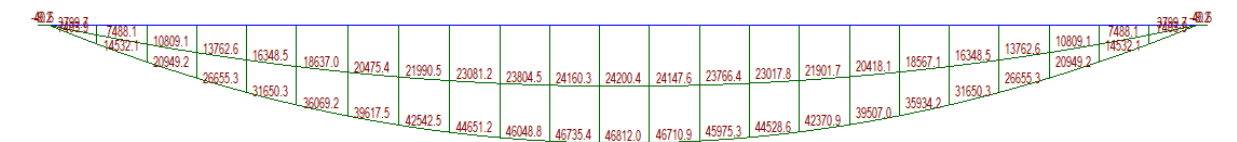


Momentos fletores de cálculo – obra concluída (sem isostático de protensão)

Combinações de ações:

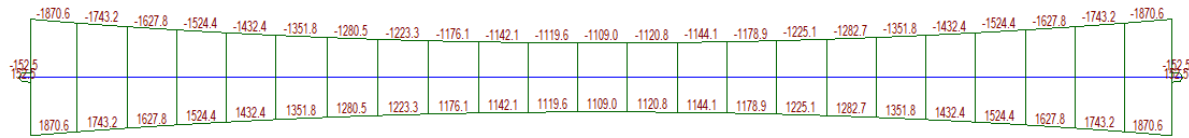
$\gamma_f = 1,35$ para cargas permanentes

$\gamma_f = 1,5$ para carga móvel

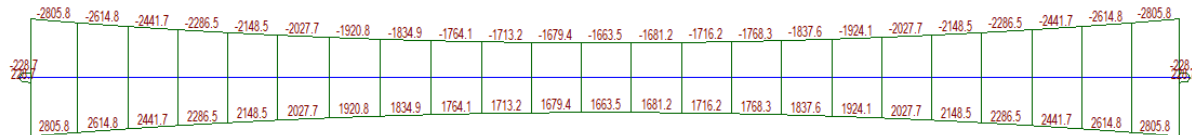


6.2 Momentos torsores

Torsores devido carga móvel



Envoltória de torsores de cálculo

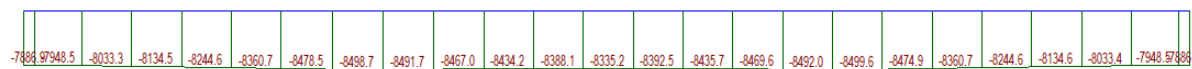


6.3 Esforços axiais

Axiais após a protensão

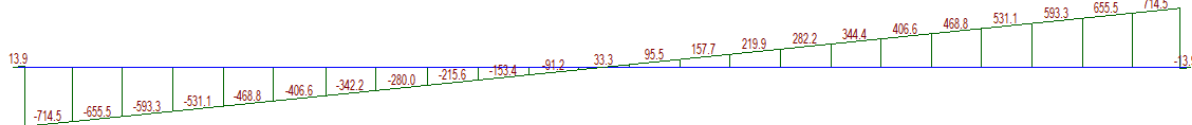


Axiais devido à protensão após 10000 dias da execução da obra

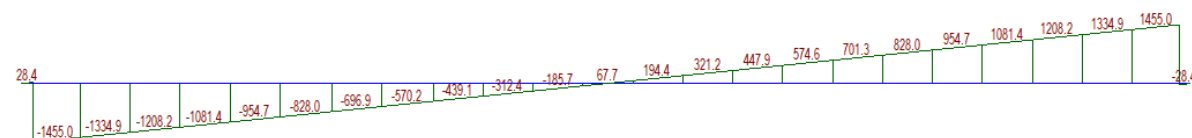


6.4 Esforços cortantes

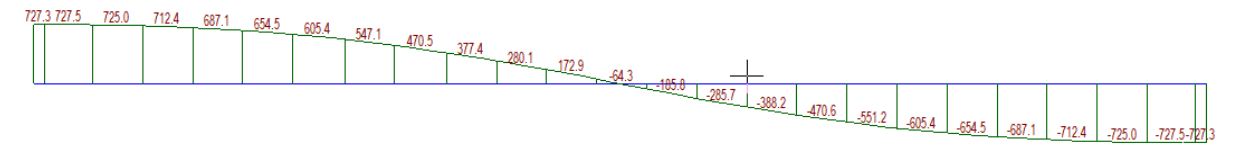
Cortantes permanentes (peso próprio do caixão)



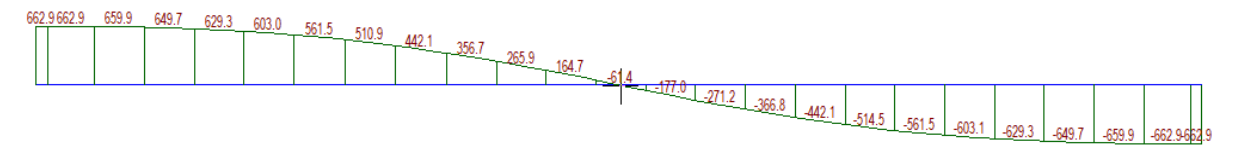
Cortantes permanentes total



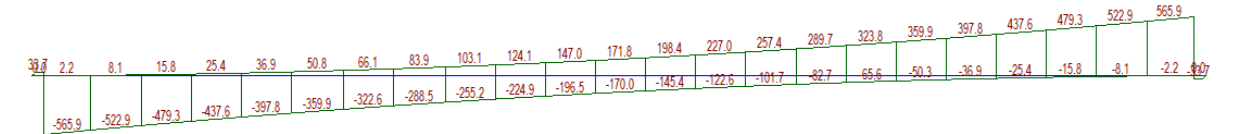
Cortantes isostáticos da protensão



Cortantes isostáticos da protensão, após 10000 dias



Cortante devido carga móvel



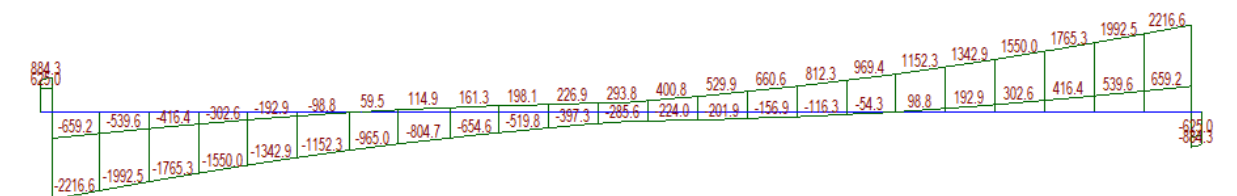
Cortantes de cálculo

Combinações de ações:

$\gamma_f = \{1,35;1\}$ para cargas permanentes

$\gamma_f = \{0,9\}$ para protensão isostática

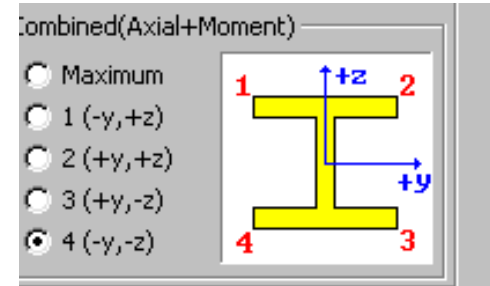
$\gamma_f = 1,5$ para carga móvel



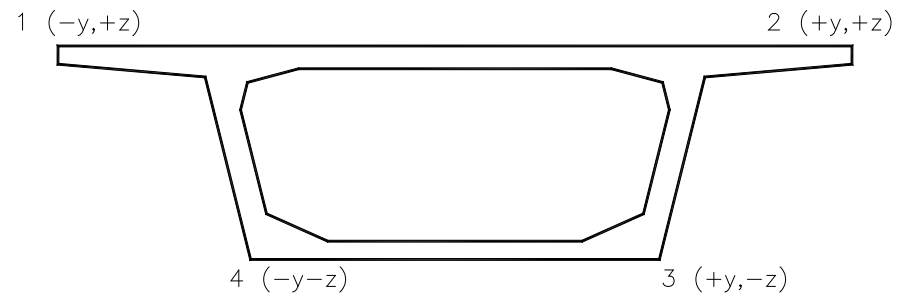
7 DIMENSIONAMENTOS E VERIFICAÇÕES NO CAIXÃO TÍPICO DE 70M

7.1 Análises de tensões

Convenções para os gráficos de tensões



Apresentaremos os gráficos dos pontos 1 (fibra superior) e 4 (fibra inferior) - esquemático:



Os resultados apresentados são:

Tensões: tf/m^2

Resultados em tf/m^2 , sendo o sinal negativo – compressão e o sinal positivo + tração

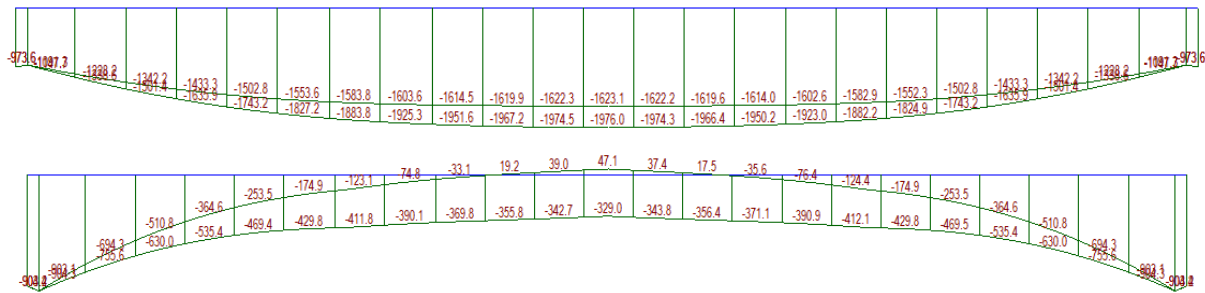
Tensões na face superior / inferior combinação frequente

Observamos na combinação frequente as tensões de tração e compressão no caixão estão abaixo dos limites.

O limite de tração é de $1,2 f_{ctk} = 1,2 \times 0,7 \times 0,3 \times f_{ck}^{2/3} = 1,2 \times 0,7 \times 0,3 \times 40^{2/3} = 2,95 \text{ MPa}$

Tensão limite de tração = 295 tf/m^2 .

O limite de compressão é de $0,7 f_{ck} = 0,7 \times 40 = 28 \text{ MPa} = 2800 \text{ tf/m}^2$.



Assim temos que as tensões no caixão estão verificadas.

7.2 Verificação da ruptura das seções (Estado Limite Último)

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT

(<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto, aço CA-50 e aço protendido (com pré-alongamento) seguindo os critérios da norma NBR 6118.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C40 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85

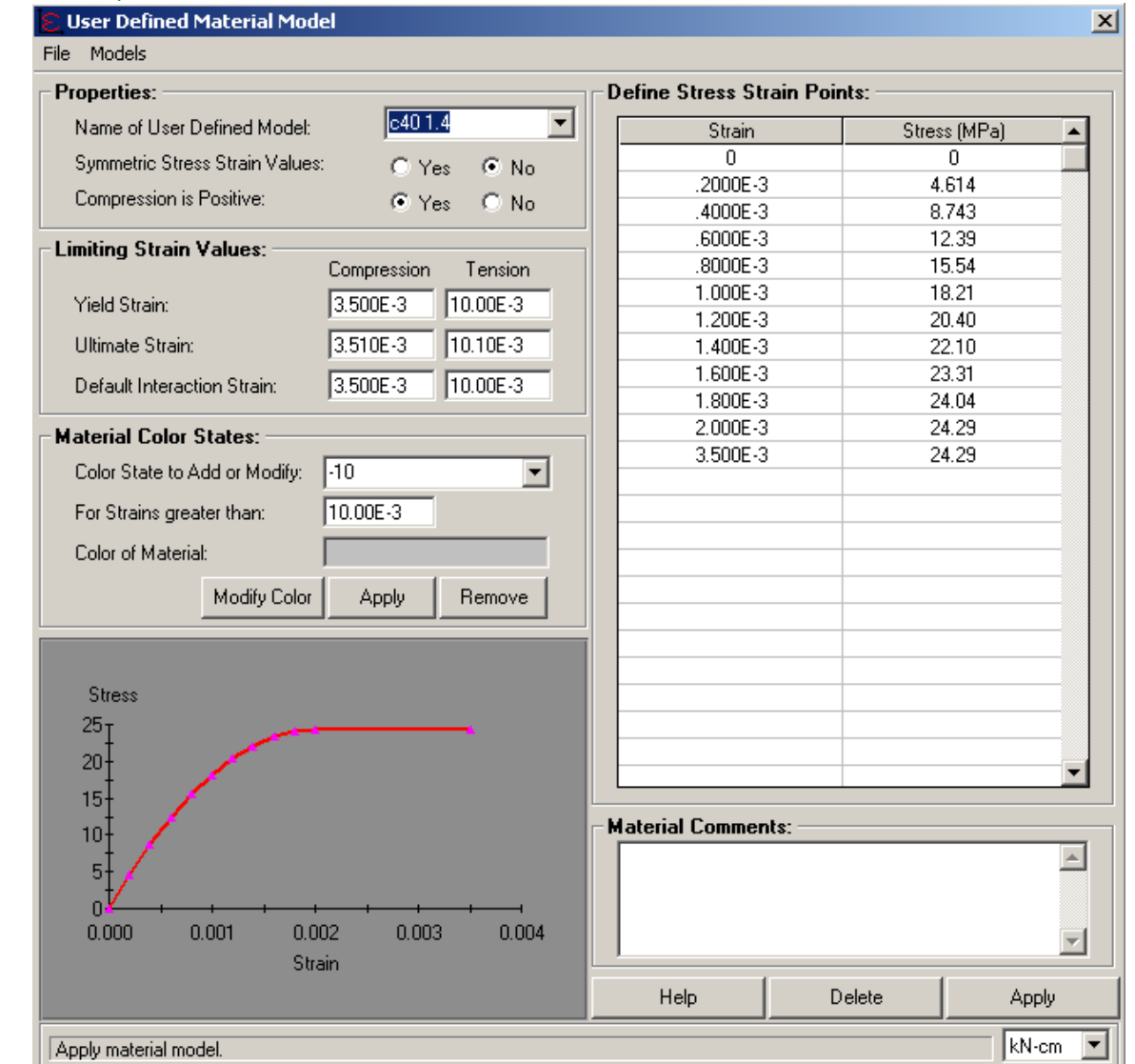


Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)

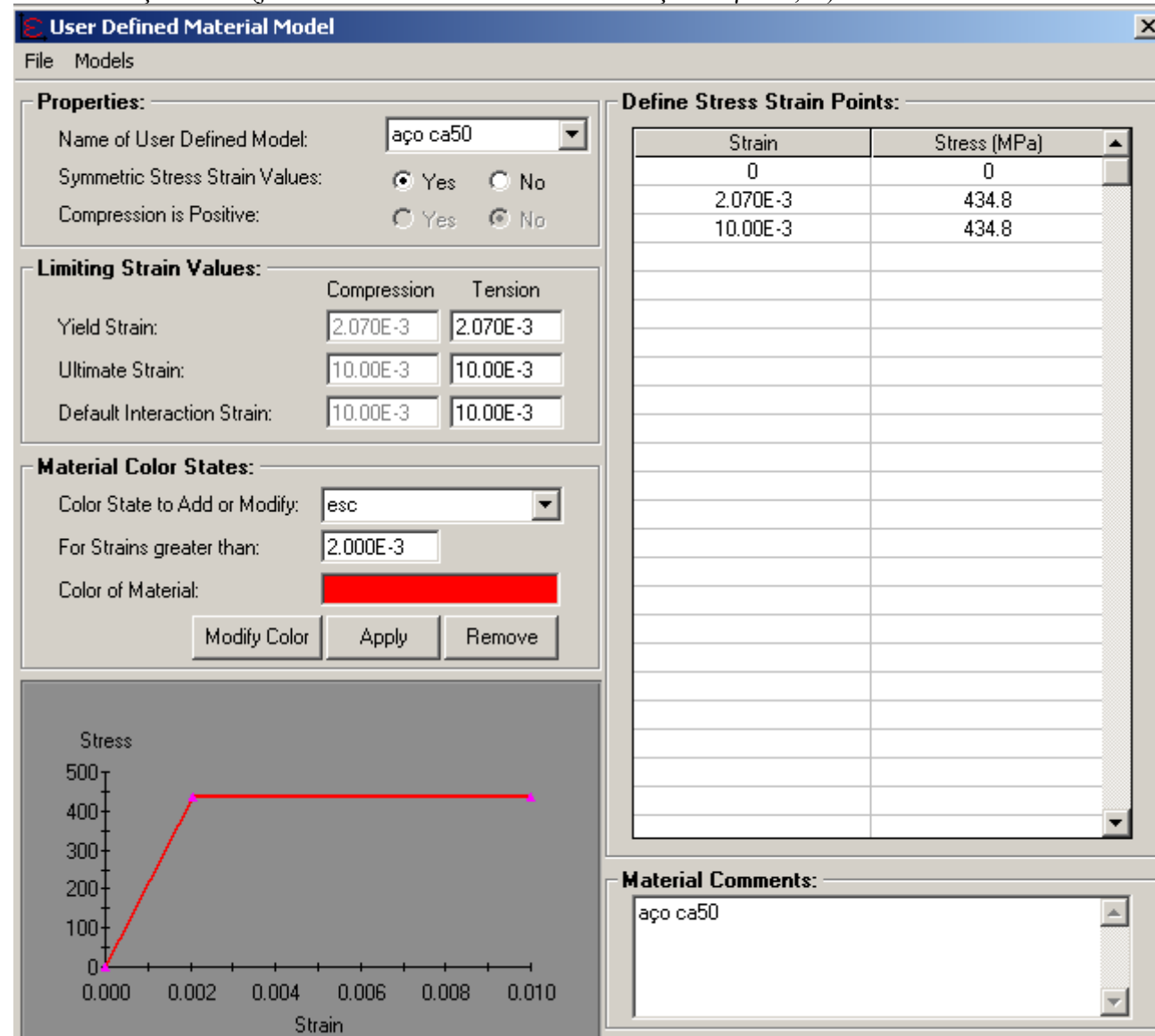
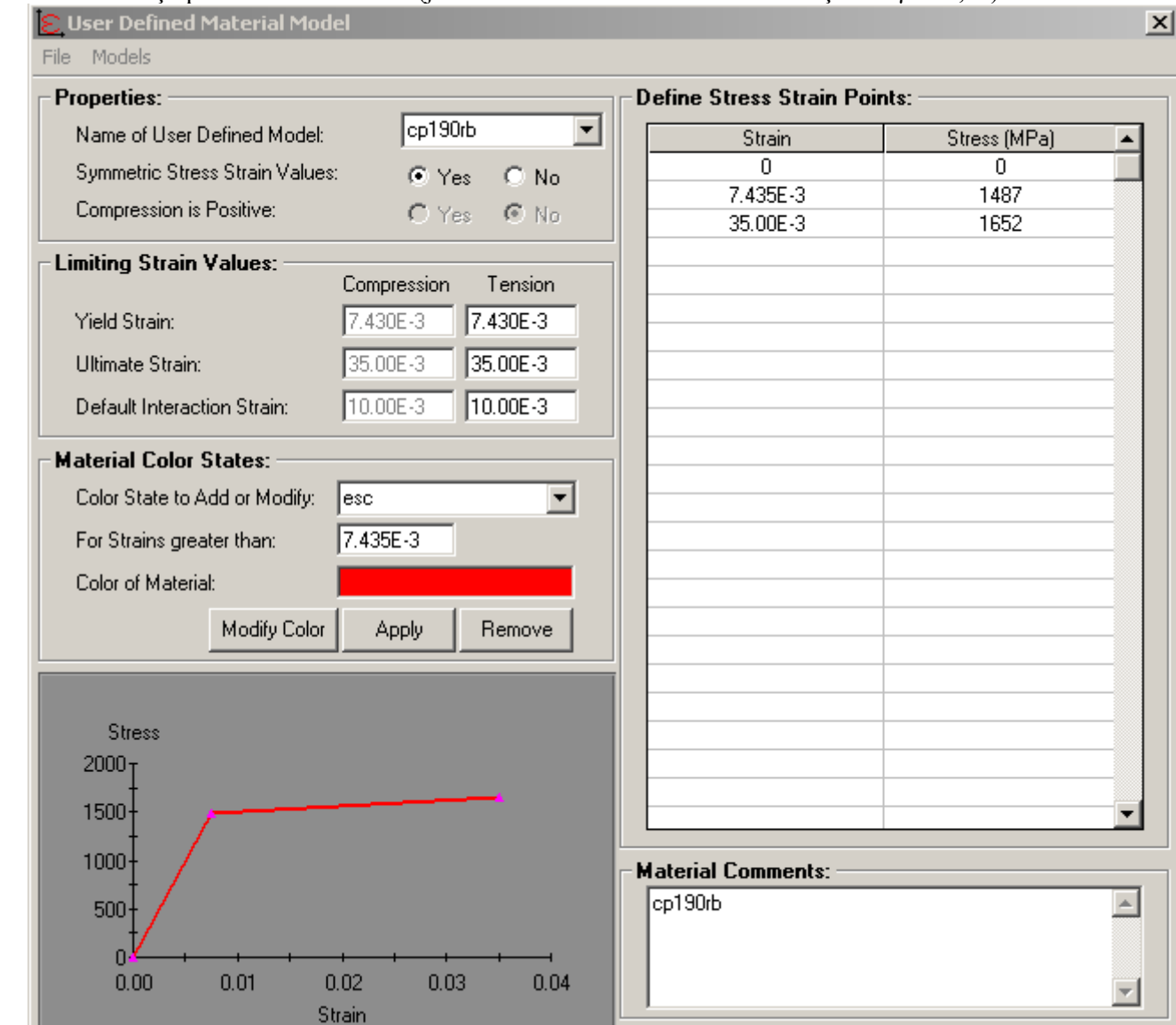
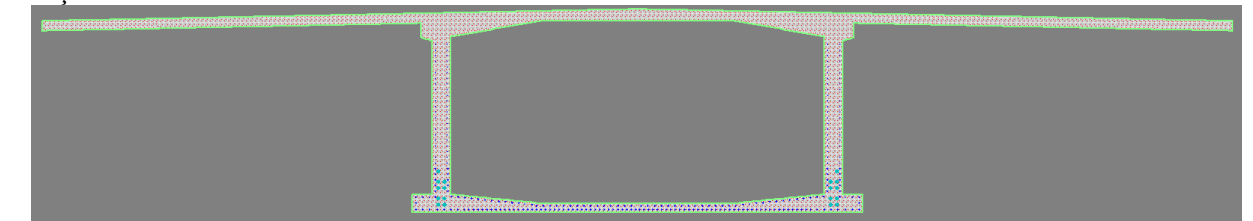


Gráfico do aço protendido CP190RB (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



Seção discretizada com elementos de no máximo 10cm:



CP 190RB –Temos 9 cabos de 27Ø15,2mm em cada alma e armadura passiva.

Section Details:

X Centroid: 127.4 m
Y Centroid: -122.3 m
Section Area: 12.45 m²

Loading Details:

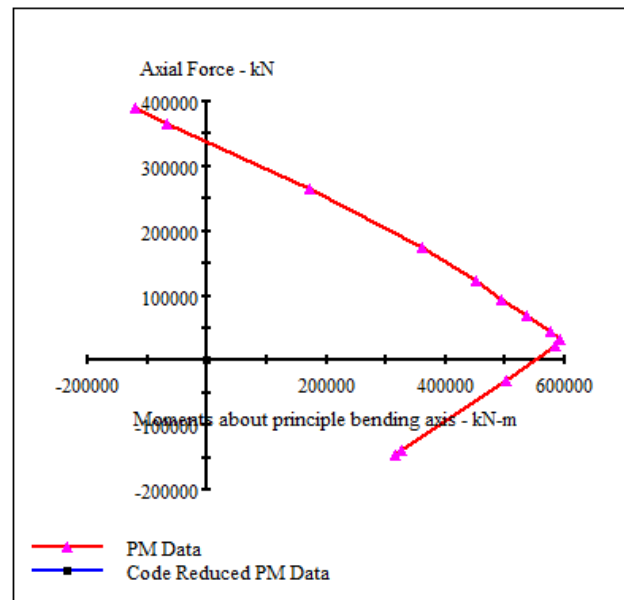
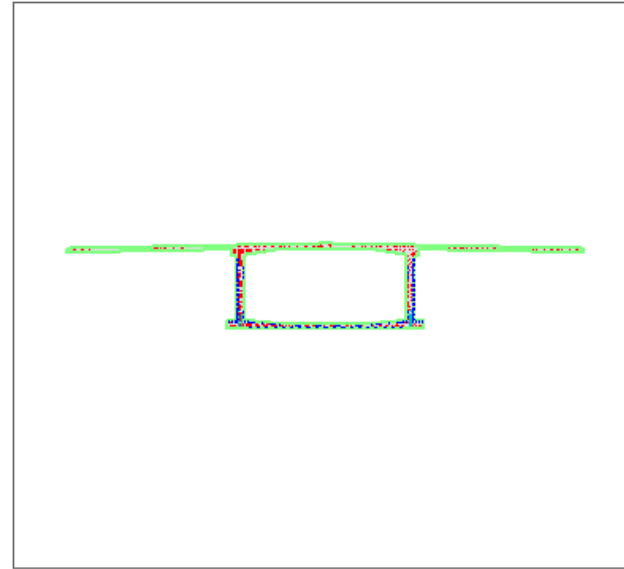
Angle of Loading: 180 deg
Number of Points: 20
Min. c40 1.4 Strain: 3.500E-3 Comp
Max. c40 1.4 Strain: 10.00E-3 Ten
Min. cp190rb Strain: 35.00E-3 Comp
Max. cp190rb Strain: 35.00E-3 Ten
Min. ca50 Strain: 10.00E-3 Comp
Max. ca50 Strain: 10.00E-3 Ten

Analysis Results:

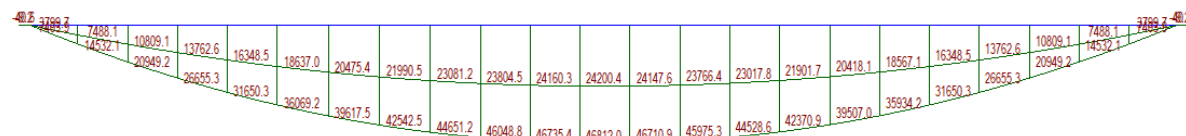
Max. Compression Load: 389.8E+3 kN
Max. Tension Load: -146.1E+3 kN
Maximum Moment: 591.5E+3 kN-m
P at Max. Moment: 32.53E+3 kN
Minimum Moment: -119.0E+3 kN-m
P at Min. Moment: 389.8E+3 kN
Moment (M180) at P=0: 548.6E+3 kN-m
Max. Code Comp. Load: 0 kN
Max. Code Ten. Load: 0 kN
Maximum Code Moment: 0 kN-m
P at Max. Code Moment: 0 kN
Minimum Code Moment: 0 kN-m
P at Min. Code Moment: 0 kN

Comments:

User Comments



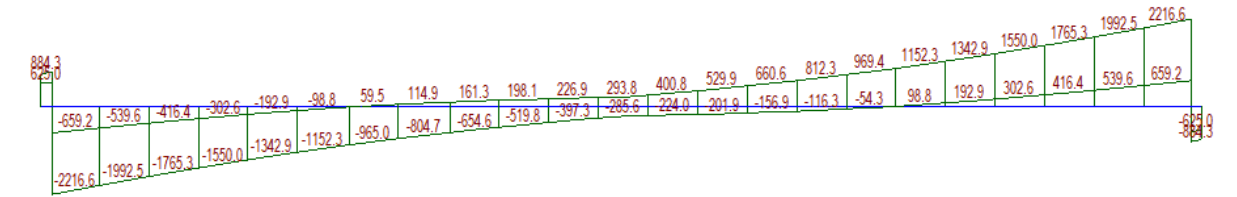
Momentos fletores de cálculo – obra concluída (sem isostático de protensão)



Assim temos que para axial P=0 o momento resistente é de 548,6 x 10³ kN x m = 54860 tf m
Sendo o momento solicitante de 46812 tf m.

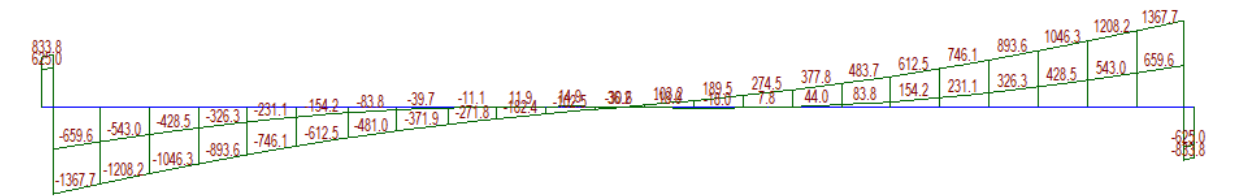
7.3 Dimensionamento ao cisalhamento e torção nas almas

Cortantes de cálculo máximas –
 $\gamma f = \{1,35\}$ para cargas permanentes $\gamma f = \{0,9\}$ para protensão isostático
 $\gamma f = 1,5$ para carga móvel
Cortantes de cálculo

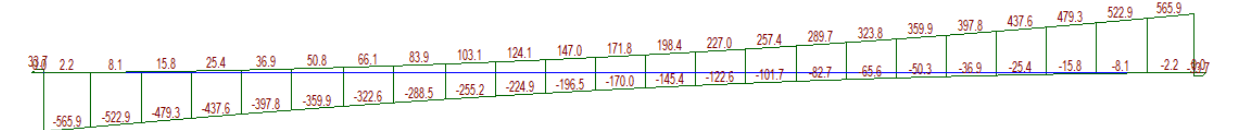


Cortantes equivalentes a permanentes (demais cargas exceto carga móvel)

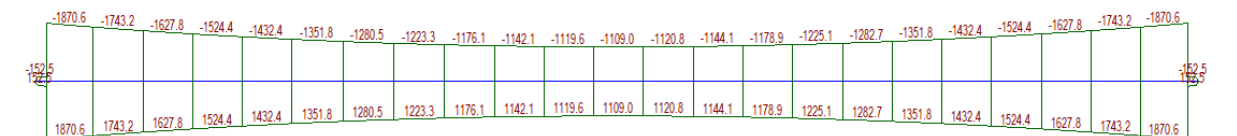
$\gamma f = \{1,35; 1\}$ para cargas permanentes $\gamma f = 0,9$ para protensão isostático
Do resultado desta soma de esforços foi dividido por 1,35 (coeficiente para carga permanente) – pois na planilha de dimensionamento temos os esforços permanentes e móveis separados para a análise da fadiga.



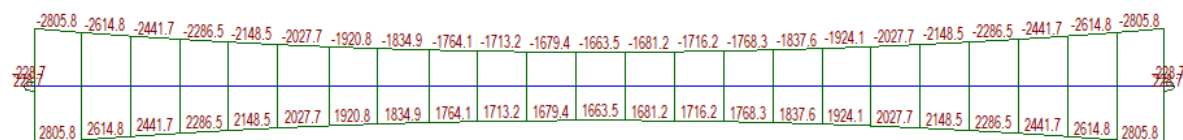
Cortantes devido à carga móvel máxima (tf)



Torsores devido à carga móvel máxima (tf)



Torsores de cálculo



Para dimensionamento da armadura de cisalhamento foi considerado que o esforço cortante é distribuído igualmente pelas 2 almas do caixão.

Já a torção pela espessura fictícia da seção Ae (linha média de acordo com a norma).

A favor da segurança, não será considerada a concomitância entre cortante máximo e torção equivalente.

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:

Estado Limite Último:

| | | | |
|-----------------|------|-----------------|------|
| $\gamma_{fg} =$ | 1.35 | $\gamma_{fq} =$ | 1.50 |
| $\gamma_{fg} =$ | 1.00 | $\gamma_{fp} =$ | 0.90 |

Estado Limite de Utilização (Combinação Freqüente das Ações):

| | | | |
|-----------------|----------|-----------------------------|------|
| $\gamma_{fg} =$ | 1.00 | $\psi_1 =$ | 0.50 |
| Nº de Ciclos | 2.00E+06 | Δ_{fsd} fadiga (MPa) | 85 |

Modelo de verificação

Modelo I 1
 Modelo II

COEF. DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS:

| | |
|--------------|------|
| $\gamma_c =$ | 1.4 |
| $\gamma_s =$ | 1.15 |

MATERIAIS E ÂNGULO DOS ESTRIBOS:

| | | | |
|------------------|-----|---------------|----|
| f_{ck} (MPa) | 40 | Ø Bainha (cm) | 22 |
| f_{yk} (MPa) | 500 | TETA (°) | 45 |
| α (graus) | 90 | | |

Apresentaremos os cálculos a seguir considerando o dimensionamento de uma alma do caixão, ou seja, os esforços cortantes obtidos serão divididos por 2 e o esforço de torção considerado integralmente.

Dimensionamento de cortante máxima com torção concomitante

ESFORÇOS SOLICITANTES:

| | | Apoio | 12m |
|--------|--------|--------|--------|
| Vgk | (tf) | 506.60 | 276.30 |
| Vqkmax | (tf) | 282.95 | 198.90 |
| Vqkmin | (tf) | | |
| Vpk | (tf) | | |
| Tgk | (tf m) | | |
| Tqk | (tf m) | 123.00 | 123.00 |

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

| | | Apoio | 12m |
|------------------|-------|--------|--------|
| d | (cm) | 418.00 | 418.00 |
| bw | (cm) | 60.00 | 40.00 |
| bainha na alma | | s | s |
| bw útil | (cm) | 49.00 | 29.00 |
| bitola (mm) | (mm) | 20 | 20 |
| Ramos de estribo | | 2 | 2 |
| Ae | (cm²) | 368138 | 368139 |
| hef | (cm) | 49.0 | 29.0 |
| uef | (cm) | 2578 | 2579 |

CÁLCULO:

VERIFICAÇÃO DO CONCRETO

| | | Apoio | 12m |
|--------------------|--------|-------------|-------------|
| Vsd | (tf) | 1108 | 671 |
| Vrd2 | (tf) | 1327 | 786 |
| Tsd | (tf m) | 185 | 185 |
| Trd2 | (tf m) | 21647 | 12811 |
| Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2 | | 0.84 | 0.87 |

DIMENSIONAMENTO CISALHAMENTO

| | | | |
|----------------|---------|--------------|--------------|
| f_{ctm} | (MPa) | 3.51 | 3.51 |
| f_{ctd} | (MPa) | 1.75 | 1.75 |
| $V_c = V_{co}$ | (tf) | 216 | 128 |
| Taxa mínima | | 0.14 | 0.14 |
| A_{swmin} | (cm²/m) | 8.42 | 5.61 |
| A_{sw} | (cm²/m) | 54.58 | 33.24 |

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

| | | | |
|---------------------|---------|-------------|-------------|
| $A_{l/s}$ (pele) | (cm²/m) | 0.58 | 0.58 |
| $A_{sT/s}$ (torção) | (cm²/m) | 0.58 | 0.58 |

VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISALHAMENTO

| | | | |
|----------------------|---------|--------------|--------------|
| Vsdmax | (tf) | 648 | 376 |
| Vsdmin | (tf) | 507 | 276 |
| σ_{swmax} | (MPa) | 263 | 249 |
| σ_{swmin} | (MPa) | 194 | 170 |
| $\Delta\sigma_s$ | (MPa) | 69 | 80 |
| $\Delta\sigma_{adm}$ | (MPa) | 85 | 85 |
| $K < 1.79$ (EB-3) | | 1.00 | 1.00 |
| $A_{swcorrig.}$ | (cm²/m) | 54.58 | 33.24 |

Armadura total necessária nas almas do caixão (A_s cisalhamento + A_s torção)

Dimensionamento de torção máxima com cortante concomitante

ESFORÇOS SOLICITANTES:

| | | Apoio | 12m |
|--------|--------|---------|---------|
| Vgk | (tf) | 506.60 | 276.30 |
| Vqkmax | (tf) | 147.47 | 87.10 |
| Vqkmin | (tf) | | |
| Vpk | (tf) | | |
| Tgk | (tf m) | | |
| Tqk | (tf m) | 1870.58 | 1432.35 |

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DA SEÇÃO:

| | | Apoio | 12m |
|------------------|--------------------|--------|--------|
| d | (cm) | 418.00 | 418.00 |
| bw | (cm) | 60.00 | 40.00 |
| bainha na alma | | s | s |
| bw útil | (cm) | 49.00 | 29.00 |
| bitola (mm) | (mm) | 20 | 20 |
| Ramos de estribo | | 2 | 2 |
| Ae | (cm ²) | 368138 | 368139 |
| hef | (cm) | 49.0 | 29.0 |
| uef | (cm) | 2578 | 2579 |

CÁLCULO:**VERIFICAÇÃO DO CONCRETO**

| | | Apoio | 12m |
|--------------------|--------|-------------|-------------|
| Vsd | (tf) | 905 | 504 |
| Vrd2 | (tf) | 1327 | 786 |
| Tsd | (tf m) | 2806 | 2149 |
| Trd2 | (tf m) | 21647 | 12811 |
| Tsd/Trd2+ Vsd/Vrd2 | | 0.81 | 0.81 |

DIMENSIONAMENTO CISCALHAMENTO

| | | | |
|-------------|----------------------|--------------|--------------|
| fctm | (MPa) | 3.51 | 3.51 |
| fctd | (MPa) | 1.75 | 1.75 |
| Vc = Vco | (tf) | 216 | 128 |
| Taxa mínima | | 0.14 | 0.14 |
| Aswmin | (cm ² /m) | 8.42 | 5.61 |
| Asw | (cm ² /m) | 42.16 | 22.99 |

DIMENSIONAMENTO TORÇÃO

| | | | |
|----------------|----------------------|-------------|-------------|
| Al/s (pele) | (cm ² /m) | 8.77 | 6.71 |
| AsT/s (torção) | (cm ² /m) | 8.77 | 6.71 |

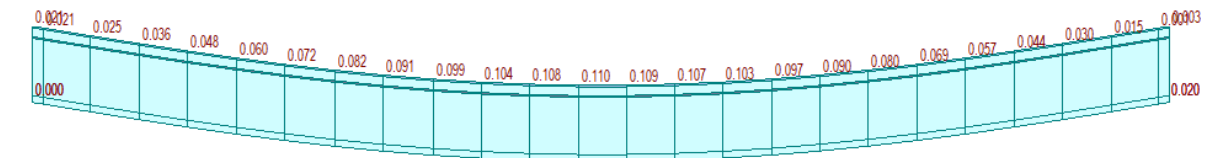
VERIFICAÇÃO DA FADIGA CISCALHAMENTO

| | | | |
|-----------------|----------------------|--------------|--------------|
| VSdmax | (tf) | 580 | 320 |
| VSdmin | (tf) | 507 | 276 |
| σσwmax | (MPa) | 298 | 296 |
| σσwmin | (MPa) | 251 | 246 |
| Δσs | (MPa) | 46 | 50 |
| Δσsadm | (MPa) | 85 | 85 |
| K < 1.79 (EB-3) | | 1.00 | 1.00 |
| Aswcorrig. | (cm ² /m) | 42.16 | 22.99 |

Armadura total necessária nas almas do caixão (As cisalhamento + As torção)

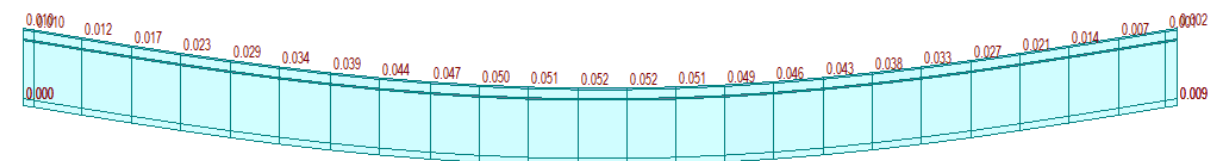
8 VERIFICAÇÕES DE DEFORMAÇÕES DO CAIXÃO

Flechas após 10000 dias para cargas permanentes (m)



Estando os valores dentro dos limites de $L/300$ ($46,6/300 = 0,155m$).

Deformação devida carga móvel (m)



Estando os valores dentro dos limites de $L/500$ ($46,6/500 = 0,093m$).

Assim podemos verificar que as deformações para carga móvel está verificadas.

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO INFRAESTRUTURA - APOIO 77

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10221-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

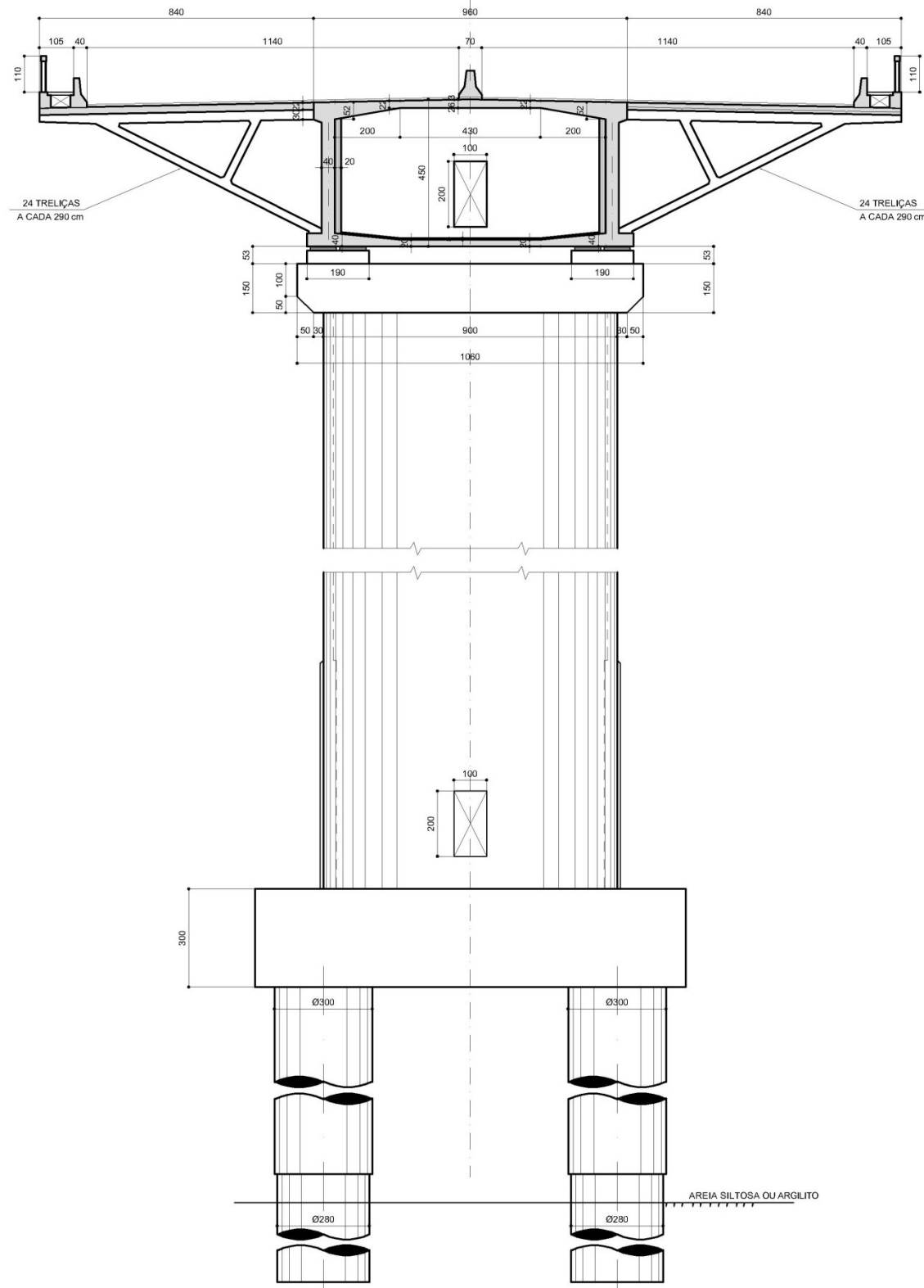


ÍNDICE

| | | | | | |
|----------|---|-----------|-------|--|----|
| 1 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 | 8.5.1 | Método aproximado | 15 |
| 1.1 | Superestrutura..... | 2 | 8.6 | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 15 |
| 1.2 | Infra e Mesoestrutura..... | 2 | 8.7 | Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes | 16 |
| 2 | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 | 8.8 | Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes | 18 |
| 3 | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO | 3 | | | |
| 4 | MODELOS DE CÁLCULO | 3 | | | |
| 4.1 | Geometria do modelo de cálculo | 3 | | | |
| 4.2 | Propriedades do modelo de cálculo | 4 | | | |
| 4.3 | Restrições de apoio | 6 | | | |
| 4.3.1 | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 6 | | | |
| 4.3.2 | Vinculação elástica do solo..... | 6 | | | |
| 4.4 | Materiais..... | 7 | | | |
| 5 | CARREGAMENTOS: | 8 | | | |
| 5.1 | Carregamentos permanentes:..... | 8 | | | |
| 5.2 | Cargas móveis | 8 | | | |
| 5.2.1 | Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto | 10 | | | |
| 5.2.2 | Força centrífuga..... | 10 | | | |
| 5.2.3 | Força longitudinal devido ao vento | 10 | | | |
| 5.2.4 | Força longitudinal devido a frenagem/ aceleração | 11 | | | |
| 5.3 | Combinações de cálculo | 11 | | | |
| 6 | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 11 | | | |
| 7 | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 12 | | | |
| 7.1 | Esforços solicitantes | 12 | | | |
| 7.2 | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 12 | | | |
| 7.3 | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 12 | | | |
| 7.4 | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 12 | | | |
| 7.5 | Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção | 13 | | | |
| 8 | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 14 | | | |
| 8.1 | Esforços de 1ª ordem no pilar | 14 | | | |
| 8.2 | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 14 | | | |
| 8.3 | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 14 | | | |
| 8.4 | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 15 | | | |
| 8.5 | Esforços de 2ª ordem no pilar | 15 | | | |

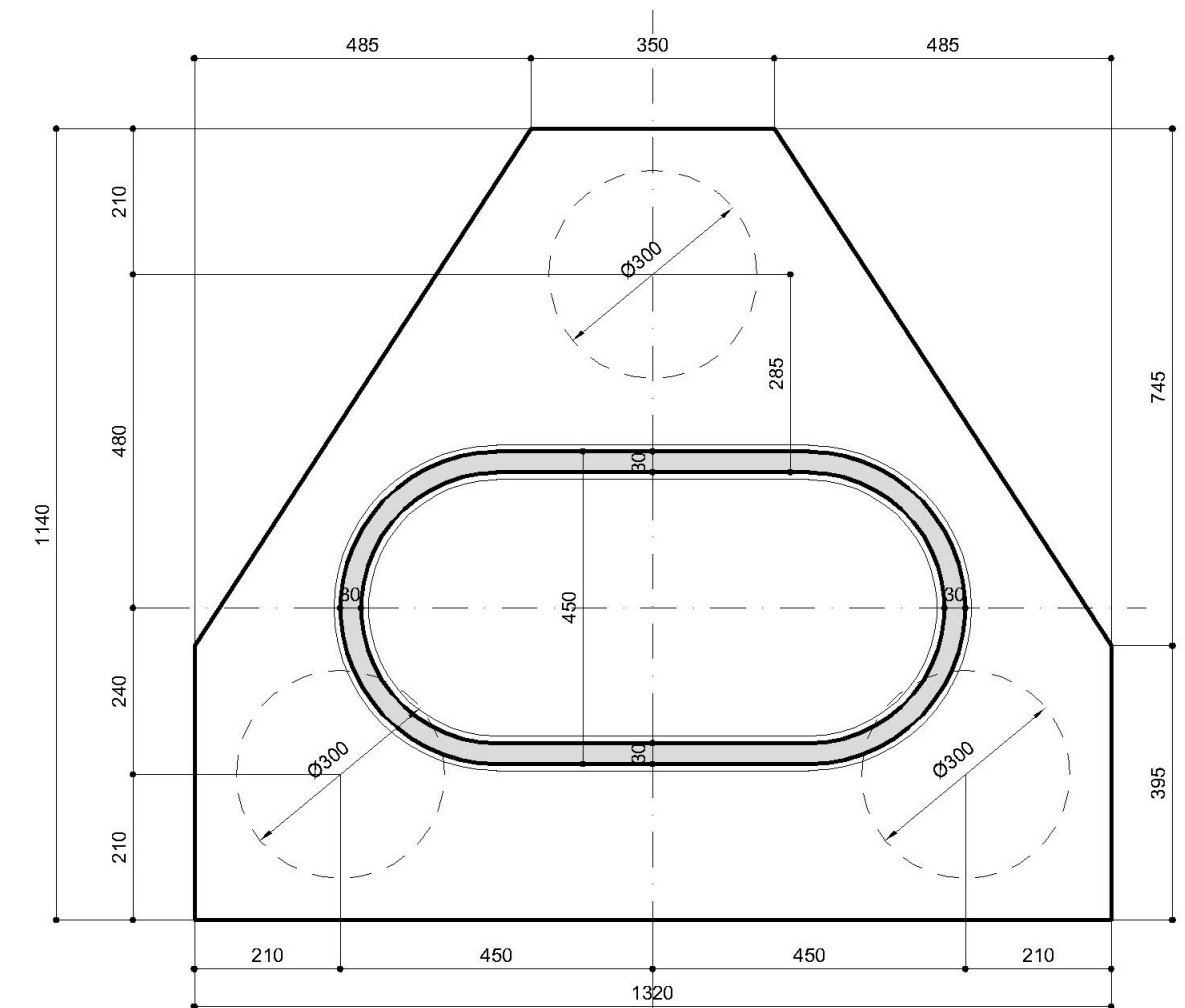
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;

- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);
- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 300cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 280cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

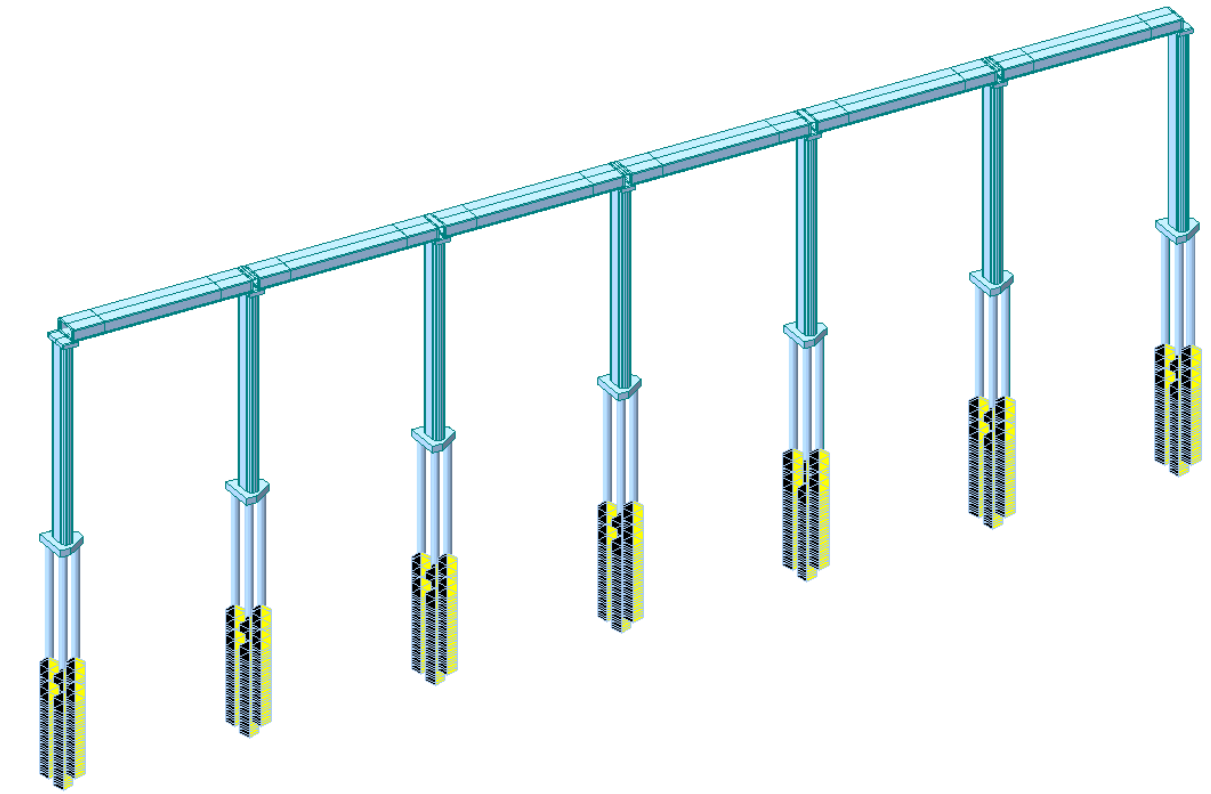
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 290cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

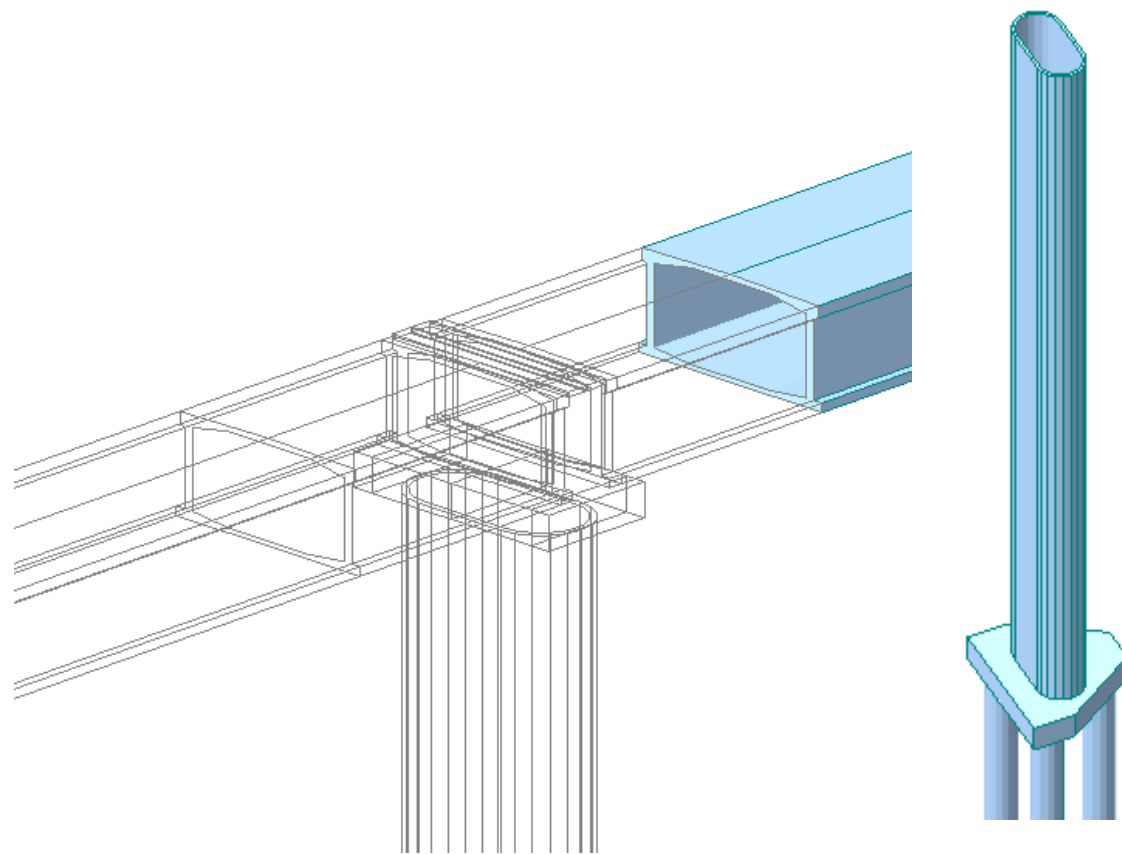
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 73.5 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x70m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 70m (entre apoios)



Section Data

DB/User Value

Section ID: 1

General Section

Name: TIPICO

Built-Up Section:

Section Properties

| | | |
|--------|--------------|-----|
| Area | 8.75385e+000 | m^2 |
| Asy | 4.29026e+000 | m^2 |
| Asz | 2.61452e+000 | m^2 |
| Ixx | 6.28732e+001 | m^4 |
| Iyy | 2.79928e+001 | m^4 |
| Izz | 1.13724e+002 | m^4 |
| Cyp | 5.0000 | m |
| Cym | 5.0000 | m |
| Czp | 2.2029 | m |
| Czm | 2.2971 | m |
| Qyb | 9.1563 | m^2 |
| Qzb | 31.5231 | m^2 |
| Peri:O | 2.96548e+001 | m |
| Peri:I | 2.36713e+001 | m |
| Cent:y | 5.0000 | m |
| Cent:z | 2.2971 | m |
| y1 | -4.8000 | m |

Import SEC Files...

FEM Equation

Offset: Center-Top

Change Offset ...

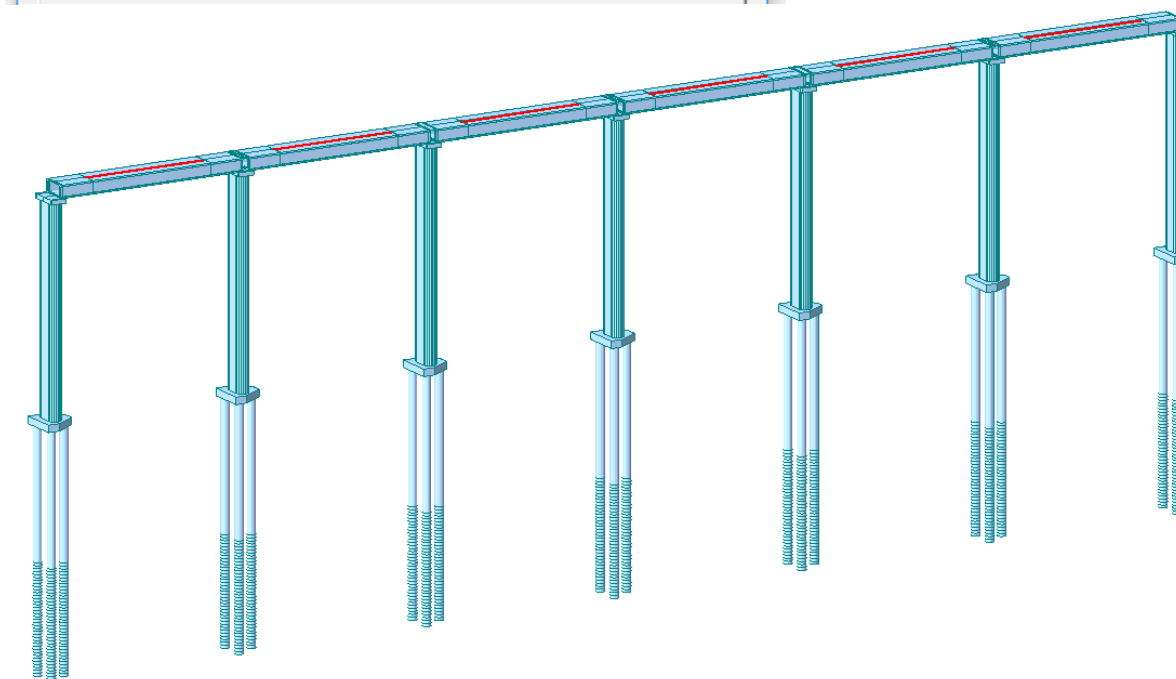
Consider Shear Deformation.

Consider Warping Effect(7th DOF)

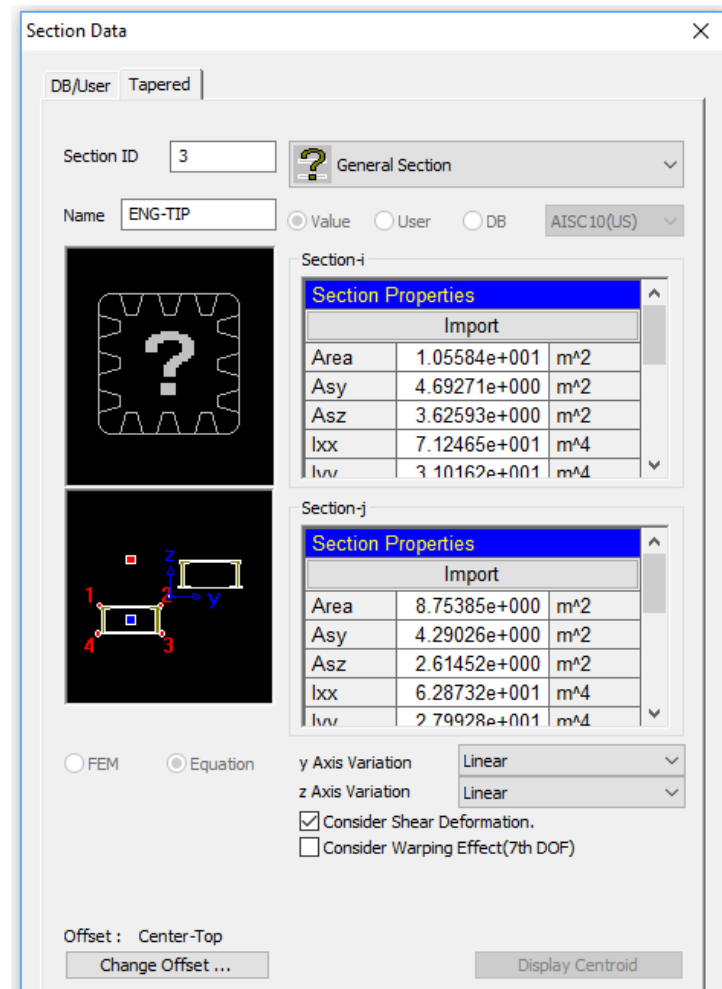
4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):

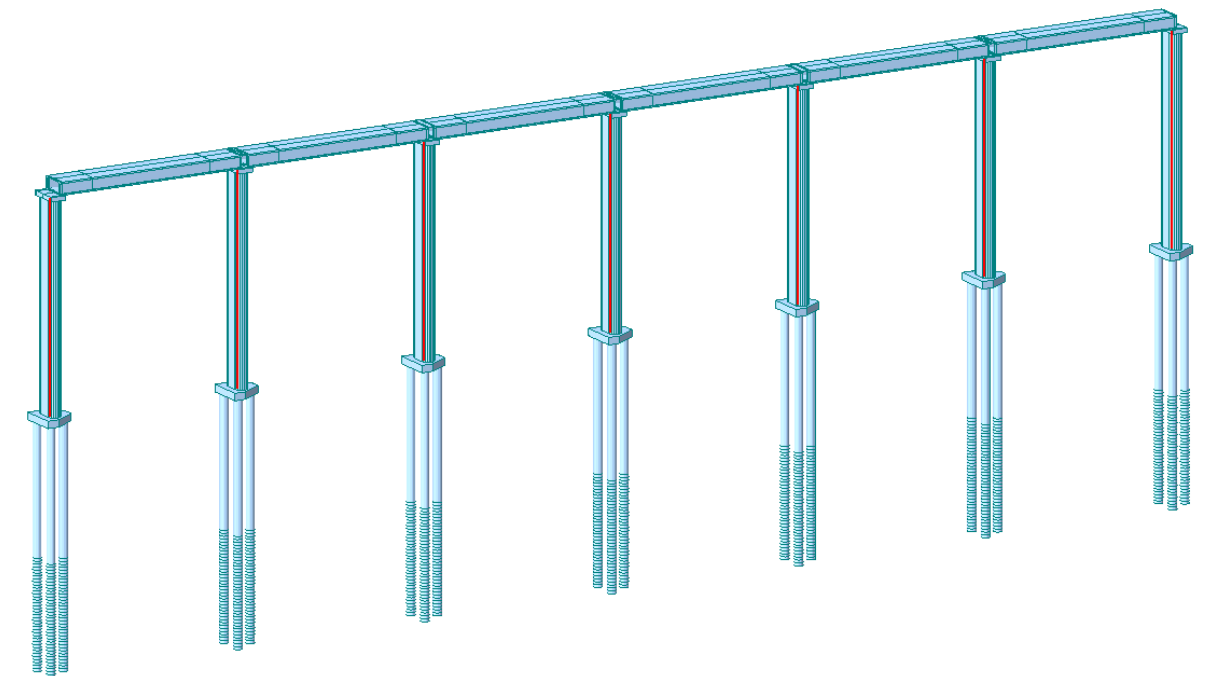
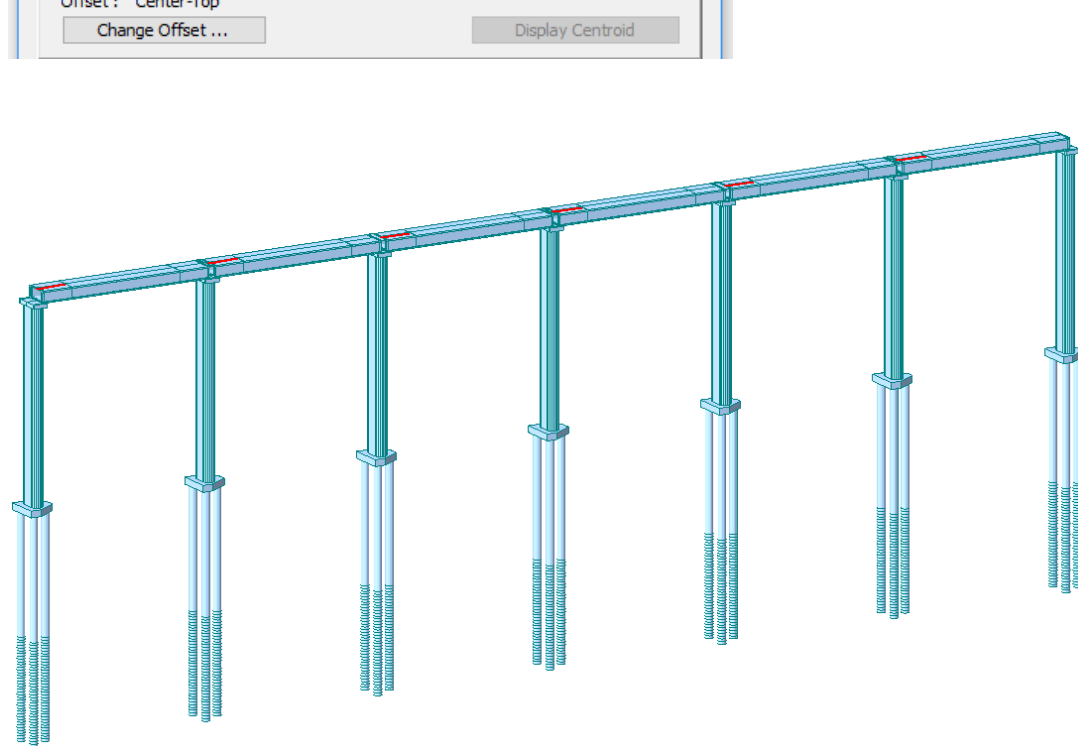
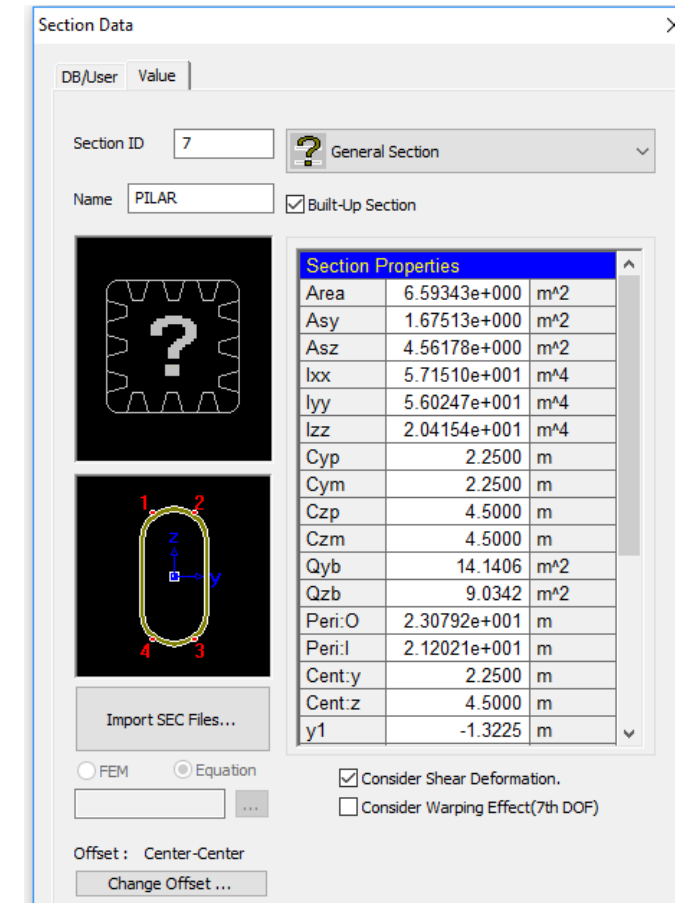
- Seção transversal do tabuleiro trecho constante



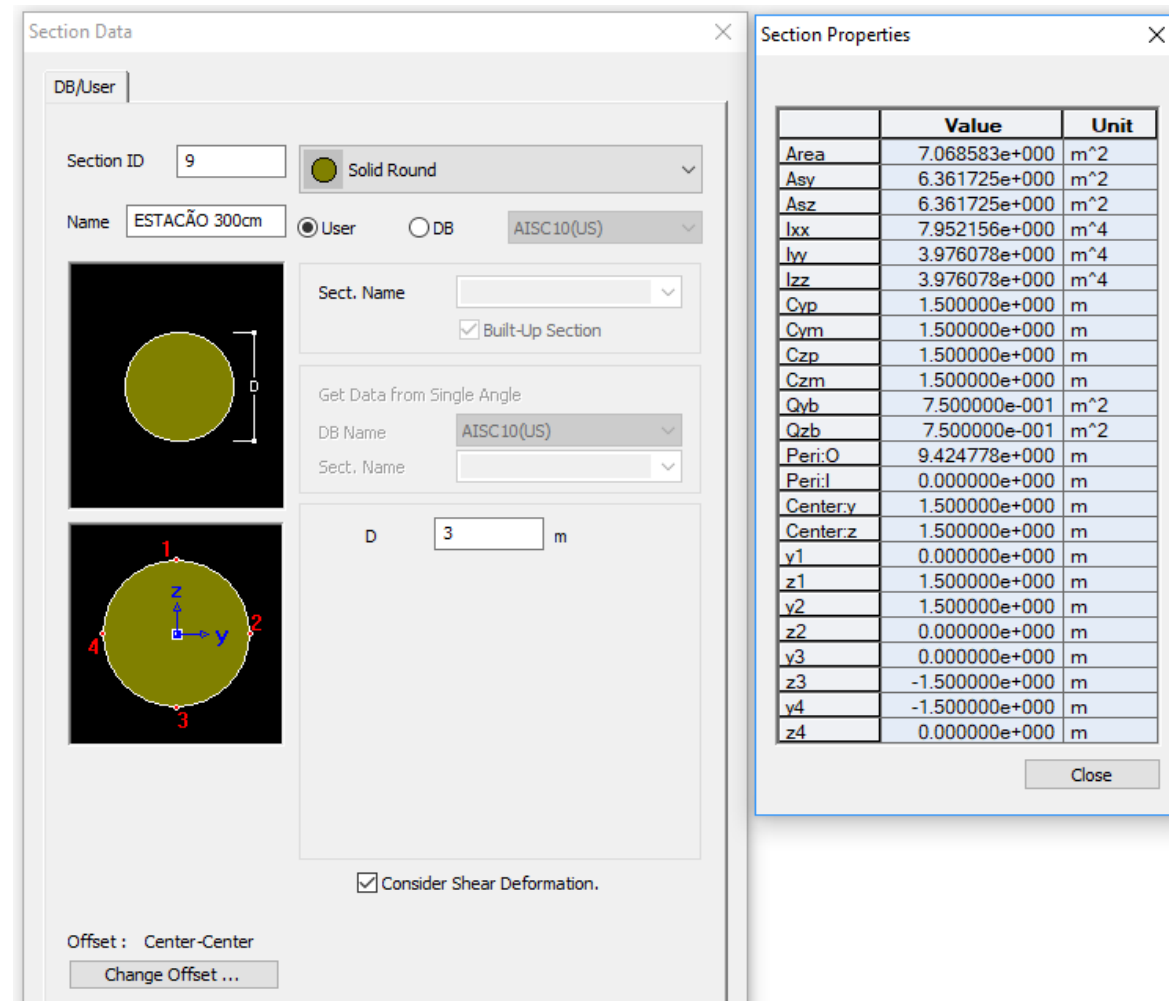
- Seção transversal do tabuleiro trecho variável



Seção transversal do pilar



- Seção transversal da estaca escavada



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

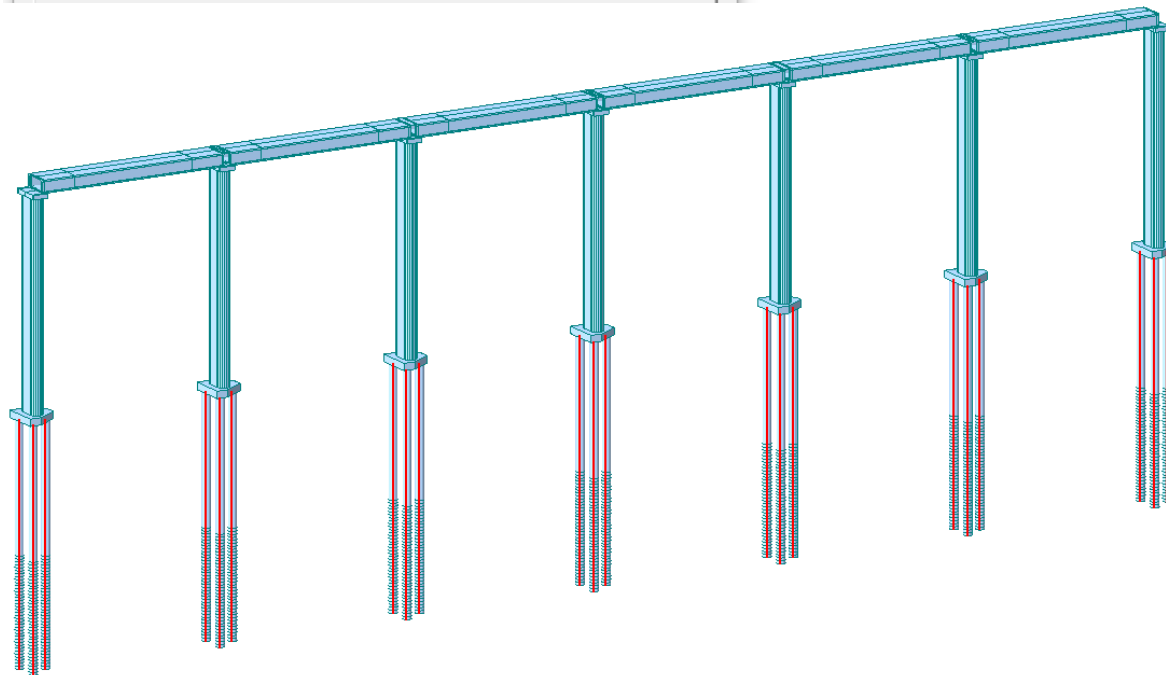
| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

| SPT | KH |
|-----------|------|
| SPT<10 | 500 |
| 10<SPT<30 | 1000 |
| 30<SPT | 2000 |

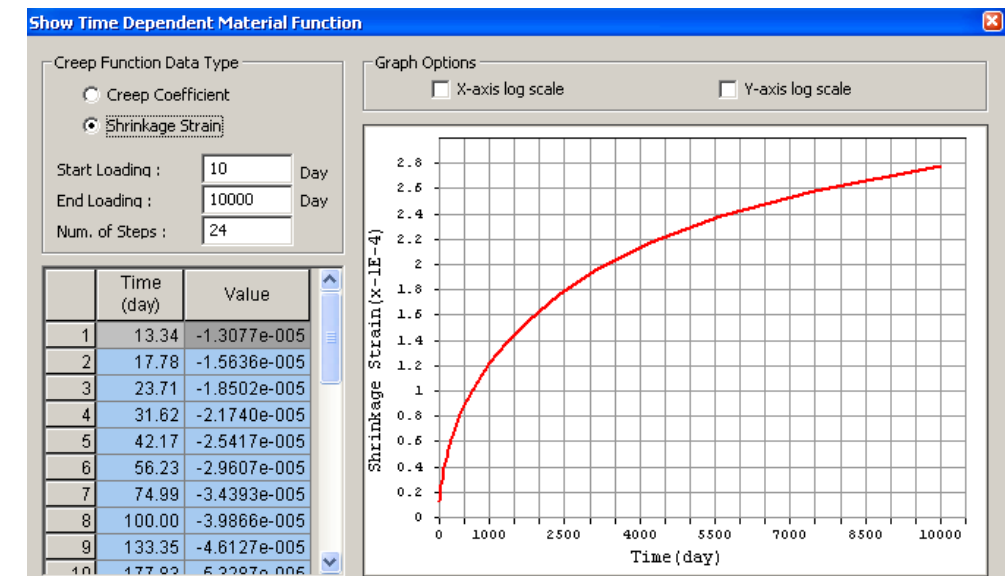
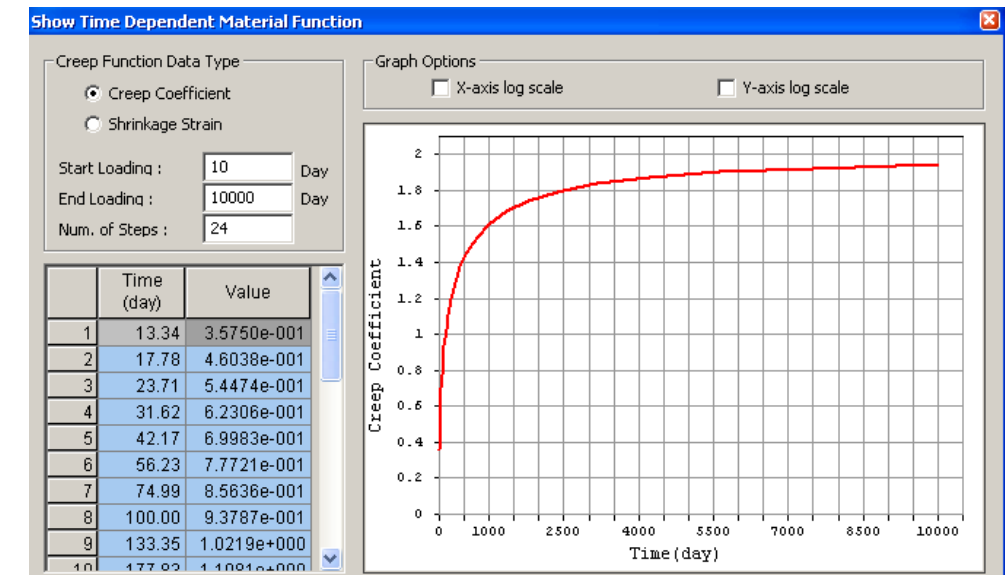
As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de $1 \times \varnothing \times KH$ (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).



4.4 Materiais

Concreto - superestrutura

Concreto C40



Para os restantes elementos:

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |

5 CARREGAMENTOS:

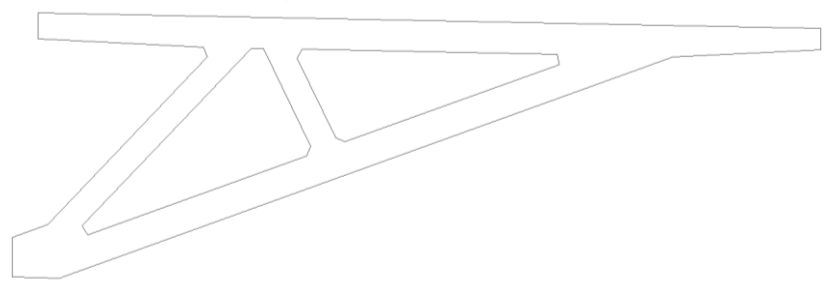
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0.6 \times 2.5 \times 2) / 2.9 = 4.99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9.3 + 4.99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0.38 \times 2.5 = 0.95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1.55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11.4 \times 0.07 \times 2.4 \times 2 = 3.9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0.2 \times 2.5 \times 2 + 0.08 \times 2 = 1.16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: $0,5 \text{ tf/m}^2$

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$,para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50} \right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6 - 2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

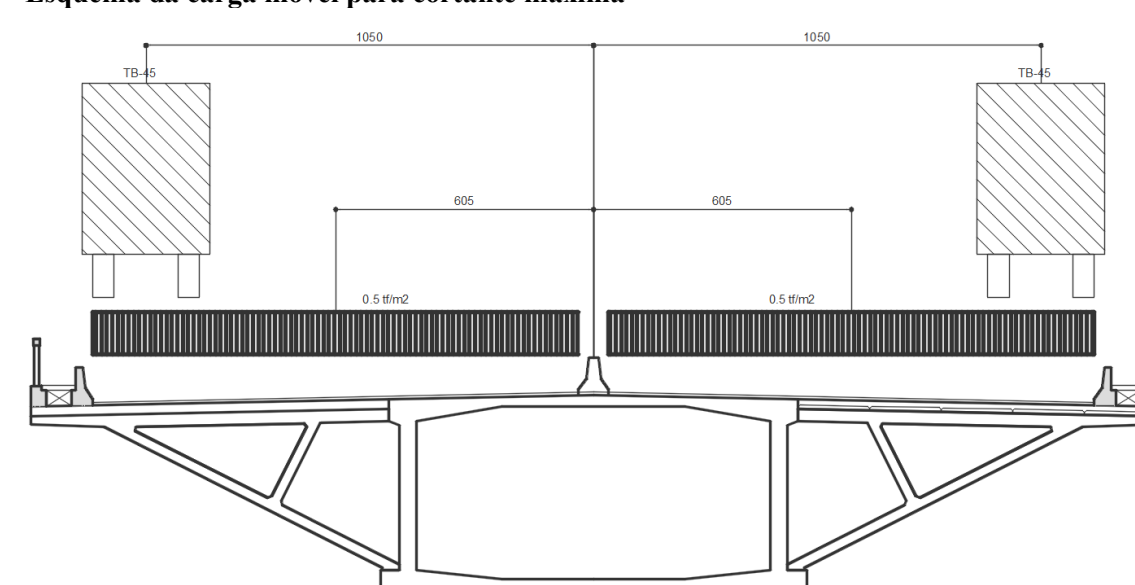
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

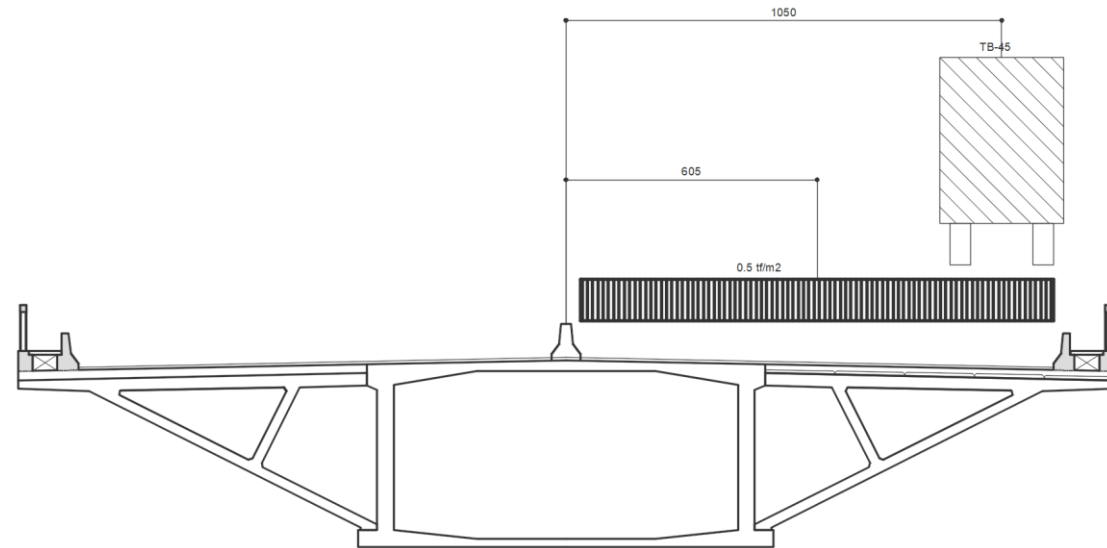
Esquema da carga móvel para cortante máxima



$$\text{Carga da multidão: } q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

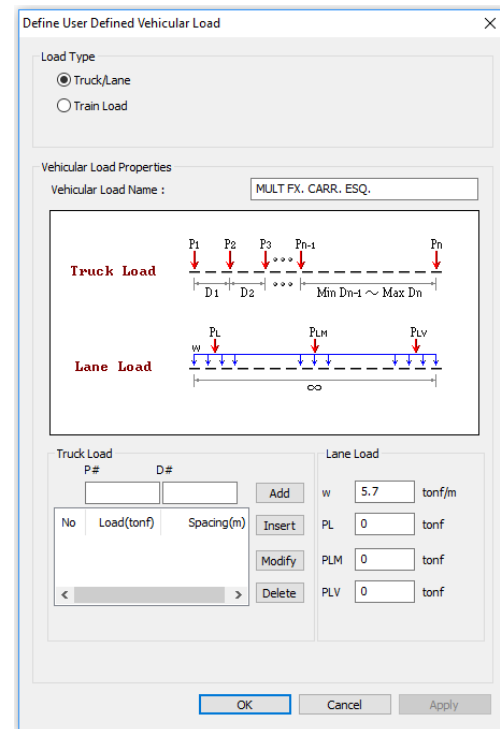
Esquema da carga móvel para torção máxima



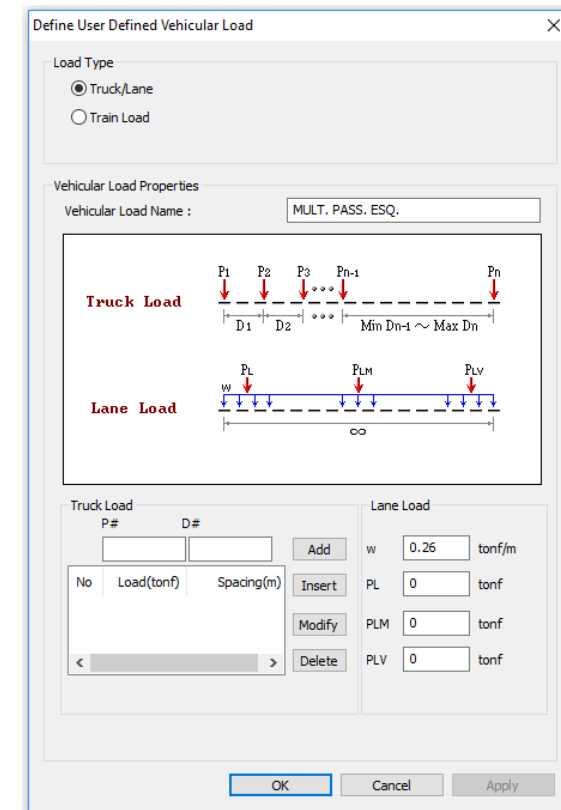
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima

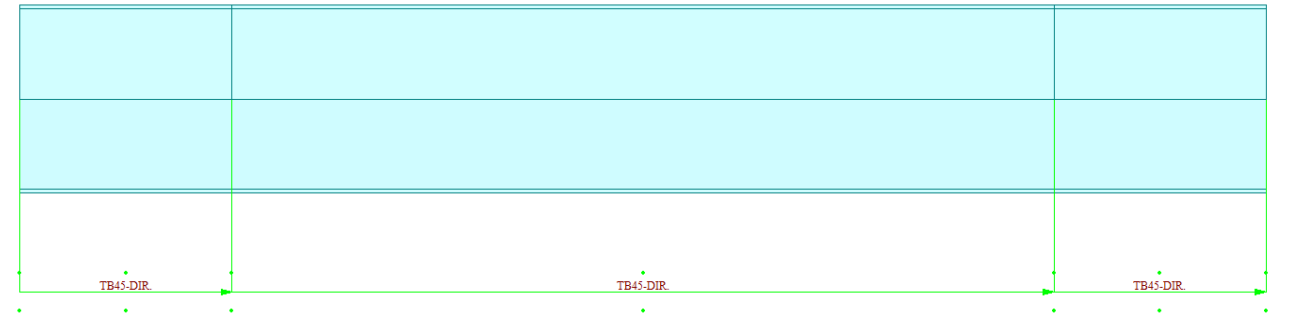
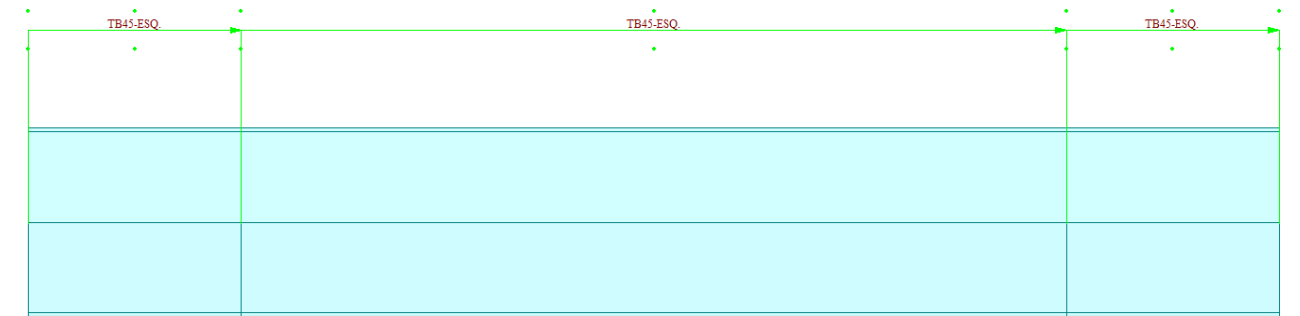


Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima

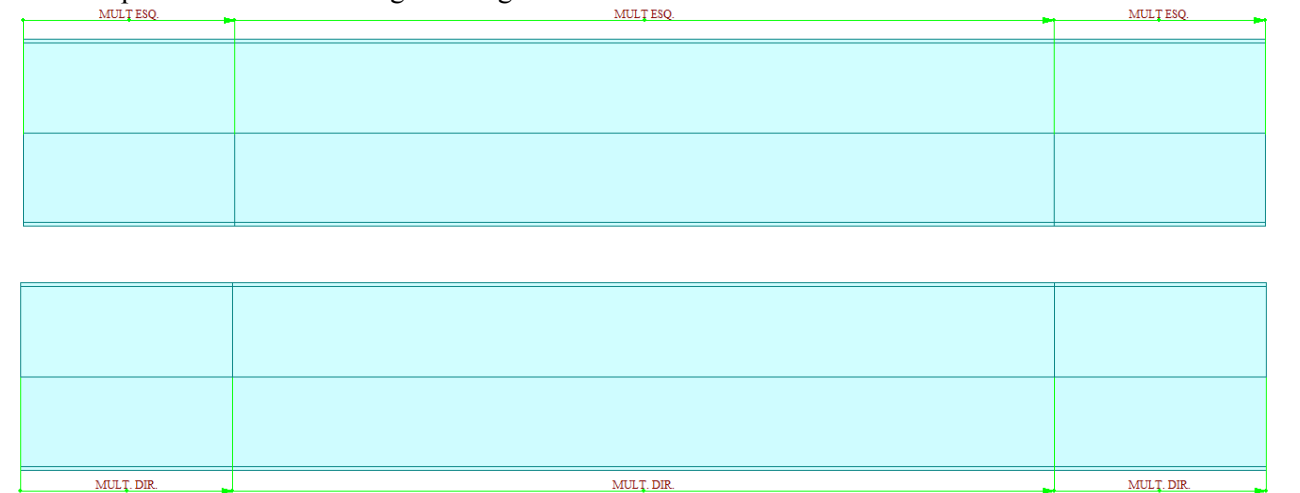


Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão

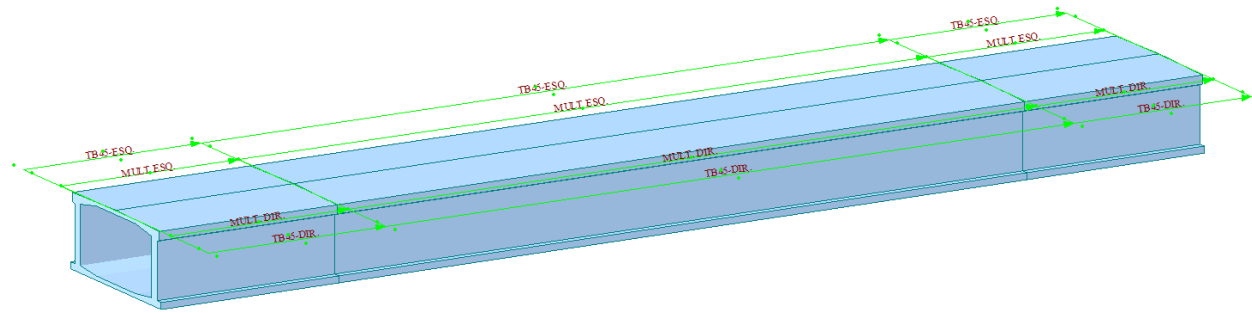


Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel

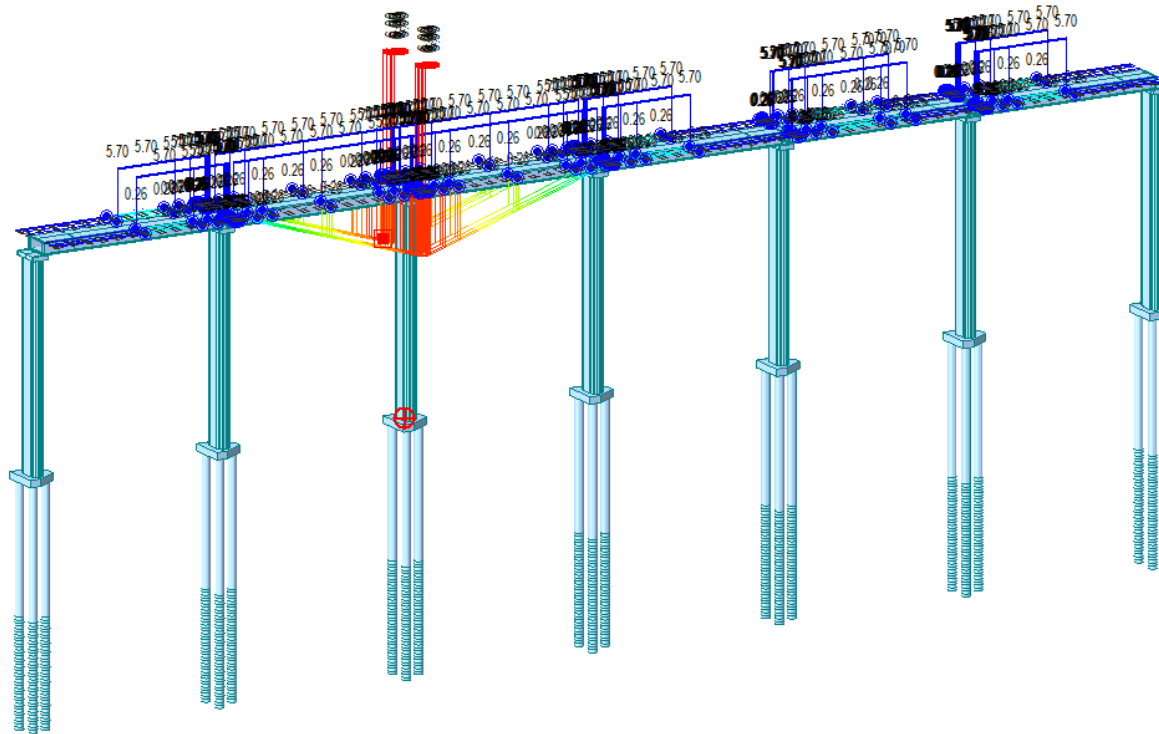
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S1 \times S2 \times S3$, sendo:

- $S1$ = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- $S2$ = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- $S3$ = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

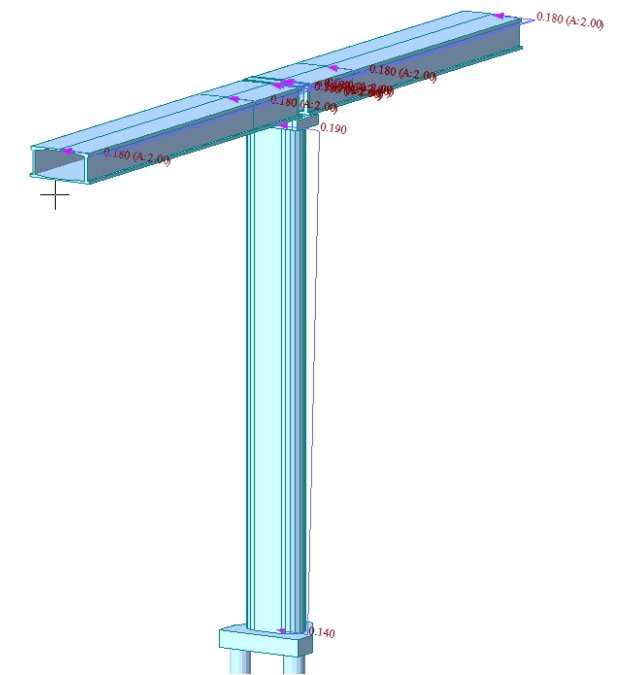
Pressão na direção transversal (W_y):

Na base

- $S1 = 1,0$
- $S2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39$ m/s = 145,4 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{pilar} = 30,0$ kgf/m²

No topo

- $S1 = 1,0$
- $S2 = 1,23$ a 73,5 m de altura
- $S3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 46,86$ m/s = 168,7 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{pilar} = 40,4$ kgf/m²
- $P_{tabuleiro} = 175,6$ kgf/m²



Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valor máximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.

Pressão na direção longitudinal (W_{x-x}):

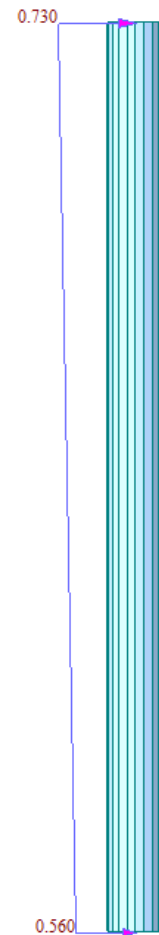
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 40,4 m/s = 145,4 km/h
- C_{a,pilar} = 0,6
- p = 60,0 kgf/m²

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,23 a 34 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 46,86 m/s = 168,7 km/h
- C_{a,pilar} = 0,6
- p = 80,8 kgf/m²

A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.



$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ |
|--|---------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |

5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\%$ multidão na pista

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (70,00) \times 22,8\text{m} = 40 \text{ tf}$$

Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 40 \text{ tf}$$

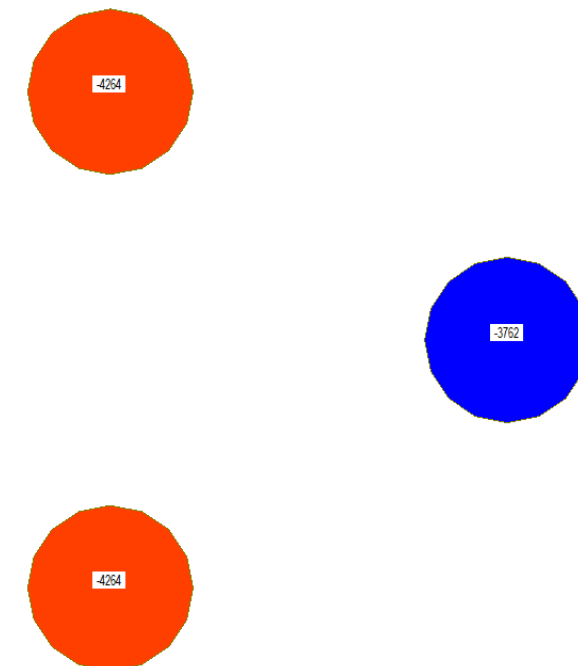
Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.



7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

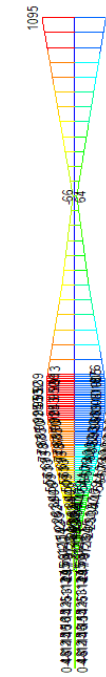
7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a titulo de exemplo.

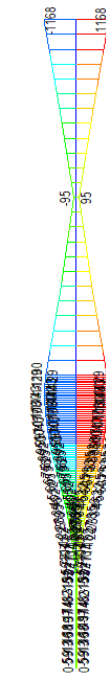
7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



7.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



7.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



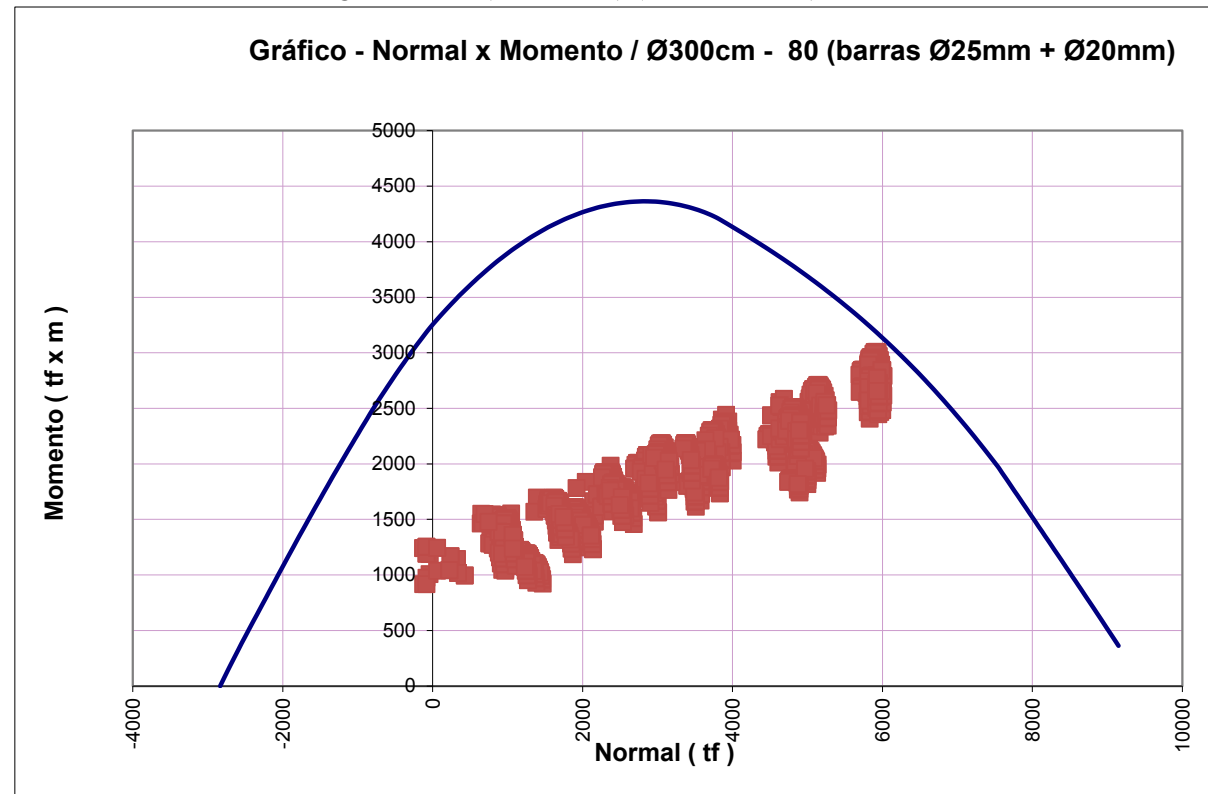
7.5 Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção

Dados para cálculo [kgf; cm²]:

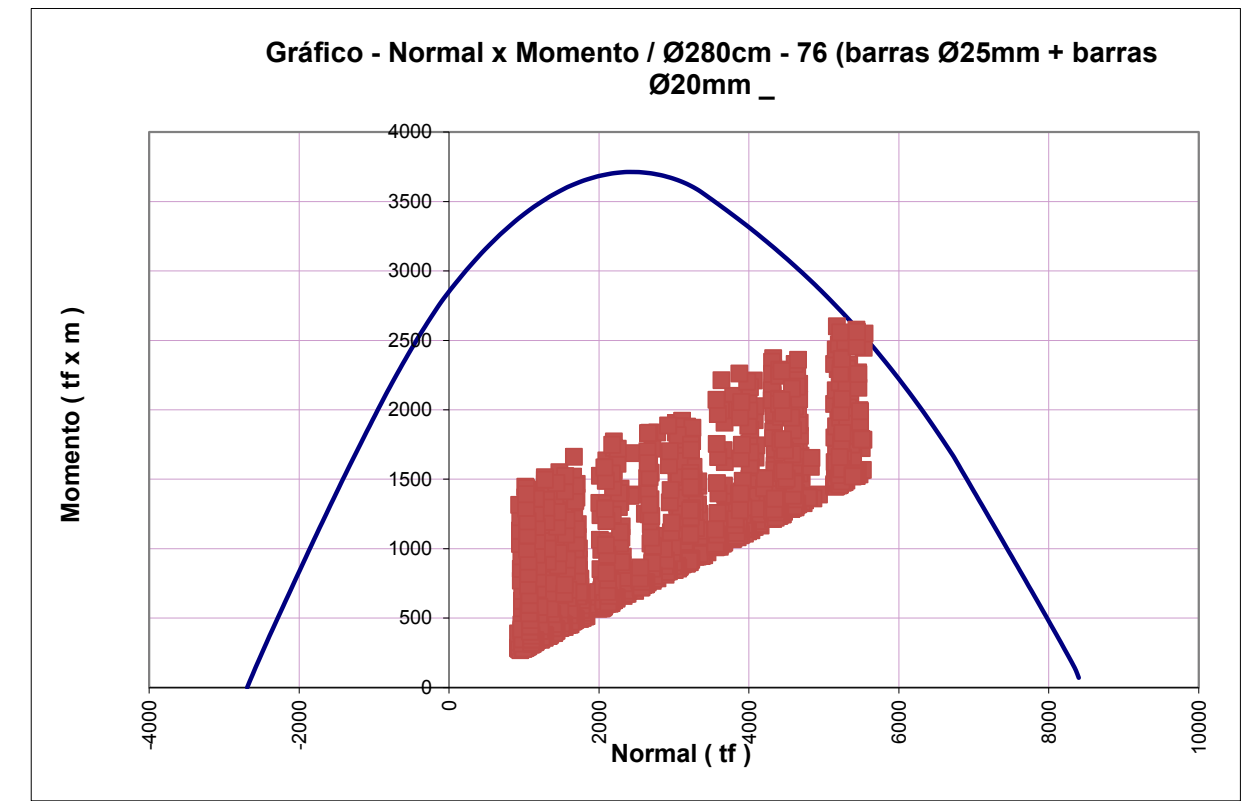
| | |
|------------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| γ_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| γ_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø300 no trecho em água/solo 80 (Ø25+ Ø20) (taxa de 0.92%)



2. Seção Ø280 no trecho de embutido em rocha com armadura 76 (Ø25+ Ø20) (taxa de 1.01%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

Apresentamos as envoltórias de cálculo.

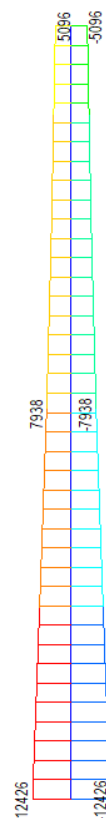
8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada

v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

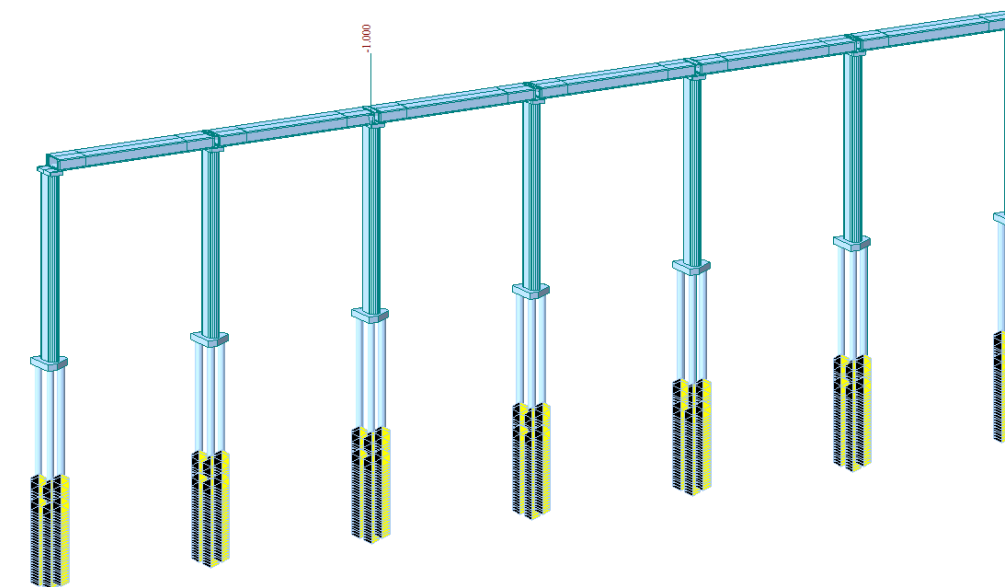
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

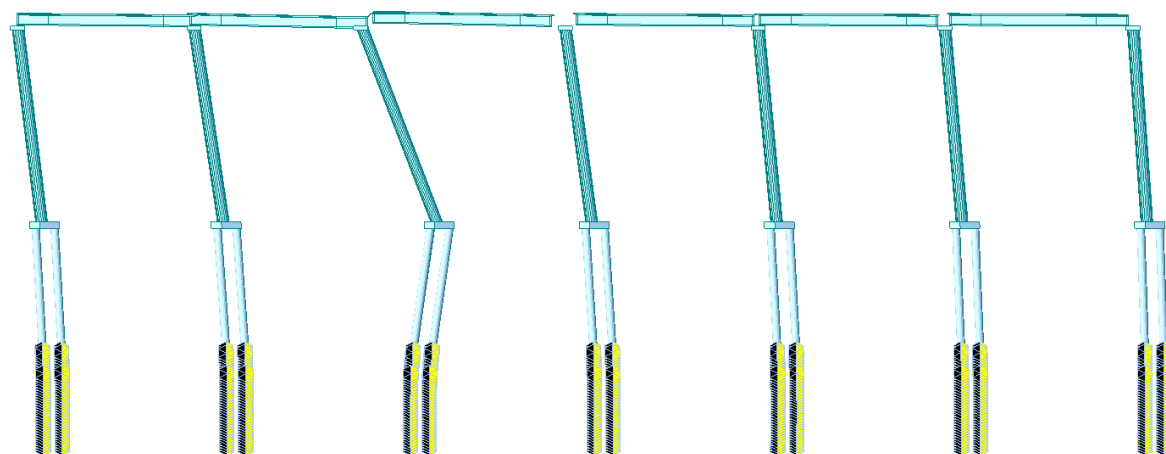
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura. A análise incidiu em 2 modelações.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|---------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 73393.625841 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 2 | 118207.566068 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 3 | 351290.673963 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 4 | 843995.467976 | 1.0249e-031 | | | | |
| | 5 | 988555.041409 | 7.2605e-029 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 97.12m. O valor representa 1.33 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbeltez na menor direção - $\lambda_y = 53.50 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa

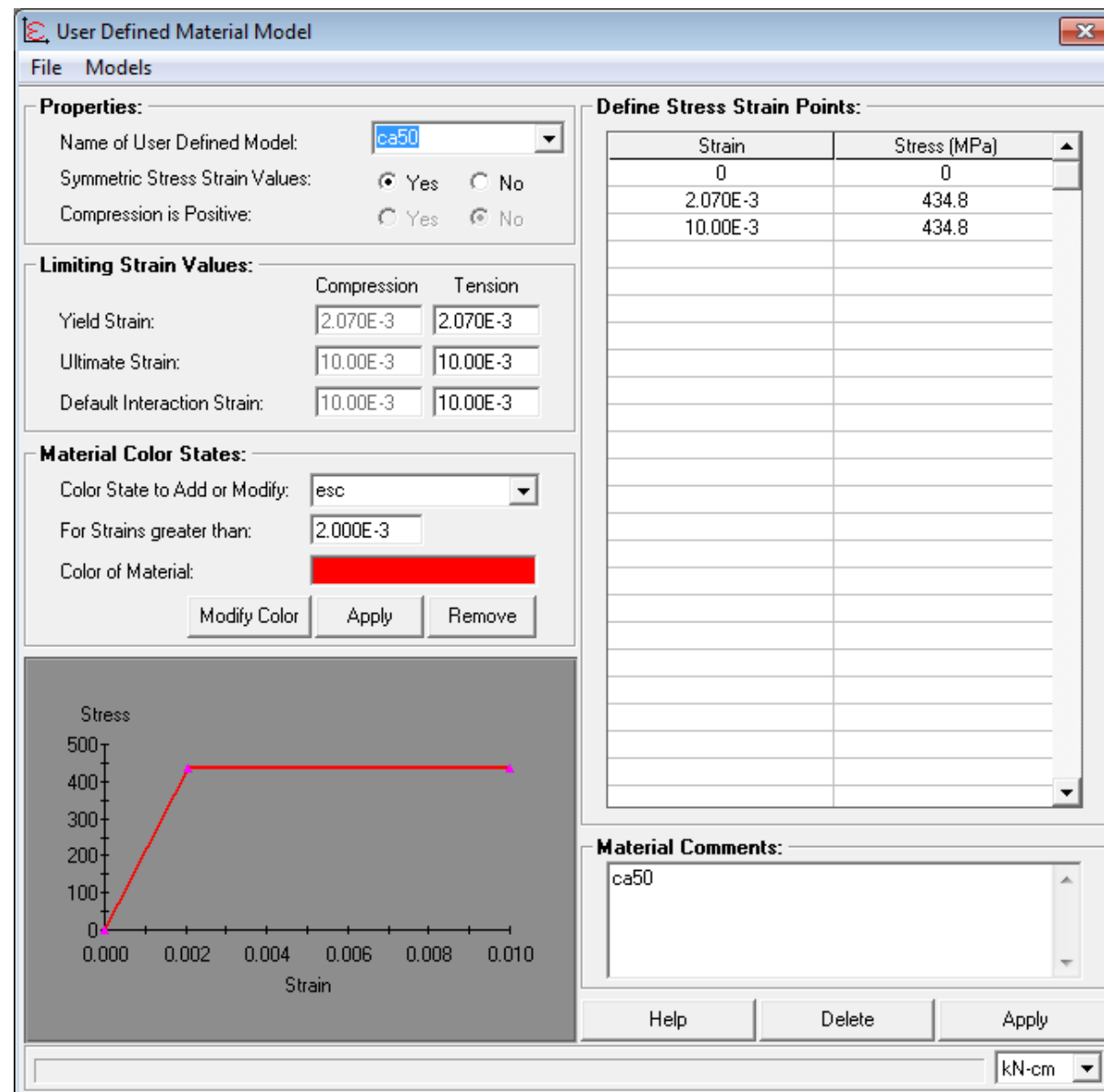
realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85)

| Strain | Stress (MPa) |
|----------|--------------|
| 0 | 0 |
| .2000E-3 | 5.191 |
| .4000E-3 | 9.836 |
| .6000E-3 | 13.93 |
| .8000E-3 | 17.49 |
| 1.000E-3 | 20.49 |
| 1.200E-3 | 22.95 |
| 1.400E-3 | 24.86 |
| 1.600E-3 | 26.23 |
| 1.800E-3 | 27.05 |
| 2.000E-3 | 27.32 |
| 3.500E-3 | 27.32 |

Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



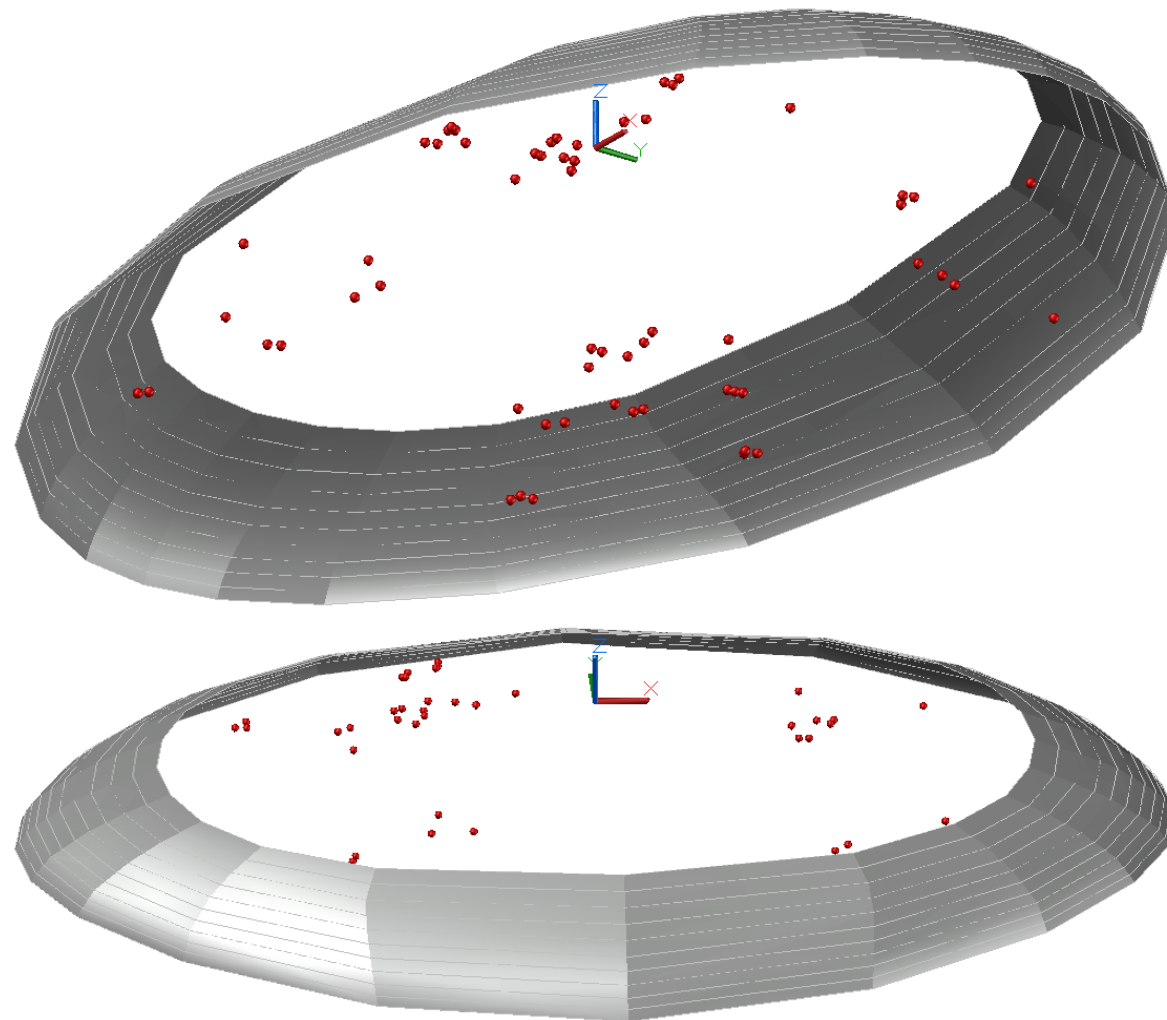
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Base do pilar

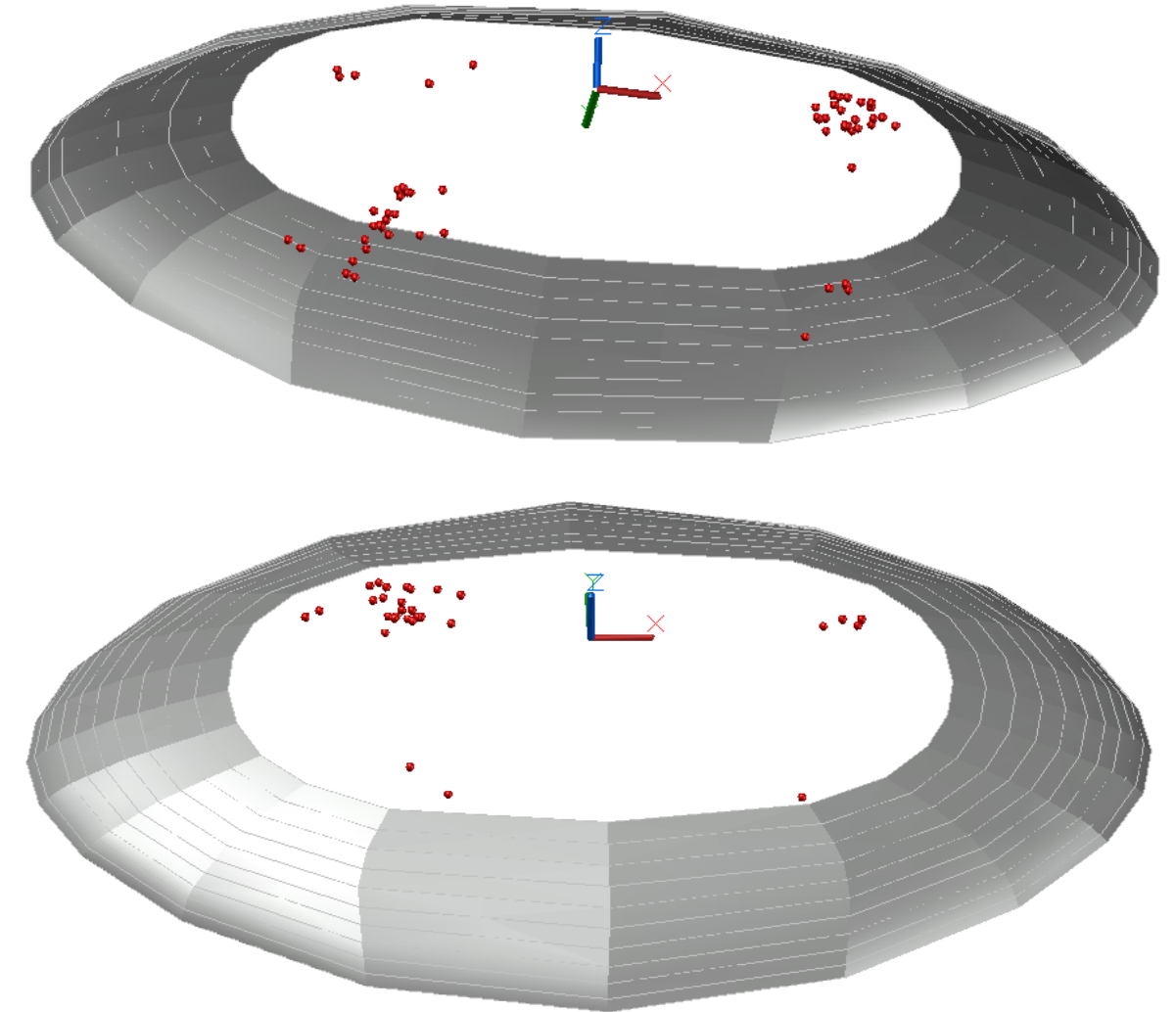
Armadura – Ø20.
Total de ferros = 212
Taxa de armadura = 1.0%

Envoltória de rotura



Topo do pilar

Armadura – Ø16.
Total de ferros = 134
Taxa de armadura = 0.4%



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$.

Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$.

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO INFRAESTRUTURA - APOIO 72

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10222-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

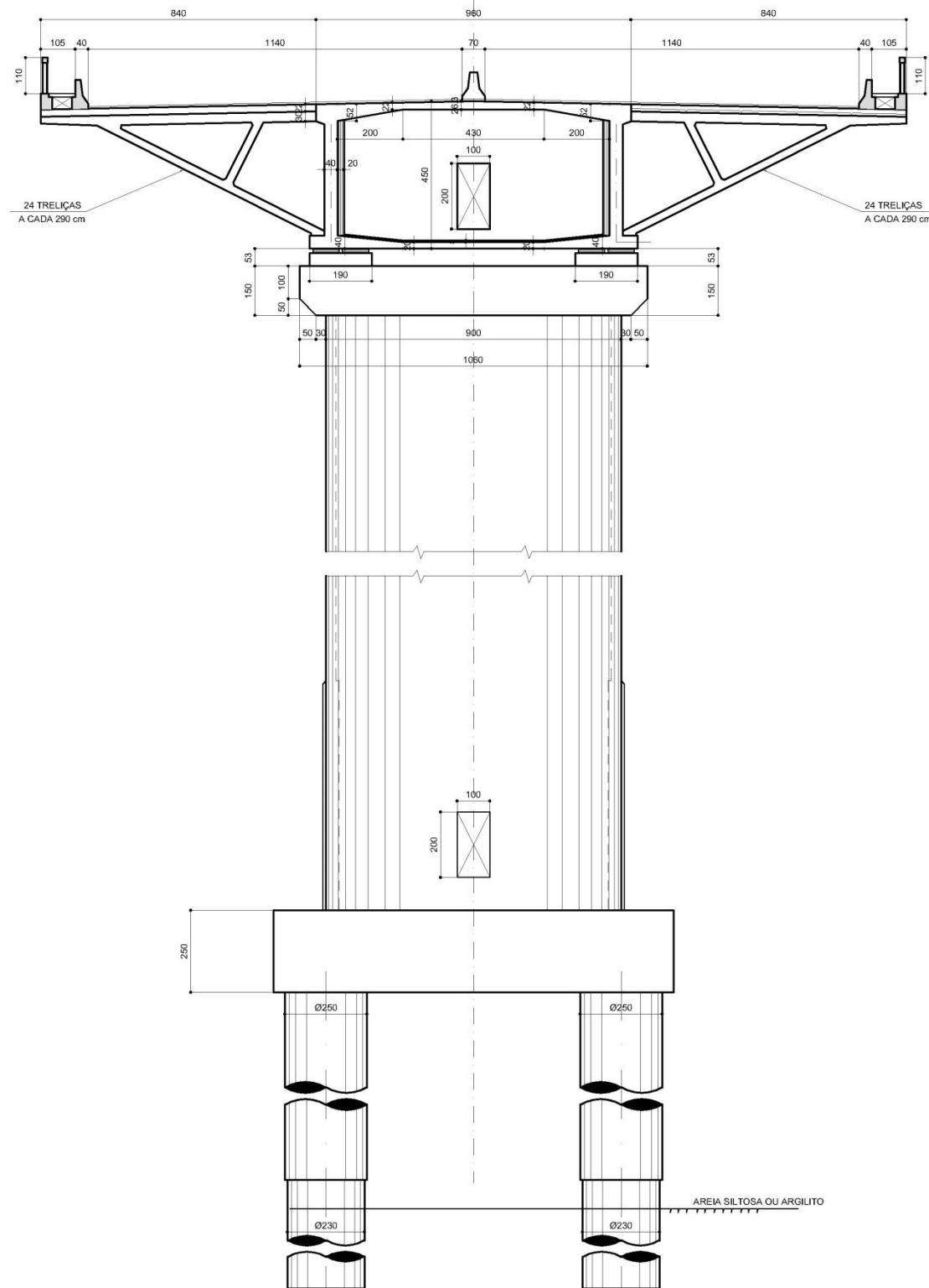


ÍNDICE

| | | | | | |
|----------|---|-----------|-------|--|----|
| 1 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 | 8.5.1 | Método aproximado | 15 |
| 1.1 | Superestrutura..... | 2 | 8.6 | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 15 |
| 1.2 | Infra e Mesoestrutura..... | 2 | 8.7 | Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes | 16 |
| 2 | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 | 8.8 | Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes | 18 |
| 3 | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO | 3 | | | |
| 4 | MODELOS DE CÁLCULO | 3 | | | |
| 4.1 | Geometria do modelo de cálculo | 3 | | | |
| 4.2 | Propriedades do modelo de cálculo | 4 | | | |
| 4.3 | Restrições de apoio | 6 | | | |
| 4.3.1 | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 6 | | | |
| 4.3.2 | Vinculação elástica do solo..... | 6 | | | |
| 4.4 | Materiais..... | 7 | | | |
| 5 | CARREGAMENTOS: | 8 | | | |
| 5.1 | Carregamentos permanentes:..... | 8 | | | |
| 5.2 | Cargas móveis | 8 | | | |
| 5.2.1 | Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto | 10 | | | |
| 5.2.2 | Força centrífuga..... | 10 | | | |
| 5.2.3 | Força longitudinal devido ao vento | 10 | | | |
| 5.2.4 | Força longitudinal devido a frenagem/aceleração | 11 | | | |
| 5.3 | Combinações de cálculo | 11 | | | |
| 6 | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 12 | | | |
| 7 | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 12 | | | |
| 7.1 | Esforços solicitantes | 12 | | | |
| 7.2 | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 12 | | | |
| 7.3 | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 12 | | | |
| 7.4 | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 13 | | | |
| 7.5 | Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção | 13 | | | |
| 8 | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 14 | | | |
| 8.1 | Esforços de 1ª ordem no pilar | 14 | | | |
| 8.2 | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 14 | | | |
| 8.3 | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 14 | | | |
| 8.4 | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 14 | | | |
| 8.5 | Esforços de 2ª ordem no pilar | 15 | | | |

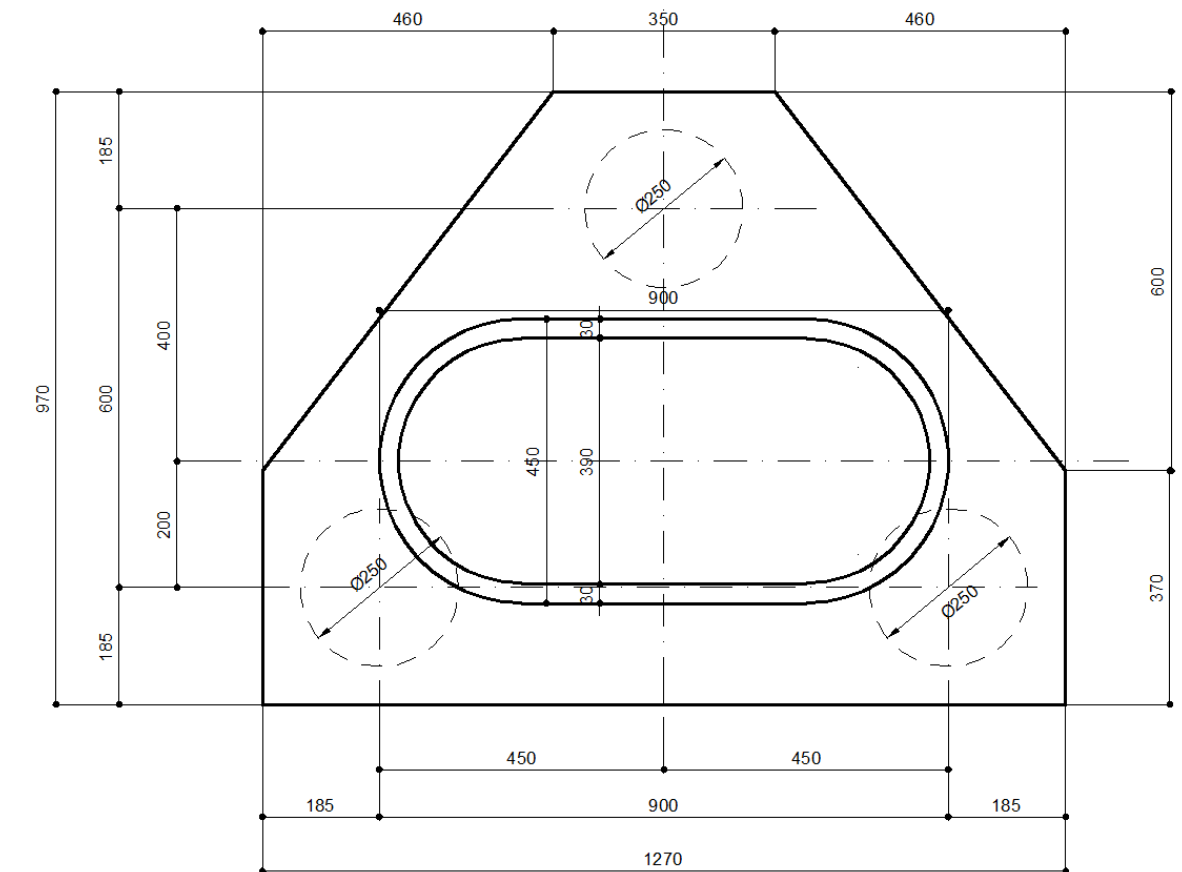
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;
- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);
- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;

- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 250cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 230 cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

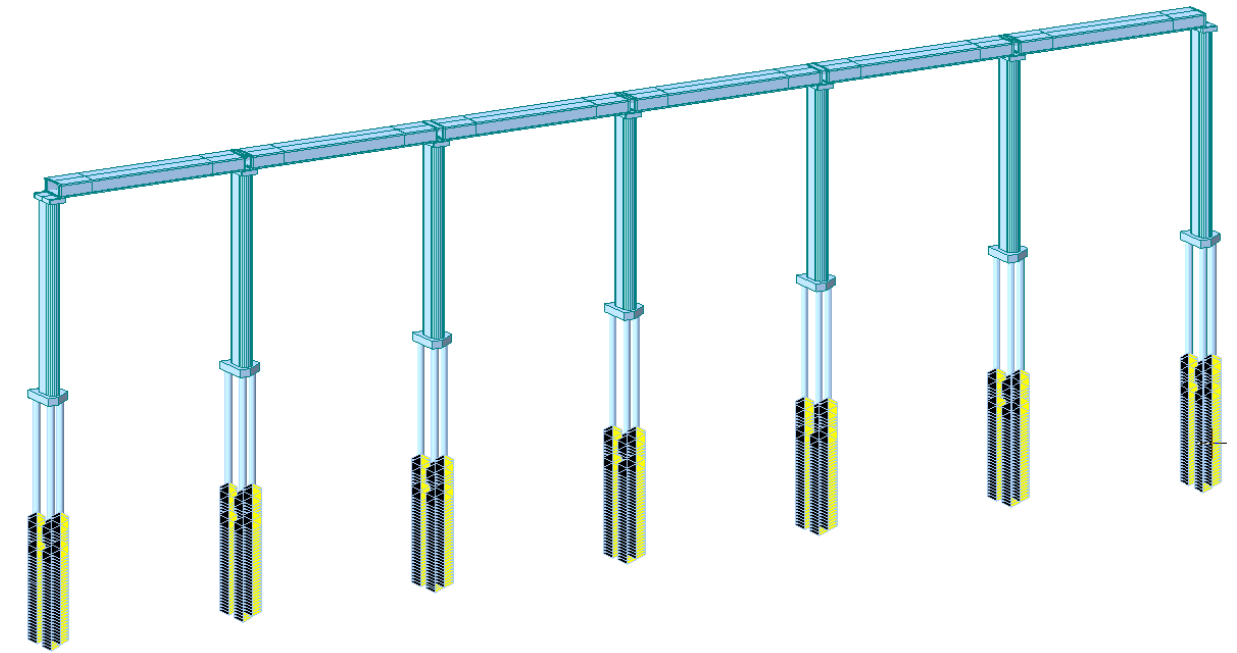
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 290cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

4.1 Geometria do modelo de cálculo

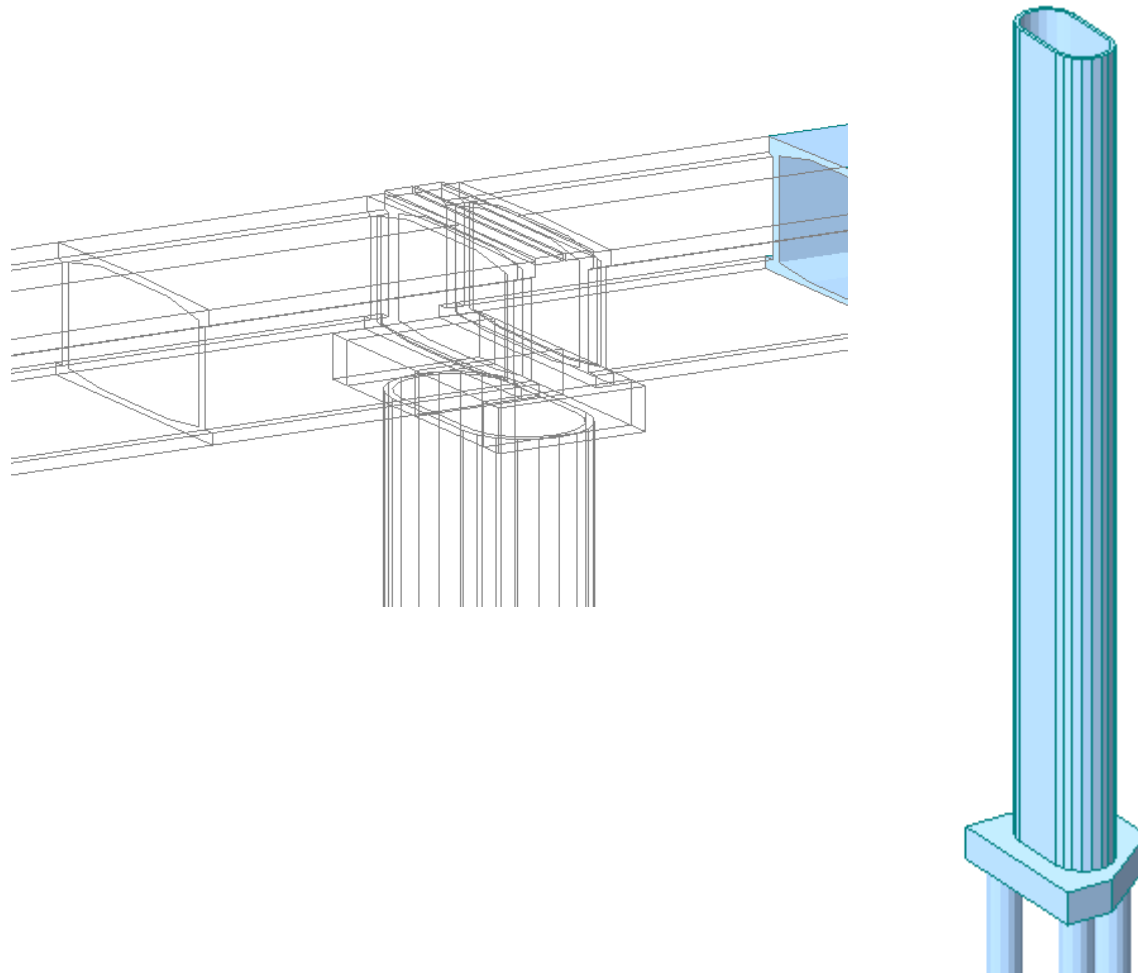
O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 73.5 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x70m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 70m (entre apoios)

- Seção transversal do tabuleiro trecho constante




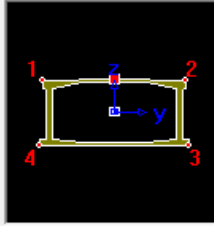
Section Data

DB/User Value

Section ID: 1 ? General Section

Name: TIPICO Built-Up Section





Import SEC Files...

FEM Equation

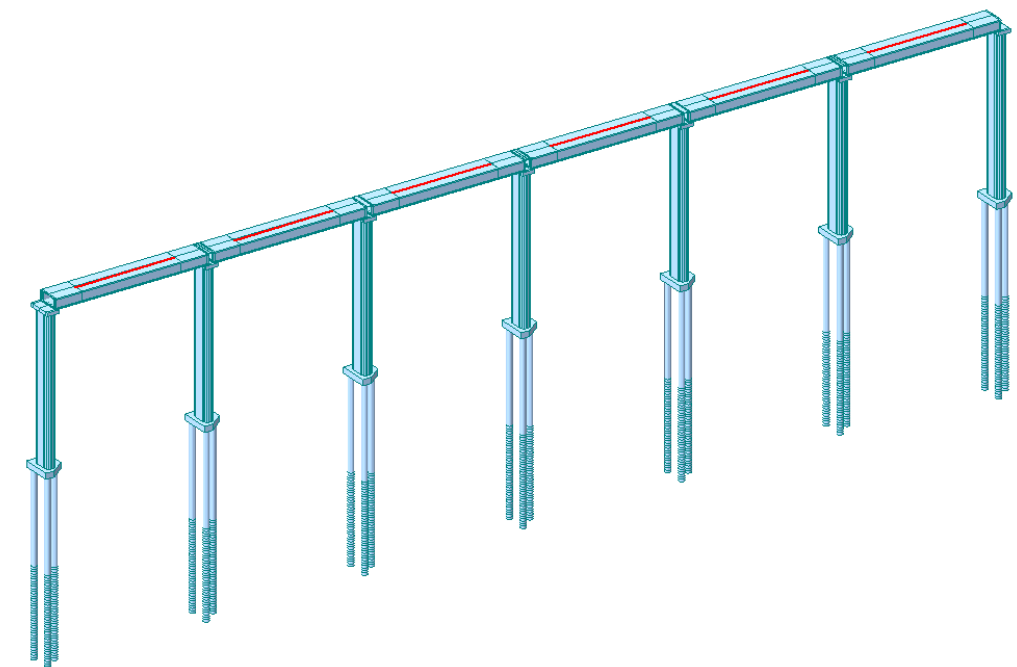
Consider Shear Deformation.
 Consider Warping Effect(7th DOF)

Offset: Center-Top
 Change Offset ...

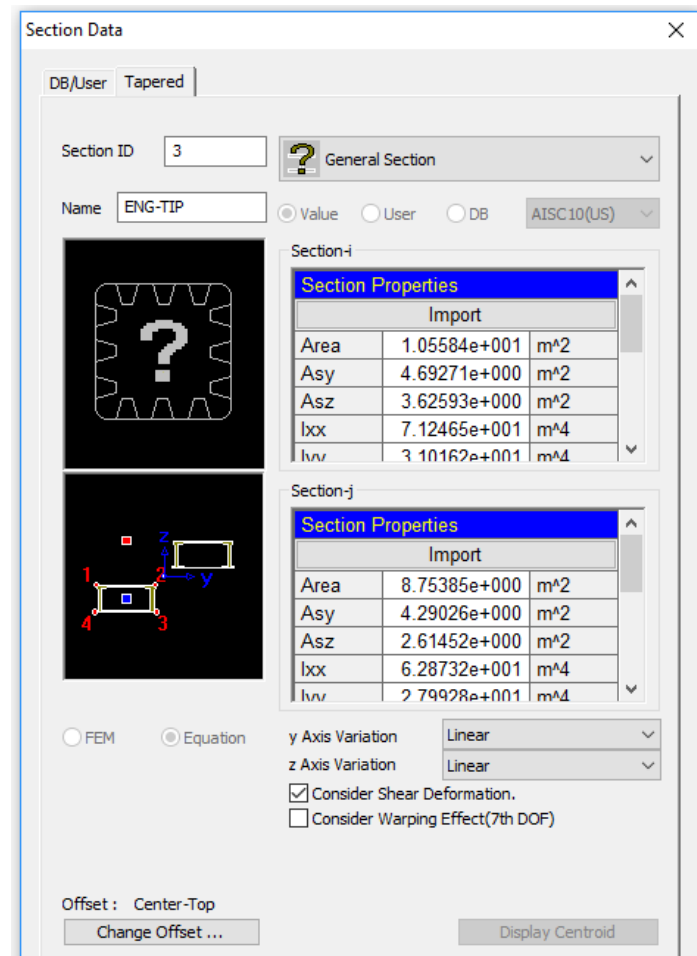
| Section Properties | | |
|--------------------|--------------|-----|
| Area | 8.75385e+000 | m^2 |
| Asy | 4.29026e+000 | m^2 |
| Asz | 2.61452e+000 | m^2 |
| Ixx | 6.28732e+001 | m^4 |
| Iyy | 2.79928e+001 | m^4 |
| Izz | 1.13724e+002 | m^4 |
| Cyp | 5.0000 | m |
| Cym | 5.0000 | m |
| Czp | 2.2029 | m |
| Czm | 2.2971 | m |
| Qyb | 9.1563 | m^2 |
| Qzb | 31.5231 | m^2 |
| Peri:O | 2.96548e+001 | m |
| Peri:I | 2.36713e+001 | m |
| Cent:y | 5.0000 | m |
| Cent:z | 2.2971 | m |
| y1 | -4.8000 | m |

4.2 Propriedades do modelo de cálculo

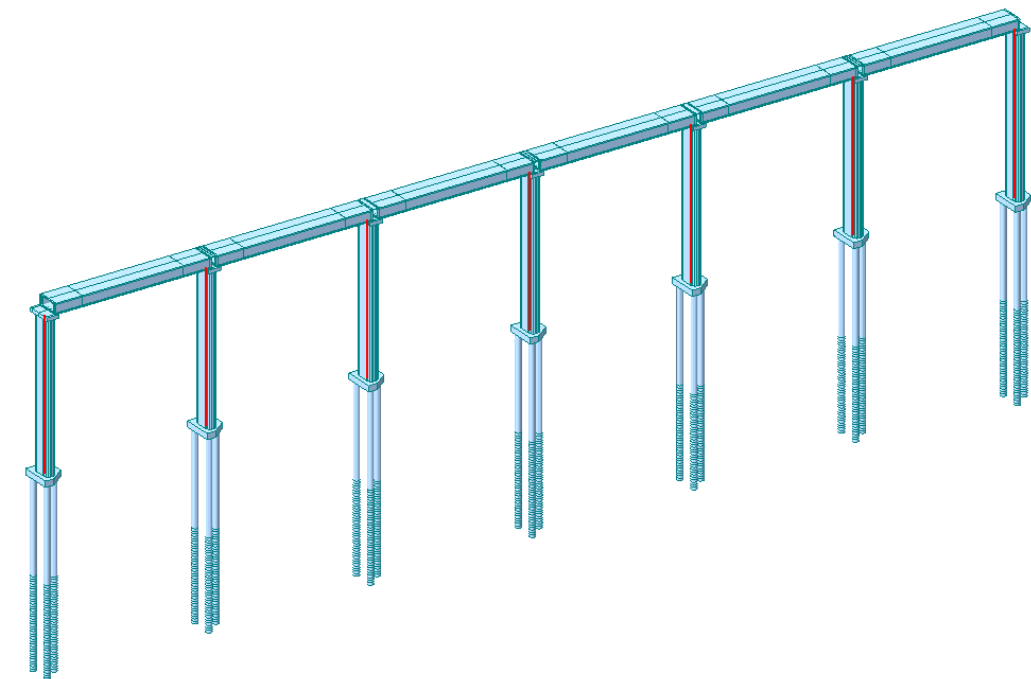
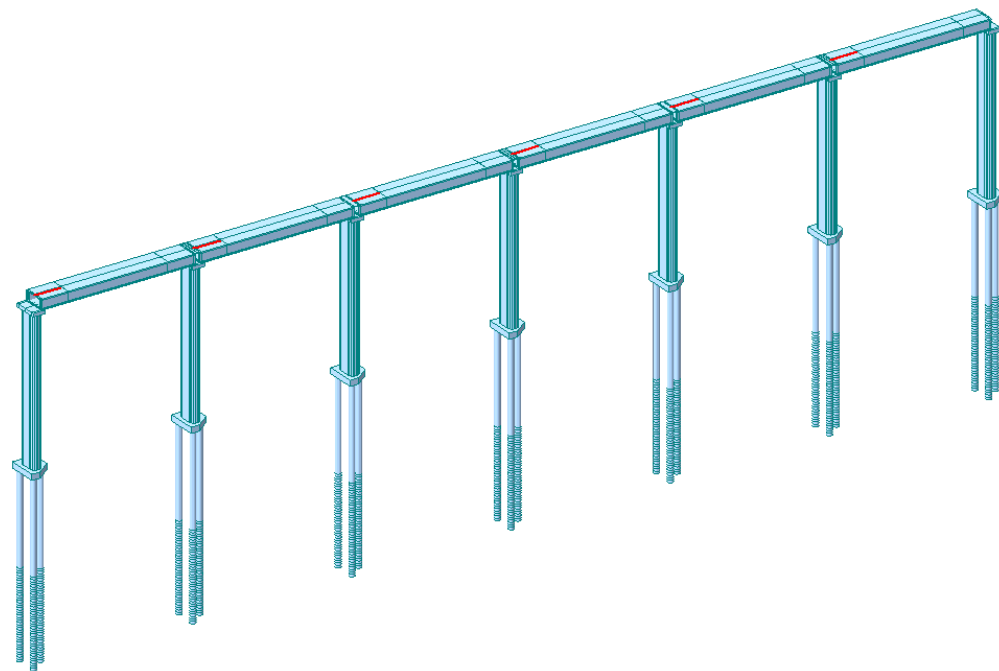
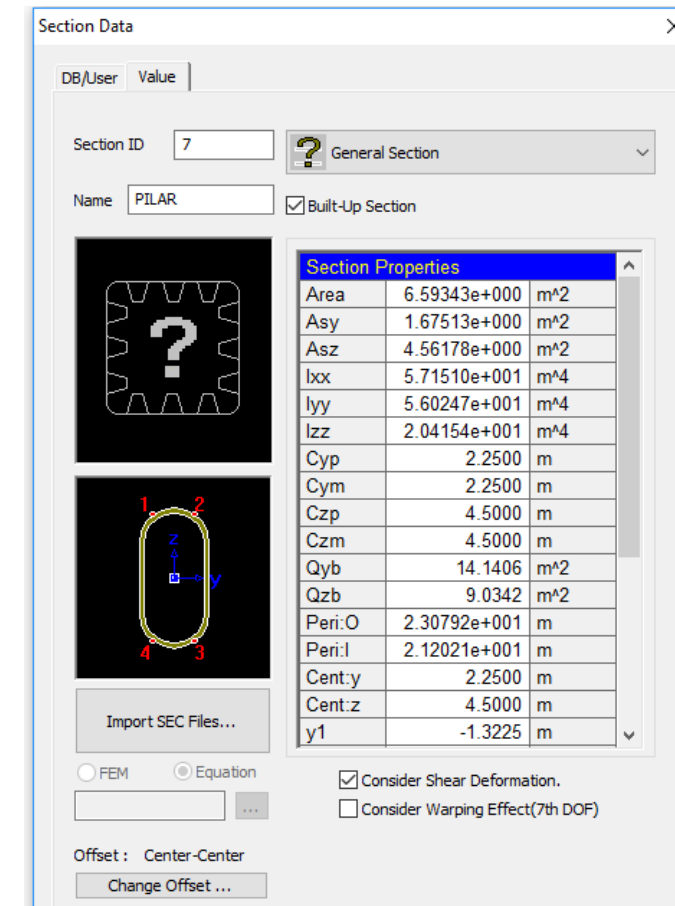
A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):



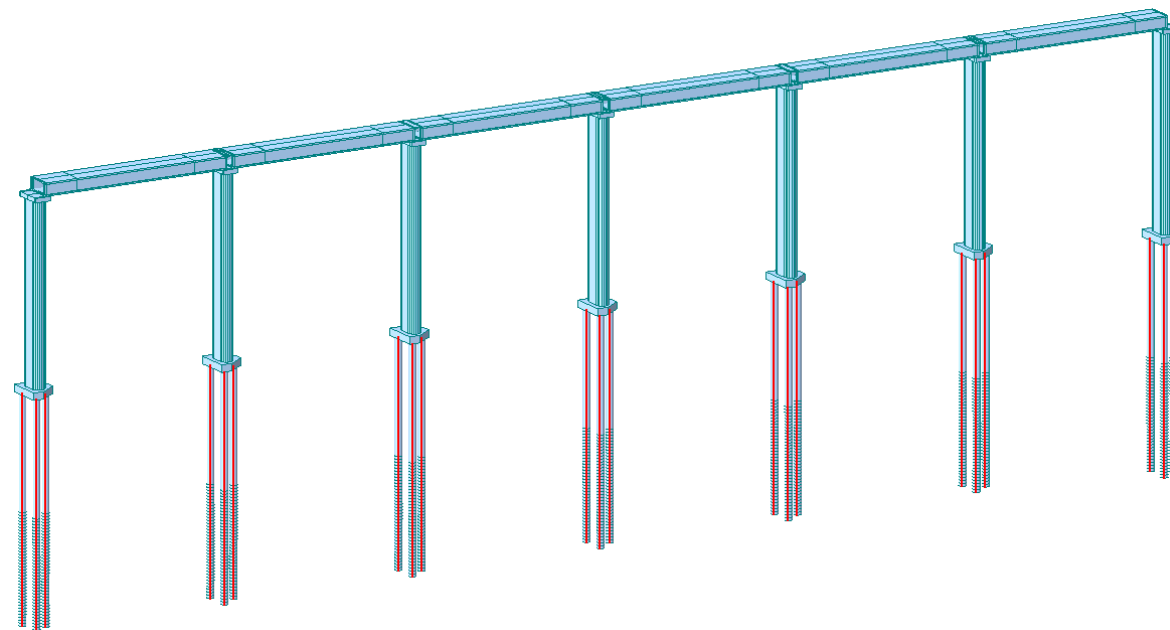
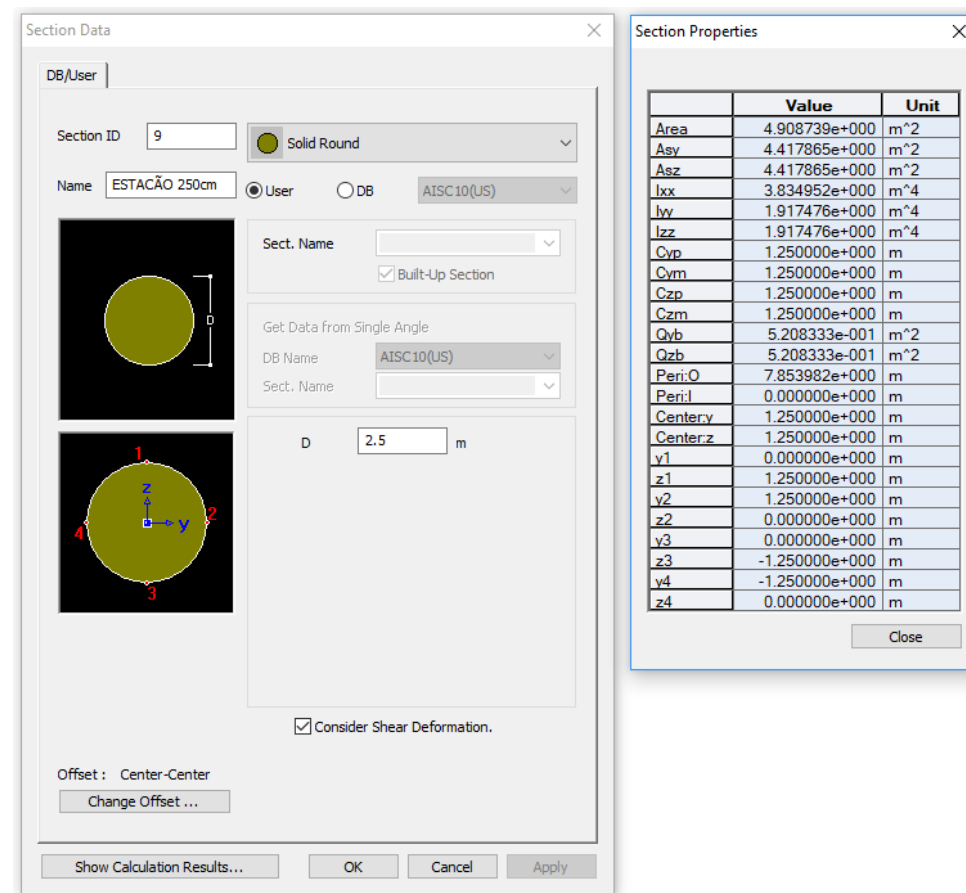
- Seção transversal do tabuleiro trecho variável



Seção transversal do pilar



- Seção transversal da estaca escavada



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

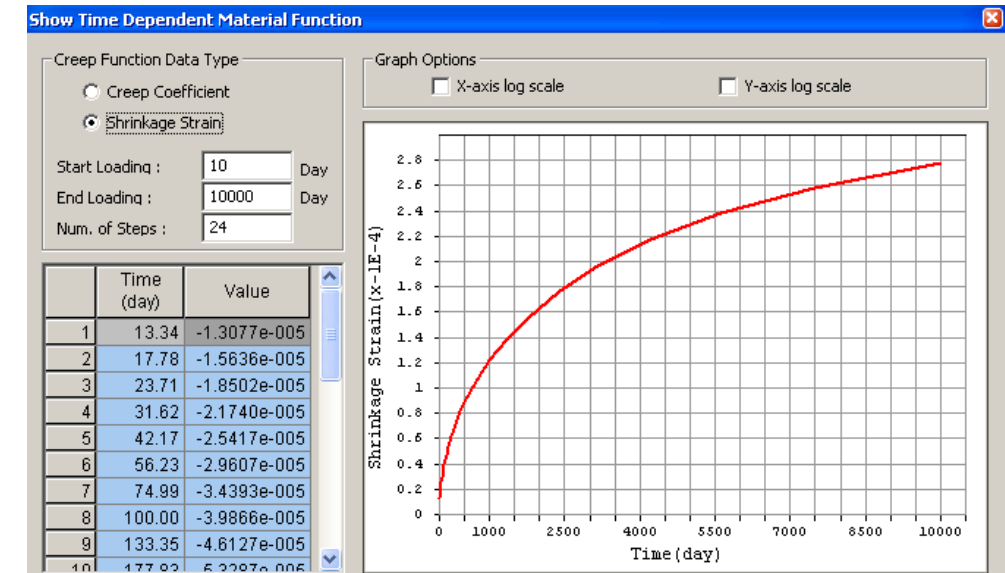
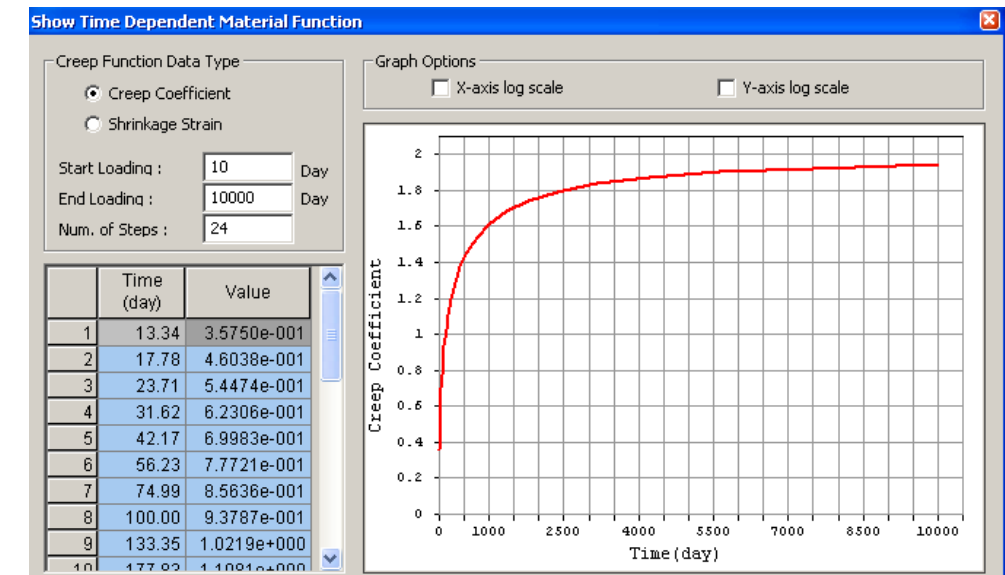
| | |
|-----------|------|
| SPT | KH |
| SPT<10 | 500 |
| 10<SPT<30 | 1000 |
| 30<SPT | 2000 |

As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de $1 \times \varnothing \times KH$ (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).

4.4 Materiais

Concreto - superestrutura

Concreto C40



Para os restantes elementos:

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |

5 CARREGAMENTOS:

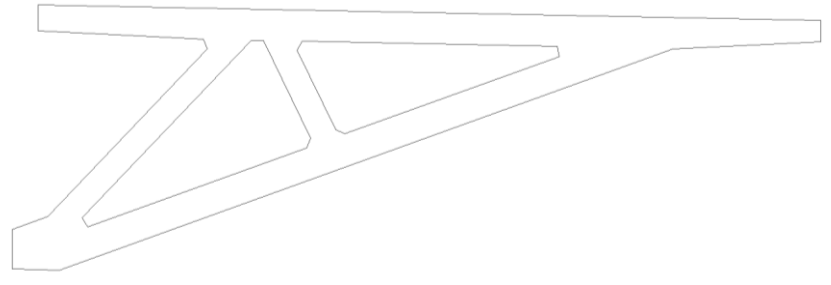
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0.6 \times 2.5 \times 2) / 2.9 = 4.99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9.3 + 4.99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0.38 \times 2.5 = 0.95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1.55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11.4 \times 0.07 \times 2.4 \times 2 = 3.9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0.2 \times 2.5 \times 2 + 0.08 \times 2 = 1.16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: $0,5 \text{ tf/m}^2$

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$,para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50} \right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6 - 2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

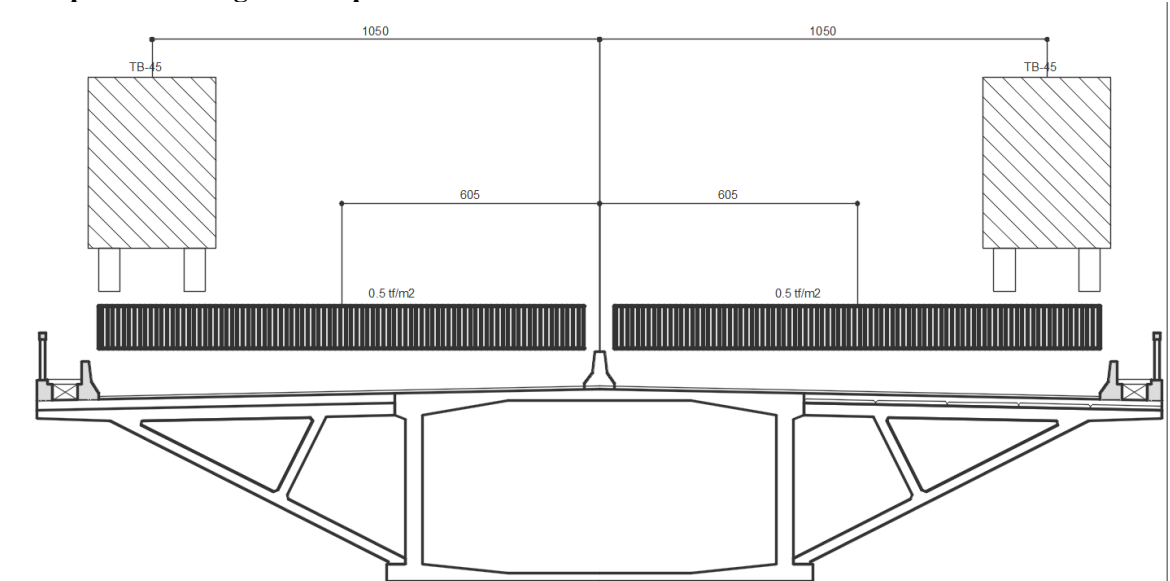
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

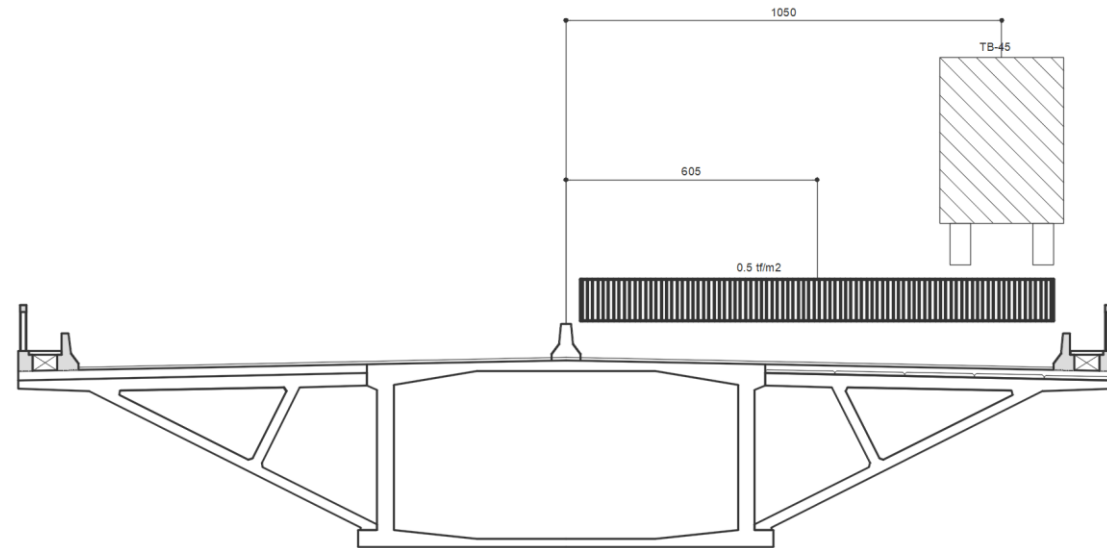
Esquema da carga móvel para cortante máxima



$$\text{Carga da multidão: } q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

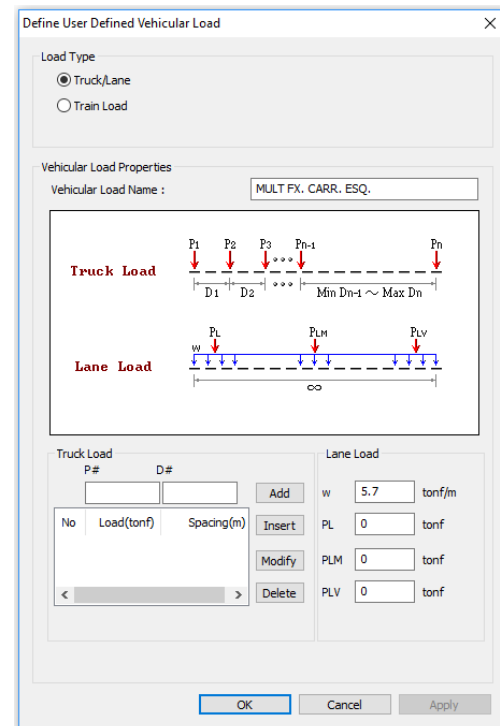
Esquema da carga móvel para torção máxima



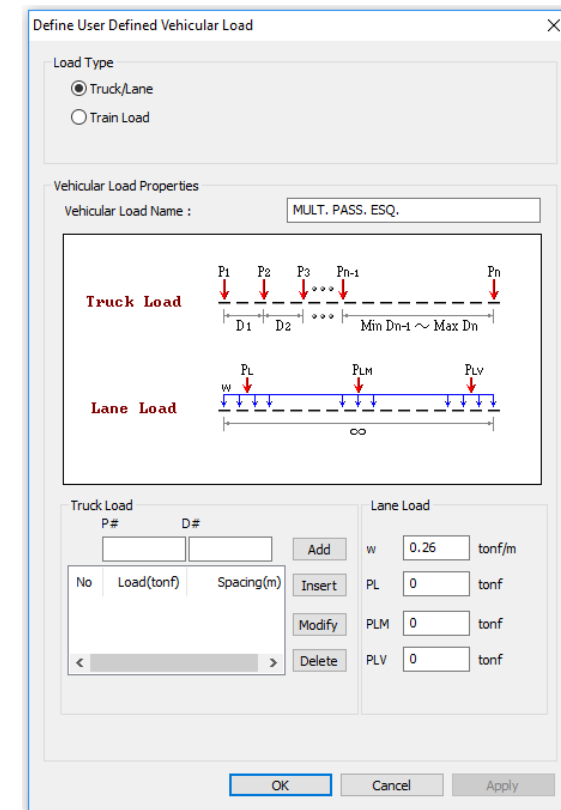
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima

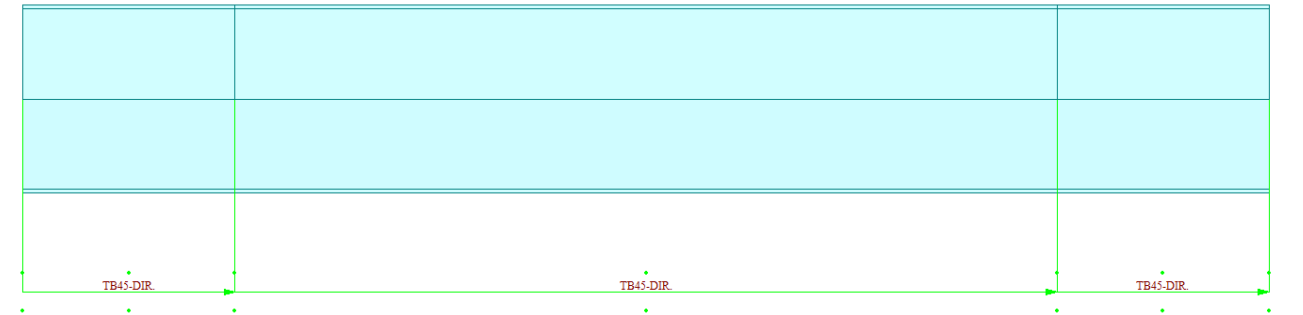
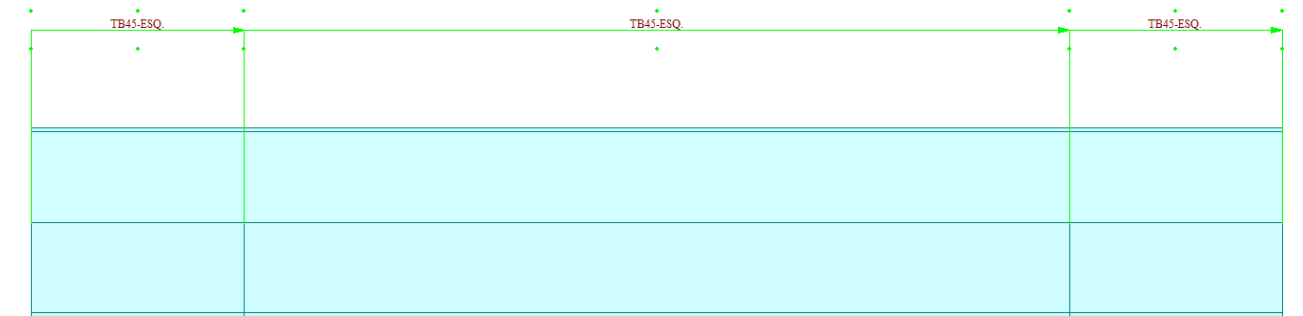


Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima

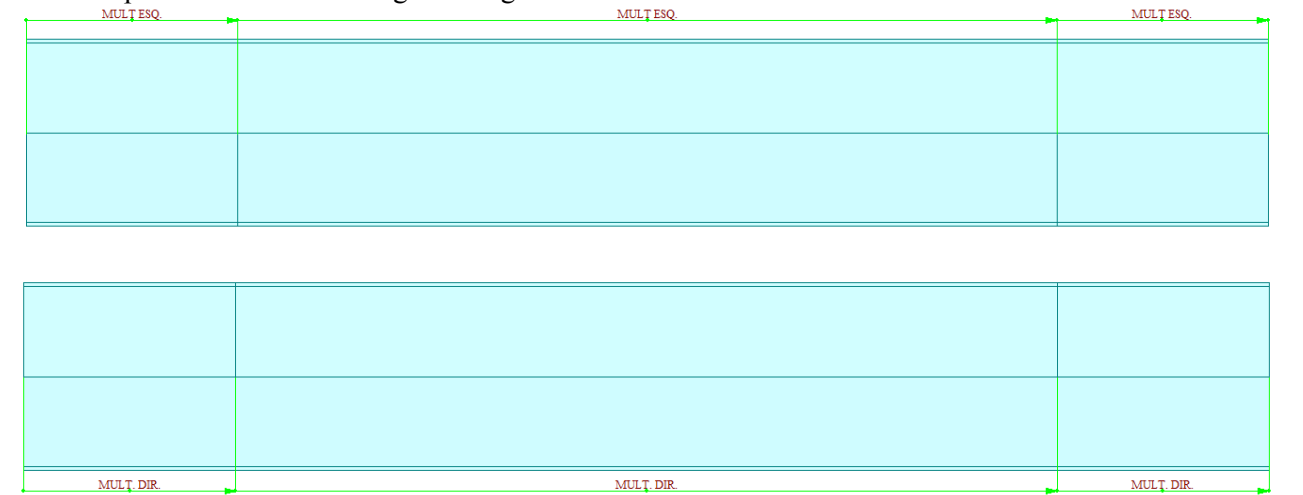


Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão

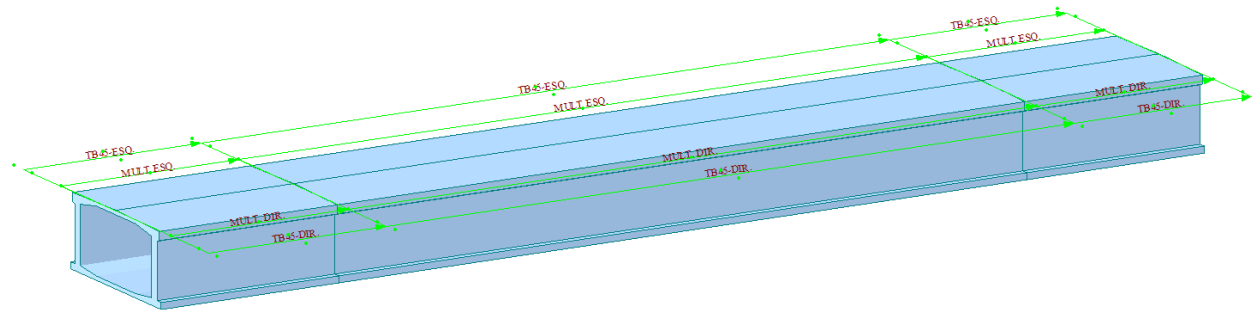


Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel

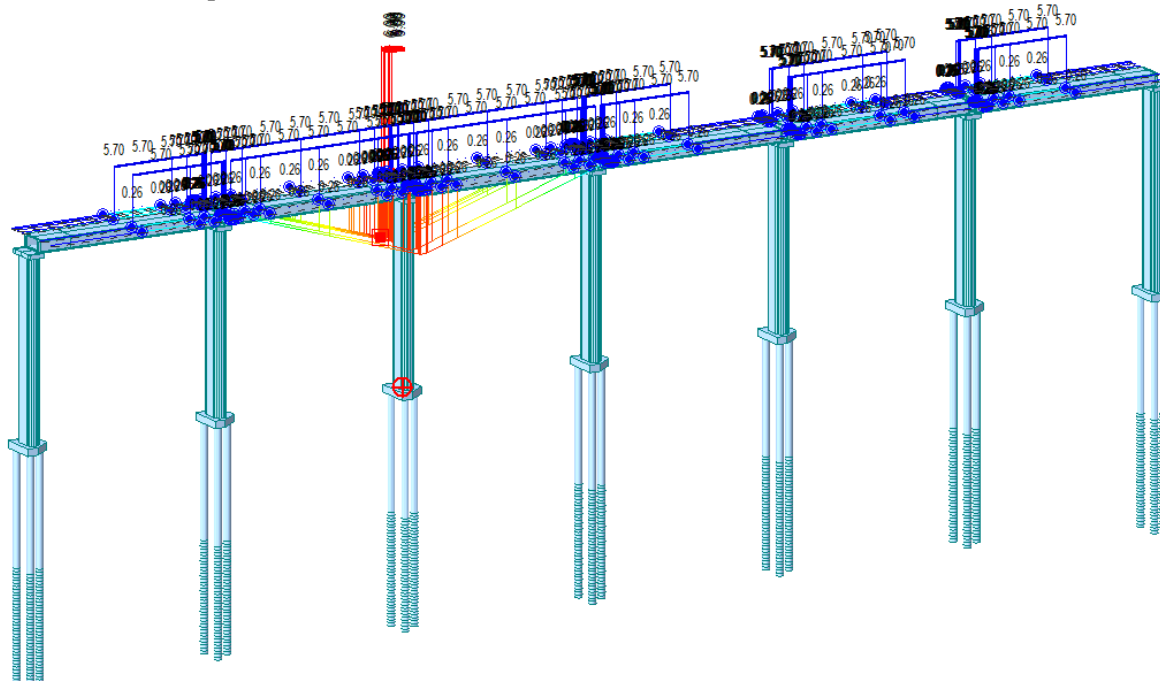
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S_1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S_2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S_3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

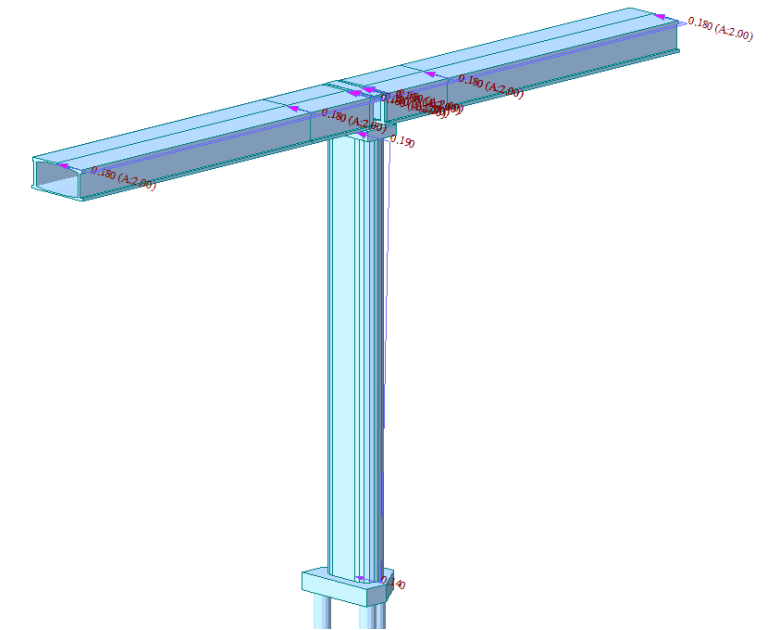
Pressão na direção transversal (W_y):

Na base

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39$ m/s = 145,4 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{pilar} = 30,0$ kgf/m²

No topo

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,23$ a 70,5 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 46,86$ m/s = 168,7 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{pilar} = 40,4$ kgf/m²
- $P_{tabuleiro} = 175,6$ kgf/m²



Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valor máximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.

Pressão na direção longitudinal

(W_{x-x}):

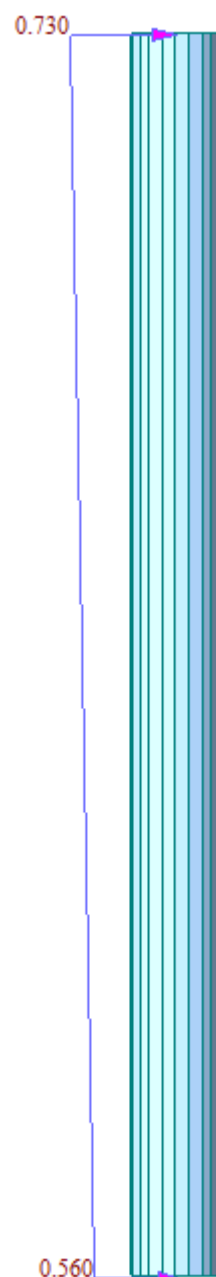
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 40,4 m/s = 145,4 km/h
- C_{a,pilar} = 0,6
- p = 60,0 kgf/m²

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,23 a 70,5 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 46,86 m/s = 168,7 km/h
- C_{a,pilar} = 0,6
- p = 80,8 kgf/m²

A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.



Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 40 \text{ tf}$$

Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ – |
|--|-----------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |

5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

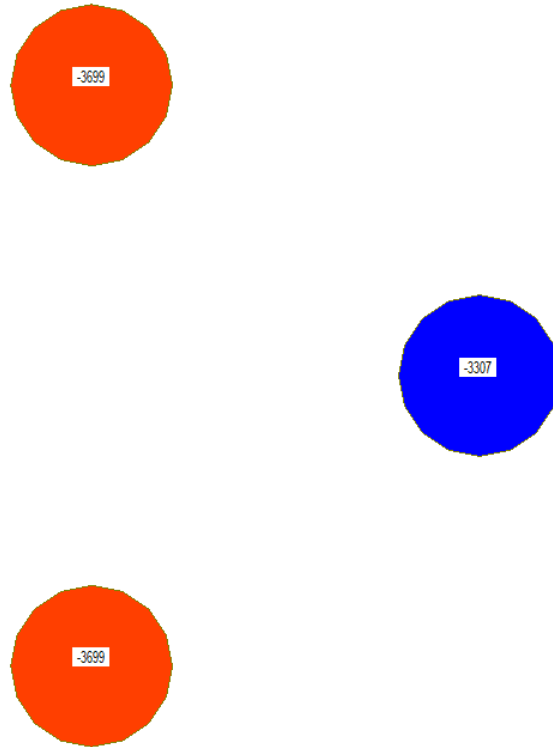
$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\% \text{ multidão na pista}$

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (70,00) \times 22,8\text{m} = 40 \text{ tf}$$

6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.

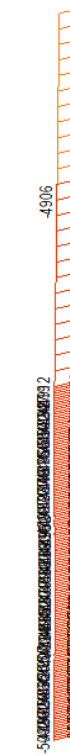


7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

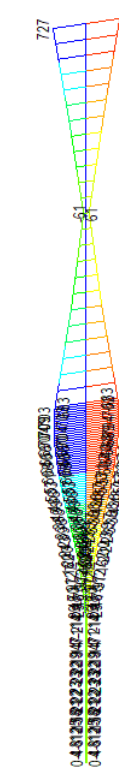
7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a título de exemplo.

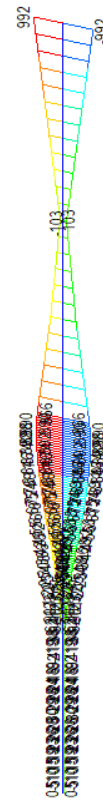
7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



7.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



7.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



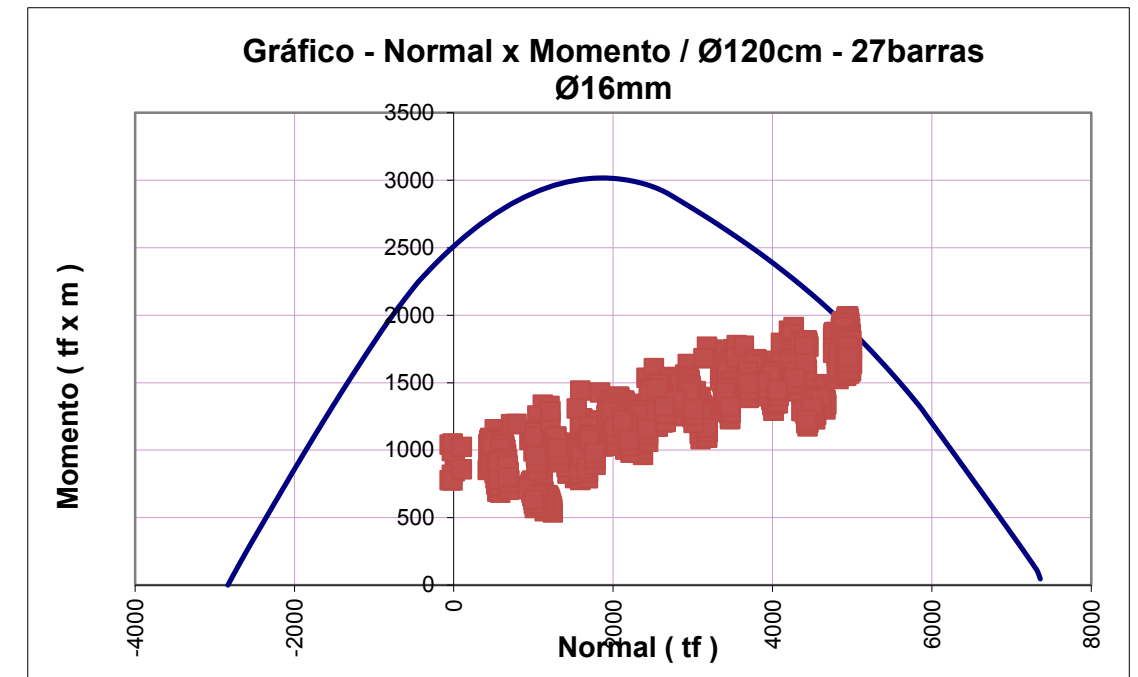
7.5 Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção

Dados para cálculo [kgf; cm²]:

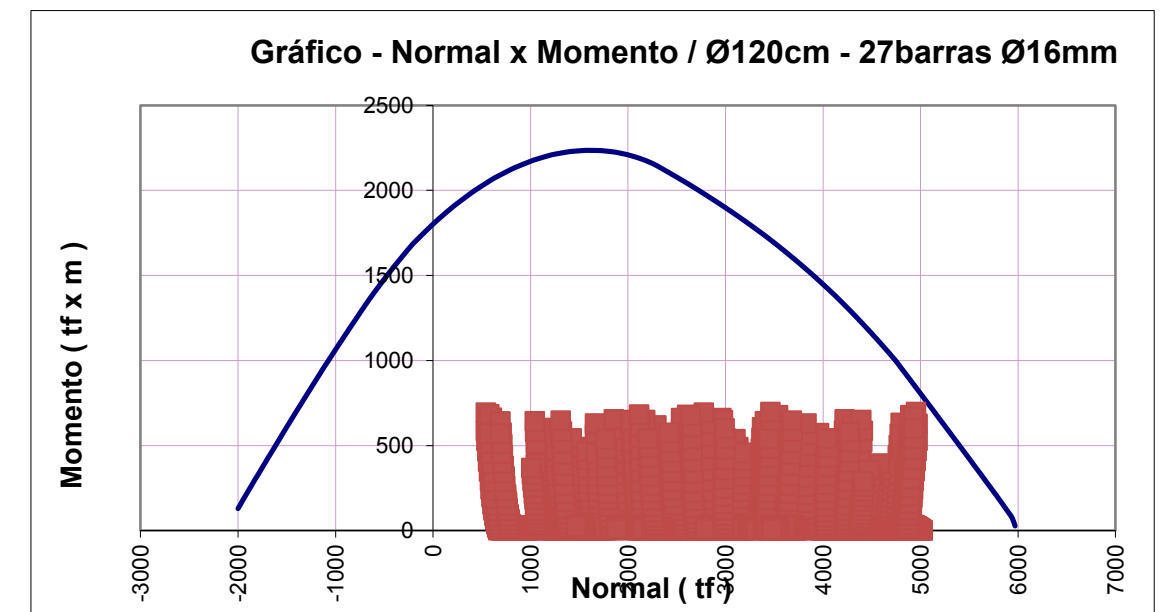
| | |
|----------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| Y_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| Y_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø250 no trecho em água/solo 80 (Ø25+ Ø20) (taxa de 1,33%)



2. Seção Ø230 no trecho de embutido em rocha com armadura 76 (Ø25+ Ø20) (taxe de 1.01%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

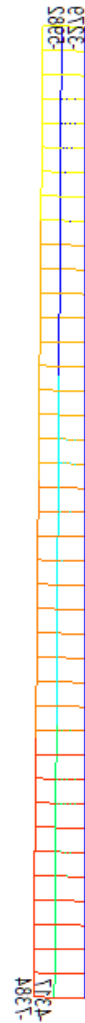
Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

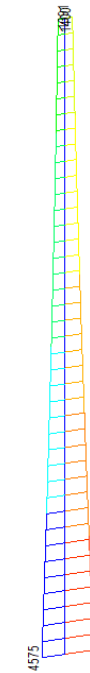
Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

Apresentamos as envoltórias de cálculo.

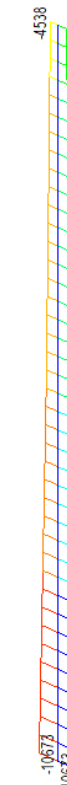
8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada

v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

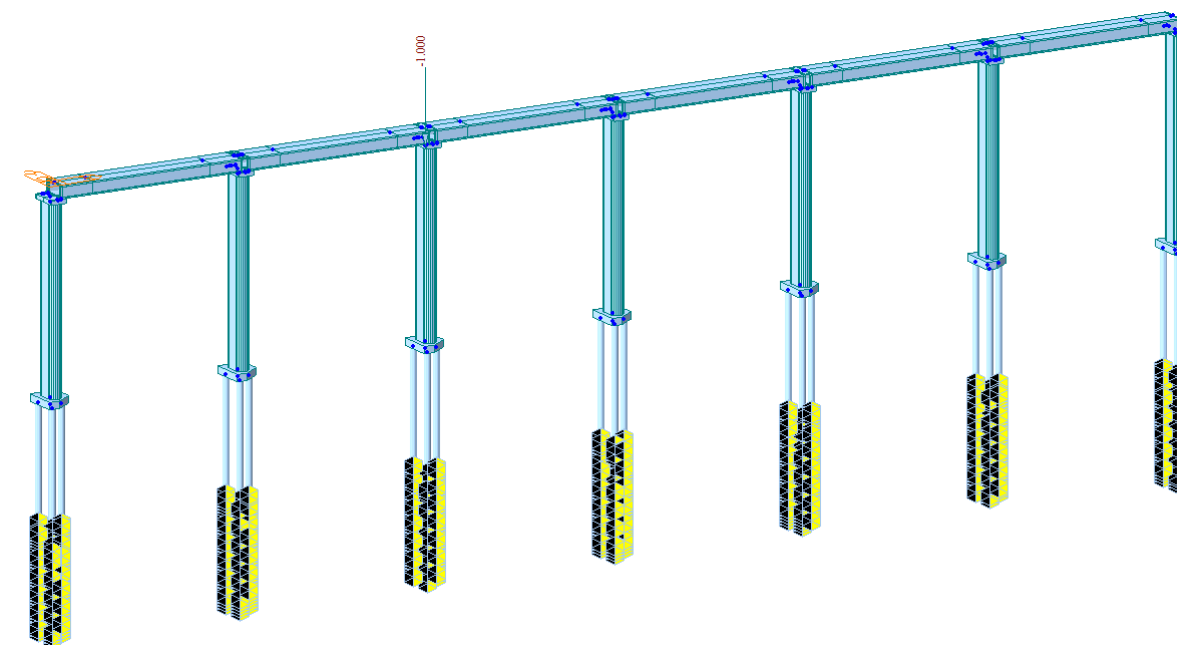
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

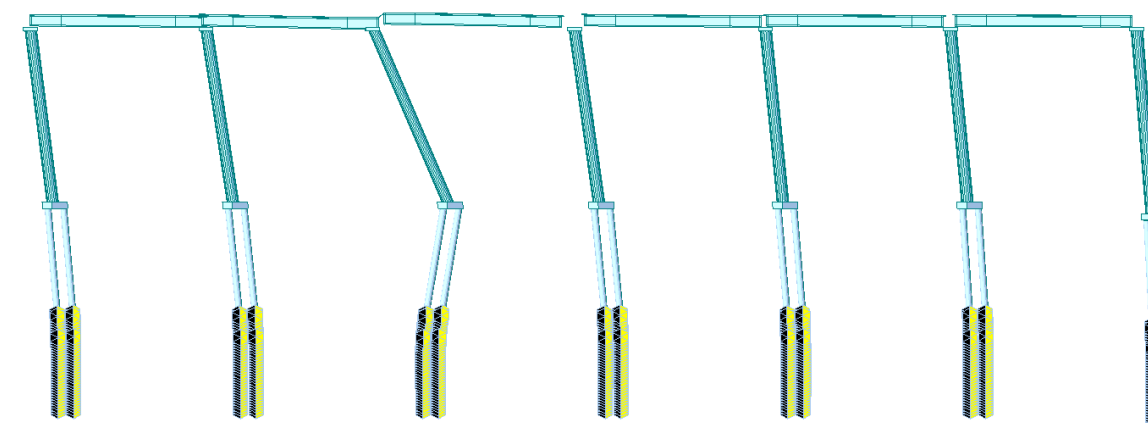
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|---------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 69342.756288 | 1.3681e-005 | | | | |
| | 2 | 114650.840816 | 2.9662e-005 | | | | |
| | 3 | 358482.453297 | 3.7496e-003 | | | | |
| | 4 | 779573.524738 | 1.3669e-002 | | | | |
| | 5 | 915672.300248 | 6.7954e-002 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 99.3m. O valor representa 1.33 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na menor direção - $\lambda_y = 56.70 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85)

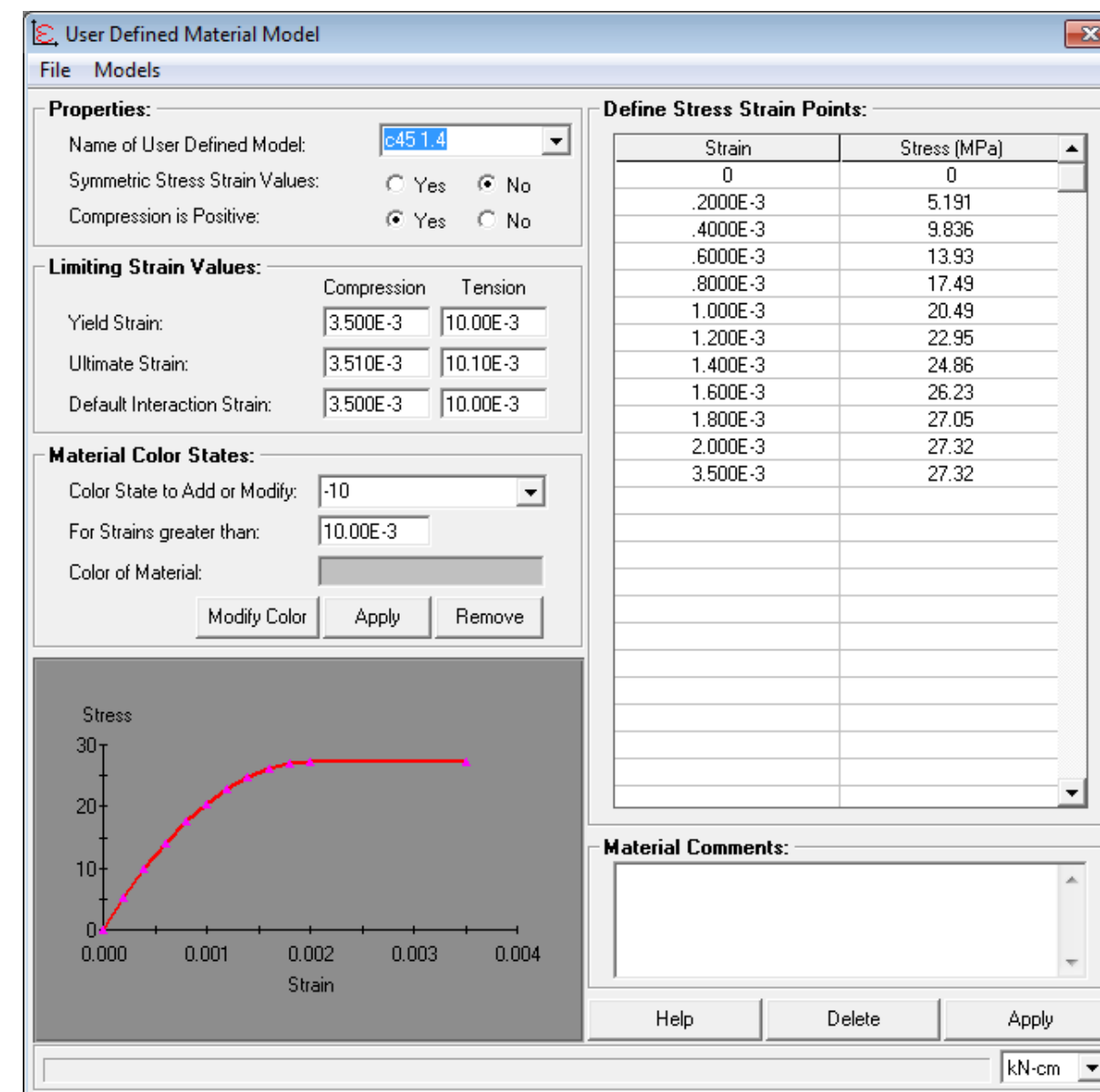
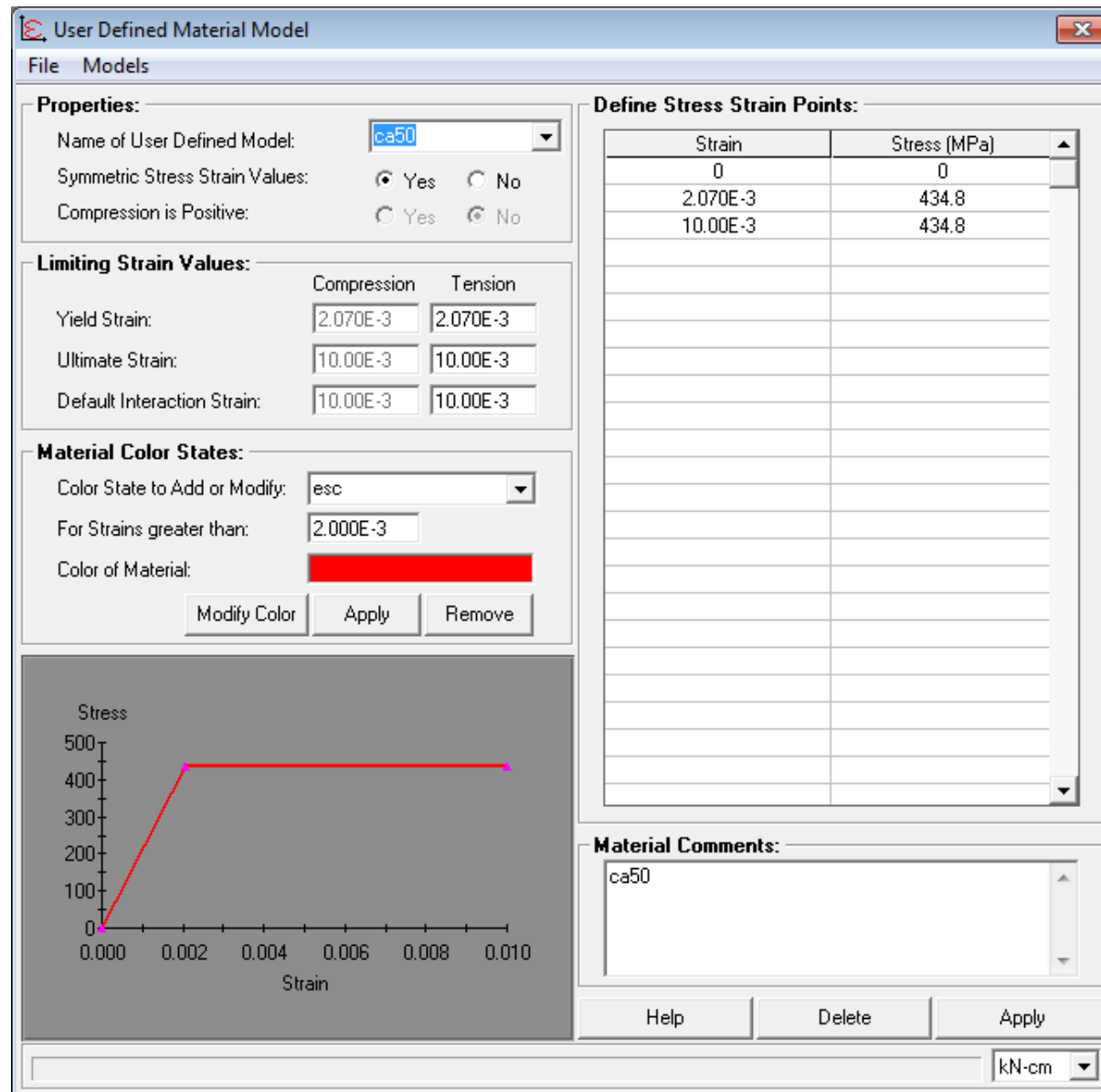


Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



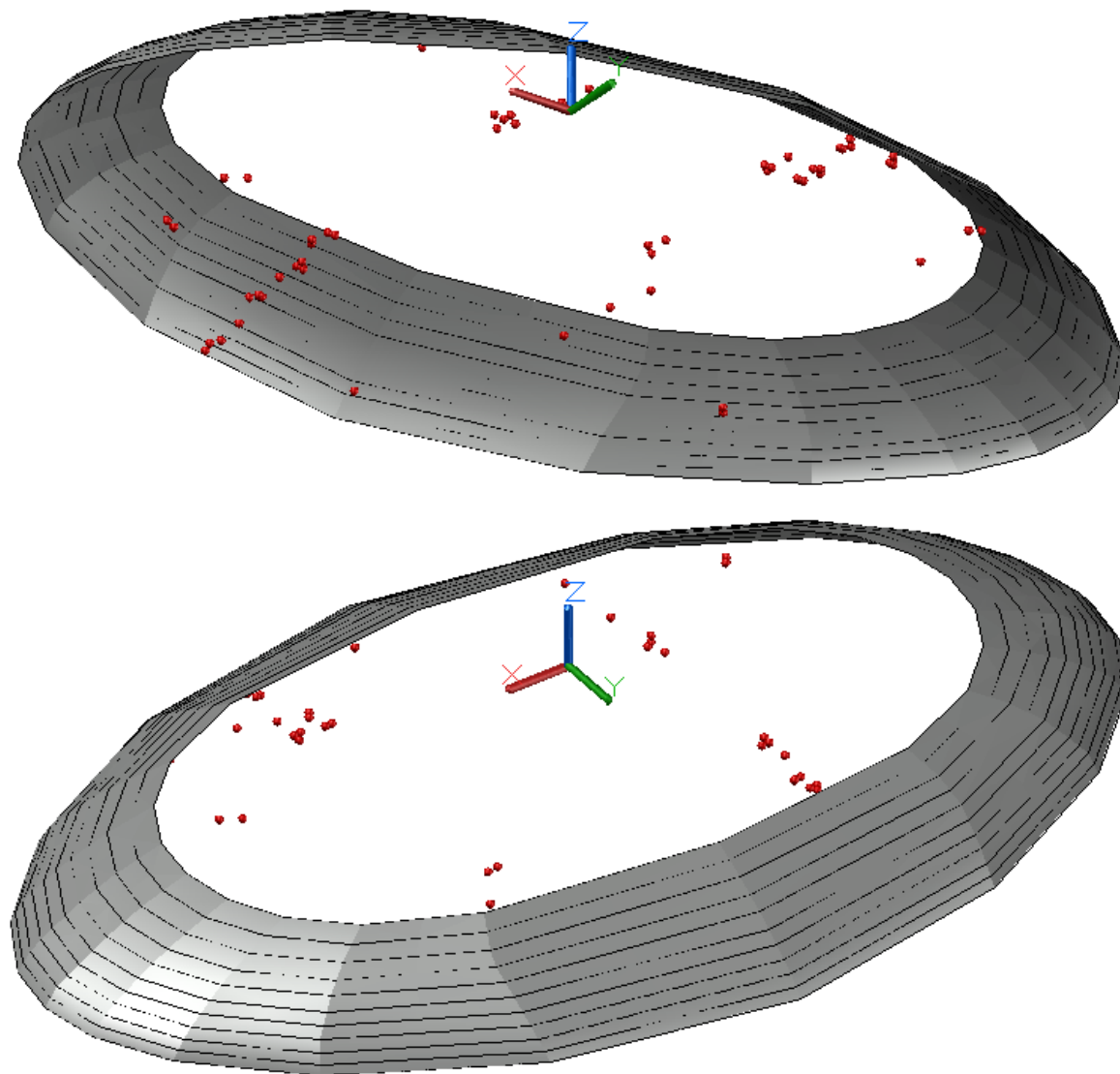
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Base do pilar

Armadura – Ø20.
Total de ferros = 148
Taxa de armadura = 0.7%

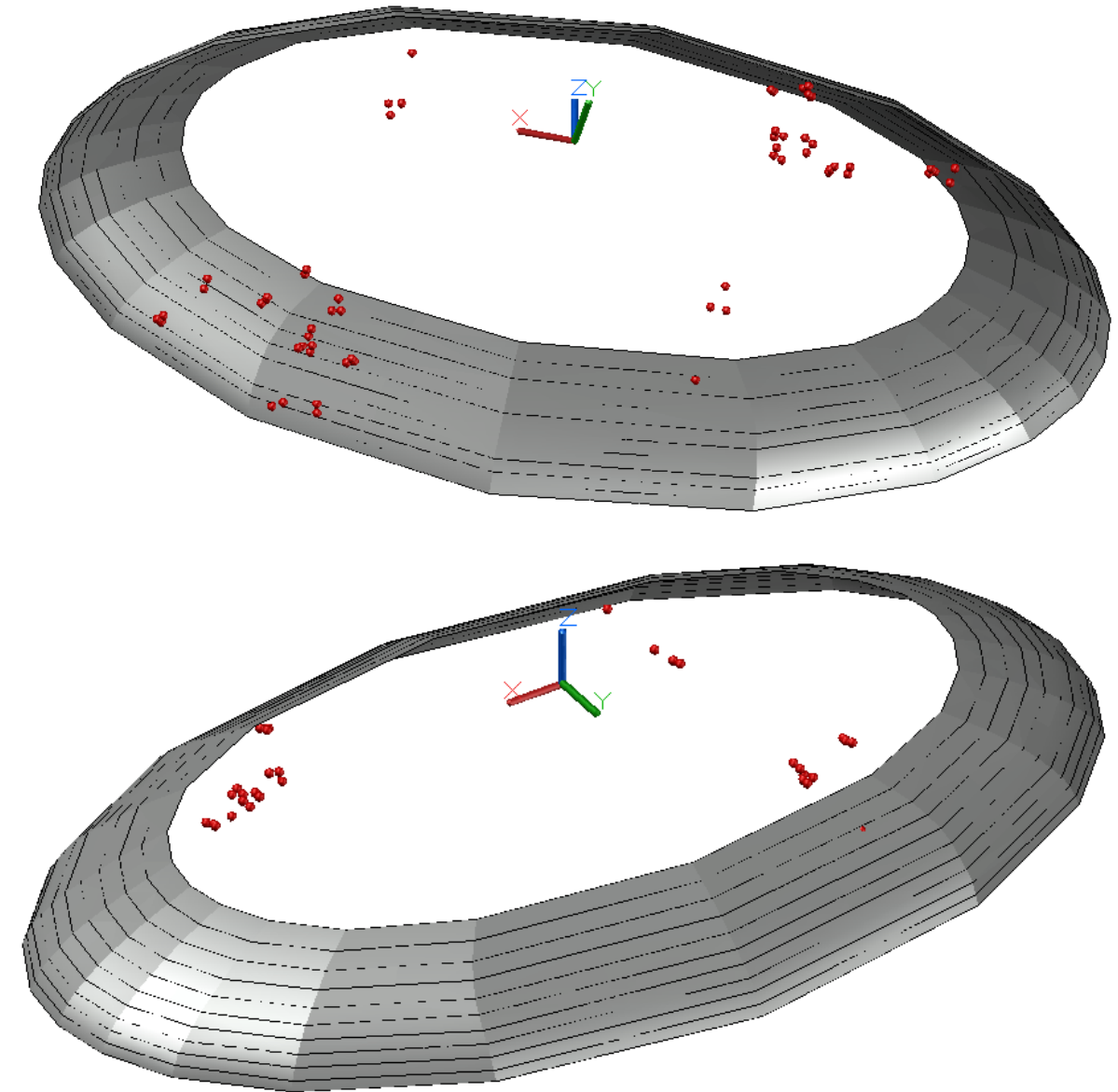
Envoltória de rotura



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes.

A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$. **Topo do pilar**
Armadura – Ø20.

Total de ferros = 106
Taxa de armadura = 0.5%



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes.

A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$.

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO INFRAESTRUTURA - APOIO 63

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10223-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

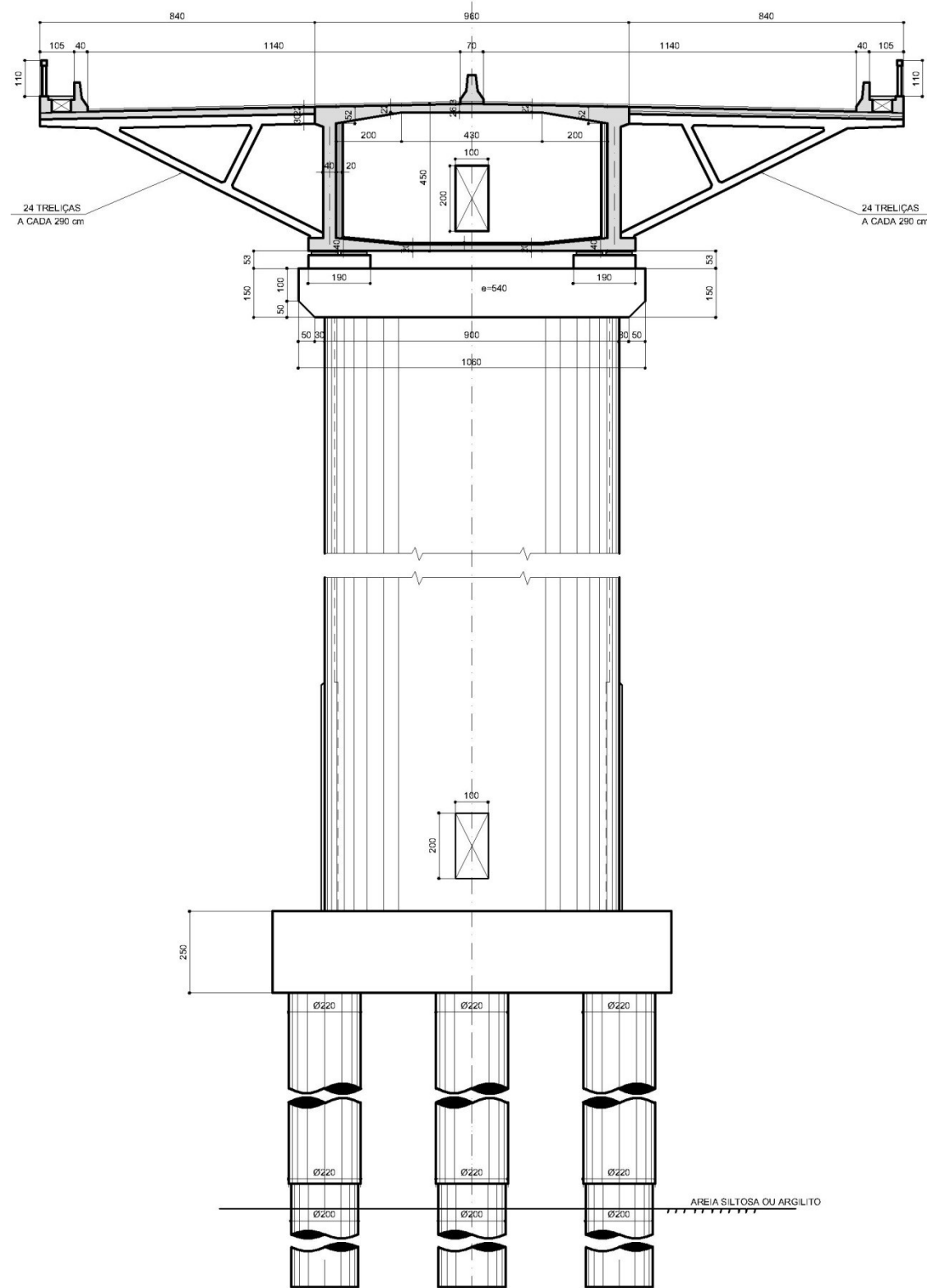


ÍNDICE

| | | | | | |
|----------|---|-----------|-------|--|----|
| 1 | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 | 8.5.1 | Método aproximado | 16 |
| 1.1 | Superestrutura..... | 2 | 8.6 | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 16 |
| 1.2 | Infra e Mesoestrutura..... | 2 | 8.7 | Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes | 17 |
| 2 | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 | 8.8 | Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes | 19 |
| 3 | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO | 3 | | | |
| 4 | MODELOS DE CÁLCULO | 3 | | | |
| 4.1 | Geometria do modelo de cálculo | 3 | | | |
| 4.2 | Propriedades do modelo de cálculo | 4 | | | |
| 4.3 | Restrições de apoio | 6 | | | |
| 4.3.1 | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 6 | | | |
| 4.3.2 | Vinculação elástica do solo..... | 6 | | | |
| 4.4 | Materiais..... | 7 | | | |
| 5 | CARREGAMENTOS: | 8 | | | |
| 5.1 | Carregamentos permanentes:..... | 8 | | | |
| 5.2 | Cargas móveis | 8 | | | |
| 5.2.1 | Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto | 10 | | | |
| 5.2.2 | Força centrífuga..... | 10 | | | |
| 5.2.3 | Força longitudinal devido ao vento | 10 | | | |
| 5.2.4 | Força longitudinal devido a frenagem/aceleração | 11 | | | |
| 5.3 | Combinações de cálculo | 11 | | | |
| 6 | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 12 | | | |
| 7 | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 12 | | | |
| 7.1 | Esforços solicitantes | 12 | | | |
| 7.2 | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 12 | | | |
| 7.3 | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 13 | | | |
| 7.4 | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 13 | | | |
| 7.5 | Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção | 14 | | | |
| 8 | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 14 | | | |
| 8.1 | Esforços de 1ª ordem no pilar | 14 | | | |
| 8.2 | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 15 | | | |
| 8.3 | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 15 | | | |
| 8.4 | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 16 | | | |
| 8.5 | Esforços de 2ª ordem no pilar | 16 | | | |

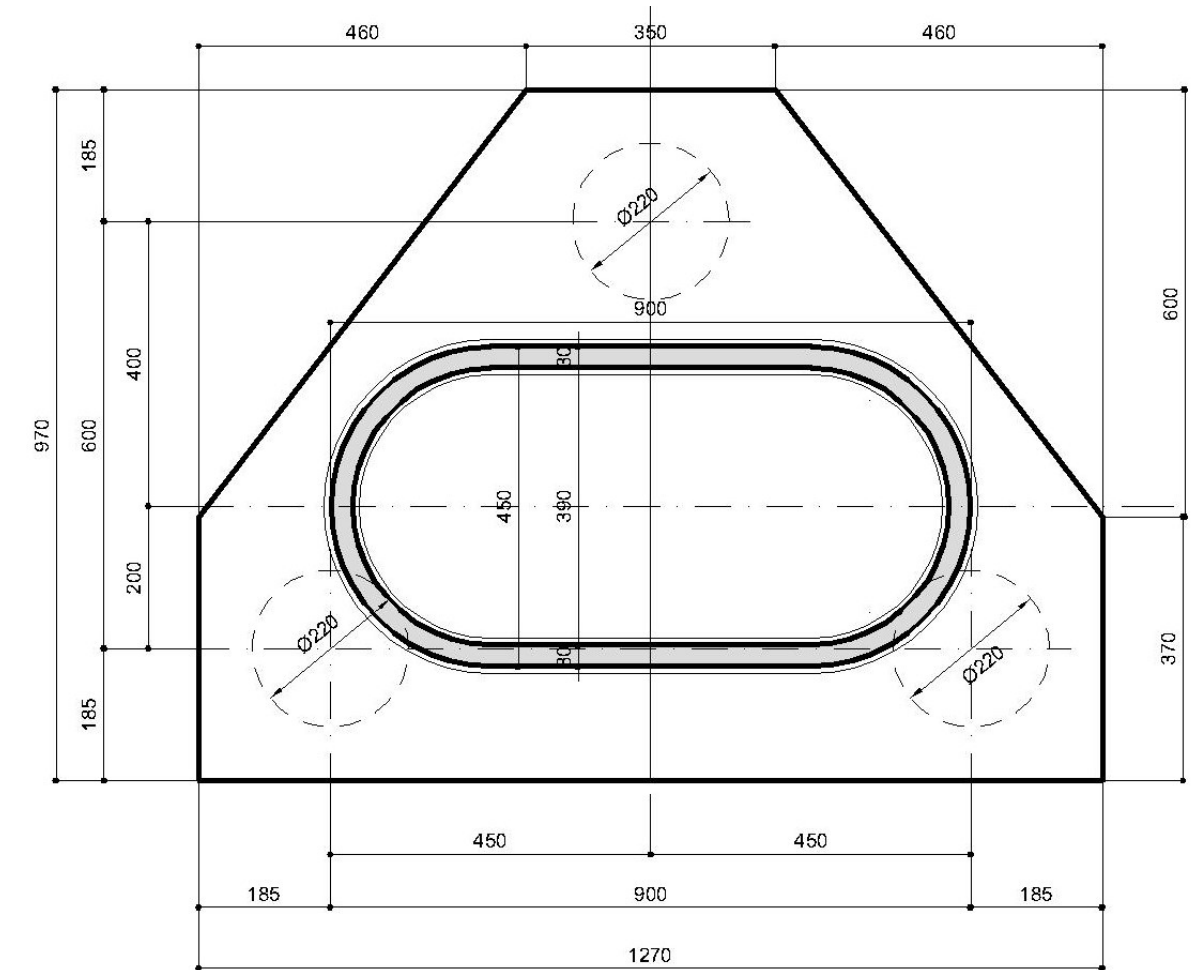
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;

- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);
- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 220cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 200cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

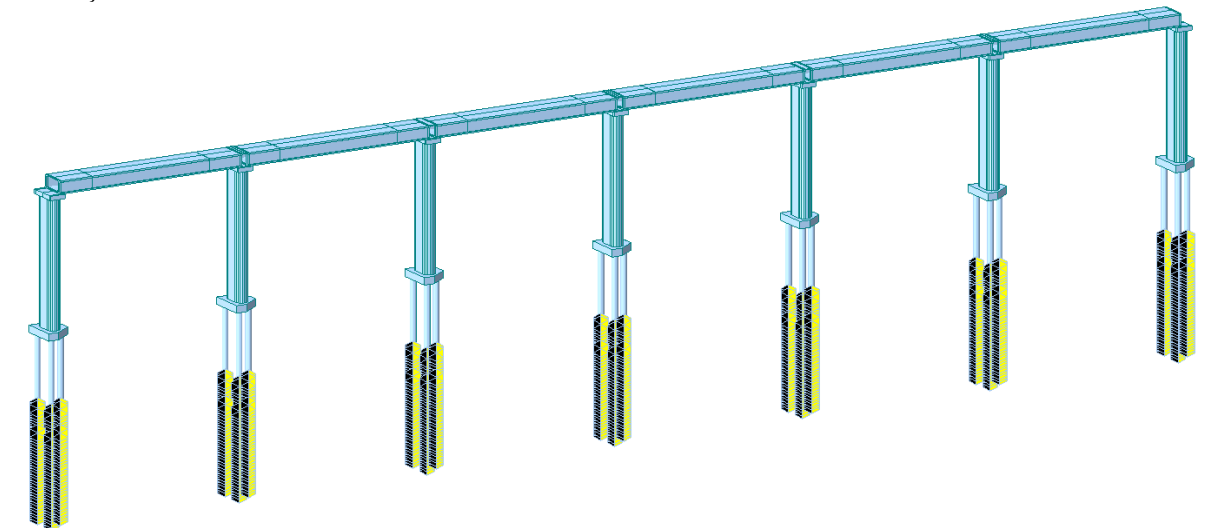
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 290cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

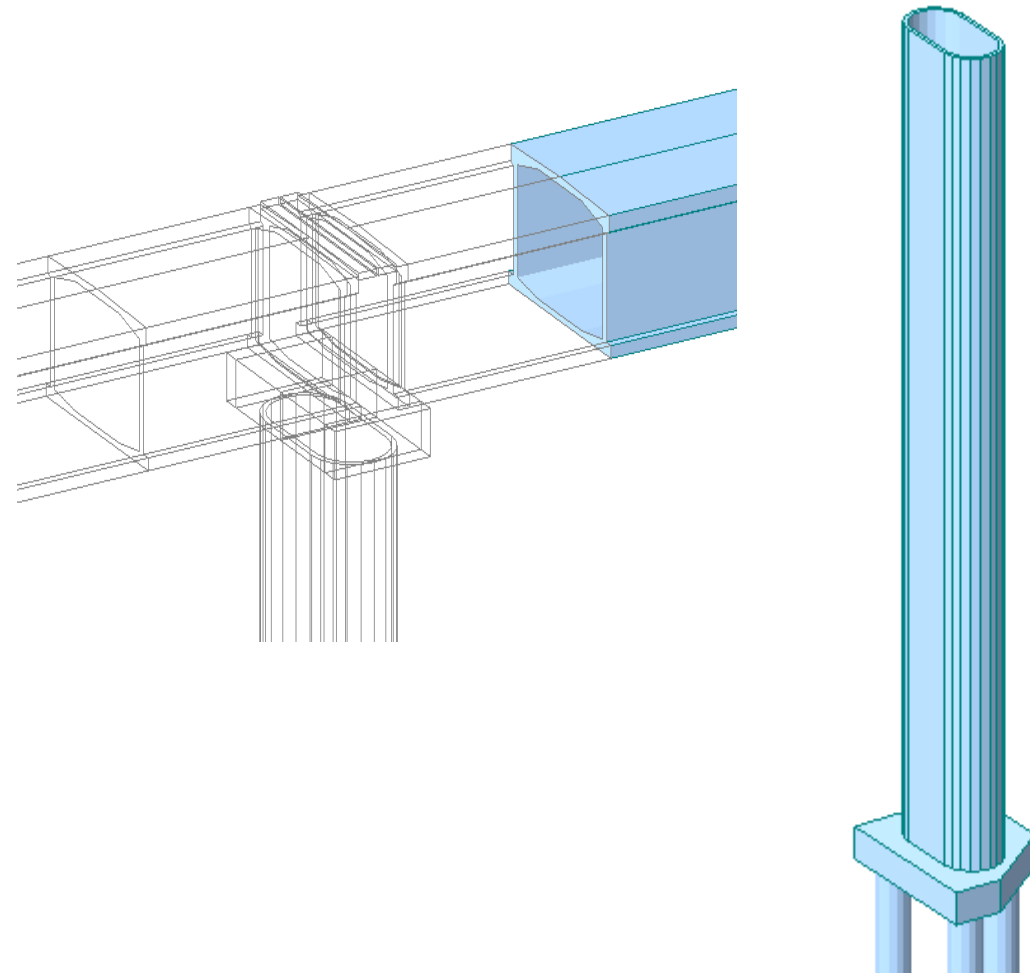
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 73.5 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x70m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

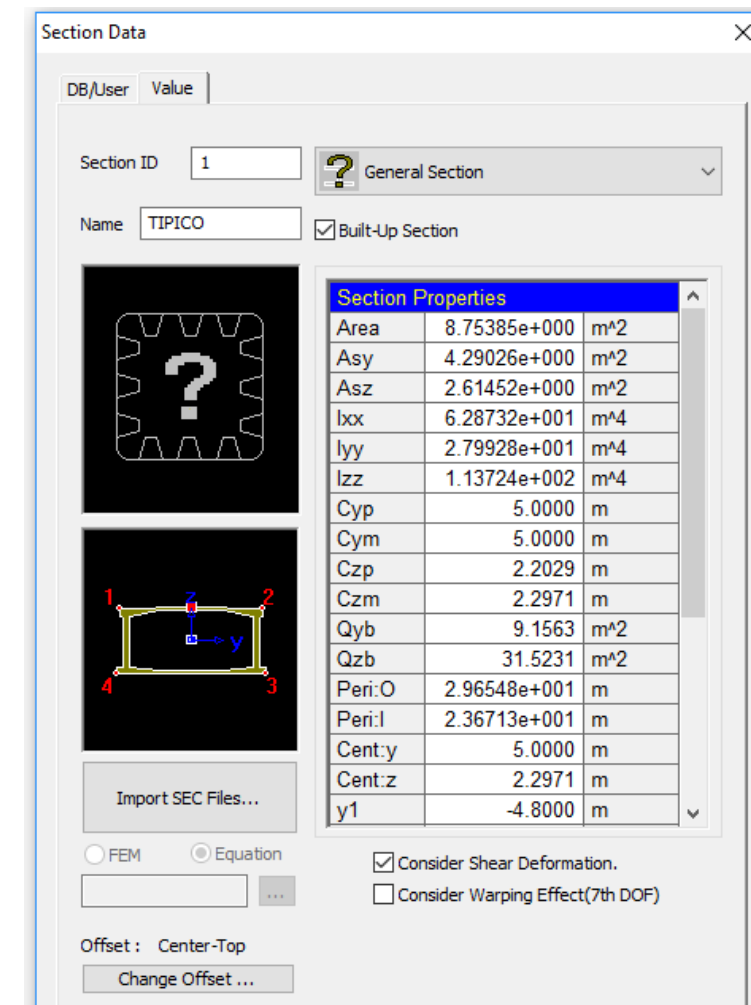
Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 70m (entre apoios)

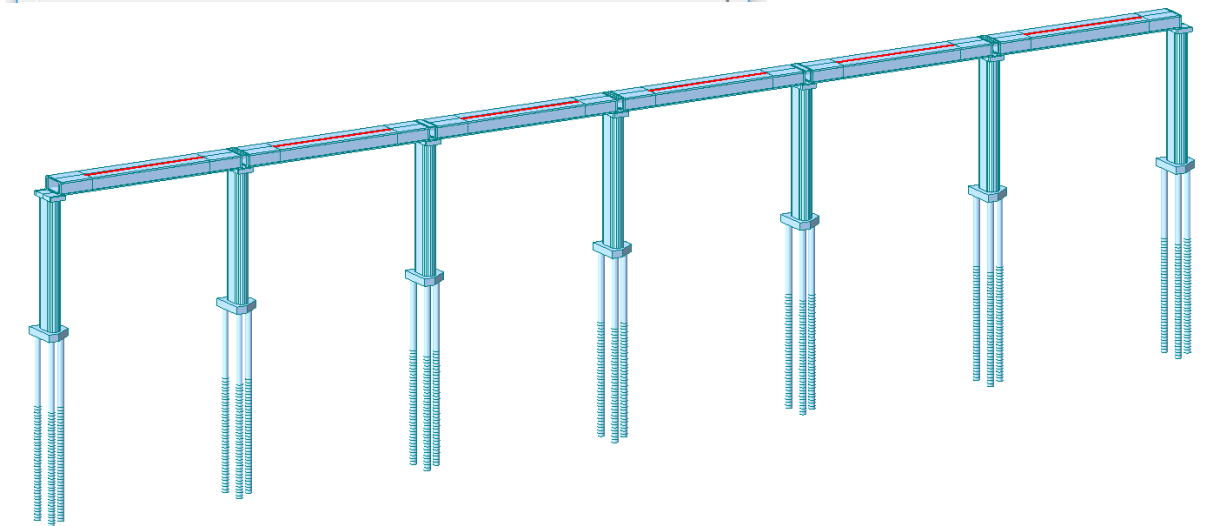


- Seção transversal do tabuleiro trecho constante

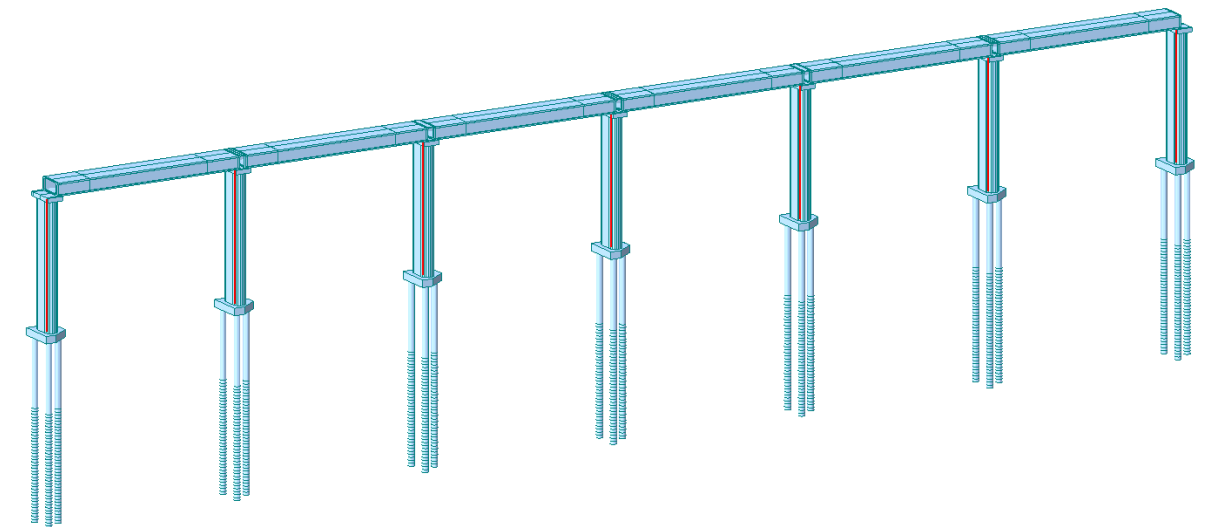
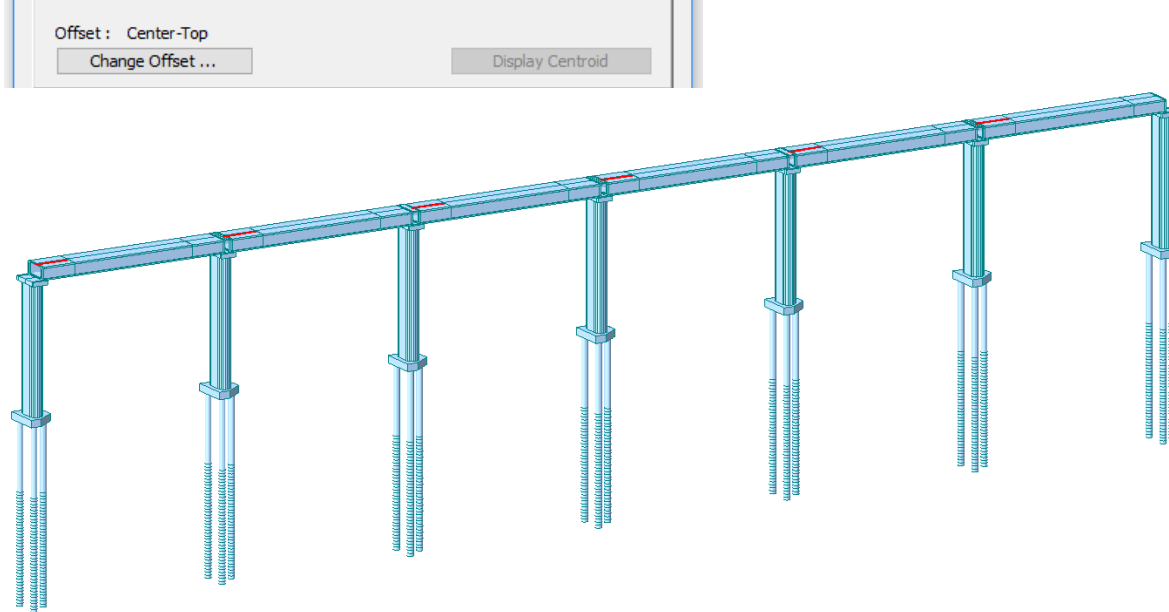
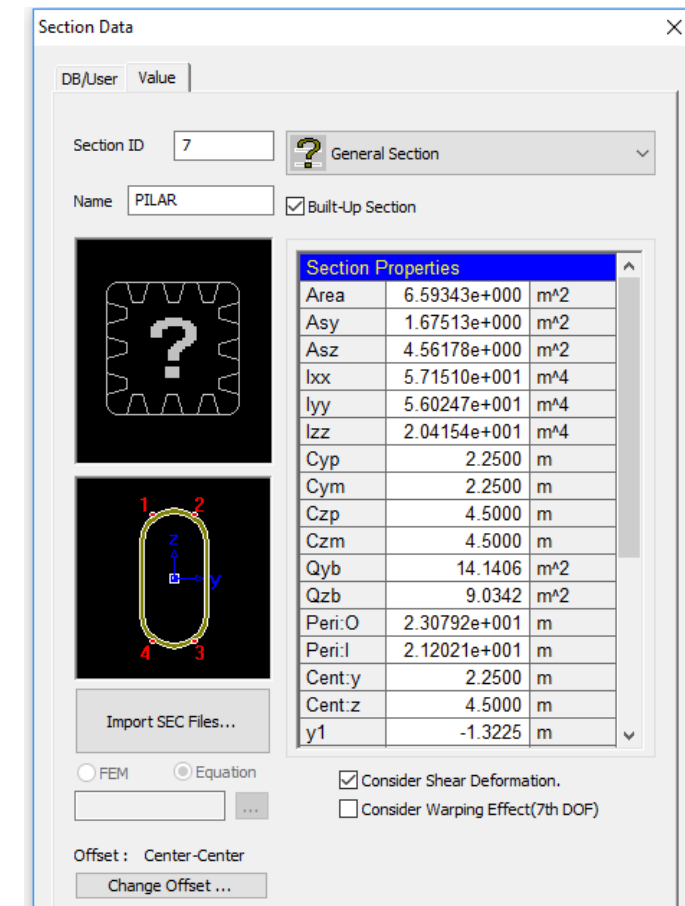
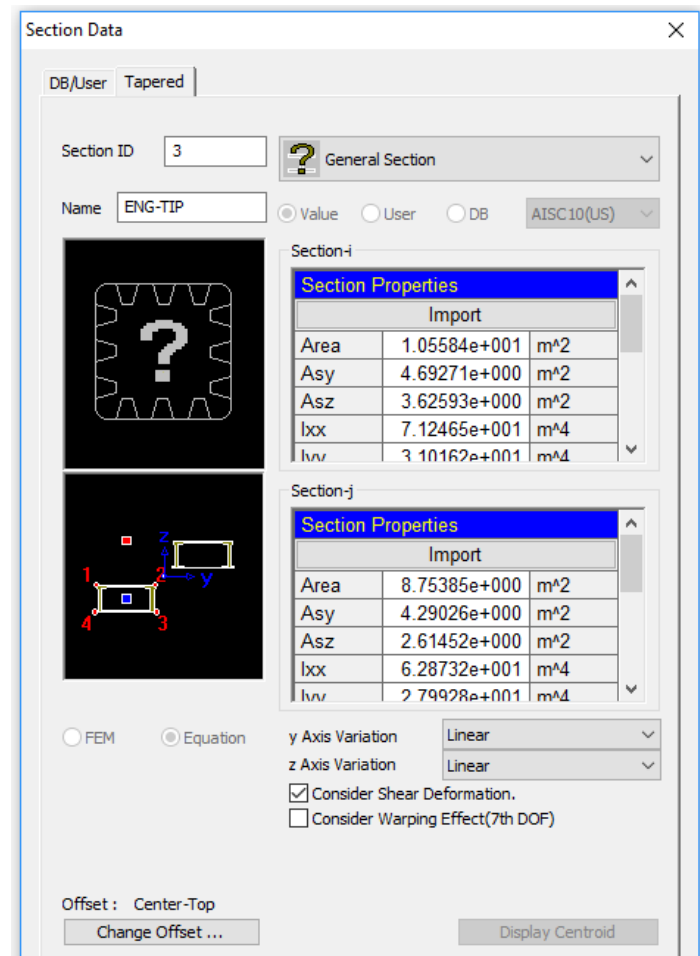


4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):

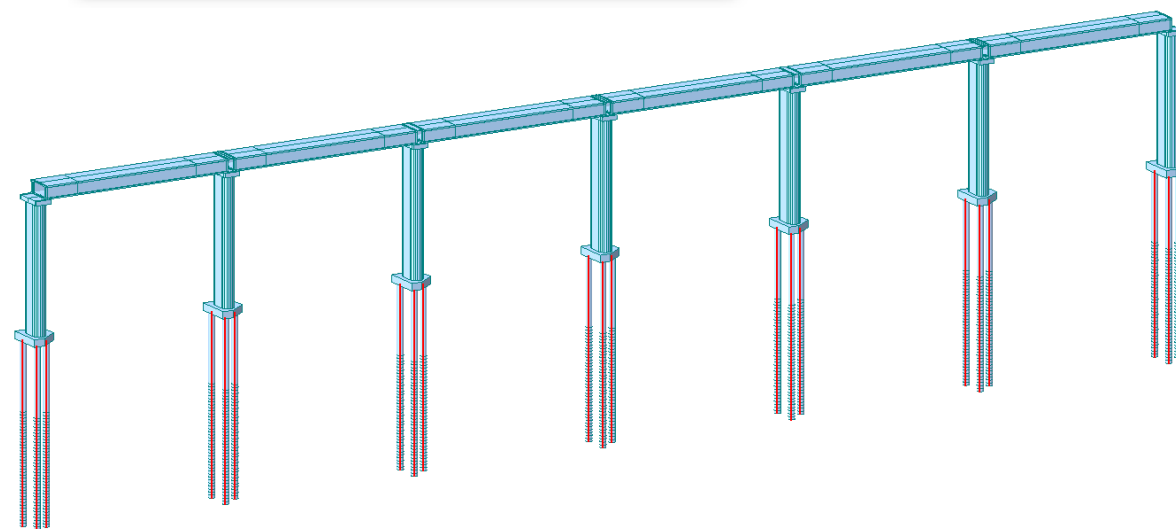
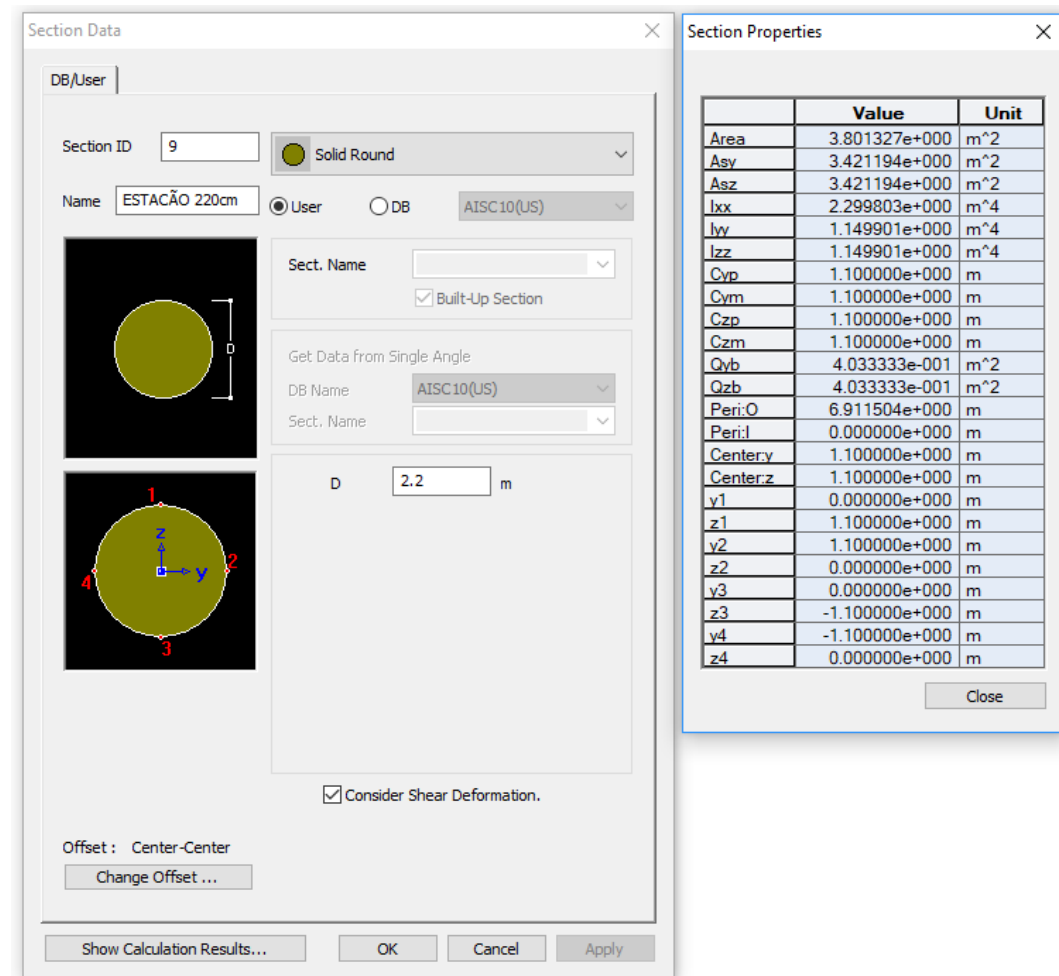


- Seção transversal do tabuleiro trecho variável



Seção transversal do pilar

- Seção transversal da estaca escavada



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

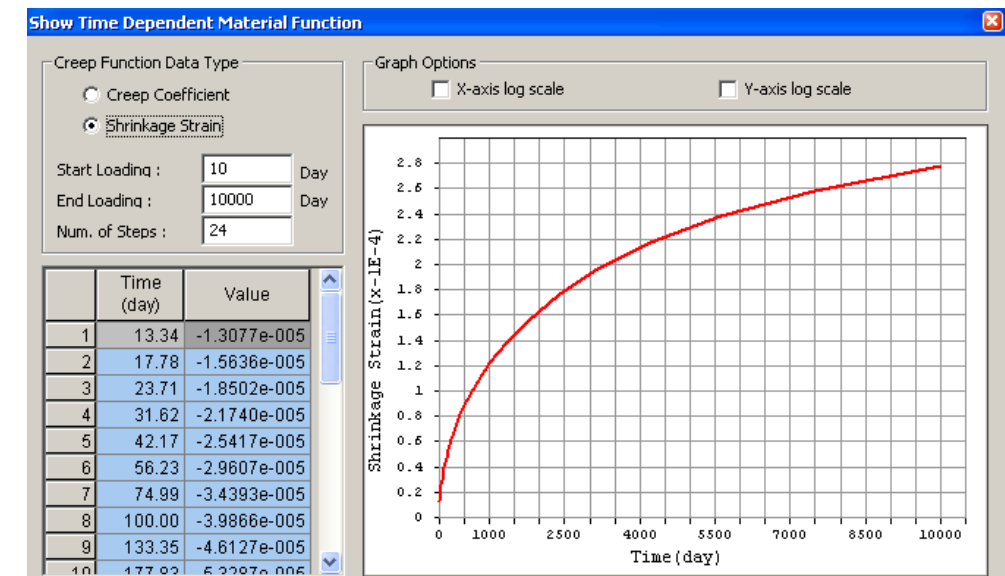
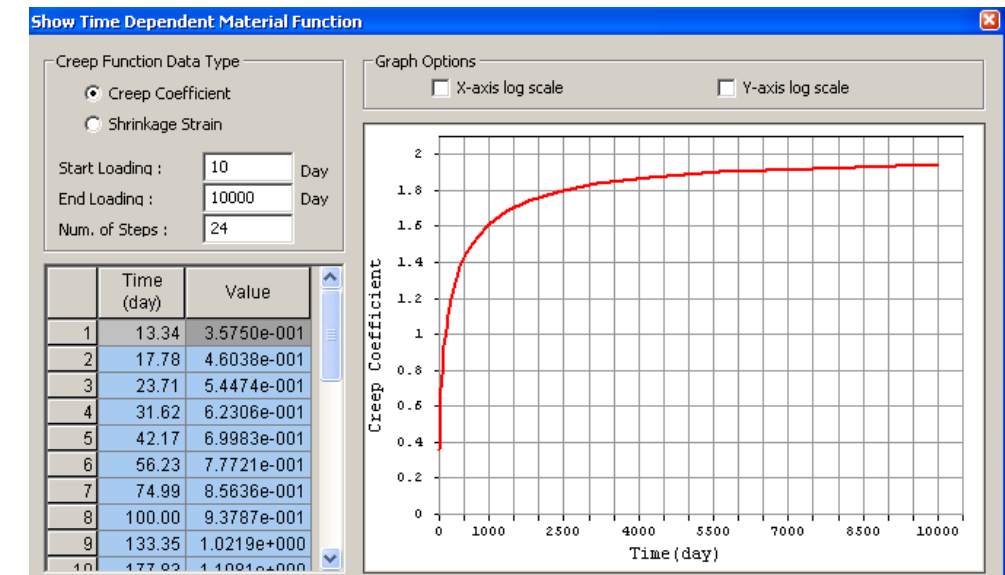
| | |
|-----------|------|
| SPT | KH |
| SPT<10 | 500 |
| 10<SPT<30 | 1000 |
| 30<SPT | 2000 |

As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de $1 \times \varnothing \times KH$ (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).

4.4 Materiais

Concreto - superestrutura

Concreto C40



Para os restantes elementos:

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |

5 CARREGAMENTOS:

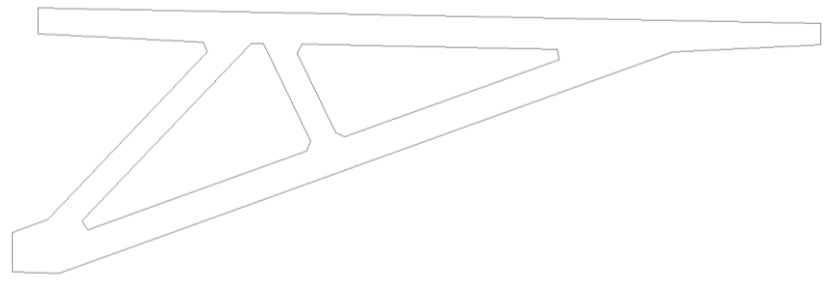
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0.6 \times 2.5 \times 2) / 2.9 = 4.99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9.3 + 4.99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0.38 \times 2.5 = 0.95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1.55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11.4 \times 0.07 \times 2.4 \times 2 = 3.9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0.2 \times 2.5 \times 2 + 0.08 \times 2 = 1.16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: $0,5 \text{ tf/m}^2$

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$,para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50} \right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n-2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6-2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

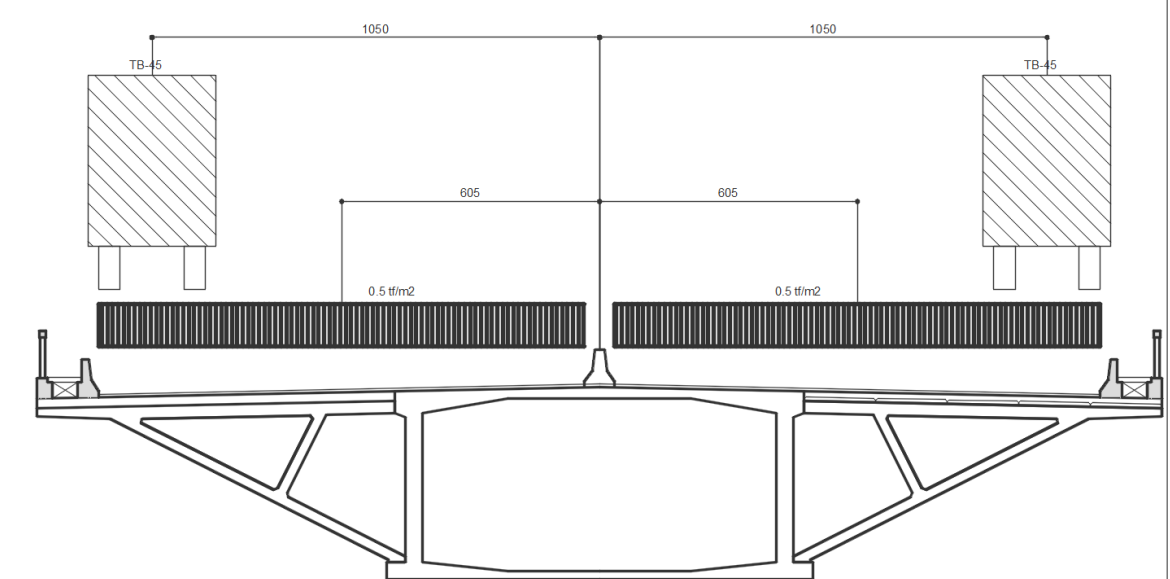
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

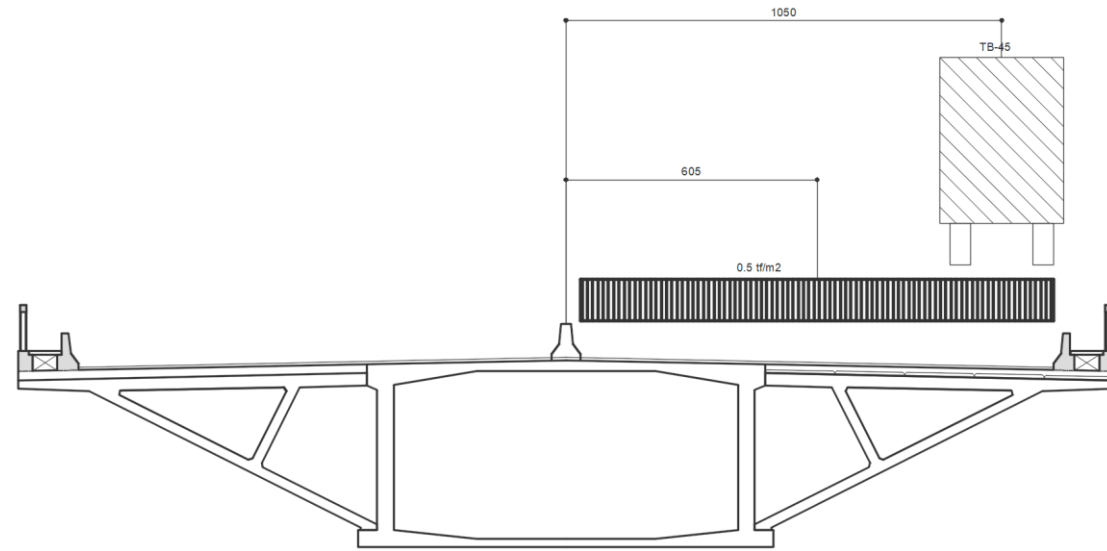
Esquema da carga móvel para cortante máxima



$$\text{Carga da multidão: } q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

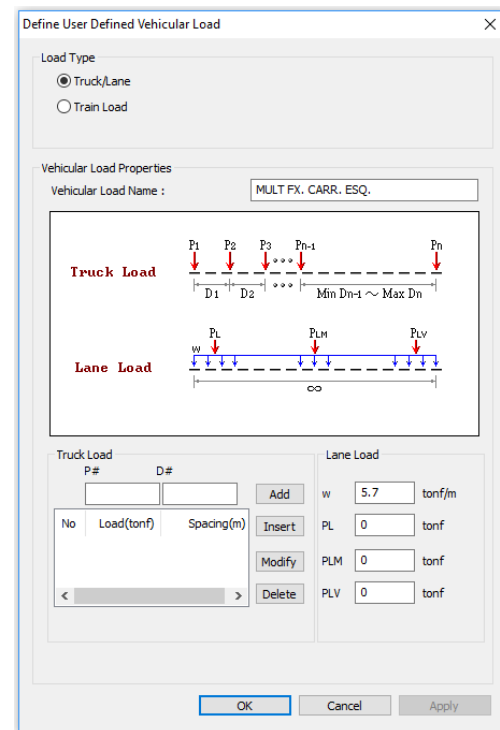
Esquema da carga móvel para torção máxima



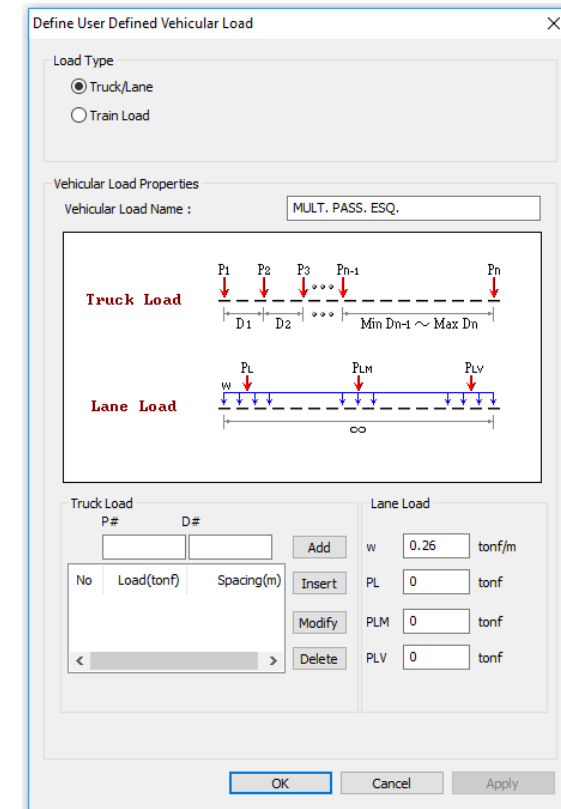
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



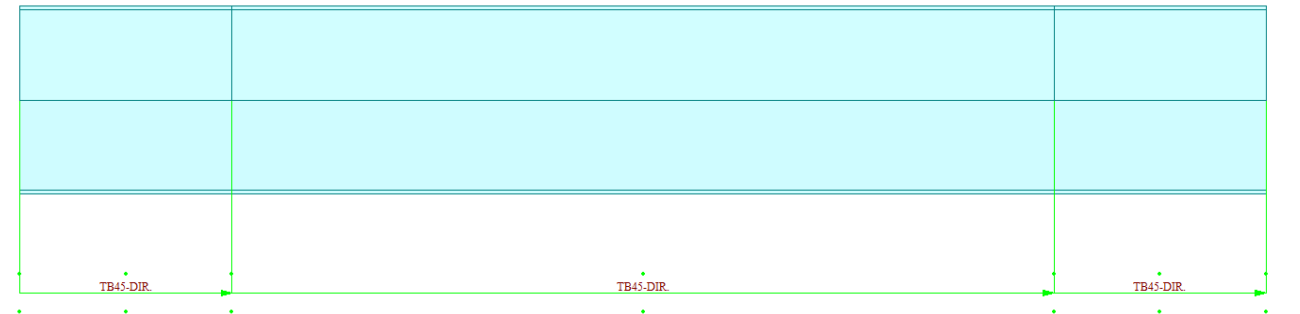
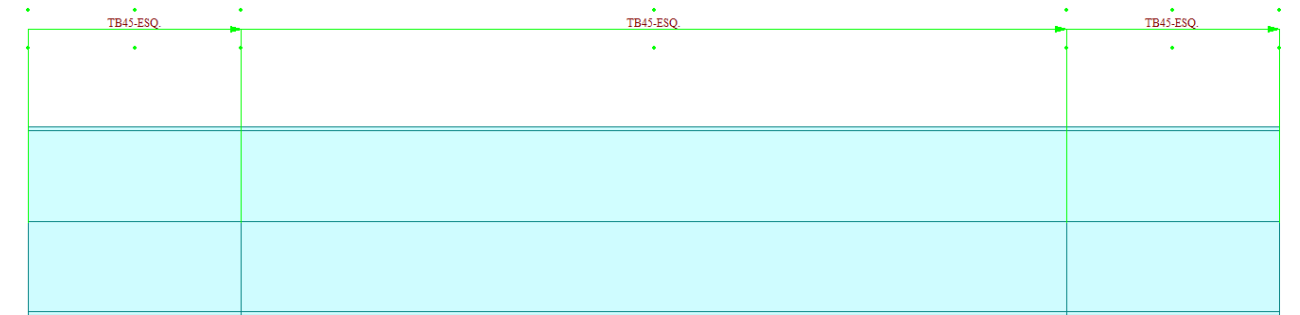
Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima



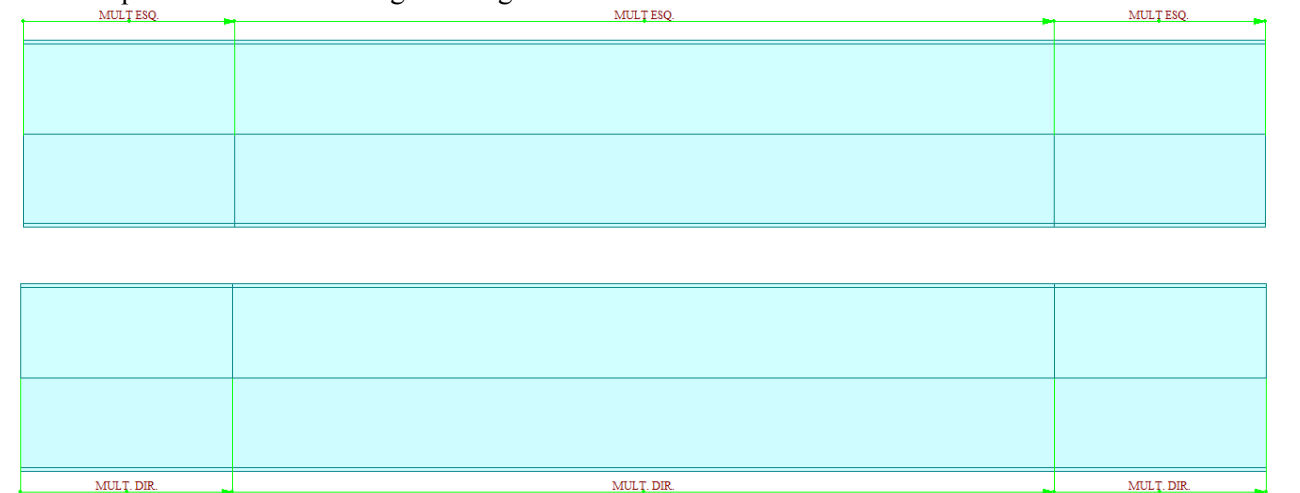
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

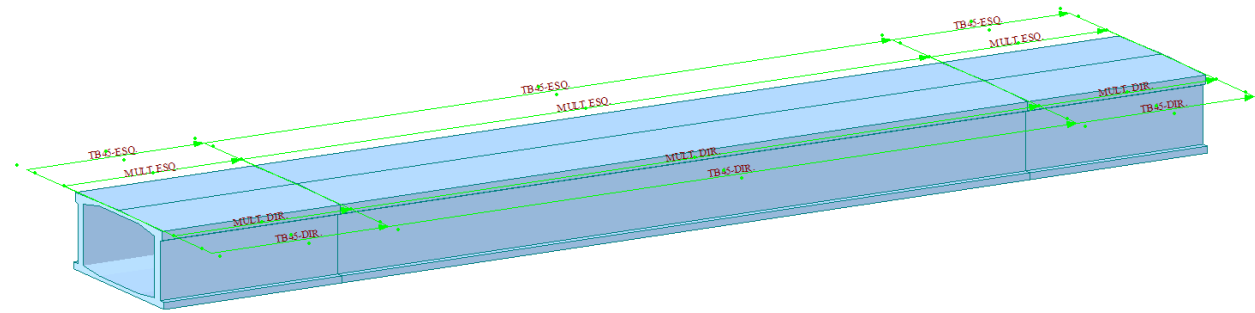
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



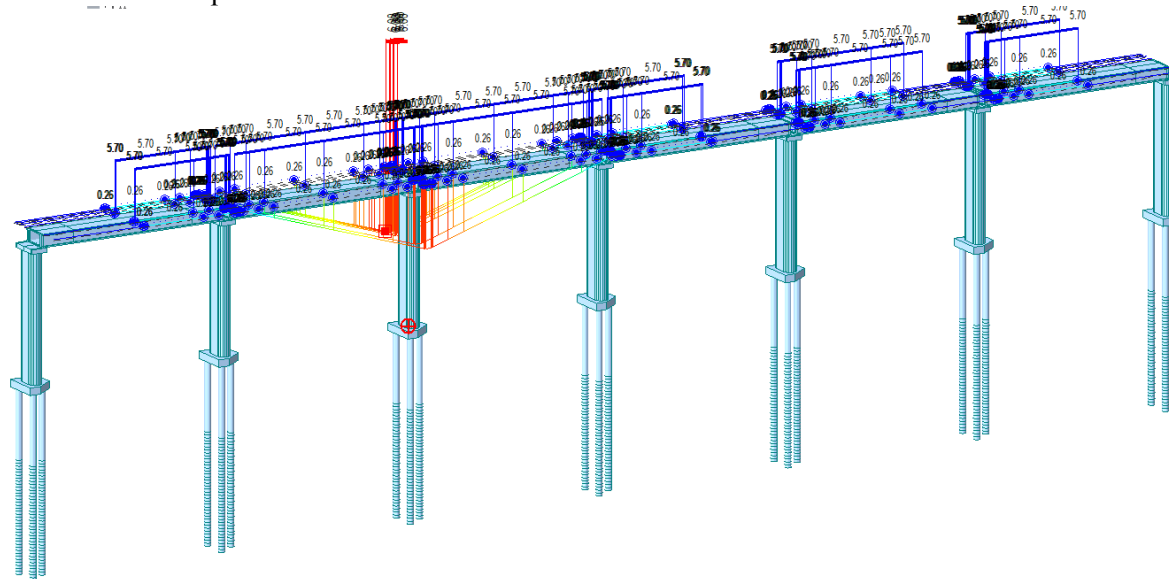
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S_1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S_2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S_3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

Pressão na direção transversal (Wy-y):

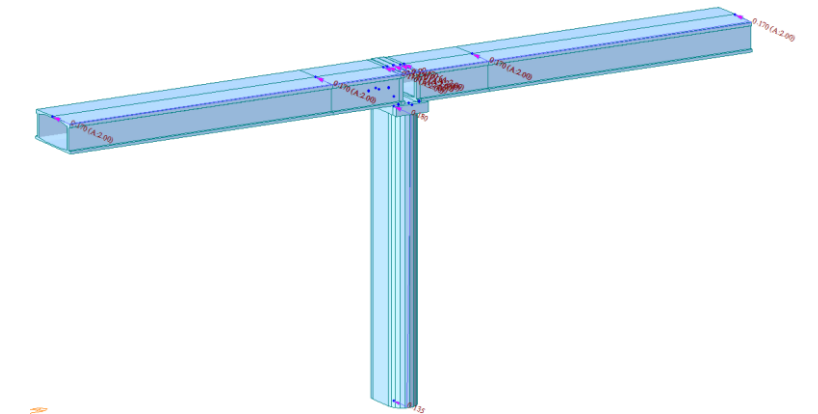
Na base

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39 \text{ m/s} = 145,4 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{,pilar} = 30,0 \text{ kgf/m}^2$

No topo

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,21$ a 50 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 46,10 \text{ m/s} = 166,0 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{,pilar} = 39,1 \text{ kgf/m}^2$
- $P_{,tabuleiro} = 169,4 \text{ kgf/m}^2$

Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valor máximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.



Pressão na direção longitudinal
(W_{x-x}):

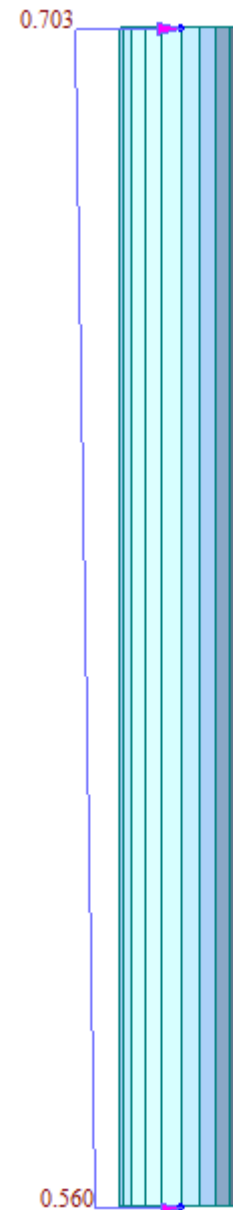
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 40,4 m/s = 145,4 km/h
- Ca,pilar = 0,6
- p = 60,0 kgf/m²

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,21 a 50,0 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 46,1 m/s = 166,0 km/h
- Ca,pilar = 0,6
- p = 78,1 kgf/m²

A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.



$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 40 \text{ tf}$$

Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ |
|--|---------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |

5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

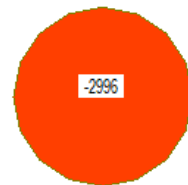
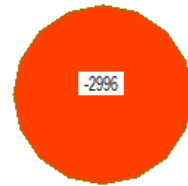
$F_{FR2} = 5\% \text{ multidão na pista}$

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (70,00) \times 22,8\text{m} = 40 \text{ tf}$$

Portanto:

6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.



7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a título de exemplo.

7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



7.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



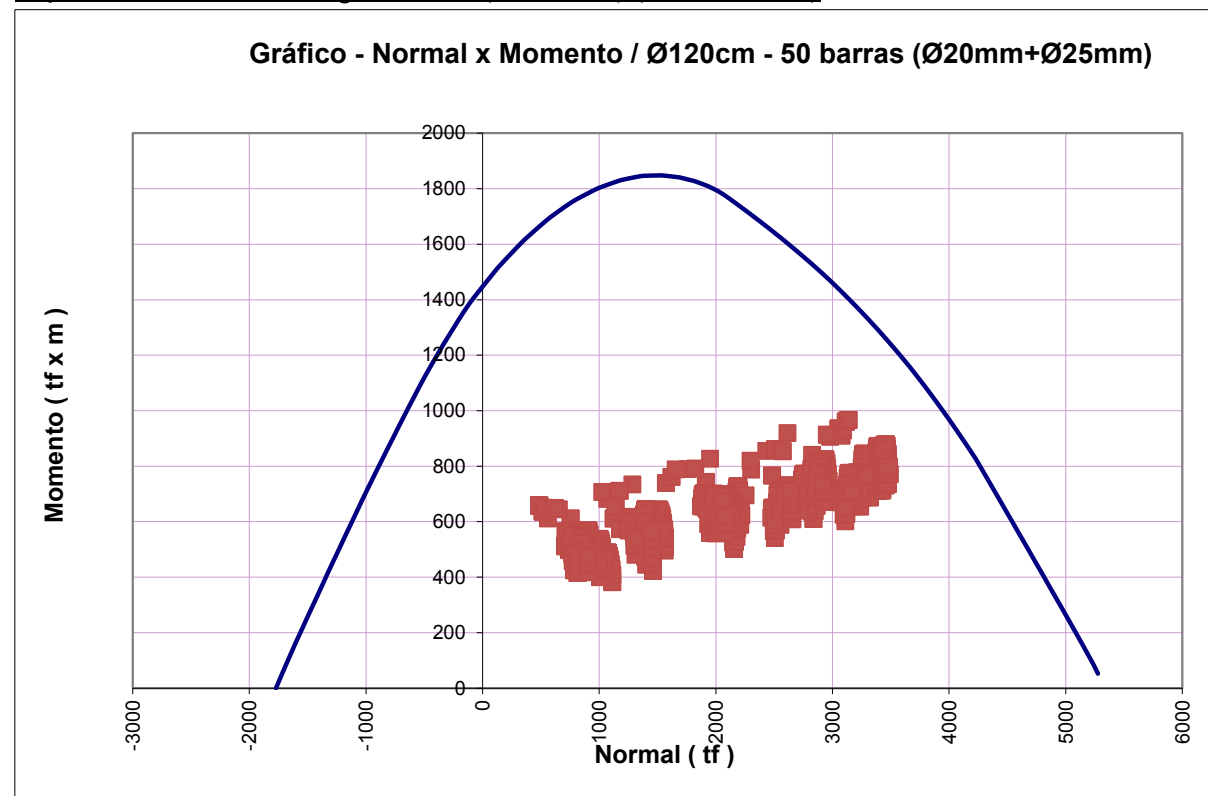
7.5 Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção

Dados para cálculo [kgf; cm²]:

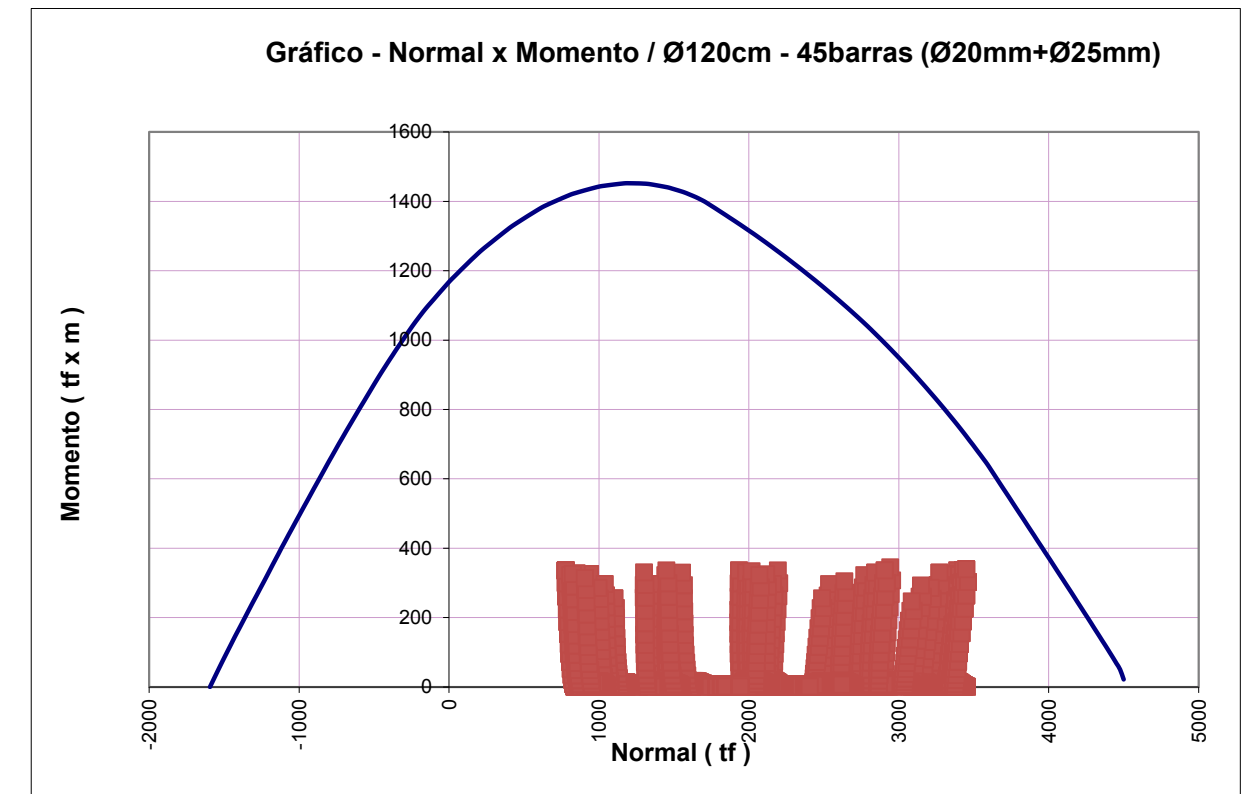
| | |
|------------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| γ_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| γ_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø220 no trecho em água/solo 80 (Ø25+ Ø20) (taxa de 1,13%)



2. Seção Ø200 no trecho de embutido em rocha com armadura 45(Ø25+ Ø20) (taxe de 1.27%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

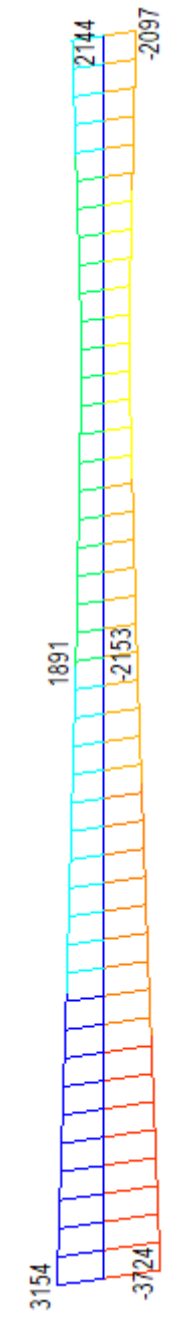
Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

Apresentamos as envoltórias de cálculo.

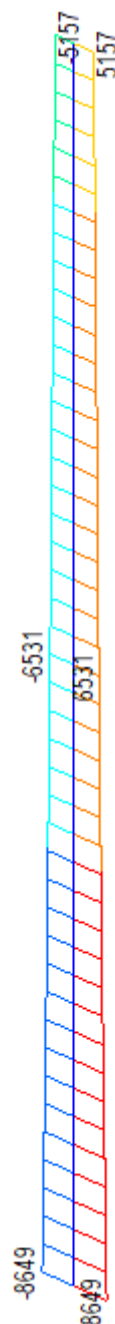
8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com*

curvatura aproximada. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada

v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

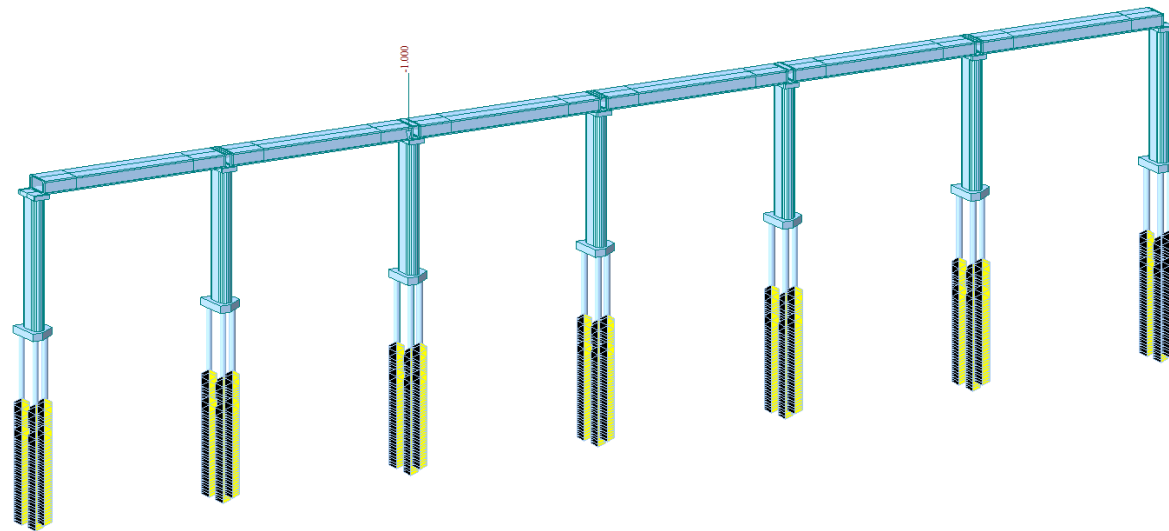
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

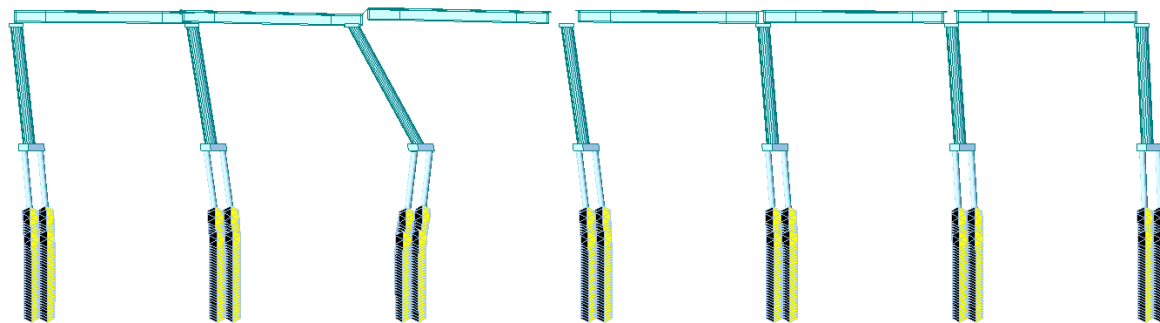
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|----------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 103675.652782 | 4.2493e-005 | | | | |
| | 2 | 178092.776966 | 3.6356e-004 | | | | |
| | 3 | 686557.085105 | 2.7064e-002 | | | | |
| | 4 | 1567482.811783 | 8.6744e-002 | | | | |
| | 5 | 1748719.951439 | 6.0547e-002 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 81.3m. O valor representa 1.84 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na menor direção - $\lambda_y = 46.19 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

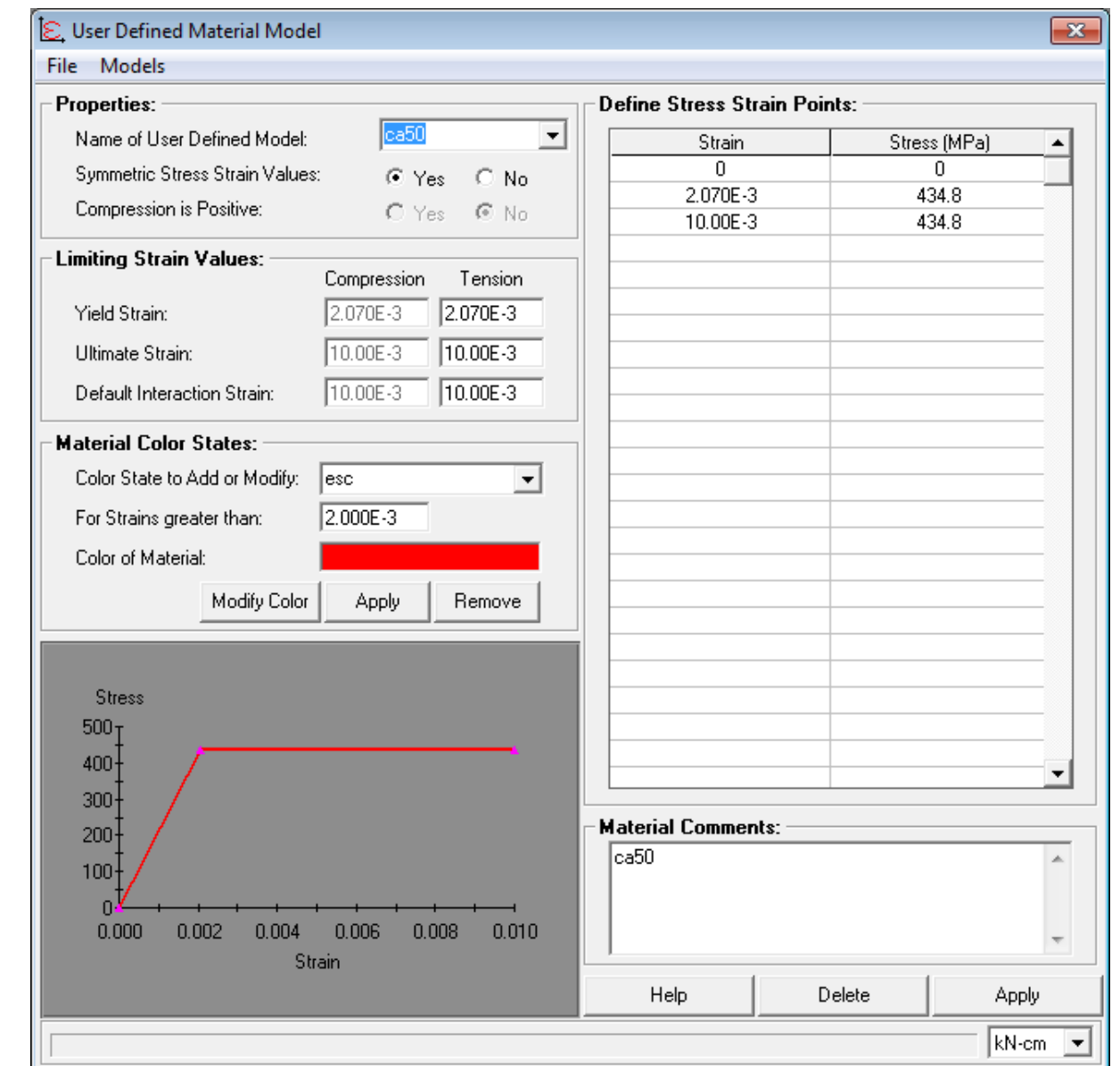
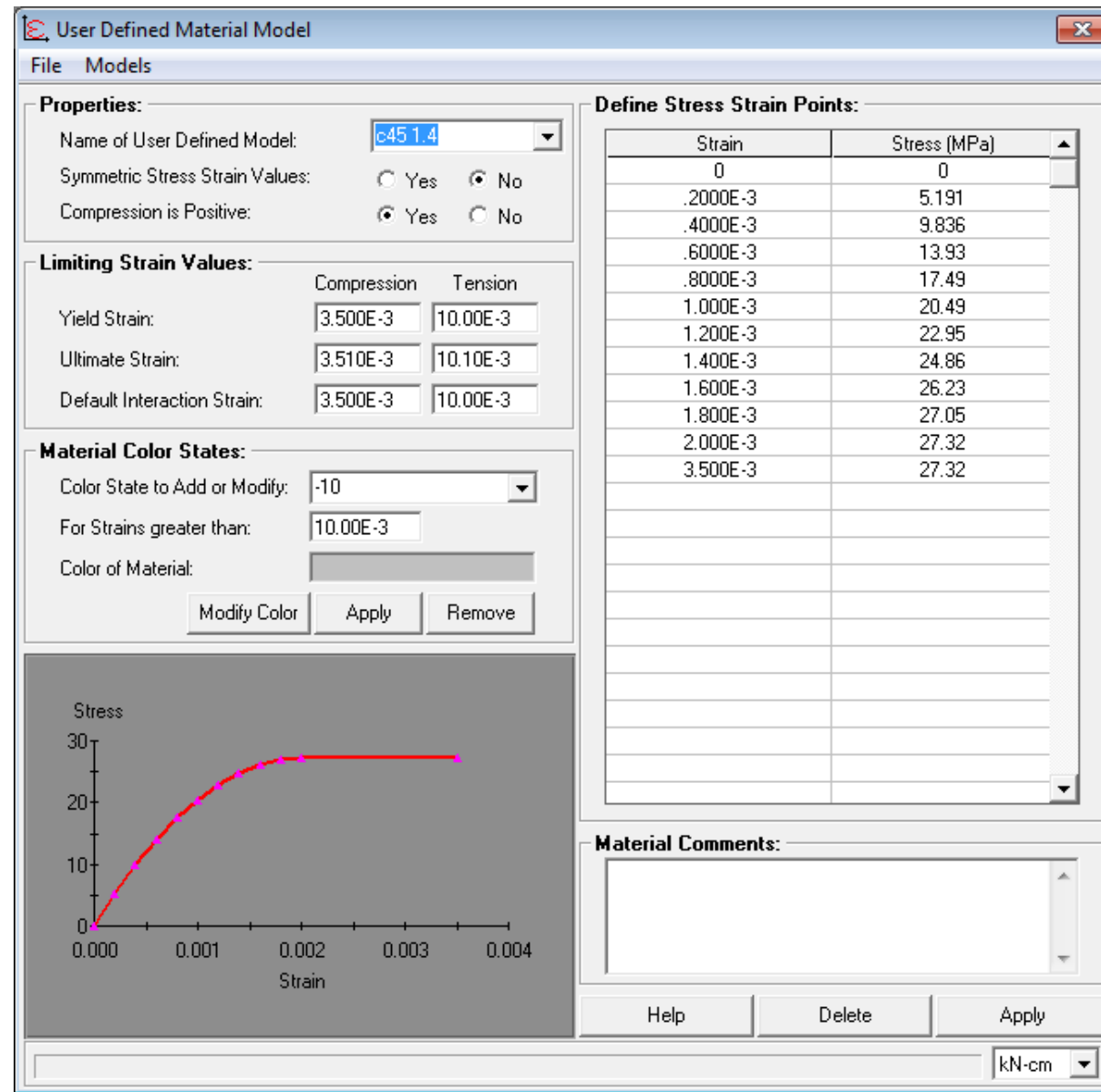
Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85)

Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



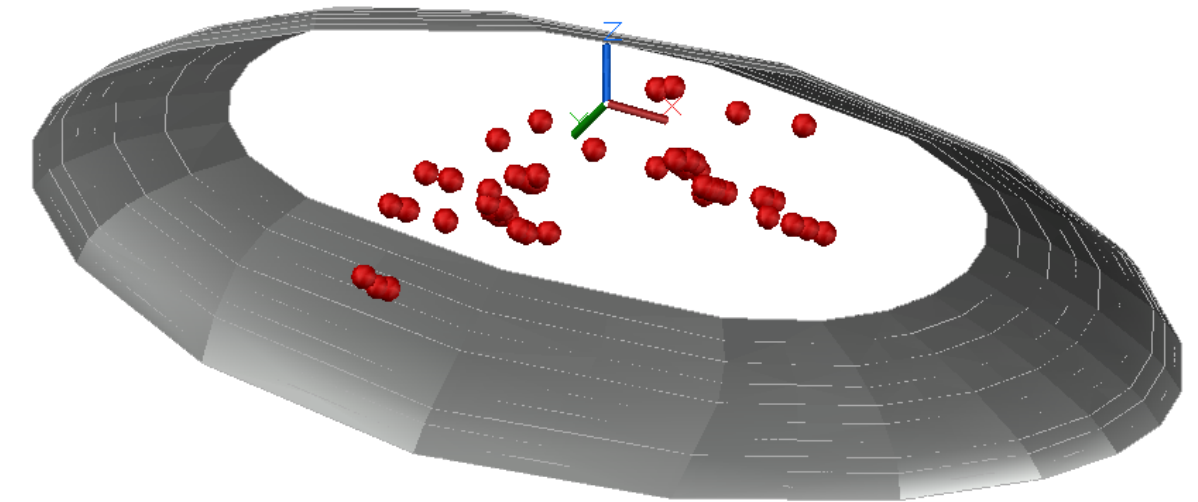
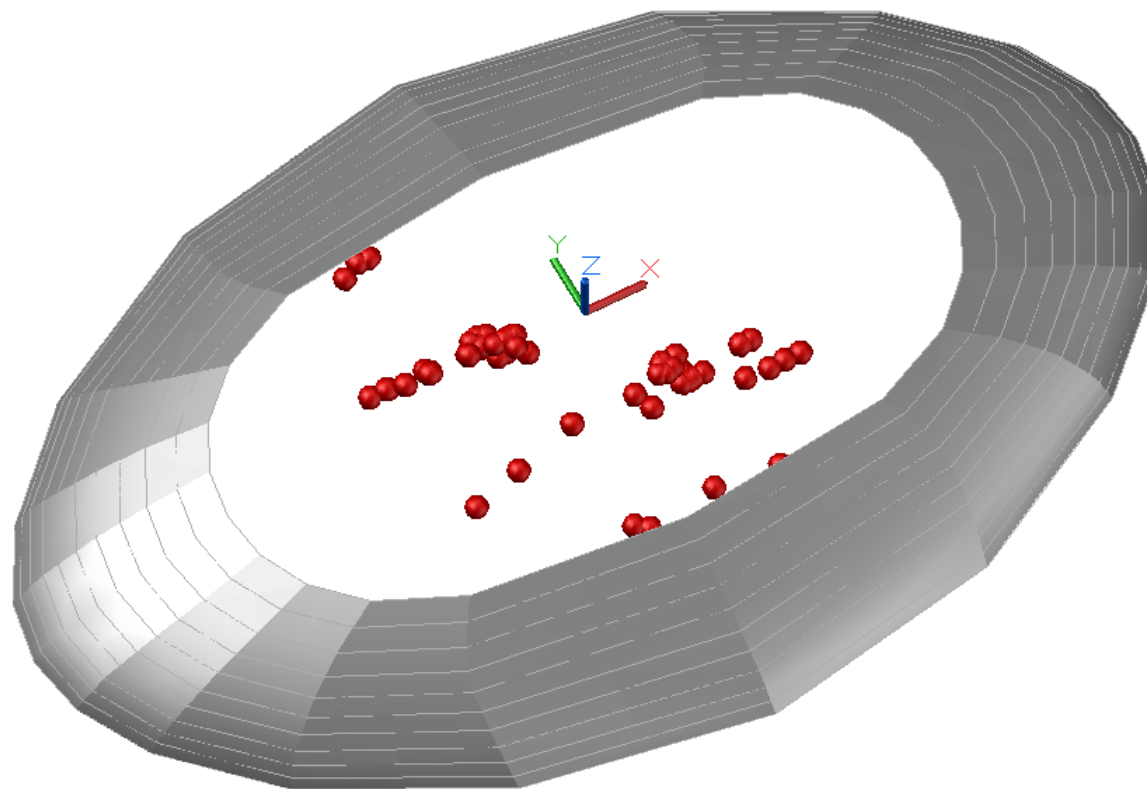
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Constante em toda altura do pilar

Armadura – Ø16.
Total de ferros = 132
Taxa de armadura = 0.4%

Envoltória de rotura



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$. **Topo do pilar**

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO INFRAESTRUTURA - APOIO 48

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10224-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

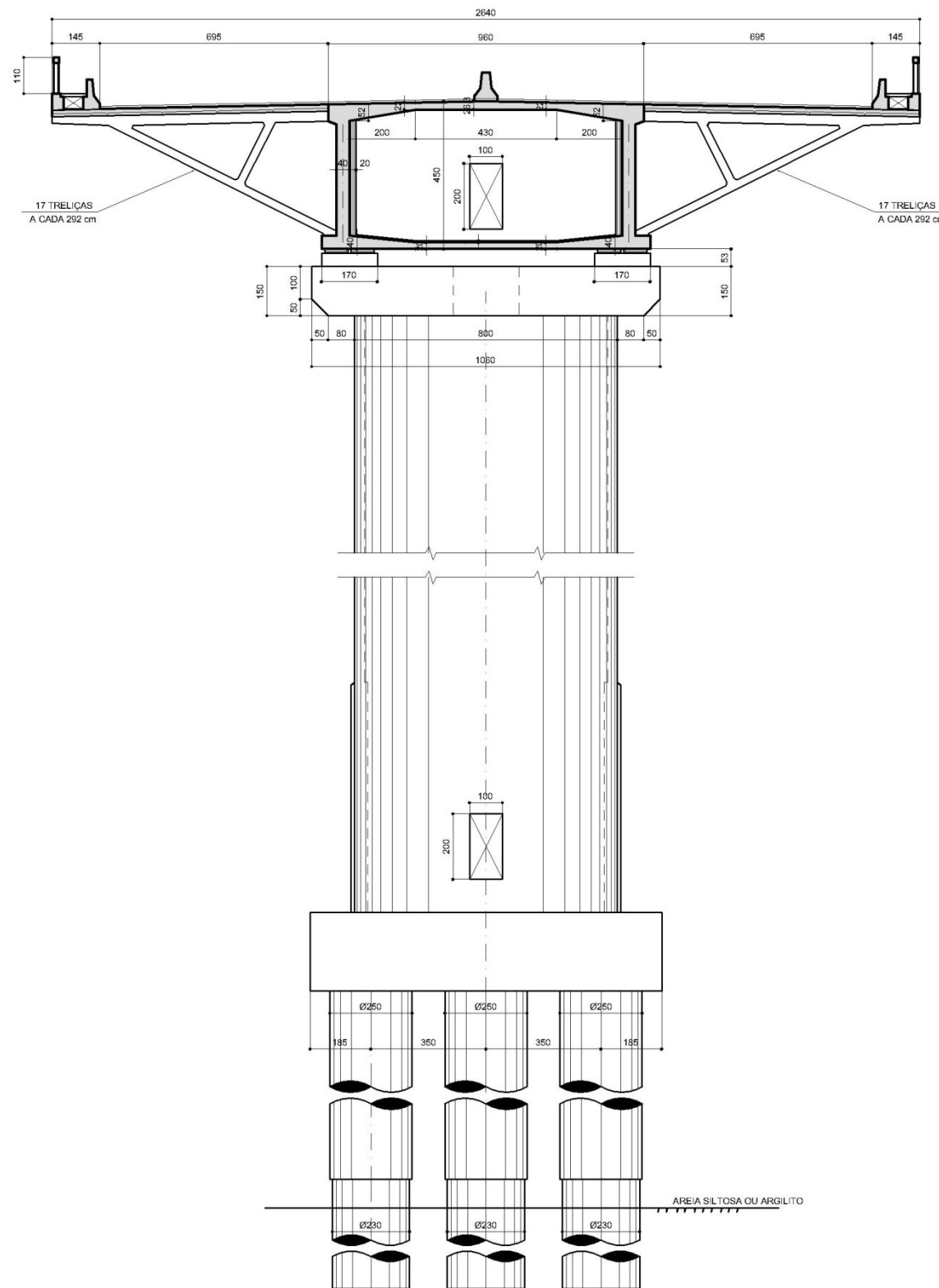


ÍNDICE

| | | | |
|----------|-----|---|-----------|
| | 8.7 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 18 |
| | 8.8 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 20 |
| 1 | | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 |
| 1.1 | | Superestrutura..... | 2 |
| 1.2 | | Infra e Mesoestrutura..... | 2 |
| 2 | | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 |
| 3 | | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO..... | 3 |
| 4 | | MODELOS DE CÁLCULO | 3 |
| 4.1 | | Geometria do modelo de cálculo | 3 |
| 4.2 | | Propriedades do modelo de cálculo | 4 |
| 4.3 | | Restrições de apoio | 7 |
| 4.3.1 | | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 7 |
| 4.3.2 | | Vinculação elástica do solo..... | 7 |
| 5 | | CARREGAMENTOS: | 8 |
| 5.1 | | Carregamentos permanentes:..... | 8 |
| 5.2 | | Cargas móveis | 8 |
| 5.2.1 | | Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto..... | 10 |
| 5.2.2 | | Força centrífuga..... | 10 |
| 5.2.3 | | Força longitudinal devido ao vento | 10 |
| 5.2.4 | | Força longitudinal devido a frenagem/aceleração | 11 |
| 5.3 | | Combinações de cálculo | 12 |
| 6 | | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 12 |
| 7 | | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 13 |
| 7.1 | | Esforços solicitantes | 13 |
| 7.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 13 |
| 7.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 13 |
| 7.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 14 |
| 8 | | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 15 |
| 8.1 | | Esforços de 1ª ordem no pilar | 15 |
| 8.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 15 |
| 8.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 16 |
| 8.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 16 |
| 8.5 | | Esforços de 2ª ordem no pilar | 16 |
| 8.5.1 | | Método aproximado..... | 16 |
| 8.6 | | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 17 |

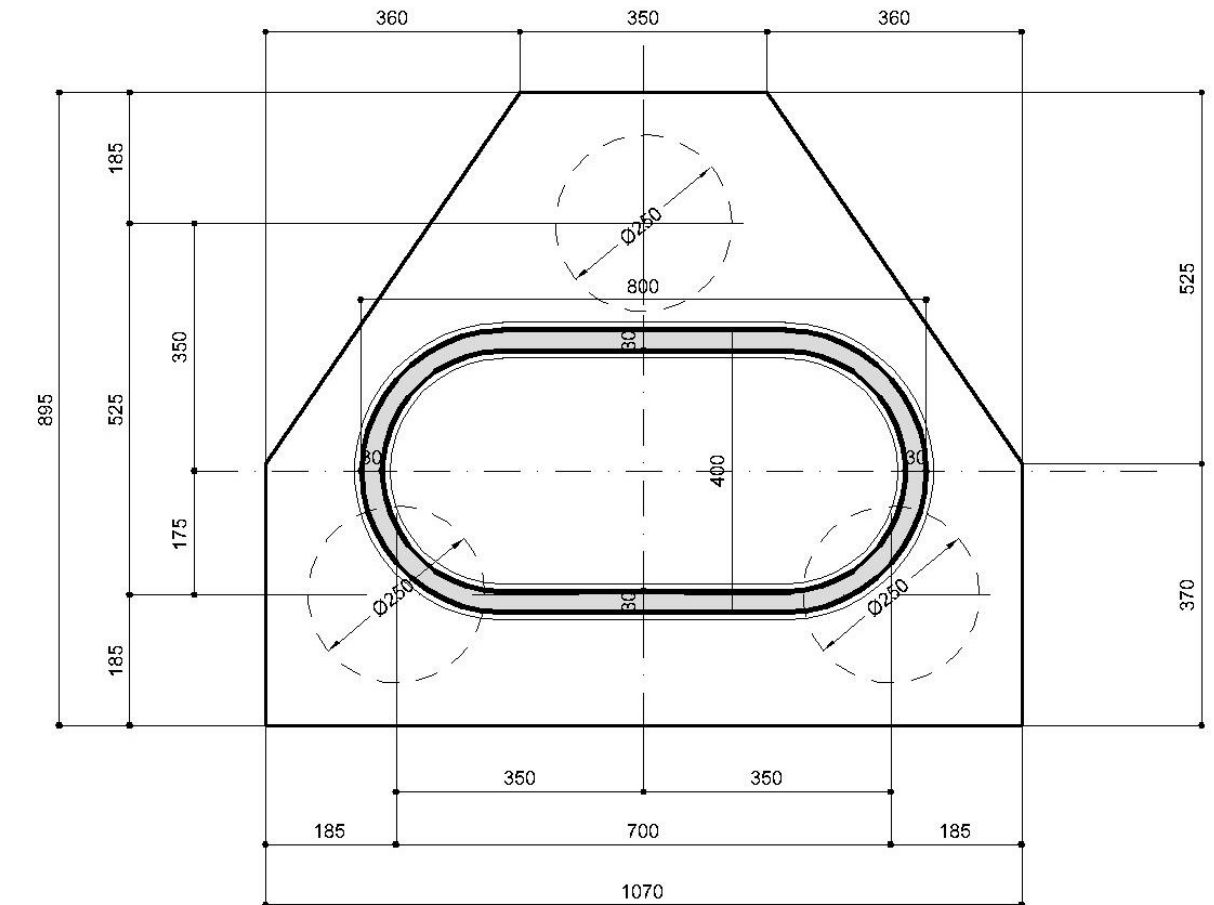
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;
- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);

- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 250cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 230cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

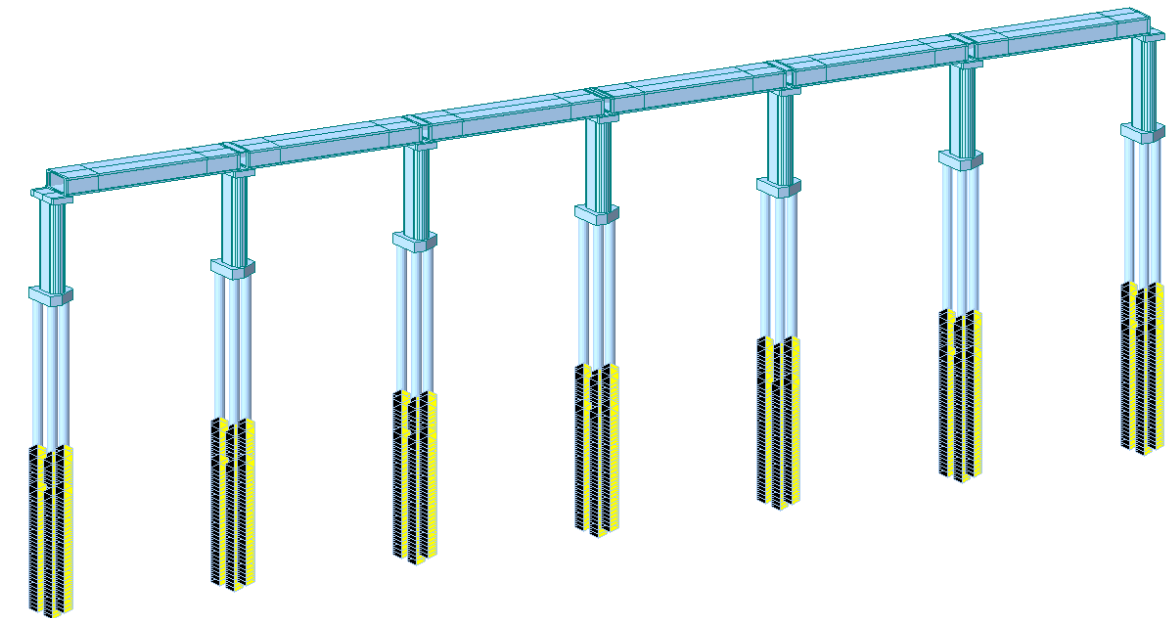
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 292cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

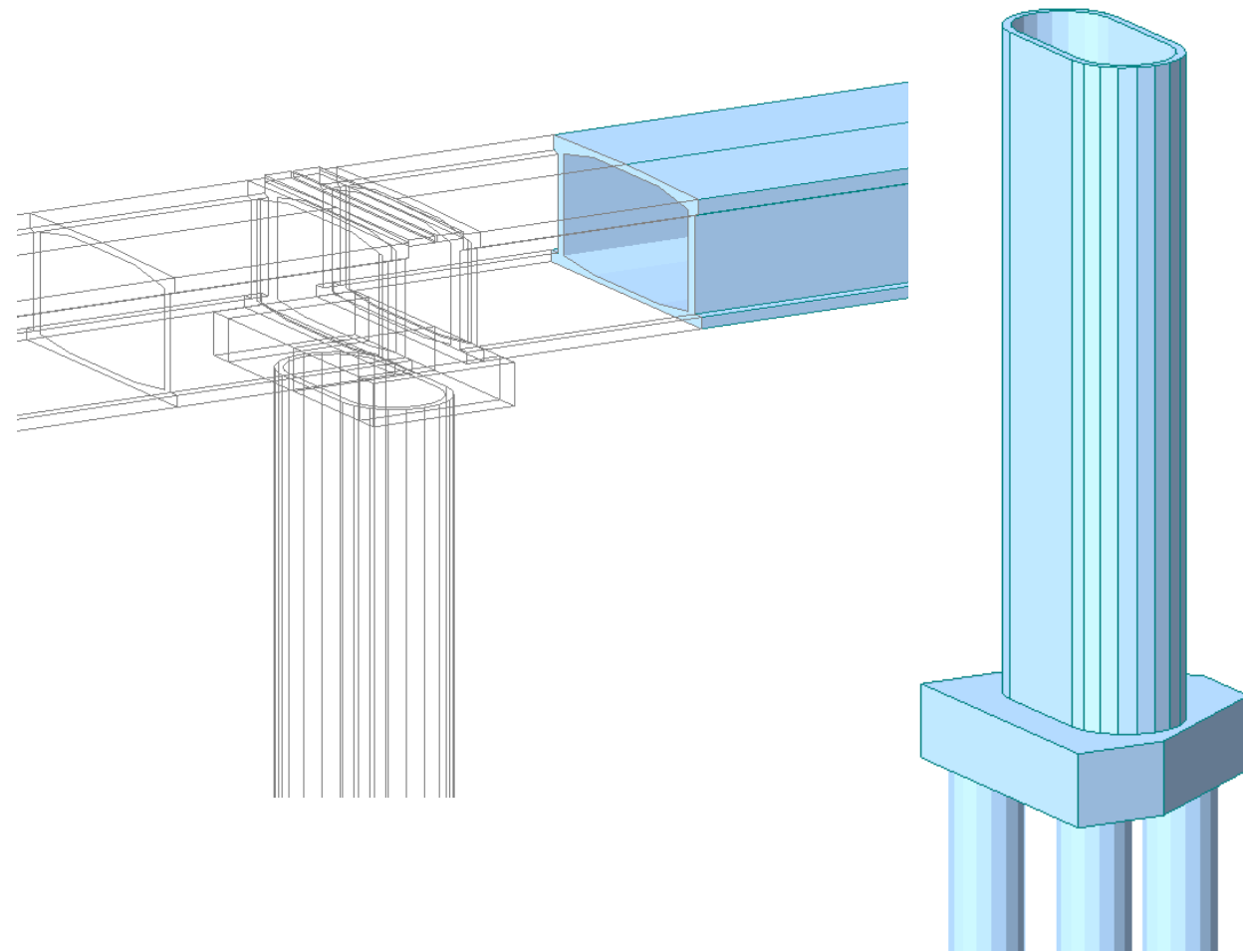
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 22.5 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x50m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

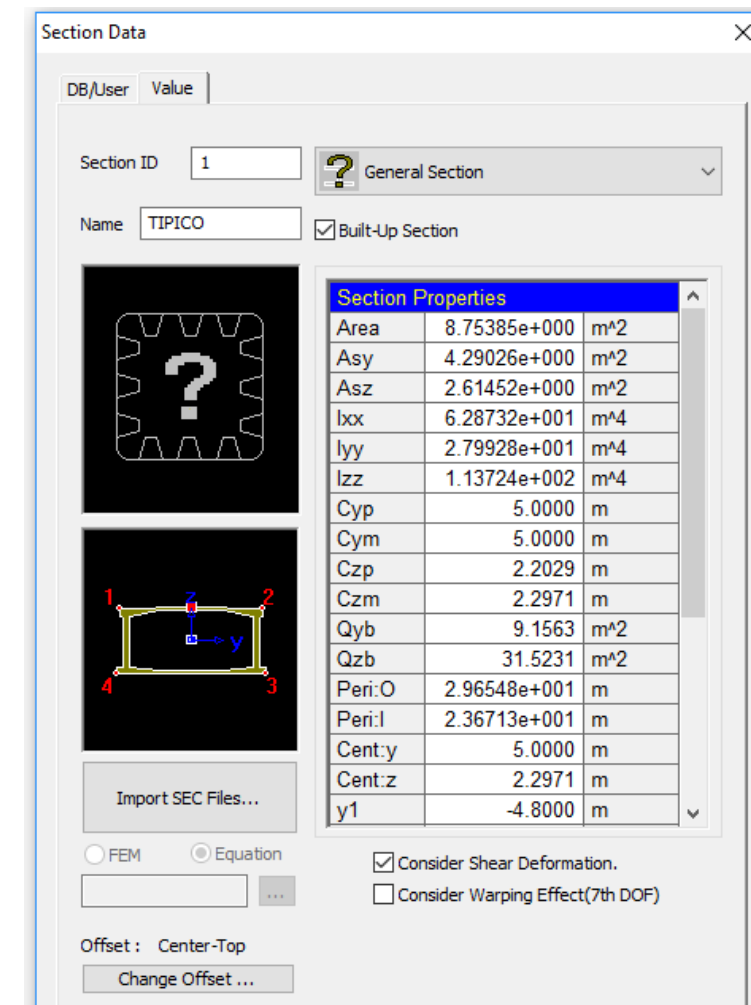
Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 50m (entre apoios)

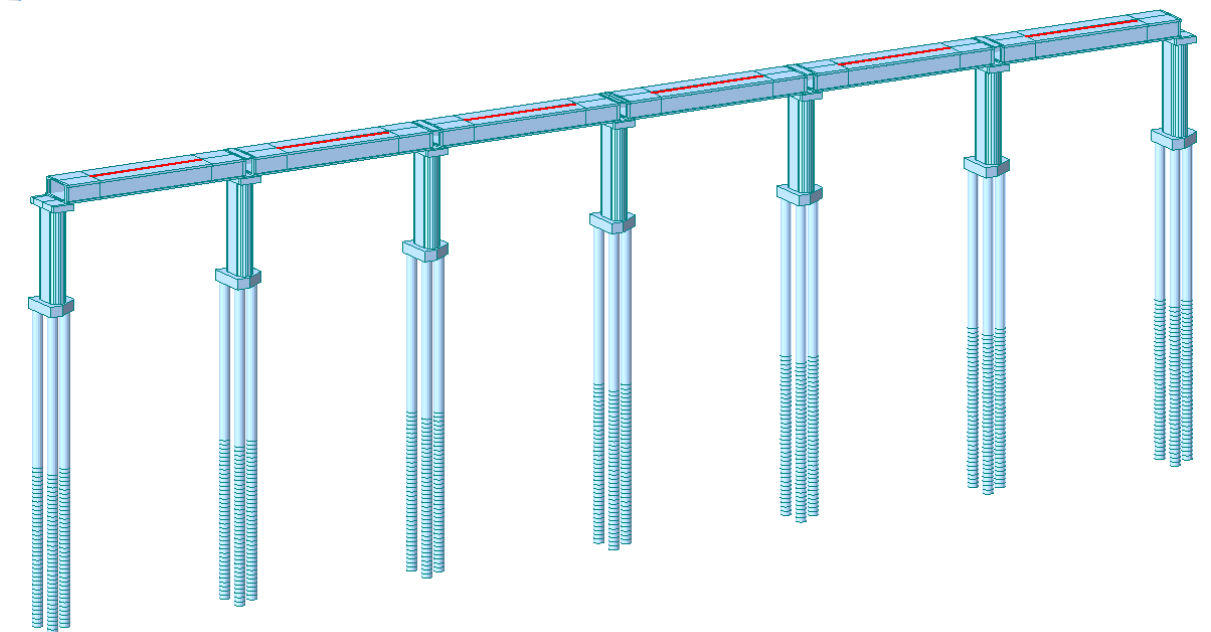


- Seção transversal do tabuleiro trecho constante



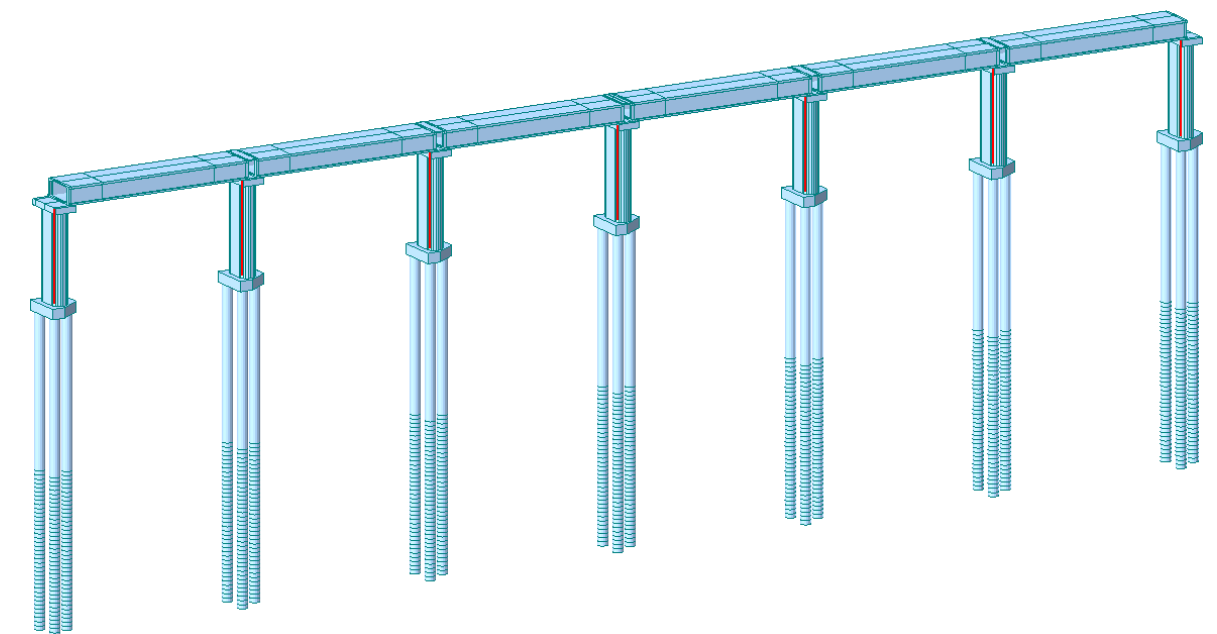
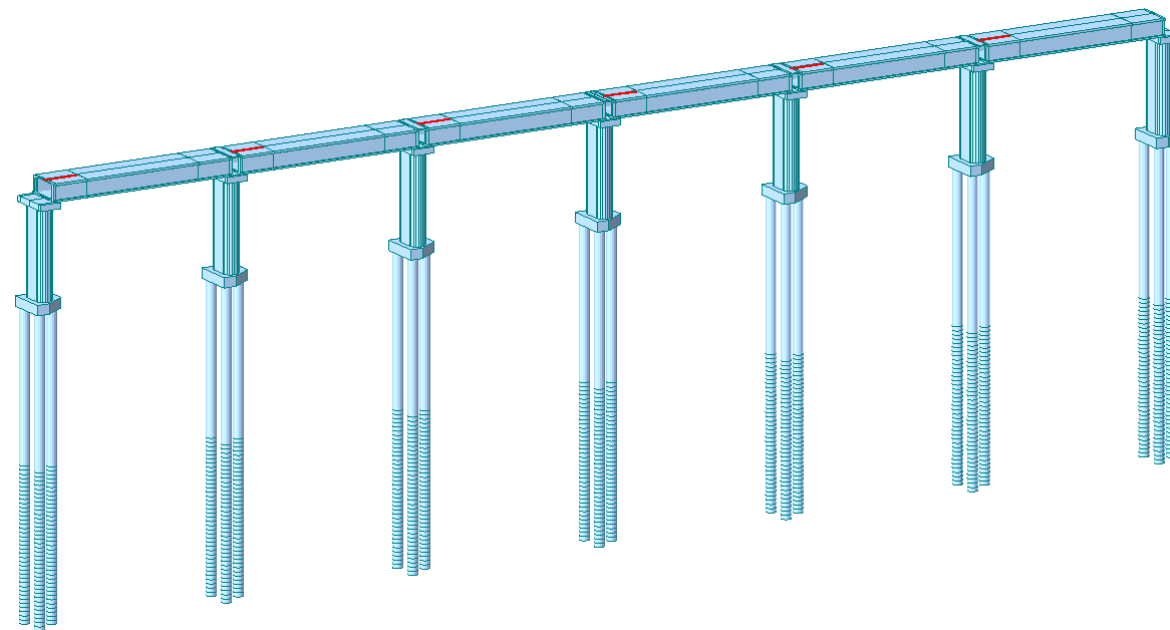
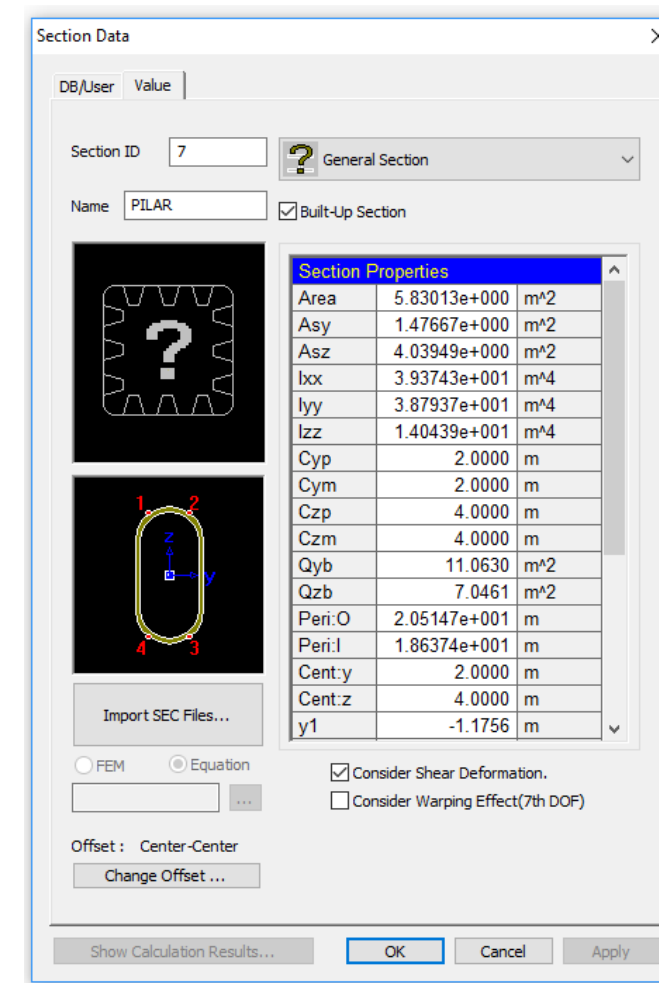
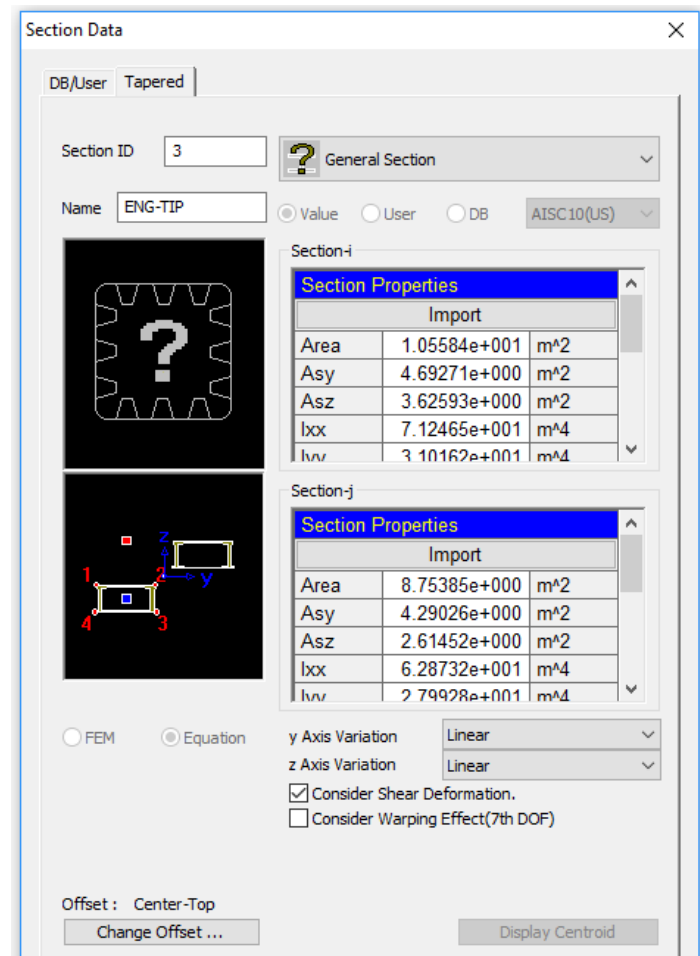
4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):



- Seção transversal do tabuleiro trecho variável

Seção transversal do pilar



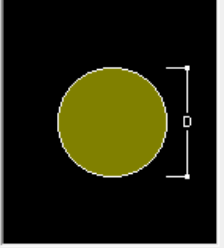
- Seção transversal da estaca escavada

Section Data

DB/User

Section ID: 9 Solid Round

Name: ESTACÃO 250cm User DB AISC10(US)



Sect. Name:

Built-Up Section

Get Data from Single Angle

DB Name: AISC10(US)

Sect. Name:

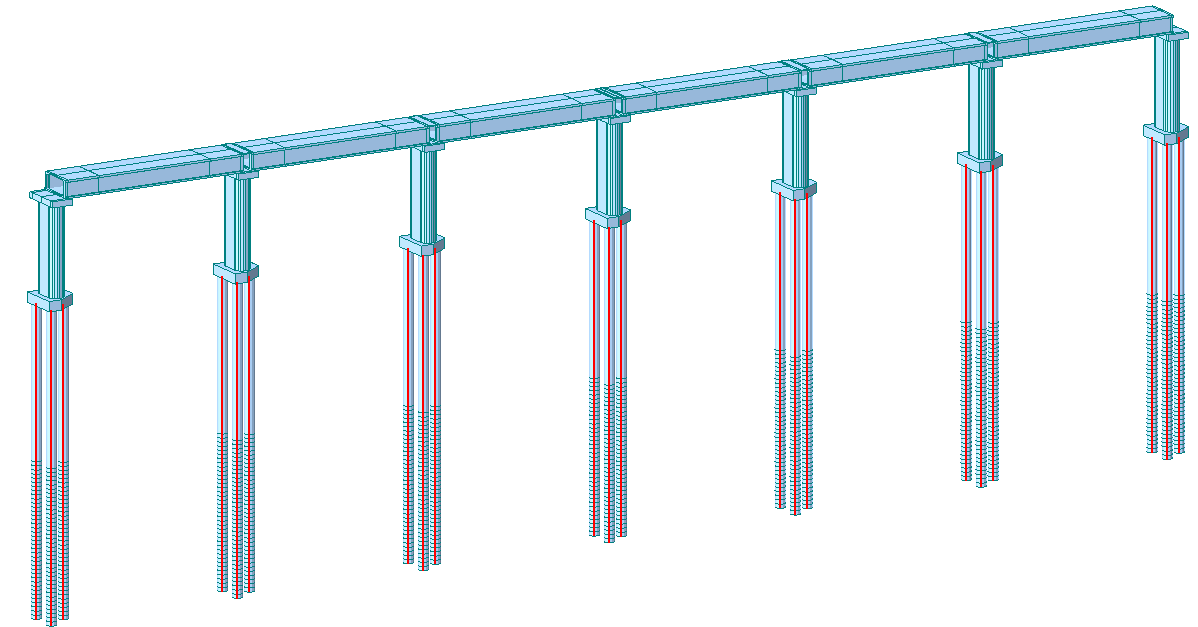
D: 2.5 m

Consider Shear Deformation.

Offset: Center-Center

Section Properties

| | Value | Unit |
|----------|----------------|----------------|
| Area | 4.908739e+000 | m ² |
| Asy | 4.417865e+000 | m ² |
| Asz | 4.417865e+000 | m ² |
| Ixx | 3.834952e+000 | m ⁴ |
| Iyy | 1.917476e+000 | m ⁴ |
| Izz | 1.917476e+000 | m ⁴ |
| Cyp | 1.250000e+000 | m |
| Cym | 1.250000e+000 | m |
| Czp | 1.250000e+000 | m |
| Czm | 1.250000e+000 | m |
| Qyb | 5.208333e-001 | m ² |
| Qzb | 5.208333e-001 | m ² |
| Peri:O | 7.853982e+000 | m |
| Peri:l | 0.000000e+000 | m |
| Center:y | 1.250000e+000 | m |
| Center:z | 1.250000e+000 | m |
| y1 | 0.000000e+000 | m |
| z1 | 1.250000e+000 | m |
| y2 | 1.250000e+000 | m |
| z2 | 0.000000e+000 | m |
| y3 | 0.000000e+000 | m |
| z3 | -1.250000e+000 | m |
| y4 | -1.250000e+000 | m |
| z4 | 0.000000e+000 | m |



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

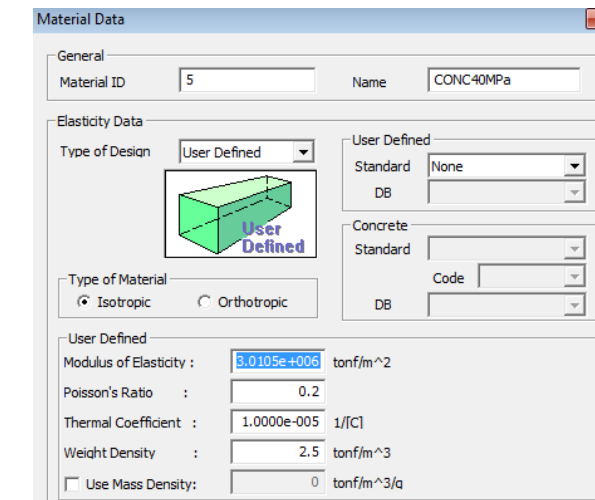
Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

| | |
|-----------|------|
| SPT | KH |
| SPT<10 | 500 |
| 10<SPT<30 | 1000 |
| 30<SPT | 2000 |

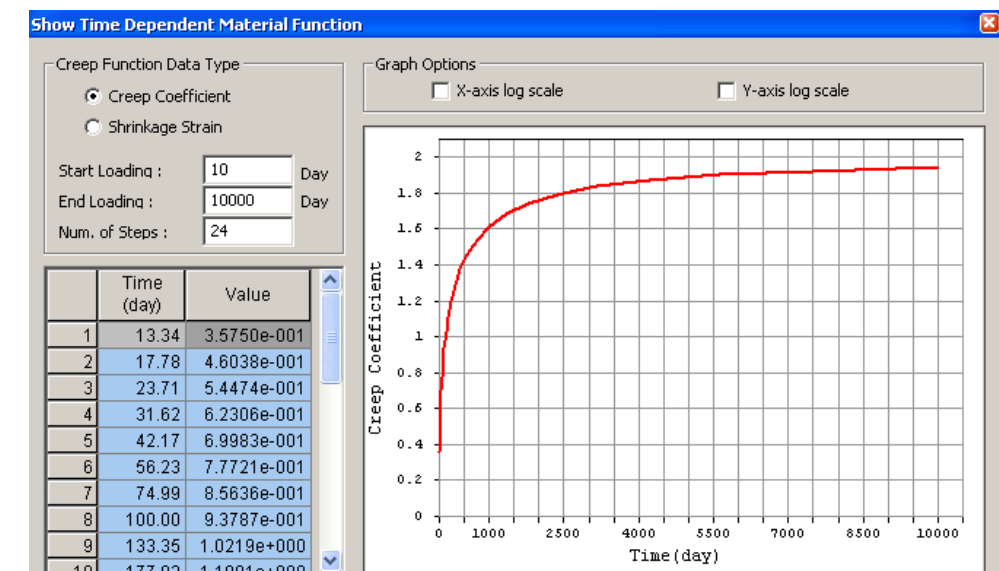
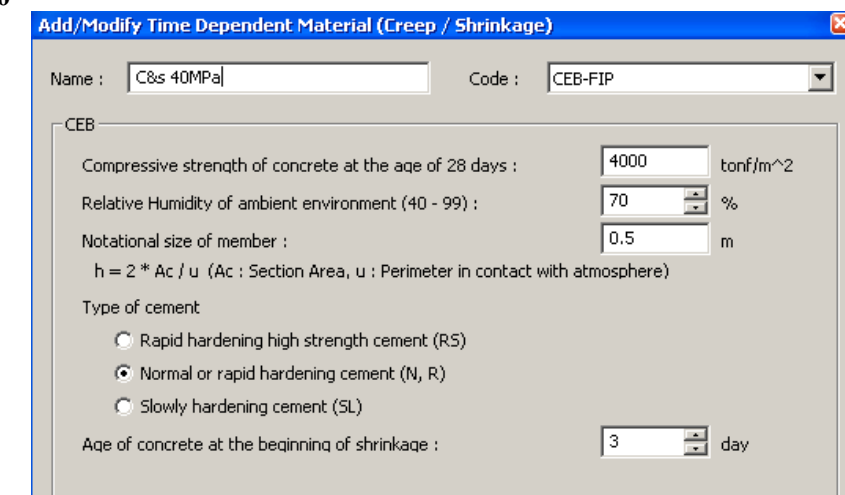
As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de 1 x Ø x KH (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).

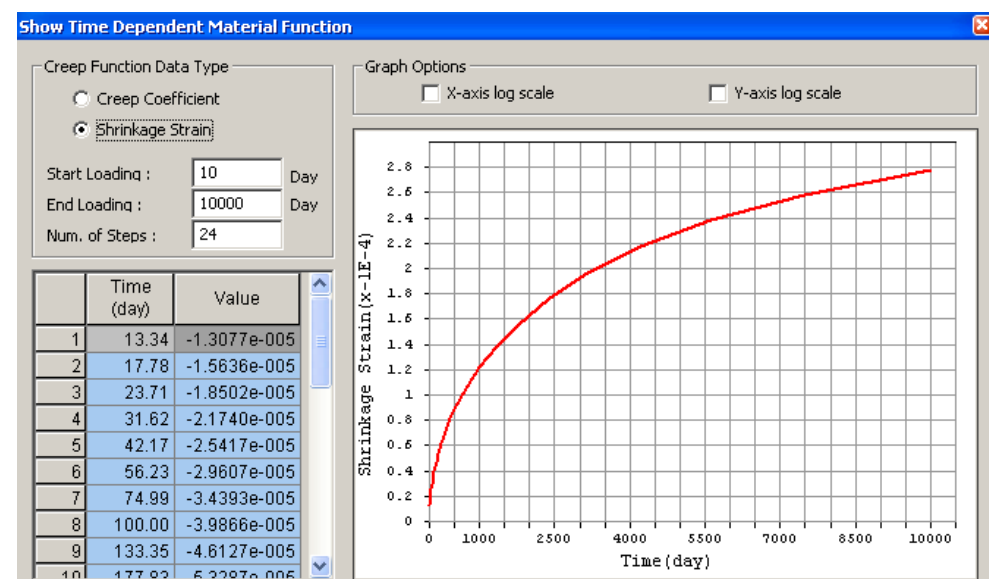
Materiais

Concreto - superestrutura



Concreto C40





Para os restantes elementos:

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |

5 CARREGAMENTOS:

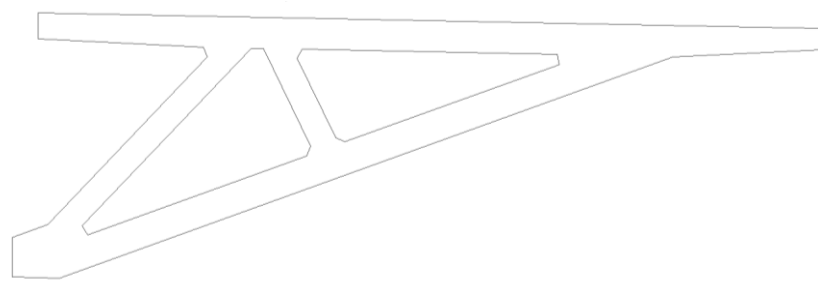
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0,6 \times 2,5 \times 2) / 2,9 = 4,99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9,3 + 4,99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0,38 \times 2,5 = 0,95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1,55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11,4 \times 0,07 \times 2,4 \times 2 = 3,9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0,2 \times 2,5 \times 2 + 0,08 \times 2 = 1,16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: $0,5 \text{ tf/m}^2$

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$, para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50}\right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50}\right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n-2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6-2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

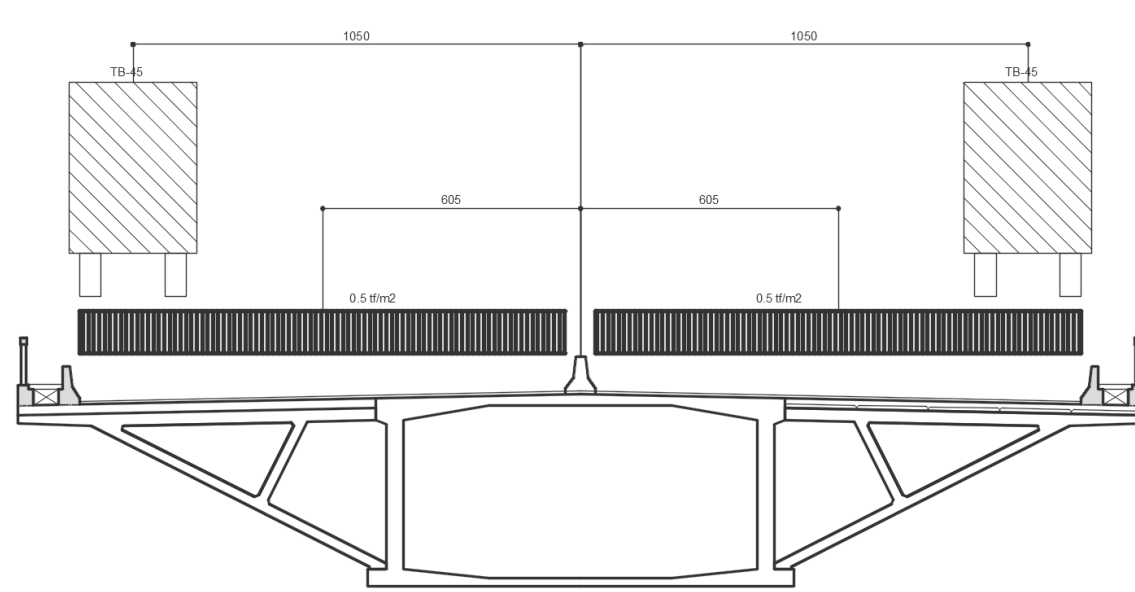
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

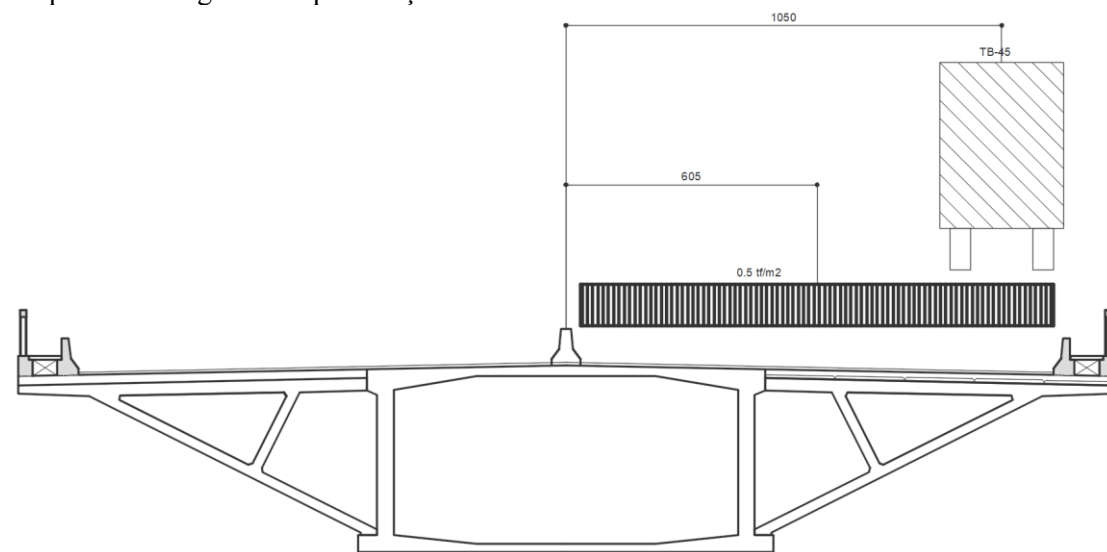
Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

Esquema da carga móvel para cortante máxima



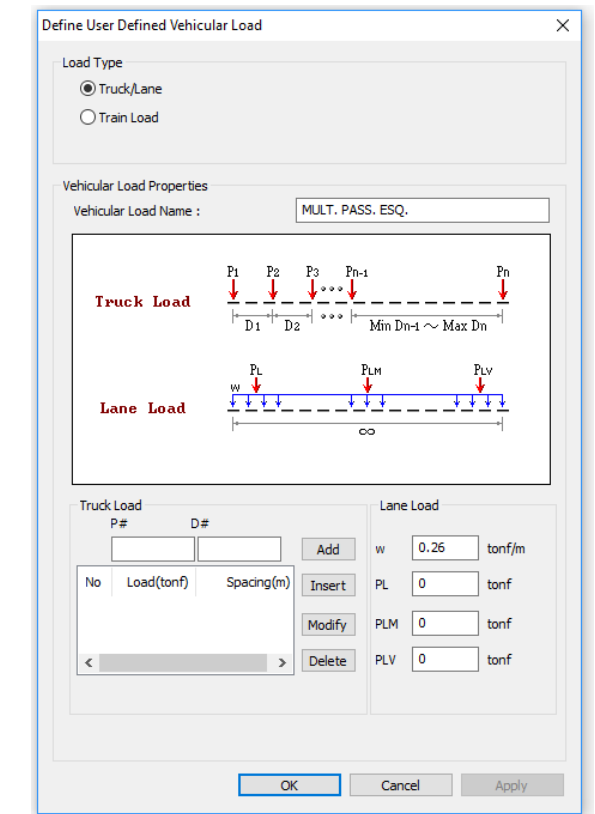
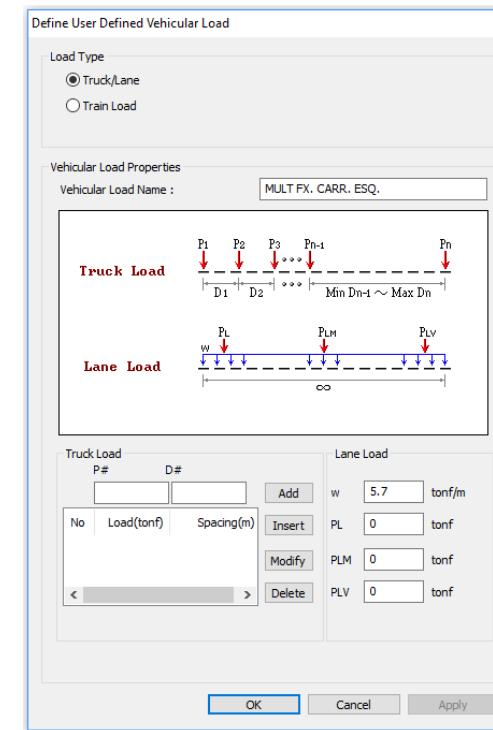
Carga da multidão: $q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$
 TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão
 Esquema da carga móvel para torção máxima



Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
 TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

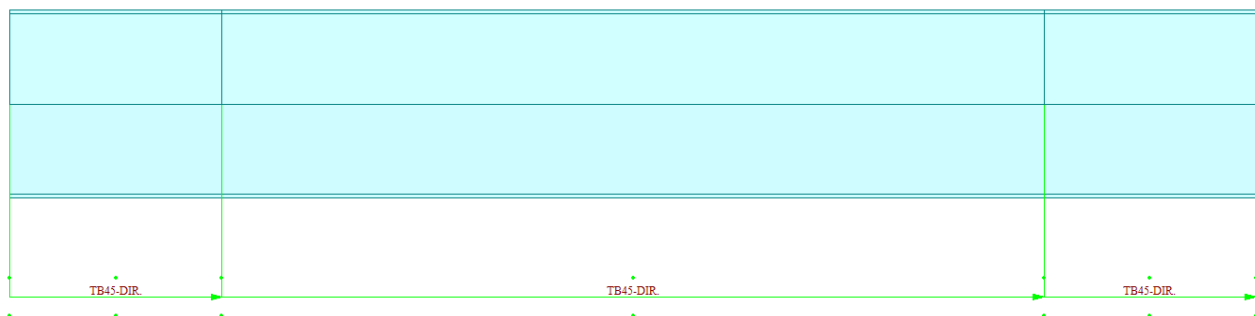
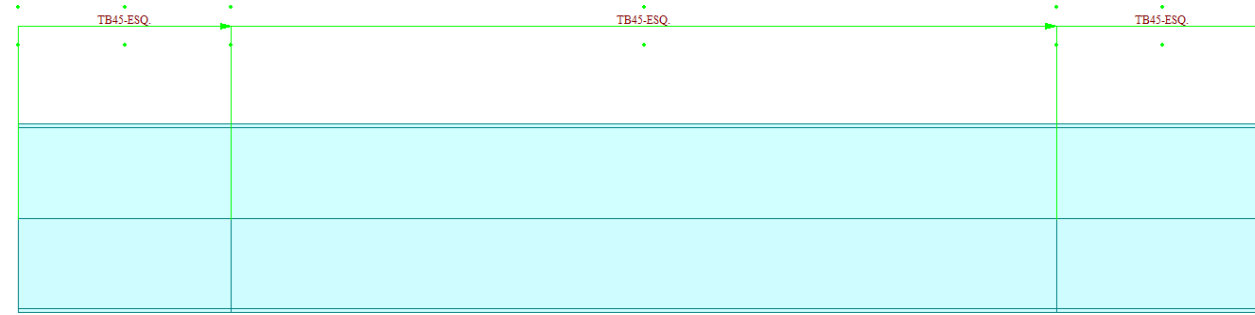
Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



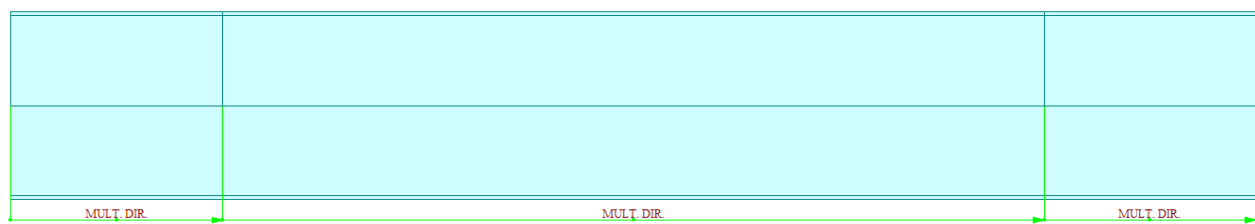
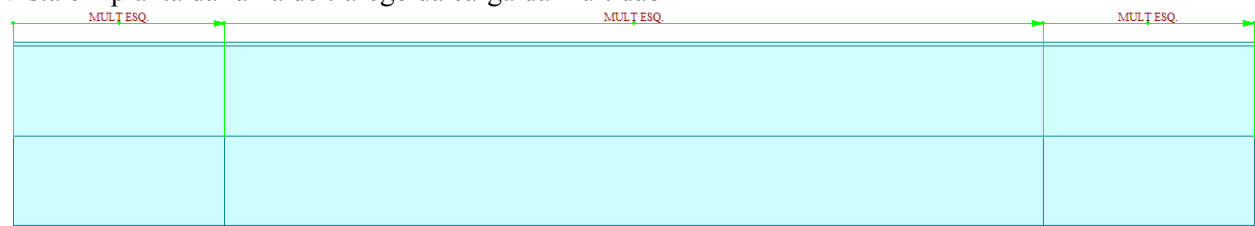
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

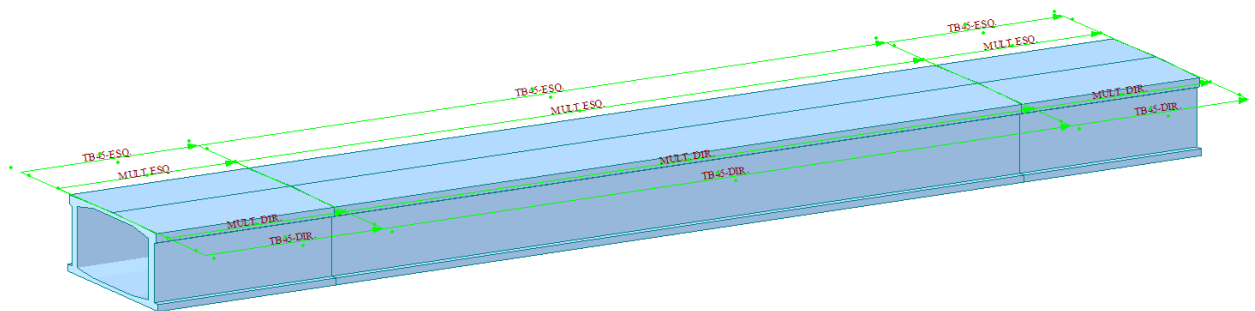
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



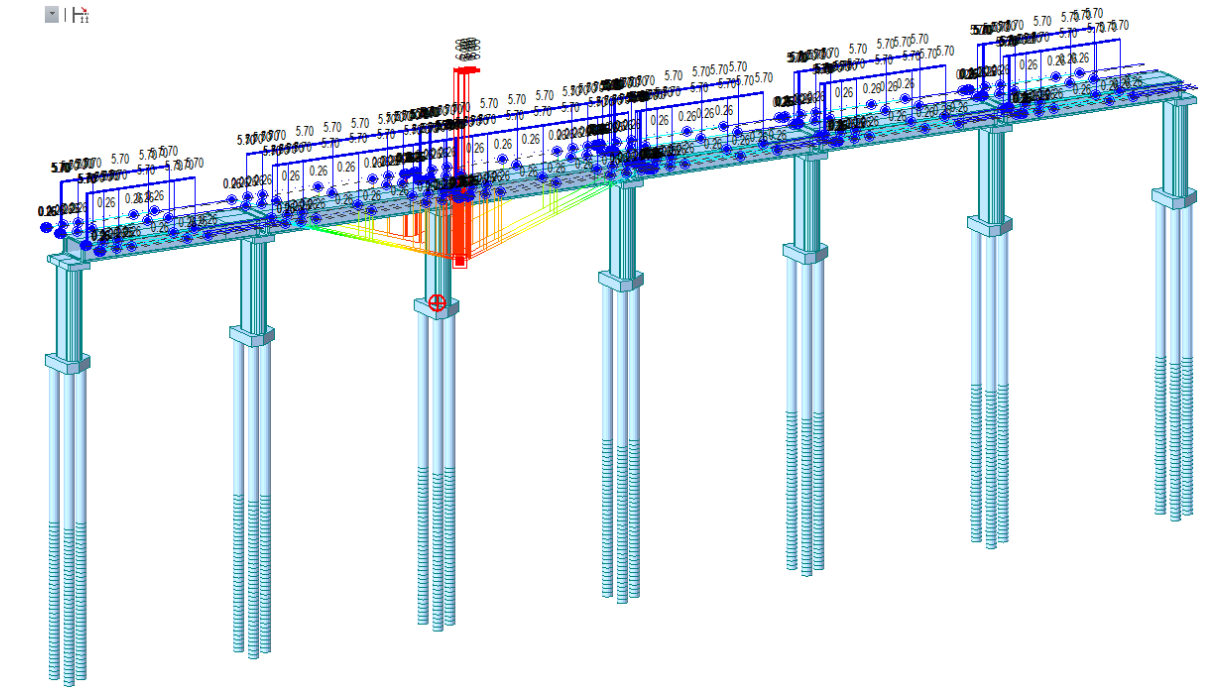
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

Pressão na direção transversal (Wy-y):

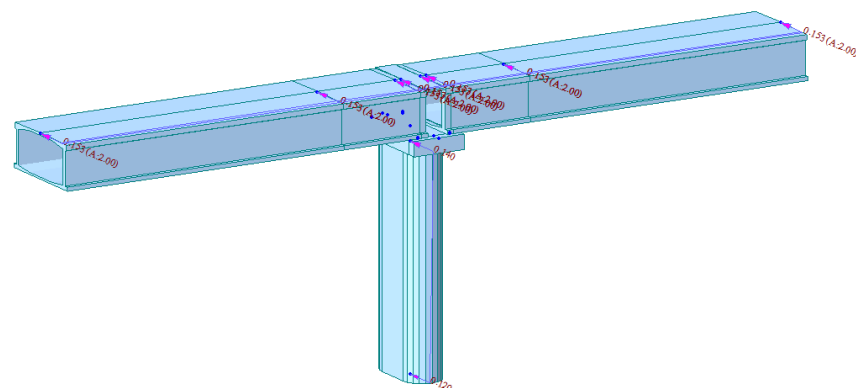
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39 \text{ m/s} = 145,4 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{,pilar} = 30,0 \text{ kgf/m}^2$

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,15 a 28,5 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- $V_k = 43,8 \text{ m/s} = 157,7 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{,pilar} = 35,3 \text{ kgf/m}^2$
- $P_{,tabuleiro} = 152,9 \text{ kgf/m}^2$

Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valormáximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.



Pressão na direção longitudinal (Wx-x):

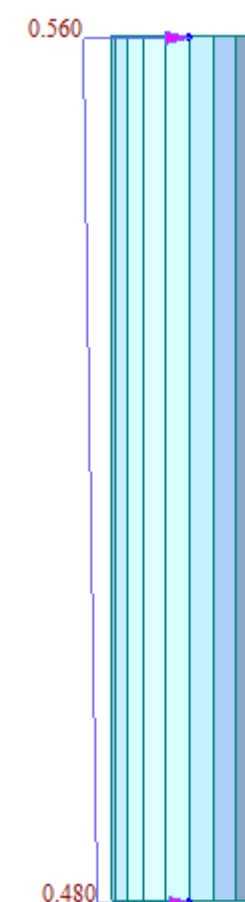
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- $V_k = 40,4 \text{ m/s} = 145,4 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,6$
- $p = 60,0 \text{ kgf/m}^2$

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,15 a 28,5 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- $V_k = 43,8 \text{ m/s} = 157,7 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,6$
- $p = 70,6 \text{ kgf/m}^2$

A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.



5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\% \text{ multidão na pista}$

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (50,00) \times 22,8\text{m} = 28,5 \text{ tf}$$

Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 28,5 \text{ tf}$$

Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

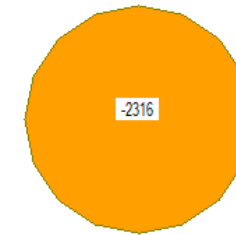
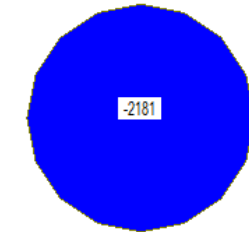
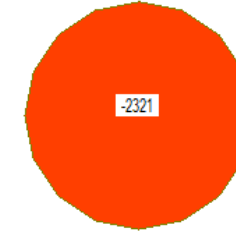
$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ – |
|--|-----------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |



6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

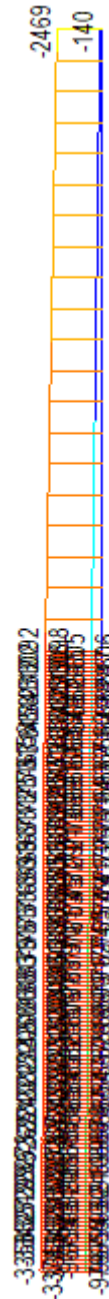
Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.

7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

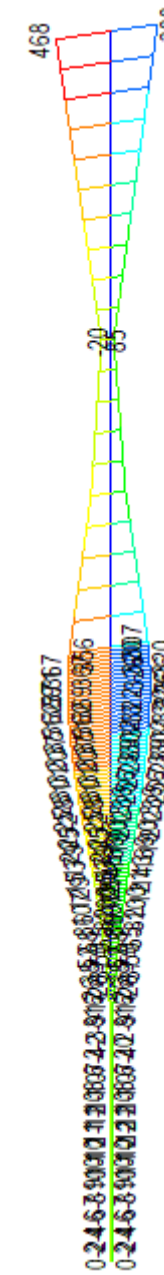
7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a titulo de exemplo.

7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



7.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



7.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)

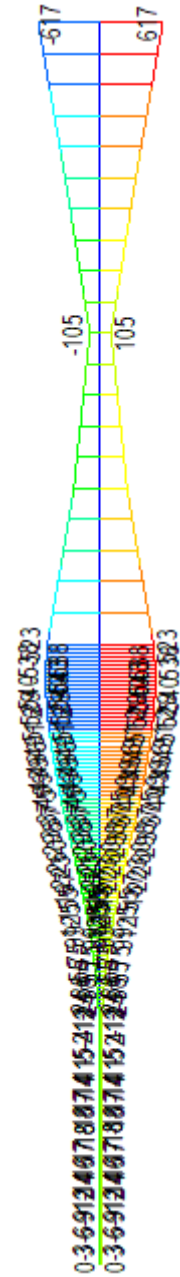


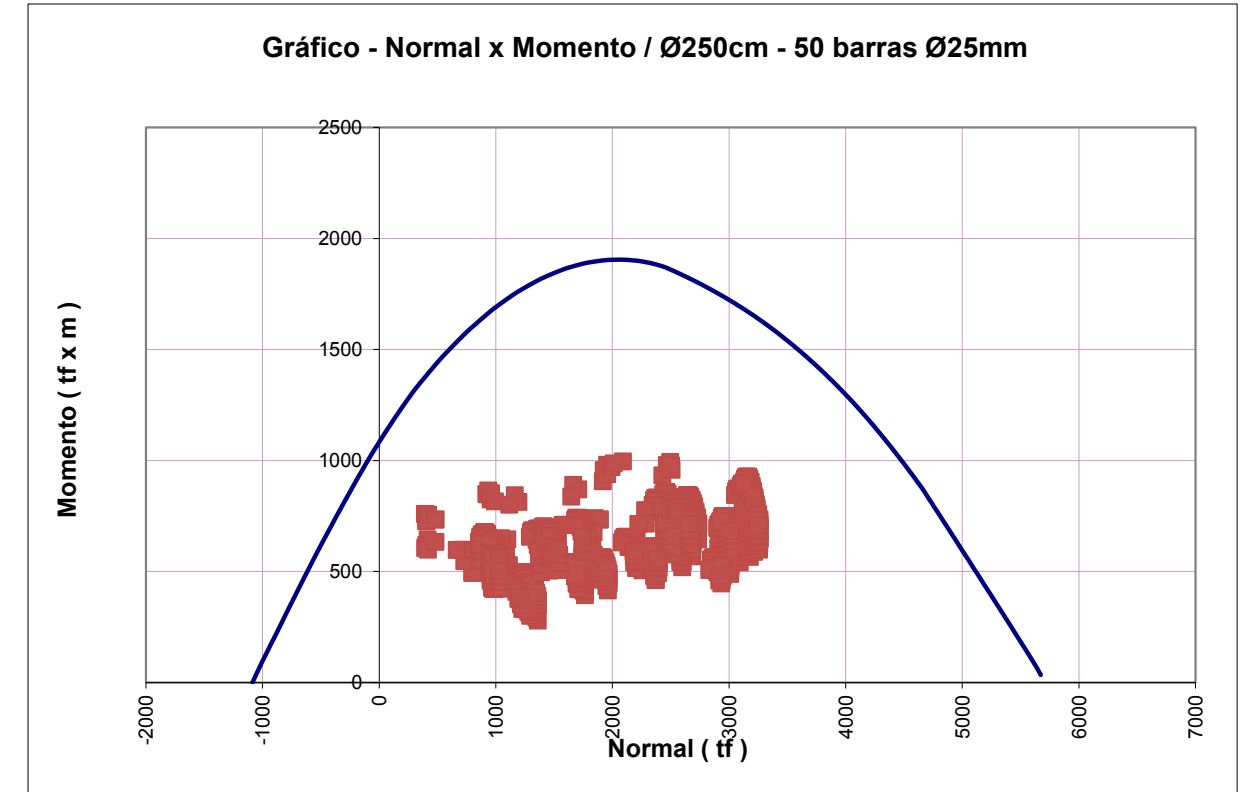
Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção

Dados para cálculo [kgf; cm²]:

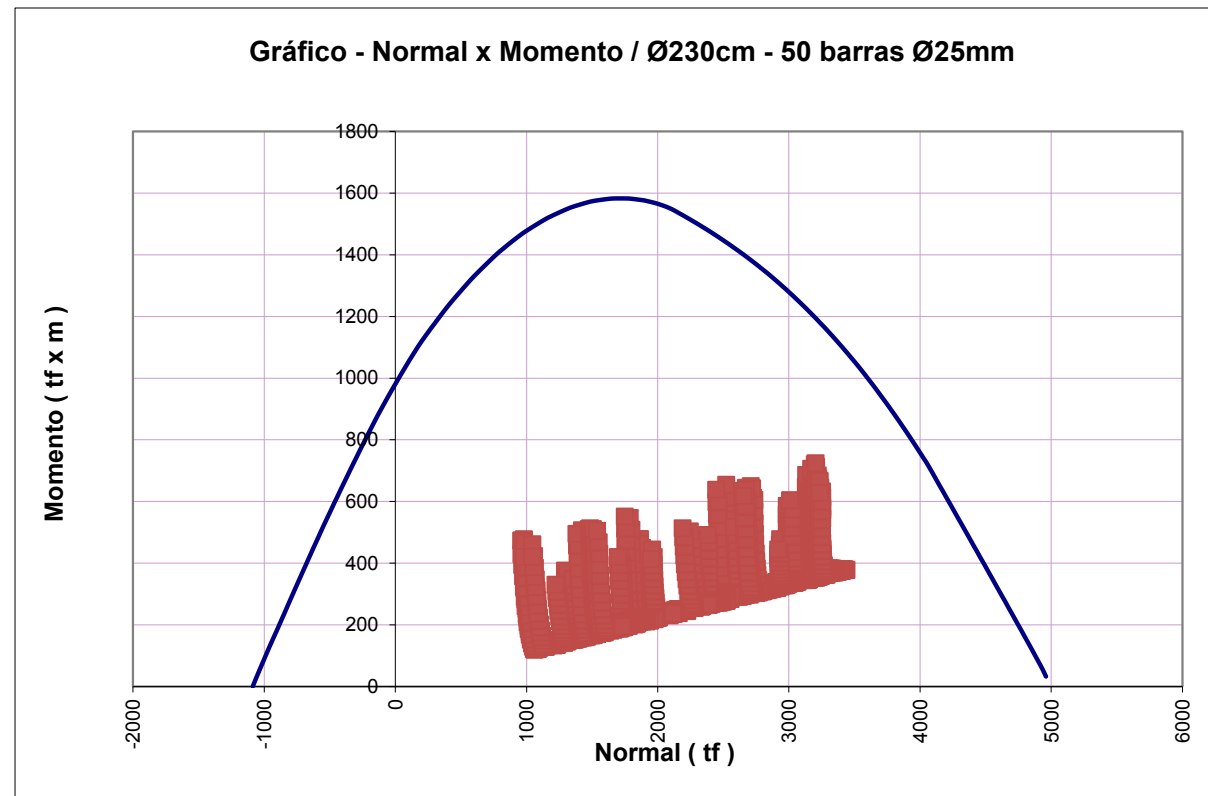
| | |
|----------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| Y_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| Y_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø250 no trecho em água/solo 50 Ø25 (taxa de 0,51%)



2. Seção Ø230 no trecho de embutido em rocha com armadura 50 Ø25 (taxe de 0,60%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

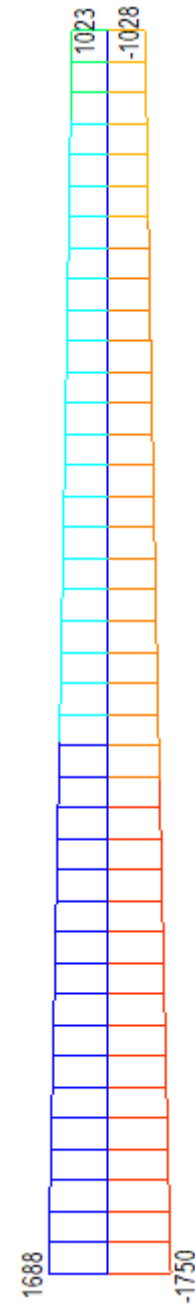
Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

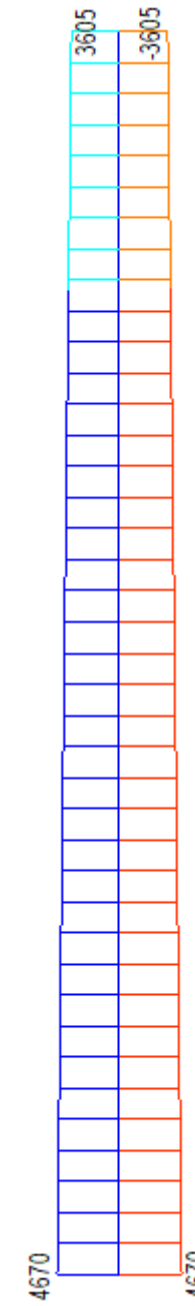
Apresentamos as envoltórias de cálculo.

8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)

8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja

constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde
 $v = N_d / A_c f_{cd}$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada
v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

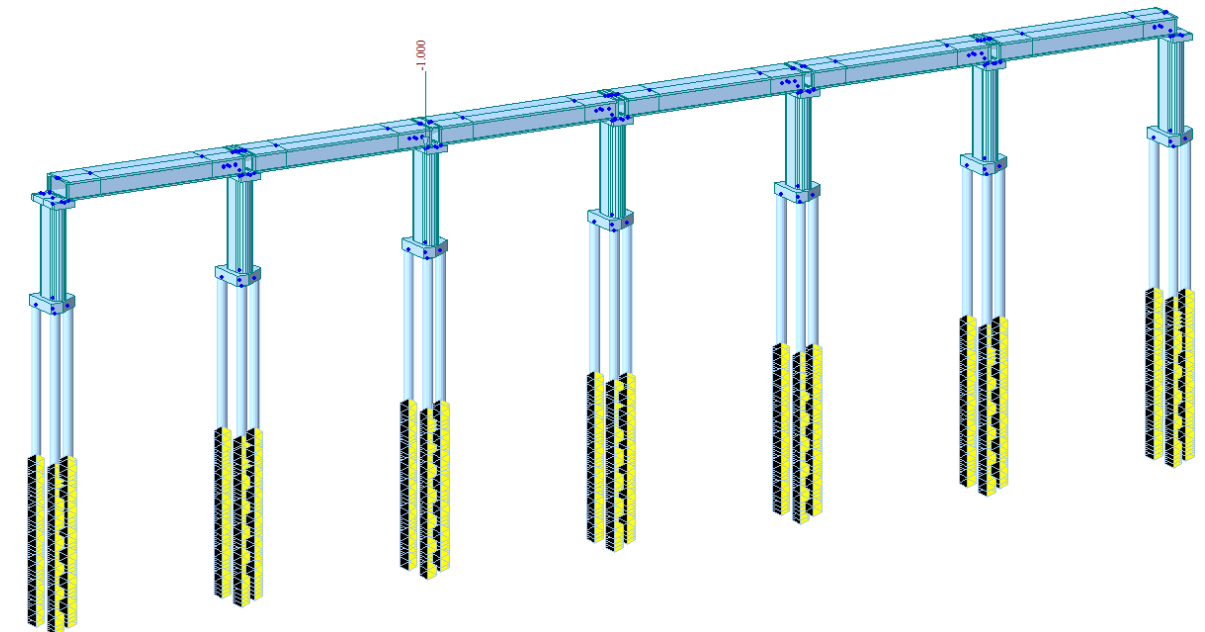
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

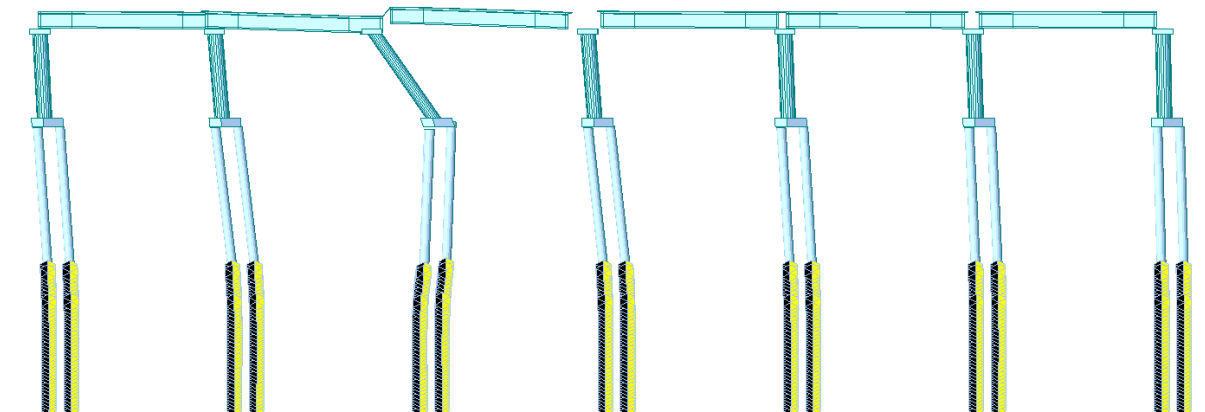
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|----------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 161607.918394 | 5.8601e-005 | | | | |
| | 2 | 353012.766960 | 1.2500e-003 | | | | |
| | 3 | 1448560.944711 | 4.2679e-002 | | | | |
| | 4 | 1726461.389998 | 1.9460e-002 | | | | |
| | 5 | 2876941.445627 | 2.2219e-001 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 81.3m. O valor representa 1.84 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbeltez na menor direção - $\lambda_y = 46.19 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

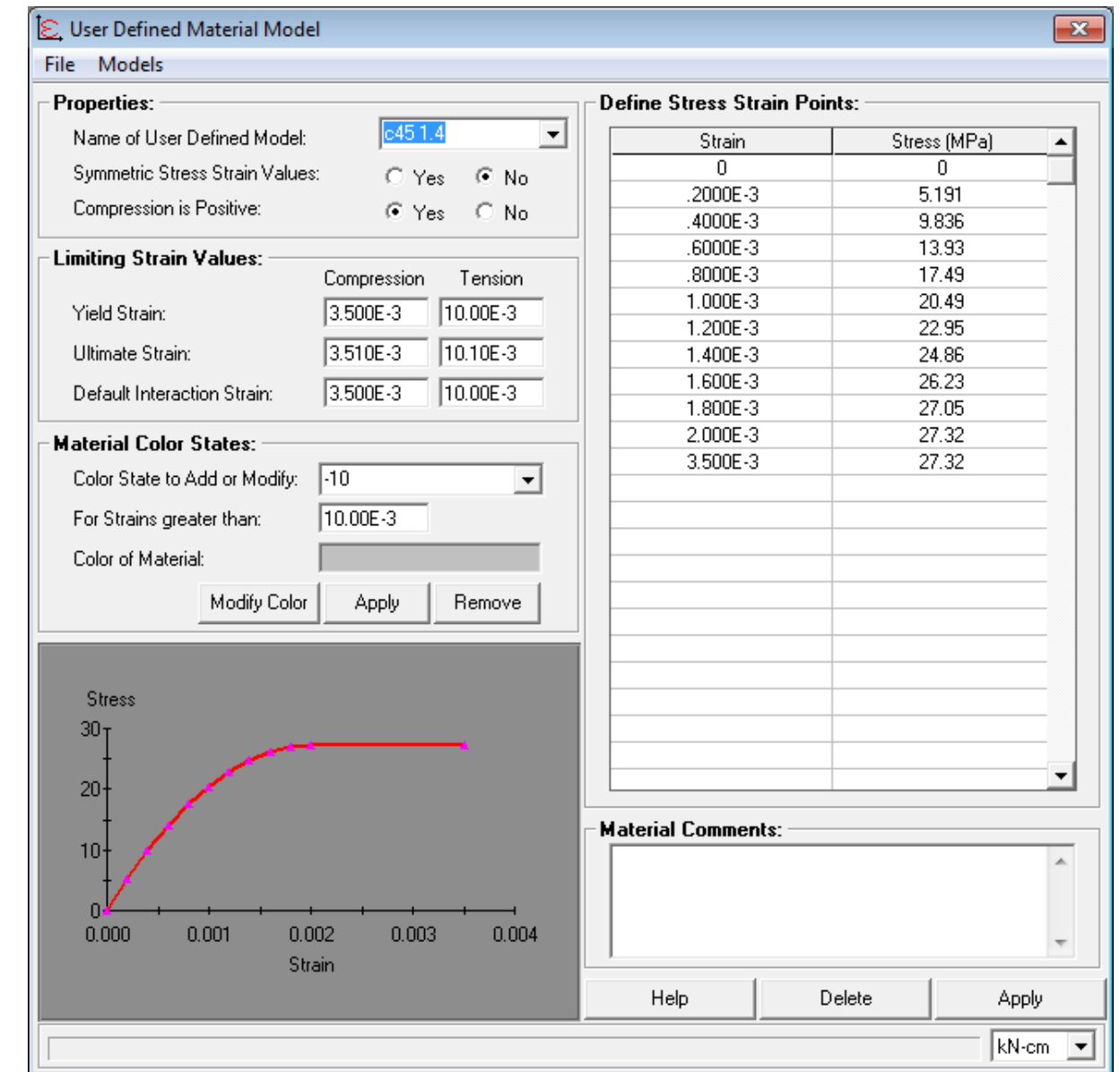
Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85)



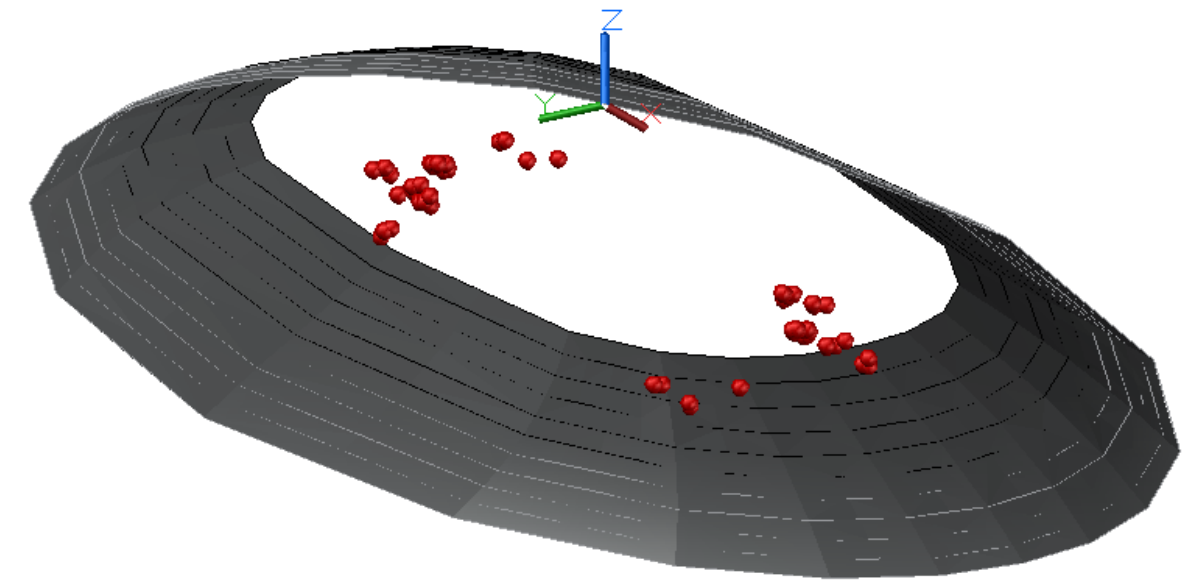
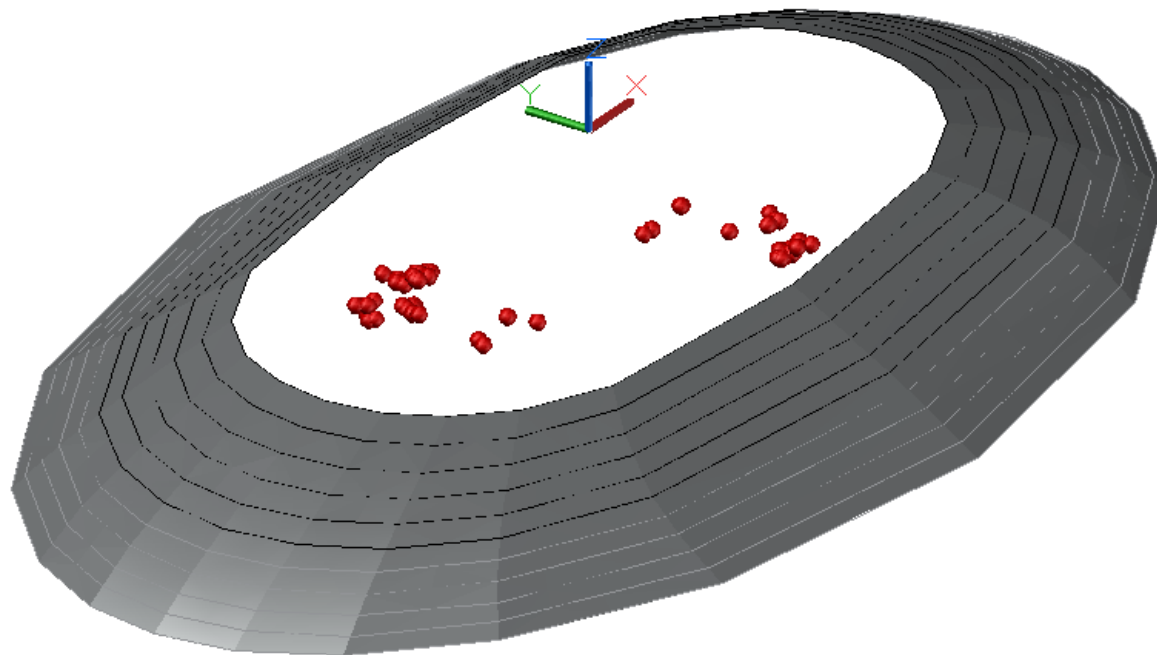
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Constante em toda altura do pilar

Armadura – Ø16
Total de ferros = 118
Taxa de armadura = 0.4%

Envoltória de rotura



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$. **Topo do pilar**

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

**MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO
INFRAESTRUTURA - APOIO 135**

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10225-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

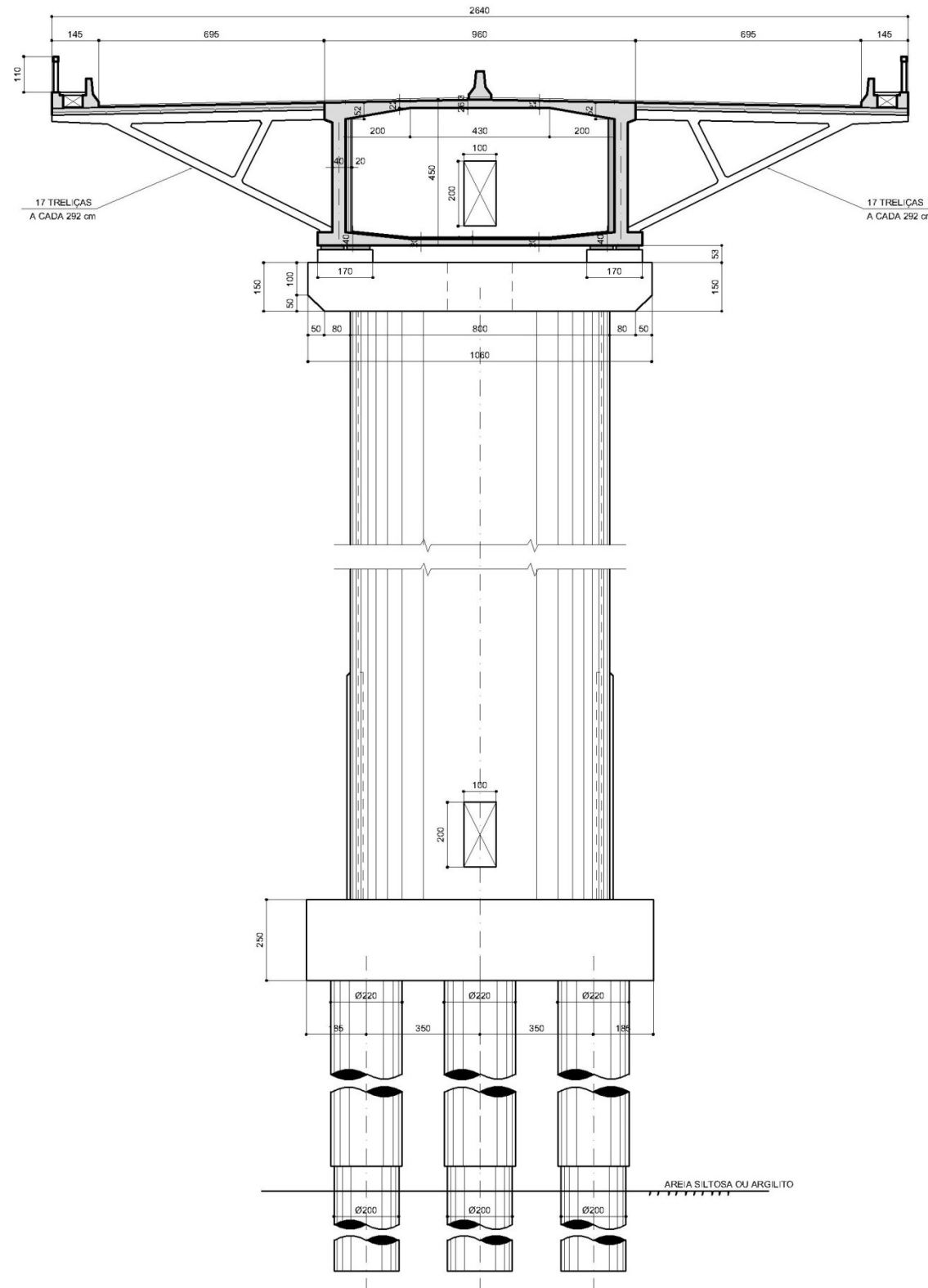


ÍNDICE

| | | | |
|----------|-----|---|-----------|
| | 8.7 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 17 |
| | 8.8 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 19 |
| 1 | | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 |
| 1.1 | | Superestrutura..... | 2 |
| 1.2 | | Infra e Mesoestrutura..... | 2 |
| 2 | | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 |
| 3 | | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO..... | 3 |
| 4 | | MODELOS DE CÁLCULO | 3 |
| 4.1 | | Geometria do modelo de cálculo | 3 |
| 4.2 | | Propriedades do modelo de cálculo | 4 |
| 4.3 | | Restrições de apoio | 6 |
| 4.3.1 | | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 6 |
| 4.3.2 | | Vinculaçãõ elástica do solo..... | 6 |
| 5 | | CARREGAMENTOS: | 8 |
| 5.1 | | Carregamentos permanentes:..... | 8 |
| 5.2 | | Cargas móveis | 8 |
| 5.2.1 | | Força longitudinal devido à retraçãõ e fluência do concreto..... | 10 |
| 5.2.2 | | Força centrífuga..... | 10 |
| 5.2.3 | | Força longitudinal devido ao vento | 10 |
| 5.2.4 | | Força longitudinal devido a frenaçãõ/aceleraçãõ | 11 |
| 5.3 | | Combinações de cálculo | 11 |
| 6 | | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 12 |
| 7 | | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 12 |
| 7.1 | | Esforços solicitantes | 12 |
| 7.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 12 |
| 7.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 13 |
| 7.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 13 |
| 8 | | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 14 |
| 8.1 | | Esforços de 1ª ordem no pilar | 14 |
| 8.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 15 |
| 8.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 15 |
| 8.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 16 |
| 8.5 | | Esforços de 2ª ordem no pilar | 16 |
| 8.5.1 | | Método aproximado..... | 16 |
| 8.6 | | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 16 |

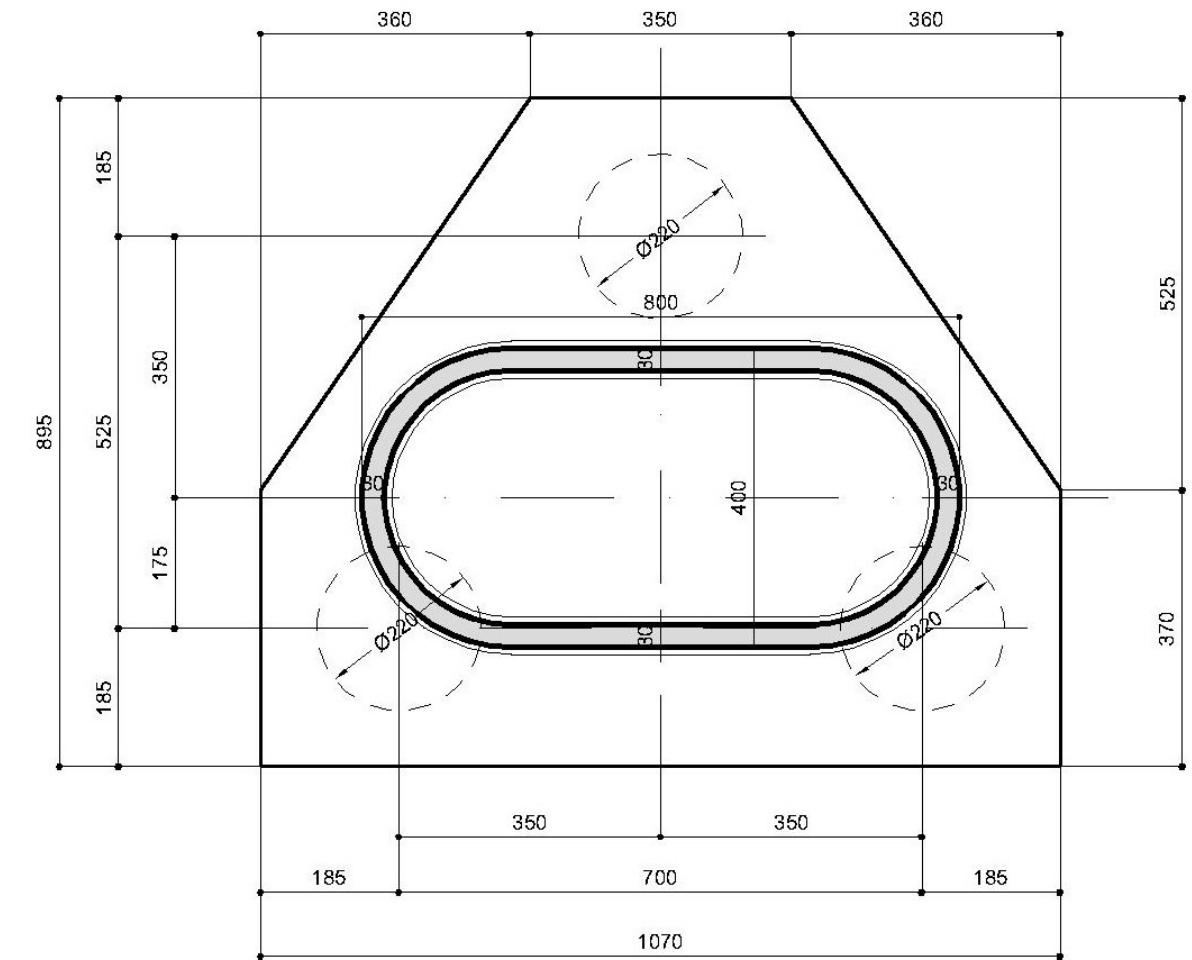
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;

- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);
- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 220cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 200cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

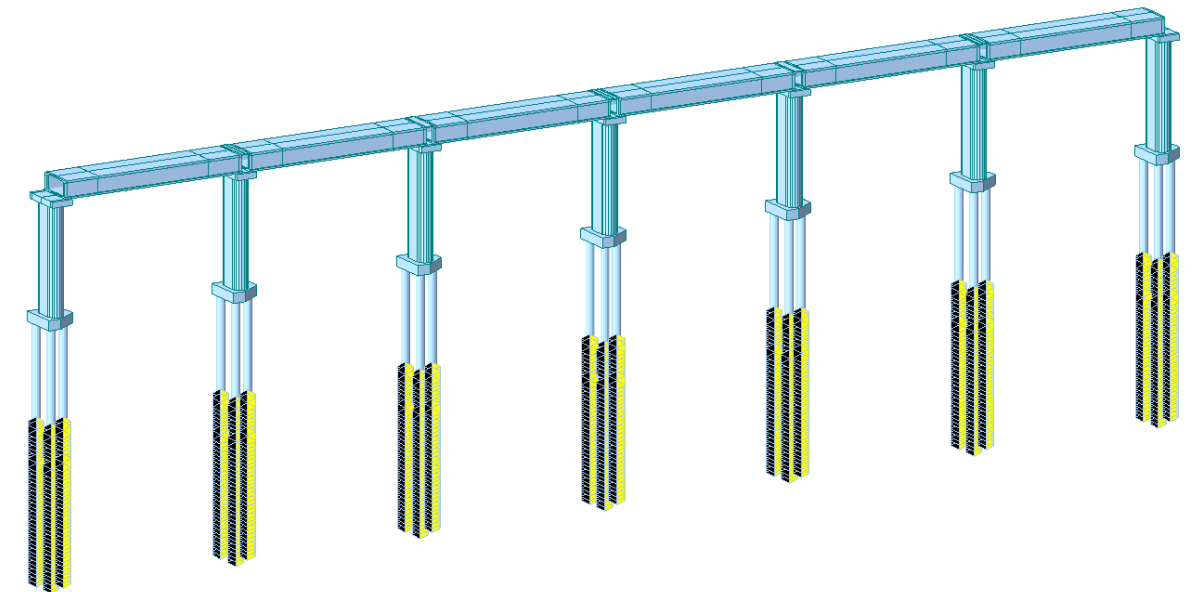
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 290cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

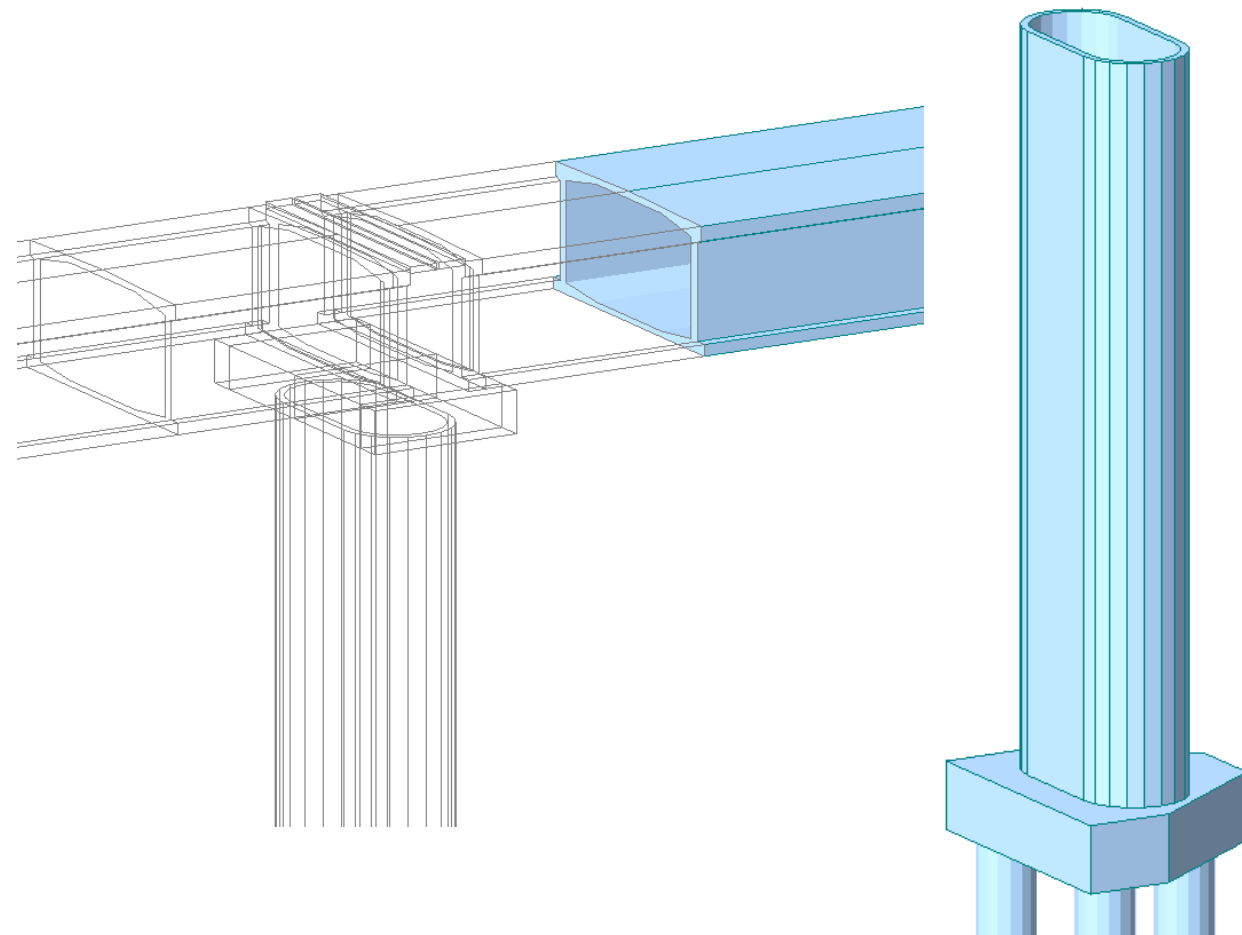
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 27.2 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x50m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

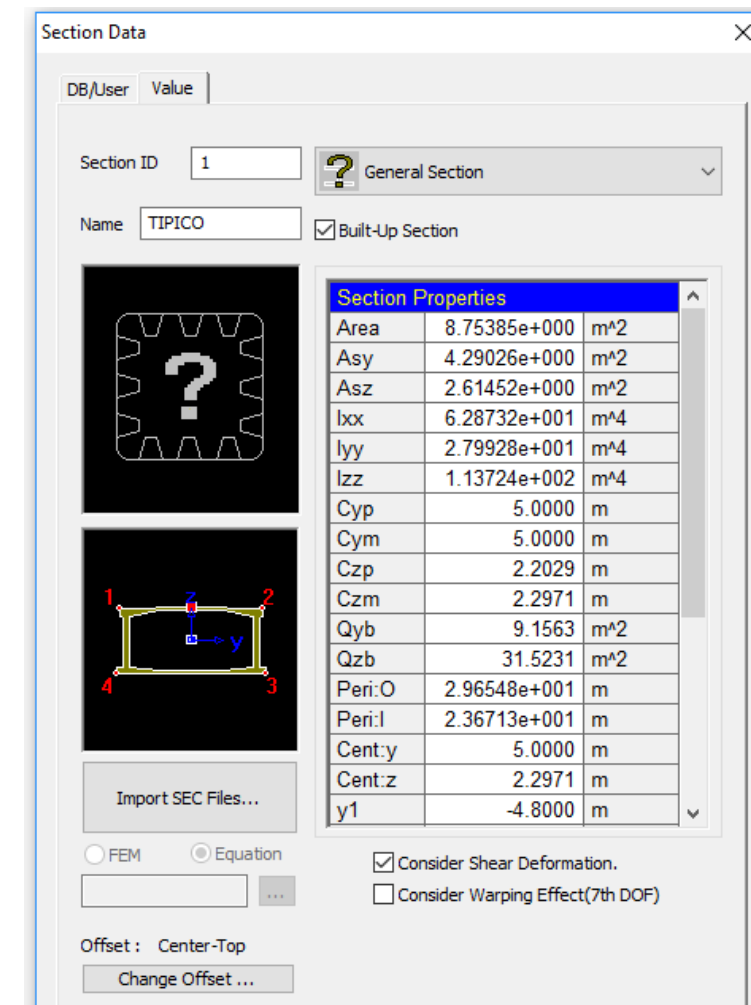
Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 50m (entre apoios)

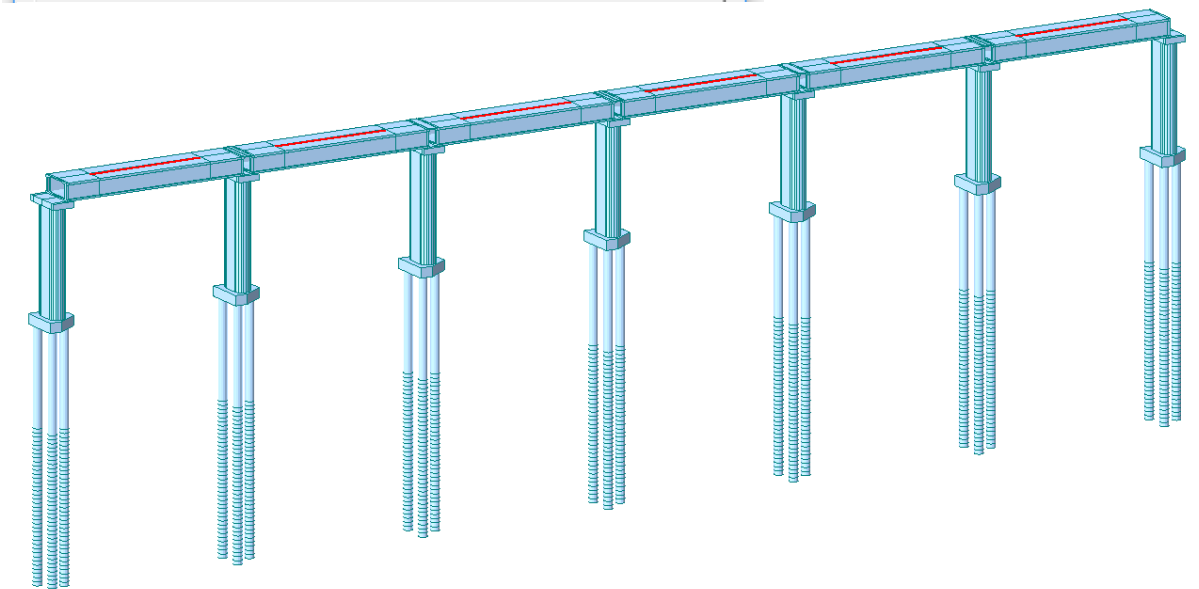


Seção transversal do tabuleiro trecho constante



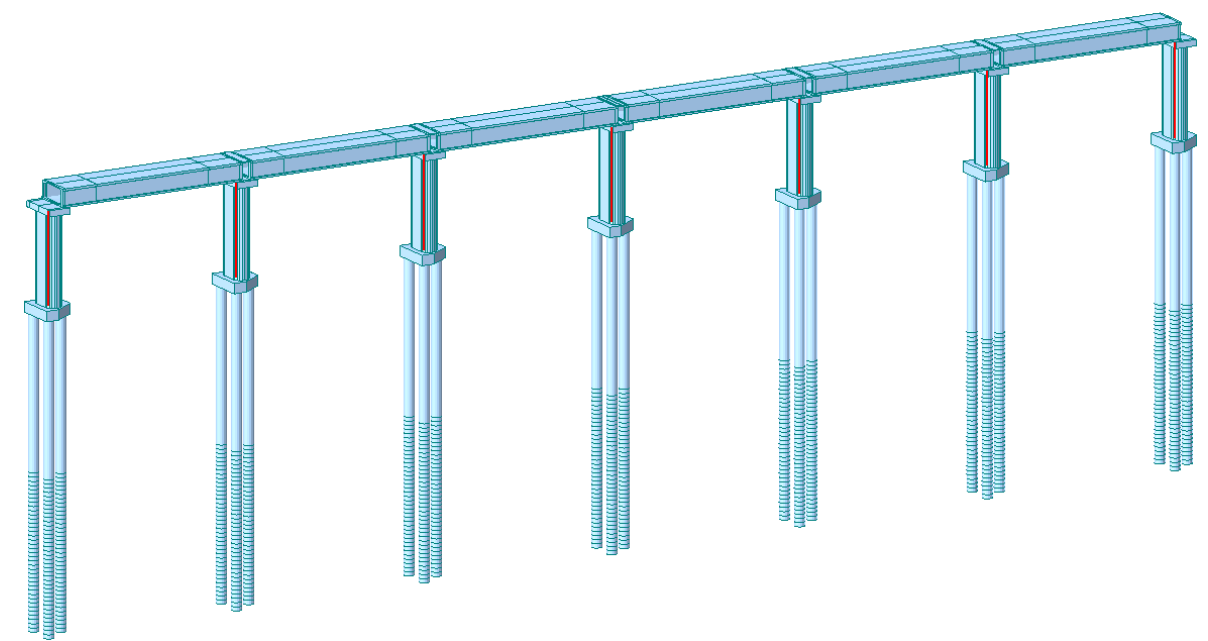
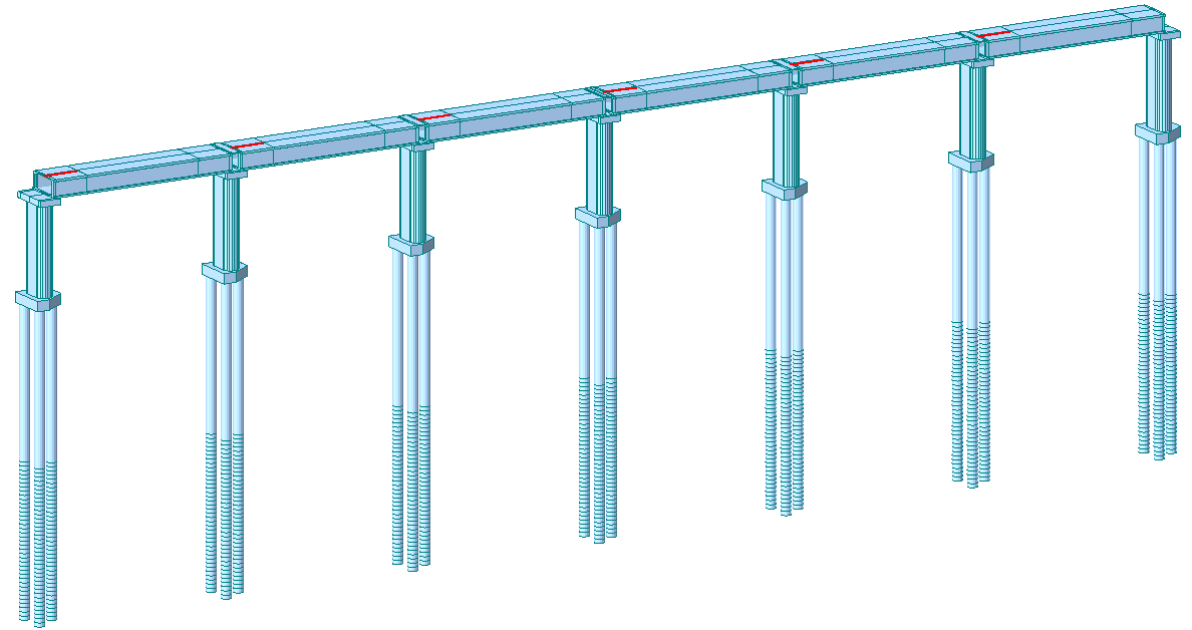
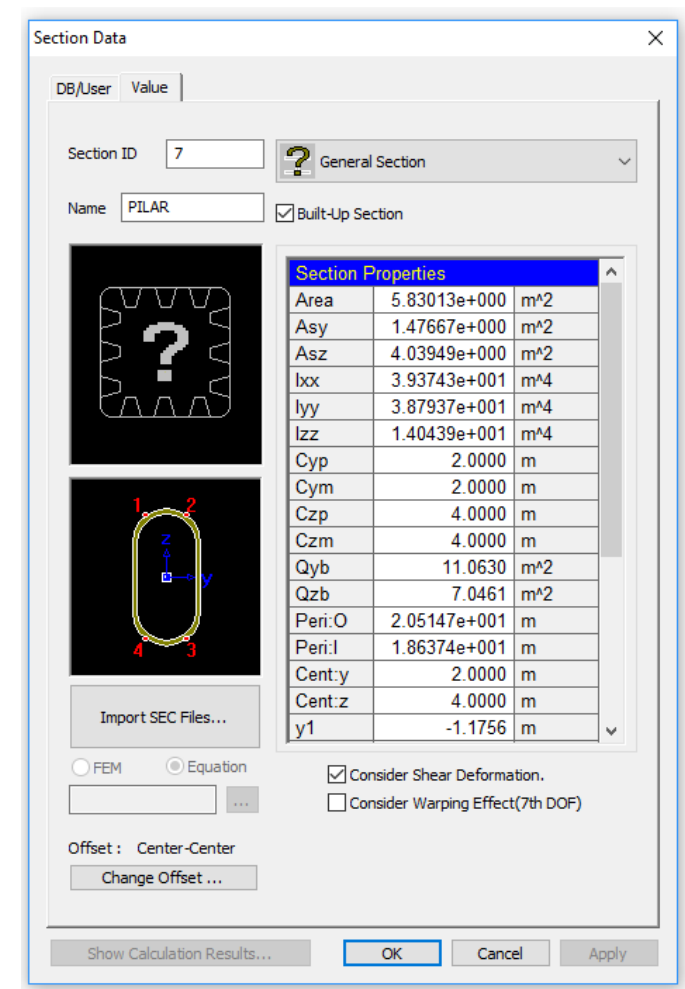
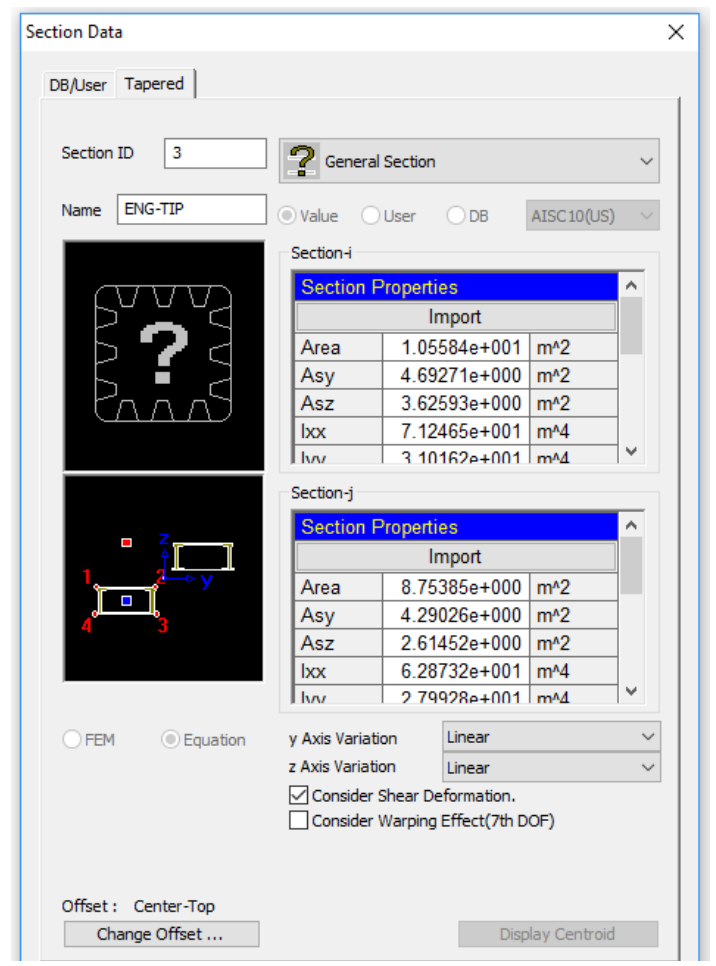
4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):

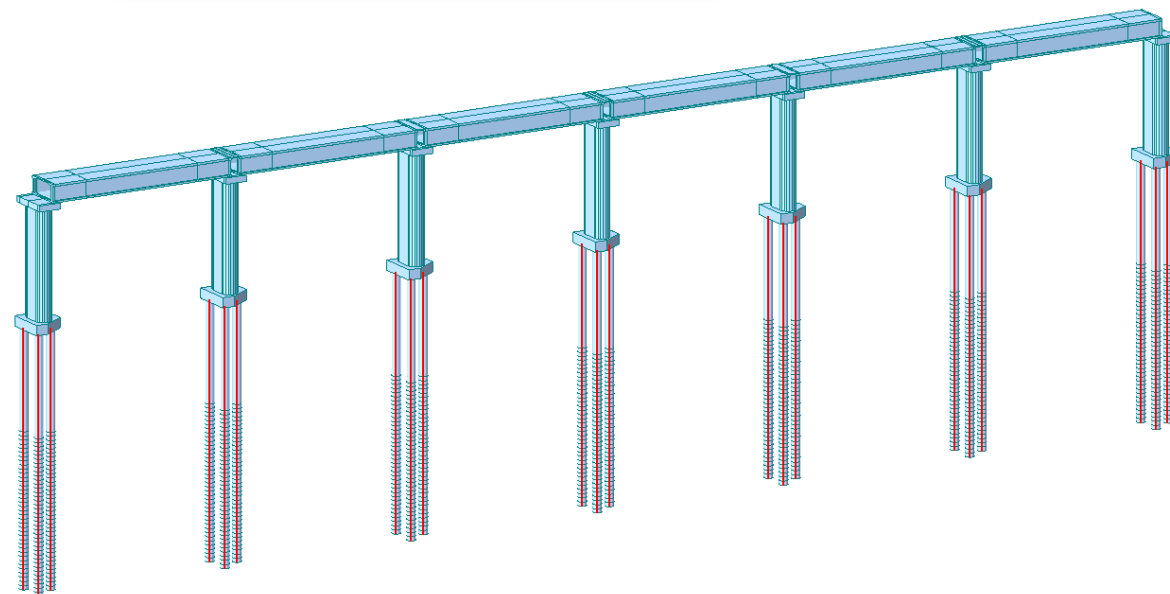
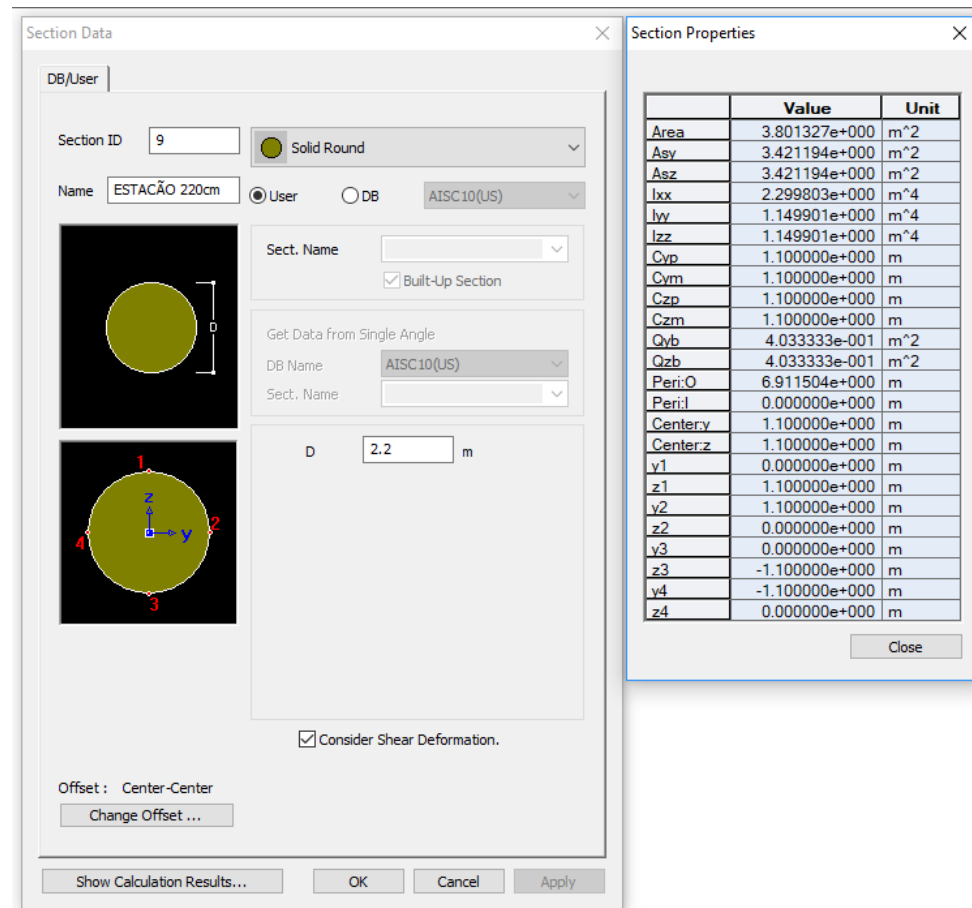


- Seção transversal do tabuleiro trecho variável

Seção transversal do pilar



- Seção transversal da estaca escavada



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

| | |
|---------------|------|
| SPT | KH |
| SPT < 10 | 500 |
| 10 < SPT < 30 | 1000 |
| 30 < SPT | 2000 |

As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de $1 \times \varnothing \times KH$ (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).

Materiais

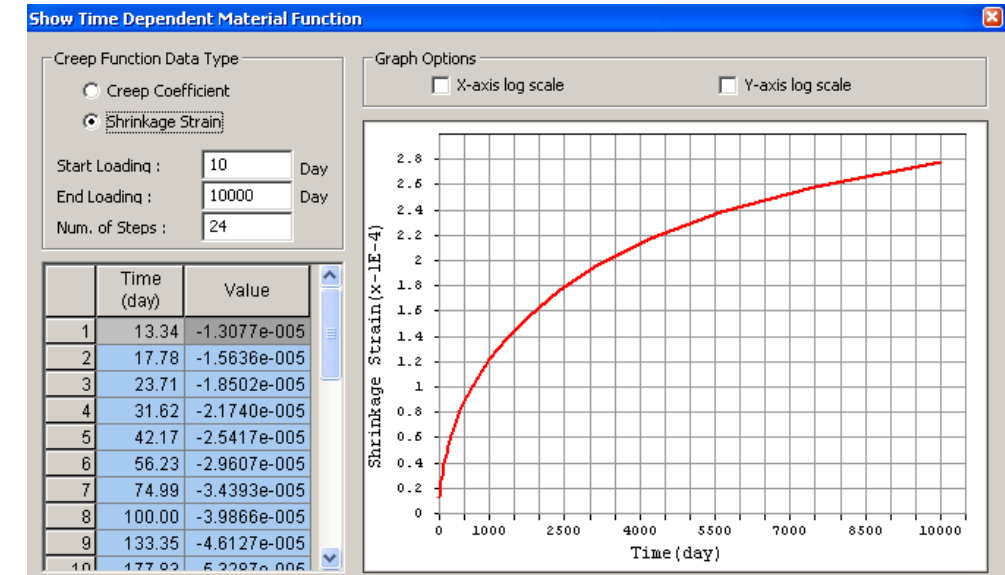
Concreto - superestrutura

Material Data

General
Material ID: 5 Name: CONC40MPa

Elasticity Data
Type of Design: User Defined
User Defined: Standard: None DB: []
Concrete Standard: [] Code: [] DB: []
Type of Material: Isotropic Orthotropic

User Defined
Modulus of Elasticity: 3.0105e+006 tonf/m²
Poisson's Ratio: 0.2
Thermal Coefficient: 1.0000e-005 1/C
Weight Density: 2.5 tonf/m³
 Use Mass Density: 0 tonf/m³/g



Para os restantes elementos:

Concreto C40

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)

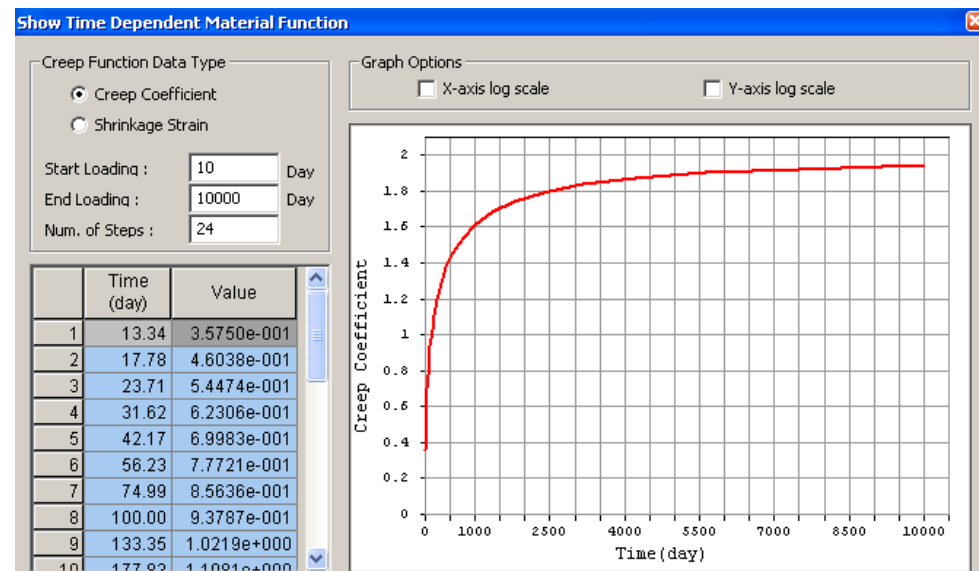
Name: C&s 40MPa Code: CEB-FIP

CEB
Compressive strength of concrete at the age of 28 days: 4000 tonf/m²
Relative Humidity of ambient environment (40 - 99): 70 %
Notational size of member: 0.5 m
h = 2 * Ac / u (Ac : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere)

Type of cement
 Rapid hardening high strength cement (RS)
 Normal or rapid hardening cement (N, R)
 Slowly hardening cement (SL)

Age of concrete at the beginning of shrinkage: 3 day

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |



5 CARREGAMENTOS:

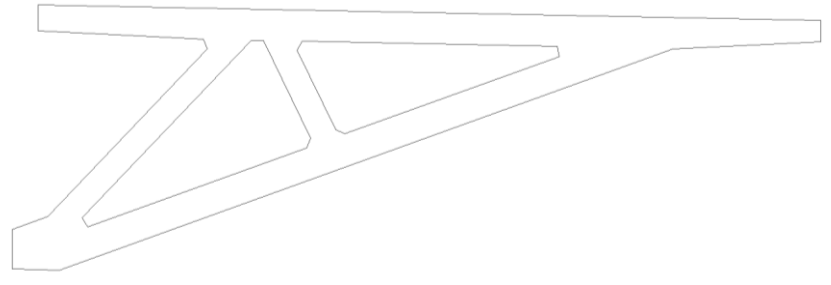
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0,6 \times 2,5 \times 2) / 2,9 = 4,99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9,3 + 4,99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0,38 \times 2,5 = 0,95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1,55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11,4 \times 0,07 \times 2,4 \times 2 = 3,9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0,2 \times 2,5 \times 2 + 0,08 \times 2 = 1,16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: 0,5 tf/m²

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$, para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50}\right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50}\right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6 - 2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

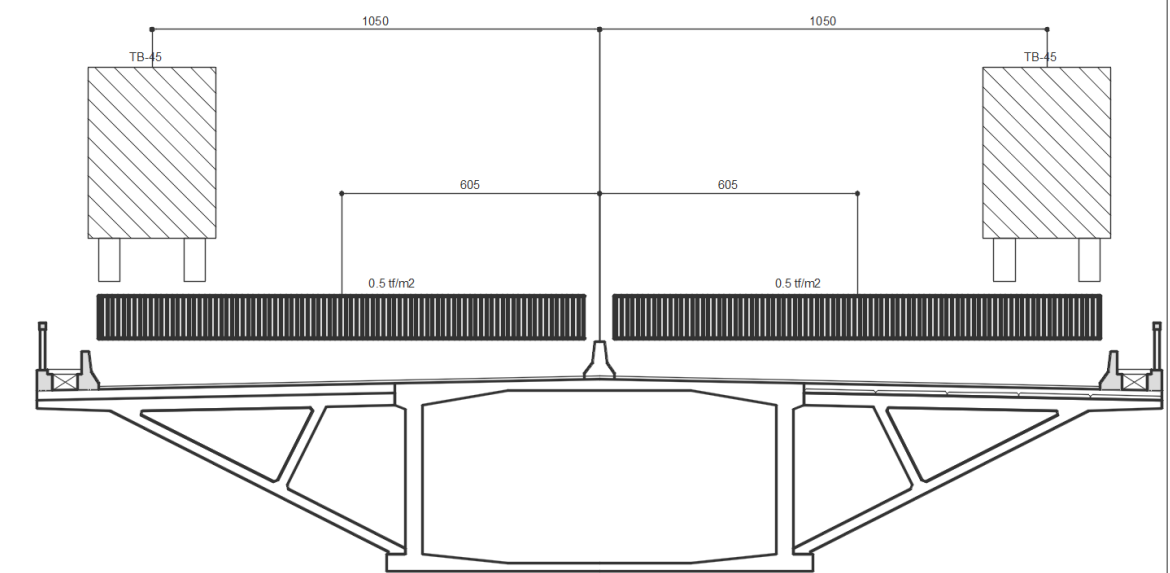
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

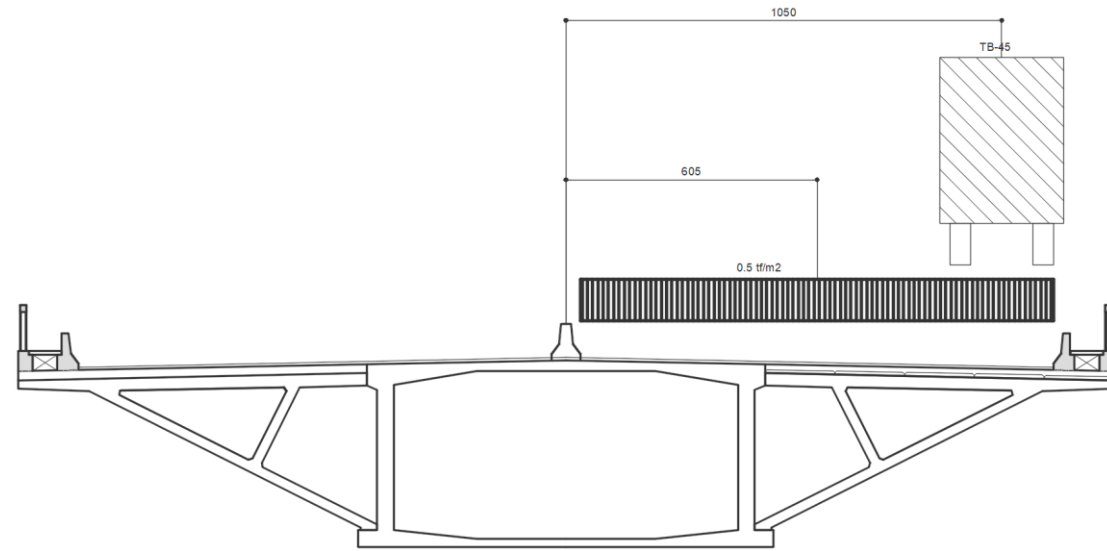
Esquema da carga móvel para cortante máxima



$$\text{Carga da multidão: } q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

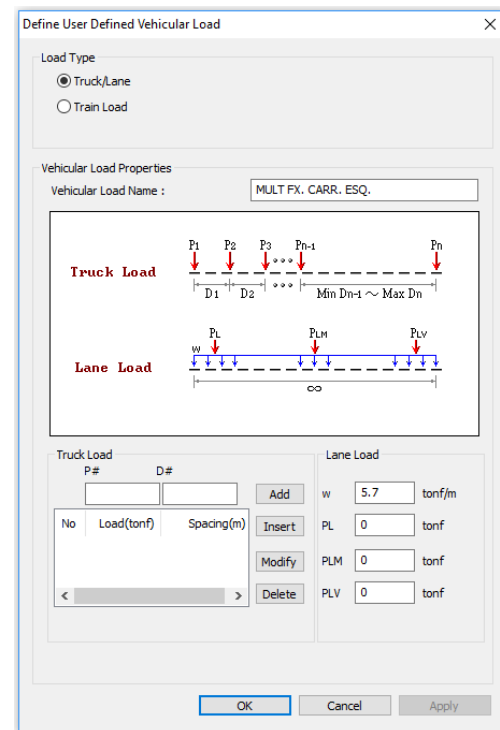
Esquema da carga móvel para torção máxima



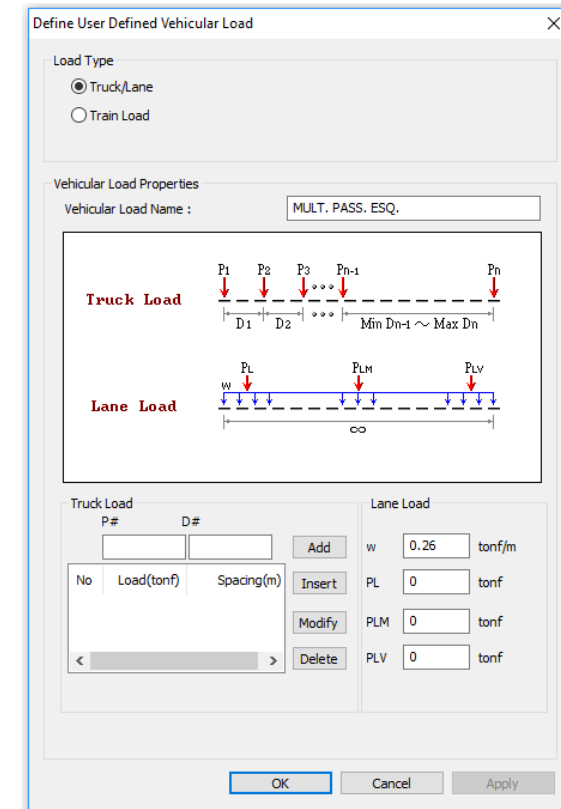
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



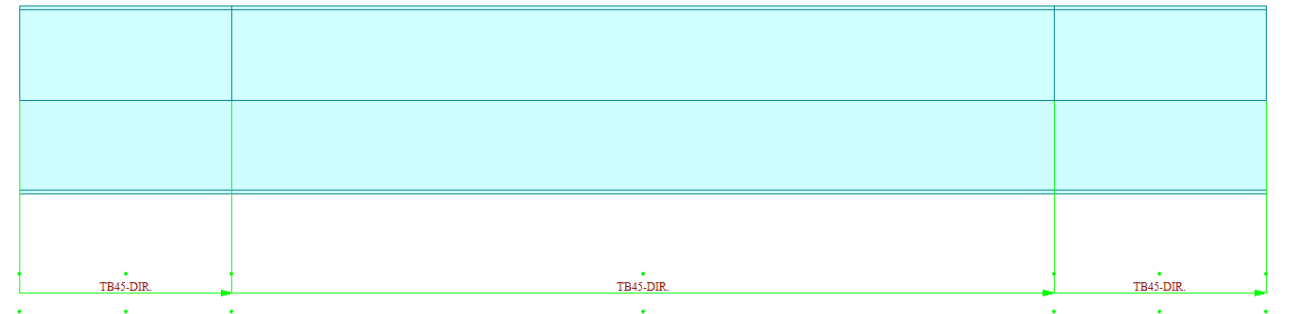
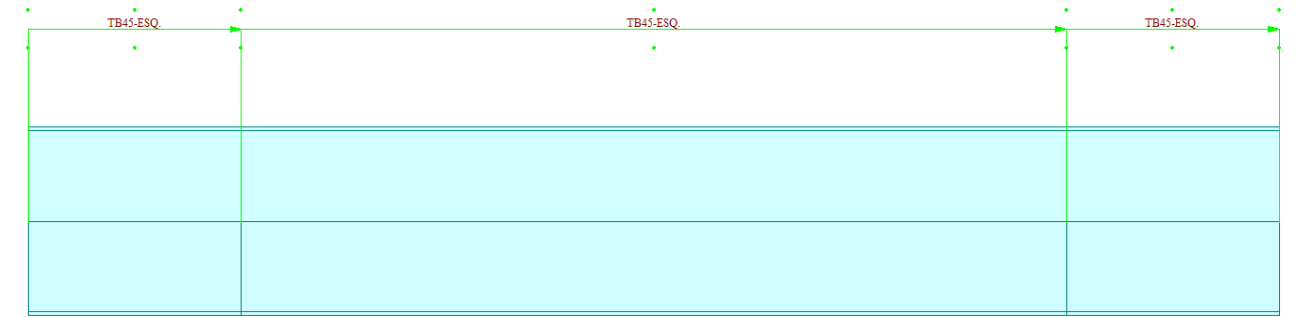
Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima



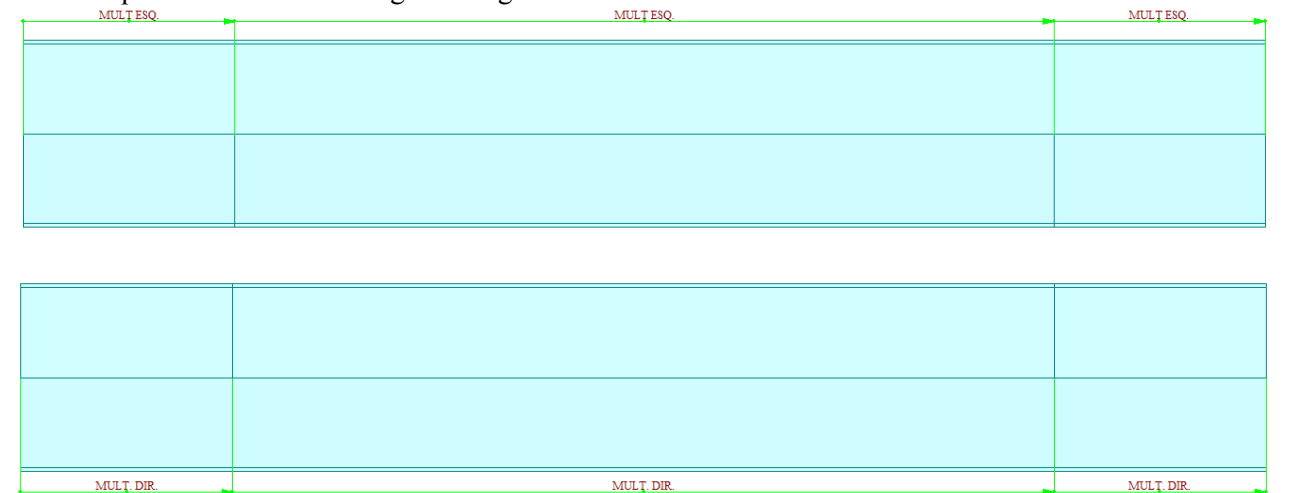
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

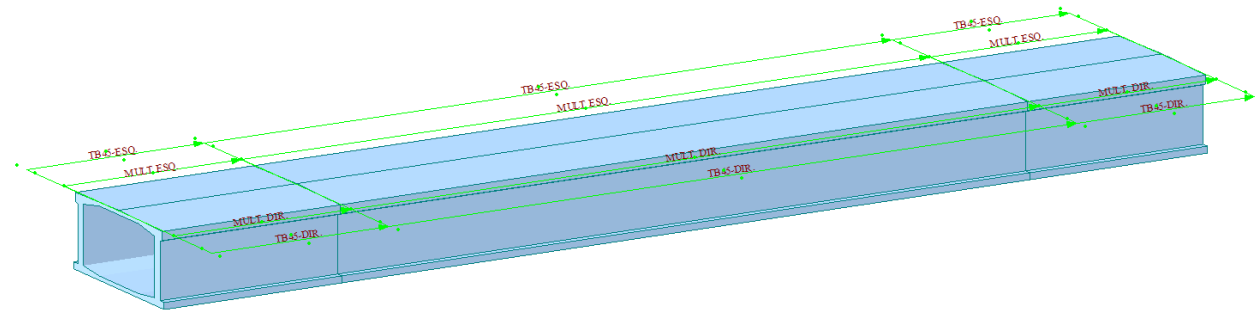
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



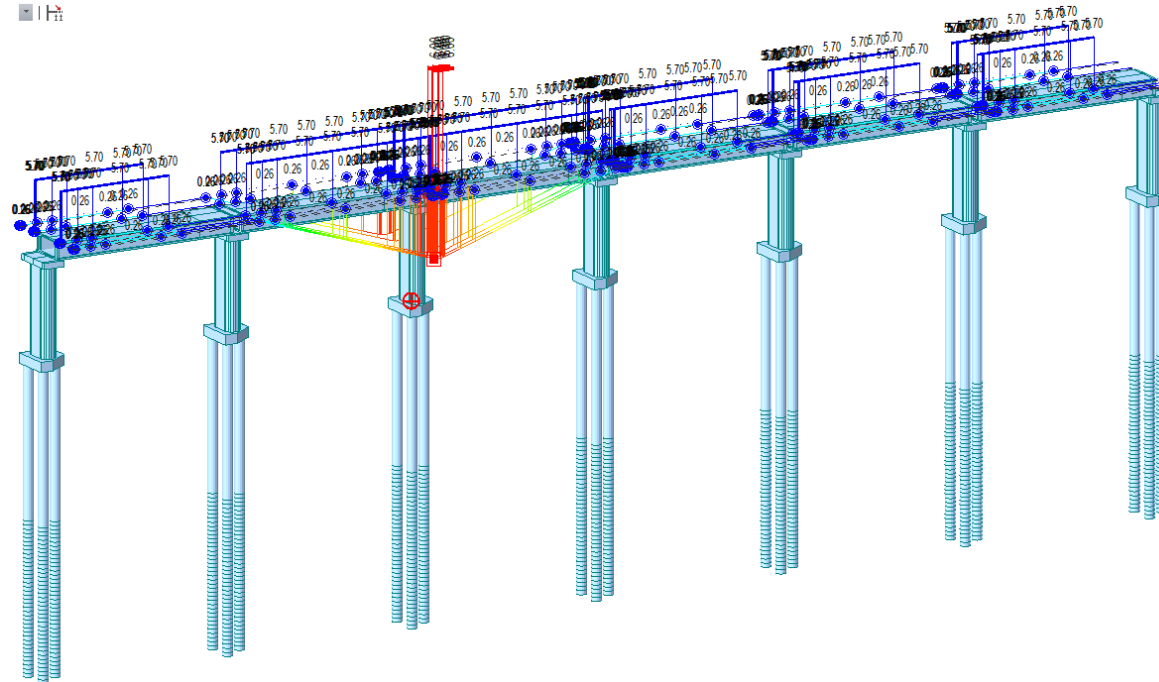
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S_1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S_2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S_3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

Pressão na direção transversal (W_{y-y}):

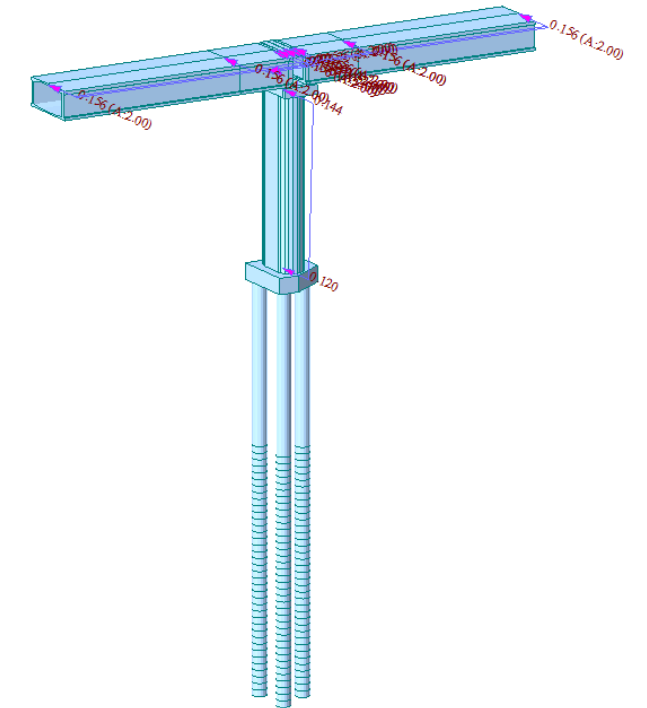
Na base

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39$ m/s = 145,4 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{pilar} = 30,0$ kgf/m²

No topo

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,16$ a 33,0 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 44,2$ m/s = 159,1 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{pilar} = 35,9$ kgf/m²
- $P_{tabuleiro} = 155,7$ kgf/m²

Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valor máximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.



Pressão na direção longitudinal (W_{x-x}):

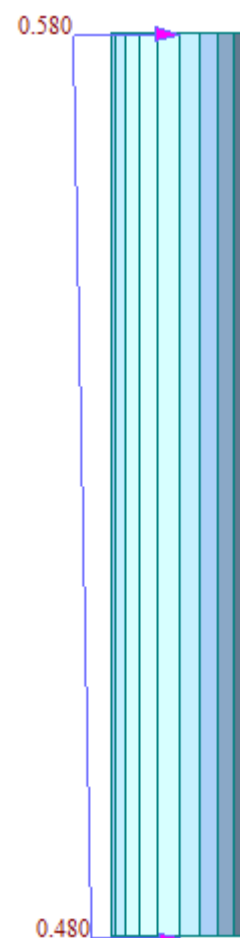
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- $V_k = 40,4 \text{ m/s} = 145,4 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,6$
- $p = 60,0 \text{ kgf/m}^2$

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,16 a 33,0 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- $V_k = 44,2 \text{ m/s} = 159,1 \text{ km/h}$
- $C_{a,pilar} = 0,6$
- $p = 71,9 \text{ kgf/m}^2$

A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.



$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ |
|--|---------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |

5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\% \text{ multidão na pista}$

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (50,00) \times 22,8\text{m} = 28,5 \text{ tf}$$

Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 28,5 \text{ tf}$$

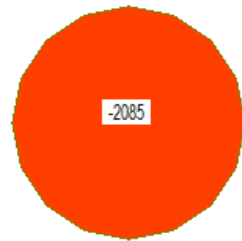
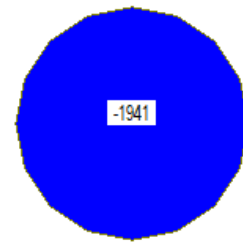
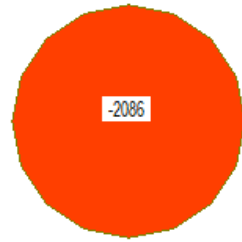
Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.

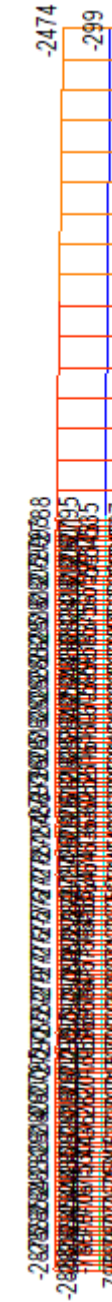


7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a título de exemplo.

7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



7.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



7.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)

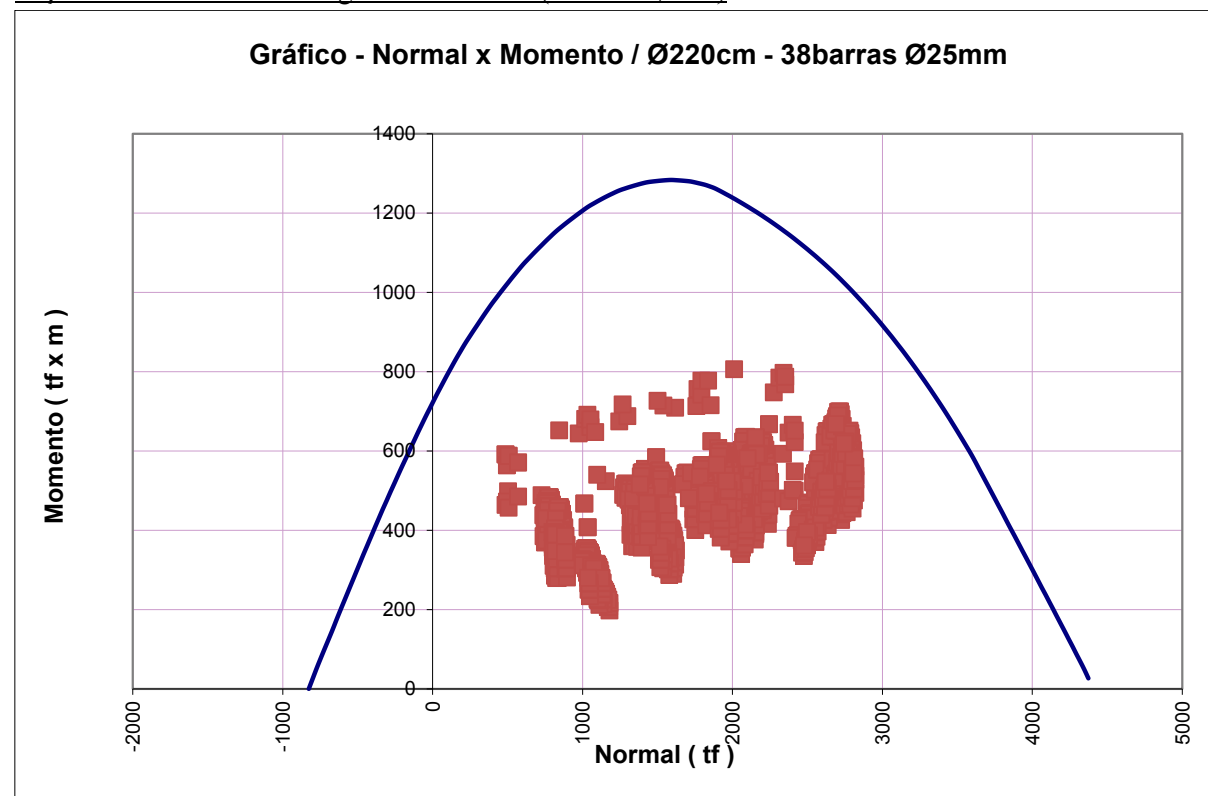


Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção
Dados para cálculo [kgf; cm²]:

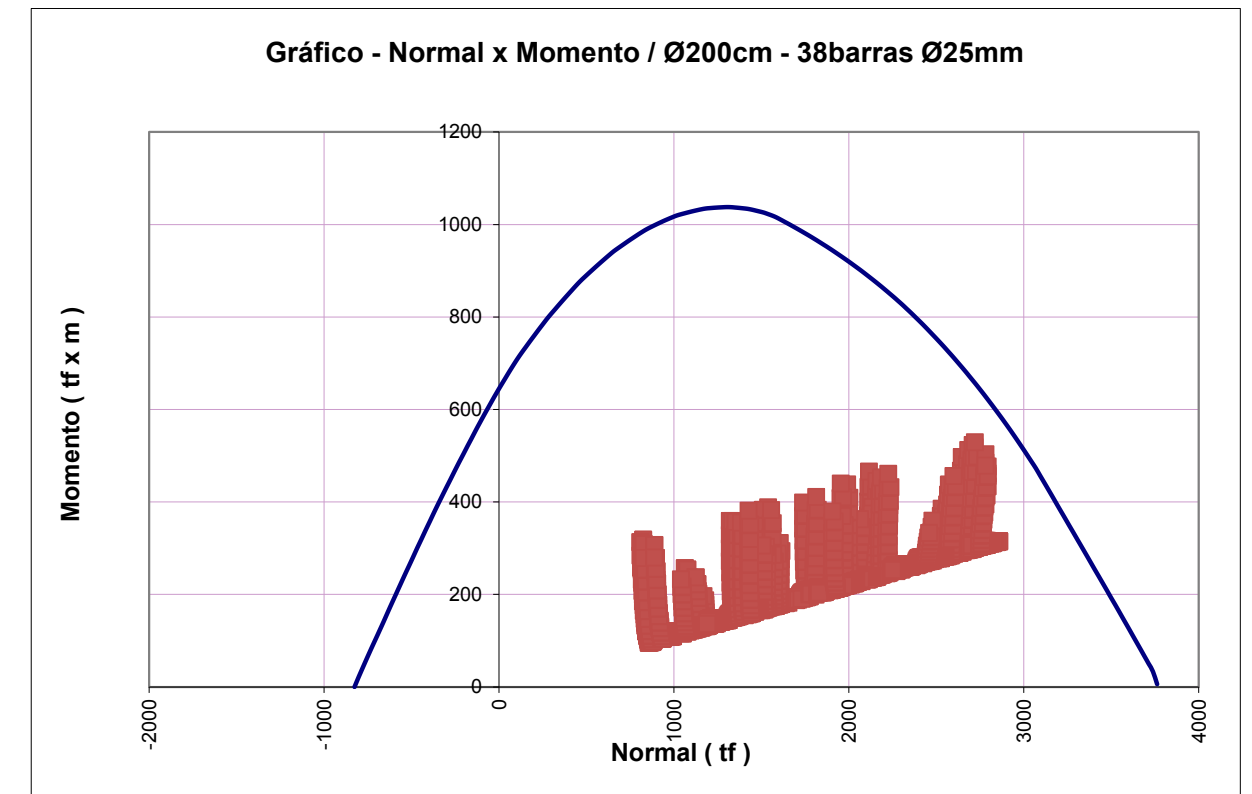
| | |
|------------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| γ_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| γ_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø220 no trecho em água/solo 38 Ø25 (taxa de 0,50%)



2. Seção Ø230 no trecho de embutido em rocha com armadura 38 Ø25 (taxa de 0,61%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

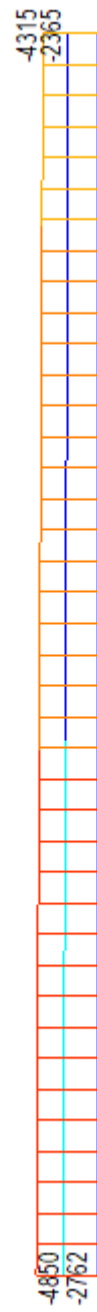
Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

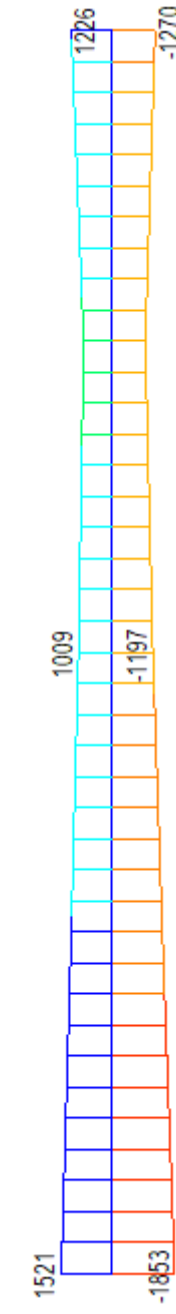
Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

Apresentamos as envoltórias de cálculo.

8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja

constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada

v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

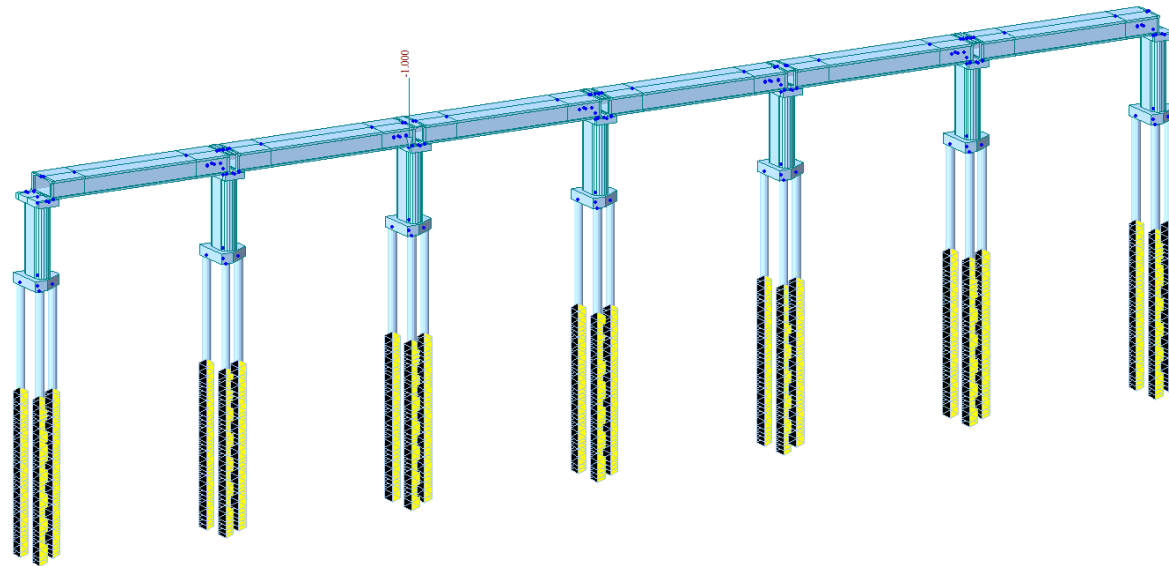
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

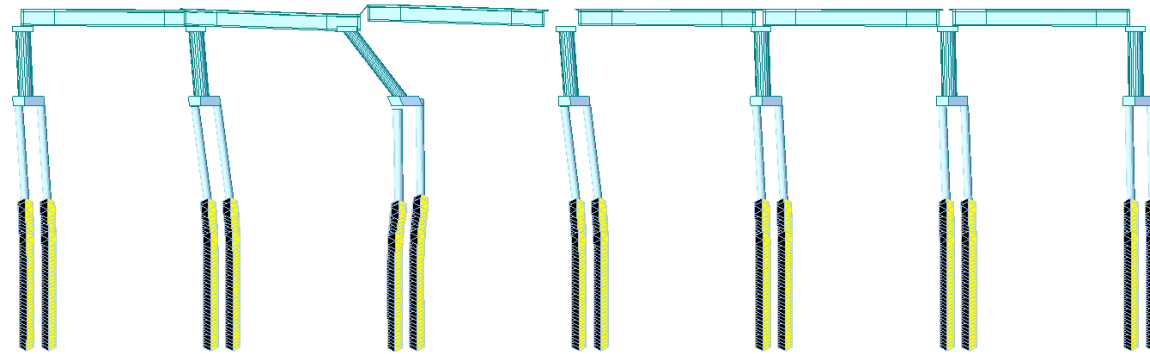
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|----------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 201003.742799 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 2 | 439352.146306 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 3 | 2376526.597892 | 2.5725e-022 | | | | |
| | 4 | 2743882.746889 | 4.4934e-019 | | | | |
| | 5 | 3933439.256046 | 4.5455e-014 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 48.8m. O valor representa 1.81 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na menor direção - $\lambda_y = 431 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

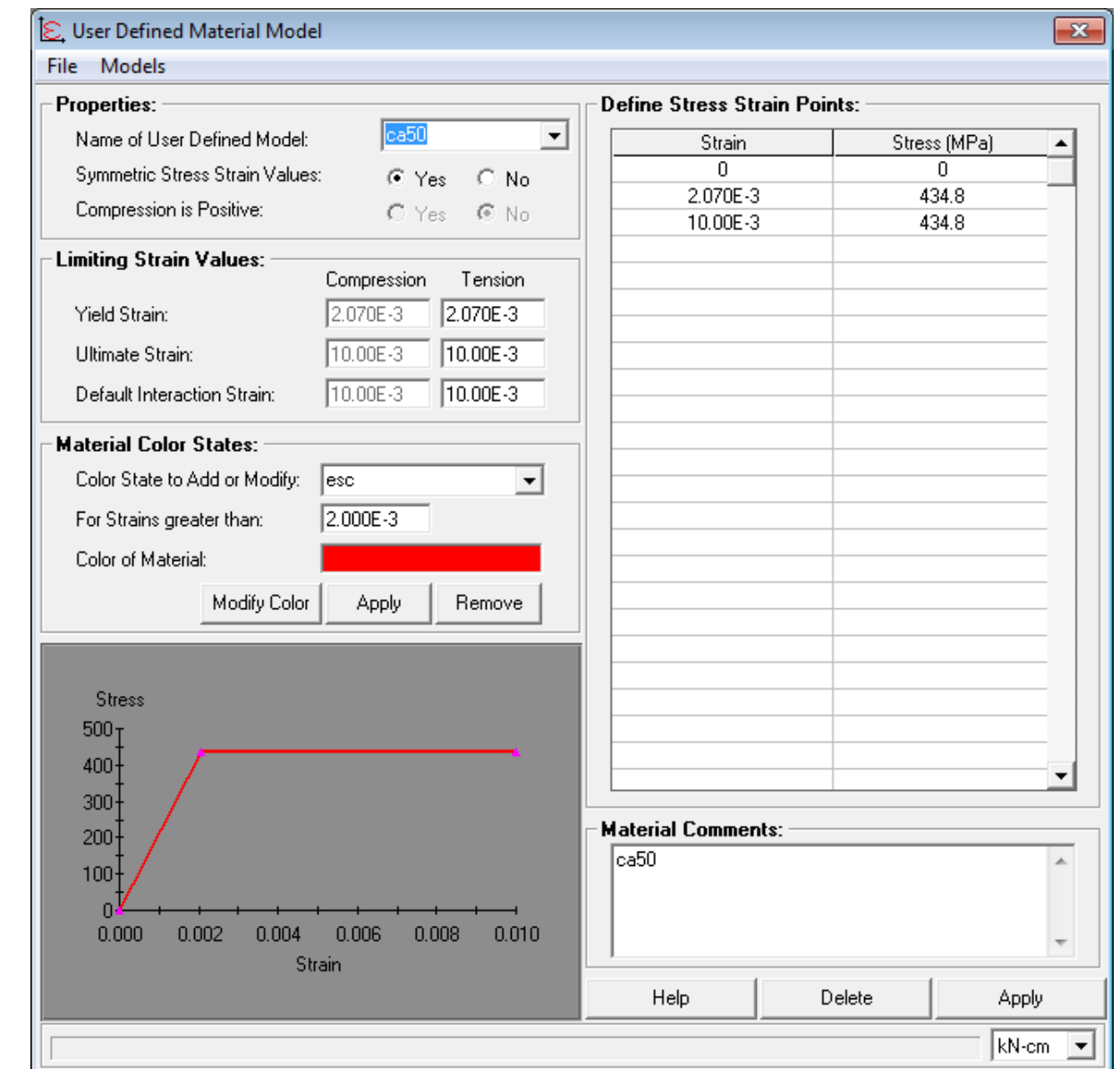
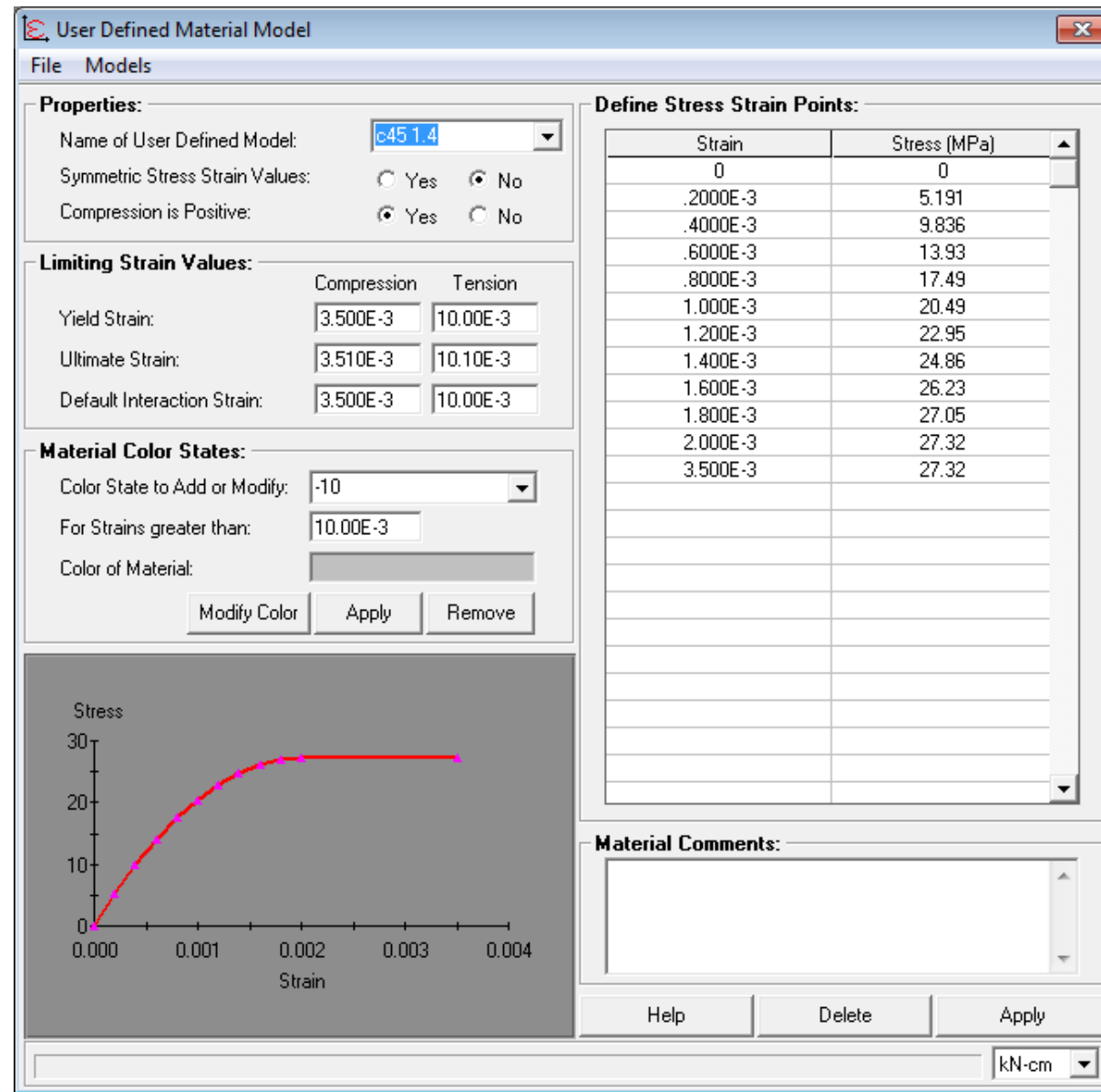
Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de $Rush=0,85$)

Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



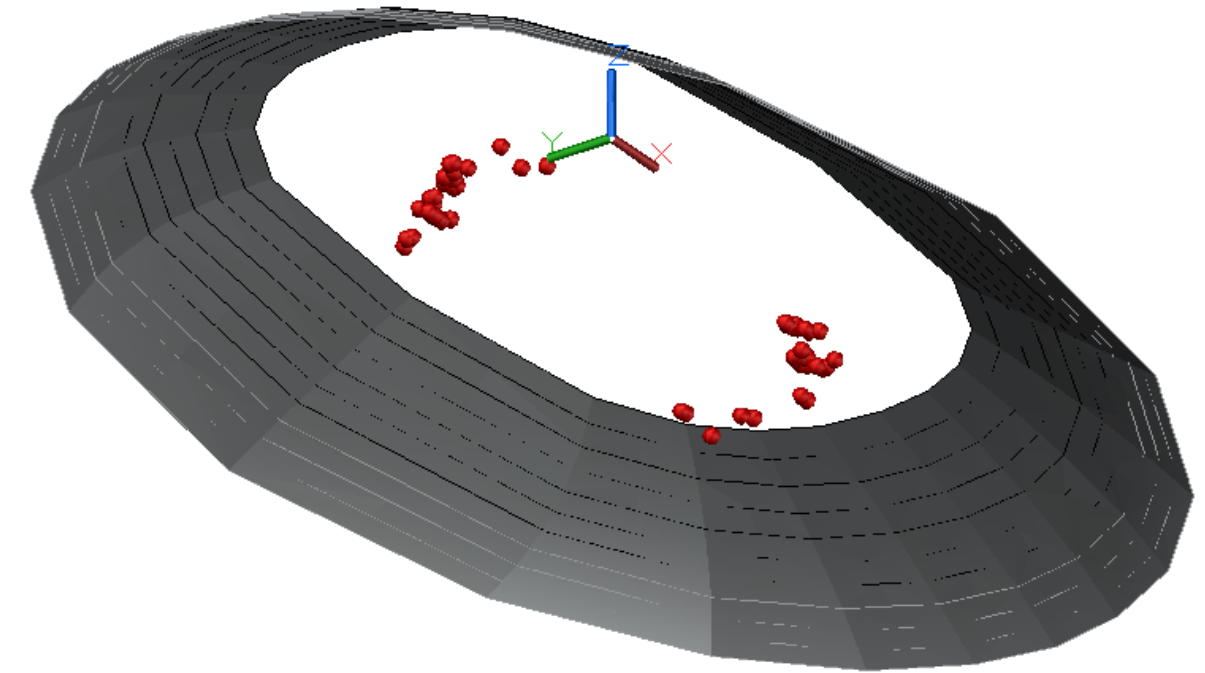
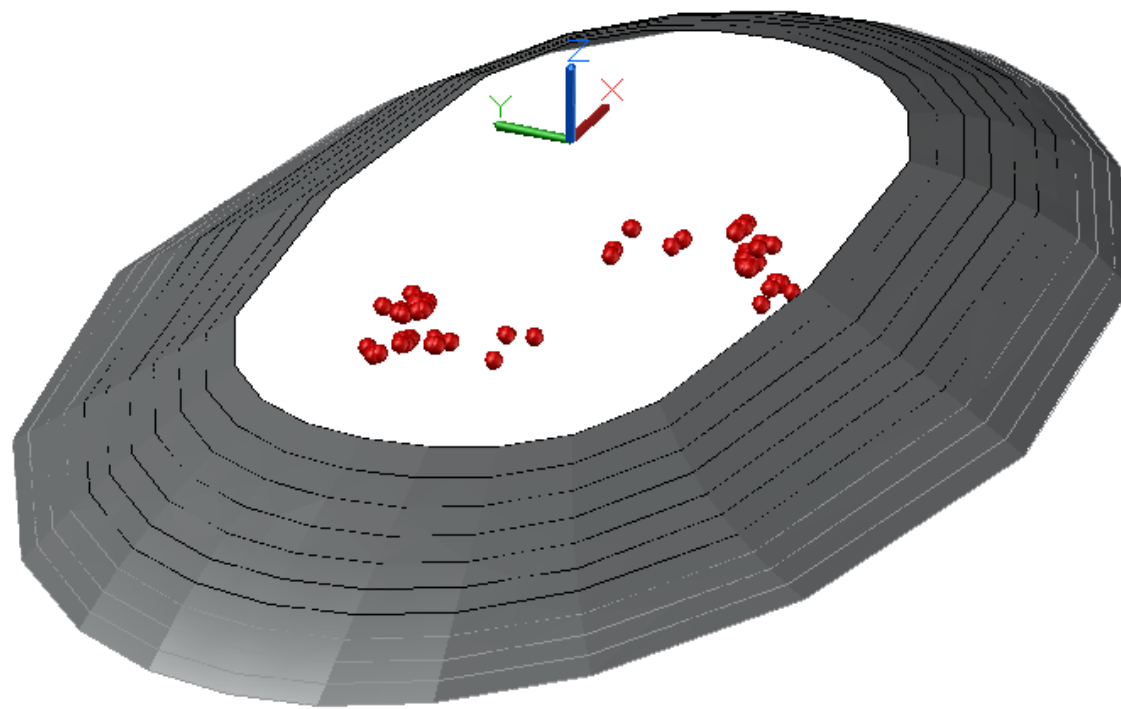
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Constante em toda altura do pilar

Armadura – Ø16
Total de ferros = 118
Taxa de armadura = 0.4%

Envoltória de rotura



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$. **Topo do pilar**

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

**MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS
PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS
TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO
INFRAESTRUTURA - APOIO 60**

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10226-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

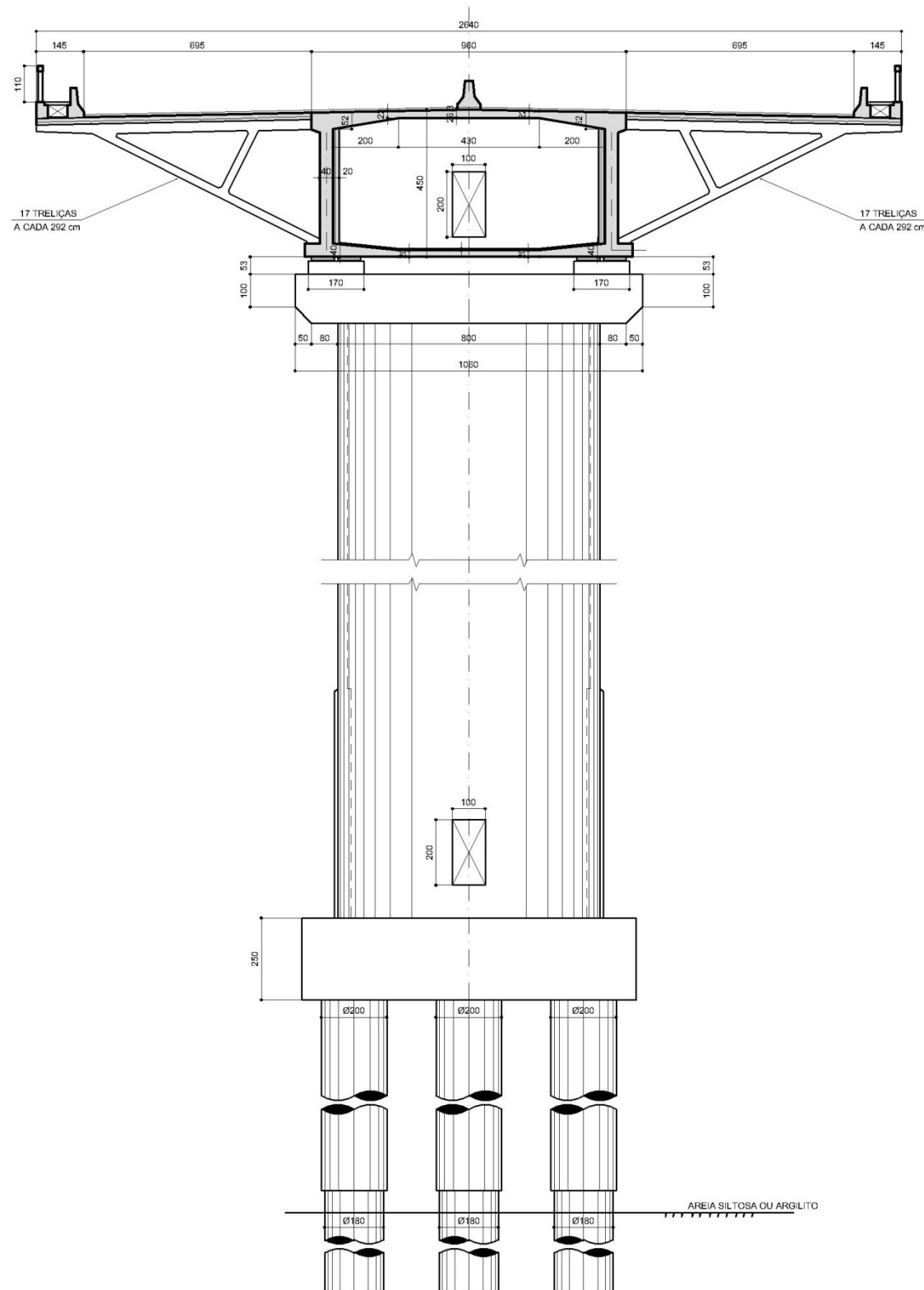


ÍNDICE

| | | | |
|----------|-----|---|-----------|
| | 8.7 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 18 |
| | 8.8 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 20 |
| 1 | | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 |
| 1.1 | | Superestrutura..... | 2 |
| 1.2 | | Mesoestrutura | 2 |
| 2 | | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 |
| 3 | | DESCRICHÃO DO PROCESSO EXECUTIVO..... | 3 |
| 4 | | MODELOS DE CÁLCULO | 3 |
| 4.1 | | Geometria do modelo de cálculo | 3 |
| 4.2 | | Propriedades do modelo de cálculo | 4 |
| 4.3 | | Restrições de apoio | 6 |
| 4.3.1 | | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 6 |
| 4.3.2 | | Vinculaçãõ elástica do solo..... | 6 |
| 5 | | CARREGAMENTOS: | 8 |
| 5.1 | | Carregamentos permanentes:..... | 8 |
| 5.2 | | Cargas móveis | 8 |
| 5.2.1 | | Força longitudinal devido à retraçãõ e fluência do concreto | 10 |
| 5.2.2 | | Força centrífuga..... | 10 |
| 5.2.3 | | Força longitudinal devido ao vento | 10 |
| 5.2.4 | | Força longitudinal devido a frenaçãõ/aceleraçãõ | 11 |
| 5.3 | | Combinações de cálculo | 11 |
| 6 | | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 12 |
| 7 | | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 12 |
| 7.1 | | Esforços solicitantes | 12 |
| 7.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 12 |
| 7.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 13 |
| 7.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 13 |
| 8 | | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 15 |
| 8.1 | | Esforços de 1ª ordem no pilar | 15 |
| 8.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 15 |
| 8.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 16 |
| 8.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 16 |
| 8.5 | | Esforços de 2ª ordem no pilar | 17 |
| 8.5.1 | | Método aproximado..... | 17 |
| 8.6 | | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 17 |

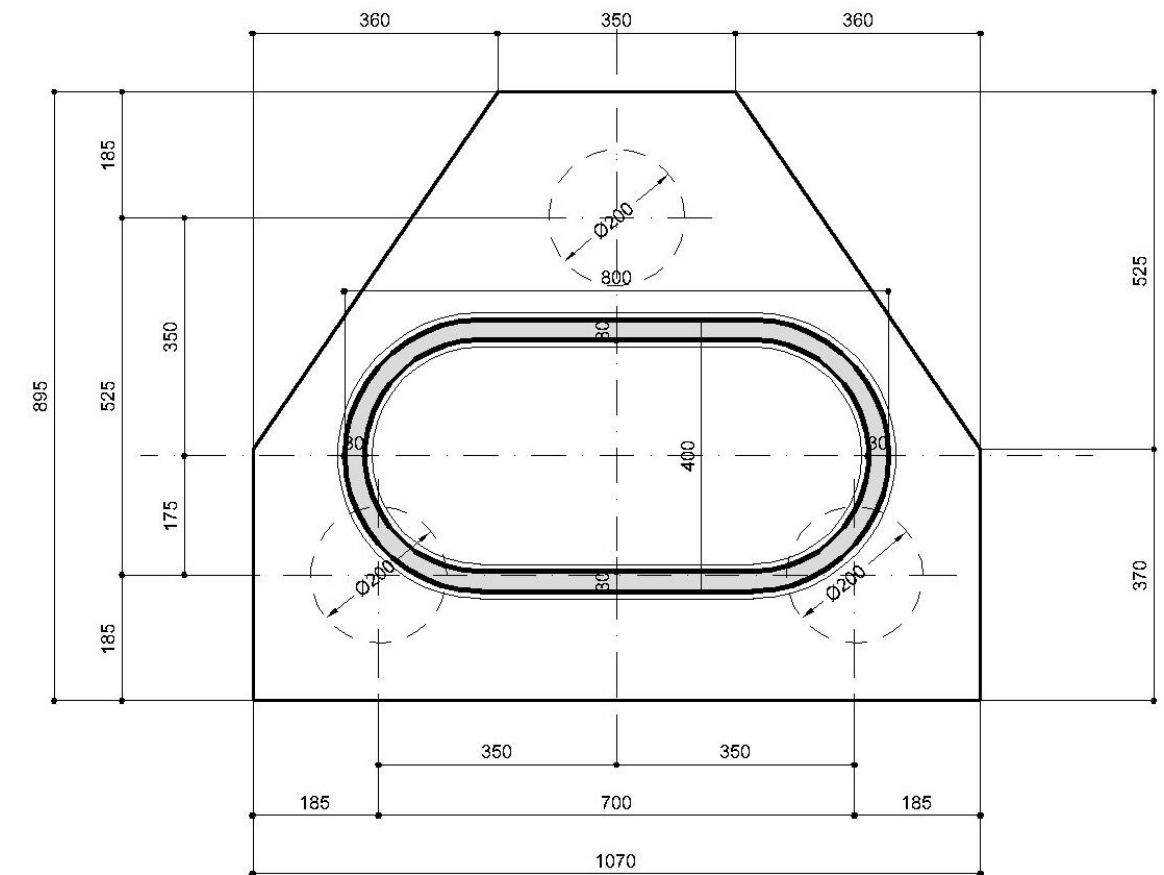
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;
- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);

- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 200cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 180cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

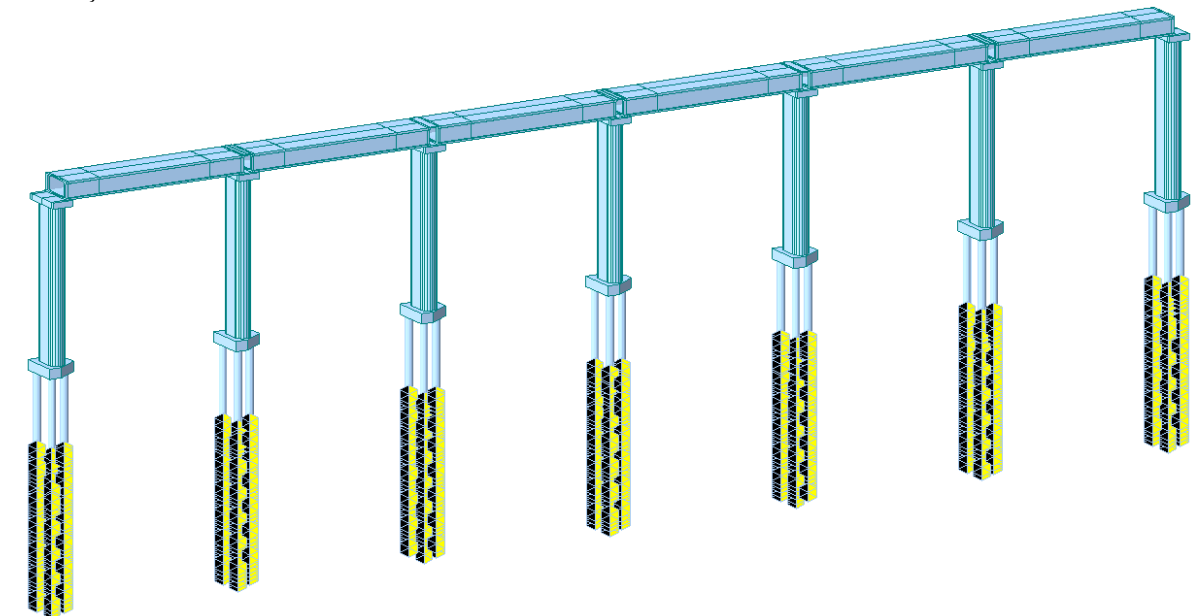
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 290cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

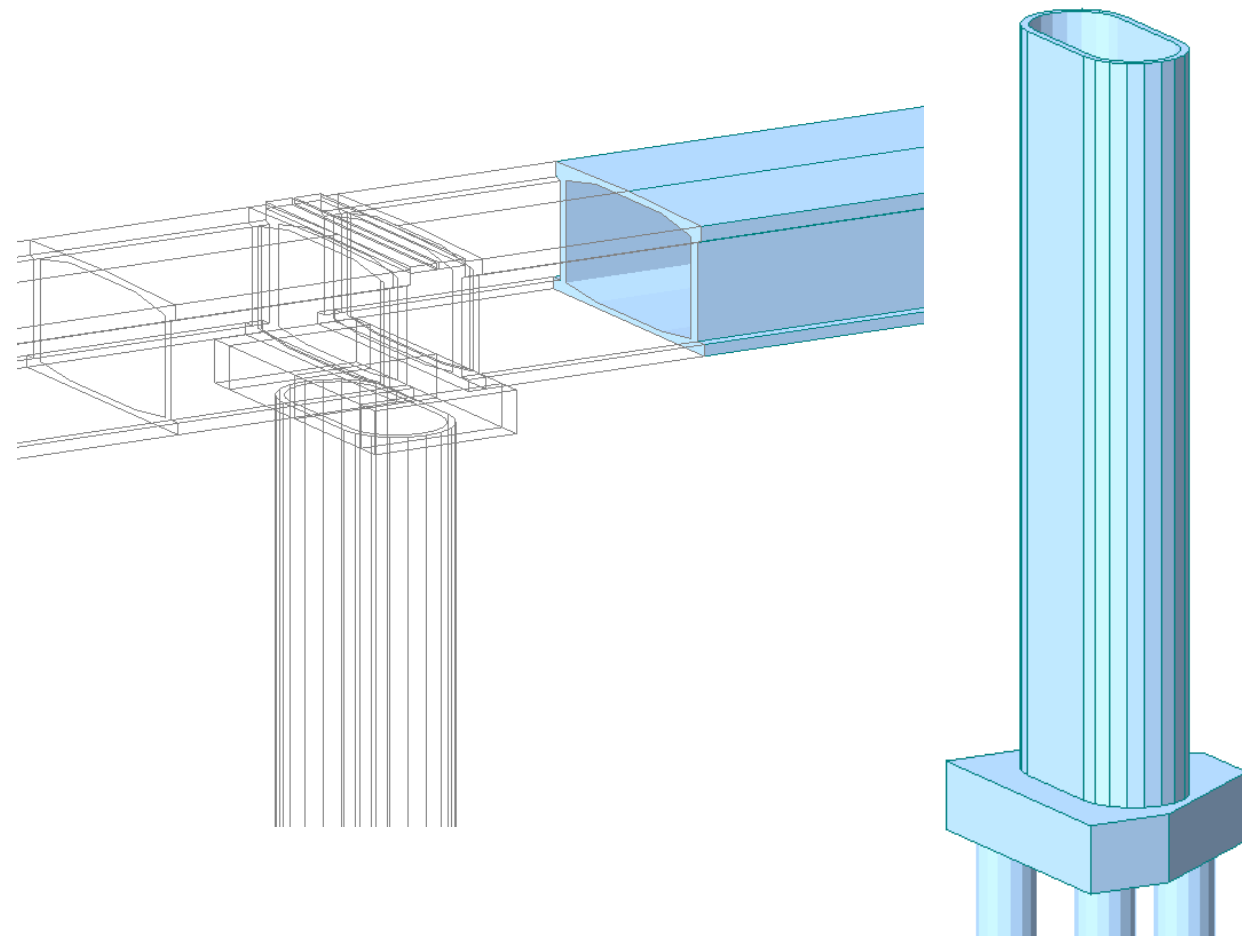
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 44,5 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x50m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

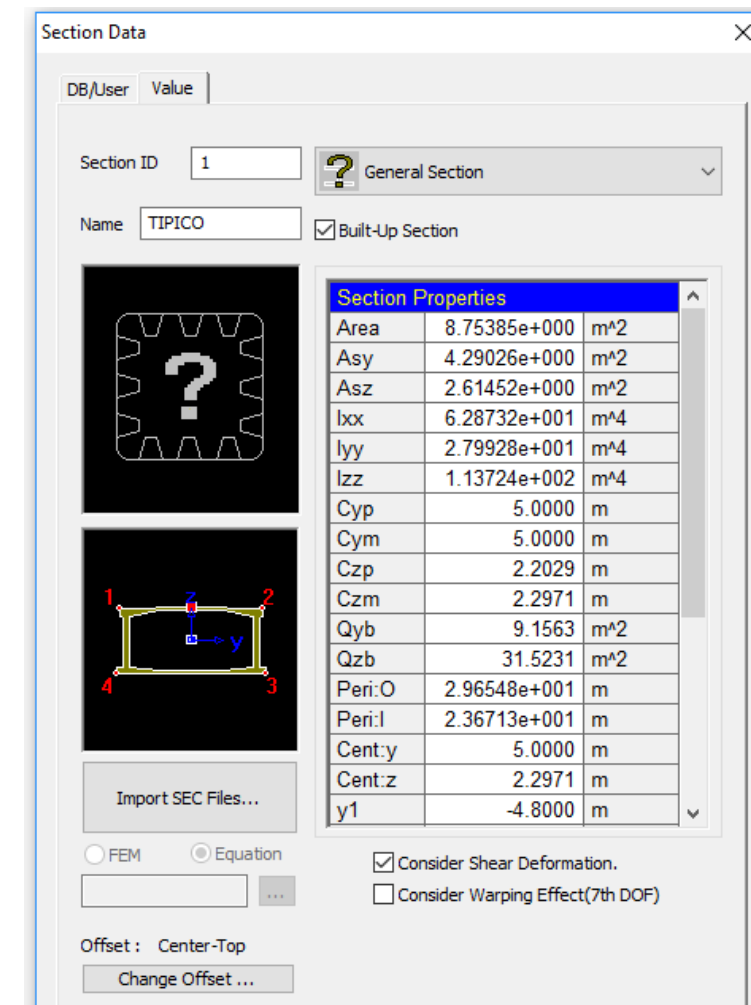
Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 50m (entre apoios)

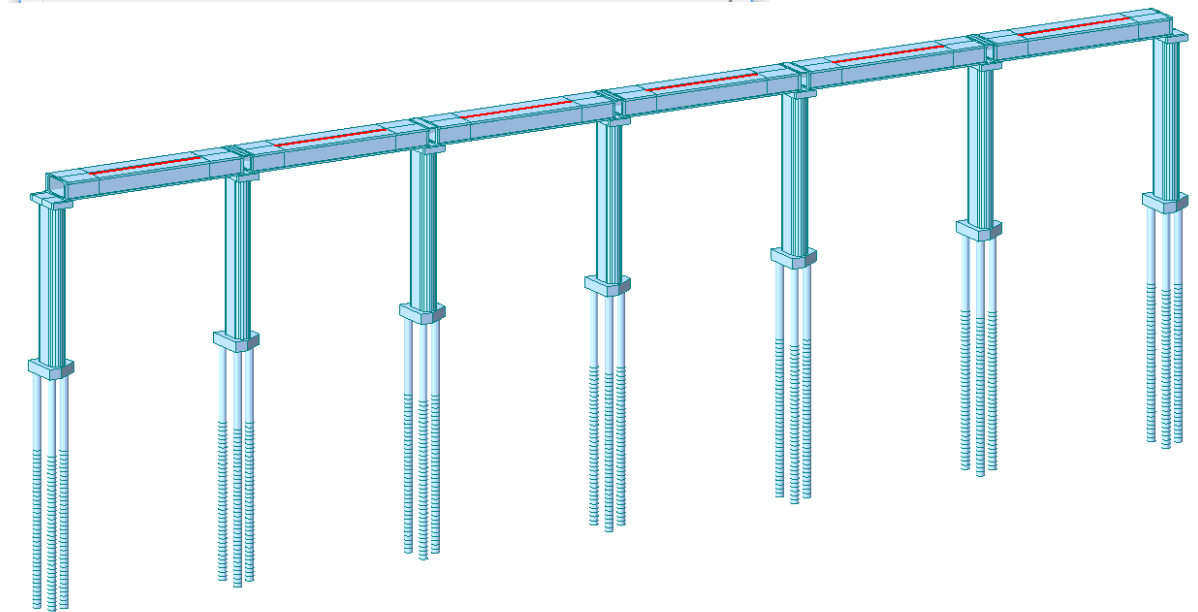


Seção transversal do tabuleiro trecho constante



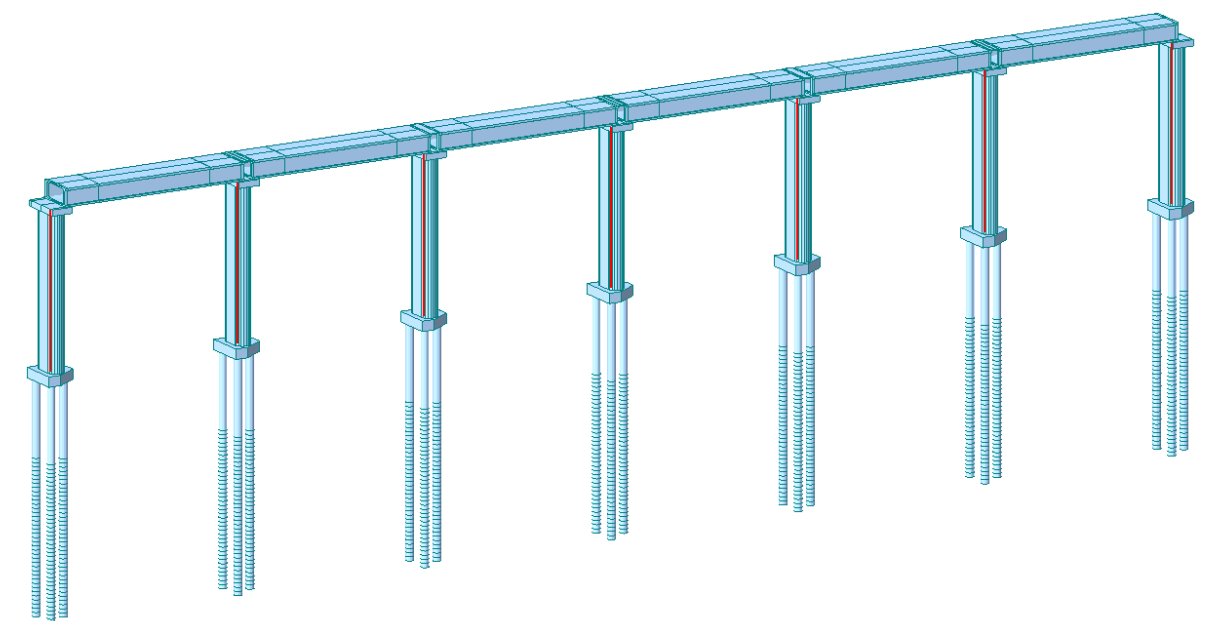
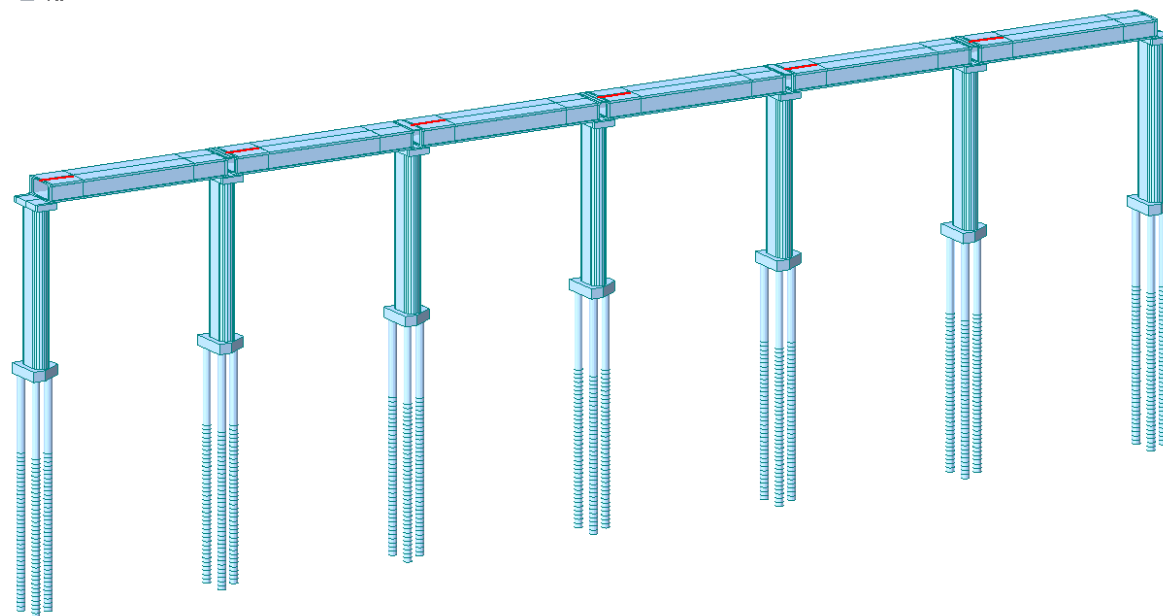
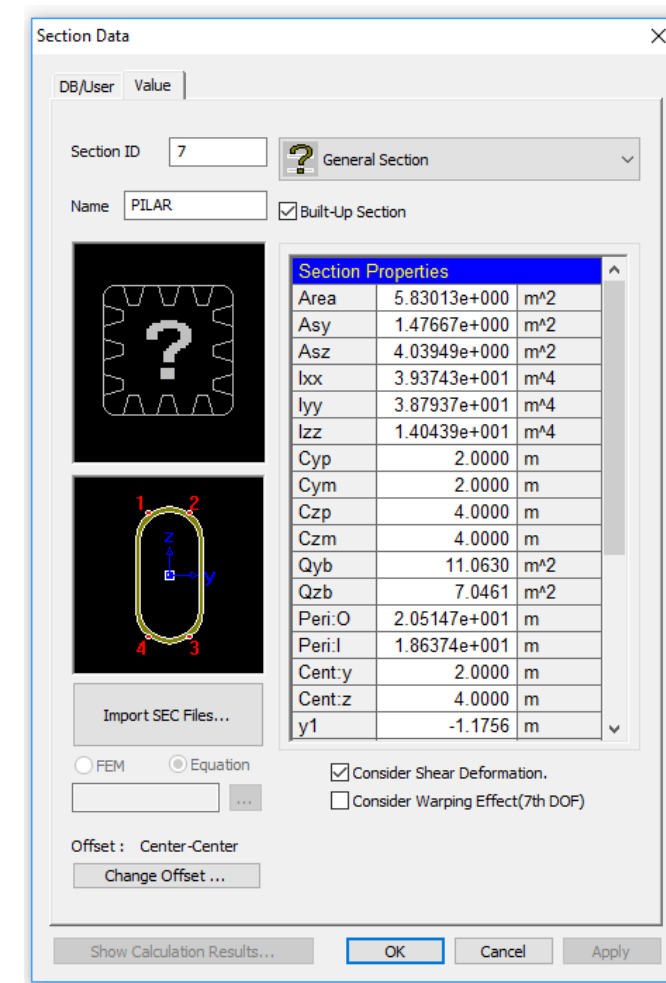
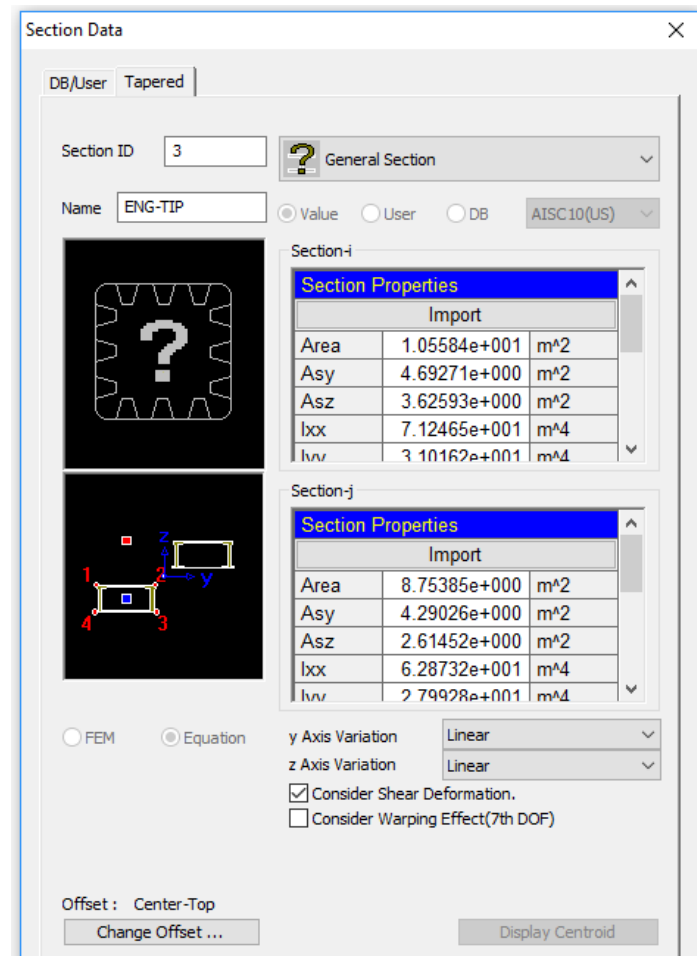
4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):

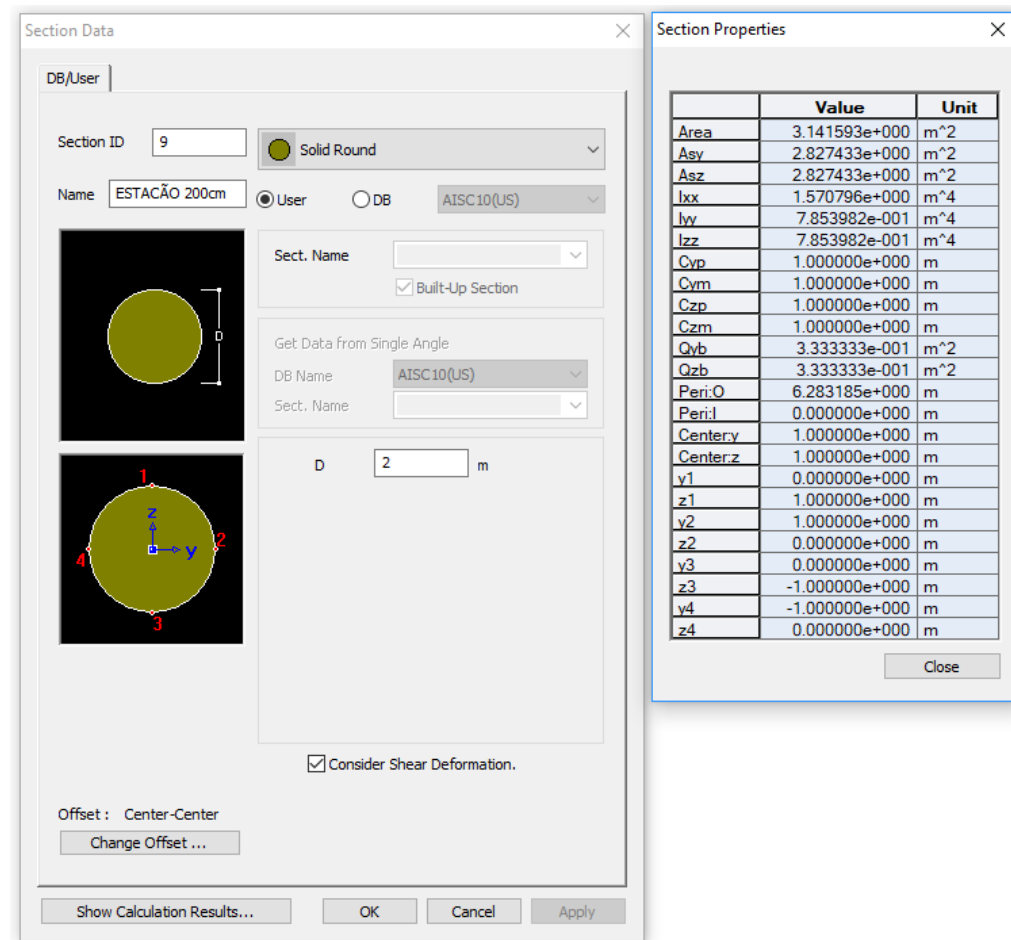


- Seção transversal do tabuleiro trecho variável

Seção transversal do pilar



- Seção transversal da estaca escavada



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

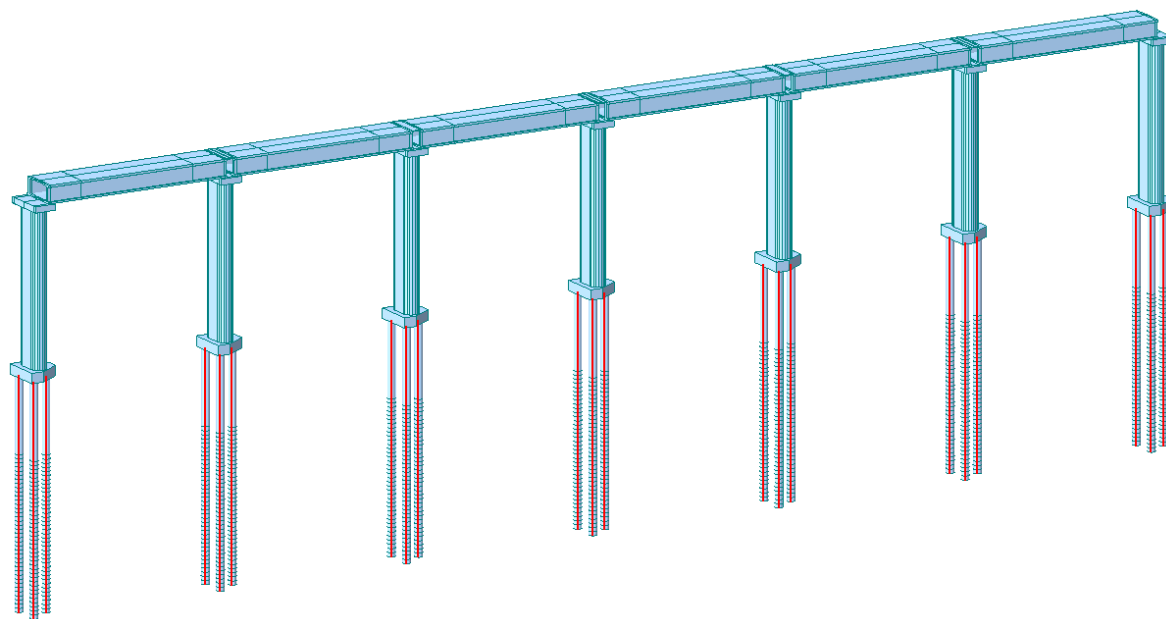
| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

| | |
|-----------|------|
| SPT | KH |
| SPT<10 | 500 |
| 10<SPT<30 | 1000 |
| 30<SPT | 2000 |

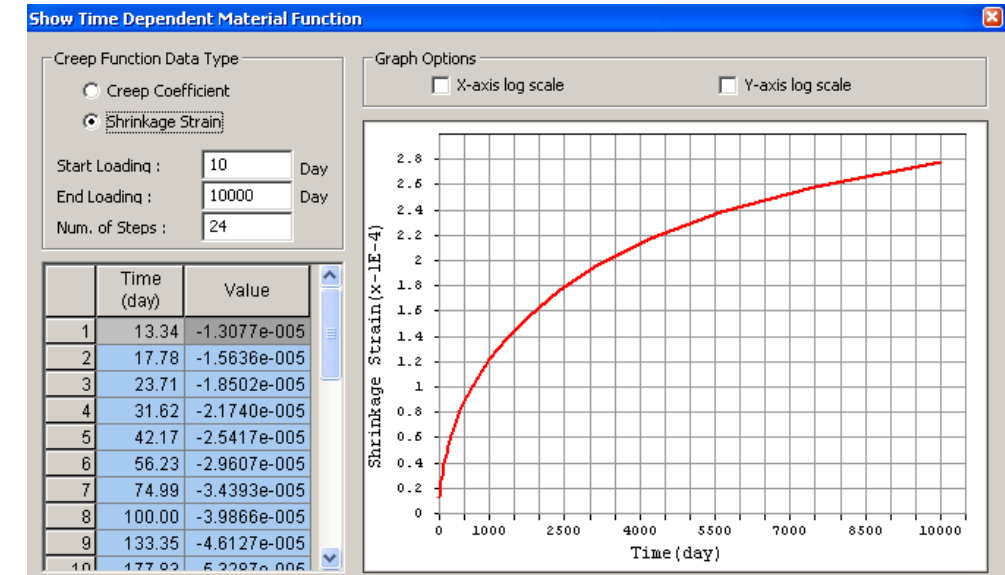
As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de $1 \times \varnothing \times KH$ (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).



Materiais

Concreto - superestrutura

Material Data dialog box showing general and elasticity data for a concrete material. The material ID is 5 and the name is CONC40MPa. The type of design is User Defined. The modulus of elasticity is 3.0105e+006 tonf/m². The Poisson's ratio is 0.2. The thermal coefficient is 1.0000e-005 1/C. The weight density is 2.5 tonf/m³.

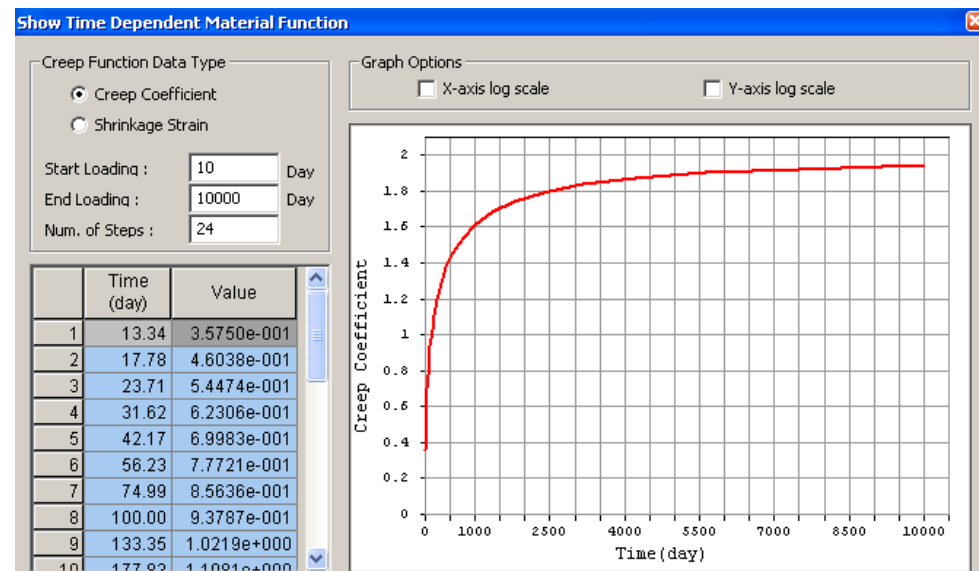


Para os restantes elementos:

Concreto C40

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage) dialog box for C40 concrete. The name is C&s 40MPa and the code is CEB-FIP. The compressive strength of concrete at the age of 28 days is 4000 tonf/m². The relative humidity of ambient environment (40 - 99) is 70%. The notational size of member is 0.5 m. The type of cement is Normal or rapid hardening cement (N, R). The age of concrete at the beginning of shrinkage is 3 days.

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |



5 CARREGAMENTOS:

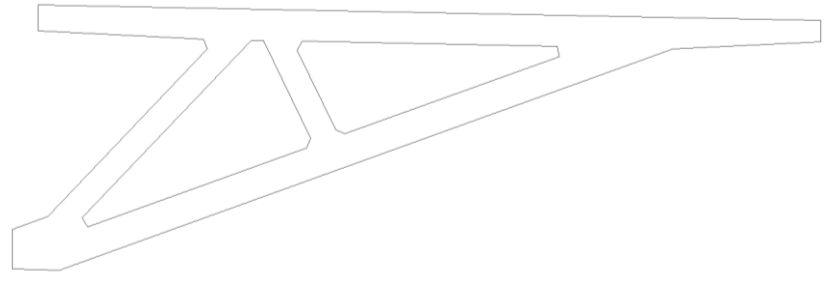
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0,6 \times 2,5 \times 2) / 2,9 = 4,99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9,3 + 4,99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0,38 \times 2,5 = 0,95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1,55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11,4 \times 0,07 \times 2,4 \times 2 = 3,9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0,2 \times 2,5 \times 2 + 0,08 \times 2 = 1,16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: $0,5 \text{ tf/m}^2$

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$, para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50}\right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50}\right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6 - 2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

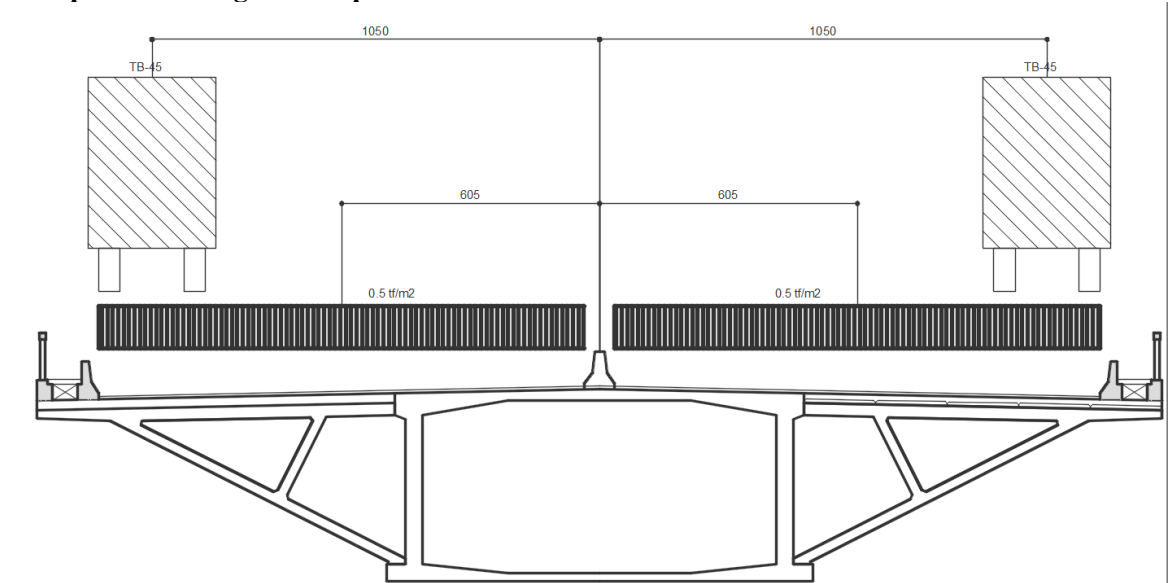
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

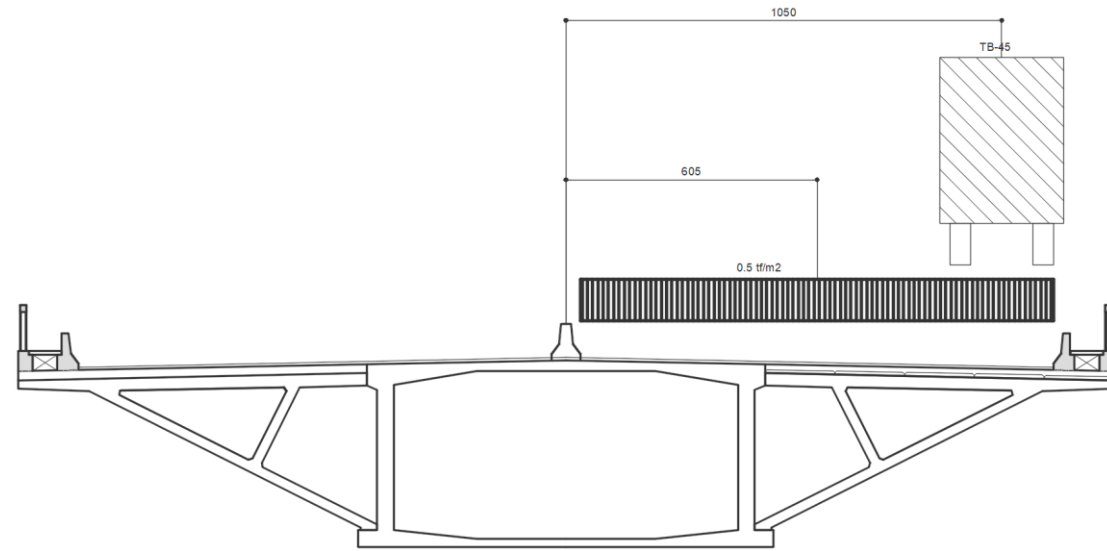
Esquema da carga móvel para cortante máxima



$$\text{Carga da multidão: } q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

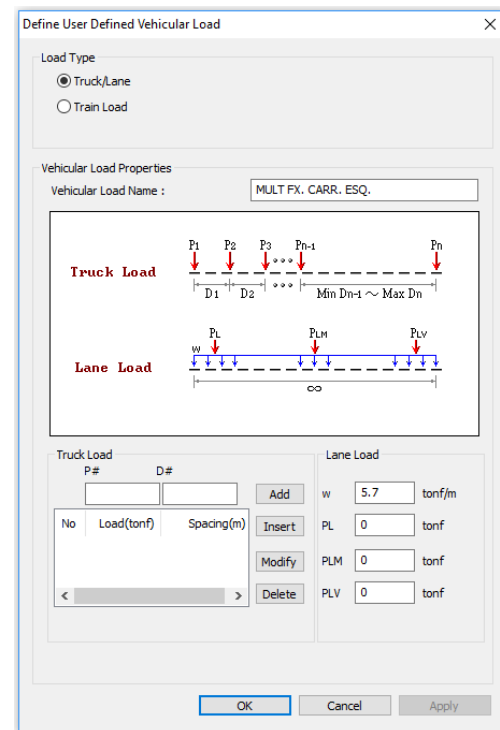
Esquema da carga móvel para torção máxima



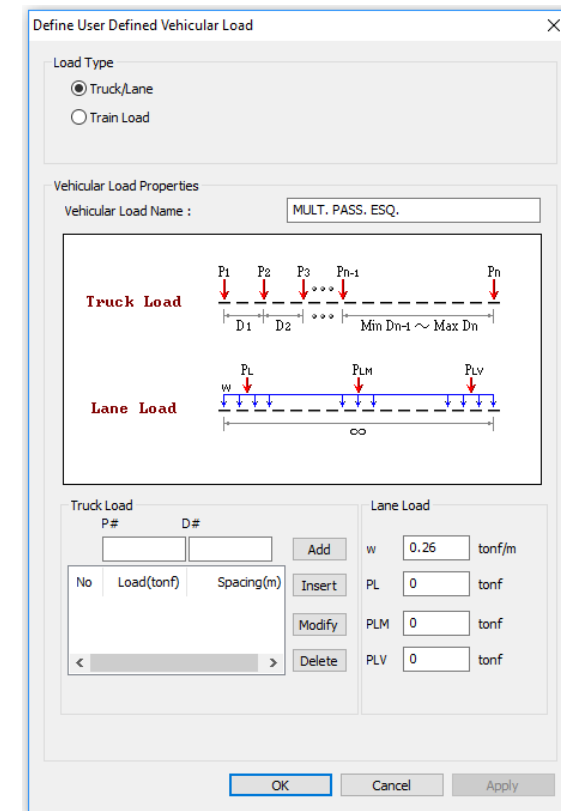
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
 TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



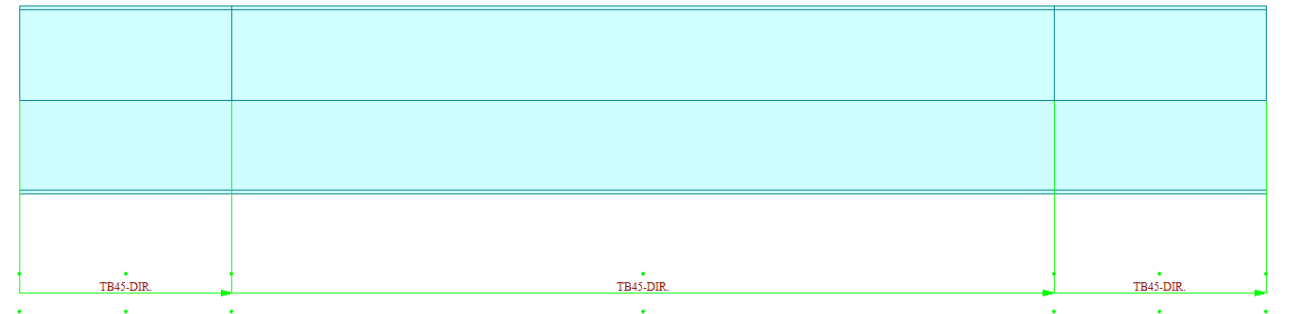
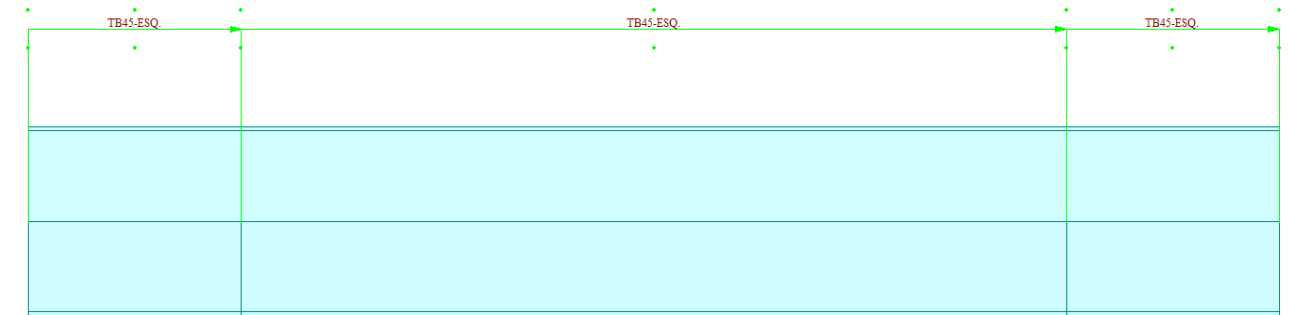
Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima



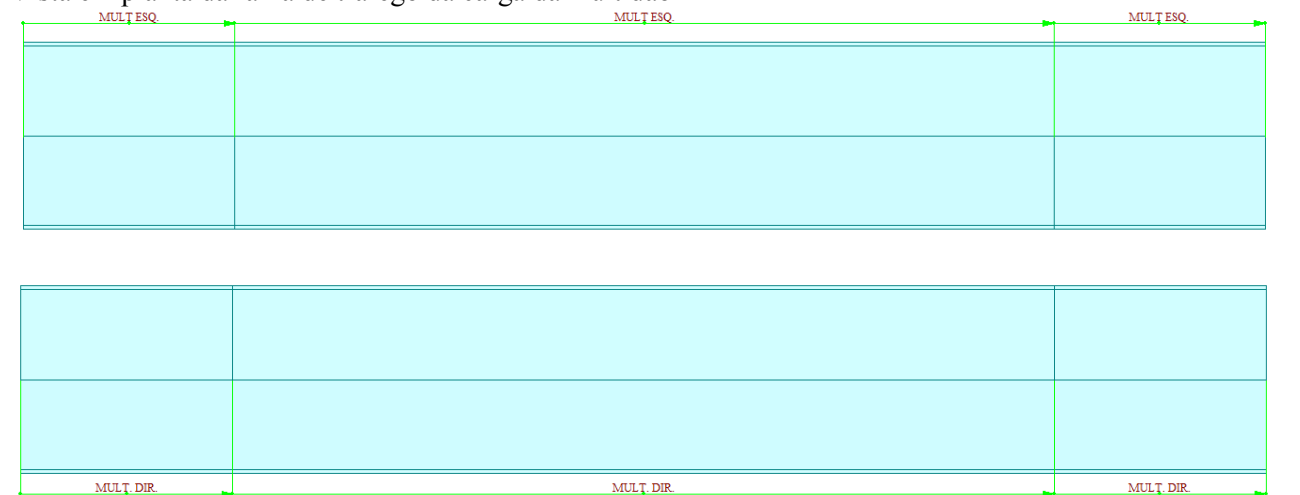
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

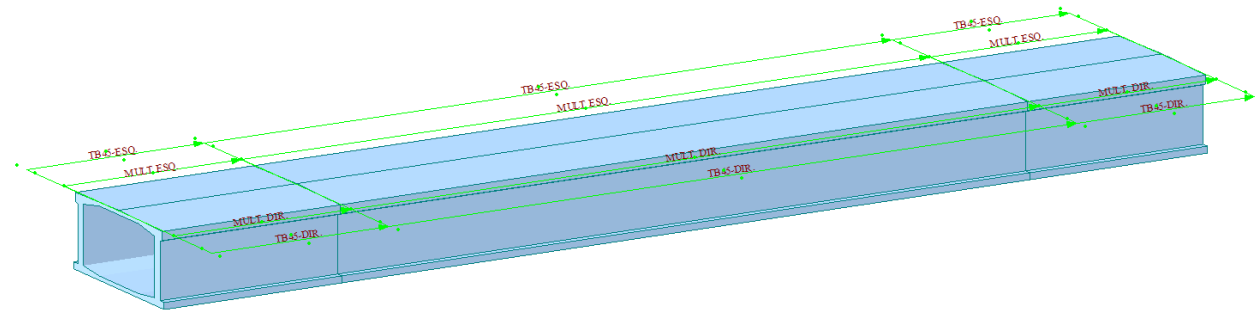
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



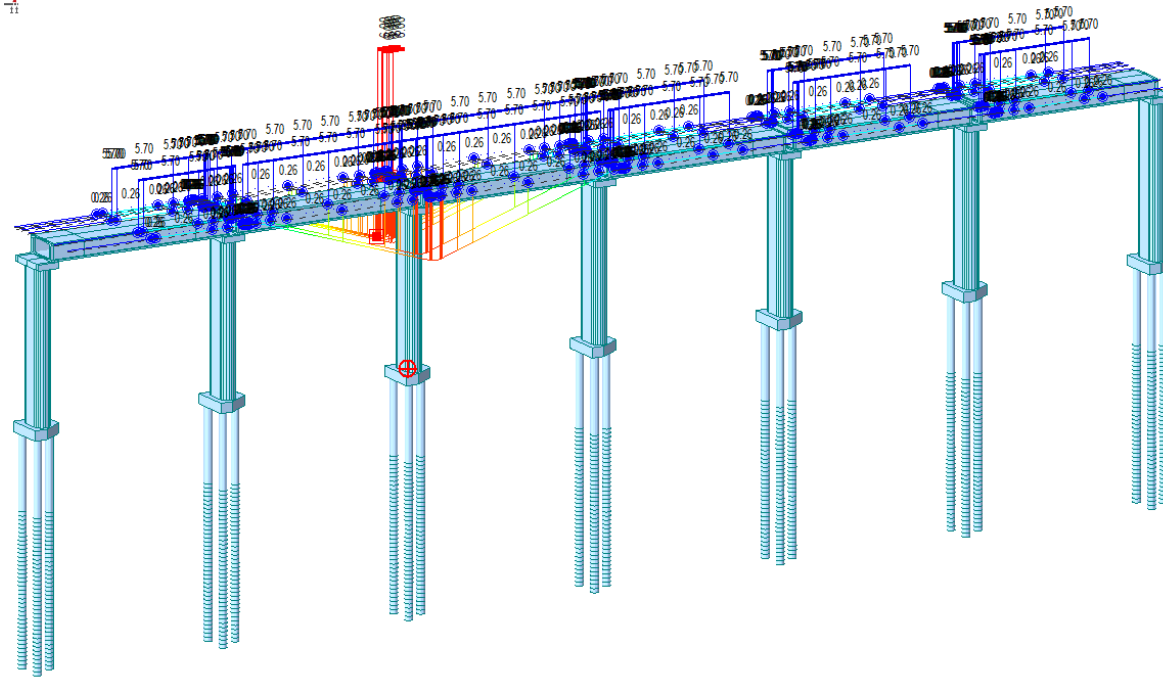
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S_1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S_2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S_3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

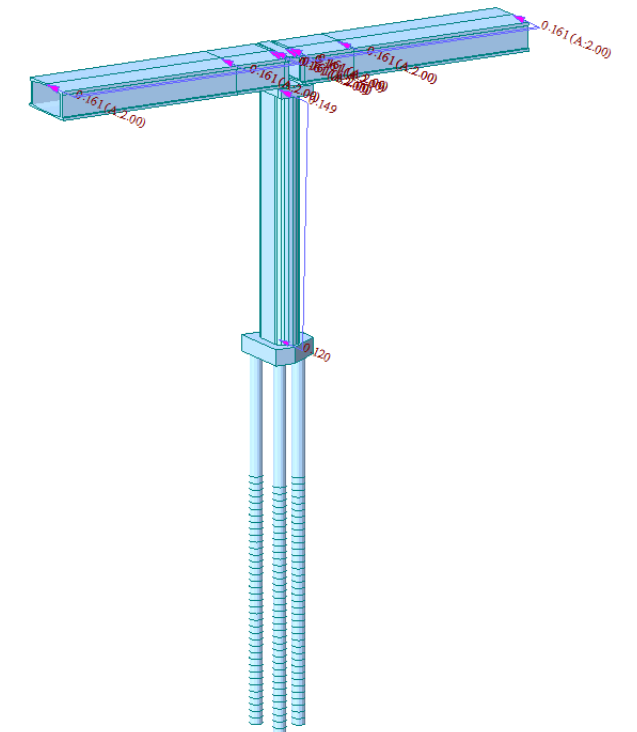
Pressão na direção transversal (W_{y-y}):

Na base

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39$ m/s = 145,4 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{pilar} = 30,0$ kgf/m²

No topo

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,18$ a 44,5 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 45,0$ m/s = 162,0 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{pilar} = 37,2$ kgf/m²
- $P_{tabuleiro} = 161,4$ kgf/m²



Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valor máximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.

Pressão na direção longitudinal (W_{x-x}):

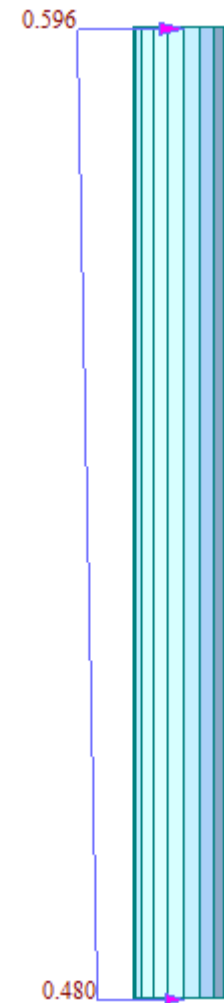
Na base

- S1 = 1,0
- S2 = 1,06 a 10 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 40,4 m/s = 145,4 km/h
- C_{a,pilar} = 0,6
- p = 60,0 kgf/m²

No topo

- S1 = 1,0
- S2 = 1,18 a 33,0 m de altura
- S3 = 1,27 para um período de 100 anos
- V_k = 45,0 m/s = 162,0 km/h
- C_{a,pilar} = 0,6
- p = 74,5 kgf/m²

A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.



5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ |
|--|---------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |

5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\% \text{ multidão na pista}$

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (50,00) \times 22,8\text{m} = 28,5 \text{ tf}$$

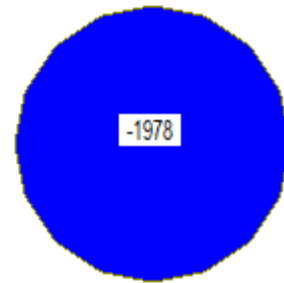
Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 28,5 \text{ tf}$$

Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.



7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a título de exemplo.

7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



7.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



7.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)

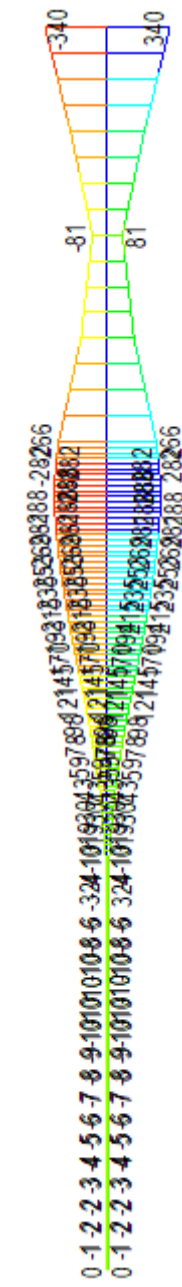
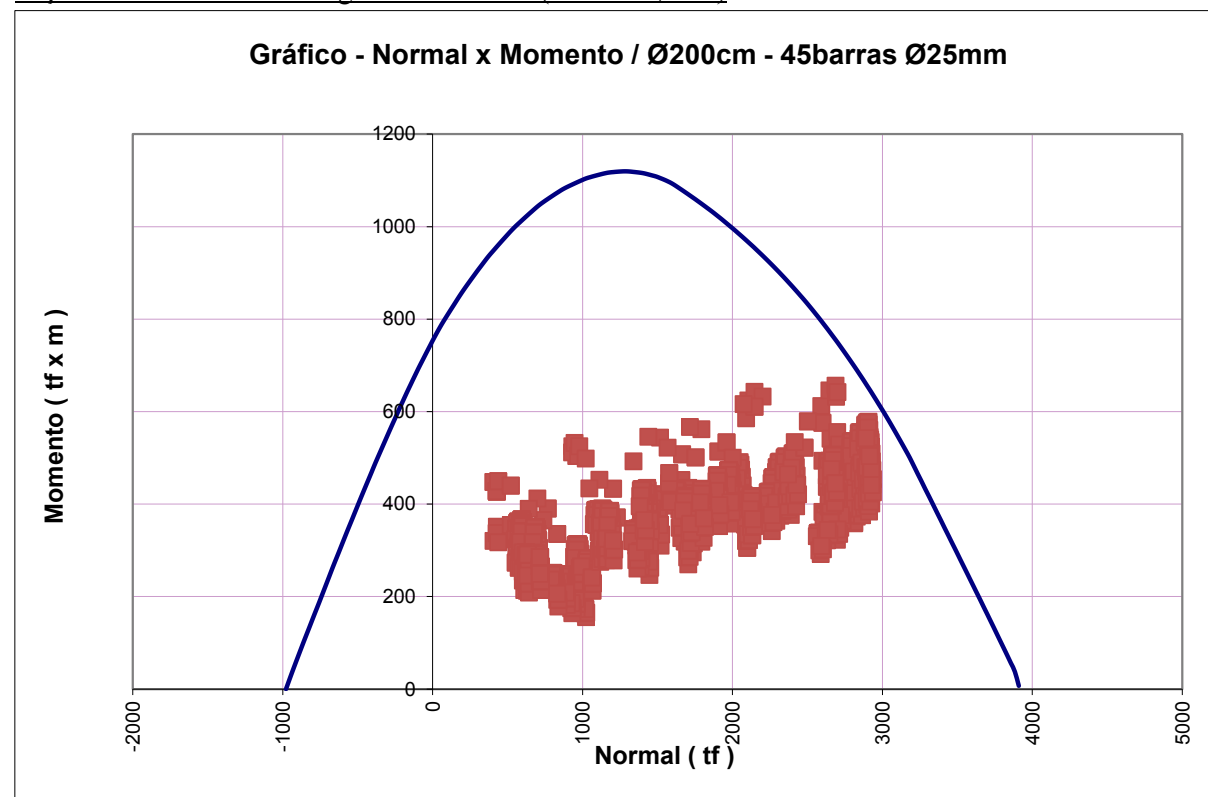


Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção
 Dados para cálculo [kgf; cm²]:

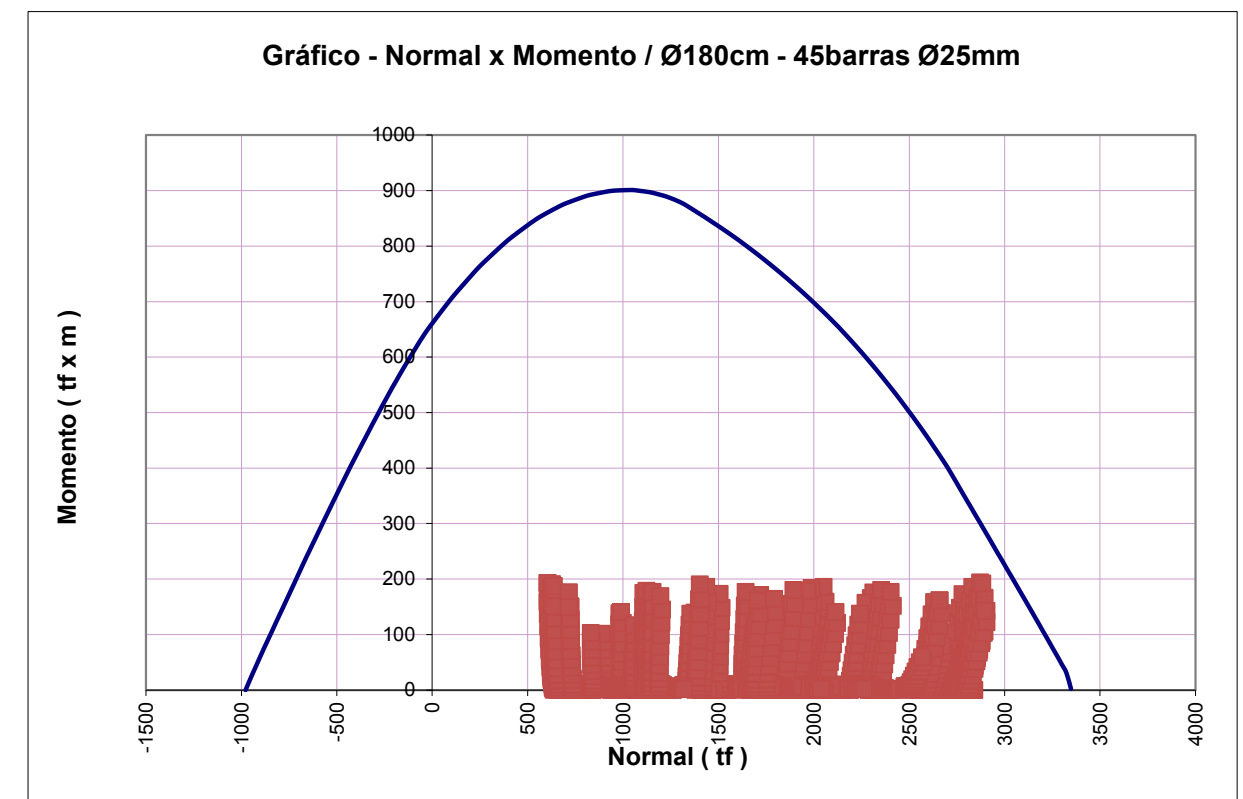
| | |
|------------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| γ_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| γ_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø200 no trecho em água/solo 45 Ø25 (taxa de 0,72%)



2. Seção Ø180 no trecho de embutido em rocha com armadura 45 Ø25 (taxa de 0,88%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

Apresentamos as envoltórias de cálculo.

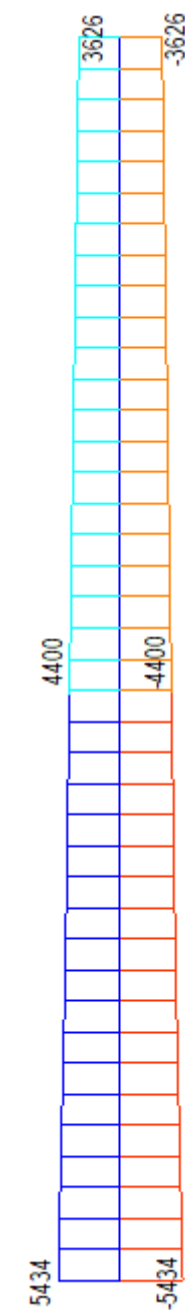
8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)



8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada

v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

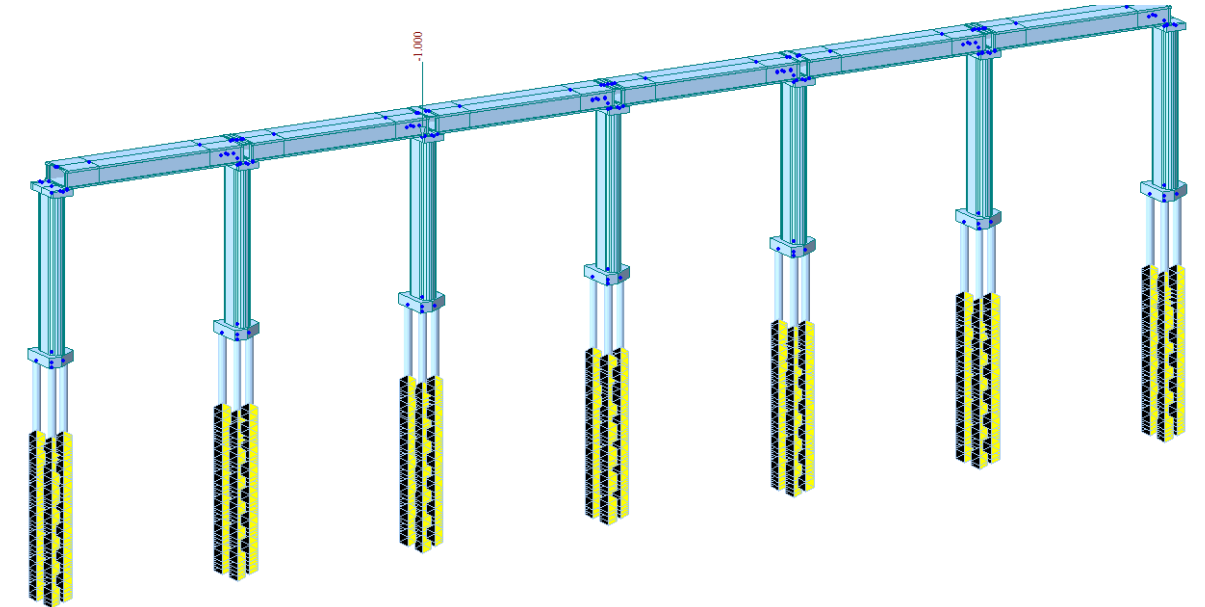
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

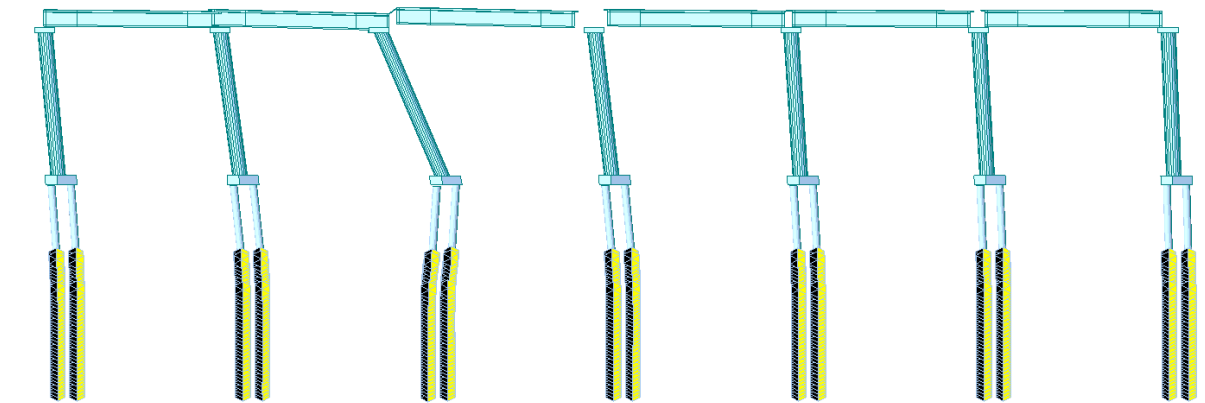
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|----------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 96713.807957 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 2 | 156883.303688 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 3 | 613177.247991 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 4 | 1557158.293013 | 1.6899e-024 | | | | |
| | 5 | 1667843.281044 | 5.9776e-023 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 70,3m. O valor representa 1.83 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na menor direção - $\lambda_y = 45,2 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85)

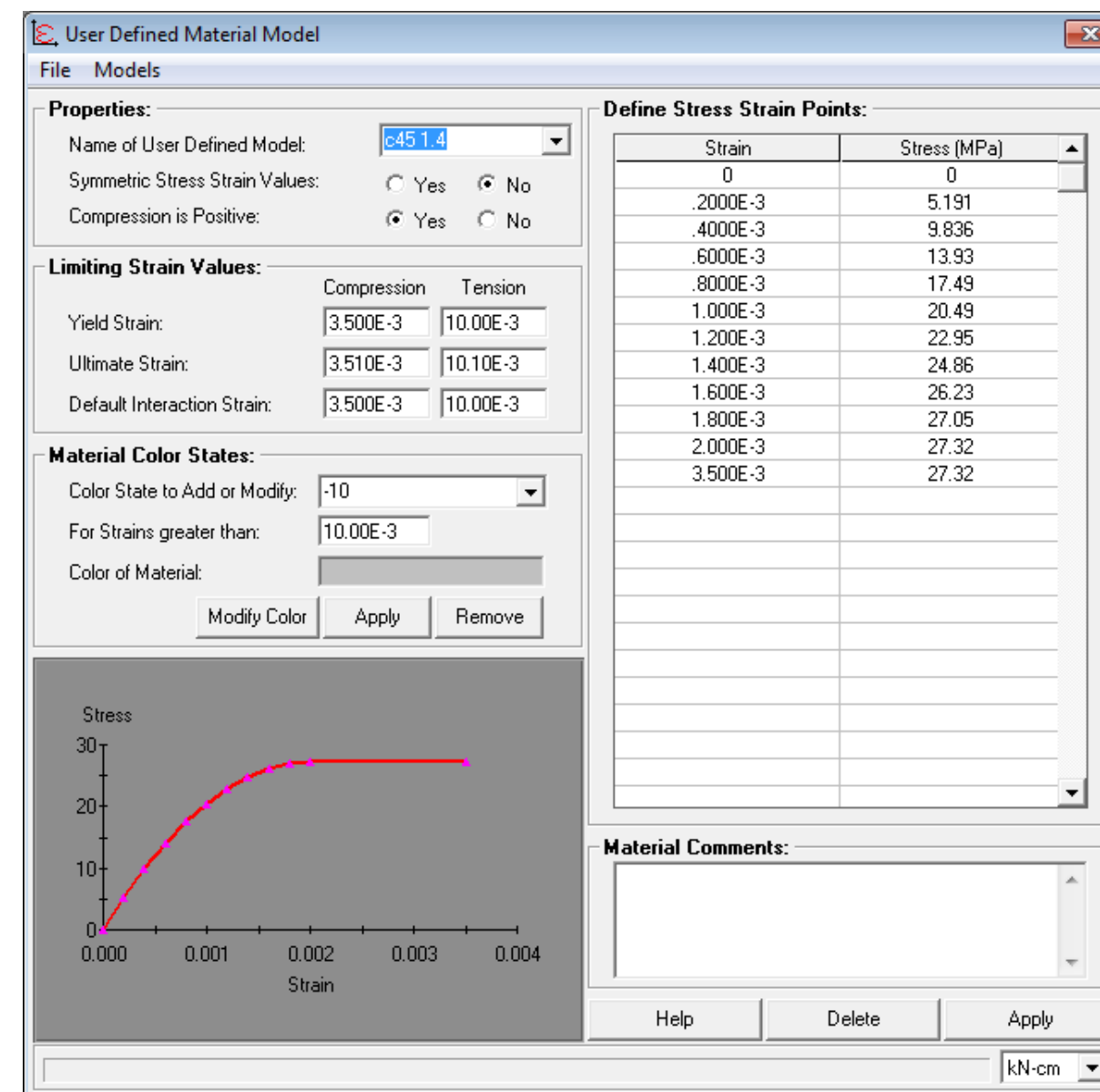
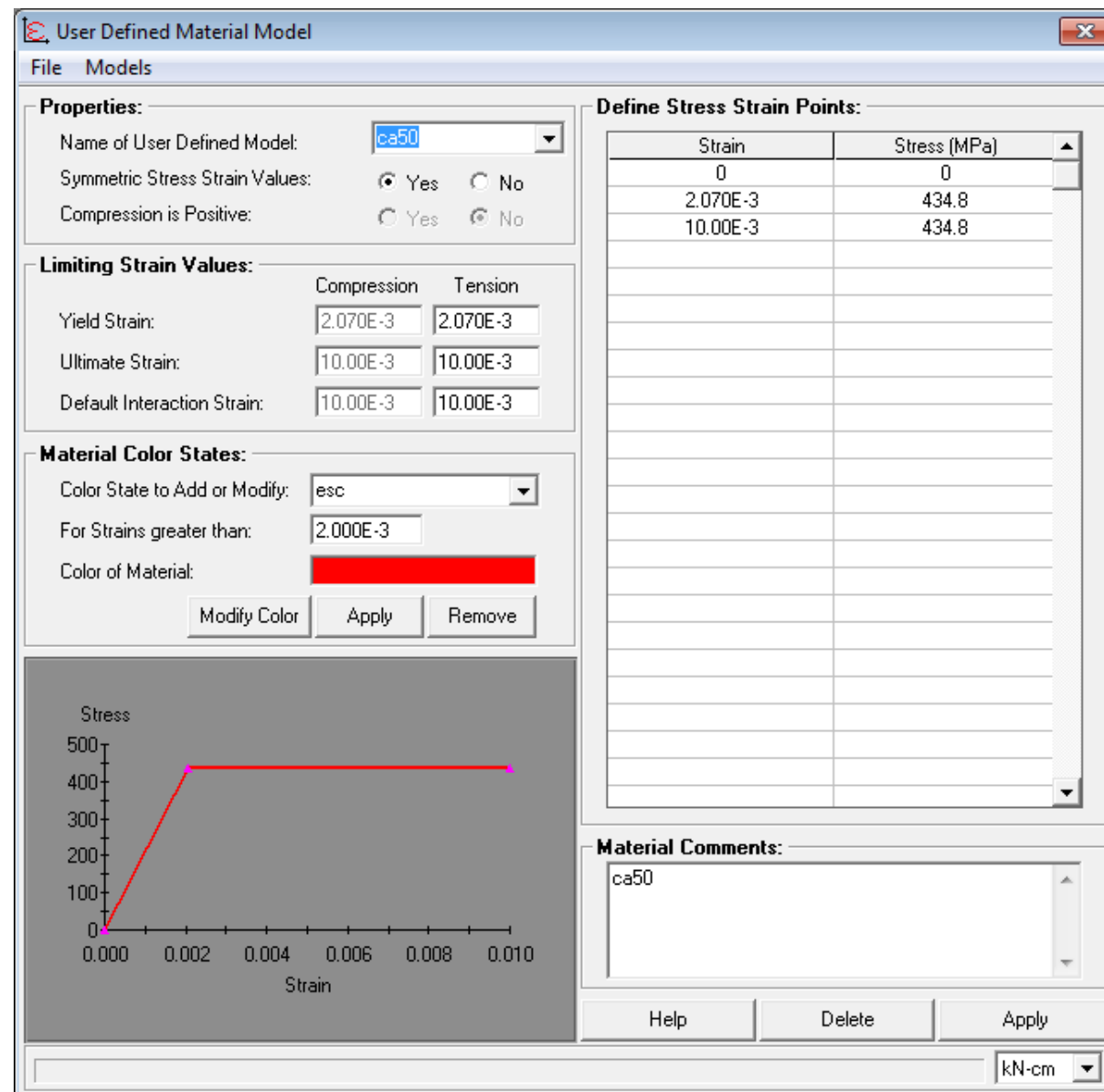


Gráfico do aço CA-50 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,15$)



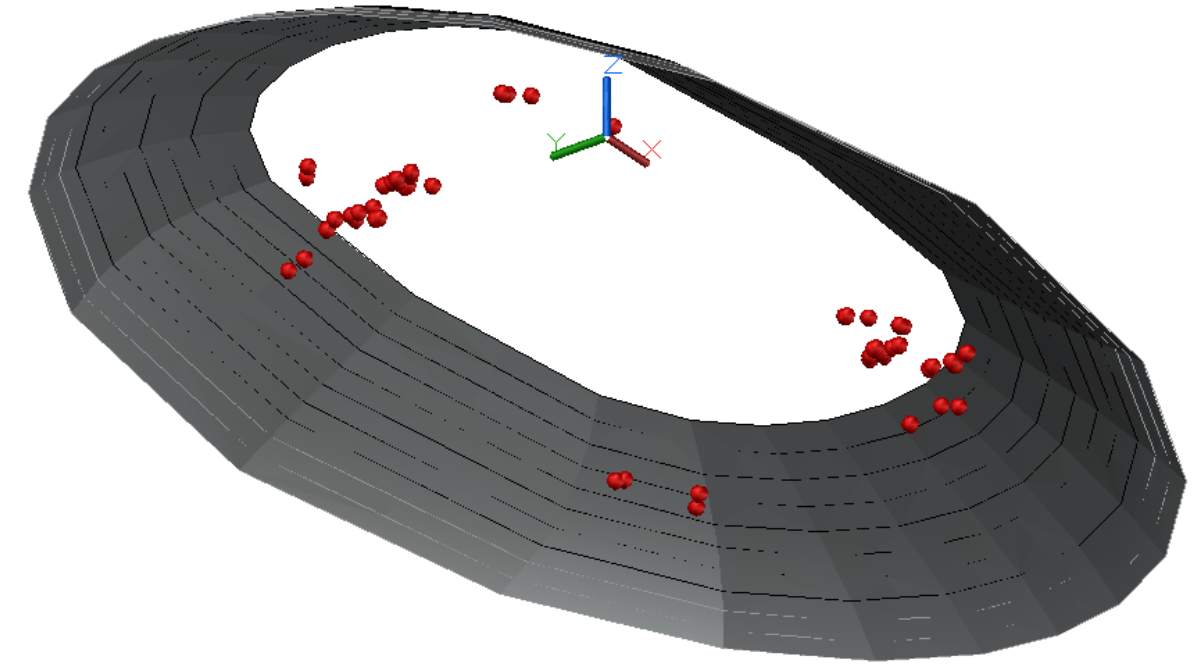
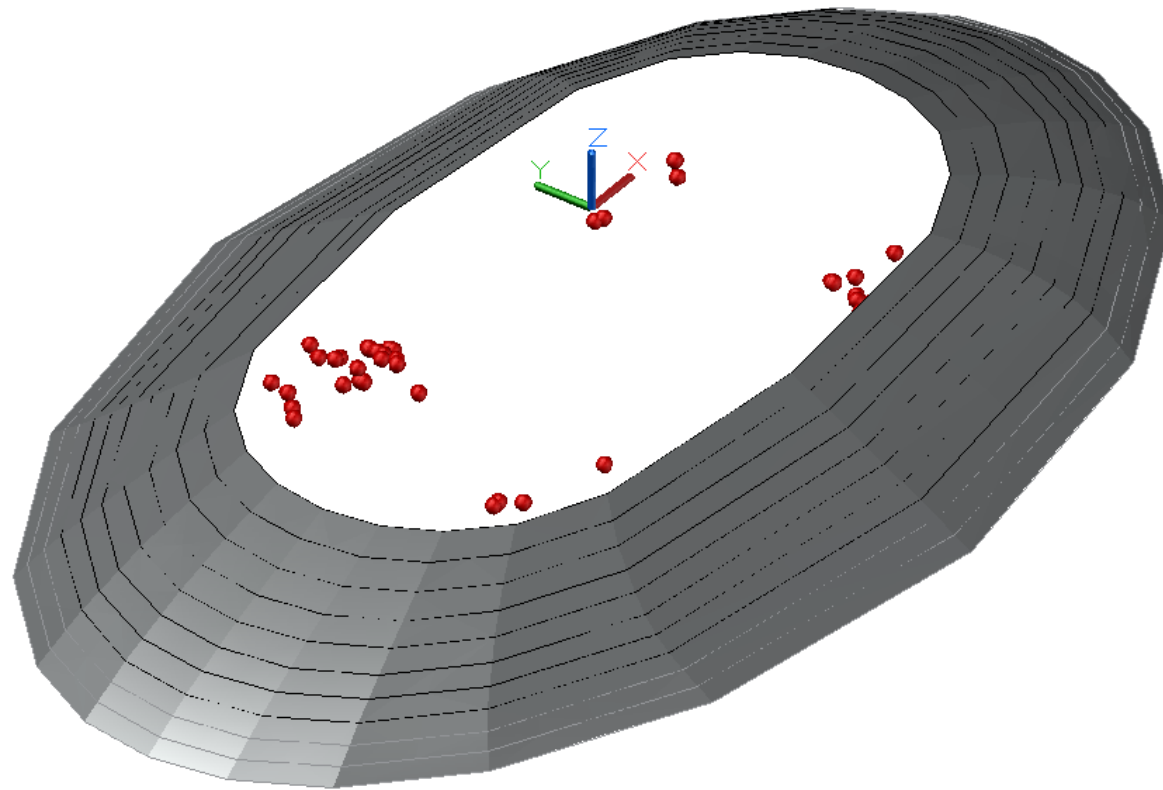
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Constante em toda altura do pilar

Armadura – Ø16
Total de ferros = 118
Taxa de armadura = 0.4%

Envoltória de rotura



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$. **Topo do pilar**

REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO DO PROJETO BÁSICO DE REFERÊNCIA DO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
CONSISTINDO NA READEQUAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO OESTE - SVO AO SISTEMA VIÁRIO PONTE SALVADOR - ILHA DE ITAPARICA,
DE ACORDO COM OS NOVOS PARÂMETROS DE ENGENHARIA ADOTADOS

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO EM NÍVEL DE LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS PONTE SOBRE A BAÍA DE TODOS OS SANTOS TRECHO DOS VÃOS DE APROXIMAÇÃO INFRAESTRUTURA - APOIO 50

CONTRATO Nº 018-CT086-2019/SEINFRA
PRODUTO PRODUTO 2 – LARGURA REDUZIDA
DOCUMENTO R-OAE-201-MC-10227-EN
REVISÃO RA
DATA SETEMBRO/19

Consórcio:

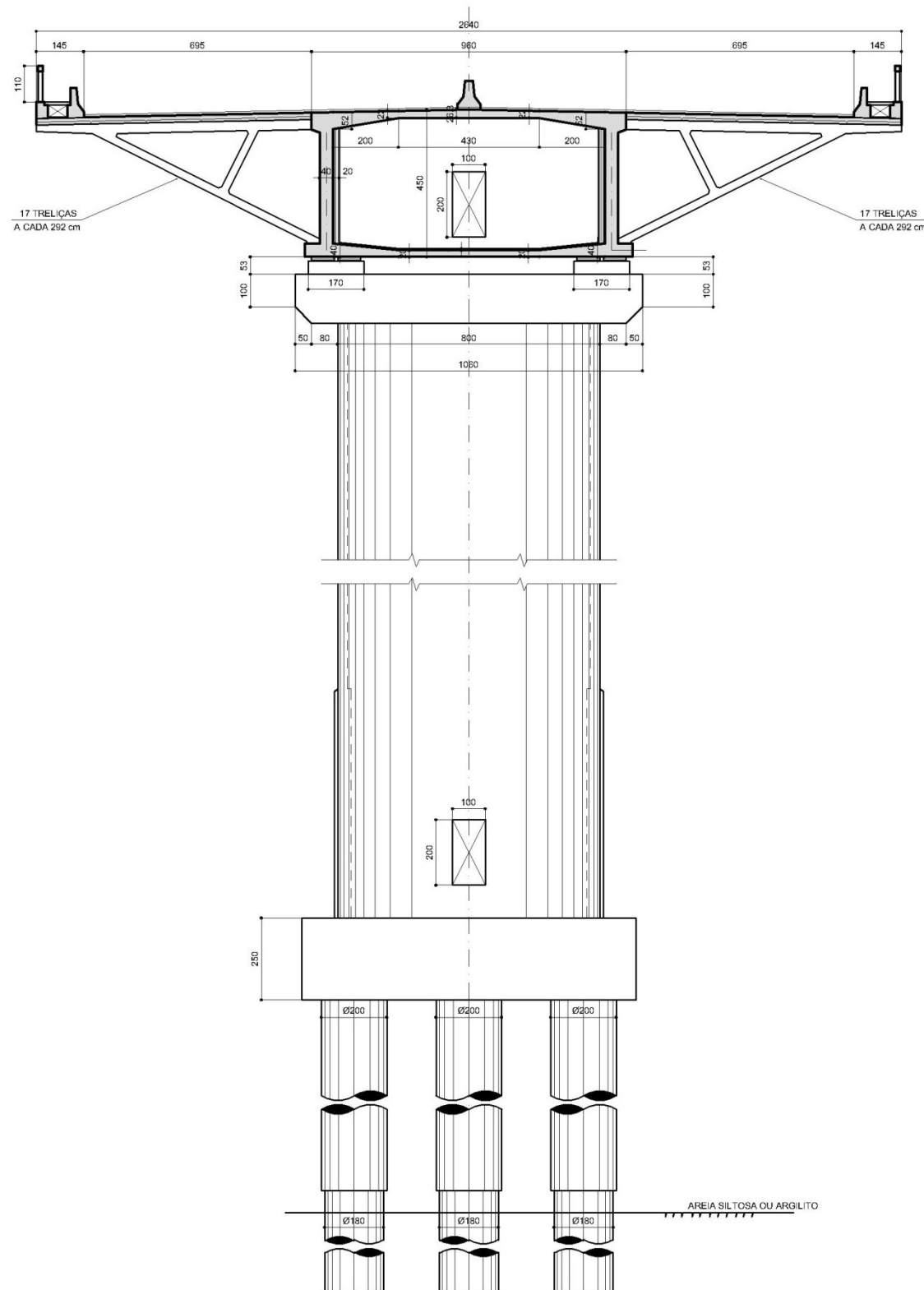


ÍNDICE

| | | | |
|----------|-----|---|-----------|
| | 8.7 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 18 |
| | 8.8 | Comparaçãõ de esforços resistentes com esforços solicitantes | 20 |
| 1 | | CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS..... | 2 |
| 1.1 | | Superestrutura..... | 2 |
| 1.2 | | Infra e Mesoestrutura..... | 2 |
| 2 | | PROGRAMA DE CÁLCULO | 2 |
| 3 | | DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO..... | 3 |
| 4 | | MODELOS DE CÁLCULO | 3 |
| 4.1 | | Geometria do modelo de cálculo | 3 |
| 4.2 | | Propriedades do modelo de cálculo | 4 |
| 4.3 | | Restrições de apoio | 6 |
| 4.3.1 | | Cálculo da rigidez dos neoprenes | 6 |
| 4.3.2 | | Vinculaçãõ elástica do solo..... | 6 |
| 5 | | CARREGAMENTOS: | 8 |
| 5.1 | | Carregamentos permanentes:..... | 8 |
| 5.2 | | Cargas móveis | 8 |
| 5.2.1 | | Força longitudinal devido à retraçãõ e fluência do concreto..... | 10 |
| 5.2.2 | | Força centrífuga..... | 10 |
| 5.2.3 | | Força longitudinal devido ao vento | 10 |
| 5.2.4 | | Força longitudinal devido a frenaçãõ/aceleraçãõ | 11 |
| 5.3 | | Combinações de cálculo | 11 |
| 6 | | ANÁLISE GEOTÉCNICA | 12 |
| 7 | | DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS | 12 |
| 7.1 | | Esforços solicitantes | 12 |
| 7.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 12 |
| 7.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 13 |
| 7.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 13 |
| 8 | | DIMENSIONAMENTO DO PILAR..... | 15 |
| 8.1 | | Esforços de 1ª ordem no pilar | 15 |
| 8.2 | | Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico) | 15 |
| 8.3 | | Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico) | 16 |
| 8.4 | | Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)..... | 16 |
| 8.5 | | Esforços de 2ª ordem no pilar | 17 |
| 8.5.1 | | Método aproximado..... | 17 |
| 8.6 | | Comprimento de encurvadura - <i>le</i> | 17 |

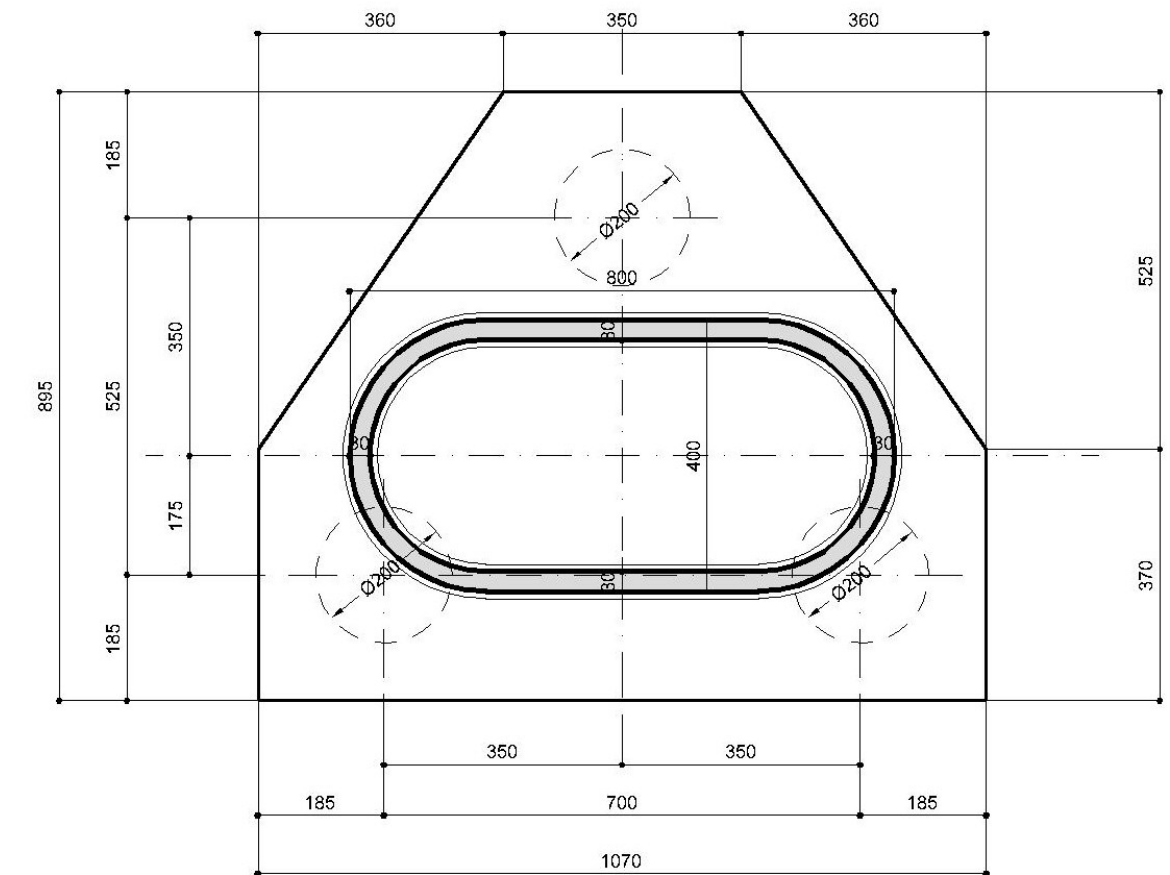
1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

1.1 Superestrutura



1.2 Infra e Mesoestrutura

Planta da fundação – vista superior



2 PROGRAMA DE CÁLCULO

O programa utilizado para o cálculo foi Midas Civil Advanced da firma Midas Information Technology Co. Ltd.

Para a análise de tensões e faseamento foi considerado uma análise não linear com elementos de cabos.

Para a determinação dos momentos fletores, cortantes e axiais foi considerado o modelo linear e os estais como elementos de treliça.

Este é um programa específico para o projeto de pontes adquirido pela ENESCIL que inclui as seguintes análises complementares aos programas convencionais do mercado:

- Unlimited numbers of Nodes/Elements/Load Combinations: ilimitado número de elementos, nós e combinações;
- efeito da protensão (traçado, perdas por atrito, encunhamento, encurtamento elástico e relaxamento);

- Time-dependent material properties: que corresponde às análise de retração e fluência do concreto ao longo do tempo;
- Tapered beam: elementos com seções variáveis;
- Moving Load analysis: análise da carga móvel através de linhas de influência

3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO EXECUTIVO

As fundações são compostas por blocos com 3 estacas escavadas de 200cm diâmetro para trecho submerso/enterrado e 180cm para trecho embutido em rocha, de concreto armado, executadas com o auxílio de camisa metálica perdida e lama bentonítica ou polimérica..

Os caixões são isostáticos, bi-apoiados e protendidos com cabos de 27Ø15.2mm. Serão moldados “in loco”.

Os vão serão construídos pelo sistema MSS (Movable Scaffolding System).

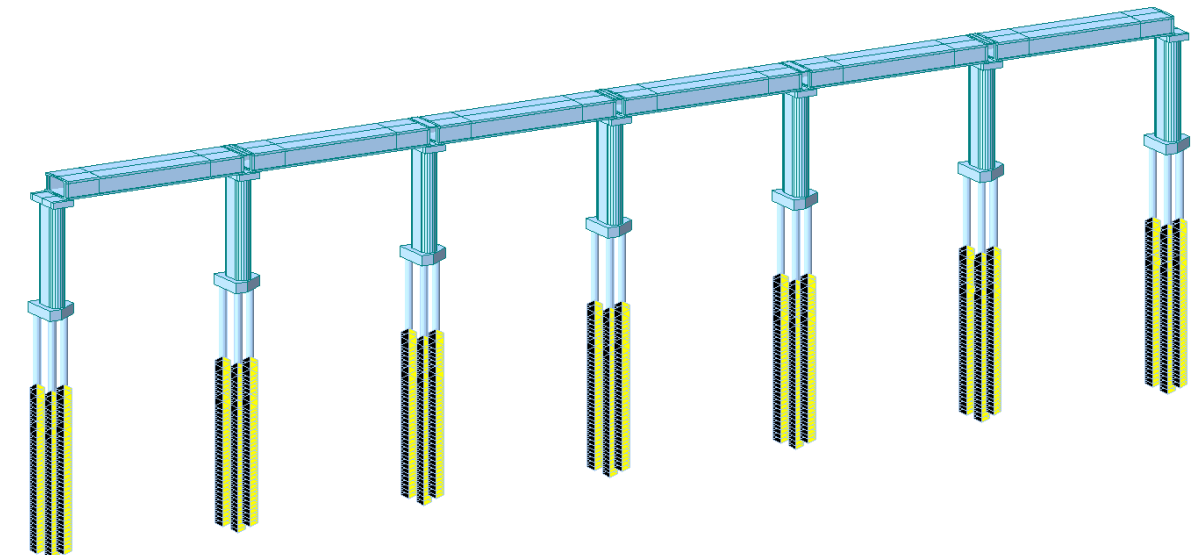
Após a finalização do caixão são lançadas as mão francesas laterais (espessura de 60cm a cada 290cm), sendo fixadas por barras tipo dywidag. As pré-lajes são apoiadas nestas mão francesas, a laje é concretada e a protensão transversal é finalizada.

4 MODELOS DE CÁLCULO

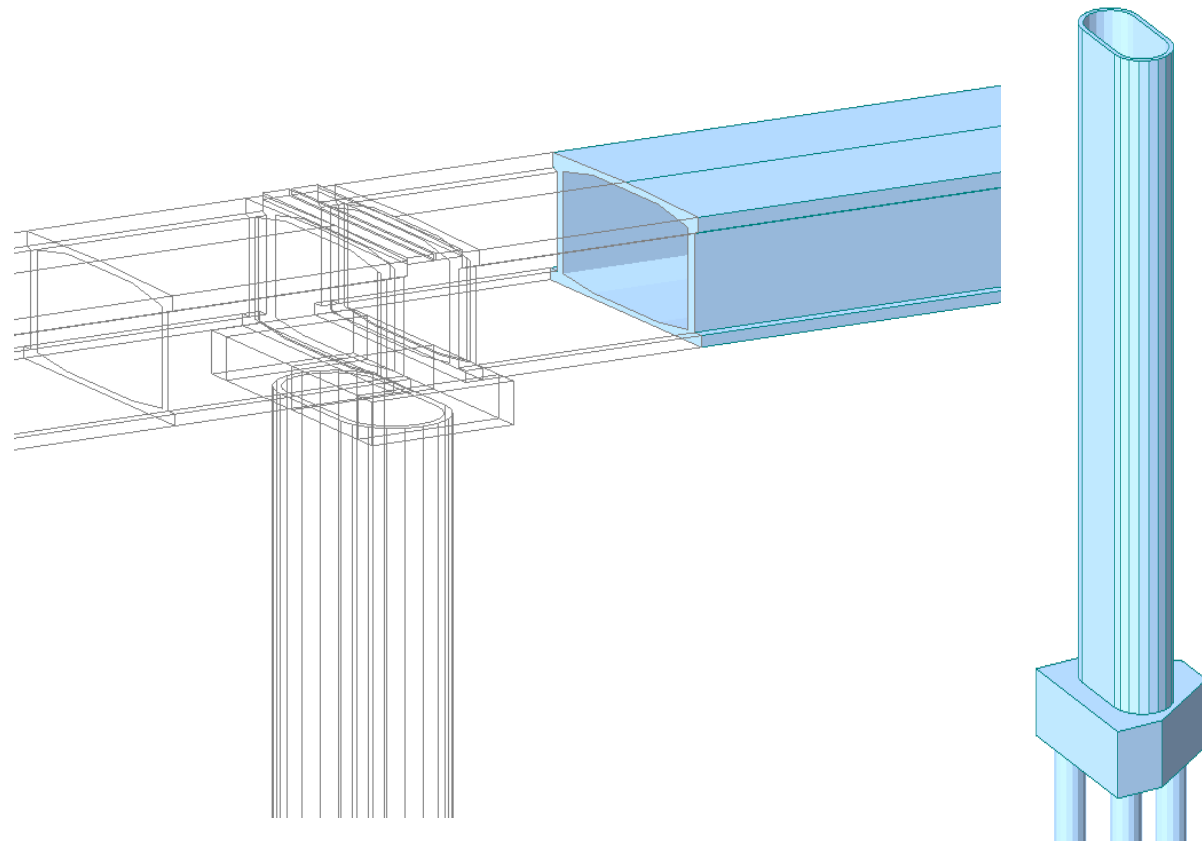
4.1 Geometria do modelo de cálculo

O modelo de cálculo é uma sucessão de 6 vãos retos em um pórtico espacial composto de barras para todos os elementos, designadamente: para o tabuleiro, pilares, bloco e estacas. O estudo incide sobre o elemento com a altura máxima de 30,5 m, em meio a um modelo simplificado cuja extensão de 6x50m (n° vãos x *afastamento pilares*) pretende traduzir o comportamento real da estrutura.

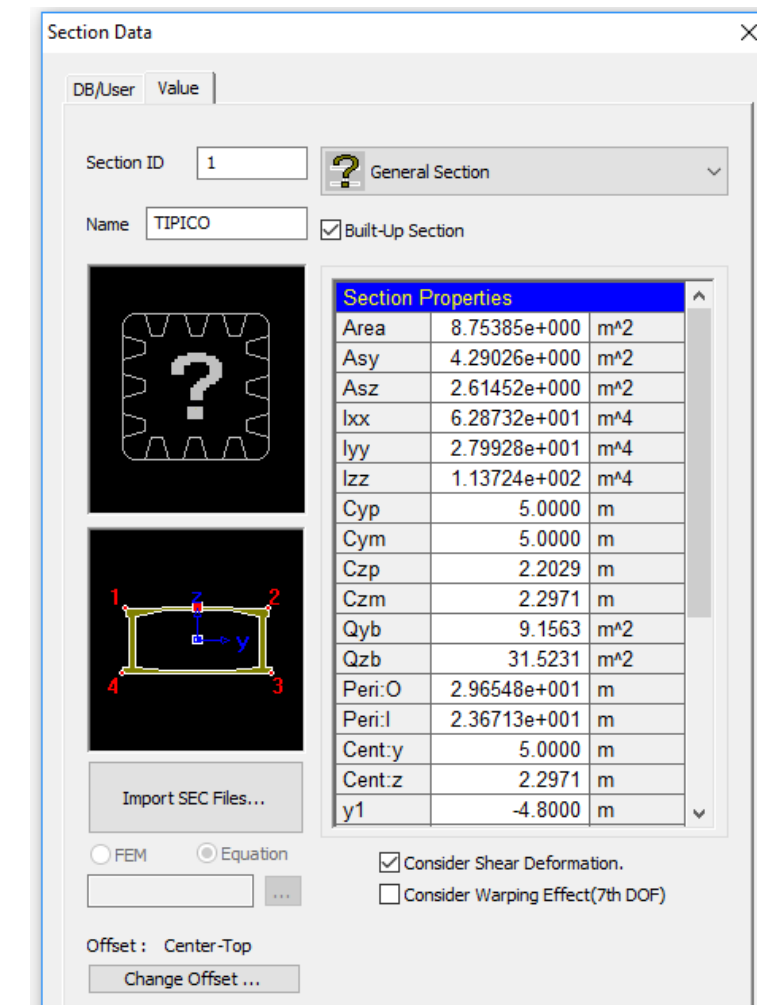
Elevação lateral do modelo de cálculo



O vão de cálculo considerado foi de 50m (entre apoios)

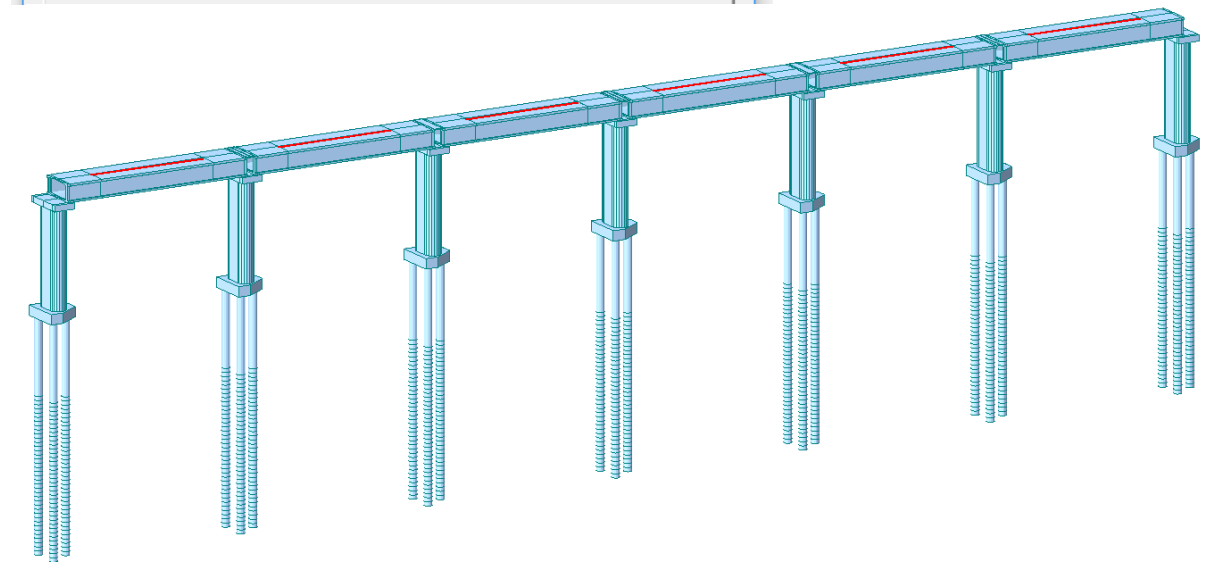


- Seção transversal do tabuleiro trecho constante



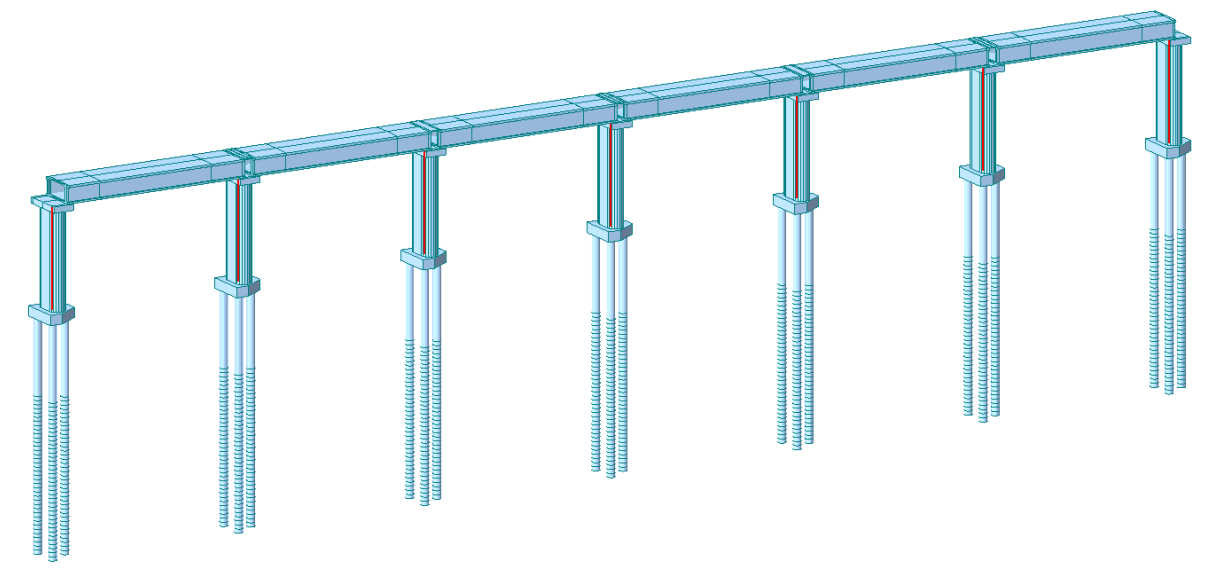
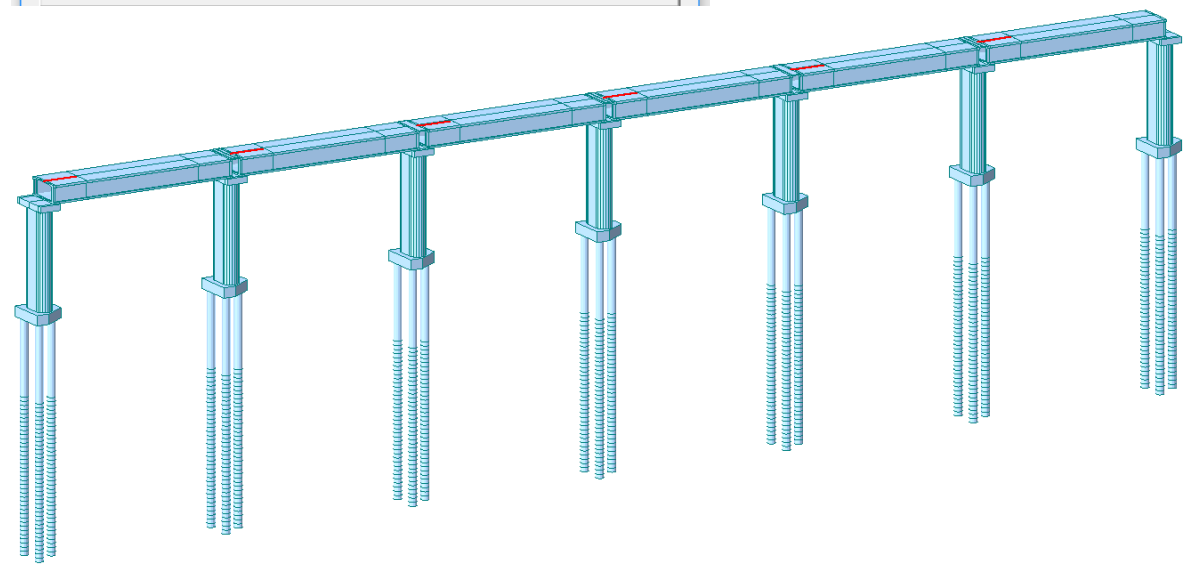
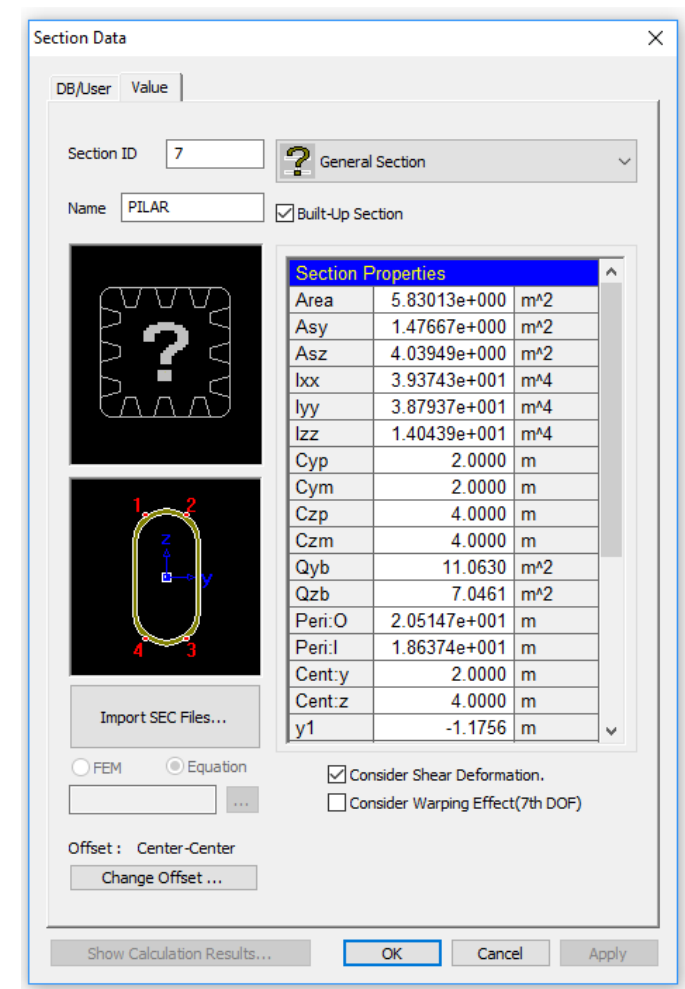
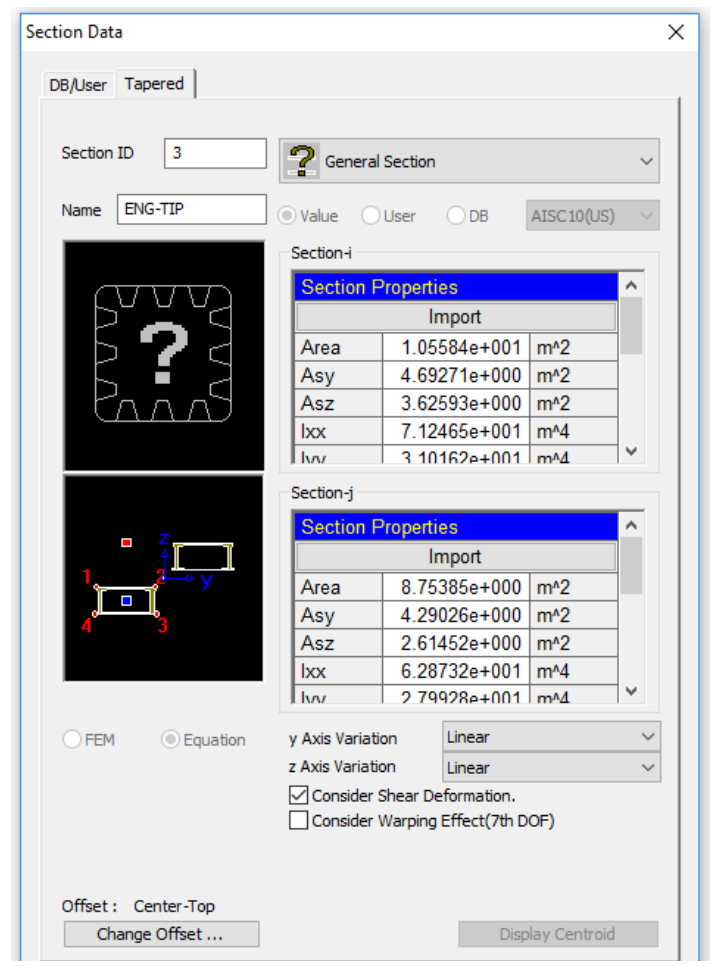
4.2 Propriedades do modelo de cálculo

A seguir apresentamos algumas propriedades geométricas das seções (unidades em m):

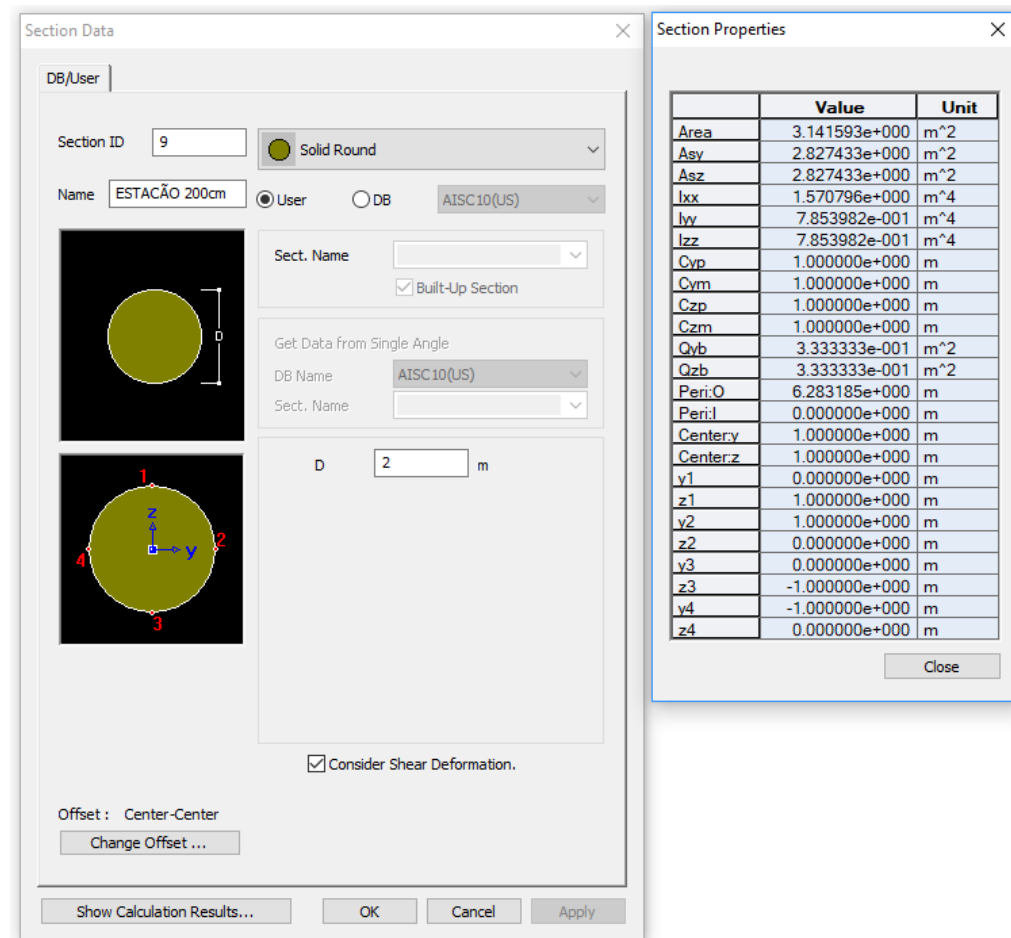


- Seção transversal do tabuleiro trecho variável

Seção transversal do pilar



- Seção transversal da estaca escavada



4.3 Restrições de apoio

4.3.1 Cálculo da rigidez dos neoprenes

Os neoprenes são definidos conforme a informação catalogada. A modelação tridimensional considera os elementos elásticos como axialmente indeformáveis e com uma deformação distorcional proporcional à rigidez calculada em seguida:

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------------------------|
| n | 6 - | nº de chapas de aço |
| tn | 2 cm | espessura de cada camada de neoprene |
| ts | 0.5 cm | espessura de cada chapa de aço |
| A | 80 cm | medida longitudinal |
| B | 200 cm | medida transversal |
| h | 170 mm | altura |
| G | 10 kgf/cm ² | distorção |

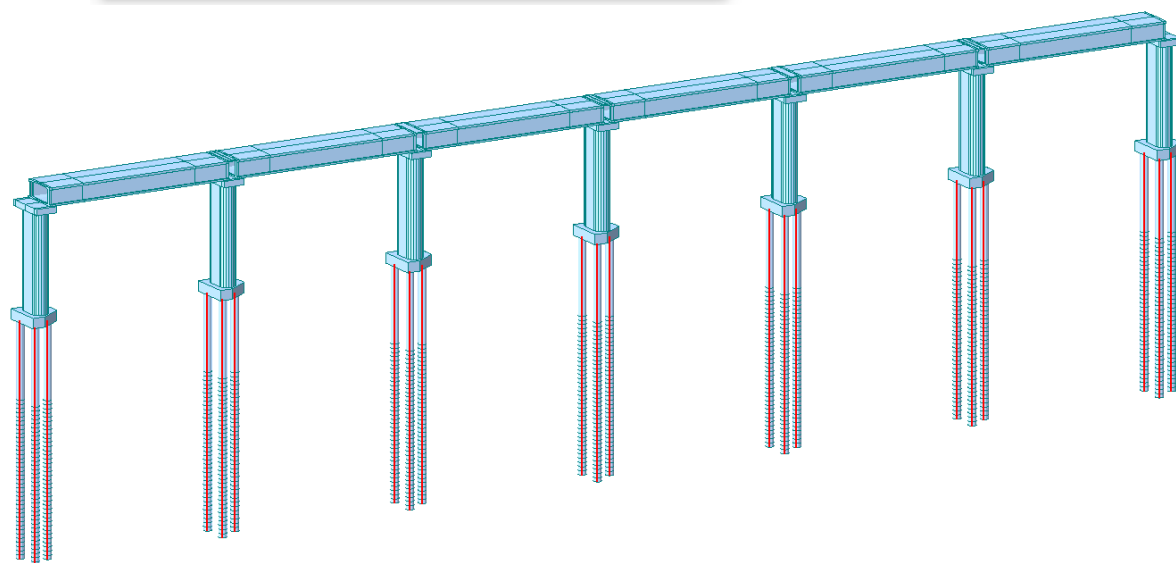
| | | |
|-----------|---------------------------|----------------------|
| β | 14.285714 - | coeficiente de forma |
| Δ | 0.0000625 cm/kgf | deformabilidade |
| fn | 16000 kgf/cm ² | rigidez do neoprene |
| fn | 1600 tonf/m ² | rigidez do neoprene |

4.3.2 Vinculação elástica do solo

Para simular o solo consideraremos os coeficientes de reação horizontal (KH) abaixo:

| SPT | KH |
|-----------|------|
| SPT<10 | 500 |
| 10<SPT<30 | 1000 |
| 30<SPT | 2000 |

As molas nos fustes são dadas pela multiplicação de $1 \times \varnothing \times KH$ (1 corresponde ao comprimento de cada barra no modelo).



Materiais

Concreto - superestrutura

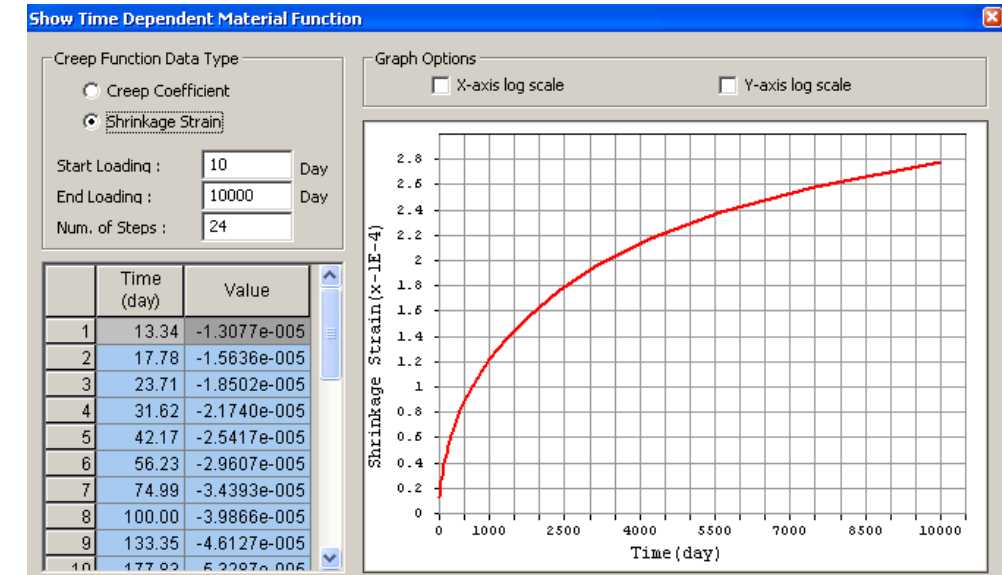
Material Data

General
Material ID: 5 Name: CONC40MPa

Elasticity Data
Type of Design: User Defined
User Defined: Standard: None DB: [dropdown]
Concrete Standard: [dropdown] Code: [dropdown] DB: [dropdown]

Type of Material
 Isotropic Orthotropic

User Defined
Modulus of Elasticity: 3.0105e+006 tonf/m²
Poisson's Ratio: 0.2
Thermal Coefficient: 1.0000e-005 1/C
Weight Density: 2.5 tonf/m³
 Use Mass Density: 0 tonf/m³/g



Para os restantes elementos:

Concreto C40

Add/Modify Time Dependent Material (Creep / Shrinkage)

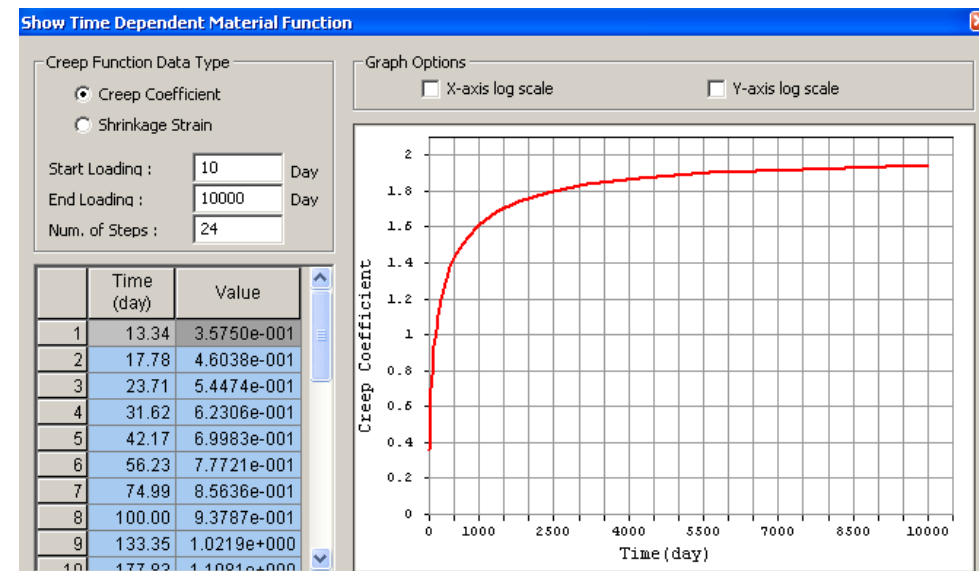
Name: C&s 40MPa Code: CEB-FIP

CEB
Compressive strength of concrete at the age of 28 days: 4000 tonf/m²
Relative Humidity of ambient environment (40 - 99): 70 %
Notational size of member: 0.5 m
h = 2 * Ac / u (Ac : Section Area, u : Perimeter in contact with atmosphere)

Type of cement
 Rapid hardening high strength cement (RS)
 Normal or rapid hardening cement (N, R)
 Slowly hardening cement (SL)

Age of concrete at the beginning of shrinkage: 3 day

| Elementos estruturais | Classe concreto |
|--|---|
| Pilares | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Blocos | C45 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas submersas | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |
| Estacas enterradas ou embutidas em rocha | C20 ($\gamma_c = 2.5 \text{ tonf/m}^3$) |



5 CARREGAMENTOS:

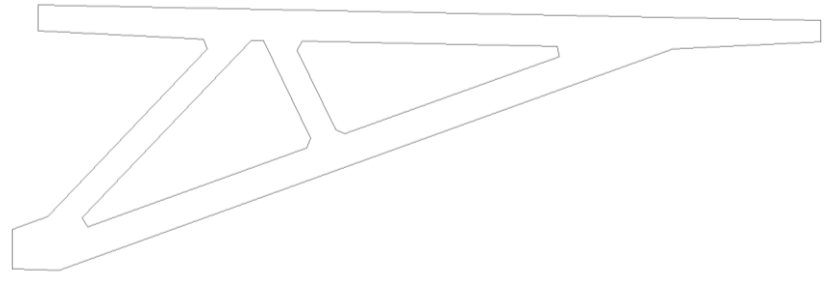
5.1 Carregamentos permanentes:

Peso próprio dos elementos do caixão são aplicados automaticamente pelo programa através das informações de densidade do material e área das seções.

Peso da laje e pré-laje:

$$p = 1.85 \times 2.5 \times 2 = 9.3 \text{ tf/m}$$

Peso da treliça:



$$\text{Peso} = (4,82 \times 0.6 \times 2.5 \times 2) / 2.9 = 4.99 \text{ tf/m}$$

$$\text{Totalizando de laje e treliça a carga de } 9.3 + 4.99 = 14,3 \text{ tf/m}$$

- **Peso de defensas e pavimentos**

| | |
|------------------------------|---|
| Barreira central | $p = 0.38 \times 2.5 = 0.95 \text{ tf/m}$ |
| Barreiras laterais + passeio | $p = 0,31 \times 2,5 \times 2 = 1.55 \text{ tf/m}$ |
| Pavimento | $p = 11.4 \times 0.07 \times 2.4 \times 2 = 3.9 \text{ tf/m}$ |
| Gradil + apoio + passeio | $p = 0.2 \times 2.5 \times 2 + 0.08 \times 2 = 1.16 \text{ tf/m}$ |

5.2 Cargas móveis

Multidão: $0,5 \text{ tf/m}^2$

Para o trem-tipo TB-45 será considerado um ou dois veículos caminhando ao longo da obra.

Impacto devido à carga móvel segundo NBR 7188 (2013)

- Coeficiente de impacto vertical

$CIV = 1,35$, para estruturas com vão menor que 10,0 m

$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{L_{iv} + 50} \right)$, para estrutura com vão entre 10,0 m e 200,0 m

$$CIV = 1 + 1,06 \times \left(\frac{20}{70 + 50} \right) = 1,18$$

- Coeficiente de número de faixas

$CNF = 1 - 0,05 \times (n - 2) > 0,9$, onde n é o número inteiro de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo (sem acostamento e faixas de segurança).

$$CNF = 1 - 0,05 \times (6 - 2) = 0,8$$

Coeficiente de impacto adicional

Não se aplica neste caso, somente para elementos na proximidade das juntas que possam sofrer um impacto adicional pela descontinuidade ou imperfeição das mesmas.

Coeficiente de impacto

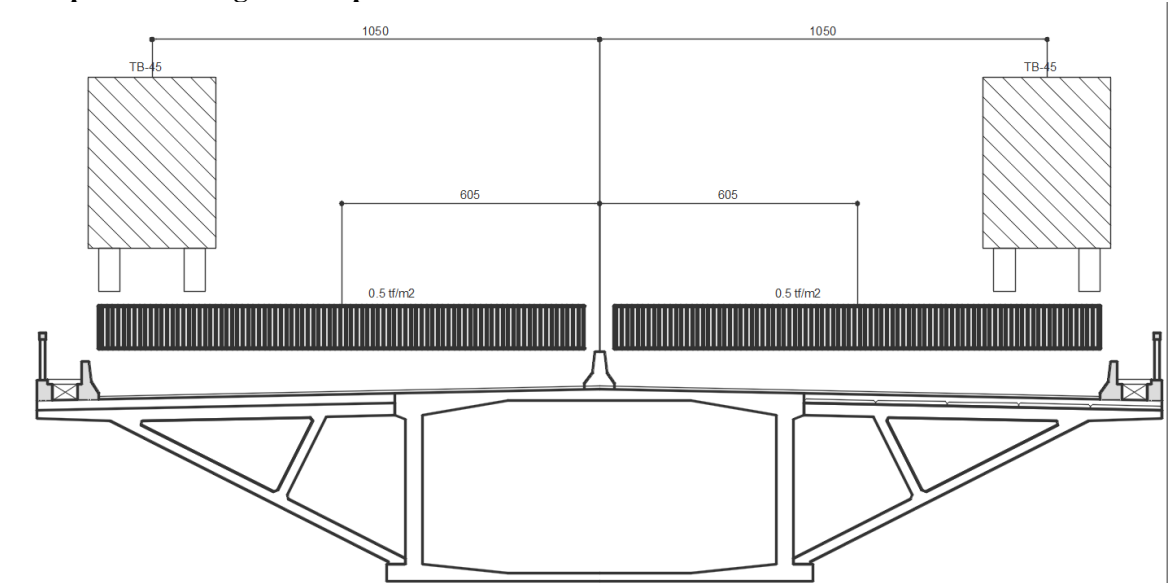
$$CI = CIV \times CNF \times CIA = 1,18 \times 0,9 \times 1,0 = 1,06 < 1,0$$

$$CI = 1,06$$

Cargas devido ao veículo tipo

Devido à sobreposição do veículo com a multidão foi considerado a carga do veículo com o valor de 36 tf sem impacto ($45 \text{ tf} - 6 \times 3 \times 0,5 = 36 \text{ tf}$).

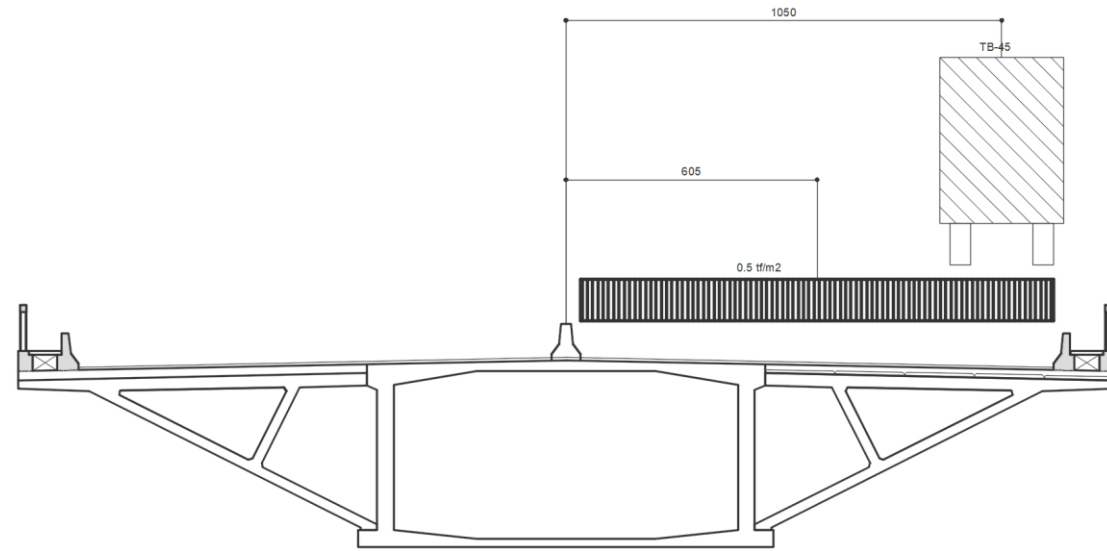
Esquema da carga móvel para cortante máxima



$$\text{Carga da multidão: } q = 2 \times 11,40 \times 0,5 = 11,40 \text{ tf/m}$$

TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

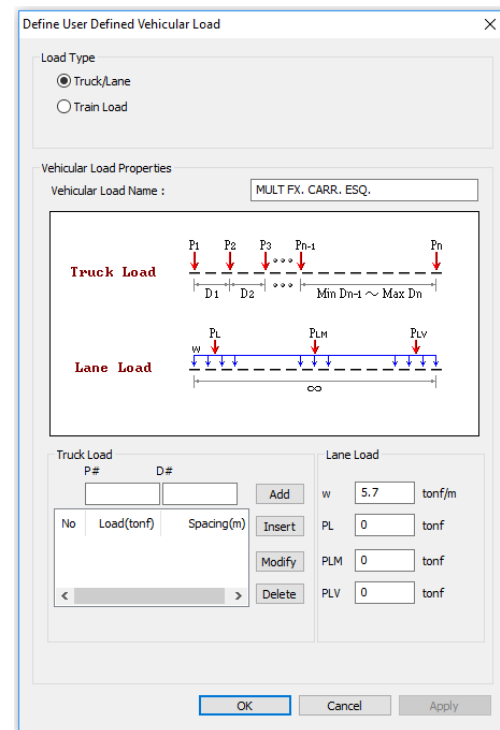
Esquema da carga móvel para torção máxima



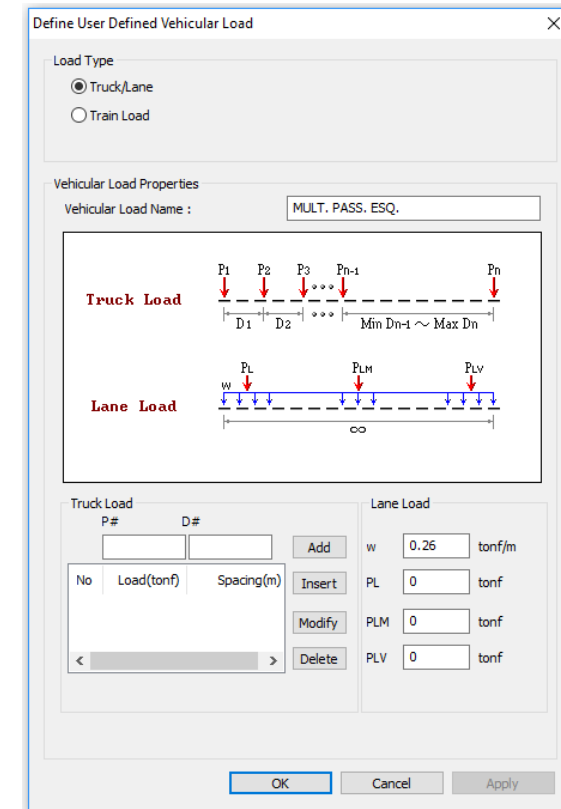
Carga da multidão: $q = 11,40 \times 0,5 = 5,7 \text{ tf/m}$
TB 45 com equivalente 36 tf a 10,50 m de distância do centro do caixão

Definição da carga da multidão em 1/2 tabuleiro e 1 veículo. Para torção máxima.

Definição do veículo e multidão no modelo de cálculo Para cortante máxima



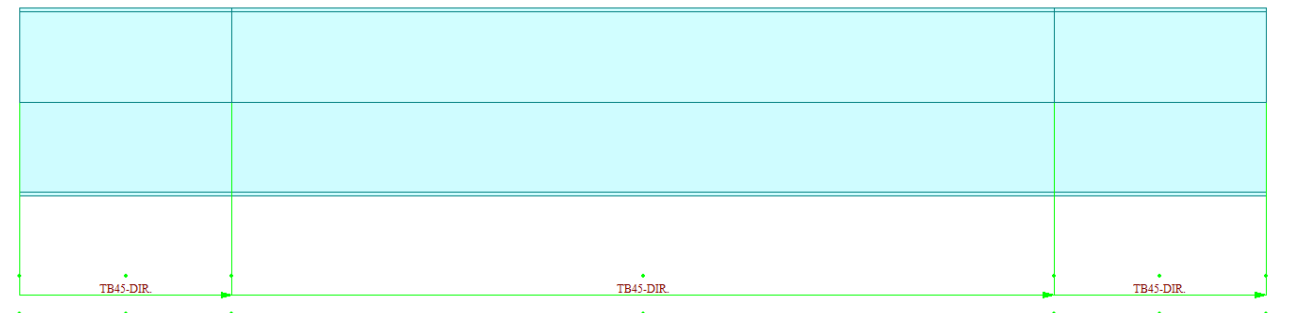
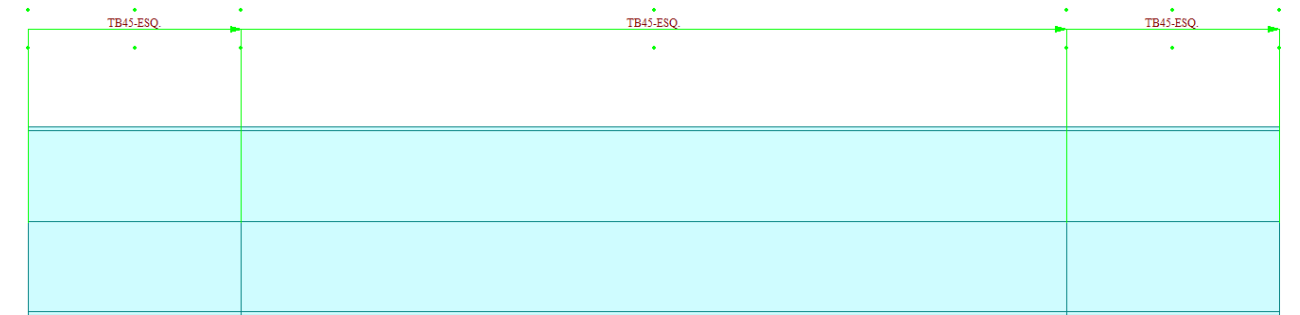
Definição da carga da multidão no passeio. Para torção máxima



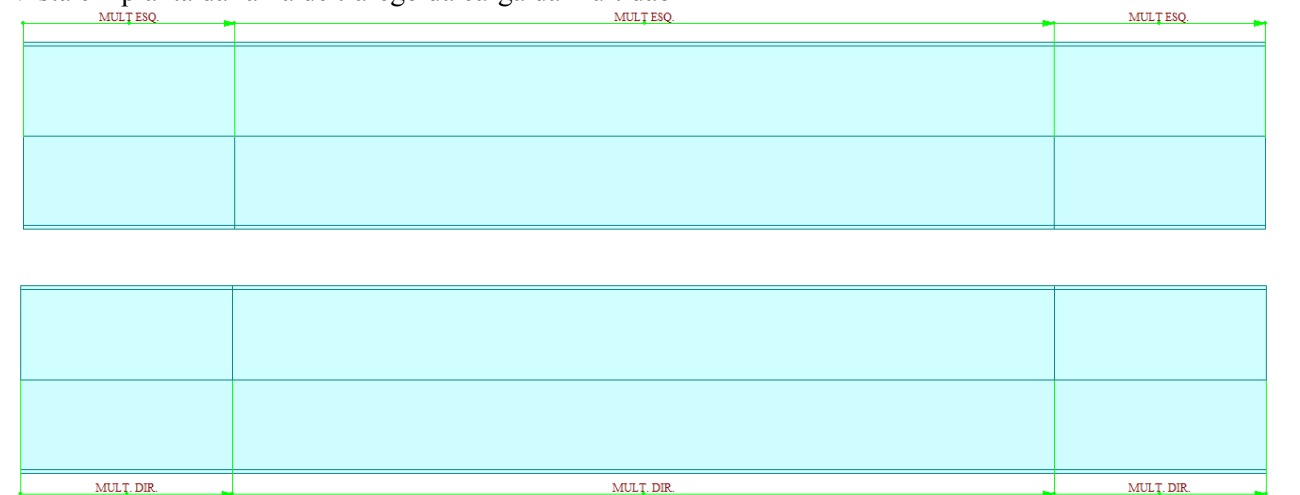
Faixas em planta de carregamento da carga móvel no modelo de cálculo. O veículo pode ocupar somente a faixa lateral esquerda ou lateral direita. Já a multidão pode ocupar as duas faixas ou somente uma delas de acordo com a linha de influência de esforços para cada barra da estrutura.

Assim temos os carregamentos lineares anteriores apresentados nas faixas abaixo (vista em planta da posição considerada das cargas móveis):

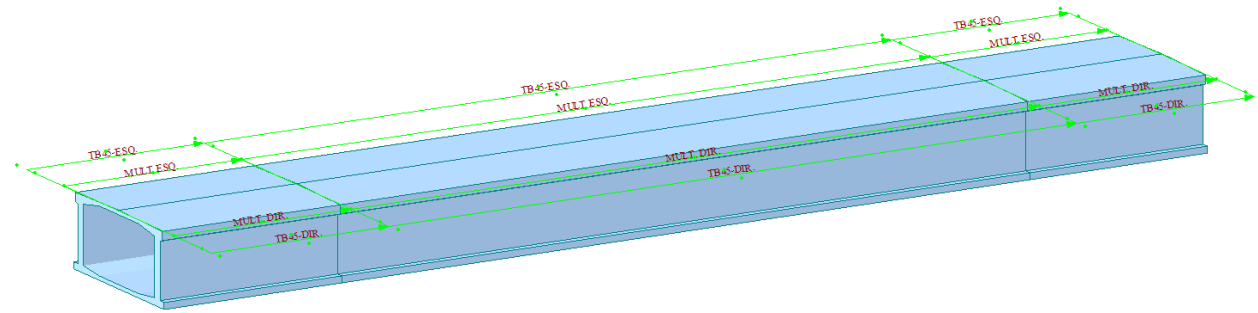
Vista em planta da faixa de tráfego da carga móvel do veículo no caixão



Vista em planta da faixa de tráfego da carga da multidão



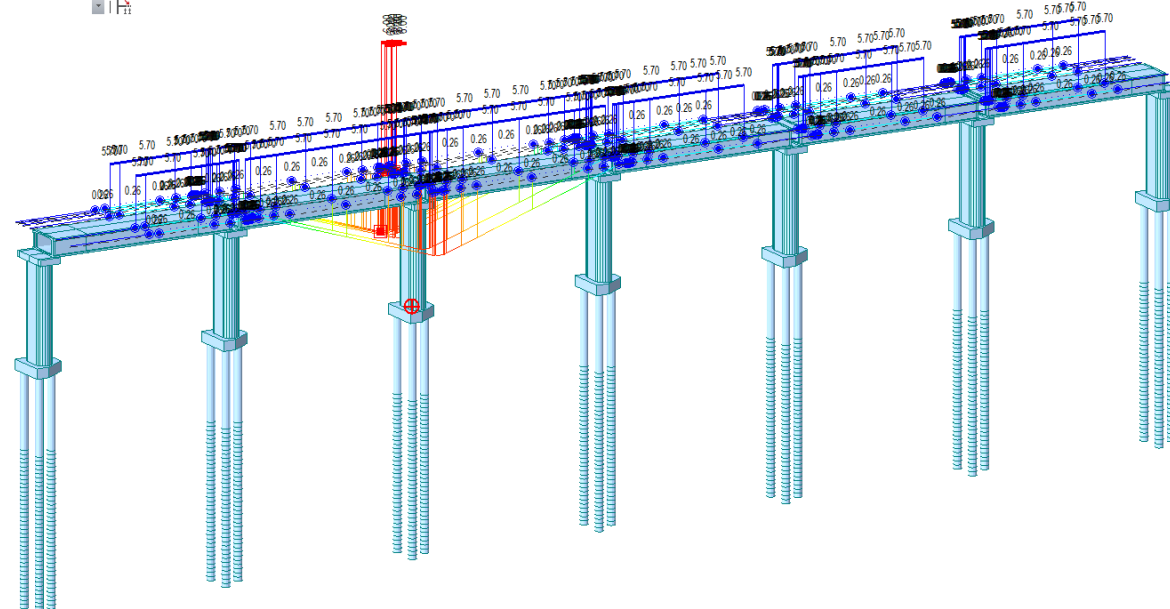
Vista em perspectiva das linhas de tráfego da carga móvel



O software MIDAS determina as linhas de influência para momentos fletores, esforços cortantes, torção e esforço axial em cada seção. Para cada linha de influência é determinados os maiores e os menores esforços.

A seguir apresentamos algumas das linhas de influência de carregamentos somente para ilustração:

Axial mínima no pilar:



Os valores nos vãos de extremidade são residuais.

5.2.1 Força longitudinal devido à retração e fluência do concreto

Os efeitos da retração e fluência do concreto são considerados automaticamente pelo programa MIDAS pelo avanço do tempo considerado nas análises

5.2.2 Força centrífuga

A análise incide sobre um trecho reto sendo desconsiderada a ação da força centrífuga.

5.2.3 Força longitudinal devido ao vento

A ação do vento é calculada para as direções longitudinais e transversais com base na norma ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao Vento, a qual determina os coeficientes e valores a serem adotados no Brasil.

Pelas isopletras (pág. 10 da Norma), a velocidade básica V_0 do vento em Salvador é de 30 m/s.

A velocidade característica V_k do vento é dada por $V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$, sendo:

- S_1 = fator topográfico, leva em consideração as variações do relevo do terreno (terreno plano, taludes ou morros, vales);
- S_2 = leva em consideração a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura sobre o terreno;
- S_3 = fator estatístico, leva em consideração a vida útil.

Pressão na direção transversal (W_{y-y}):

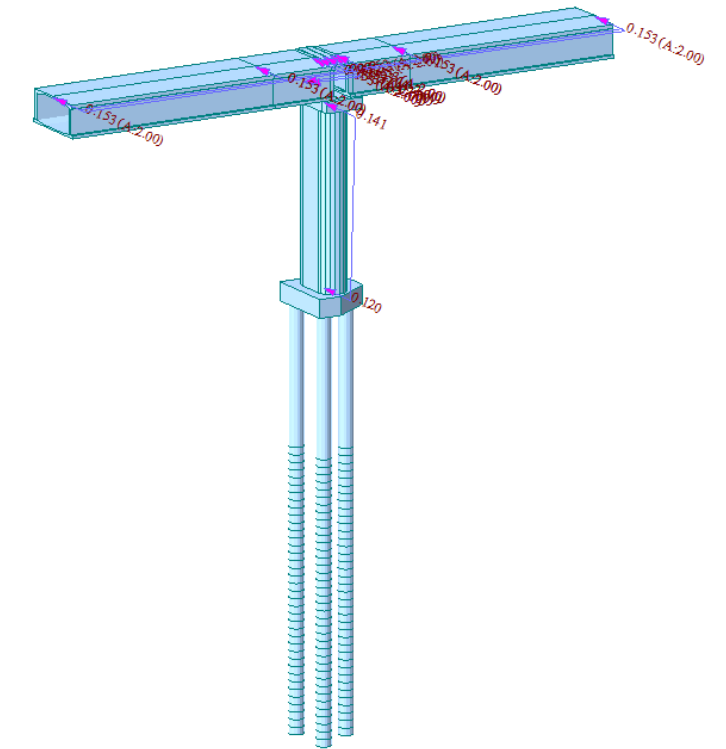
Na base

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,39$ m/s = 145,4 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $P_{,pilar} = 30,0$ kgf/m²

No topo

- $S_1 = 1,0$
- $S_2 = 1,15$ a 30,5 m de altura
- $S_3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 43,8$ m/s = 157,7 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,3$
- $C_{a,tabuleiro} = 1,3$
- $P_{,pilar} = 35,3$ kgf/m²
- $P_{,tabuleiro} = 152,9$ kgf/m²

Por simplificação a pressão aplicada nos pilares e no tabuleiro corresponde ao valor máximo, representando uma majoração da pressão na base do pilar, e por isso, sem grande acréscimo do momento máximo.



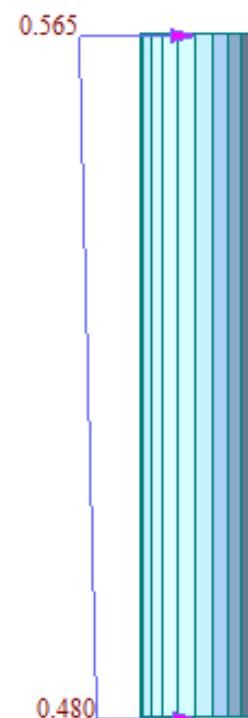
Pressão na direção longitudinal (W_{x-x}):

Na base

- $S1 = 1,0$
- $S2 = 1,06$ a 10 m de altura
- $S3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 40,4$ m/s = 145,4 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,6$
- $p = 60,0$ kgf/m²

No topo

- $S1 = 1,0$
- $S2 = 1,18$ a 30,5 m de altura
- $S3 = 1,27$ para um período de 100 anos
- $V_k = 43,8$ m/s = 157,7 km/h
- $C_{a,pilar} = 0,6$
- $p = 70,6$ kgf/m²



A pressão aplicada nos pilares na direção longitudinal não prevê qualquer efeito de sombra ou sucção.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Gi,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

onde:

$F_{Gi,k}$ – é o valor característico das ações permanentes

$F_{Qj,k}$ – é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação

γ_q – coeficiente de ponderação para as ações variáveis, conforme valores tabelados abaixo:

| Ações | γ_q |
|--|------------|
| Vento | 1.4 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 1.5 |

$\psi_{0j} F_{Qj,k}$ – é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis conforme tabelado abaixo:

| Ações | $\psi_{0j,k}$ |
|--|---------------|
| Vento | 0.6 |
| Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos | 0.7 |
| Temperatura | 0.6 |

5.2.4 Força longitudinal devido a frenação/aceleração

Força longitudinal devido à frenação/aceleração: (item 7.2.1.5.2 – NBR7187/2003)

Trem tipo : 45 tf

$$F_{FR1} = 30\% \text{ peso do veículo} \times 2 = 30\% \times 45 \times 2 = 27 \text{ tf}$$

$F_{FR2} = 5\%$ multidão na pista

$$F_{FR2} = 5\% \times p \times \text{pista} = 5\% \times 0,50 \text{ tf/m}^2 \times (50,00) \times 22,8\text{m} = 28,5 \text{ tf}$$

Portanto:

$$F_{FR} = \text{Max} (F_{FR1} ; F_{FR2}) = 28,5 \text{ tf}$$

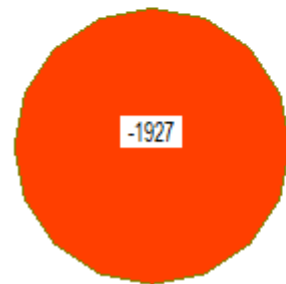
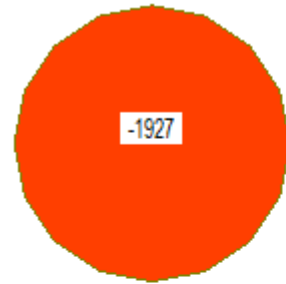
Assim consideraremos uma carga na faixa carroçável de $0,05 \times 0,5 \text{ tf/m}^2 = 0,025 \text{ tf/m}^2$ na direção longitudinal da obra.

5.3 Combinações de cálculo

A análise ao Estado Limite Último, de acordo com norma vigente ABNT NBR 6118:2014, respeita a seguinte expressão:

6 ANÁLISE GEOTÉCNICA

Essa é a carga das estacas no ponto em que as mesmas chegam ao topo do terreno no fundo do leito do mar.



7 DIMENSIONAMENTO DAS ESTACAS ESCAVADAS

7.1 Esforços solicitantes

Apresentaremos os esforços solicitantes de uma estaca a título de exemplo.

7.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)

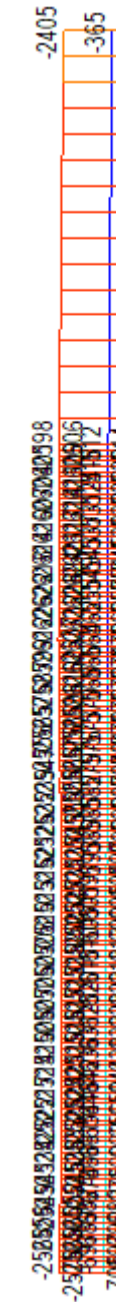
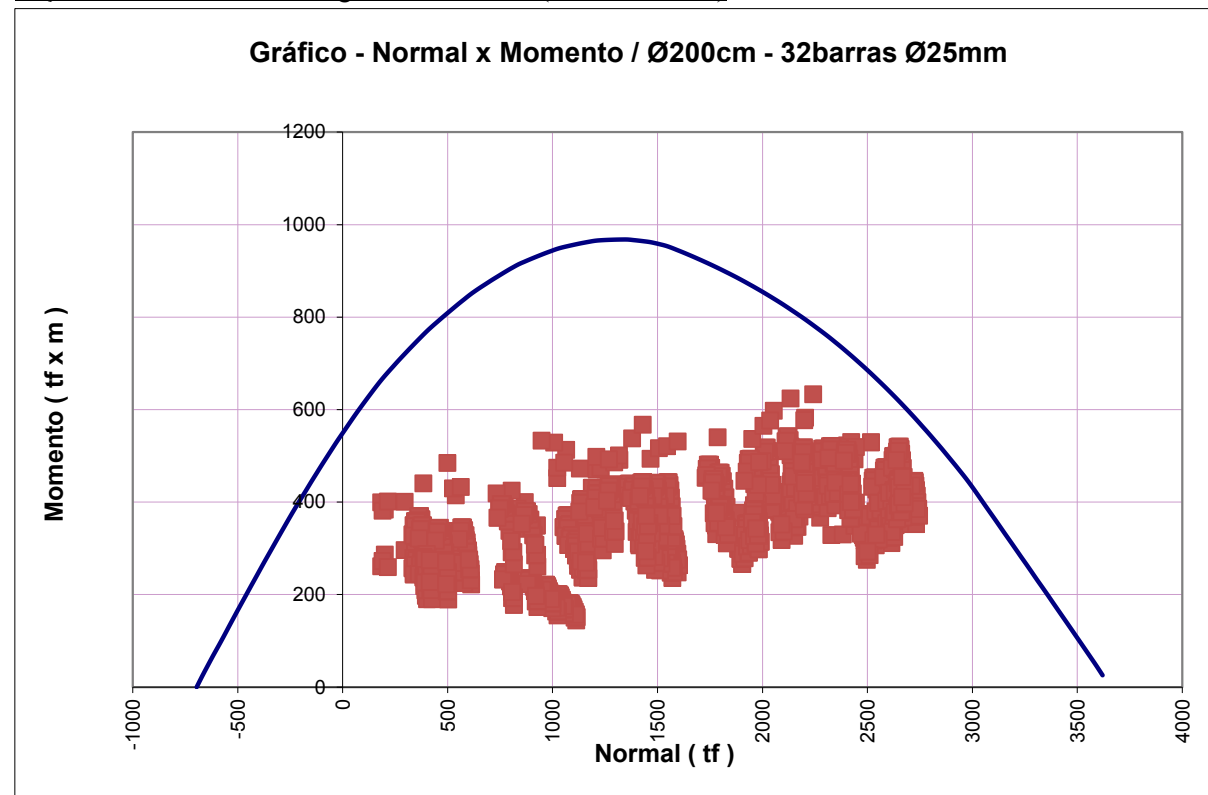


Gráfico de esforços resistentes (Normal x Momento) da seção
 Dados para cálculo [kgf; cm²]:

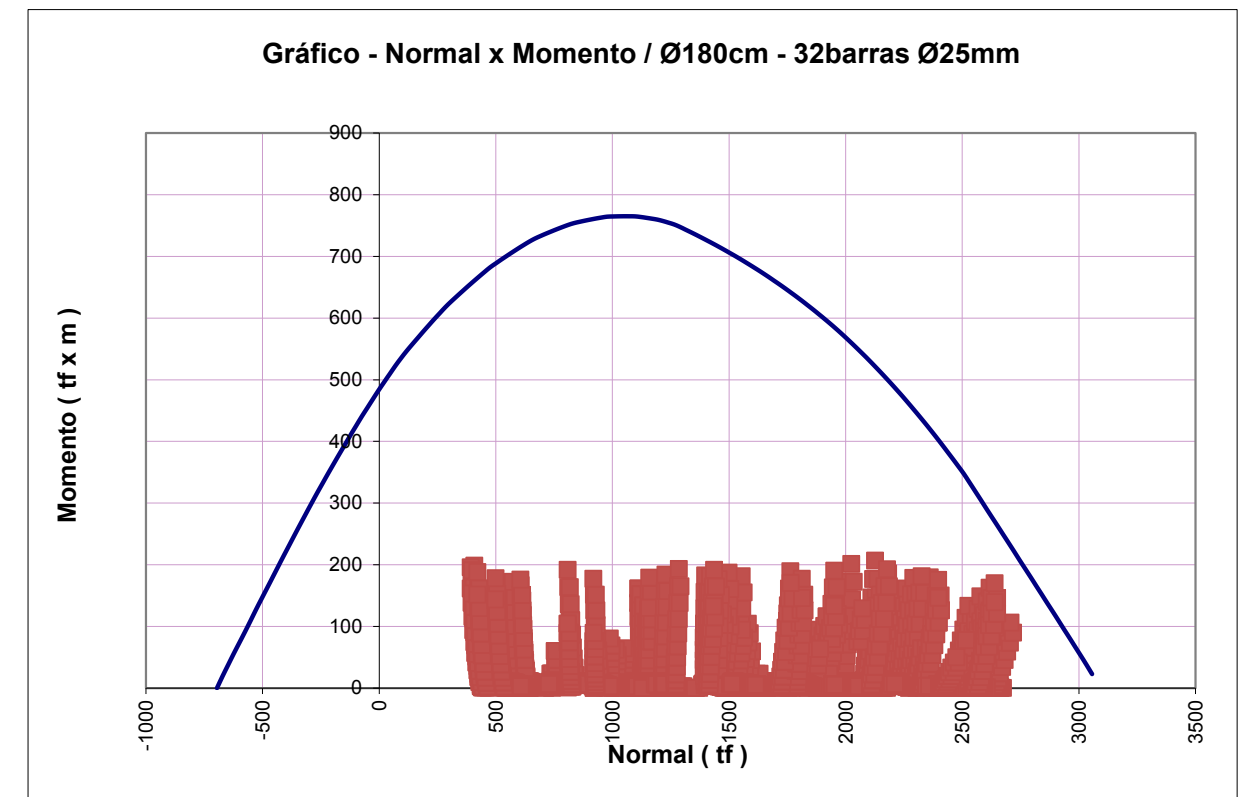
| | |
|----------|---------|
| f_{ck} | 200 |
| Y_c | 1.8 |
| f_{yk} | 5000 |
| Y_s | 1.15 |
| E_s | 2100000 |

São verificadas 2 seções com o intuito de particularizar a armadura em função da profundidade.

1. Seção Ø200 no trecho em água/solo 32 Ø25 (taxa de 0,51%)



2. Seção Ø180 no trecho de embutido em rocha com armadura 32 Ø25 (taxa de 0,63%)



Como todos os esforços solicitantes encontram-se dentro das suas respectivas curvas de interação consideramos que as estacas tem capacidade para resistir aos esforços solicitantes.

8 DIMENSIONAMENTO DO PILAR

8.2 Envoltória de esforços axiais - ELU - (gráfico)

8.1 Esforços de 1ª ordem no pilar

Para o dimensionamento dos pilares são consideradas as seguintes hipóteses:

Situação 1: Esforço Normal máximo com momento fletor concomitante;

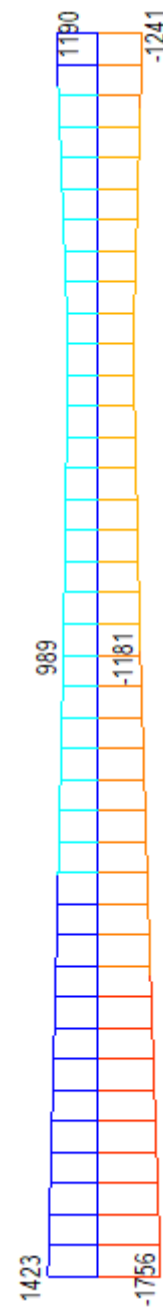
Situação 2: Momento Fletor Longitudinal máximo com esforço normal concomitante.

Situação 3: Esforço Normal mínimo com momento fletor concomitante.

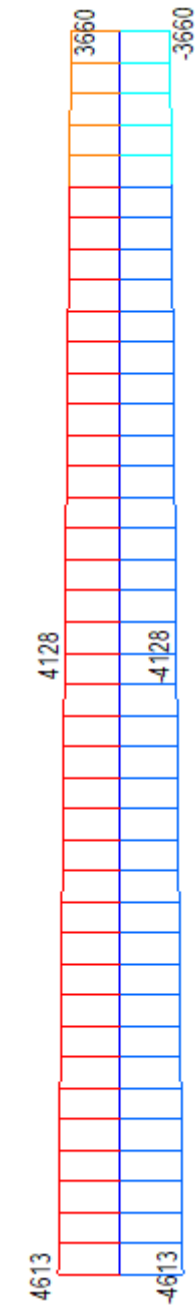
Apresentamos as envoltórias de cálculo.



8.3 Envoltória de momentos fletores longitudinais - ELU - (gráfico)



8.4 Envoltória de momentos fletores transversais - ELU - (gráfico)



8.5 Esforços de 2ª ordem no pilar

8.5.1 Método aproximado

A análise dos efeitos de não-linearidade geométrica no pilar é realizada pelo método aproximado preconizado na norma ABNT NBR 6118:2014 em 15.8.3.3.2 – *Método do pilar-padrão com curvatura aproximada*. O método analítico impõe que a esbeltez (λ) seja inferior a 90, que a seção seja constante e a armadura simétrica e constante ao longo do seu eixo, requisitos cumpridos no caso em análise (esbeltez calculada em 9.6).

O momento total é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{l_e^2}{10r} \geq M_{d1,A}$$

Sendo $1/r$ a curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{H(v + 0,5)} \leq \frac{0,005}{H}$$

onde

$$v = N_d / A_c f_{cd}$$

Onde

H – é a altura da seção na direção considerada

v – é a força normal adimensional

A vocação do método é a análise de pilares de edifícios, onde a parcela de amplificação dos esforços por ação de N_d vai diminuindo em altura com o número de lajes. Para uma ponte o esforço axial no pilar é, para os casos convencionais, constante pela preponderância da superestrutura no peso global da obra.

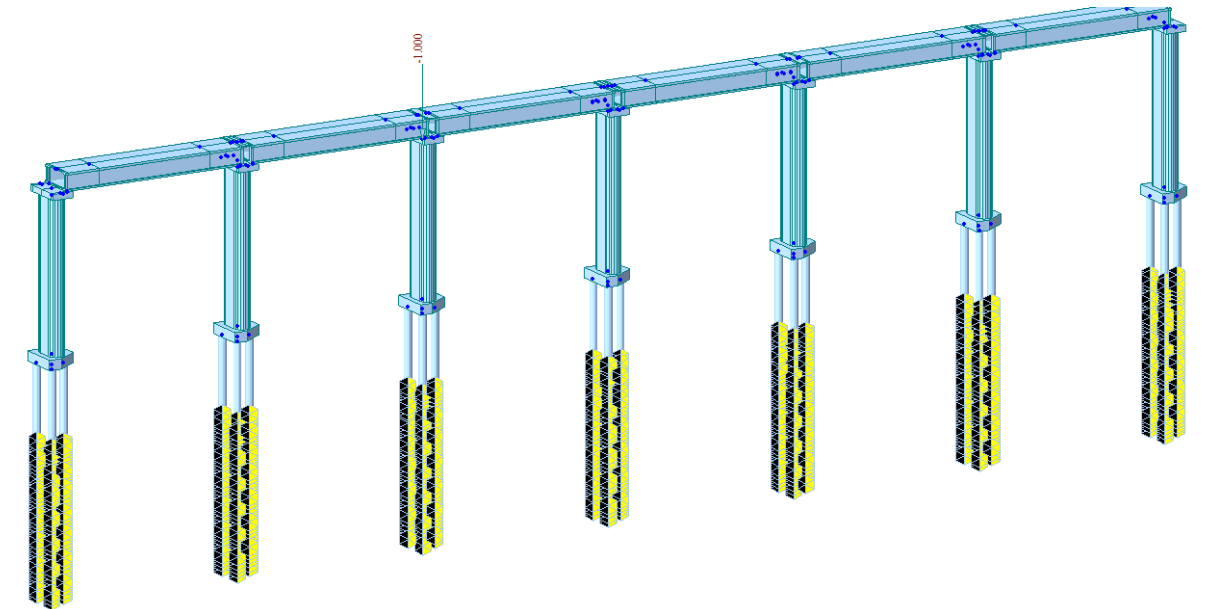
A análise proposta neste documento propõe uma adaptação do método respeitando os conceitos teóricos de base. A questão da não-linearidade geométrica, por definição do método, é considerada aproximada por assimilação da deformada da barra a uma senóide. Assim, o termo de amplificação do momento pelo esforço axial (2º termo da fórmula) é calculado para o engastamento do pilar no bloco e considerado como variável de forma senoidal até atingir o valor nulo no topo.

8.6 Comprimento de encurvadura - l_e

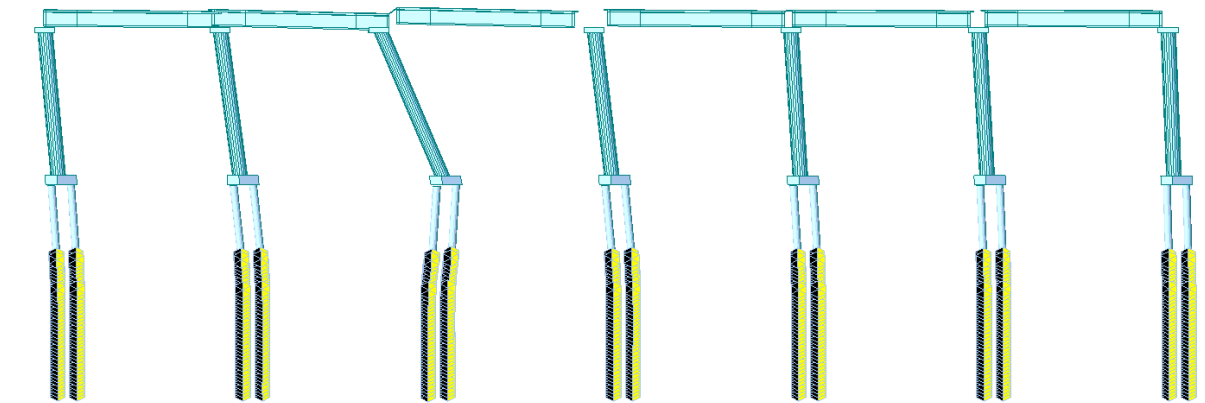
O comprimento de encurvadura é obtido indiretamente pelo programa MIDAS, que por meio de cálculo matricial fornece as cargas críticas (P_{cr}) dos vários modos de instabilidade. A fórmula de Euler permite posteriormente determinar o comprimento de encurvadura:

$$l_e = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{P_{cr}}}$$

Modelo para análise da carga crítica do pórtico



As configurações das deformadas de instabilidade exigiram uma abordagem mais criteriosa ao nível das restrições de apoio nas estacas para assim determinar o comprimento de encurvadura.



| Node | Mode | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------------------------|------|----------------|-------------|----|----|----|----|
| BUCKLING ANALYSIS | | | | | | | |
| | Mode | Eigenvalue | Tolerance | | | | |
| | 1 | 96713.807957 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 2 | 156883.303688 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 3 | 613177.247991 | 0.0000e+000 | | | | |
| | 4 | 1557158.293013 | 1.6899e-024 | | | | |
| | 5 | 1667843.281044 | 5.9776e-023 | | | | |
| BUCKLING VECTOR | | | | | | | |

O valor da carga crítica, considerando a inércia do pilar na menor direção, resulta em 70.3m. O valor representa 1.83 do comprimento total do pilar.

Cálculo da esbelteza na menor direção - $\lambda_y = 45,2 < 90$, sanciona a aplicação do método aproximado.

8.7 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Será analisada duas seções do pilar, uma na base e outra na meia altura do pilar.

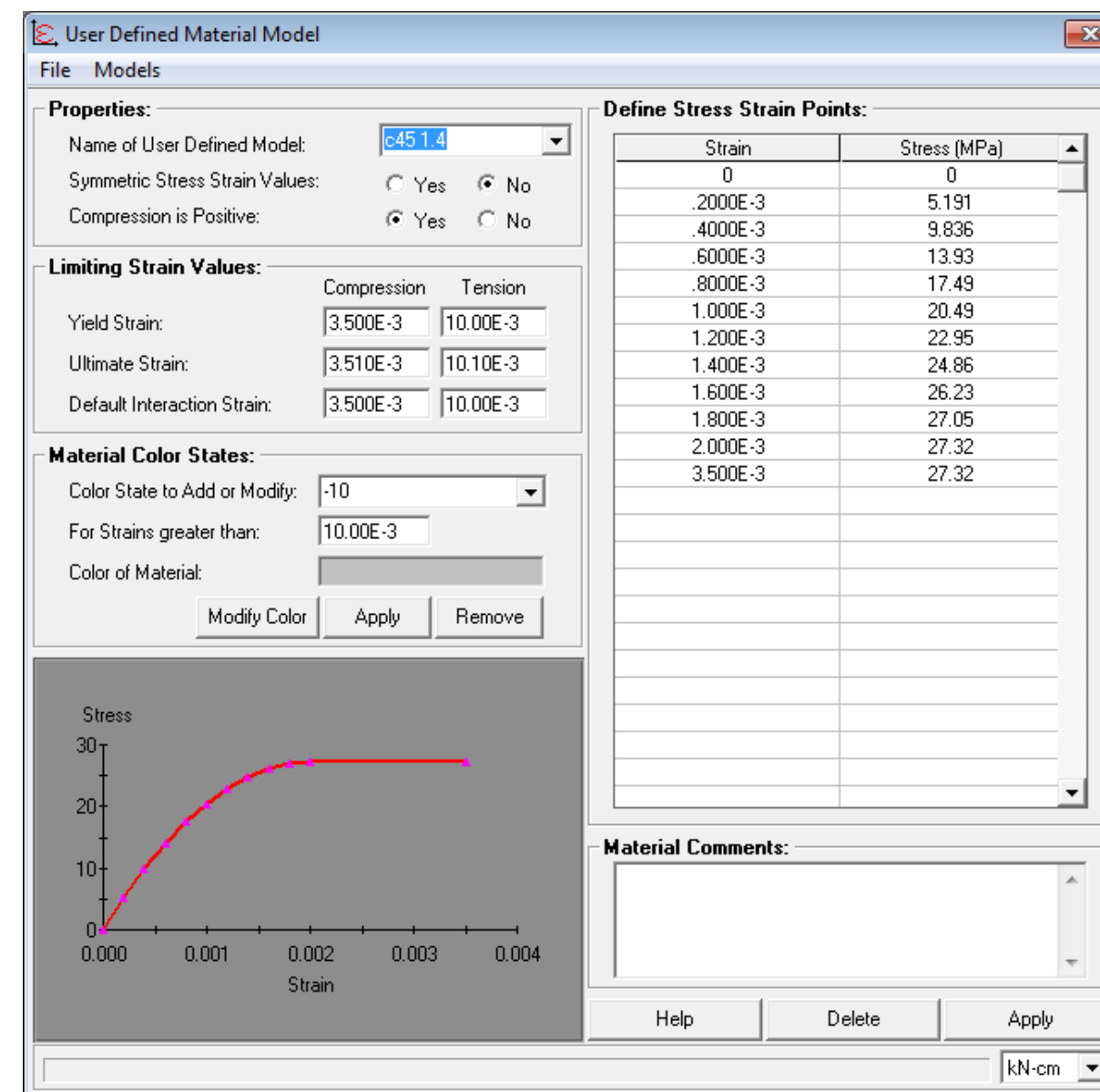
Para a verificação da ruptura da seção será utilizado o programa XTRACT (<http://www.imbsen.com/xtract.htm>).

Este programa fornece a capacidade resistente da seção uma vez fornecido as características geométricas da seção, materiais, propriedades e áreas de aço. Neste programa introduzimos as curvas tensão x deformação do concreto e do aço CA-50 seguindo os critérios da norma NBR 6118:2014.

Este programa foi criado originalmente por Dr. Charles Chadwell da Universidade da Califórnia em Berkeley. Este programa analisa seções genéricas e de diferentes tipos de materiais. Este programa realiza análises de momento curvatura, gráficos de axial x momento resistente e análise de momento x momento.

A seção é discretizada em elementos e assim cada parte tem um comportamento de acordo com a sua curva tensão deformação.

Gráfico do concreto C45 (já considerando coeficiente de minoração de $\gamma_s = 1,4$ e coeficiente de Rush=0,85)



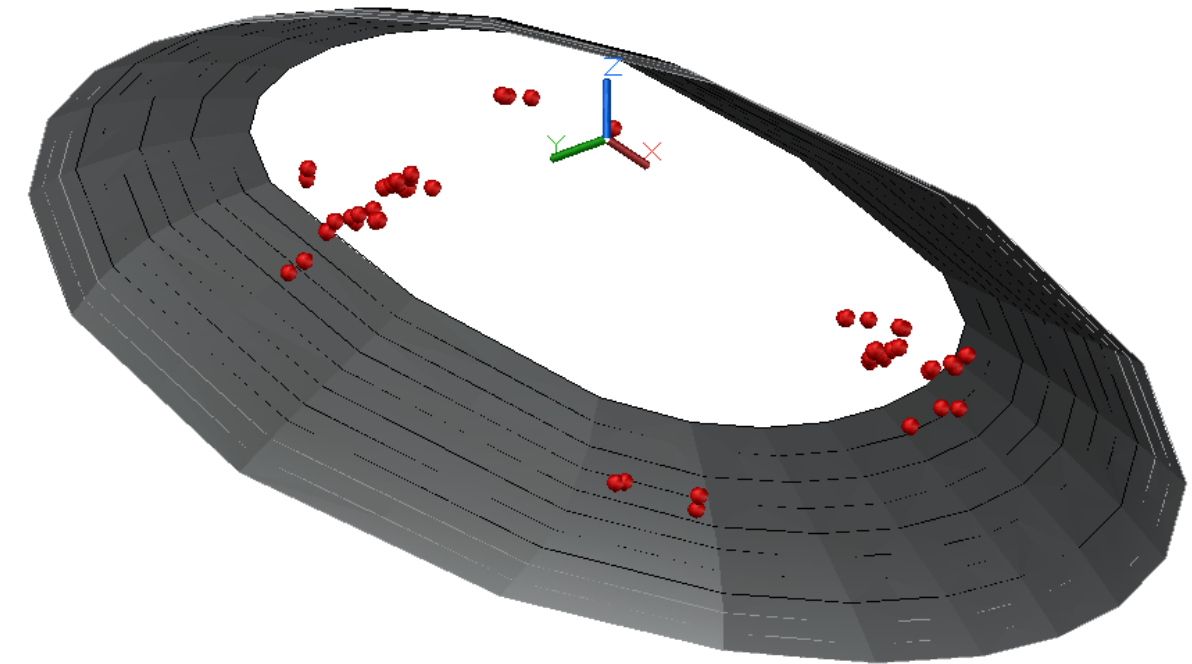
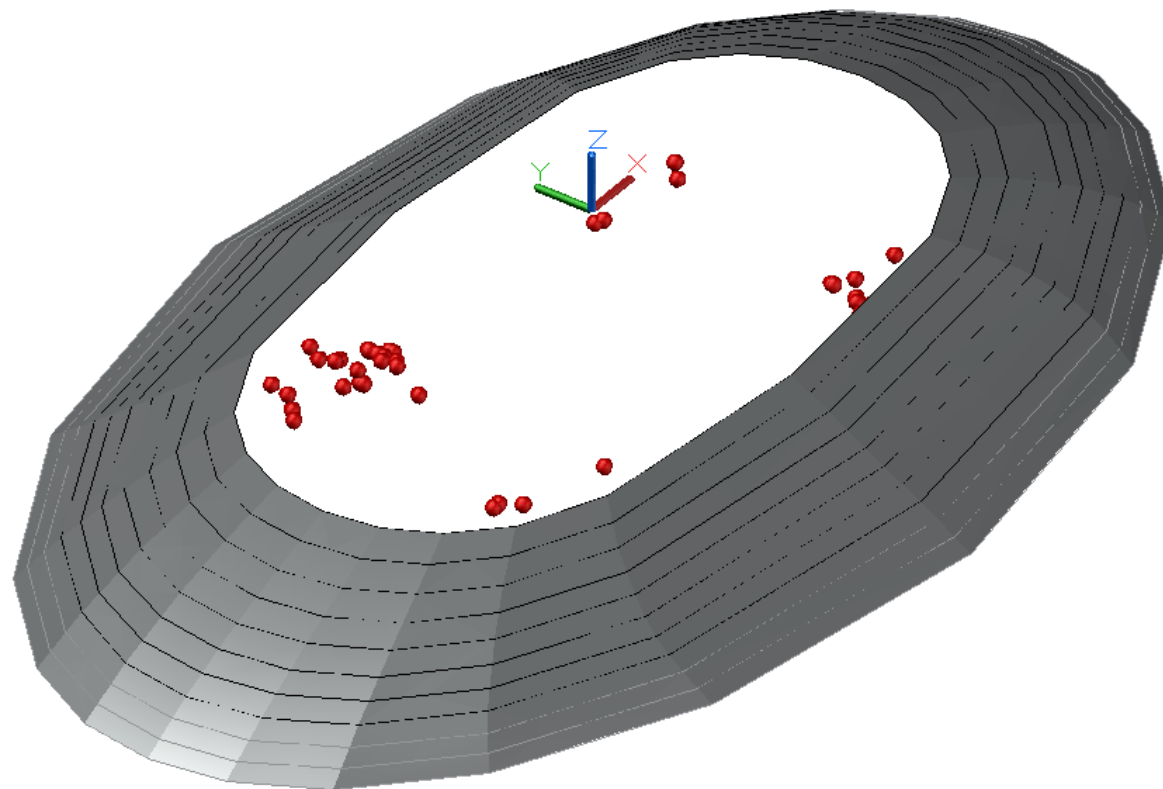
8.8 Comparação de esforços resistentes com esforços solicitantes

Em seguida apresentamos os valores resistentes da seção da base em flexo-compressão onde M_{y-y} (na menor inércia do pilar, sentido longitudinal da obra) e M_{z-z} (maior inércia do pilar, sentido transversal à obra) correspondem respectivamente aos eixos Y e Z.

Constante em toda altura do pilar

Armadura – Ø16
Total de ferros = 118
Taxa de armadura = 0.4%

Envoltória de rotura



Conforme podemos observar todos os esforços encontram-se dentro da superfície resistente, dessa maneira podemos concluir que a seção é capaz de resistir aos esforços solicitantes. A armadura na base é constante em altura, cumprindo os preceitos regulamentares de detalhamento e de armadura mínima de flexão - calculada como o máximo de $\{0.4\%A_c ; 0.15 N_d / f_{yd}\}$. **Topo do pilar**