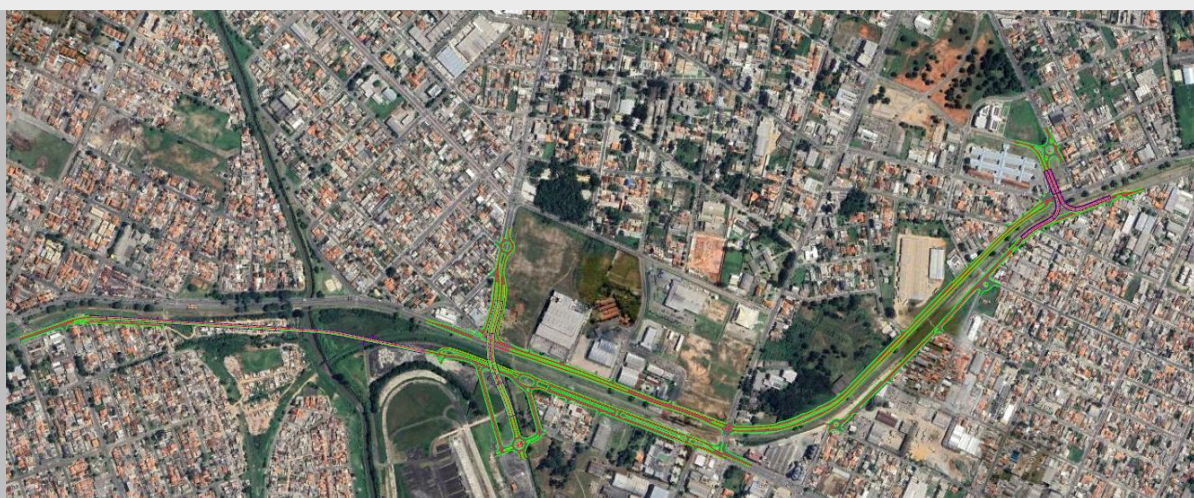


**PROJETO EXECUTIVO DO COMPLEXO VIÁRIO DE ACESSO
AO TERMINAL DE ÔNIBUS E AUTÓDROMO - PINHAIS/PR**



VOLUME 3C – MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS (TOMO 2)
VIADUTO (TRECHO 02)
REVISÃO R02

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	2
2. MAPA DE SITUAÇÃO	4
3. PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS E CONTENÇÕES	5
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	5
3.1.1. Normas.....	5
3.1.2. Sistema de unidades.....	6
3.1.3. Software	6
3.1.4. Características dos materiais	6
3.2. CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS	6
3.2.1. Método de dimensionamento	7
3.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	7
3.3.1. Encontro Estruturado (Eixos E1 ao E8) e (Eixos E12 ao E19).....	8
3.3.2. Viaduto (Eixos E8 a E12).....	16
3.4. CARREGAMENTOS	20
3.4.1. Carga Permanente	20
3.4.2. Sobrecarga	21
3.4.3. Carga de Vento.....	23
3.4.4. Temperatura.....	24
3.4.5. Empuxo de Solo	24
3.5. COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS.....	24
4. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS	26
4.1. OBRAS DE ARTES ESPECIAIS.....	26
5. TERMO DE ENCERRAMENTO.....	27
ANEXO 1 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO VIADUTO	28

1. APRESENTAÇÃO

A Unidec Engenharia Consultiva Ltda. apresenta o projeto de infraestrutura viária do Complexo Viário de Acesso ao Terminal de Ônibus e Autódromo do município de Pinhais, no Estado do Paraná, contemplando:

Local:	Curitiba/PR – Pinhais/PR
Trecho de projeto:	Trecho 1 - Conexão da Av. Prefeito Maurício Fruet e Av. Iraí Trecho 2 - Viaduto Rua 24 de Maio e Revitalização da Avenida Iraí (Autódromo-Avenida Camilo di Lellis) - Pinhais/PR. Trecho 3 - Avenida Ayrton Senna da Silva e Rua Carlos Drummond de Andrade - Pinhais/PR
Ponto inicial:	Avenida Prefeito Maurício Fruet
Ponto final:	Terminal de Pinhais
Extensão:	9,45 km
Fase:	Projeto Executivo
Relatório:	Volume 3C – Memória de Cálculo de Estruturas (Tomo 2)

QUADRO 1 - APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO

A Fase de Projeto Executivo é composta pelos seguintes volumes:

- Volume 1 - Relatório do Projeto;
- Volume 2 - Projeto de Execução;
- Volume 3 – Memória Justificativa;
- Volume 3A – Estudos Geotécnicos e Levantamentos de Campo;
- Volume 3B – Notas de Serviço e Memória de Cálculo de Volumes de Terraplenagem;
- **Volume 3C – Memória de Cálculo de Estruturas;**
- Volume 3E – Memória de Cálculo de Quantidades.
- Volume 4 - Orçamento das Obras.

O projeto contempla as disciplinas necessárias para a completa implantação do sistema viário componente deste Lote de Execução, incluindo: estudos topográficos, geotécnicos e hidrológicos, e os projetos geométrico, de terraplenagem, drenagem e pavimentação, obras de arte especiais, sinalização e obras complementares, calçadas e acessibilidade, e iluminação. Além das planilhas de quantidades e das considerações básicas para o planejamento e execução das obras.

O projeto foi desenvolvido de acordo com as especificações de serviços do DER/PR e DNIT, além das normativas técnicas dos municípios envolvidos, visando garantir parâmetros técnicos de qualidade, com soluções que atendam técnica e economicamente as necessidades e expectativas dos usuários, com foco na máxima eficiência de mobilidade, interação entre meios de transporte, segurança e

conforto dos agentes envolvidos, sobretudo pedestres e ciclistas, e na integração com o meio ambiente do entorno.

2. MAPA DE SITUAÇÃO

Os municípios de Curitiba e Pinhais estão localizados na região sudeste do Estado do Paraná, com latitudes 25°25'47" sul e longitude 49°16'19" oeste (Curitiba) e latitudes 25°26'41" sul e longitude 49°11'33" oeste (Pinhais) . Possuem respectivamente extensão territorial de aproximadamente 435 km² (Curitiba) e 61 km² (Pinhais) e população estimada em 1.948.626 hab. (Curitiba) e 132.157 hab. (Pinhais), de acordo com Censo IBGE/2020.

Segue mapa de situação com a localização do empreendimento:

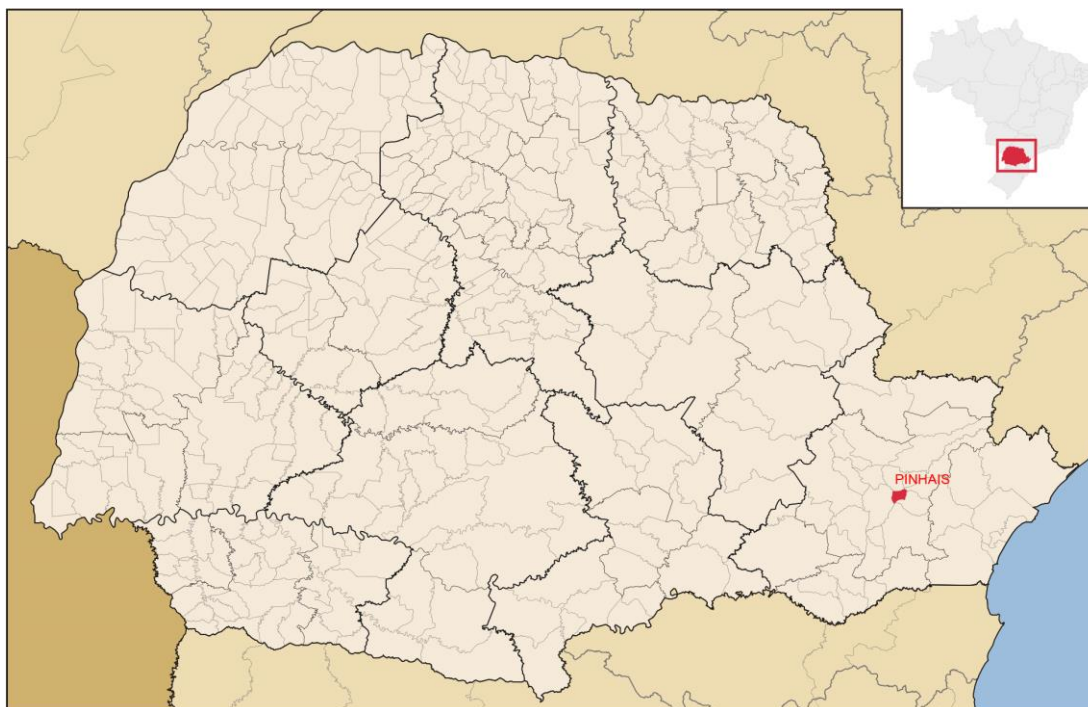


FIGURA 1 – PINHAIS - VISÃO GERAL

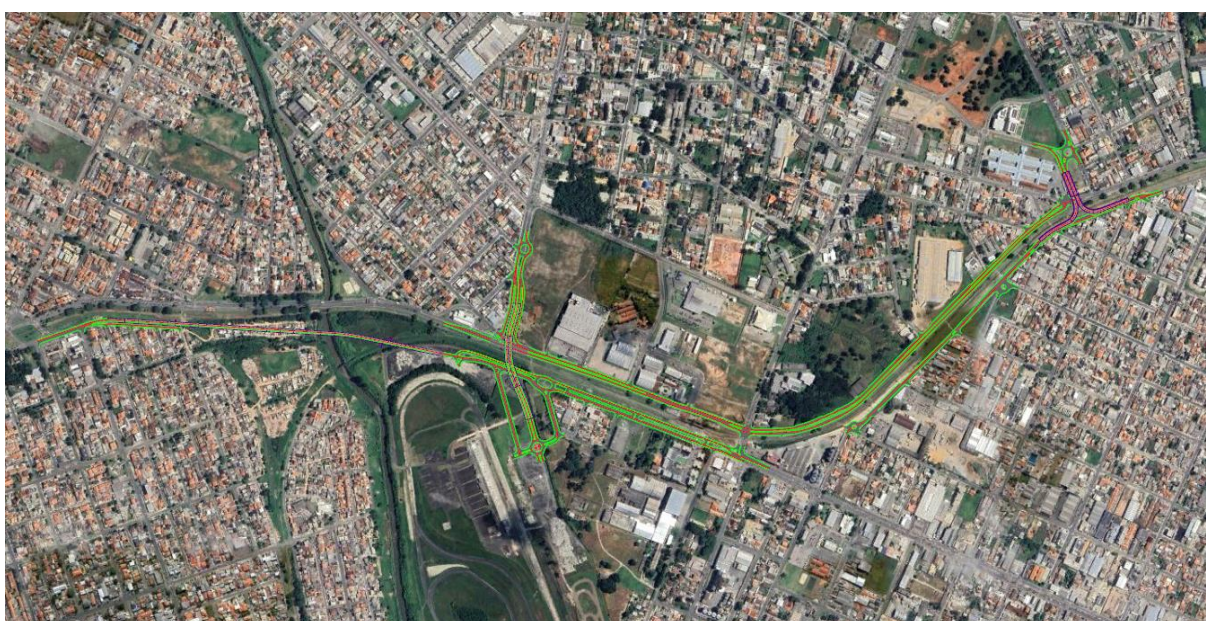


FIGURA 2 - TRECHO DE PROJETO

3. PROJETO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS E CONTENÇÕES

O viaduto, que faz parte do complexo viário de acesso ao terminal de ônibus e autódromo de pinhais, terá como objetivo a melhoria do tráfego de veículos e acesso ao terminal de ônibus de pinhais.

A estrutura possui dois ramos, sendo eles, Ramo 000 com 9,70 m de seção transversal e 308,25 m de comprimento total de tabuleiro e Ramo 100 com 10,50 m de seção transversal e 305,10 m de comprimento total de tabuleiro.

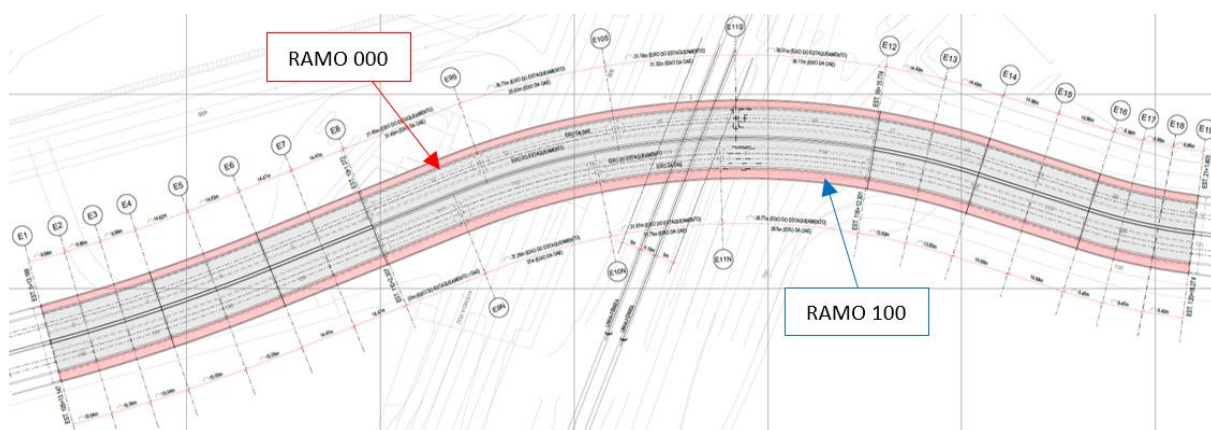


FIGURA 3 - IMPLANTAÇÃO GERAL

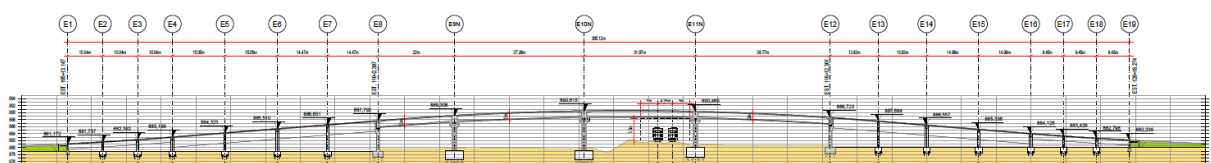


FIGURA 4 - ELEVÇÃO LONGITUDINAL - RAMO 100

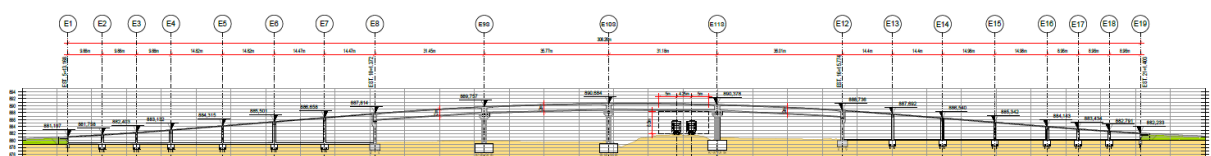


FIGURA 5 - ELEVÇÃO LONGITUDINAL - RAMO 000

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

3.1.1. Normas

Para o dimensionamento da estrutura foram utilizadas as seguintes normas:

- NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto;
- NBR 6122:2022 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123:2023 – Forças devido ao vento em edificações;
- NBR 7187:2021 – Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido;
- NBR 7188:2024 – Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas;

- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas;
- NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

3.1.2. Sistema de unidades

Todas as unidades são apresentadas no Sistema Internacional de Unidades (SI), exceto quando indicado contrário.

3.1.3. Software

Para a análise da estrutura foram utilizados os softwares SAP 2000 v. 21, TQS, Calculadora de vigas protendidas V-Pro e, em cálculos auxiliares, foi utilizado o software MS Excel.

3.1.4. Características dos materiais

Os elementos estruturais em concreto armado foram desenvolvidos de forma a atender as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2023).

Os parâmetros de resistência adotados para o concreto foram:

- Resistência característica a compressão (f_{ck}) para caixão cimbrado protendido ≥ 40 MPa;
- Resistência característica a compressão (f_{ck}) para os demais elementos estruturais ≥ 30 MPa;
- Cobrimento externo mínimo de 30 mm para lajes, vigas e pilares e de 50 mm para os demais elementos estruturais;
- Aço de armadura passiva do tipo CA-50 com resistência ao escoamento de 500MPa e módulo de elasticidade de 210GPa;
- Cordoalha para protensão CP190-RB com resistência de escoamento de 1700 MPa.

Os elementos estruturais em aço foram desenvolvidos de forma a atender as recomendações da NBR 8800 (ABNT, 2008).

- Resistência característica a compressão para as estacas metálicas HP250x62 ≥ 35 MPa;
- Resistência característica a compressão para as estacas metálicas HP310x93 ≥ 35 MPa;

3.2. CONDIÇÕES GEOTÉCNICAS

A definição das condições geotécnicas foi realizada de acordo com os boletins de sondagens SPT, desenvolvidos pela CCL Serviços em Rodovias.

Segue abaixo o mapa com a locação dos pontos de sondagem.

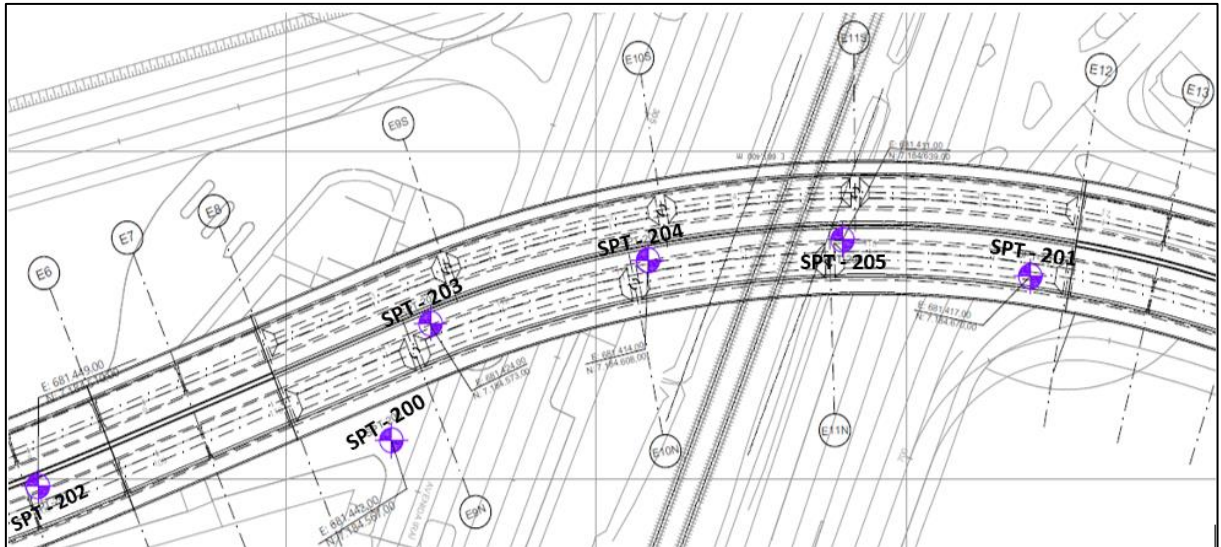


FIGURA 6 - LOCAÇÃO DAS SONDAGENS - LOTE 2

3.2.1. Método de dimensionamento

Todas as estruturas foram dimensionadas segundo o método dos estados limites últimos (ELU) e verificadas para atendimento aos estados limites de serviço (ELS).

3.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

A estrutura do viaduto é dividida em três segmentos, sendo:

- Encontro Estruturado (Eixos E1 ao E8);
- Encontro Estruturado (Eixos E12 ao E19) e;
- Viaduto (Eixos E8 ao E12).

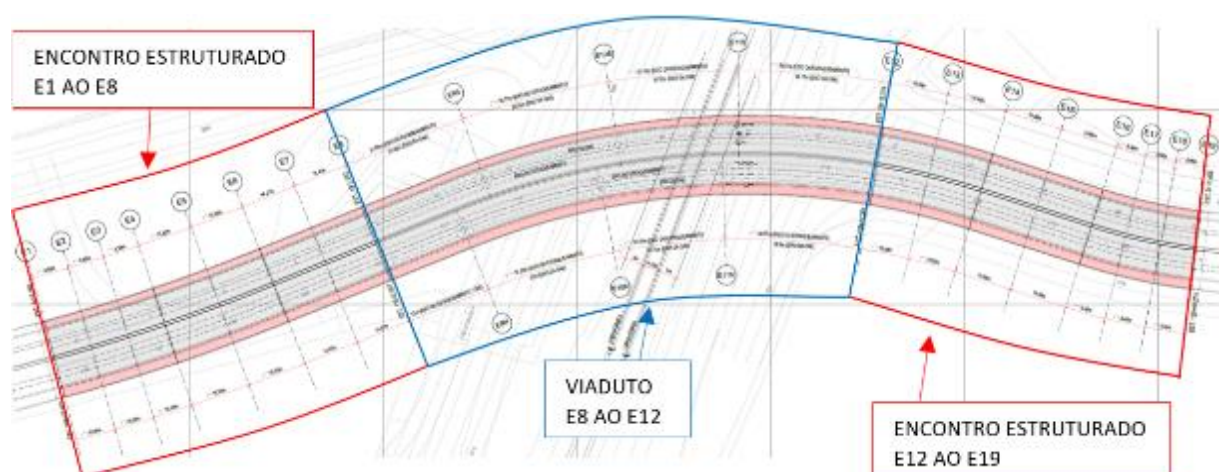


FIGURA 7 - IMPLANTAÇÃO DO VIADUTO

3.3.1. Encontro Estruturado (Eixos E1 ao E8) e (Eixos E12 ao E19)

3.3.1.1. Infraestrutura

a) Bloco de Fundação

Para infraestrutura dos encontros estruturados, foram adotadas como solução um conjunto de 103 estacas de perfil metálico HP250x62, dispostas em sete eixos da estrutura em cada encontro. Para garantir a capacidade de resistência para as cargas atuantes, as estacas terão uma profundidade mínima de 11,00 m.

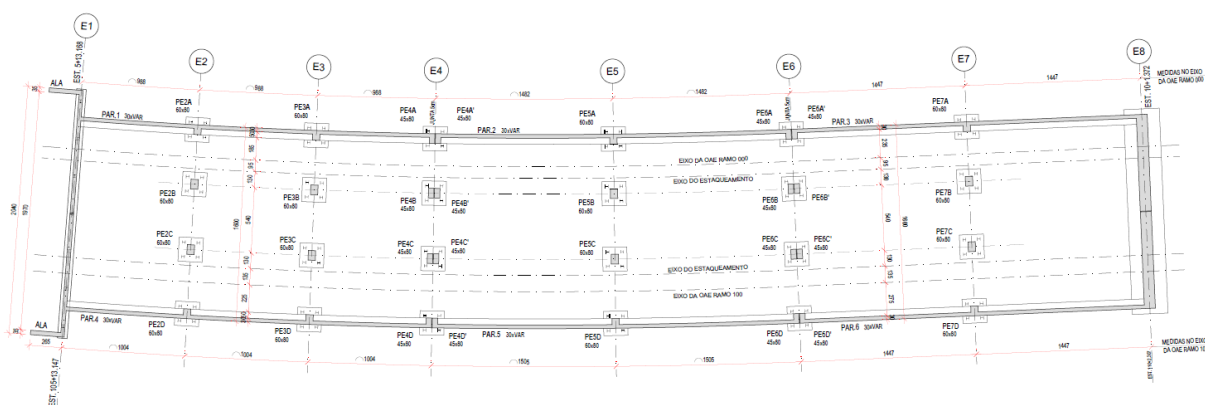


FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DAS ESTRUTURAS DE FUNDAÇÃO (EIXOS E1 AO E8)

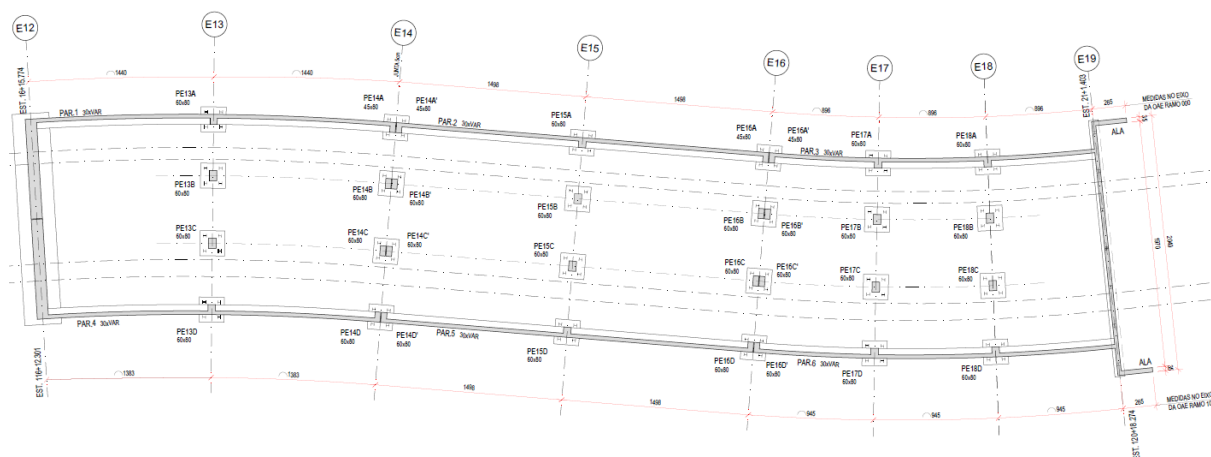


FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO DAS ESTRUTURAS DE FUNDAÇÃO (EIXOS E12 AO E19)

Nos Eixos E1 e E19, a infraestrutura é composta por um bloco de concreto por eixo, com dimensões em planta de 20,60m x 0,80m e altura de 1,00m. Cada bloco de fundação terá um conjunto de sete estacas de perfil metálico HP250x62.

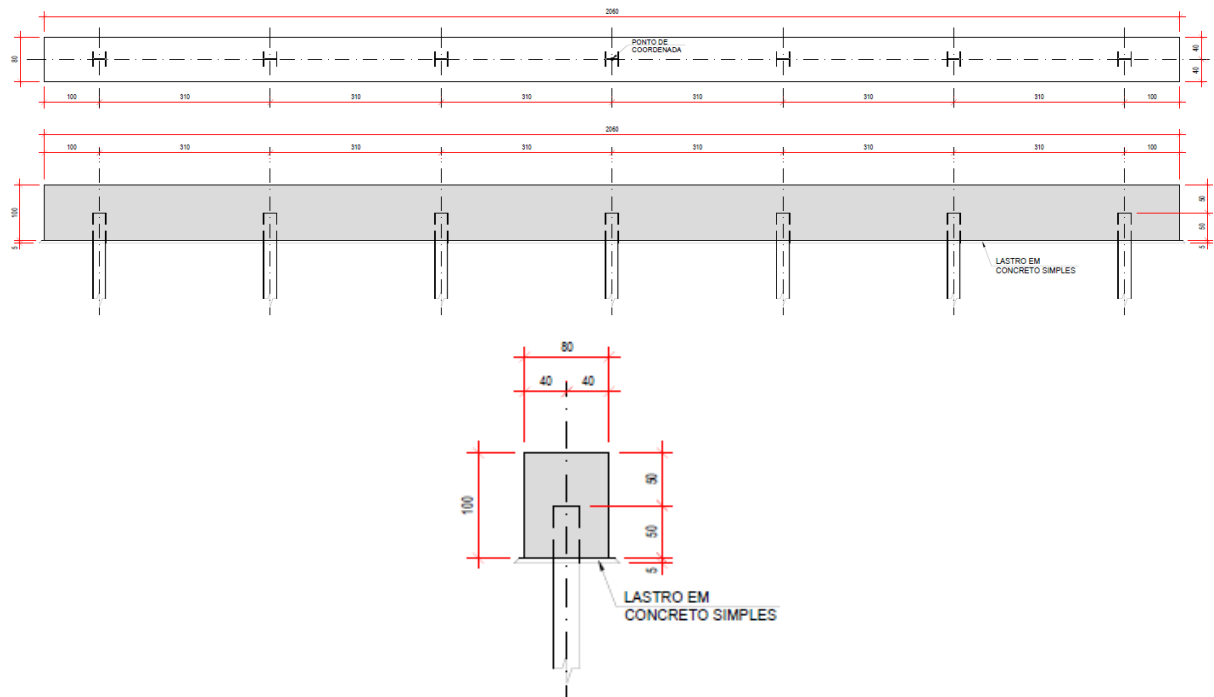


FIGURA 10 - DETALHES DO BLOCO DE FUNDAÇÃO EIXOS E1 E E19.

Nos Eixos E2 a E7 e E13 a E18, a infraestrutura é composta por quatro blocos de concreto por eixo com dimensões, em planta, de 2,00m x 2,00m e altura de 1,50m. Cada bloco de fundação terá um conjunto de quatro estacas de perfil metálico HP250x62.

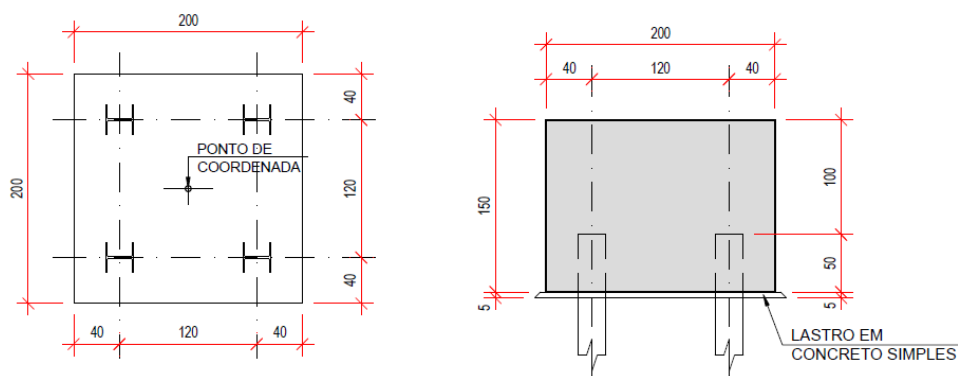


FIGURA 11 - DETALHES DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO (EIXOS E2 A E7 E E13 A E18)

3.3.1.2. Mesoestrutura

Seguem abaixo as imagens da mesoestrutura para os encontros estruturados.

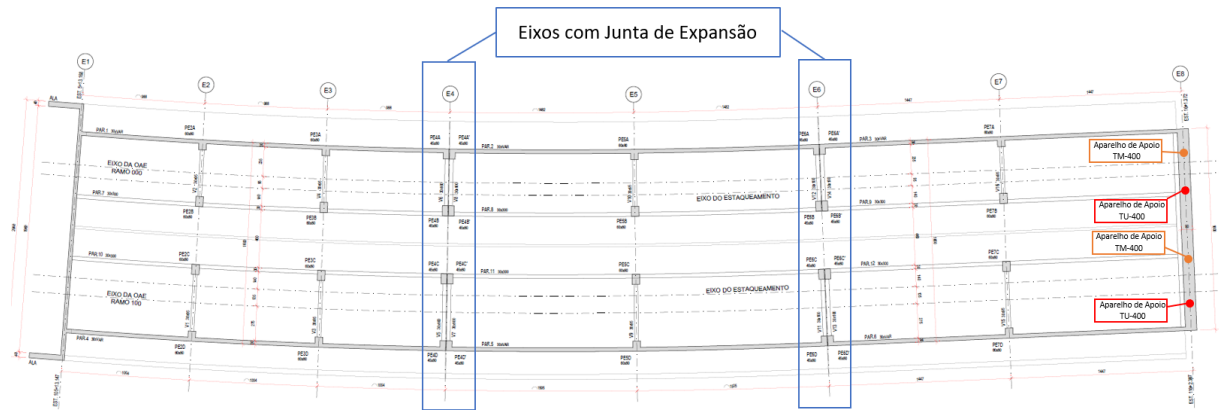


FIGURA 12 - PLANTA ENCONTRO ESTRUTURADO (EIXOS E1 A E8)

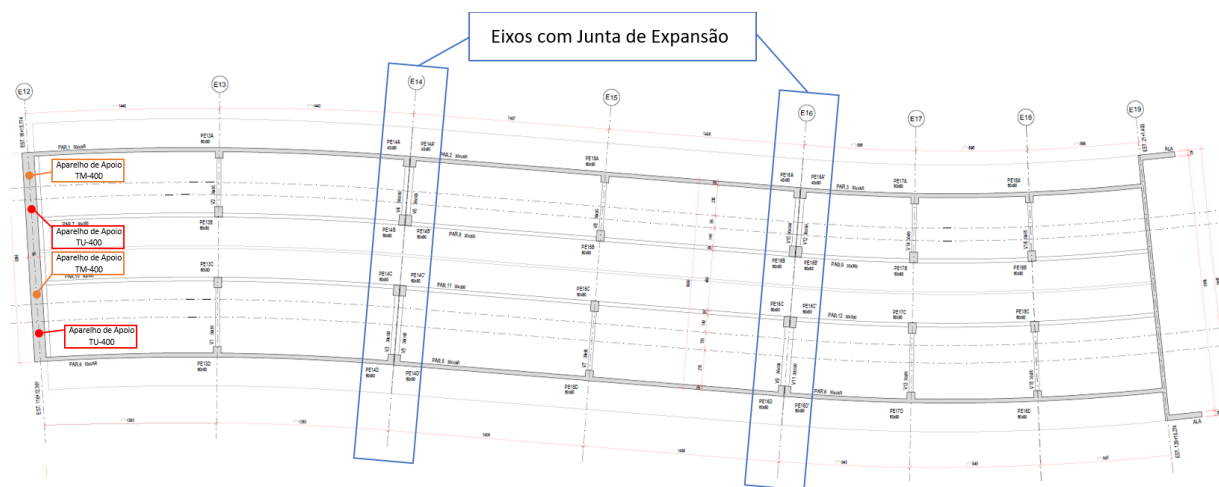


FIGURA 13 - PLANTA ENCONTRO ESTRUTURADO (EIXOS E12 A E19)

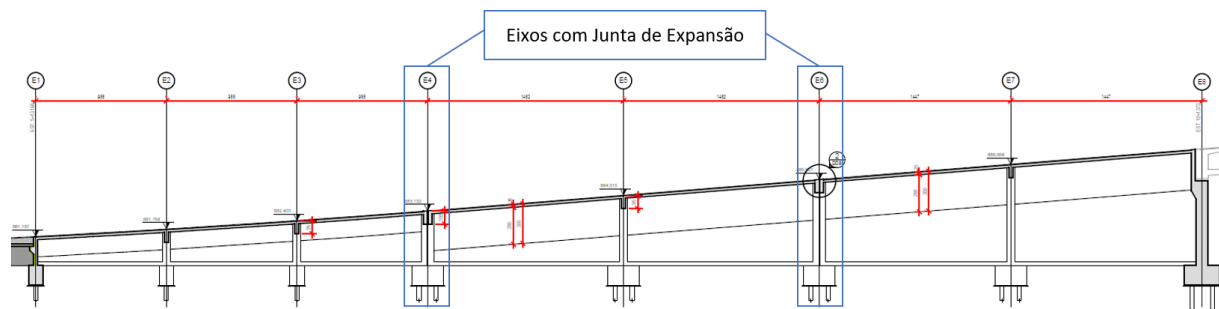


FIGURA 14 - ELEVACÃO ENCONTRO ESTRUTURADO (EIXOS E1 A E8)

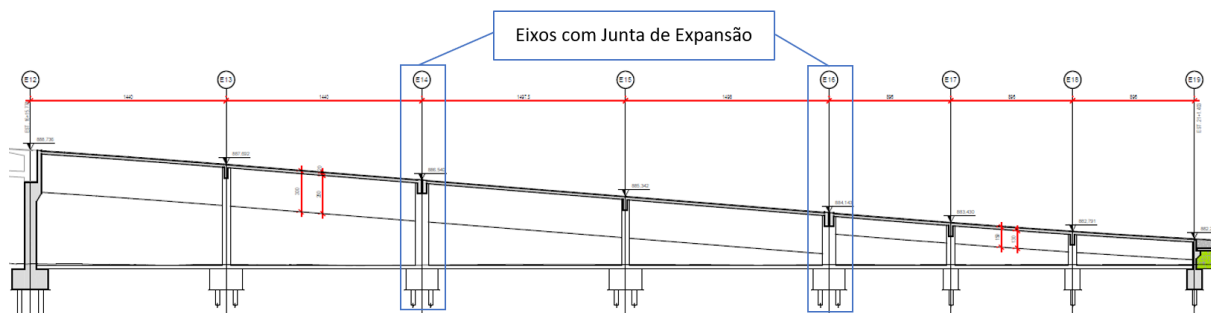


FIGURA 15 - ELEVÇÃO ENCONTRO ESTRUTURADO (EIXOS E12 A E19)

b) Paredes

Nas extremidades (Eixos E1 e E19), a mesoestrutura é formada por uma parede de concreto com 30 cm de espessura. A estrutura da parede possui um consolo para apoio da laje de transição e tem formato de U, para suportar as cargas do aterro.

Cada apoio extremo conta com uma camada de solo-cimento, cuja principal função é garantir transição de rigidez do pavimento sobre o solo e sobre a estrutura, bem como evitar fuga de material – visando mitigar manifestações patológicas na região inicial da OAE. Patologias essas comuns nas regiões de transições, tais como degraus na pista.

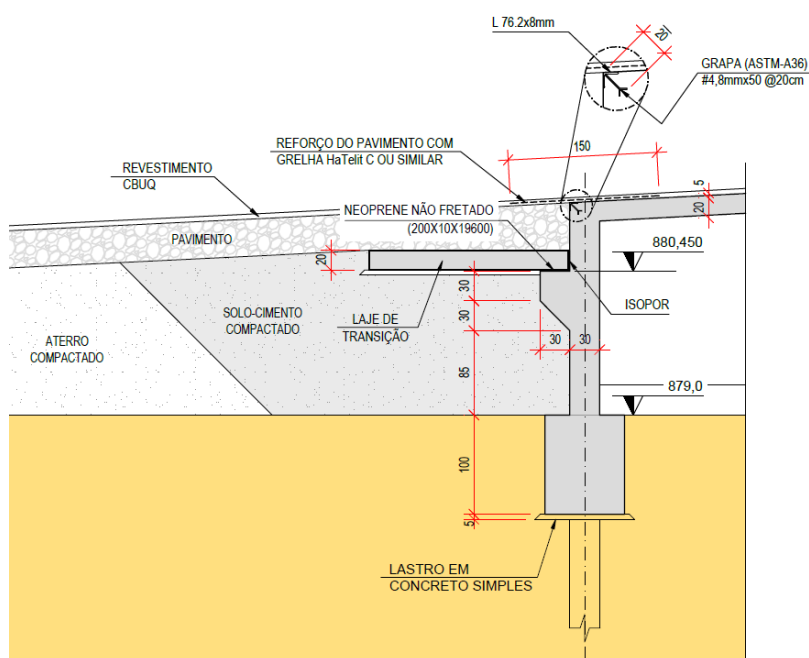


FIGURA 16 - SEÇÃO EIXO E1

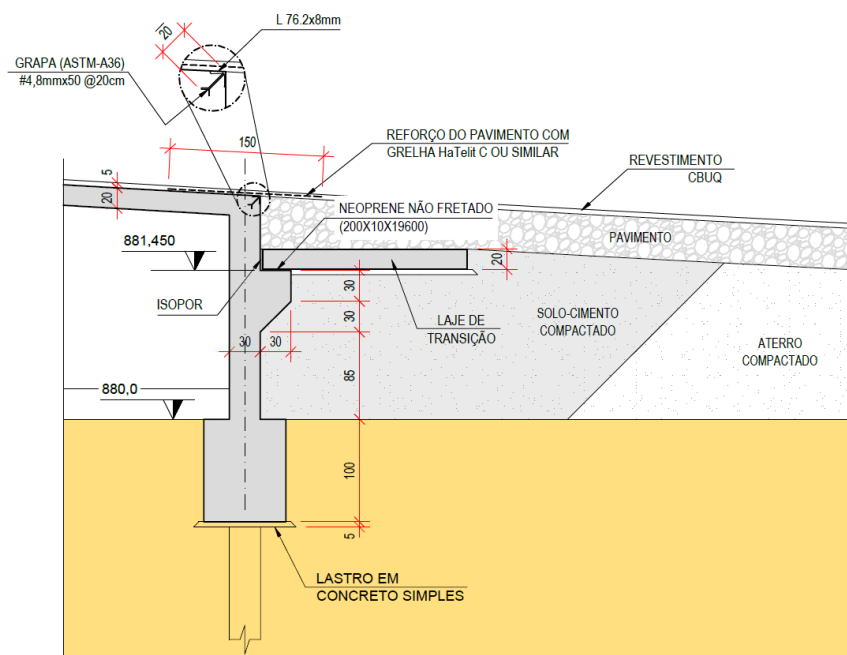


FIGURA 17 - SEÇÃO EIXO E19

Nas laterais internas e externas foram detalhadas paredes de contenção com 30 cm de espessura com comprimento e altura variáveis. Nas bases das paredes laterais externas foi projetada uma viga de concreto com seção 30 x 80 cm, que percorre por toda a extensão da parede.

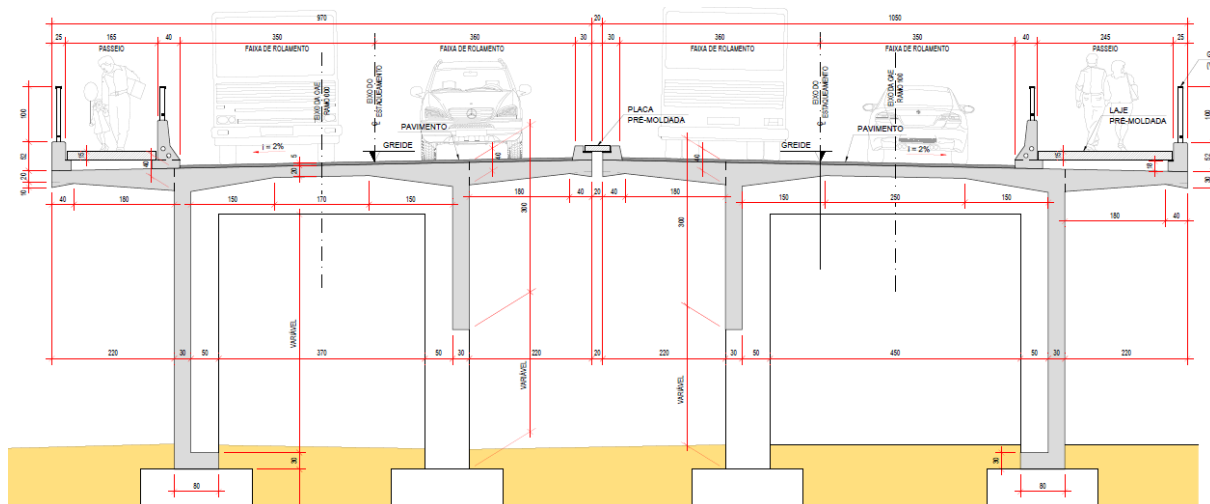


FIGURA 18 - SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA

Segue abaixo o detalhe das paredes nas juntas de expansão, nos eixos E4, E6, E14 e E16.

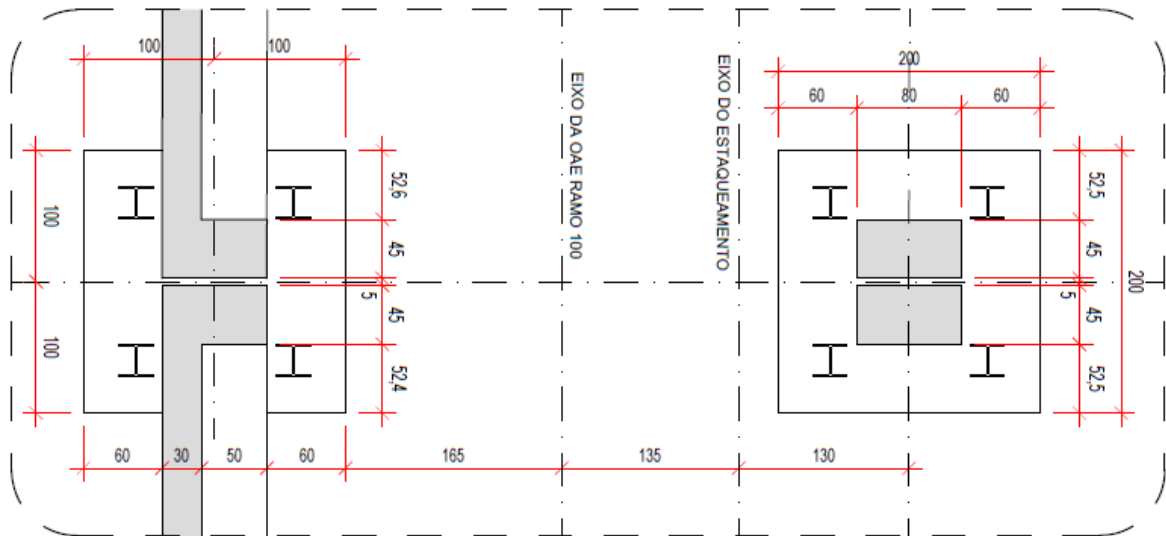


FIGURA 19 - DETALHES JUNTAS DE EXPANSÃO

Nos eixos de encontro com o viaduto, (Eixos E8 e E12) foram projetadas paredes de 90 cm de espessura, que se solidarizam sobre um bloco de fundação apoiado sobre as estacas de perfil metálico HP310x93. No topo da parede serão posicionados 4 aparelhos de apoio, que servirão de base para as vigas caixão da superestrutura do viaduto.

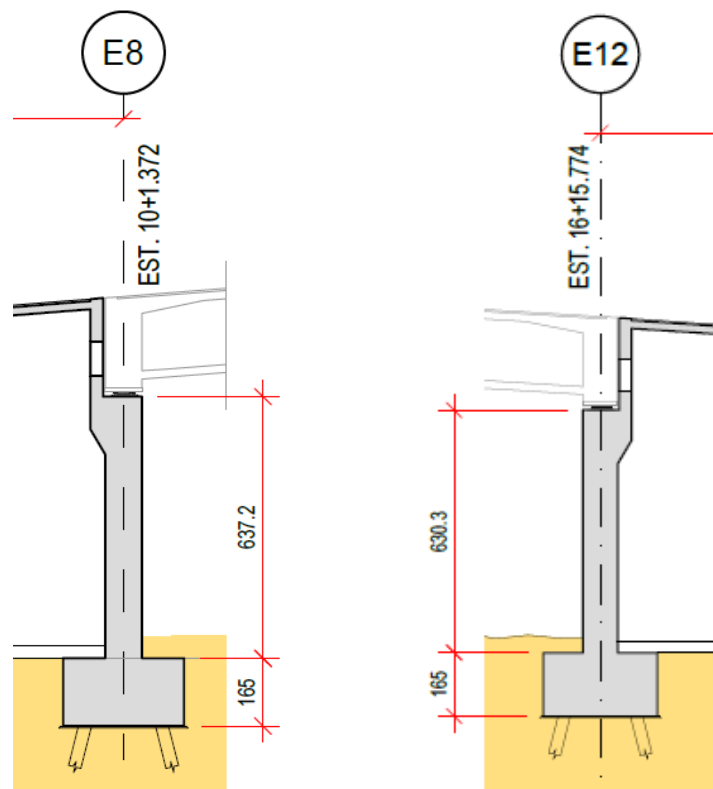


FIGURA 20 - SEÇÃO DAS PAREDES EIXOS E8 E E12

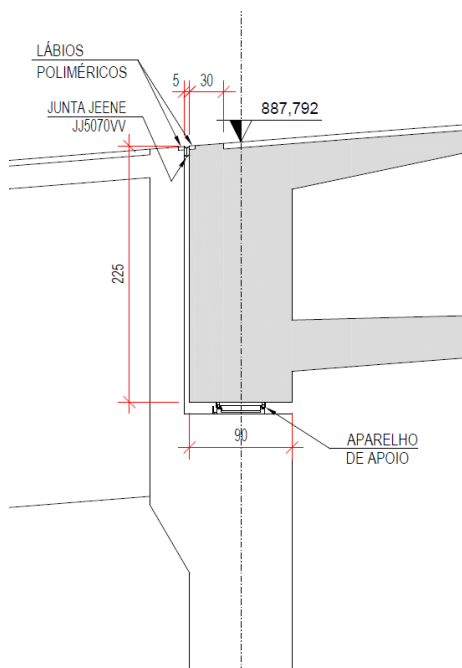


FIGURA 21 - DETALHE TÍPICO APOIO EIXOS E8 E E12

c) Pilares

Nos eixos que contêm a junta de expansão (Eixos E4, E6, E14 e E16) foram projetados pilares de concreto retangulares de 45 x 80 cm em planta e altura variável, que ligam a superestrutura com cada bloco de fundação, sendo oito pilares por eixo.

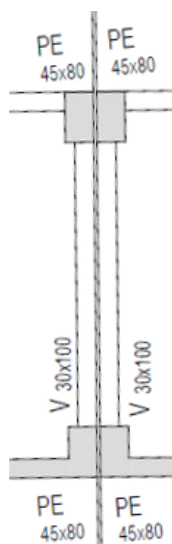


FIGURA 22 - DETALHE TÍPICO DOS PILARES - EIXOS E4, E6, E14 E E16

Nos demais eixos (Eixos E2, E3, E5, E7, E13, E15, E17 e E18) foram detalhados pilares retangulares de 60 x 80 cm em planta e altura variável, que ligam a superestrutura com cada bloco de fundação, sendo quatro pilares por eixo.

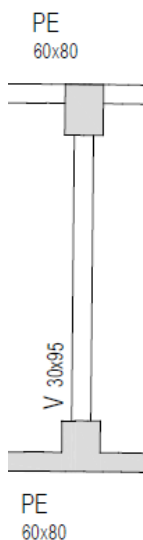


FIGURA 23 - DETALHE TÍPICO DOS PILARES - EIXOS E2, E3, E5, E7, E13, E15, E17 E E18

3.3.1.2.1. Superestrutura

A superestrutura dos encontros estruturados é formada pelas vigas e a laje do tabuleiro.

a) Vigas

No sentido transversal foram detalhadas vigas com 4,7 m de comprimento apoiadas sobre os pilares. Nos eixos que contêm a junta de expansão (Eixos E4, E6, E14 e E16) foram utilizadas vigas com seção de 30 x 100 cm, sendo quatro vigas por eixo.

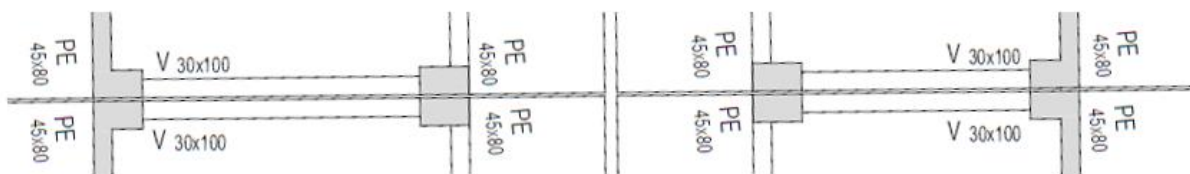


FIGURA 24 - DETALHE TÍPICO DAS VIGAS - EIXOS E4, E6, E14 E E16

Nos demais eixos (Eixos E2, E3, E5, E7, E13, E15, E17 e E18) foram utilizadas vigas com seção de 30 x 95 cm, sendo duas vigas por eixo.

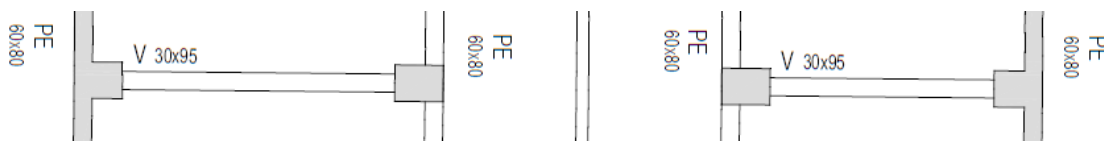


FIGURA 25 - DETALHE TÍPICO DAS VIGAS - EIXOS E2, E3, E5, E7, E13, E15, E17 E E18

b) Lajes

Sobre as vigas será executada a laje do tabuleiro. Para finalizar e dar o acabamento da ponte, haverá a complementação do tabuleiro, que receberá uma camada de 5 cm de CBUQ em toda sua superfície. Para segurança dos veículos e pedestres que circulam pela OAE, são posicionadas barreiras de concreto armado in-loco do tipo New Jersey.

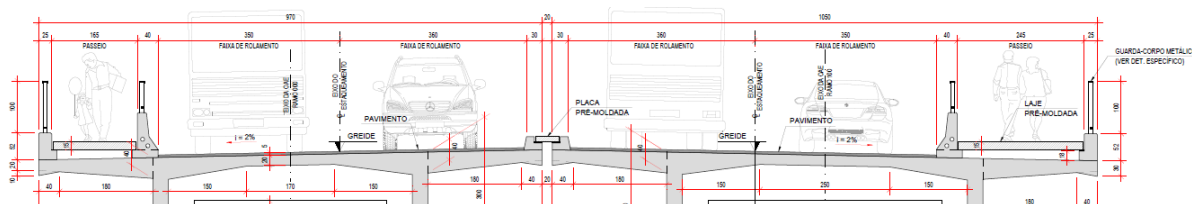


FIGURA 26 - SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DO ENCONTRO ESTRUTURADO

3.3.2. Viaduto (Eixos E8 a E12)

3.3.2.1. Infraestrutura

a) Bloco de Fundação

Para infraestrutura do viaduto, foi adotada como solução um conjunto de 132 estacas de perfil metálico HP310x93, dispostas em oito eixos da estrutura. Para garantir a capacidade de resistência para as cargas atuantes, as estacas terão uma profundidade mínima de 11,50 m.

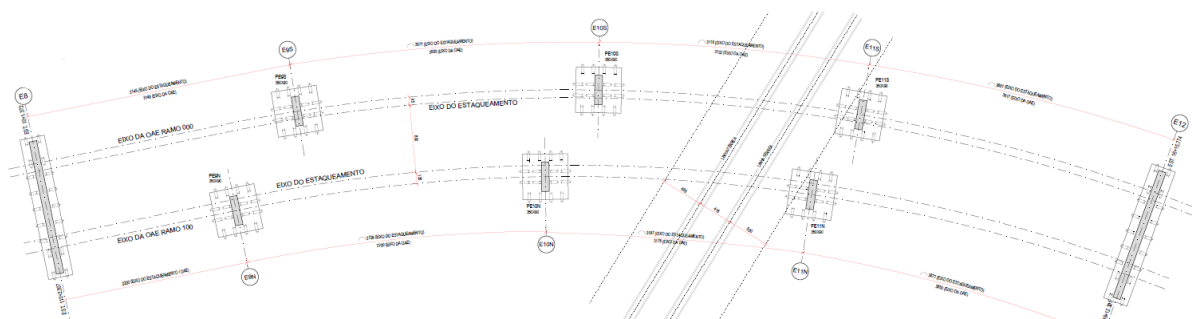


FIGURA 27 - DISTRIBUIÇÃO DAS ESTRUTURAS DE FUNDAÇÃO (EIXOS E8 A E12)

Nos Eixos E8 e E12, a infraestrutura é composta por um bloco de concreto por eixo com dimensões em planta de 16,90 m x 2,95 m, e altura de 1,65 m. Cada bloco de fundação terá um conjunto de dezoito estacas de perfil metálico HP310x93.

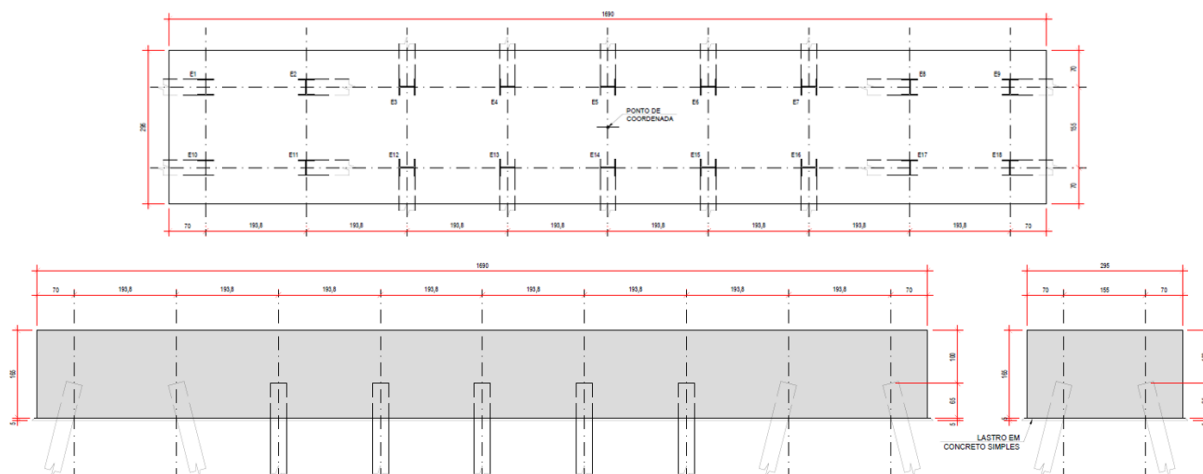


FIGURA 28 - DETALHES DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO (EIXOS E8 E E12)

Nos demais eixos, a infraestrutura é composta por um bloco de concreto por eixo, com dimensões em planta, de 5,30 m x 5,30 m e altura de 2,70 m. Cada bloco de fundação terá um conjunto de dezesseis estacas de perfil metálico HP310x93.

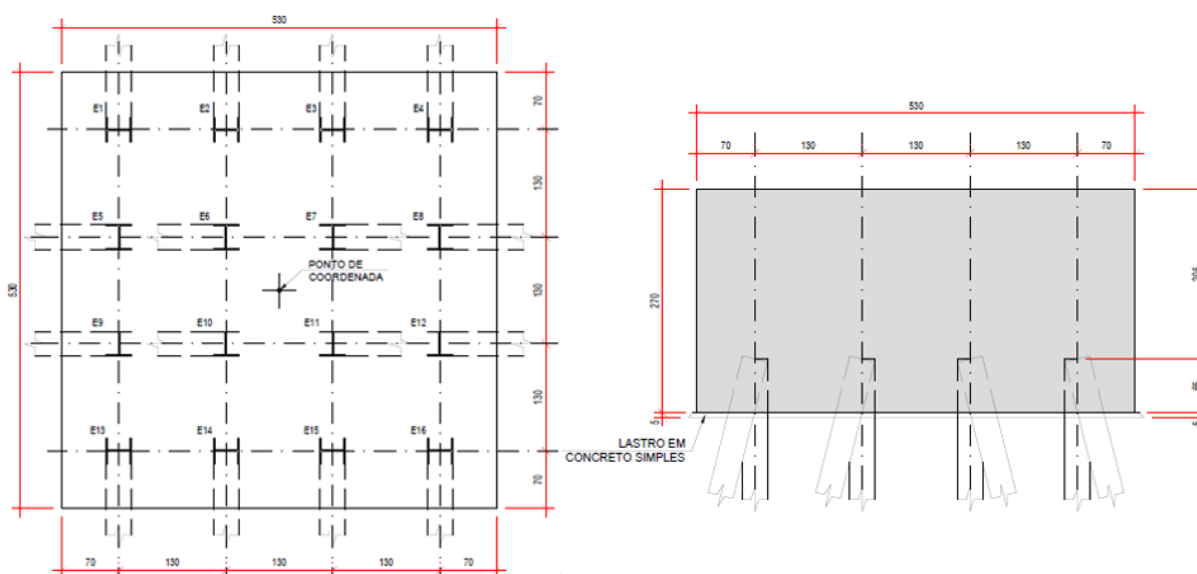


FIGURA 29 - DETALHES DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO (EIXOS E9N E E11S)

3.3.2.2. Mesoestrutura

a) Pilares

No trecho do viaduto, a mesoestrutura é formada por seis pilares retangulares com dimensões em planta de 3,50 m x 0,90 m e alturas variáveis.

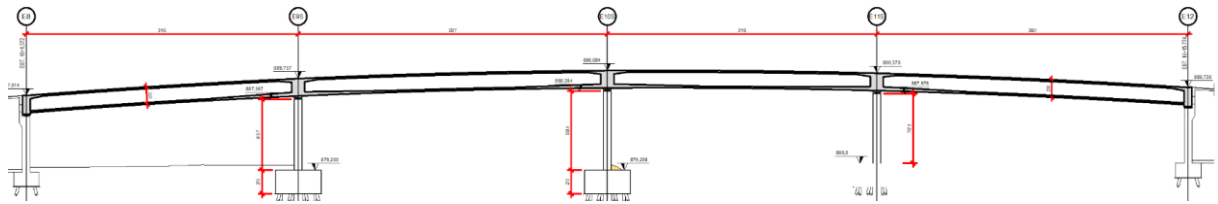


FIGURA 30 - ELEVÇÃO VIADUTO (RAMO 000)

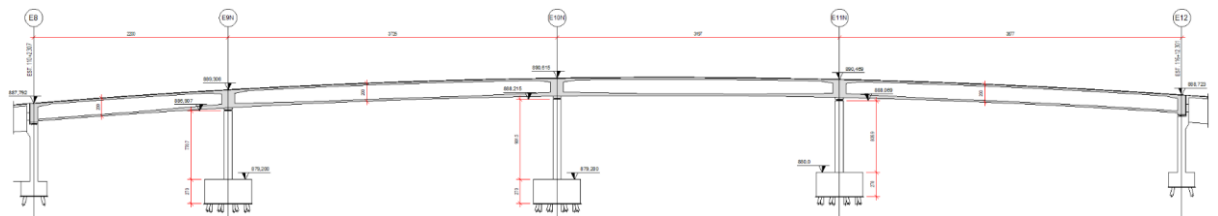


FIGURA 31 - ELEVÇÃO VIADUTO (RAMO 100)

Na parte superior dos pilares serão colocados aparelhos de apoio, onde são posicionadas as vigas caixão da superestrutura.

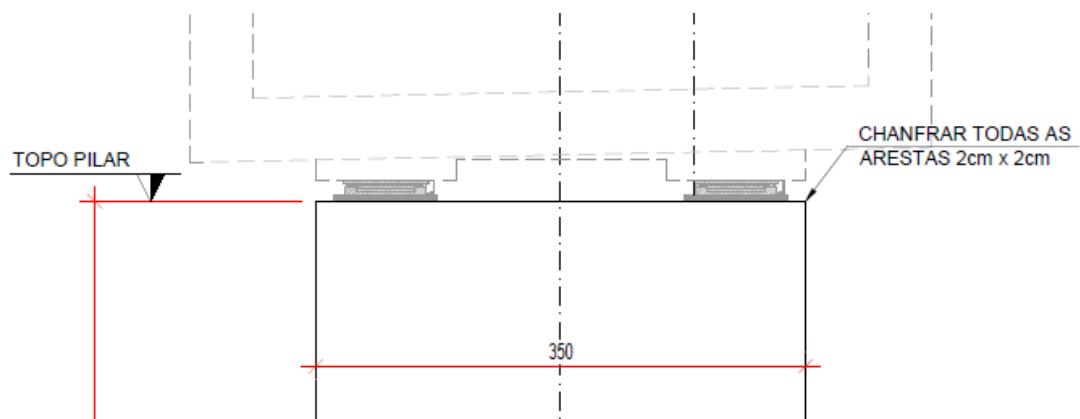


FIGURA 32 - DETALHE DO TOPO DOS PILARES

Nos eixos E9S, E11S, E9N e E11N os aparelhos de apoio previstos são os TM-750 e TU-750.

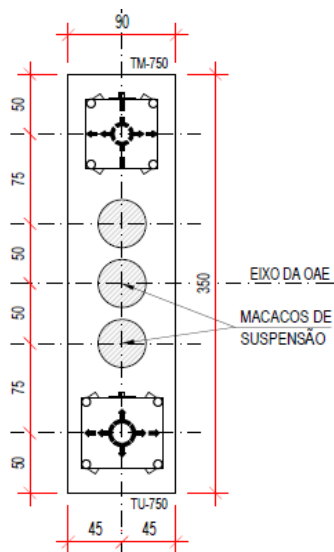


FIGURA 33 - APARELHOS DE APOIO EIXOS E9S, E9N, E11S E E11N

Nos eixos E10S e E10N os aparelhos de apoio previstos são os TU-750 e TF-750.

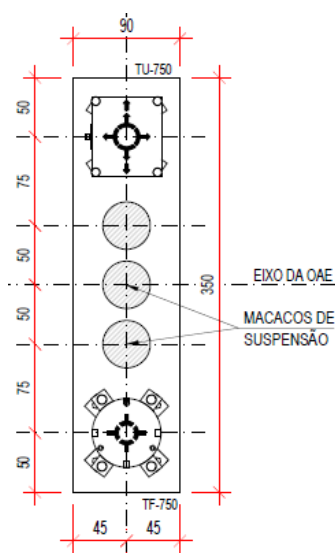


FIGURA 34 - APARELHO DE APOIO EIXOS E10S E E10N

3.3.2.3. Superestrutura

A superestrutura do viaduto é formada por vigas seção caixão que se juntam a laje do tabuleiro como uma peça única.

a) Vigas seção caixão

Na estrutura do viaduto foram projetadas vigas do tipo seção caixão ligadas a laje do tabuleiro. As vigas são apoiadas sobre os pilares nos eixos intermediários e apoiadas nas paredes de contenção nos eixos E8 e E12. Para finalizar e dar o acabamento da ponte, haverá a complementação do tabuleiro, que receberá uma camada de 5 cm de CBUQ em toda sua superfície.

Para segurança dos veículos e pedestres que circulam pela OAE, são posicionadas barreiras de concreto armado in-loco do tipo New Jersey.

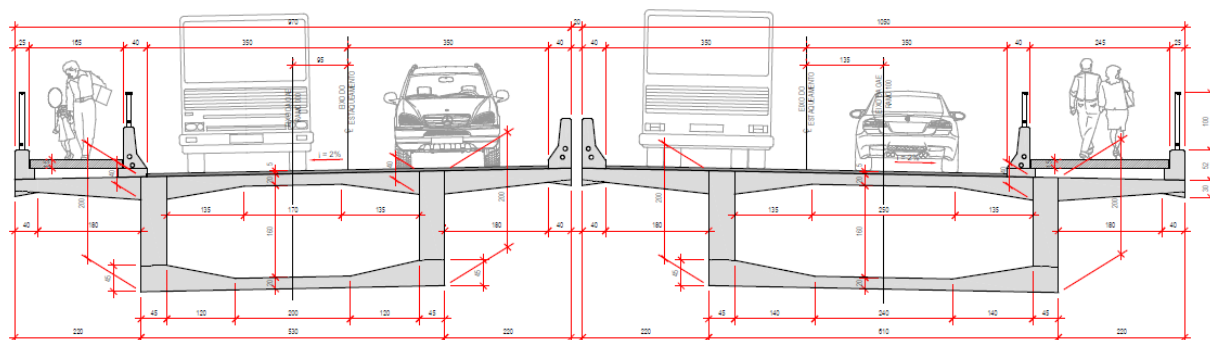


FIGURA 35 - SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA DO VIADUTO

3.4. CARREGAMENTOS

A estrutura do viaduto está submetida à diferentes tipologias de esforços provenientes de carregamentos estáticos, como o peso próprio das estruturas que compõe a OAE e de sobrecargas verticais e os efeitos ocasionados pelos carregamentos móveis sobre a laje da estrutura (veículos e pedestres).

São também consideradas ações ocasionadas por fenômenos naturais, tais como o vento atuante sobre a face longitudinal do viaduto, o empuxo do solo sobre as estruturas dos encontros estruturados e os efeitos ocasionados pela variação de temperatura sobre a estrutura.

3.4.1. Carga Permanente

As imagens a seguir apresentam os elementos nas estruturas dos Encontros Estruturados e do Viaduto, que foram considerados como cargas permanentes.

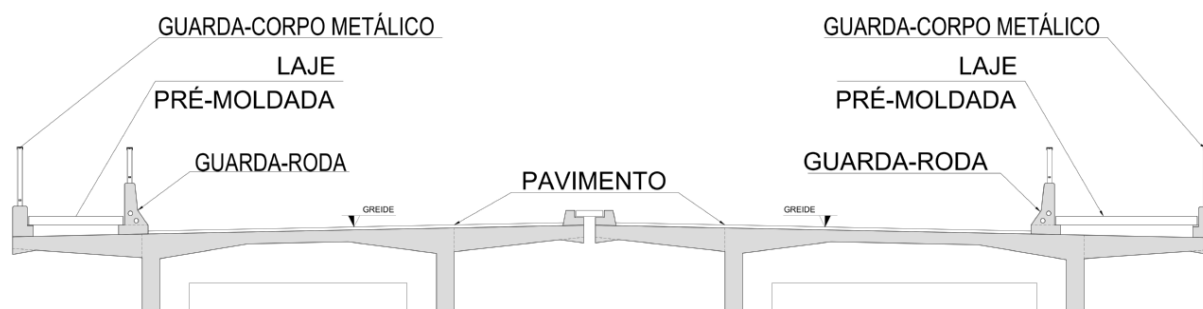


FIGURA 36 - ELEMENTOS - CARGA PERMANENTE - ENCONTROS ESTRUTURADOS

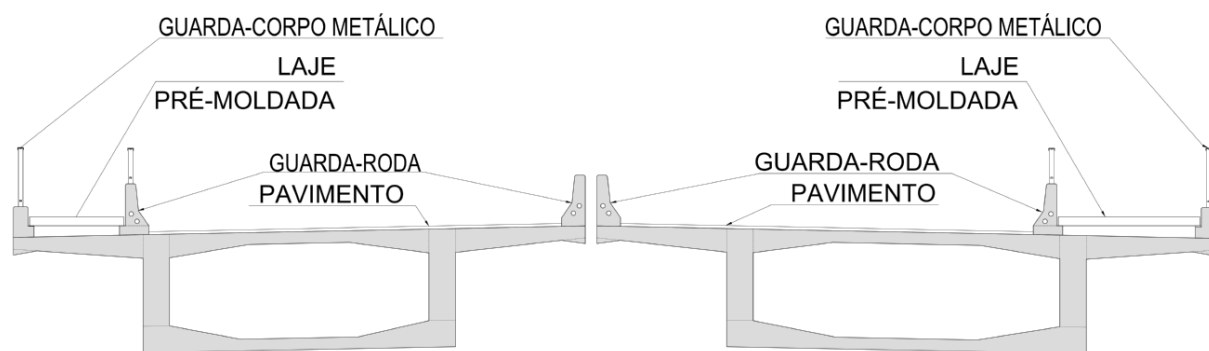


FIGURA 37 - ELEMENTOS - CARGA PERMANENTE - VIADUTO

3.4.1.1. *Peso Próprio (DEAD)*

O peso próprio das estruturas é gerado automaticamente pelo software SAP2000, a partir dos dados de entrada dos materiais e seções, válido para todas as seções e elementos estruturais.

3.4.1.2. *Pavimento - Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)*

Para a pavimentação da estrutura em CBUQ foi adotado um peso específico de 2400 kg/m^3 em toda a faixa de rolagem, considerando uma espessura igual a 5cm.

3.4.1.3. *Guarda-Rodas*

Para o guarda-rodas de concreto foi adotado um peso específico de 2500 kg/m^3 . As cargas foram aplicadas na estrutura conforme as posições indicadas nas figuras 33 e 34.

3.4.1.4. *Guarda-Corpo Metálico*

Para o guarda corpo metálico foi considerado um peso específico linear de 30 kg/m . O guarda-corpo será instalado sobre o guarda-roda, conforme as posições indicadas nas figuras 33 e 34.

3.4.1.5. *Laje pré-moldada*

Nas faixas de passeio da estrutura estão sendo previstos laje pré-moldadas, com espessura de 15 cm. Para o carregamento foi considerado um peso específico de 2500 kg/m^3 , aplicado na estrutura conforme a posição do passeio, mostrado nas figuras 33 e 34.

3.4.2. *Sobrecarga*

Conforme as recomendações da NBR 7188 (ABNT, 2024), foi considerada a atuação de uma sobrecarga no valor de $5,0 \text{ kN/m}^2$ sobre toda a área da faixa de rolagem, e $3,0 \text{ kN/m}^2$ sobre a faixa de passeio, correspondente à sobrecarga de multidão. O valor correspondente à carga foi configurado para atuar concomitantemente com o veículo tipo definido para atuação sobre a laje durante a modelagem da estrutura, conforme as definições detalhadas no item a seguir.

Foi considerado o tráfego do caminhão de projeto TB-45, conforme preconizado na NBR 7188 (ABNT, 2024) e ilustrado na figura a seguir.

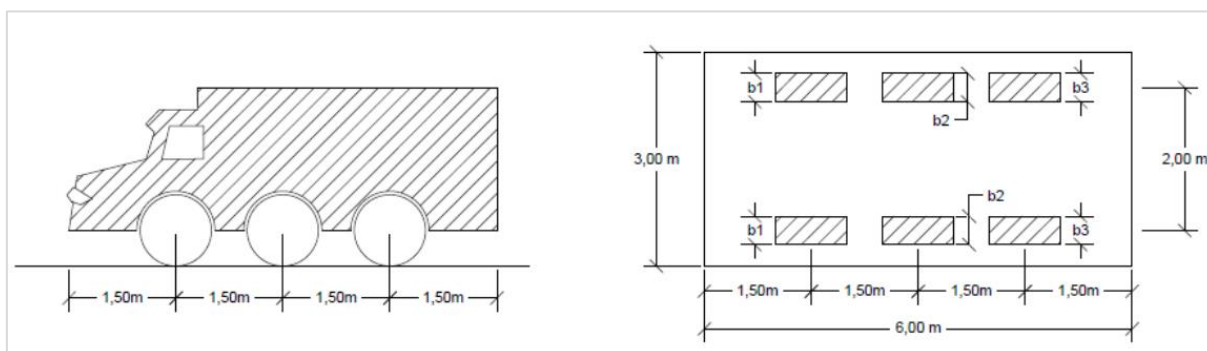


FIGURA 38 - ESPECIFICAÇÃO DO TREM-TIPO

3.4.2.1. Coeficiente de ponderação das cargas verticais

Conforme estabelecido na NBR 7188 (ABNT, 2024), o efeito das ações dinâmicas poderá ser ponderado através dos coeficientes descritos a seguir:

- Coeficiente de impacto vertical – CIV:
 - Para estruturas com vão entre 10,0m e 200,0m

$$CIV = 1 + 1,06 \cdot \left(\frac{20}{Liv + 50} \right)$$

Onde:

Liv = Vão em metros para o cálculo do CIV, conforme o tipo de estrutura

- Coeficiente de número de faixas – CNF

$$CNF = 1 - 0,05 \cdot (n - 2) \quad \therefore \quad CNF = 1,00$$

Onde:

n = 2 (número de faixas de tráfego)

- Coeficiente de impacto adicional – CIA, utilizado para o dimensionamento da estrutura nas regiões das juntas estruturais a extremidade da obra.

Estruturas em concreto: $CIA = 1,25$

3.4.2.2. Frenagem e aceleração

As forças de frenagem e aceleração dos veículos em movimento sobre o tabuleiro da ponte são consideradas na estrutura conforme as especificações da NBR 7188, sendo: (ABNT, 2024)

$$H_f = 0,25 \cdot B \cdot L \cdot CNF$$

Onde:

B = Largura efetiva

L = Comprimento concomitante

CNF = Coeficiente do número de faixas

Segundo a norma as forças de frenagem devem ser maiores que 135 kN ($H_f \geq 135$ kN).

3.4.2.3. Força centrífuga

As forças horizontais provenientes da força centrífuga, são aplicadas no nível da pista de rolamento. Essas forças são um percentual da carga do veículo tipo aplicado sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável, concomitante com a respectiva carga, conforme as especificações da NBR 7188, sendo:

$$\begin{aligned} H_{fc} &= 2,4 \cdot P \text{ (em kN, para curva com raio } R < 200 \text{ m)} \\ H_{fc} &= 480/R \cdot P \text{ (em kN, para curva com raio } 200 < R < 1500 \text{ m)} \\ H_{fc} &= \text{zero (para raios superiores a 1500m)} \end{aligned}$$

Onde:

R = Raio da curva horizontal no eixo da obra, expresso em metros (m)

3.4.3. Carga de Vento

Para as cargas de vento, os dados e os parâmetros considerados para o cálculo da pressão de obstrução, estão de acordo com a norma NBR 6123 (ABNT, 2023). Segue abaixo os valores adotados.

Vento em Pontes (NBR 6123:2023) R0			
Parâmetro de susceptibilidade à excitação aerodinâmica			
$\rho = 1,226$	kg/m ³	Massa específica do ar de referência	
$B = 10,5$	m	Largura total do tabuleiro	
$L_p = 38,77$	m	Maior vão da ponte	
$f_p = 2,15$		Frequência do 1º modo de vibração por flexão vertical do tabuleiro (Hz = 1/s) ou $50 L_p < f_v < 100 L_p$	
$m = 18950$	kg/m	Massa por unidade de comprimento do tabuleiro	
$V_0 = 42$	m/s		
$S_1 = 1$			
$S_2 = 0,88$			
$S_3 = 1,11$			
$z = 9,1$	m		
Rugosidade do terreno III			
$p = 0,2$			
$bm = 0,85$			
$V_{ae} = 25,28$			
$P_{ae} = 0,039$			
Classe P_{ae} = Classe 1 Os efeitos dinâmicos devidos ao vento podem ser desconsiderados			
Forças devidas ao vento em tabuleiros para análise estática			
Componente força direção X		Componente força direção Z	Componente força direção Y
$\rho = 1,226$	kg/m ³	$\rho = 1,226$	kg/m ³
$V_k(z) = 41,0$	Velocidade característica do vento incidente, no nível z do tabuleiro	$V_k(z) = 41,0$	Velocidade característica do vento incidente, no nível z do tabuleiro
$H_{eq} = 4,00$	m	$H_{eq} = 2,00$	m
$C_x = 0,8$		$C_z = 0,5$	-1,0
$F_x = 8,4$	kN/m	$F_z = 5,7$	-10,5 kN/m
			$F_y = 2,1$ kN/m

3.4.4. Temperatura

Os efeitos de temperatura foram simulados através da aplicação de um carregamento de “variação de temperatura” com variações de $\pm 15^\circ\text{C}$.

3.4.5. Empuxo de Solo

Para os carregamentos provenientes dos empuxos de solo, foi considerada uma camada de solo típica onde foram adotados os seguintes parâmetros para a determinação do carregamento atuante sobre a estrutura:

Peso específico do solo: $\gamma_s = 1800 \text{ kg/m}^3$

Ângulo de atrito: 30°

$K_a = 0,333$

$E_a = 1/2 \cdot K_a \cdot \gamma_s \cdot h^2$

3.5. COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS

Neste projeto, as ações consideradas para a determinação dos efeitos mais desfavoráveis são o peso próprio da estrutura, as cargas permanentes, a carga móvel do trem-tipo máxima e mínima, as cargas de empuxo, vento e temperatura.

Todas as combinações foram criadas conforme as especificações da norma NBR 8681.

Foram geradas combinações para o Estado Limite Último (ELU), cujo objetivo é verificar a integridade dos elementos estruturais e o dimensionamento geotécnico das fundações e para o Estado Limite de Serviço (ELS), para a avaliação dos estados limites de descompressão, formação e abertura de fissuras e limites de deslocamento.

As combinações para o Estado Limite Último (ELU) são dadas pela seguinte expressão:

$$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_{\varepsilon g} F_{\varepsilon gk} + \gamma_q (F_{q1k} + \sum \psi_{0j} F_{qjk}) + \gamma_{\varepsilon q} \psi_{0\varepsilon} F_{\varepsilon qk}$$

O índice "g" refere-se às cargas permanentes, consideradas em todas as combinações. O índice "ε" representa as ações indiretas permanentes e variáveis, como a temperatura. As ações variáveis diretas, identificadas com o índice "q", são combinadas aplicando-se os coeficientes de majoração pertinentes em função da natureza da ação, permitindo a redução de ações de diferentes naturezas com os coeficientes de redução ψ_0 .

CARGAS	γ_f		ψ_0
	D	F	
Permanentes (γ_g)	1,35	1,0	-
Móveis (γ_q)	1,5	-	0,7
Vento (γ_q)	1,4	-	0,6
Temperatura ($\gamma_{\varepsilon q}$)	1,2	-	0,6

TABELA 1 - COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES (ELU)

A partir dos carregamentos atuantes na estrutura foram definidos grupos de combinações, a fim de reproduzir as condições necessárias para a obtenção dos esforços máximos nos elementos estruturais e verificar o comportamento global da estrutura.

COMBINAÇÃO	CARGAS PERMANENTES	SOBRECARGAS (VEÍCULO + SC. MULT. + FRENAGEM)	TEMPERATURA	VENTO
ELU 1	1,35	1,50	0,72	0,84
ELU 2	1,35	1,05	1,20	0,84
ELU 3	1,35	1,05	0,72	1,40
ELU 4	1,00	1,50	0,72	0,84
ELU 5	1,00	1,05	1,20	0,84
ELU 6	1,00	1,05	0,72	1,40

TABELA 2 - COMBINAÇÕES BÁSICAS (ELU)

Para a apresentação dos esforços máximos nos elementos estruturais foi gerado uma combinação envoltória nos modelos de cálculo elaborados no SAP2000. Essa combinação considera todas as possíveis situações de carregamentos, seguindo os critérios das combinações básicas apresentadas na tabela acima.

4. ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS

4.1. OBRAS DE ARTES ESPECIAIS

- DNIT 079/2006-ES - Plataformas de trabalho
- DNIT 088/2006-ES - Dispositivos de segurança lateral: guarda-rodas, guarda-corpos e barreiras
- DNIT 091/2006-ES - Tratamento de aparelhos de apoio: concreto, neoprene e metálicos
- DNIT 092/2006-ES - Juntas de dilatação
- DNIT 106/2009-ES - Terraplenagem - Cortes
- DNIT 108/2009-ES Terraplenagem - Aterros
- DNIT 117/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção
- DNIT 118/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Armaduras para concreto armado
- DNIT 120/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fôrmas
- DNIT 121/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Fundações
- DNIT 122/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado
- DNIT 123/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto protendido
- DNIT 124/2009-ES - Pontes e viadutos rodoviários – Escoramentos

5. TERMO DE ENCERRAMENTO

O Volume 3C – Memória de Cálculo de Estruturas do Projeto Executivo de infraestrutura viária do Complexo Viário de Acesso ao Terminal de Ônibus e Autódromo do município de Pinhais, no Estado do Paraná, contemplando o **Trecho 1: Conexão da Avenida Prefeito Maurício Fruet (Curitiba/PR) e Avenida Iraí (Pinhais/PR). Trecho 2: Viaduto Rua 24 de Maio e Revitalização da Avenida Iraí (Autódromo-Avenida Camilo di Lellis) - Pinhais/PR. Trecho 3: Avenida Ayrton Senna da Silva e Rua Carlos Drummond de Andrade - Pinhais/PR.**, é composto por 75 páginas, numeradas sequencialmente a partir do sumário.

ANEXO 1 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO VIADUTO

ANEXO 1 - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO VIADUTO

ENCONTRO ESTRUTURADO (EIXOS E1 AO E8 - RAMO 100)

a) Definição das seções

Para definição das seções foram utilizadas tipologias de elementos finitos incorporadas no software SAP 2000. Foram adotados elementos do tipo “placa” para a definição das lajes, e elementos tipo “barra” para os pilares e vigas.

O modelo do encontro estruturado foi dividido em dois trechos do Eixo E1 ao E4 e do E6 ao E8, levando em consideração o pior caso.

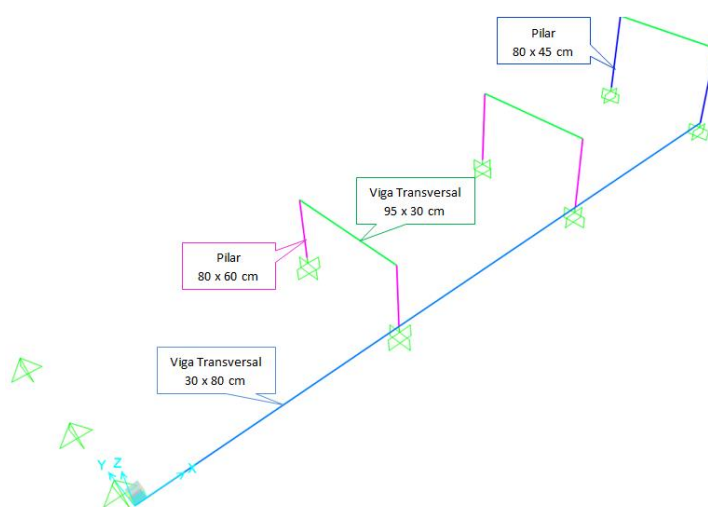


FIGURA 39 - IDENTIFICAÇÃO DAS SEÇÕES EM BARRA DO MODELO TRIDIMENSIONAL DOS EIXOS E1 AO E4 NO SAP2000.

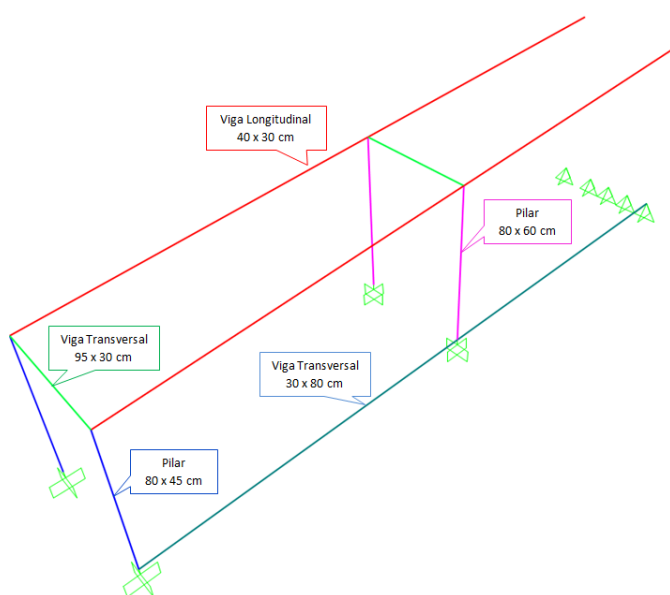


FIGURA 40 - IDENTIFICAÇÃO DAS SEÇÕES EM BARRA DO MODELO TRIDIMENSIONAL DOS EIXOS E8 AO E12 NO SAP2000.

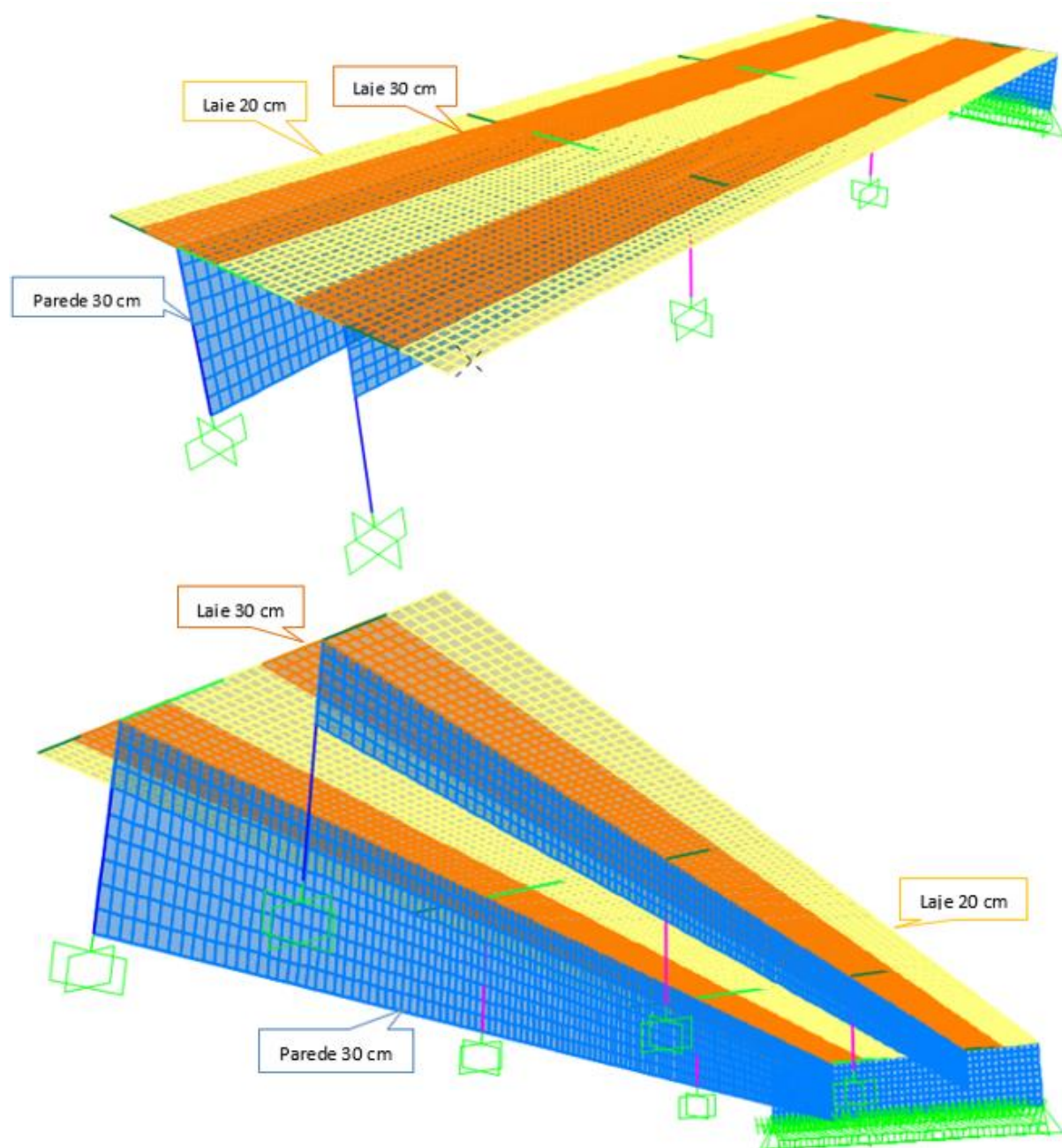


FIGURA 41 - IDENTIFICAÇÃO DAS SEÇÕES EM PLACAS DO MODELO TRIDIMENSIONAL DOS EIXOS E1 AO E4 NO SAP2000.

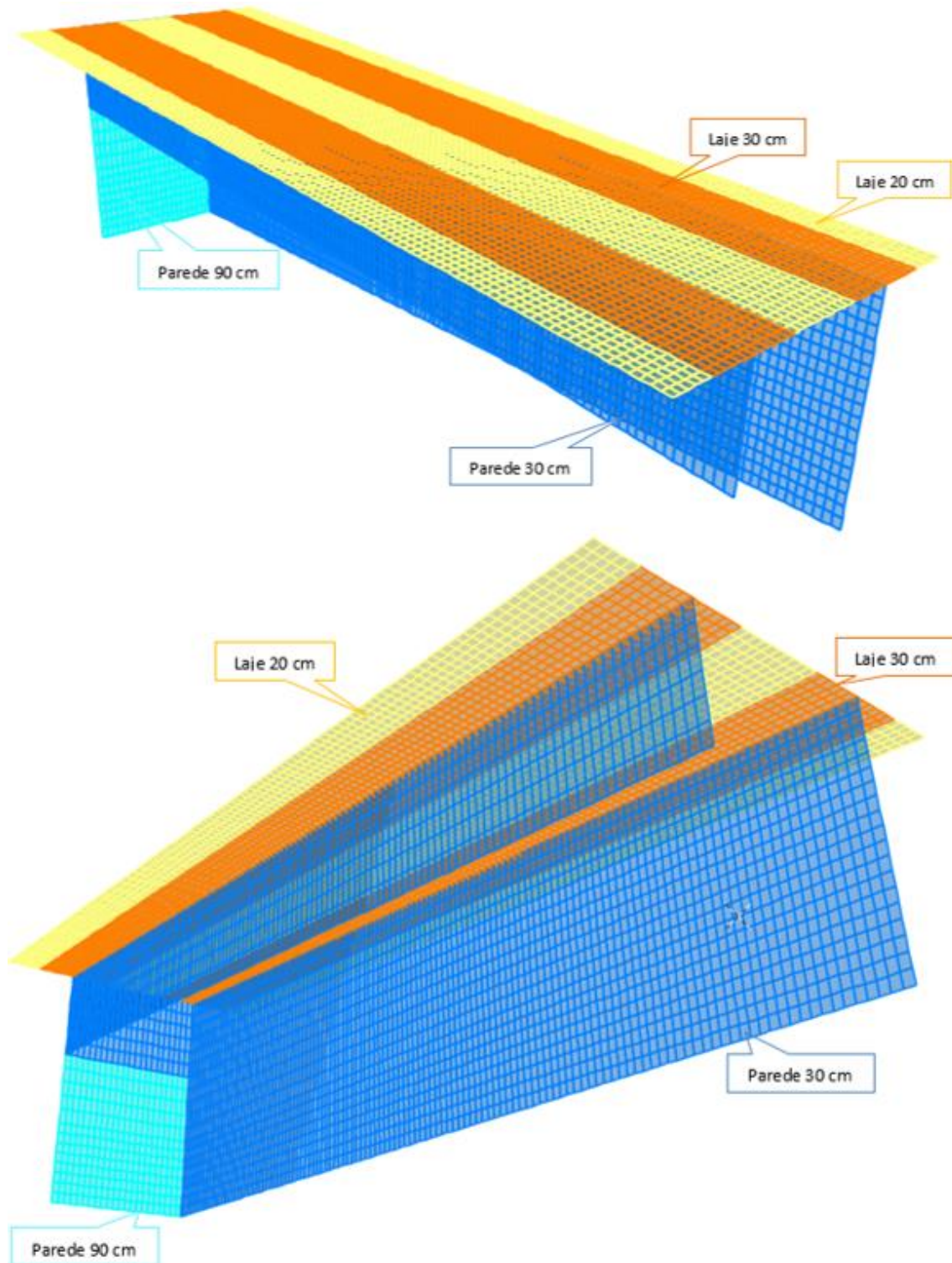


FIGURA 42 - IDENTIFICAÇÃO DAS SEÇÕES EM PLACAS DO MODELO TRIDIMENSIONAL DOS EIXOS E8 AO E12 NO SAP2000.

Para a análise das estruturas foi considerada a não linearidade física dos materiais através da redução das rigidezes dos elementos estruturais segundo os parâmetros do item 15.7.3 da NBR 6118 (ABNT, 2023):

Lajes: $(EI)_{sec} = 0,5.E_{cl}I_c$

Vigas: $(EI)_{sec} = 0,8.E_{cl}I_c$

Pilares: $(EI)_{sec} = 0,8.E_{cl}I_c$

Onde:

I_c = Momento de inércia da seção bruta de concreto, incluindo, quando for o caso, as mesas colaborantes;

E_c = Valor representativo do módulo de deformação do concreto.

Os itens a seguir apresentam as seções definidas no modelo computacional e suas respectivas localizações.

- Mesoestrutura

As imagens a seguir representam a definição dos elementos estruturais de mesoestrutura do encontro estruturado.

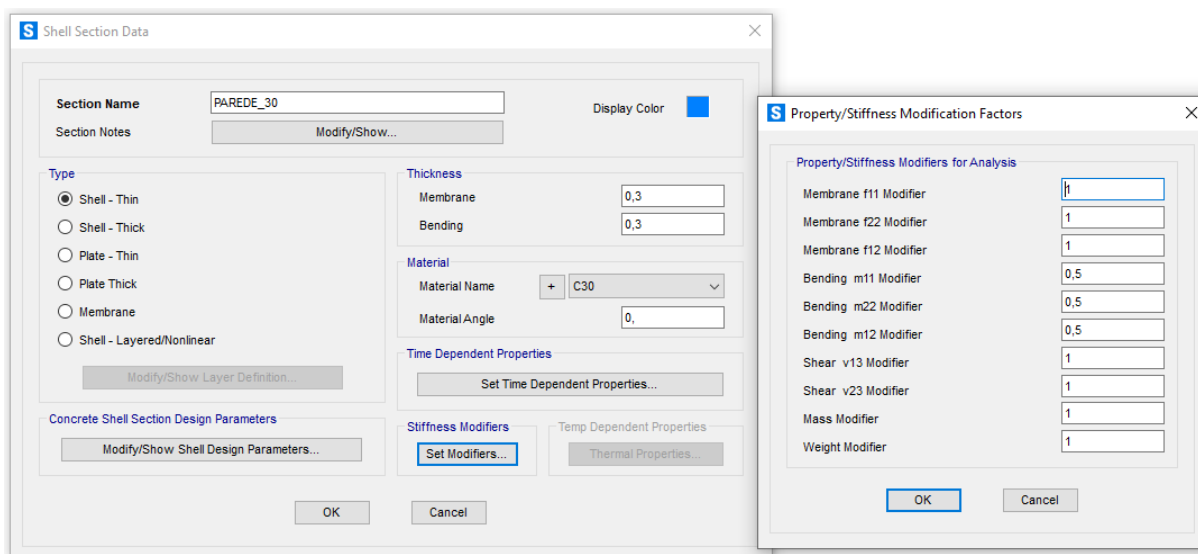


FIGURA 43 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DA PAREDE DE 30 CM NO SAP 2000.

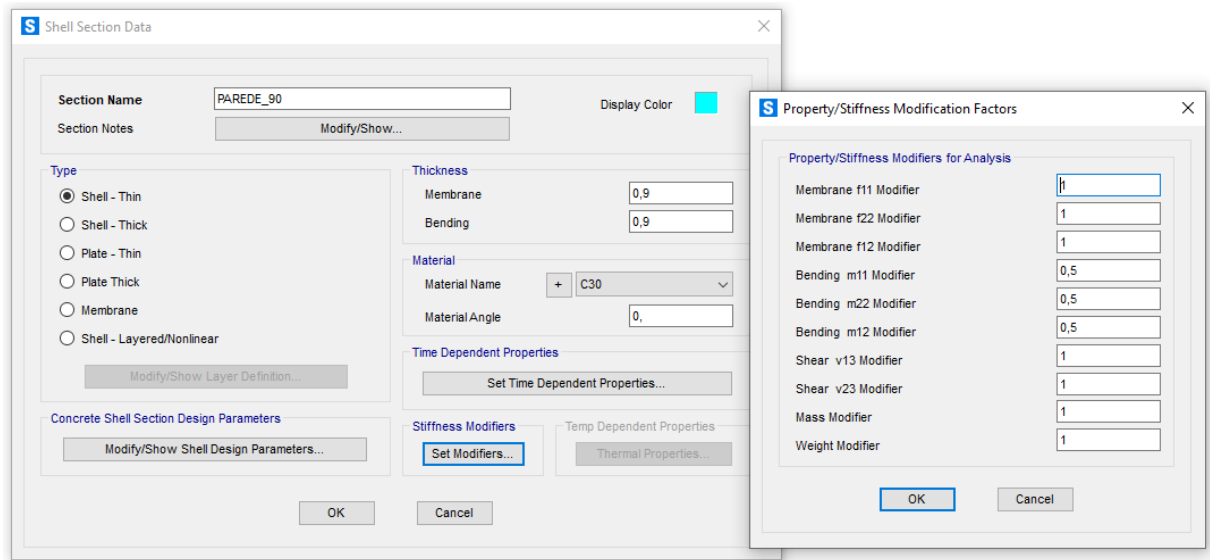


FIGURA 44 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DA PAREDE DE 90 CM NO SAP 2000.

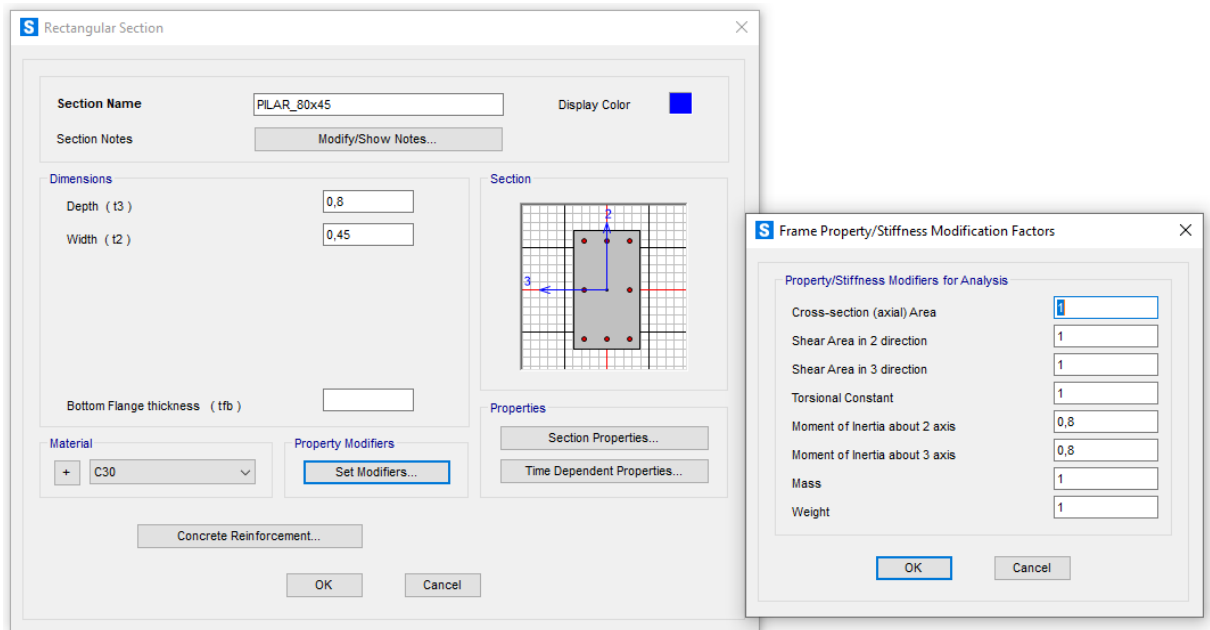


FIGURA 45 - DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES DOS PILARES 80 X 45 CM NO SAP 2000.

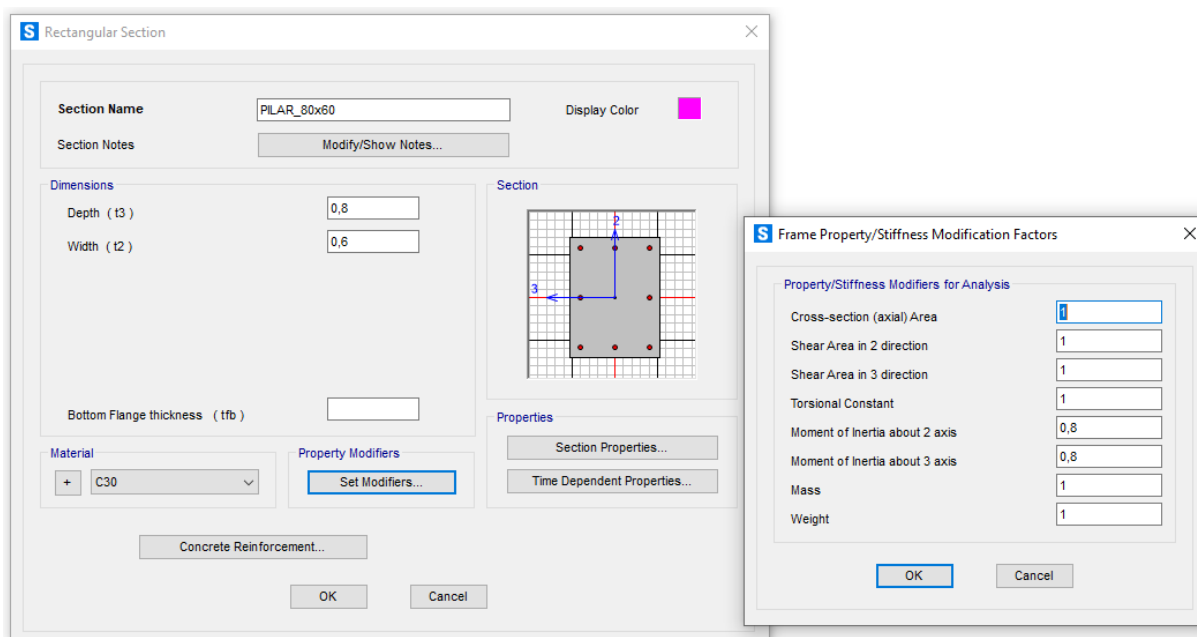


FIGURA 46 - DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES DOS PILARES 80 X 60 CM NO SAP 2000.

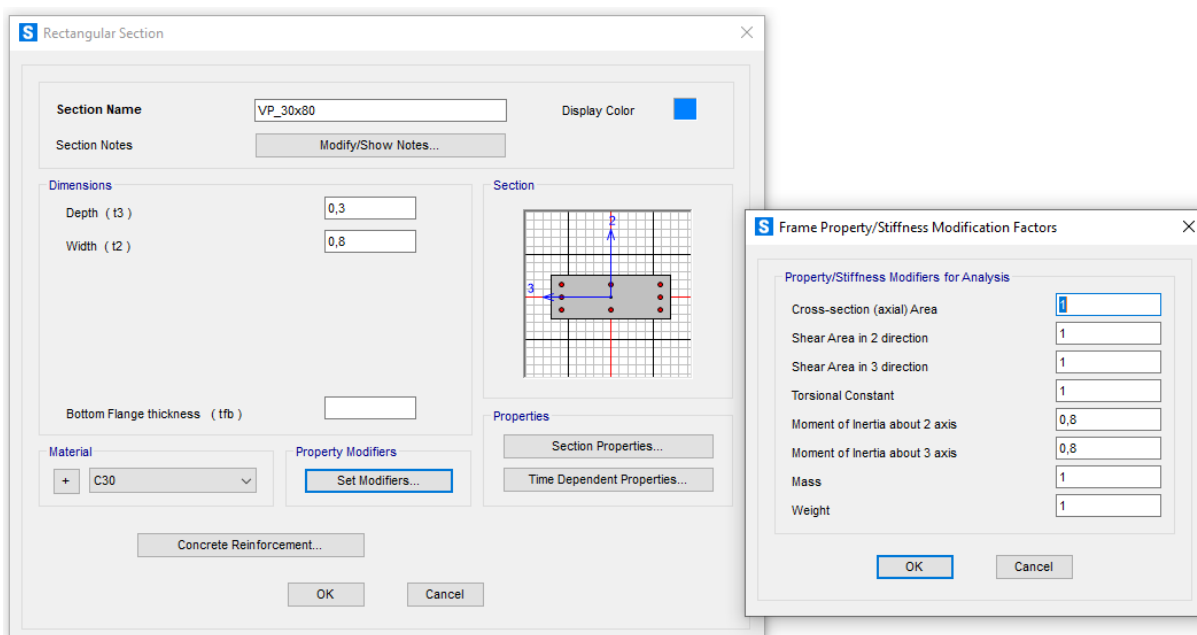


FIGURA 47 - DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES DA VIGA LONGITUDINAL 30 X 80 CM DA BASE DA PAREDE NO SAP 2000.

- Superestrutura

As imagens a seguir representam a definição dos elementos estruturais de superestrutura do viaduto.

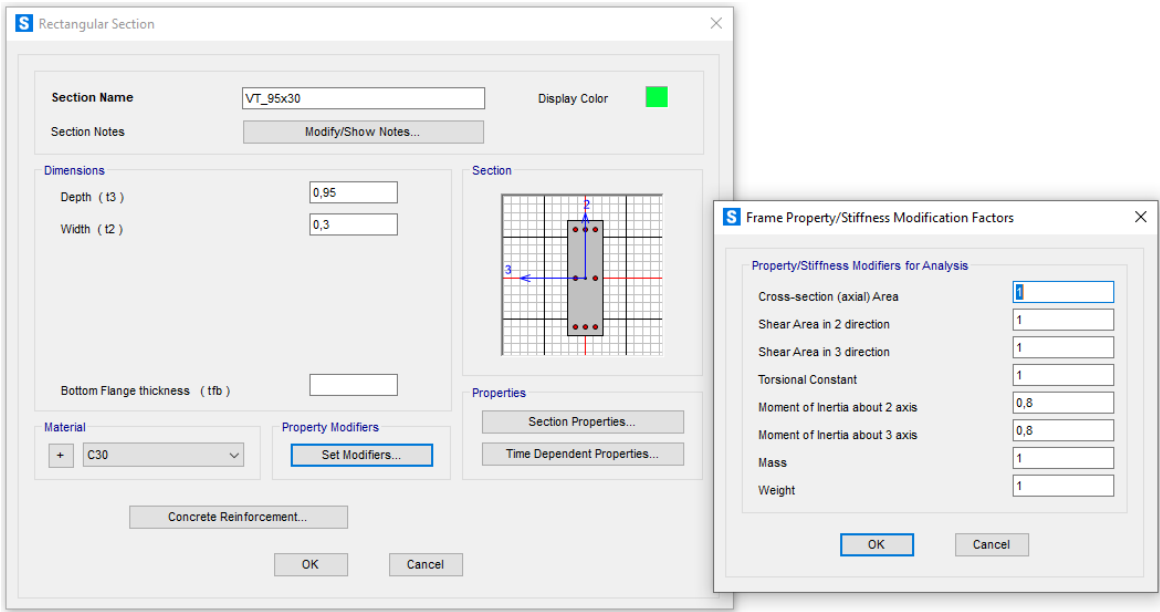


FIGURA 48 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DAS VIGAS TRANSVERSAIS 95 X 30 CM NO SAP 2000.

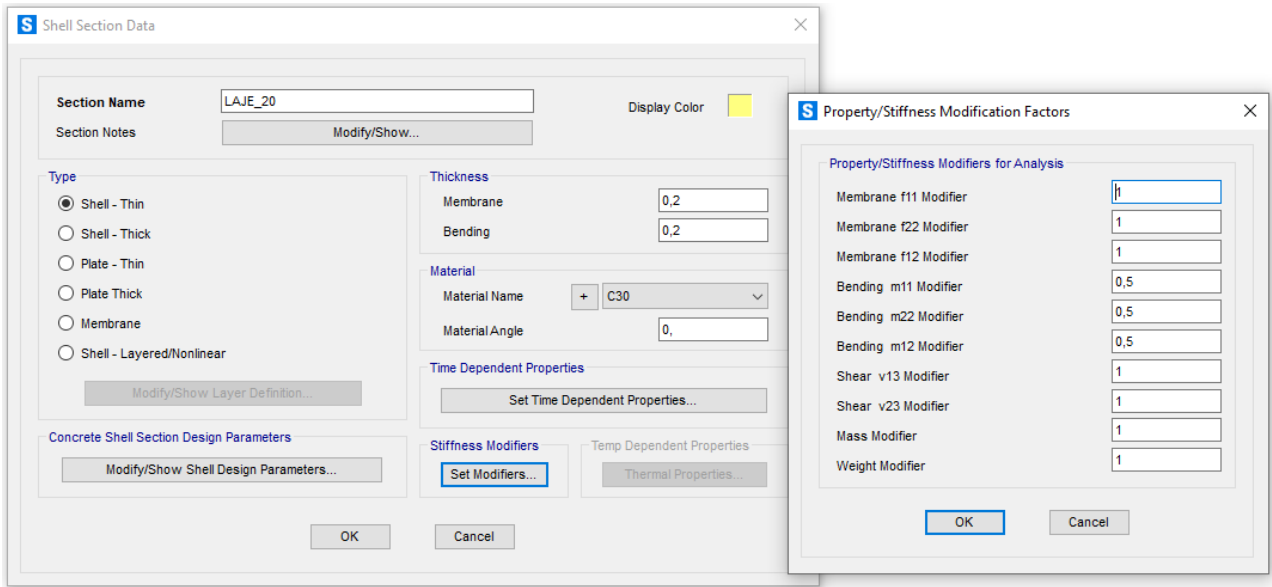


FIGURA 49 - DA SEÇÃO DA LAJE DE 20 CM DO TABULEIRO NO SAP 2000.

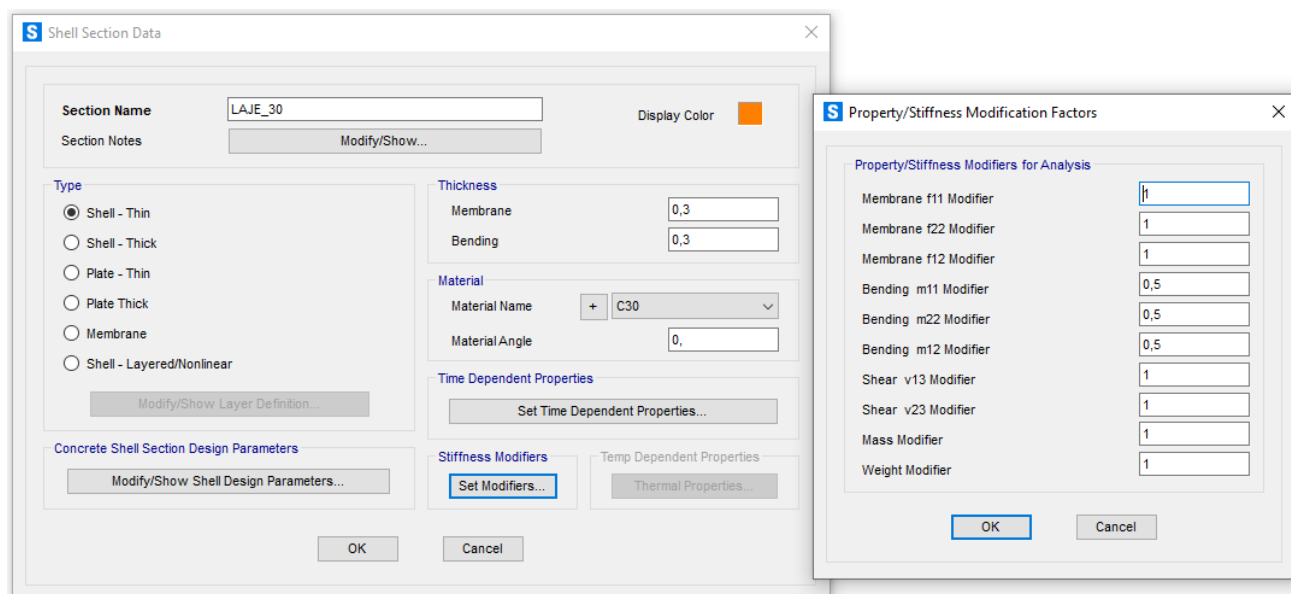


FIGURA 50 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DA LAJE DE 30 CM DO TABULEIRO NO SAP 2000.

b) Materiais

O concreto adotado foi classe C30, com resistência característica a compressão (f_{ck}) 30 Mpa.

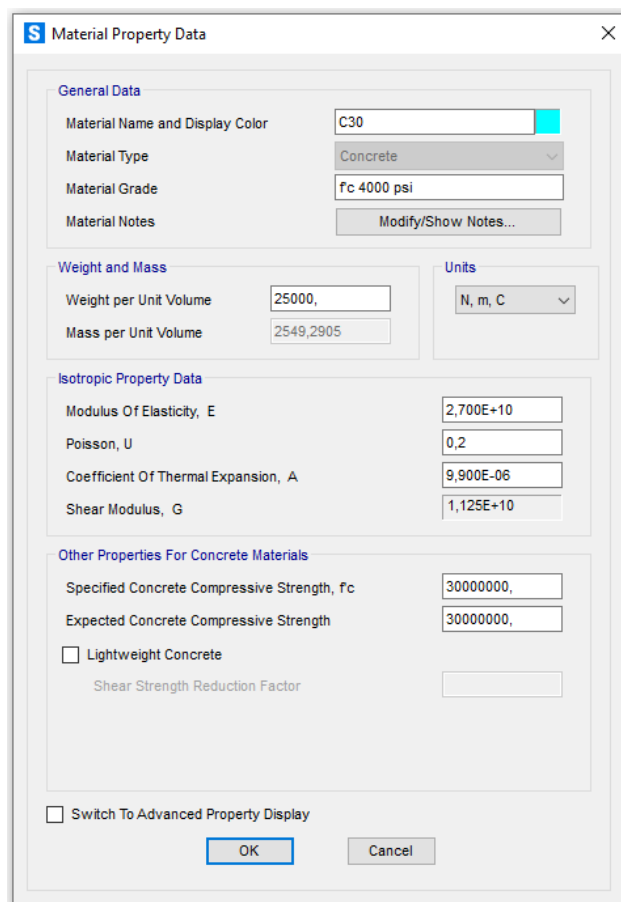


FIGURA 51 - CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL.

c) Carregamentos

Para a definição dos carregamentos sobre a estrutura foram levadas em consideração as situações críticas dos casos de carga.

- Pavimento - Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)

A carga proveniente do revestimento asfáltico foi dimensionada conforme especificações do item 3.4.1.2

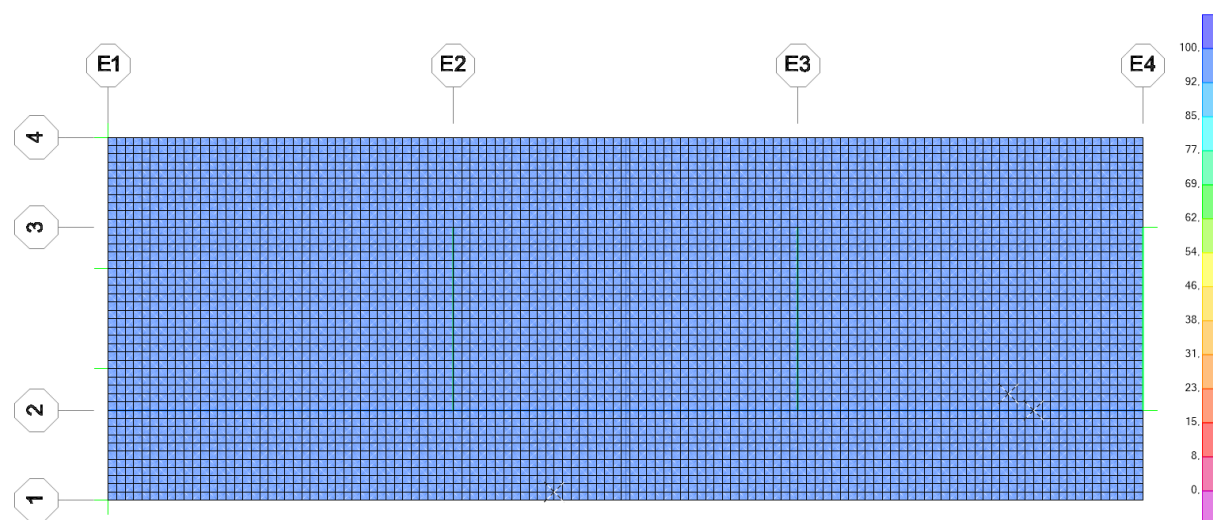


FIGURA 52 - CARREGAMENTO CBUQ (KG/M²) – EIXOS E1 A E4

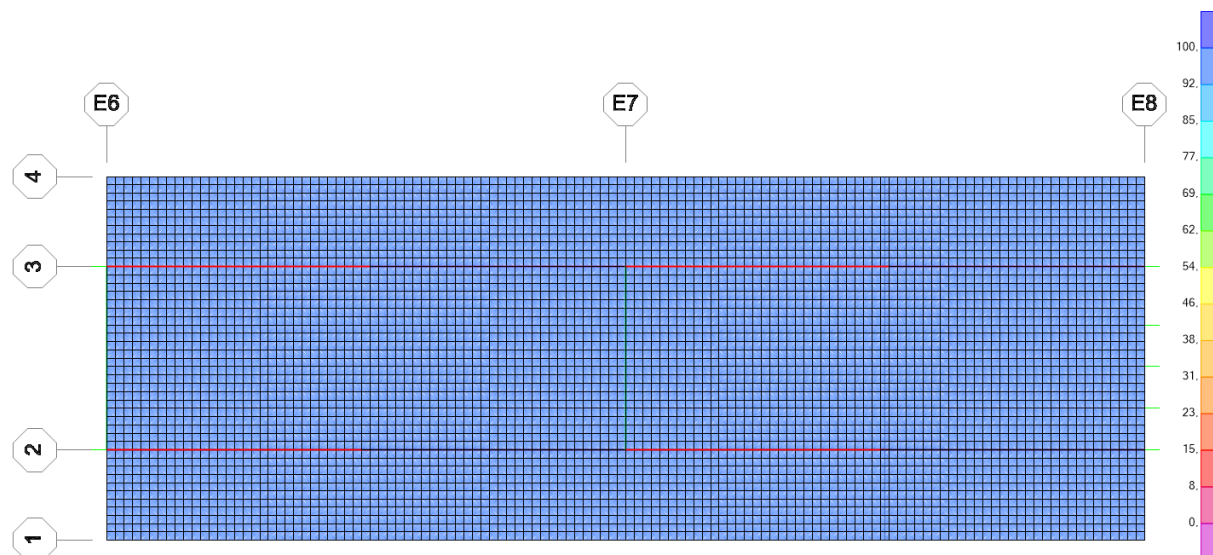
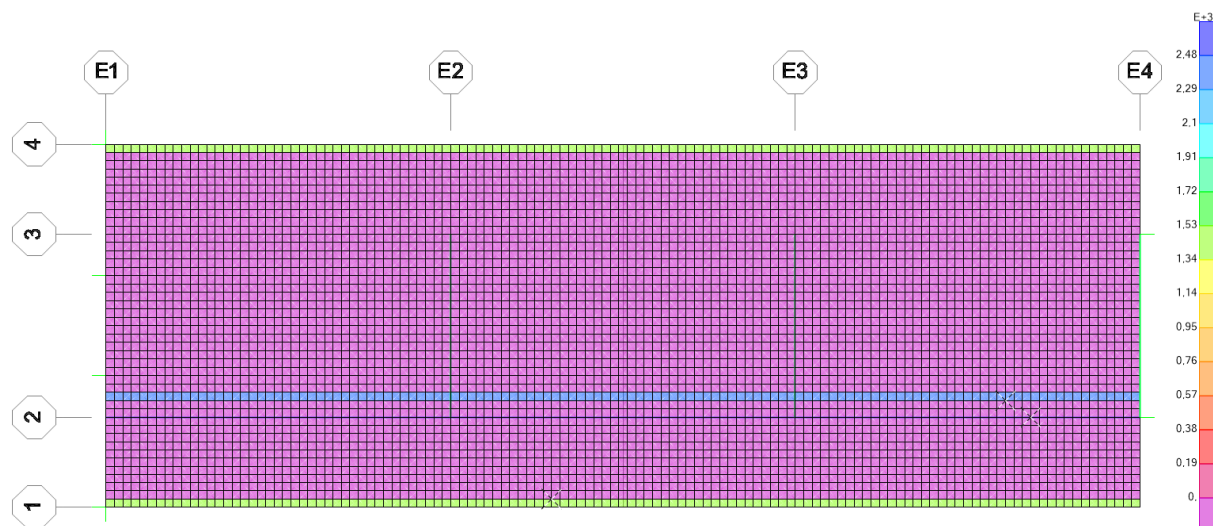
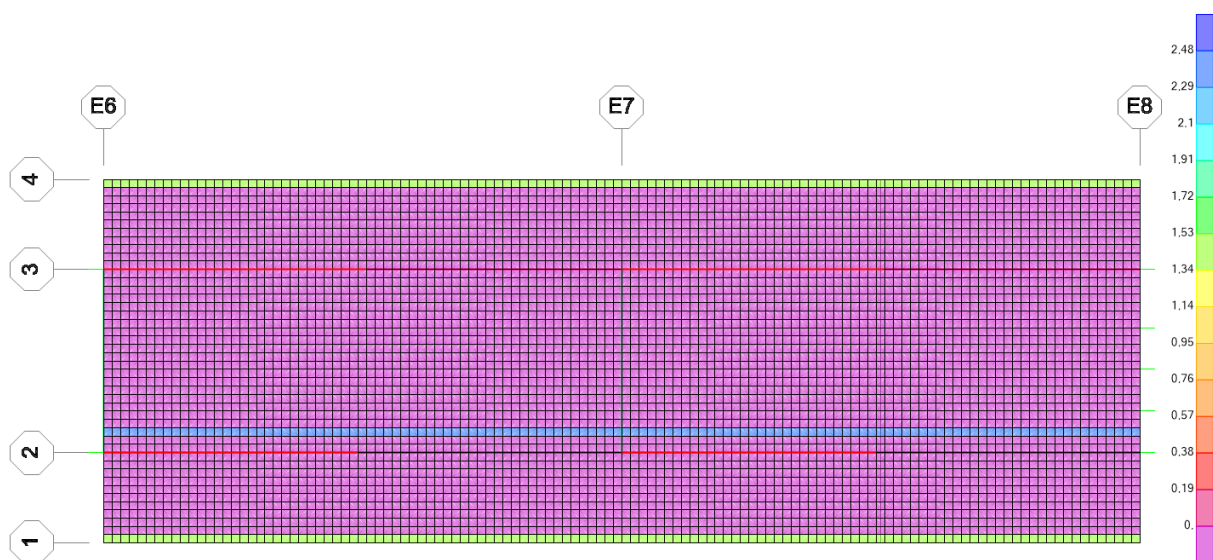


FIGURA 53 - CARREGAMENTO CBUQ (KG/M²) – EIXOS E6 A E8

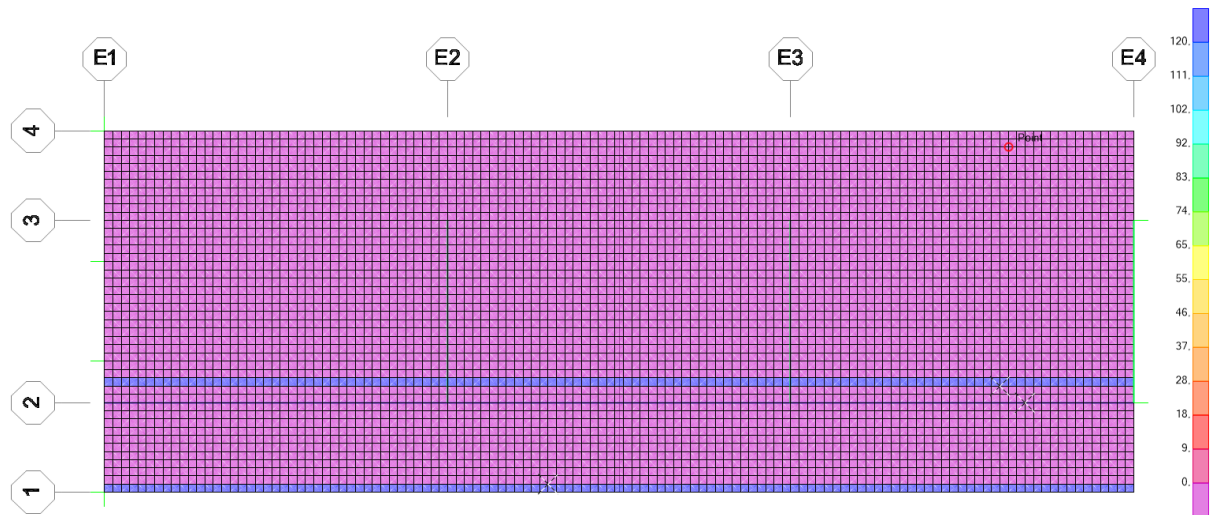
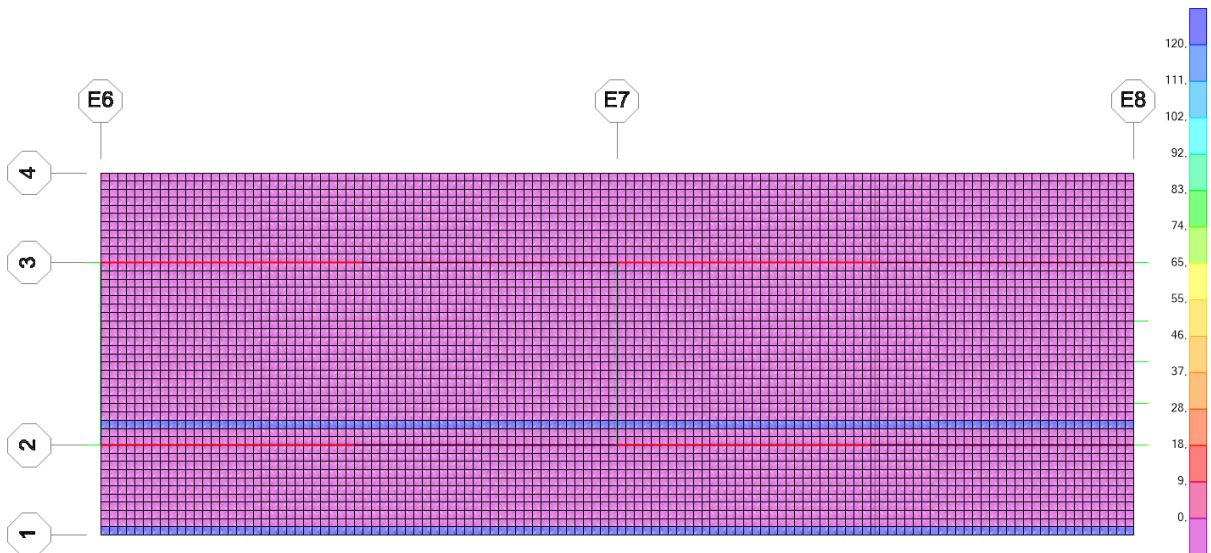
- Guarda-Rodas

A carga proveniente do guarda-rodas foi dimensionada conforme especificações do item 3.4.1.3

FIGURA 54 - CARREGAMENTO GUARDA-RODAS (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4FIGURA 55 - CARREGAMENTO GUARDA-RODAS (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

- Guarda-Corpo metálico

A carga proveniente do guarda-corpo metálico foi dimensionada conforme especificações do item 3.4.1.4.

FIGURA 56 - CARREGAMENTO DO GUARDA CORPO (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4FIGURA 57 - CARREGAMENTO DO GUARDA CORPO (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

- Laje pré-moldada

A carga proveniente das lajes pré-moldadas foi dimensionada conforme especificações do item 3.4.1.5.

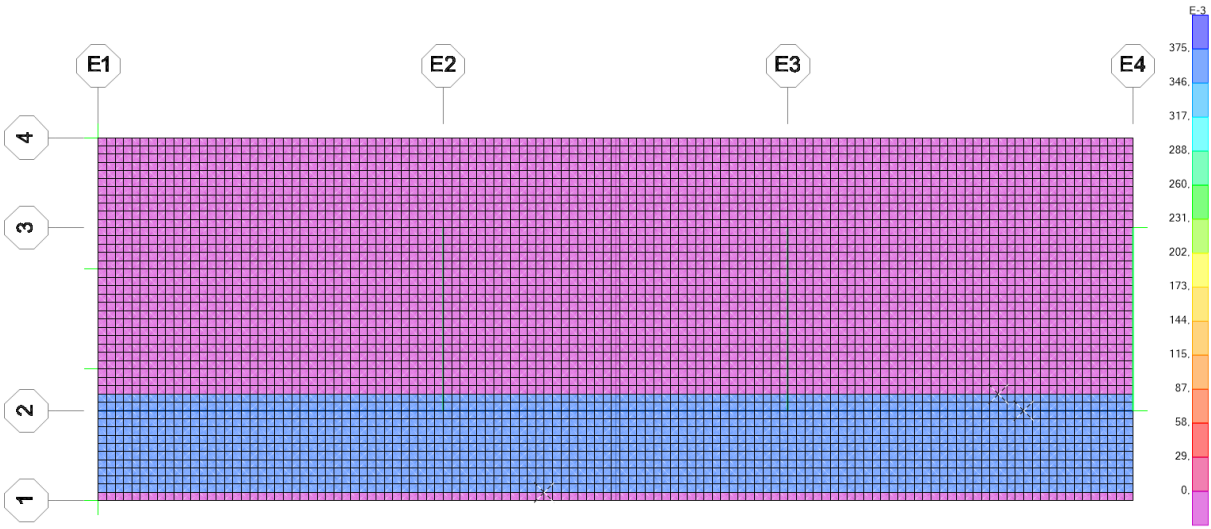


FIGURA 58 - CARREGAMENTO DA LAJE PRÉ-MOLDADA (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

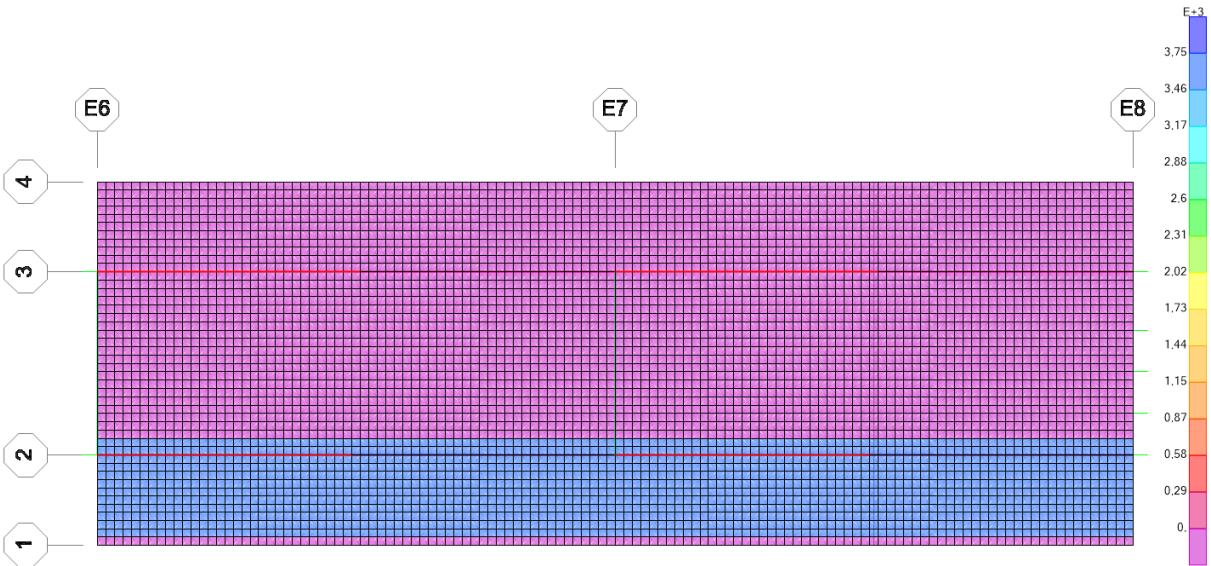


FIGURA 59 - CARREGAMENTO DA LAJE PRÉ-MOLDADA (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

- Frenagem

As cargas de frenagem foram aplicadas em 8 pontos da estrutura, e foram dimensionadas conforme item 3.4.2.2.



FIGURA 60 - FRENAGEM PONTO 1 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

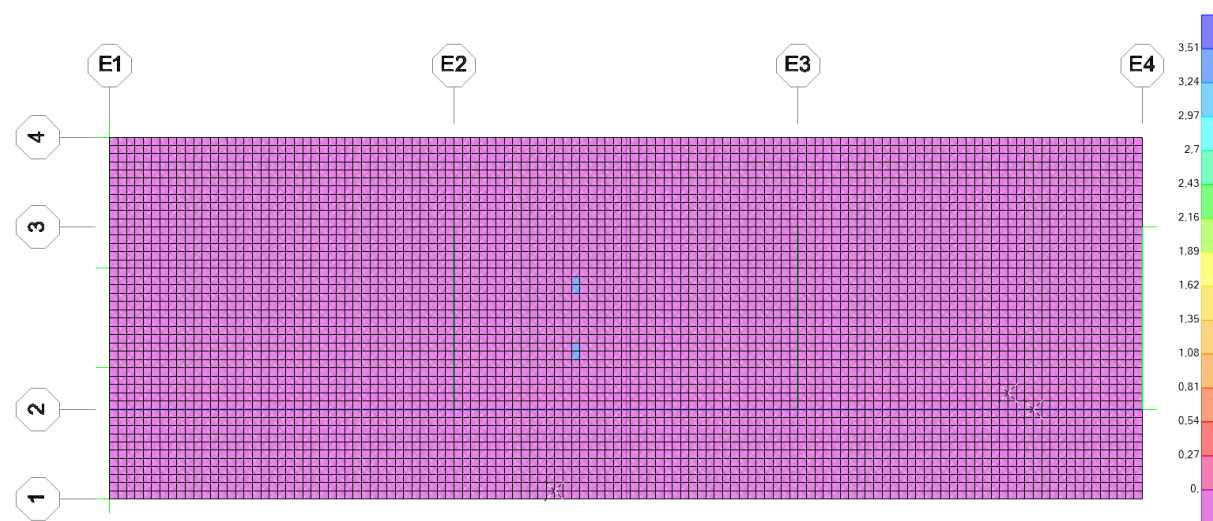


FIGURA 61 - FRENAGEM PONTO 2 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

FIGURA 62 - FRENAGEM PONTO 3 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4FIGURA 63 - FRENAGEM PONTO 4 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4FIGURA 64 - FRENAGEM PONTO 5 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4



FIGURA 65 - FRENAGEM PONTO 6 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

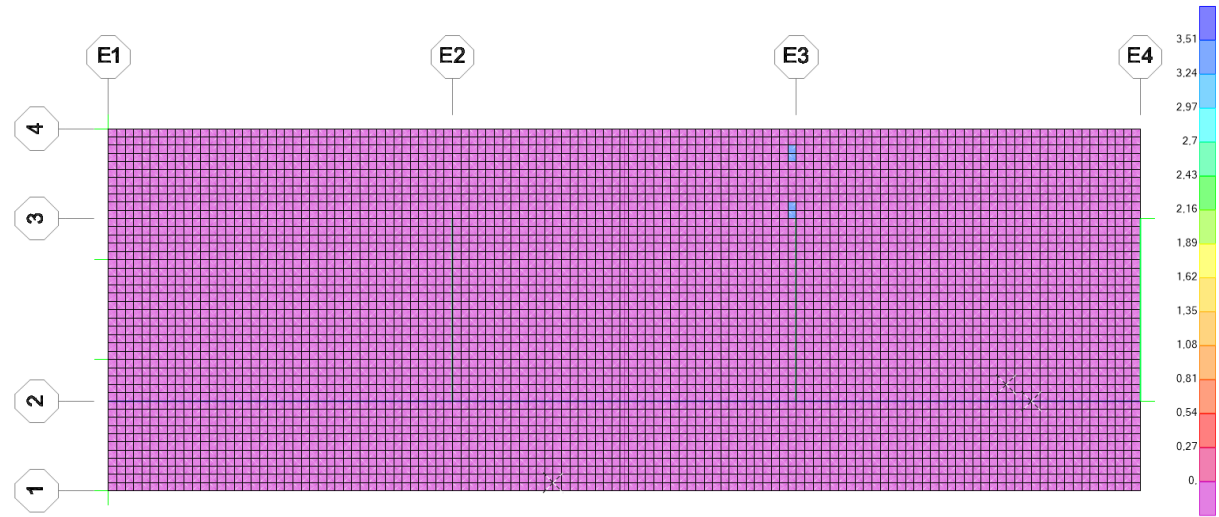


FIGURA 66 - FRENAGEM PONTO 7 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

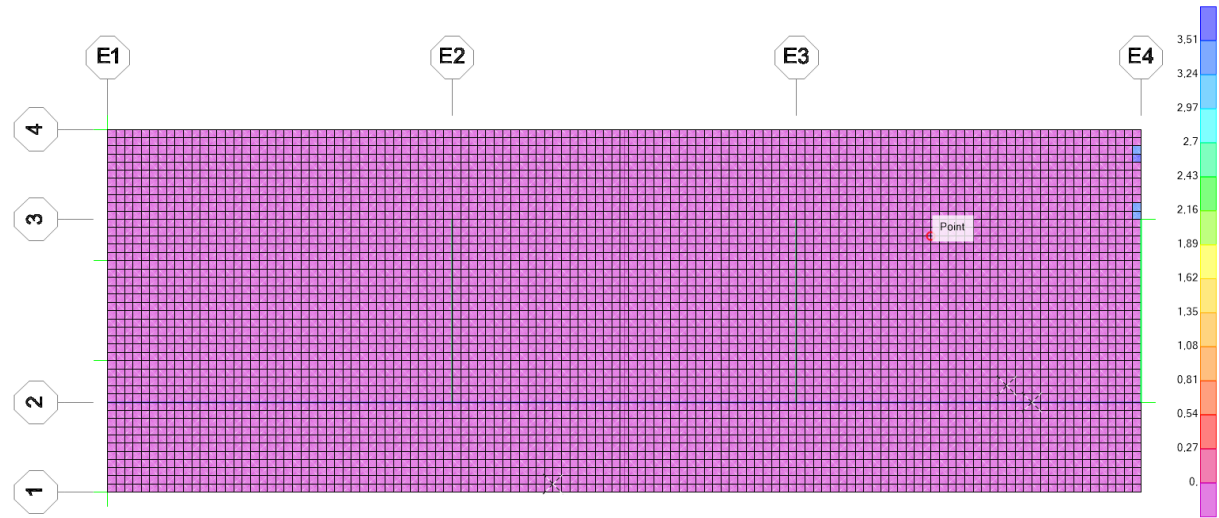
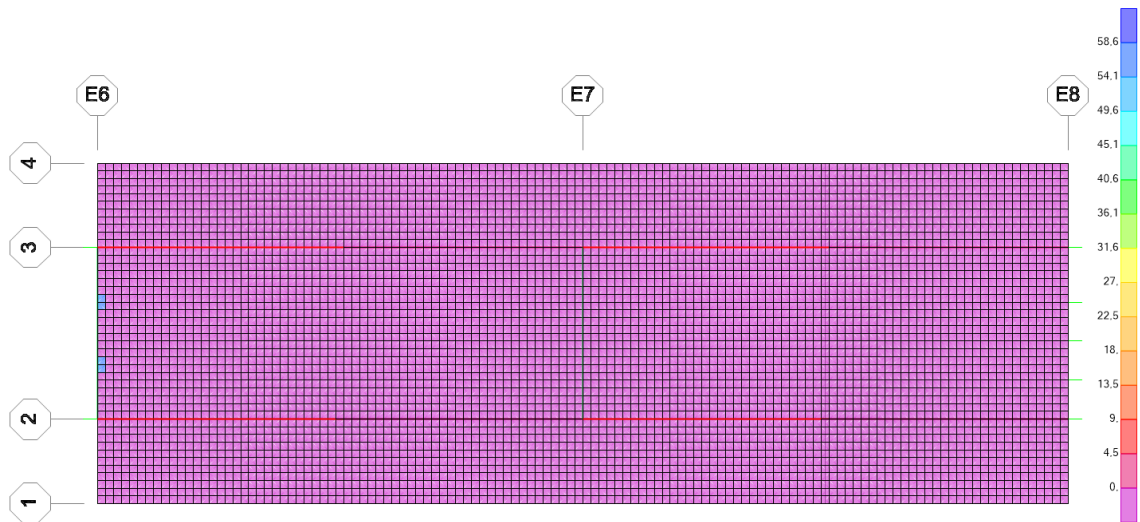
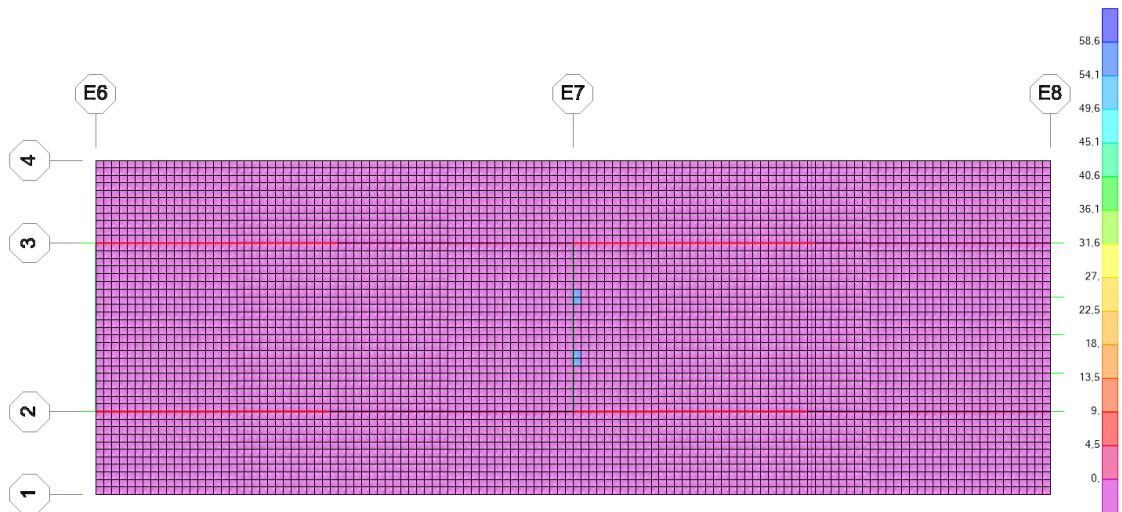
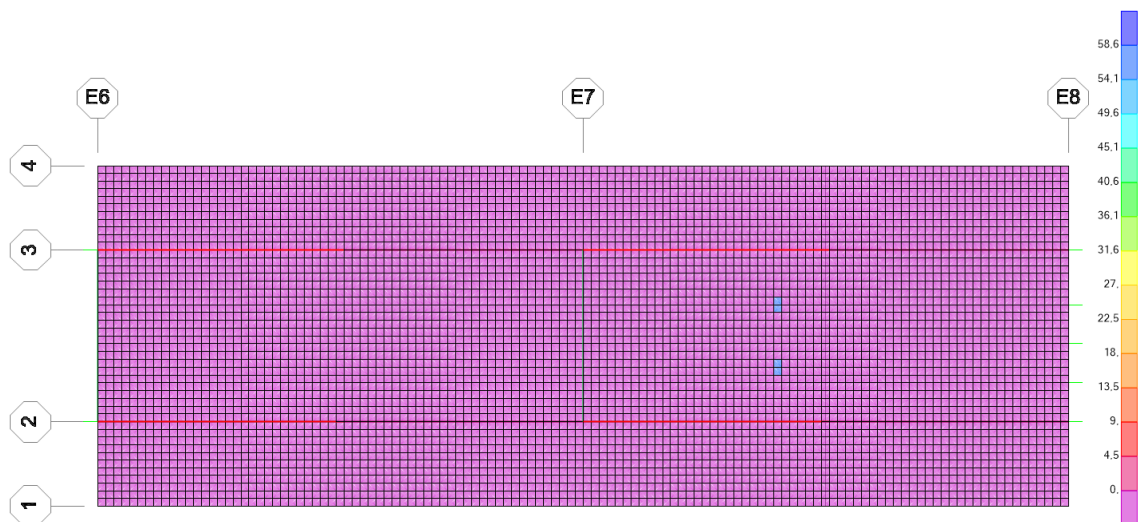
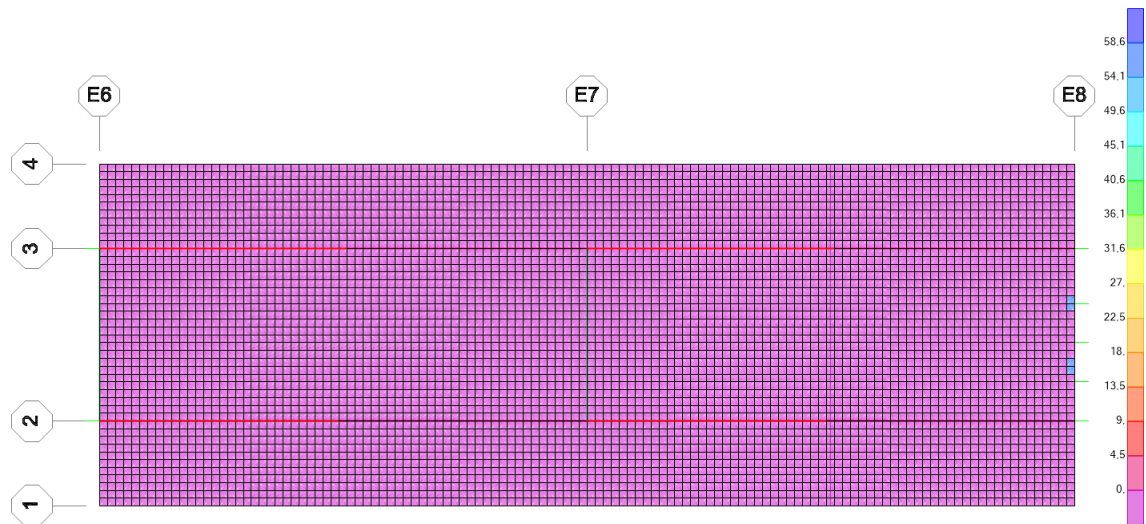
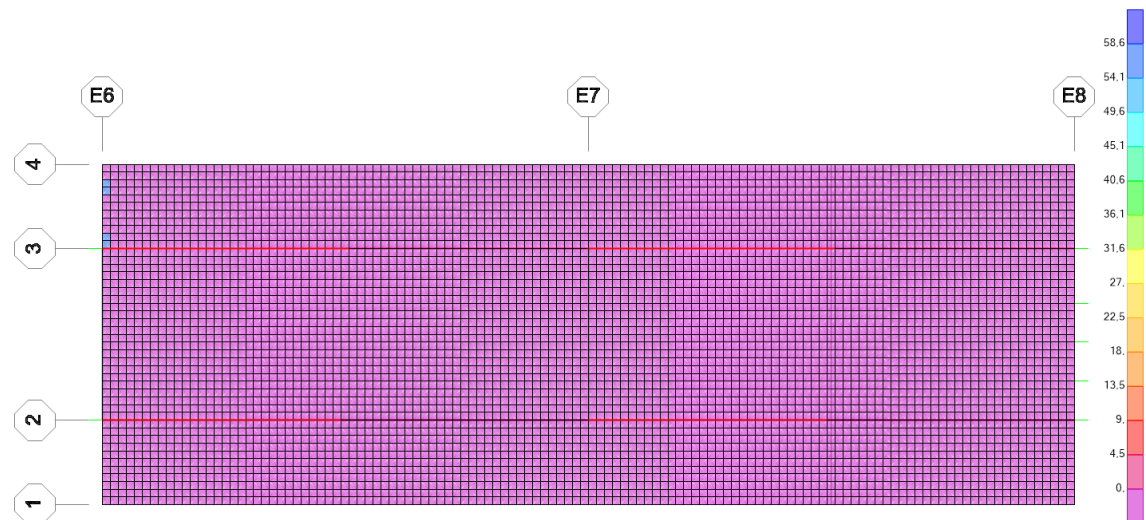
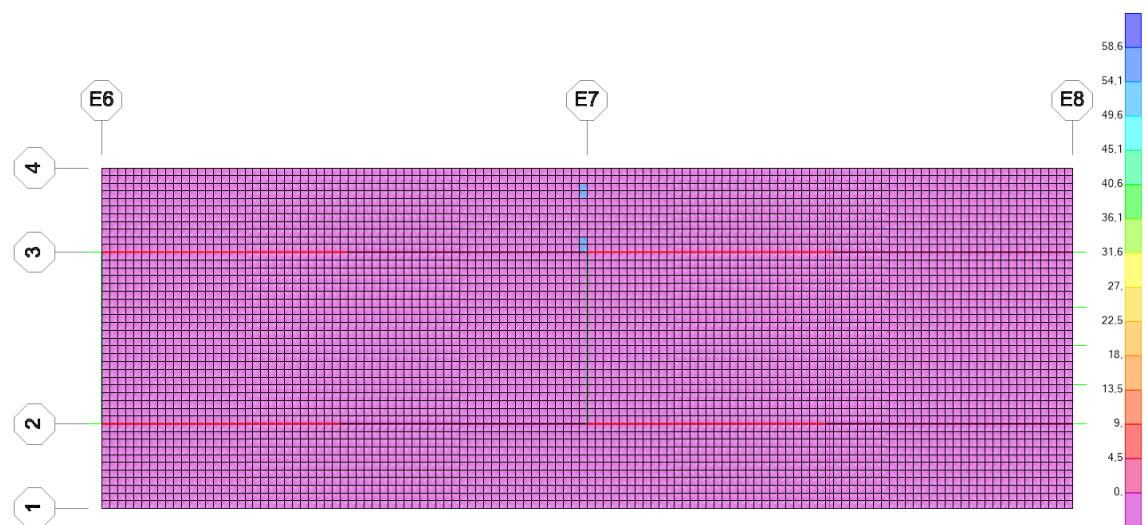


FIGURA 67 - FRENAGEM PONTO 8 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

FIGURA 68 - FRENAGEM PONTO 1 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8FIGURA 69 - FRENAGEM PONTO 2 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8FIGURA 70 - FRENAGEM PONTO 3 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

FIGURA 71 - FRENAGEM PONTO 4 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8FIGURA 72 - FRENAGEM PONTO 5 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8FIGURA 73 - FRENAGEM PONTO 6 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

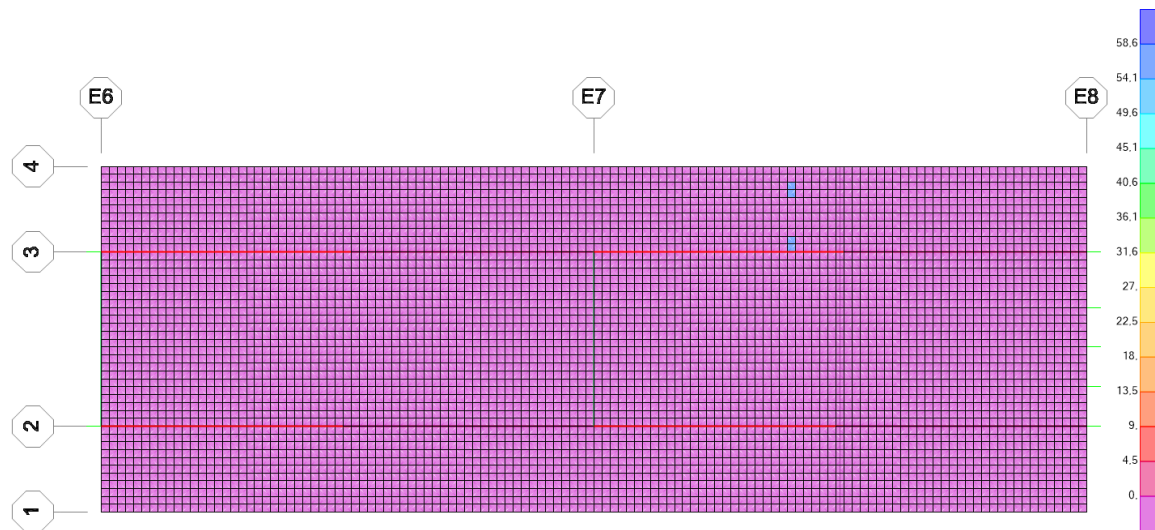


FIGURA 74 - FRENAGEM PONTO 7 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

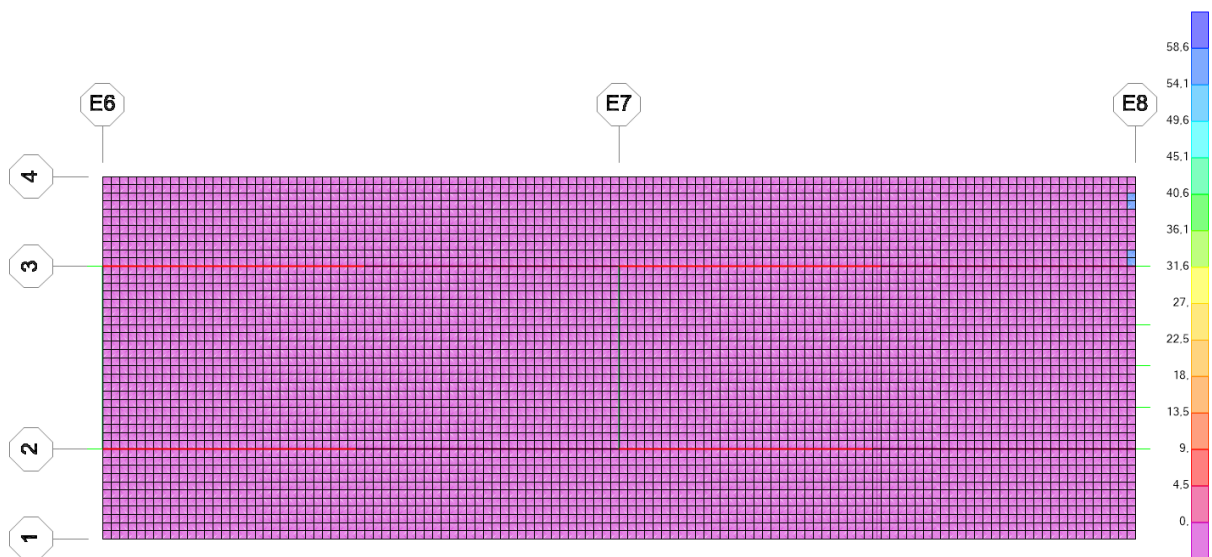


FIGURA 75 - FRENAGEM PONTO 8 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

- Trem tipo

A carga do trem tipo foi dimensionada de acordo com as cargas do caminhão de projeto TB-45, como especificado no item 3.4.2, atuando em oito posições diferentes.

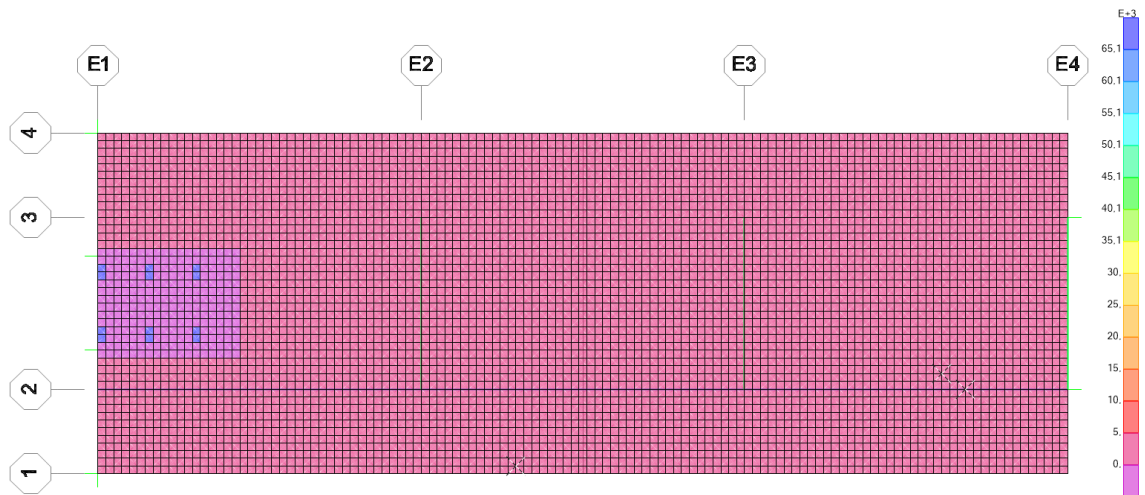


FIGURA 76 - TREM TIPO POSIÇÃO 1 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

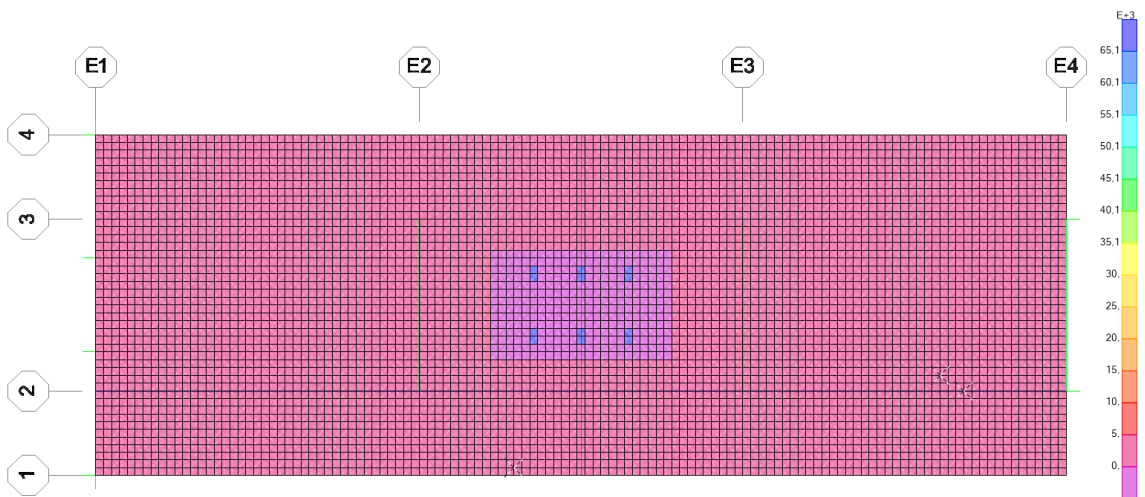


FIGURA 77 - TREM TIPO POSIÇÃO 2 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

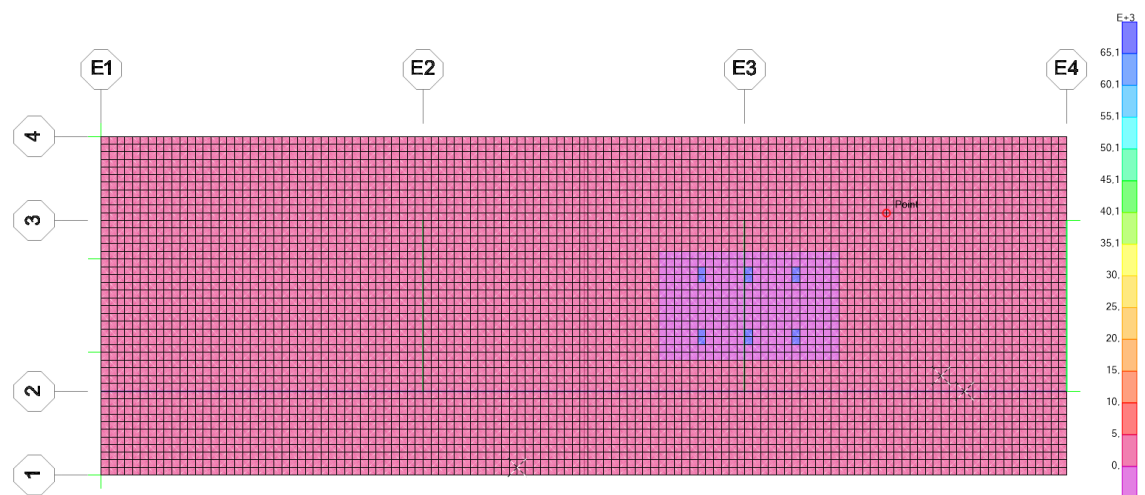


FIGURA 78 - TREM TIPO POSIÇÃO 3 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

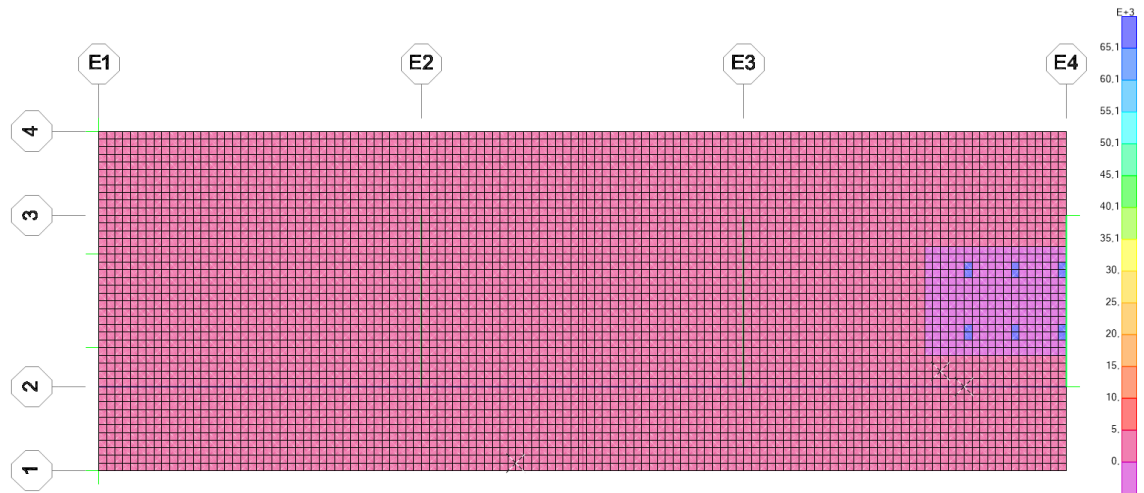


FIGURA 79 - TREM TIPO POSIÇÃO 4 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4



FIGURA 80 - TREM TIPO POSIÇÃO 5 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

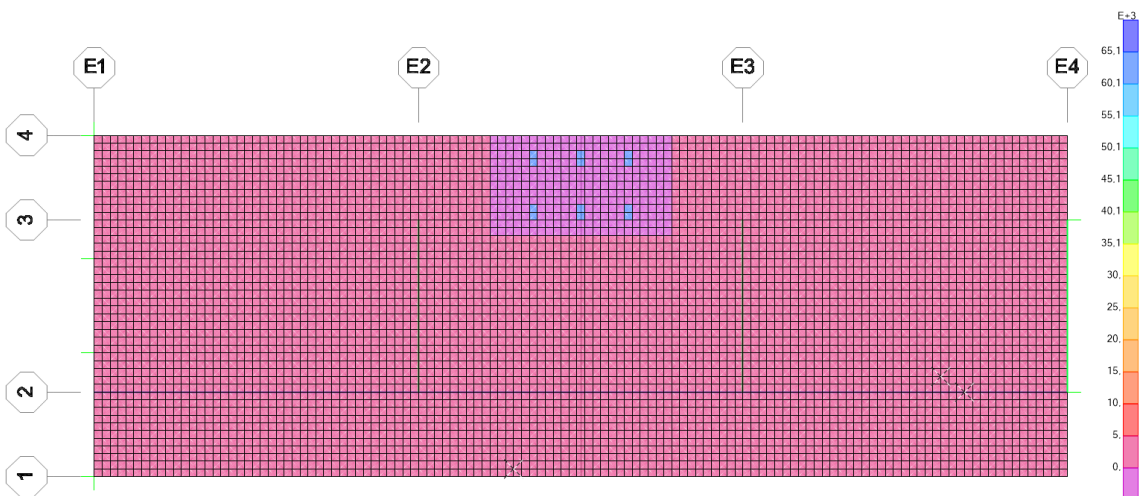


FIGURA 81 - TREM TIPO POSIÇÃO 6 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4



FIGURA 82 - TREM TIPO POSIÇÃO 7 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

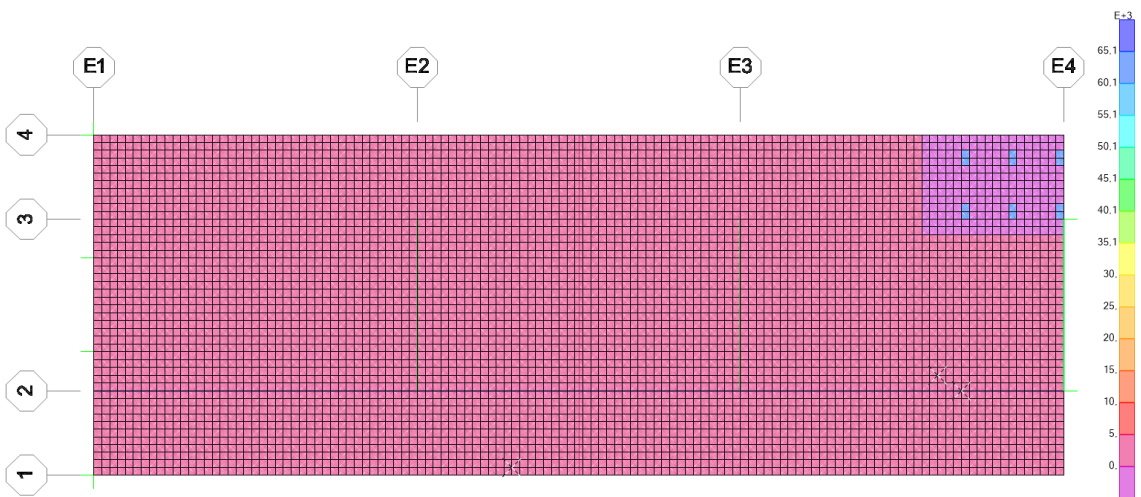


FIGURA 83 - TREM TIPO POSIÇÃO 8 (TONF/M²) – EIXOS E1 A E4

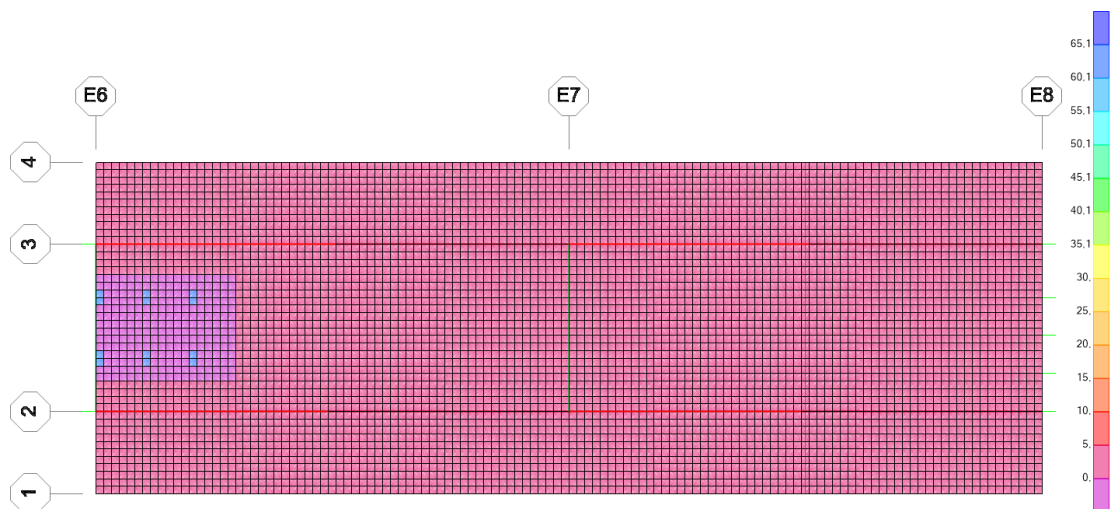


FIGURA 84 - TREM TIPO POSIÇÃO 1 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

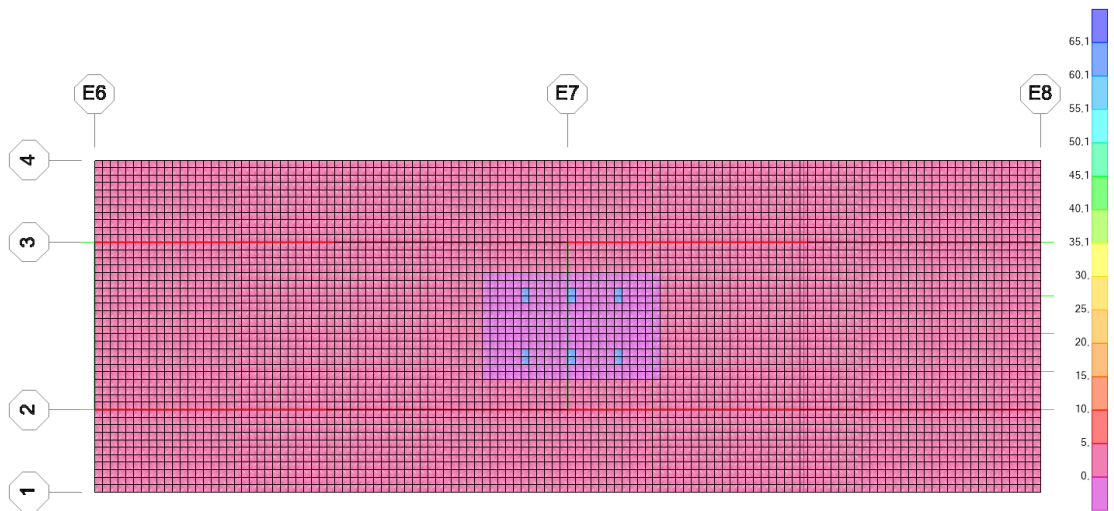


FIGURA 85 - TREM TIPO POSIÇÃO 2 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

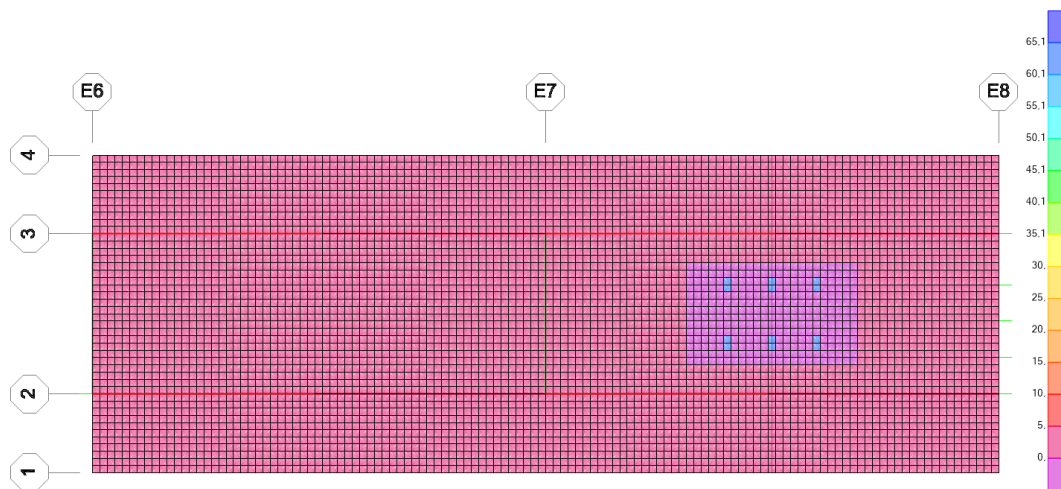


FIGURA 86 - TREM TIPO POSIÇÃO 3 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

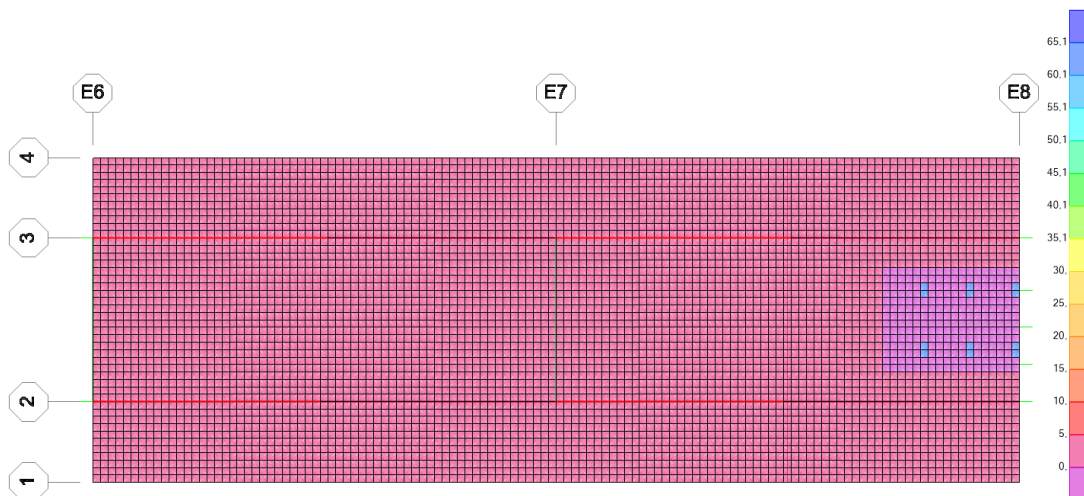


FIGURA 87 - TREM TIPO POSIÇÃO 4 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

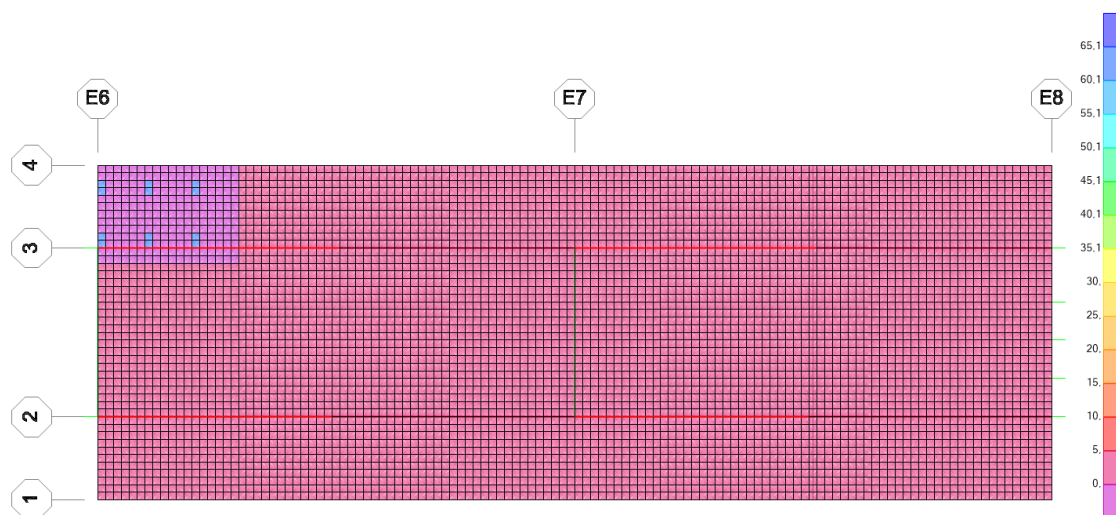


FIGURA 88 - TREM TIPO POSIÇÃO 5 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

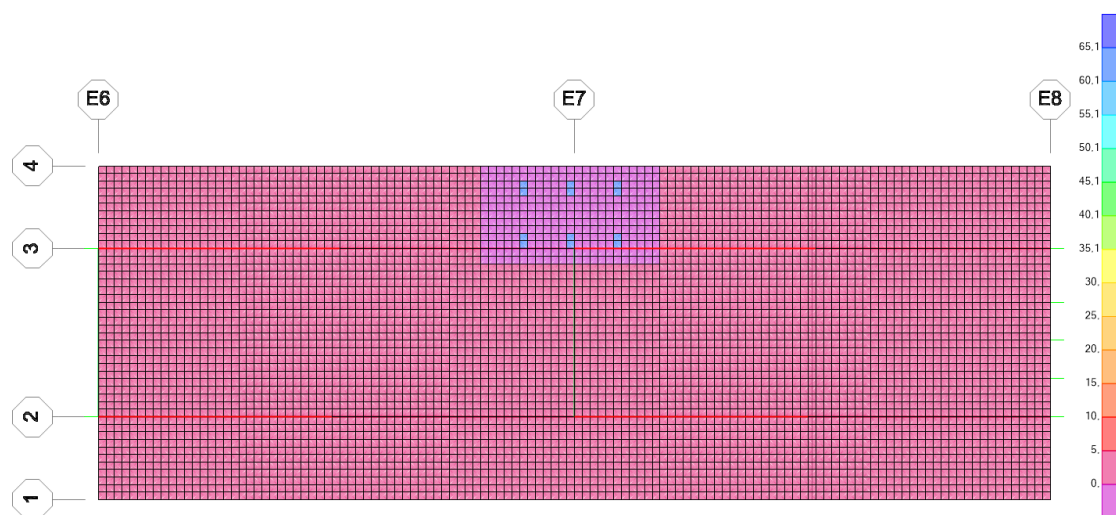


FIGURA 89 - TREM TIPO POSIÇÃO 6 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

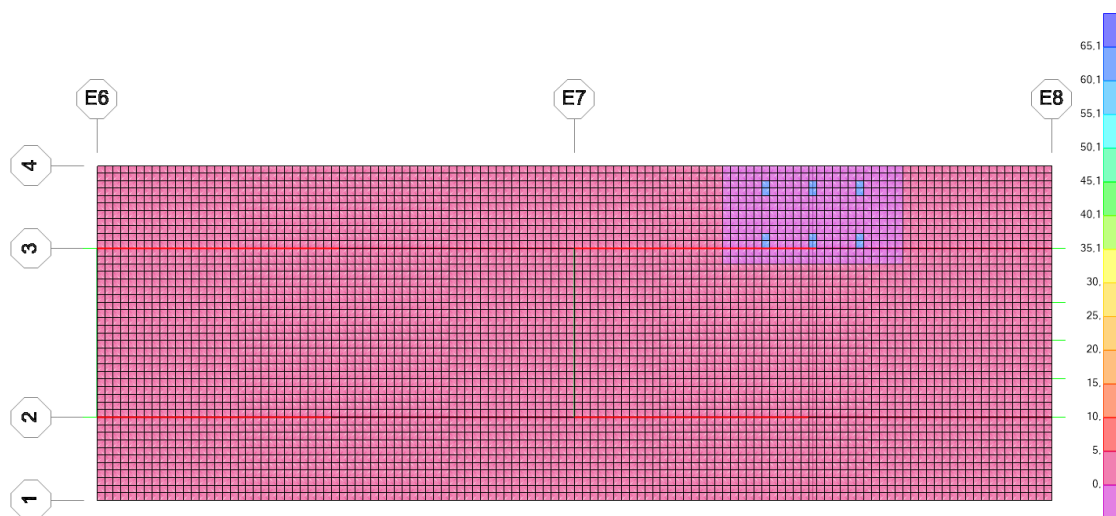
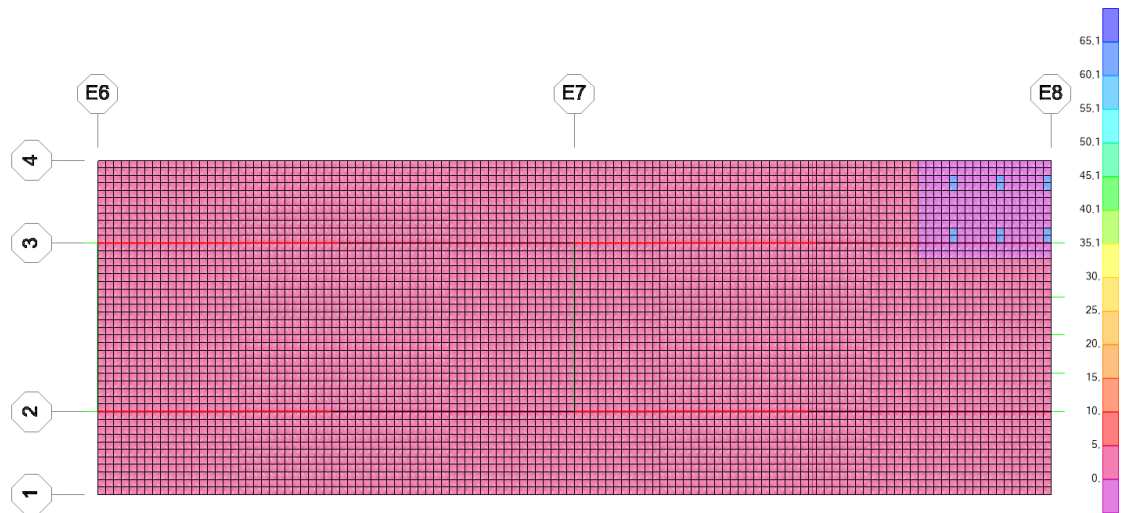
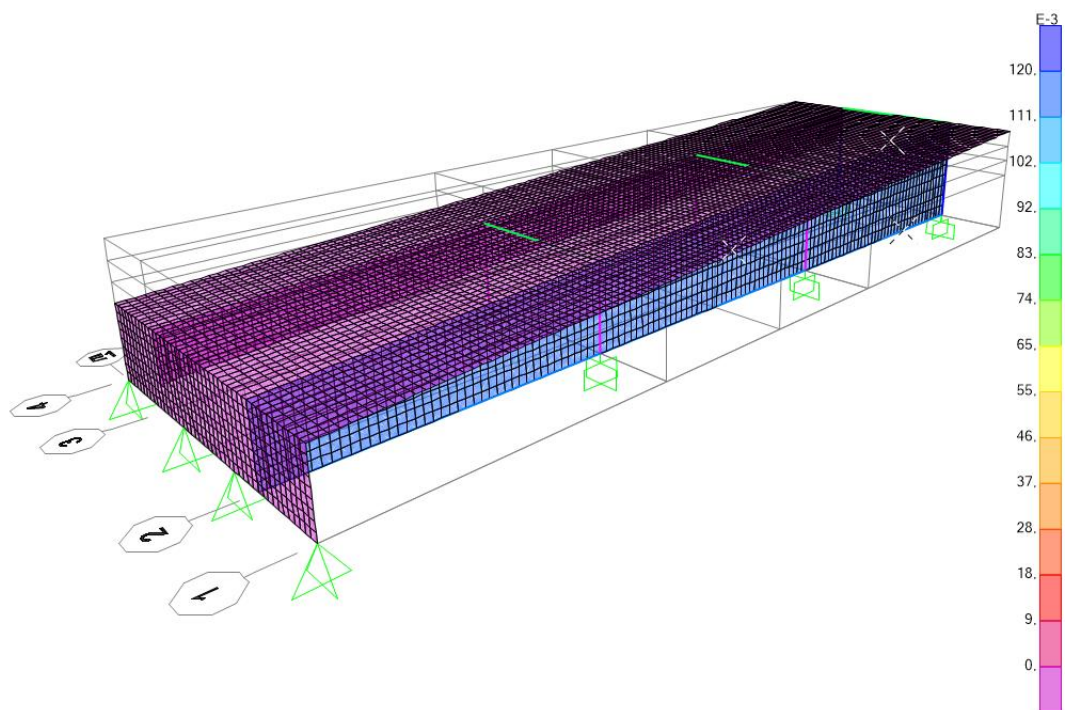


FIGURA 90 - TREM TIPO POSIÇÃO 7 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

FIGURA 91 - TREM TIPO POSIÇÃO 8 (TONF/M²) – EIXOS E6 A E8

- Vento

A carga do vento atuante sobre a estrutura foi dimensionada conforme especificações do item 3.4.3.

FIGURA 92 - VENTO SOBRE A ESTRUTURA (KGF/M²) - EIXOS E1 A E4

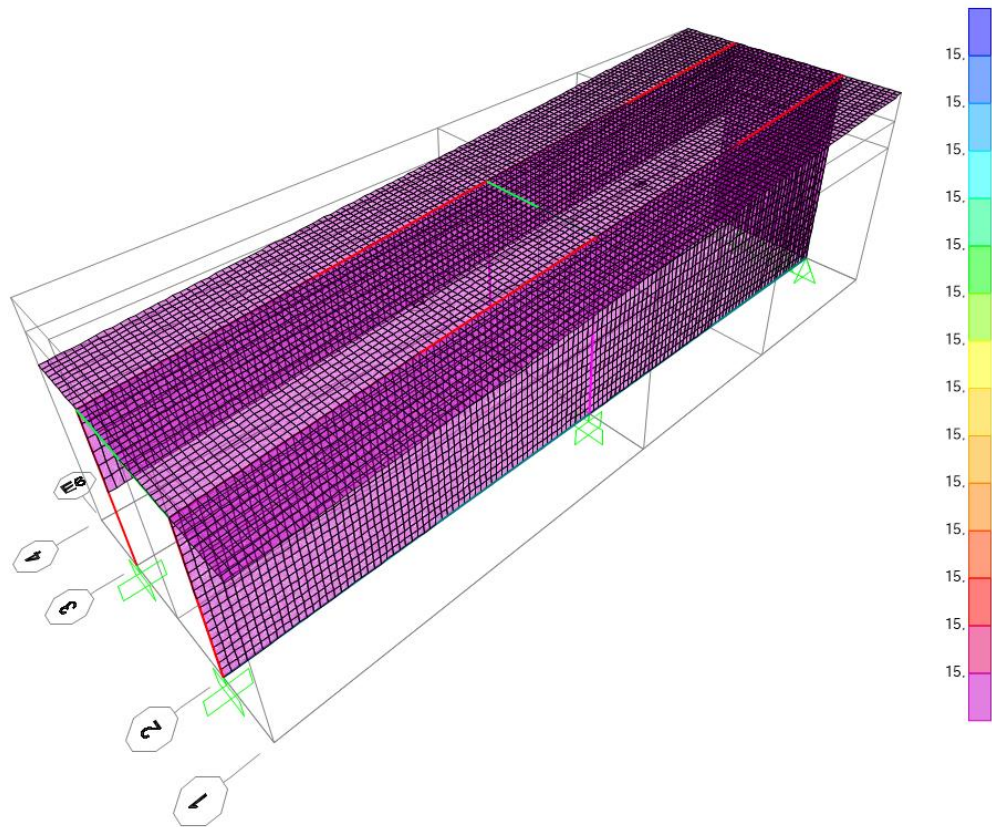


FIGURA 95 - TEMPERATURA POSITIVA – EIXOS E6 A E8

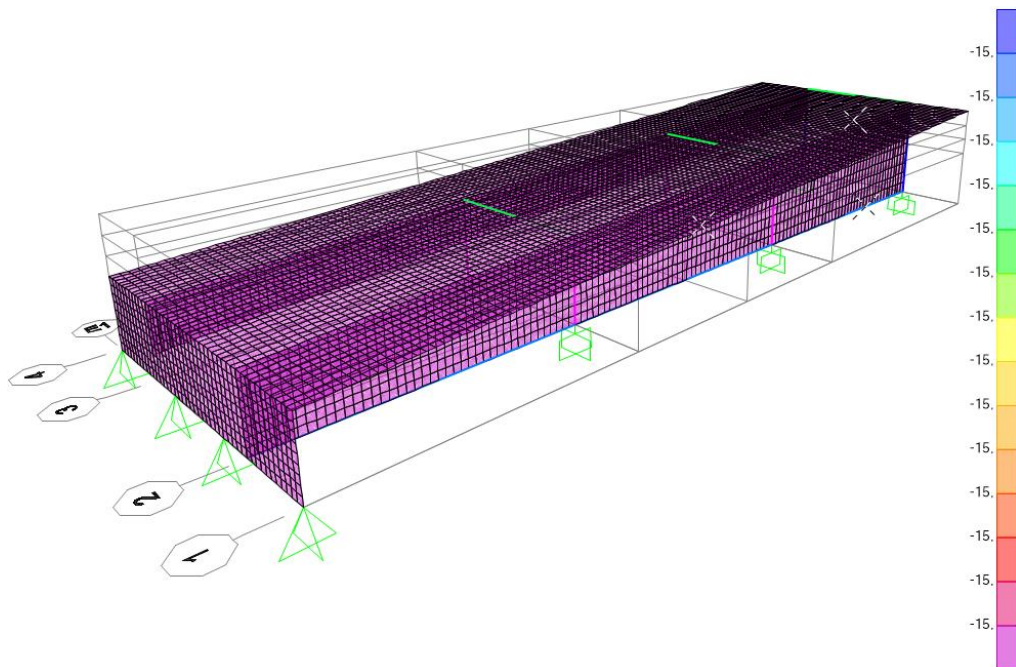


FIGURA 96 - TEMPERATURA NEGATIVA – EIXOS E1 A E4

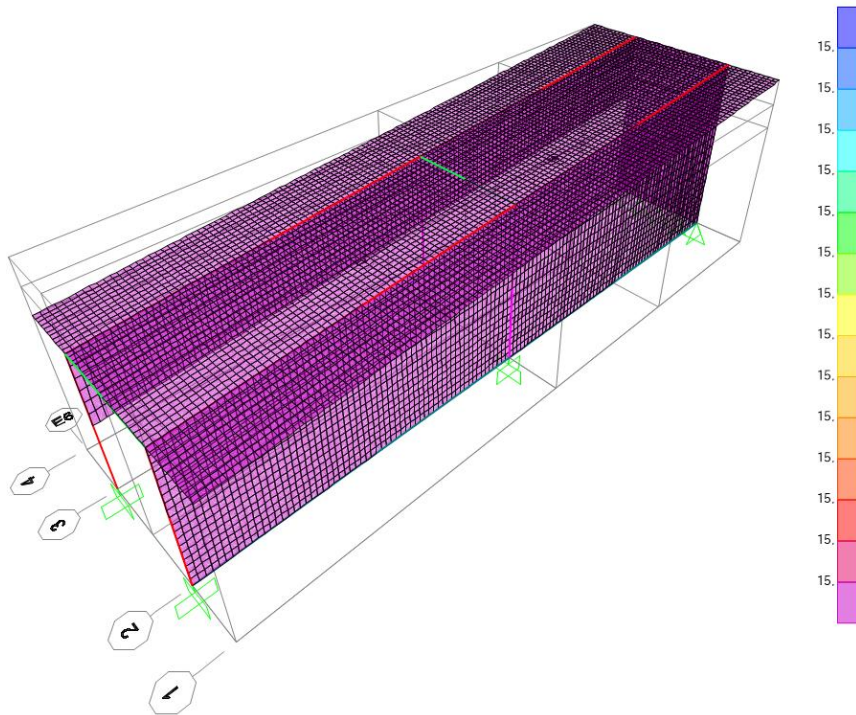


FIGURA 97 - TEMPERATURA NEGATIVA – EIXOS E6 A E8

- Empuxo do solo

As cargas de solo sobre a estrutura foram dimensionadas conforme item 3.4.5.

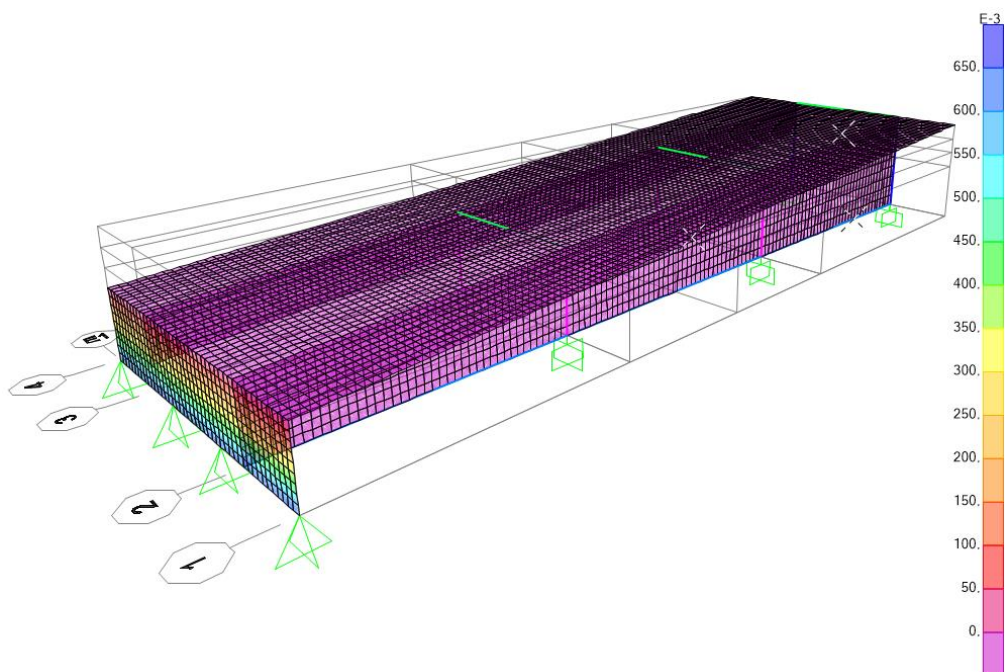
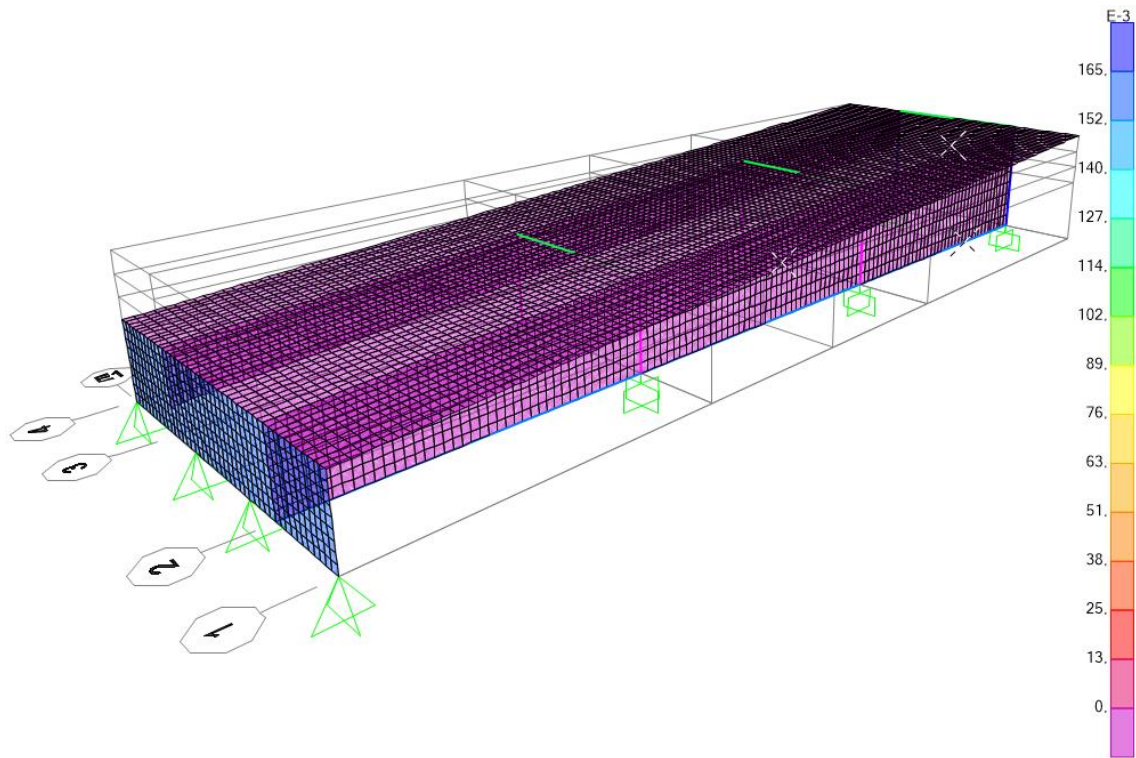


FIGURA 98 - EMPUXO DO SOLO (TONF/M²)

FIGURA 99 - SOBRECARGA DEVIDO AO EMPUXO DO SOLO (TONF/M²)

d) Esforços

Para a obtenção dos esforços máximos atuantes na estrutura, foi gerado uma combinação envoltória de todas as combinações de carregamentos. Os valores dos esforços máximos apresentados abaixo, são todos referentes a combinação envoltória.

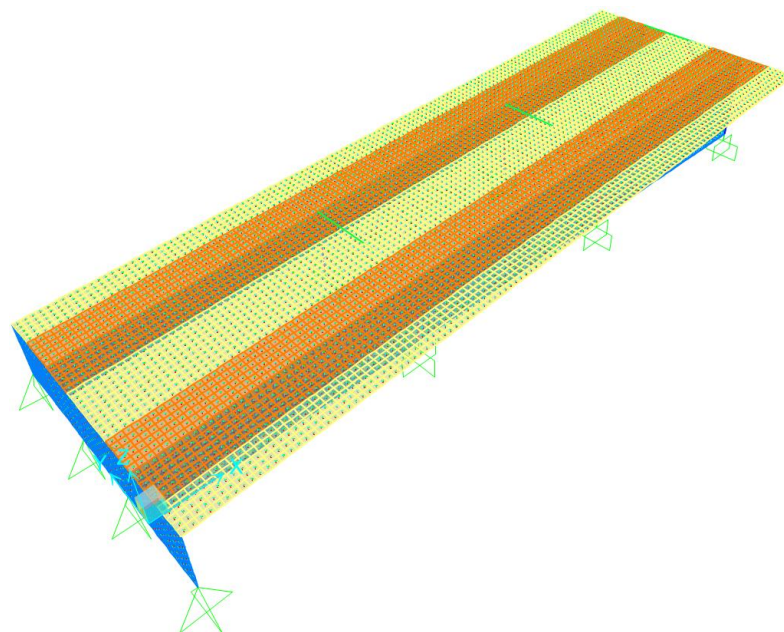


FIGURA 100 - EIXO GLOBAL DA ESTRUTURA - EIXOS E1 A E4

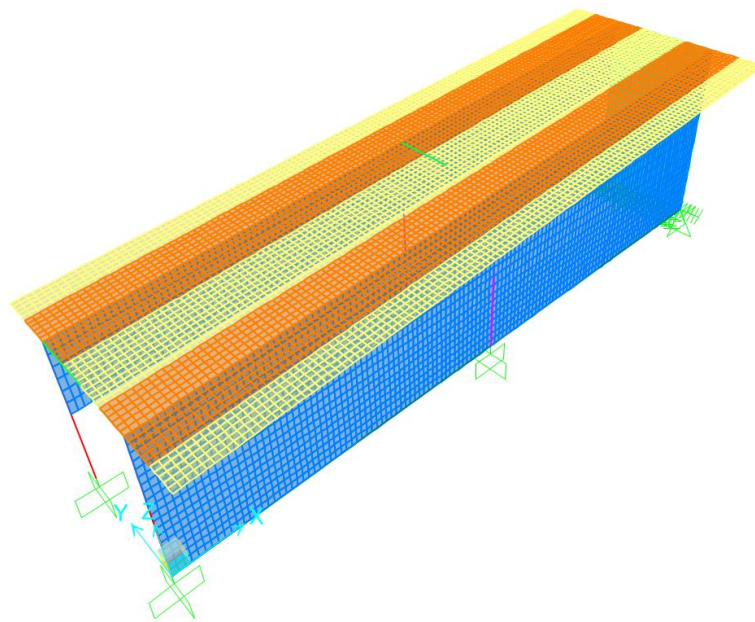


FIGURA 101 - EIXO GLOBAL DA ESTRUTURA - EIXOS E6 A E8

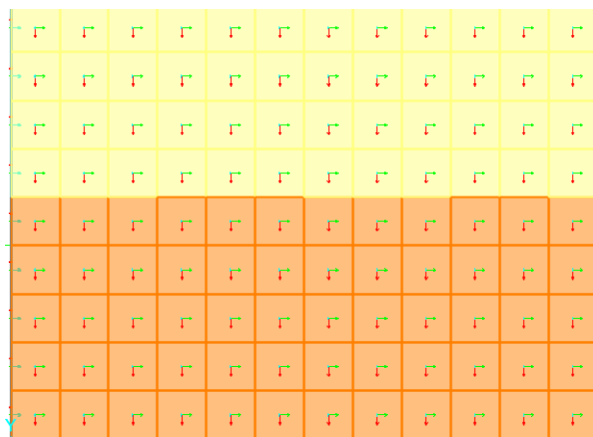


FIGURA 102 - EIXOS LOCAIS DA LAJE - EIXOS E1 A E4

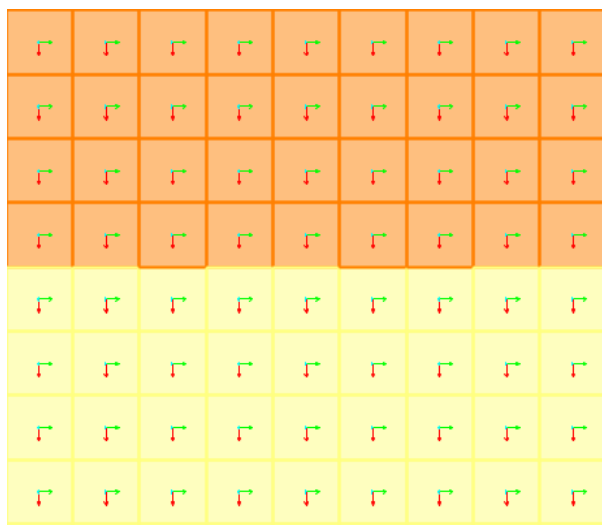


FIGURA 103 - EIXOS LOCAIS DA LAJE - EIXOS E6 A E8

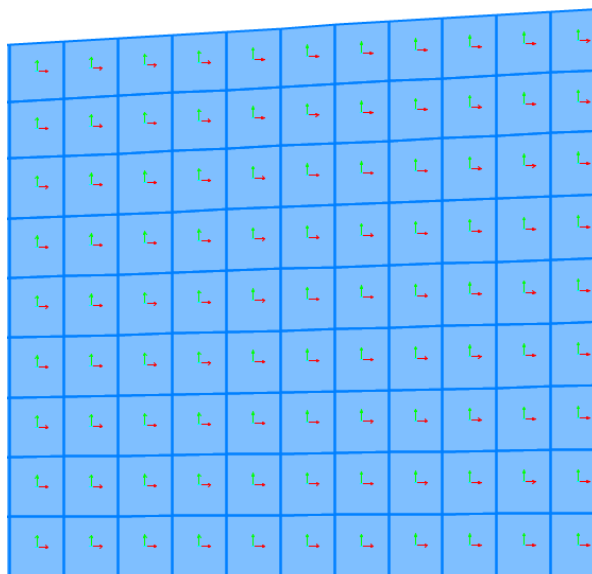


FIGURA 104 - EIXOS LOCAIS DA PAREDE EXTERNA - EIXOS E1 A E4

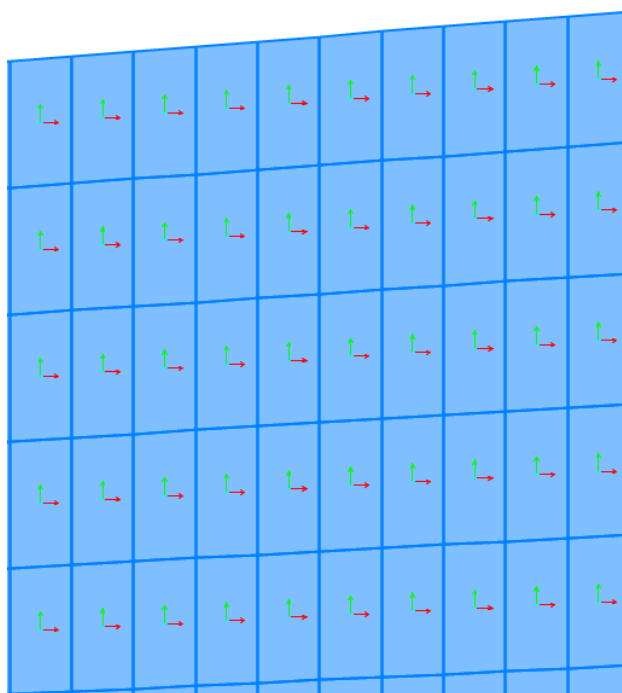


FIGURA 105 - EIXOS LOCAIS DA PAREDE EXTERNA - EIXOS E6 A E8

Legenda: Eixo 1: vermelho / Eixo 2: verde / Eixo 3: ciano

Seguem abaixo os esforços máximos encontrados na estrutura

- Laje:

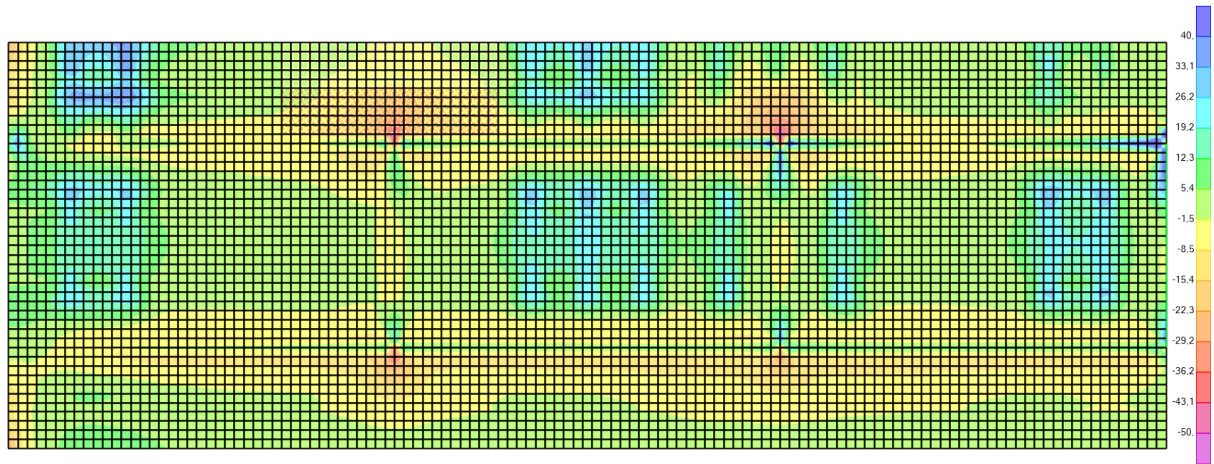


FIGURA 106 - MOMENTO M22 (KN.M/M) - EIXOS E1 A E4

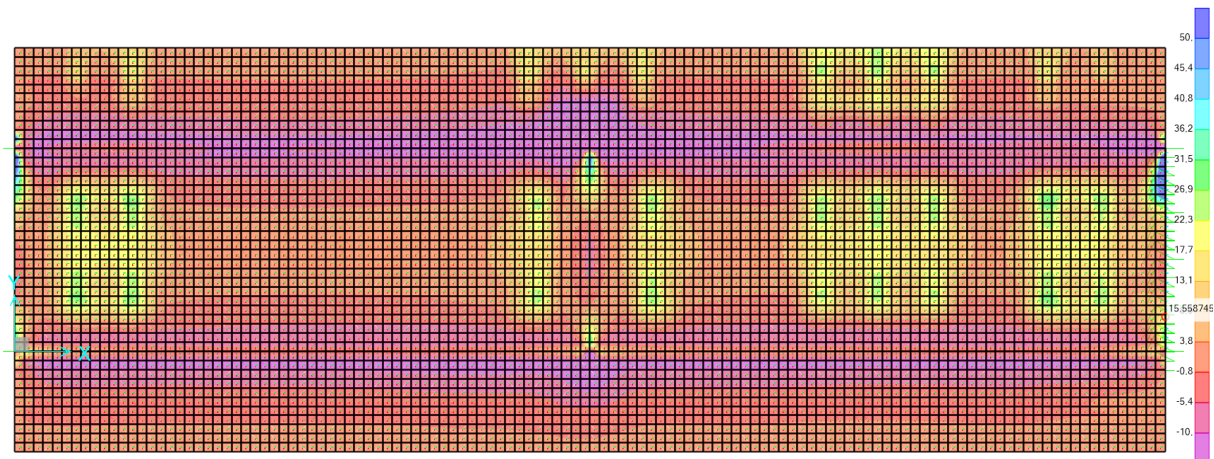


FIGURA 107 - MOMENTO M22 (KN.M/M) - EIXOS E6 A E8

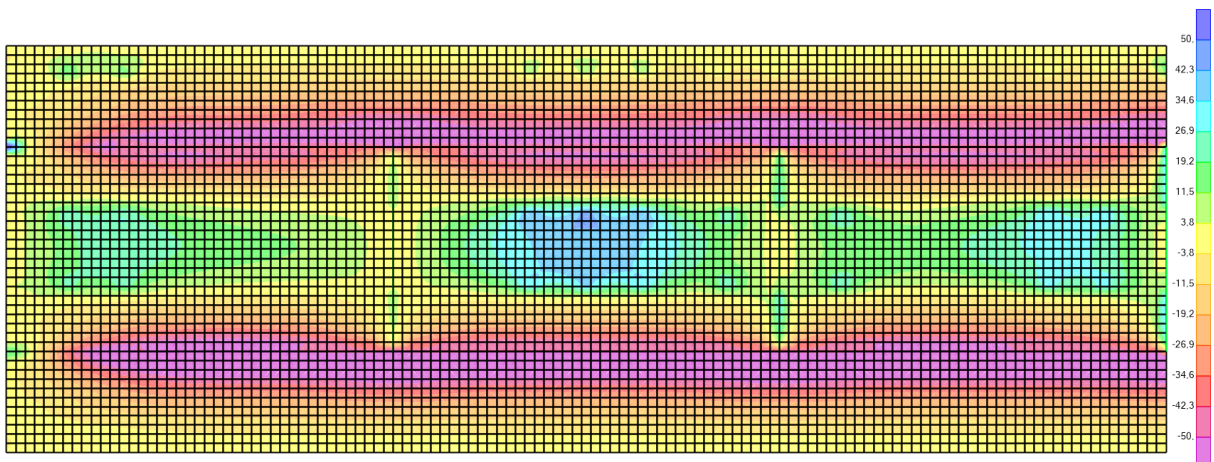


FIGURA 108 - MOMENTO M11 (KN.M/M) - EIXOS E1 A E4

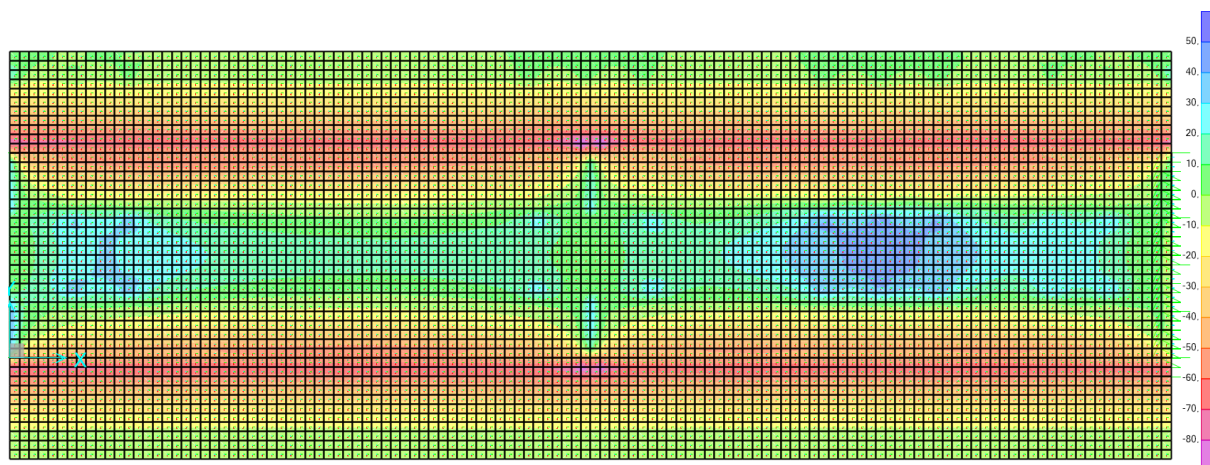


FIGURA 109 - MOMENTO M11 (KN.M/M) - EIXOS E6 A E8

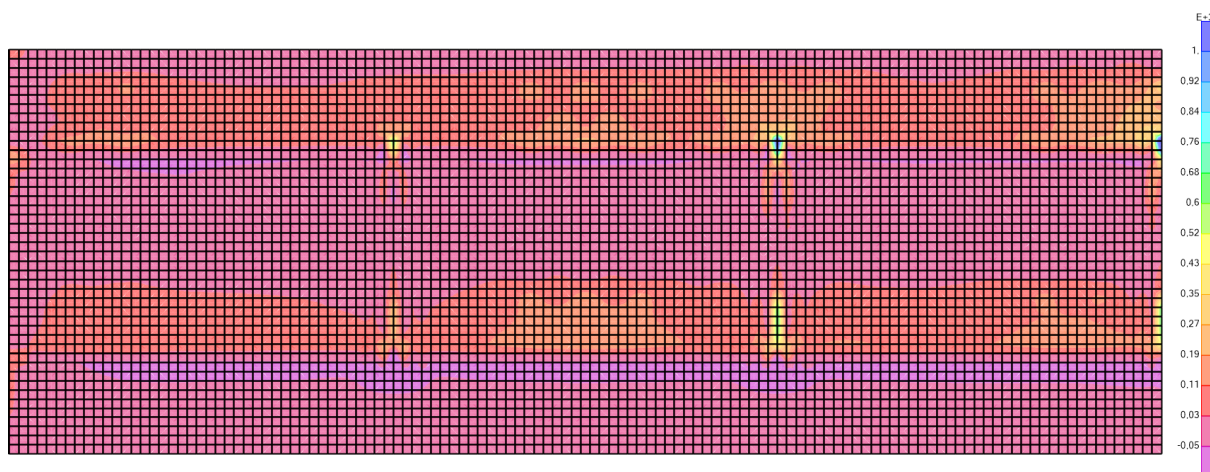


FIGURA 110 - CORTANTE V13 (KN/M) - EIXOS E1 A E4

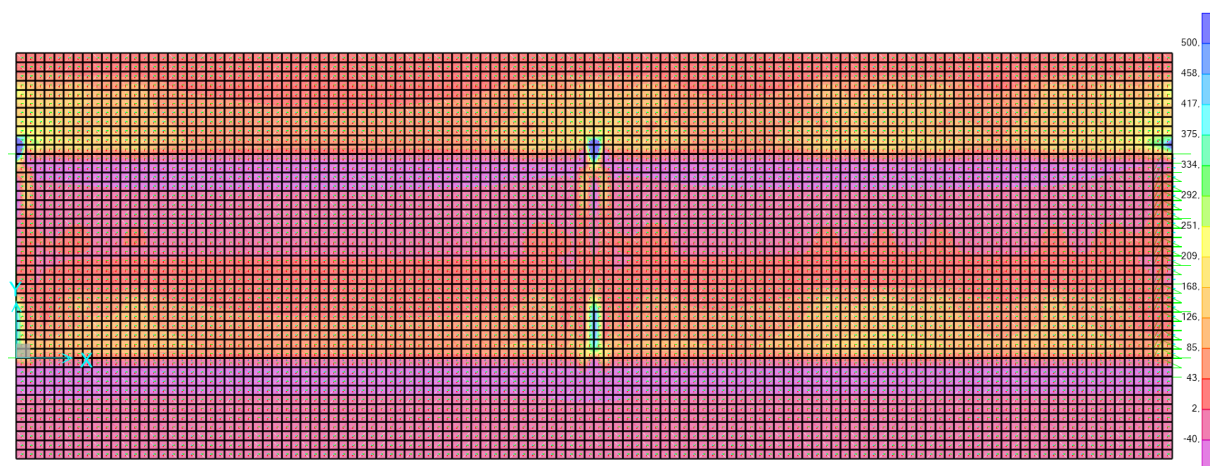


FIGURA 111 - CORTANTE V13 (KN/M) - EIXOS E6 A E8

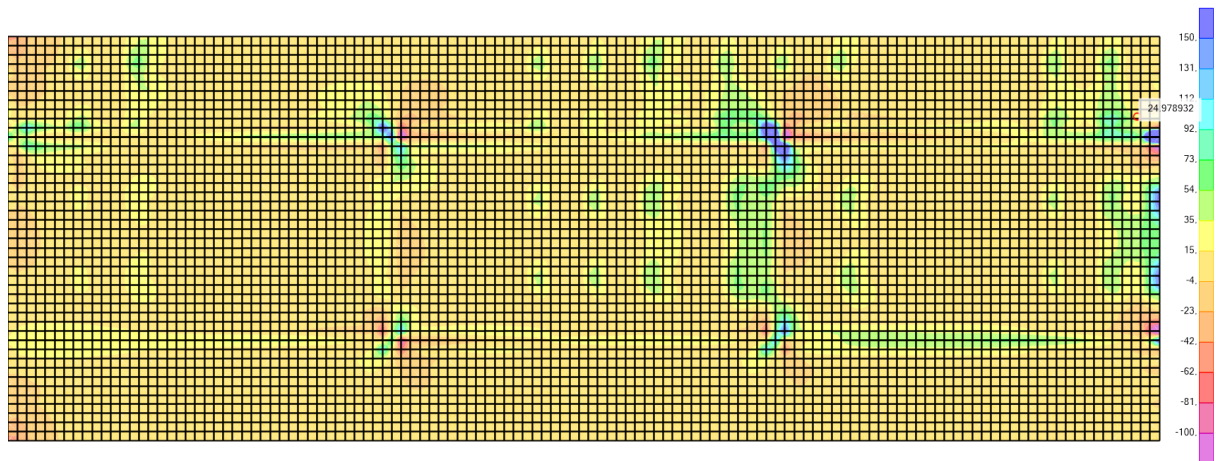


FIGURA 112 - CORTANTE V23 (KN/M) - EIXOS E1 A E4

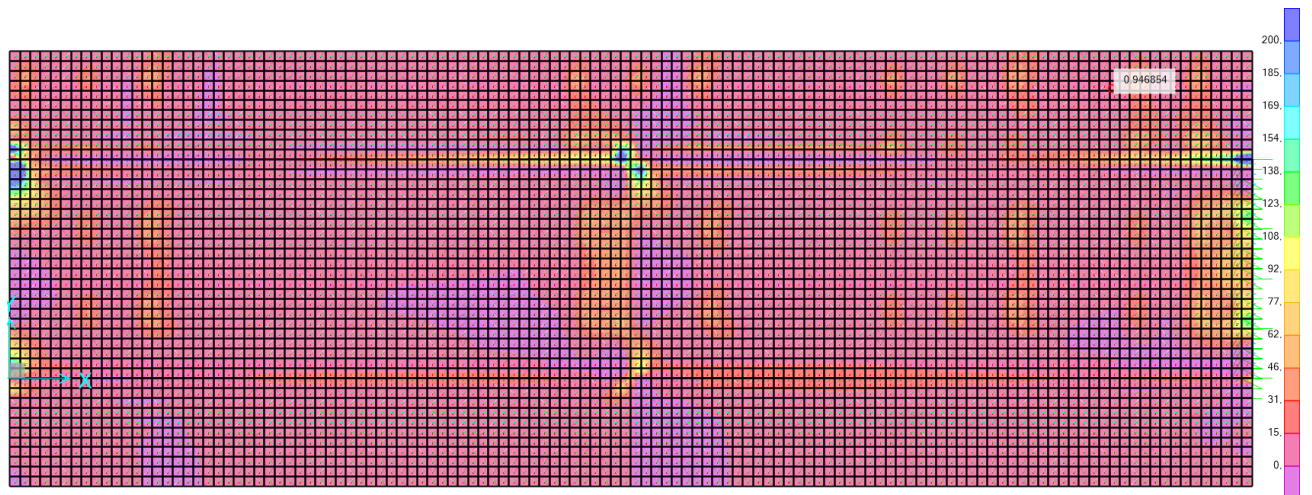


FIGURA 113 - CORTANTE V23 (KN/M) - EIXOS E6 A E8

- Parede:

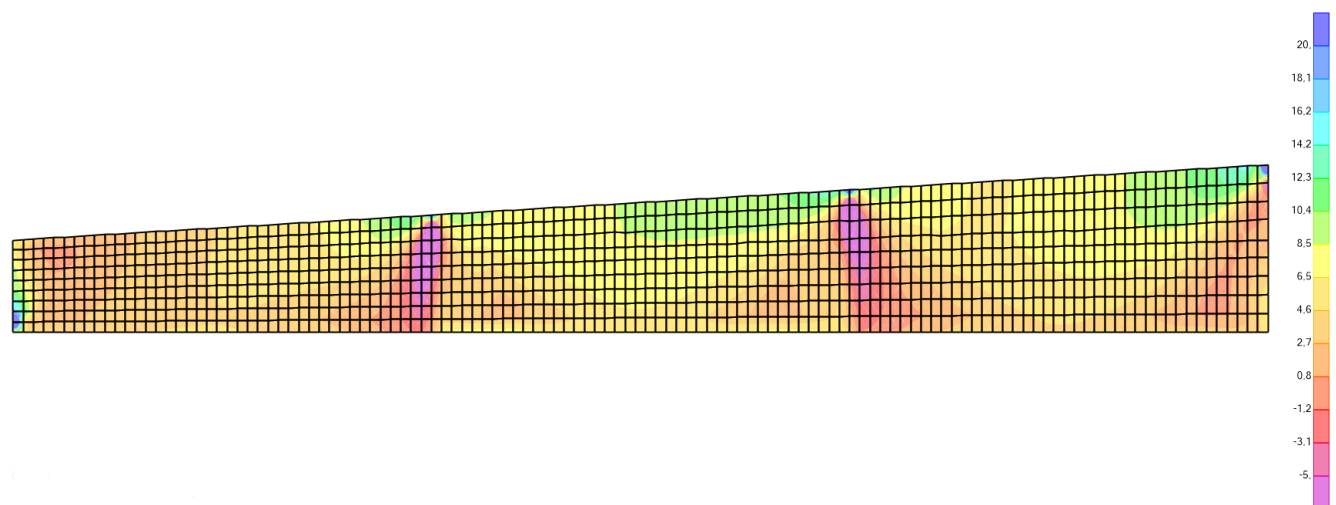


FIGURA 114 - MOMENTO M11 (KN.M/M) - EIXOS E1 A E4

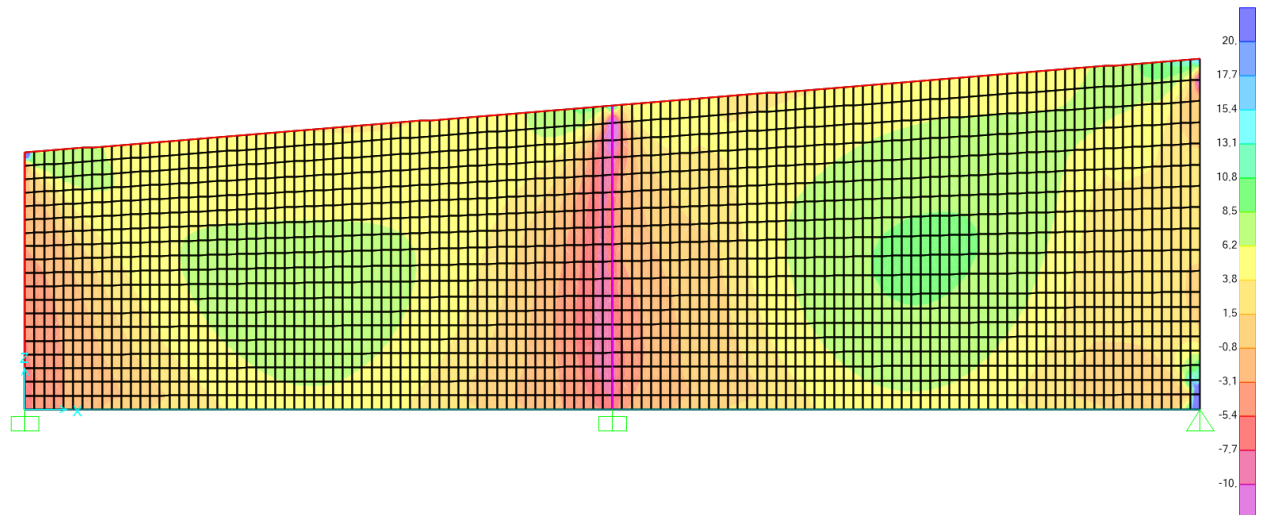


FIGURA 115 - MOMENTO M11 (KN.M/M) - EIXOS E6 A E8

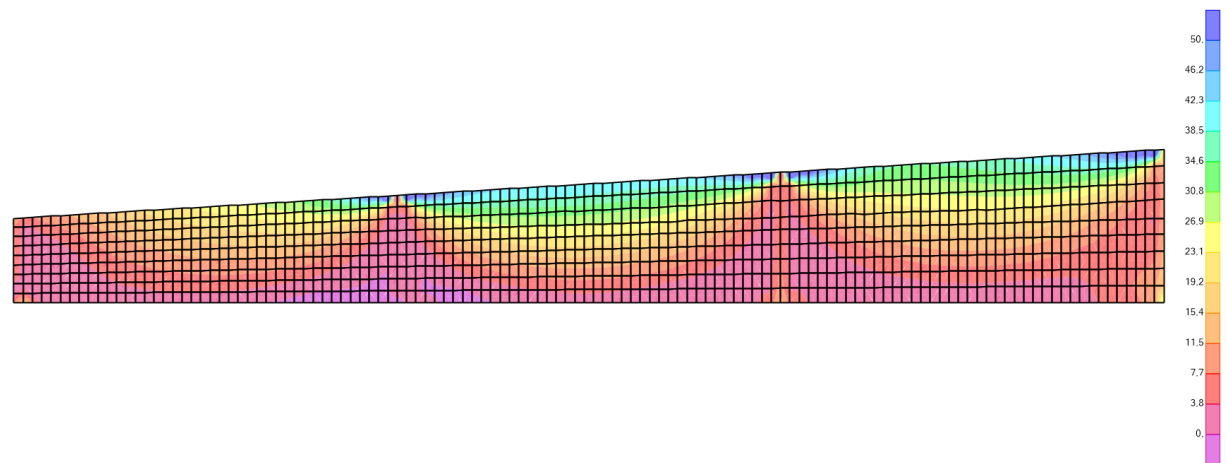


FIGURA 116 - MOMENTO M22 (KN.M/M) - EIXOS E1 A E4

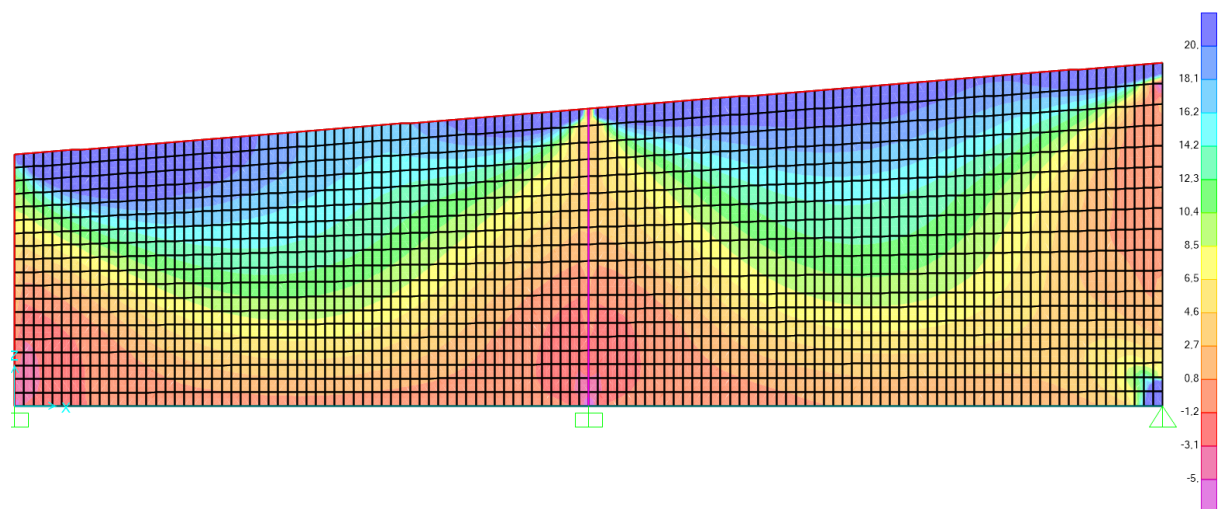


FIGURA 117 - MOMENTO M22 (KN.M/M) - EIXOS E6 A E8

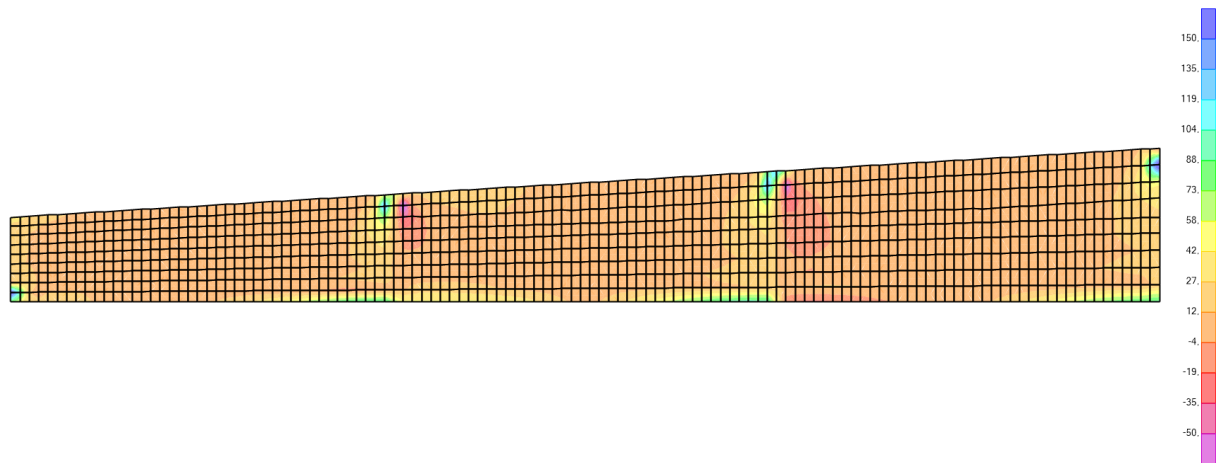


FIGURA 118 - CORTANTE V13 (KN/M) - EIXOS E1 A E4

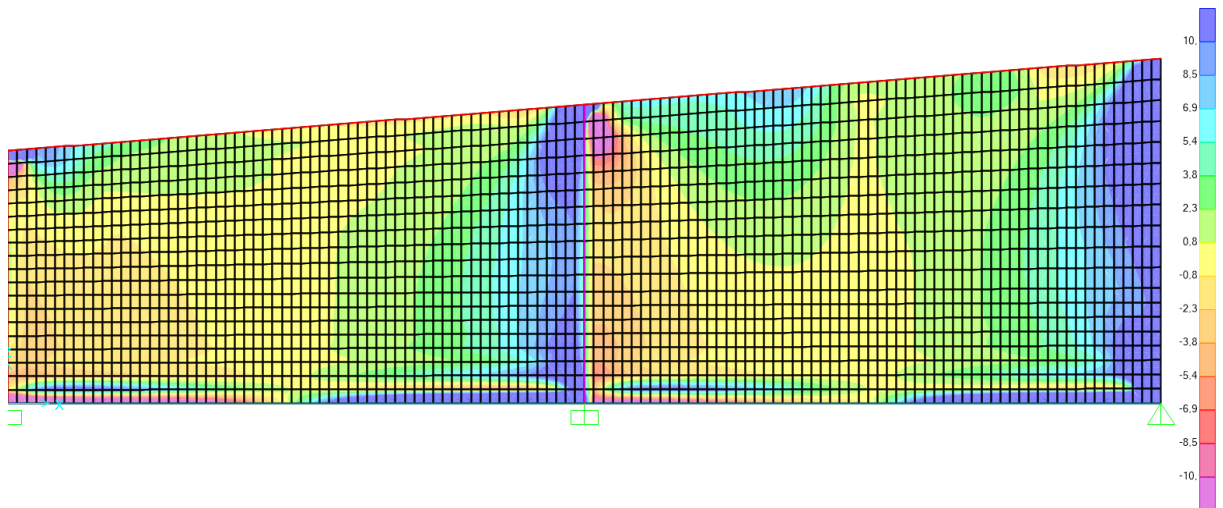


FIGURA 119 - CORTANTE V13 (KN/M) - EIXOS E6 A E8

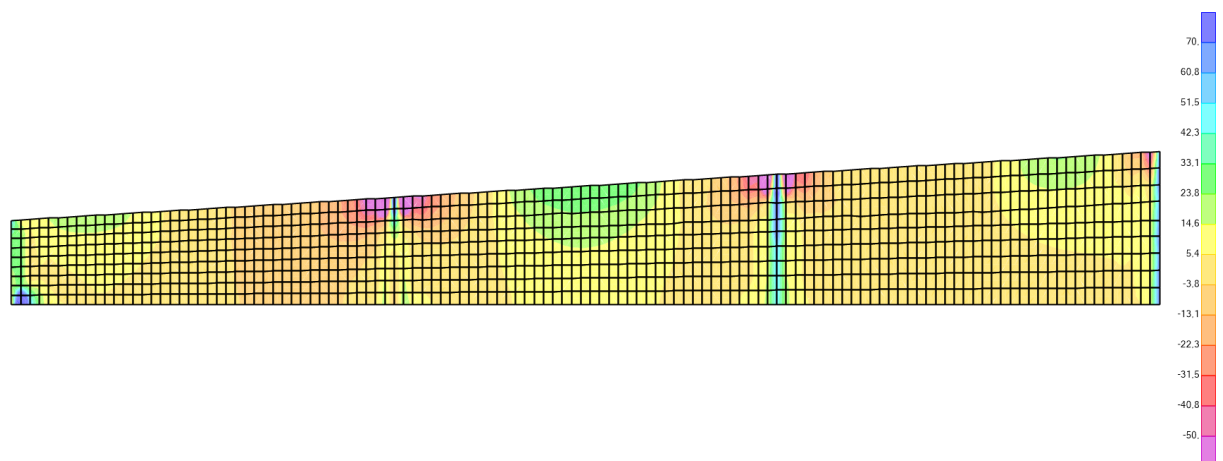


FIGURA 120 - CORTANTE V23 (KN/M) - EIXOS E1 A E4

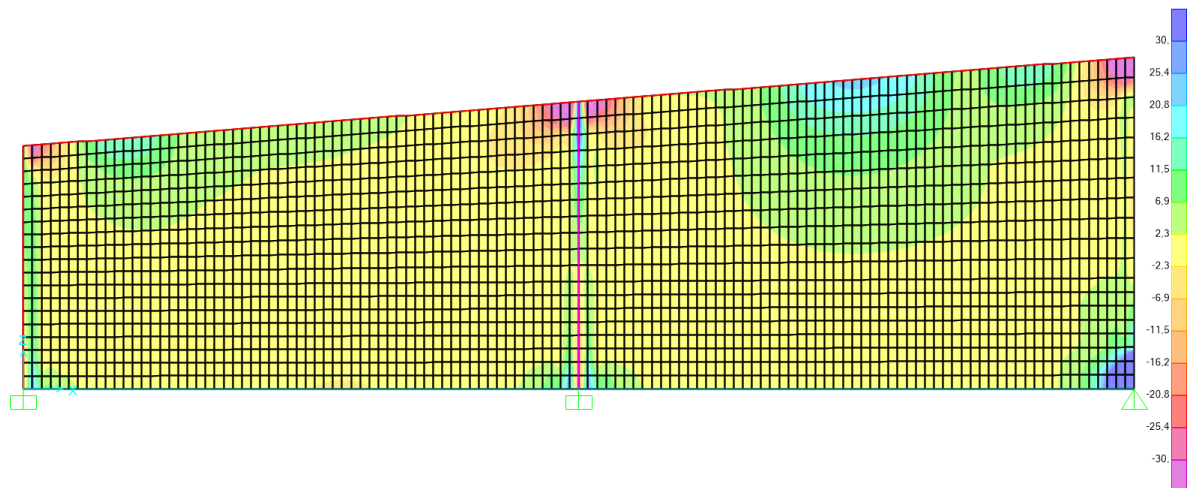


FIGURA 121 - CORTANTE V23 (KN/M) - EIXOS E6 A E8

e) Dimensionamento

O dimensionamento das armaduras foi realizado conforme a norma NBR 6118, considerando as situações mais desfavoráveis de carregamentos atuantes na estrutura.

- Laje:

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
5.600	20	17	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
5,2	CA-50	0,024	7,91	3,00
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			16mm c/15cm	13,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
8.500	20	17	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
3,4	CA-50	0,025	12,50	3,00
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/7,5cm	16,67

FIGURA 122 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M11 – EIXOS E1 AO E4

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
5.700	20	17	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
5,1	CA-50	0,024	8,05	3,00
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			16mm c/15cm	13,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
7.400	30	27	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
9,9	CA-50	0,024	6,58	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/7,5cm	16,67

FIGURA 123 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M11 – EIXOS E6 AO E8

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
4.700	20	17	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
6,1	CA-50	0,024	6,64	3,00
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			16mm c/15cm	13,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
4.000	20	17	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
7,2	CA-50	0,025	5,88	3,00
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/7,5cm	16,67

FIGURA 124 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M22 – EIXOS E1 AO E4

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
3.700	20	17	100	C30
Coeficientes			Armadura	Armadura
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)	calculada (cm ²)	mínima (cm ²)
7,8	CA-50	0,024	5,22	3,00
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			16mm c/15cm	13,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
2.800	30	17	100	C30
Coeficientes			Armadura	Armadura
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)	calculada (cm ²)	mínima (cm ²)
10,3	CA-50	0,024	3,95	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/7,5cm	16,67

FIGURA 125 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M22 – EIXOS E6 AO E8

Dados de Entrada		Resistencia do Concreto ao Cisalhamento	
Vsd (kN)	160	Pré-Cálculo	
h (cm)	30	σ_{cp} (kN/cm)	0,000
d (cm)	27	τ_{Rd} (kN/cm)	0,036
bw (cm)	100	k	1,33
fck (MPa)	30	As1 (cm ² /m)	13,33
γ_C	1,4	ρ_1	0,0049
As,ef	13,33	Resultado	OK!
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50	VRd1 (kN)	181,69
Nsd (kN)	0	Verificação Compressão Diagonal no concreto	
		Pré-Cálculo	
		α_{v2}	0,88
		Resultado	
		VRd2 (kN)	1.375
		OK!	

FIGURA 126 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V13 – EIXOS E1 AO E4

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	155		
h (cm)	30		
d (cm)	27		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	13,33		
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50		
Nsd (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,33		
As1 (cm ² /m)	13,33		
ρ_1	0,0049	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	181,69	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.375	OK!	

FIGURA 127 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V13 – EIXOS E6 AO E8

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	90		
h (cm)	30		
d (cm)	27		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	13,33		
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50		
Nsd (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,33		
As1 (cm ² /m)	13,33		
ρ_1	0,0049	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	181,69	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.375	OK!	

FIGURA 128 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V23 – EIXOS E1 AO E4

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	95		
h (cm)	30		
d (cm)	27		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	13,33		
f _{ywk} (MPa)	500		
Aço	CA-50		
N _{Sd} (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,33		
As1 (cm ² /m)	13,33		
ρ_1	0,0049	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	181,69	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.375	OK!	

FIGURA 129 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V23 – EIXOS E6 AO E8

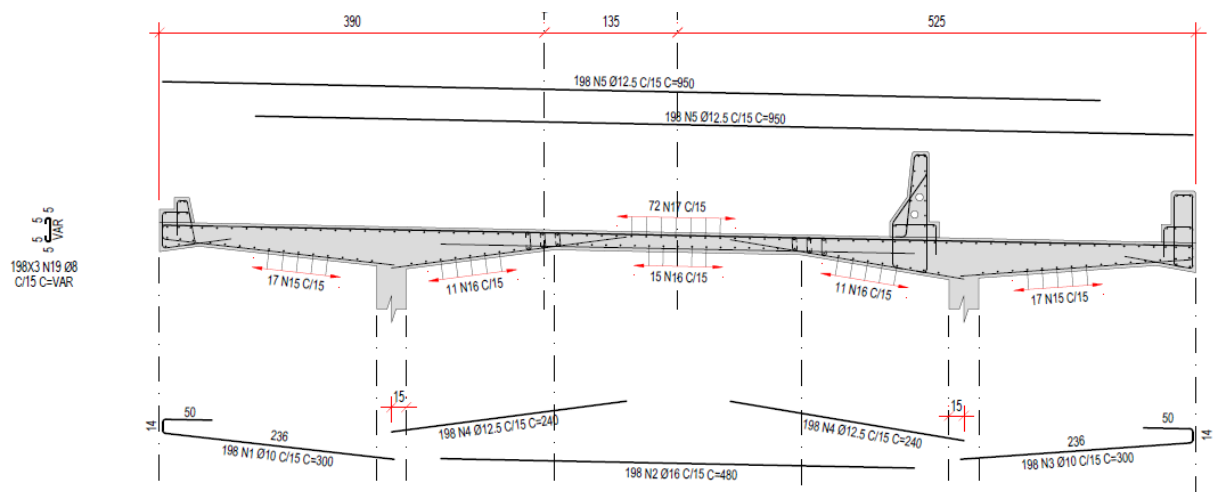


FIGURA 130 - ARMADURA LAJE

- Paredes:

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
860	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
72,7	CA-50	0,023	0,79	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/15cm	8,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
330	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
189,4	CA-50	0,023	0,30	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/15cm	8,33

FIGURA 131 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M11 – EIXOS E1 AO E4

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
930	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
67,2	CA-50	0,023	0,86	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/15cm	8,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
750	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
83,3	CA-50	0,023	0,69	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			12,5mm c/15cm	8,33

FIGURA 132 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M11 – EIXOS E6 AO E8

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
3.200	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
19,5	CA-50	0,023	2,94	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			10mm c/15cm	5,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
200	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
312,5	CA-50	0,023	0,18	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			10mm c/15cm	5,33

FIGURA 133 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M22 – EIXOS E1 AO E4

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
3.700	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
16,9	CA-50	0,024	3,55	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			10mm c/15cm	5,33

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
2.800	30	25	100	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
22,3	CA-50	0,023	2,58	4,50
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			10mm c/15cm	5,33

FIGURA 134 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M22 – EIXOS E6 AO E8

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	35		
h (cm)	30		
d (cm)	25		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	8,33		
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50		
N _{Sd} (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,35		
As1 (cm ² /m)	8,33		
ρ_1	0,0033	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	162,92	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.273	OK!	

FIGURA 135 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V13 – EIXOS E1 AO E4

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	35		
h (cm)	30		
d (cm)	25		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	12,95		
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50		
N _{Sd} (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,35		
As1 (cm ² /m)	12,95		
ρ_1	0,0052	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	171,95	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.273	OK!	

FIGURA 136 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V13 – EIXOS 6 AO E8

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	30		
h (cm)	30		
d (cm)	25		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	5,33		
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50		
Nsd (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,35		
As1 (cm ² /m)	5,33		
ρ_1	0,0021	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	157,05	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.273	OK!	

FIGURA 137 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V23 – EIXOS E1 AO E4

Dados de Entrada			
Vsd (kN)	27		
h (cm)	30		
d (cm)	25		
bw (cm)	100		
fck (MPa)	30		
γ_C	1,4		
As,ef	5,33		
fywk (MPa)	500		
Aço	CA-50		
Nsd (kN)	0		

Resistencia do Concreto ao Cisalhamento			
Pré-Cálculo			
σ_{cp} (kN/cm)	0,000		
τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		
k	1,35		
As1 (cm ² /m)	5,33		
ρ_1	0,0021	<0,02	
Resultado			
VRd1 (kN)	157,05	OK!	

Verificação Compressão Diagonal no concreto			
Pré-Cálculo			
α_{v2}	0,88		
Resultado			
VRd2 (kN)	1.273	OK!	

FIGURA 138 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V23 – EIXOS E6 AO E8

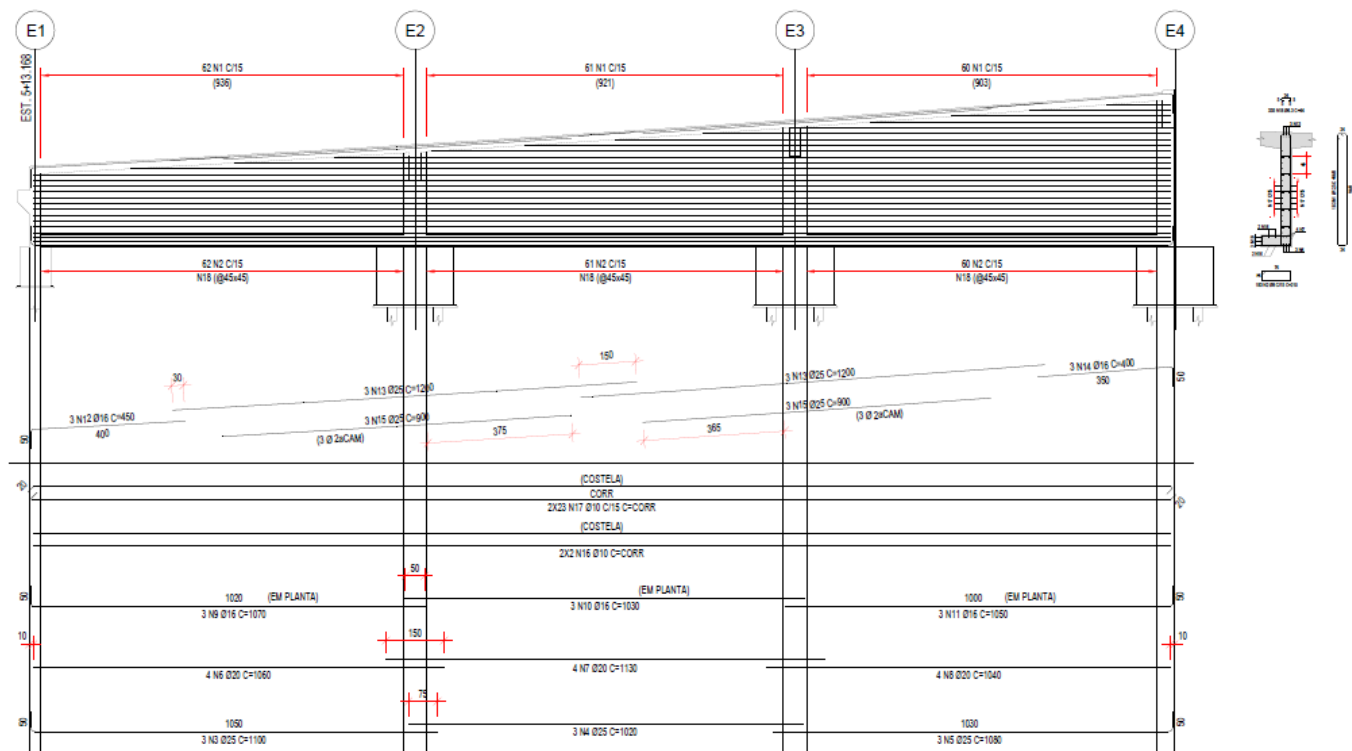


FIGURA 139 - ARMADURA PAREDES

- Vigas:

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
26.703	95	92	30	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
9,5	CA-50	0,024	6,97	4,28
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			3 barras -20,0mm	9,45

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
20.533	95	92	30	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
12,4	CA-50	0,024	5,36	4,28
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			3 barras -16,0mm	6,00

FIGURA 140 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M33 – EIXOS E1 AO E4

Armadura positiva				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
27.491	95	92	30	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
9,2	CA-50	0,024	7,17	4,28
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			3 barras -20,0mm	9,45

Armadura negativa				
Dados de Entrada				
Md+ (kN.cm)	h (cm)	d (cm)	bw (cm)	Fck
24.808	95	92	30	C30
Coeficientes			Armadura calculada (cm ²)	Armadura mínima (cm ²)
Kc (cm ² /KN)	AÇO	Ks (cm ² /KN)		
10,2	CA-50	0,024	6,47	4,28
			As _{adot.}	As _{adic.} (cm ²)
			3 barras -16,0mm	6,00
			3 barras -8,0mm	1,50
				7,50

FIGURA 141 - ARMADURA LONGITUDINAL PARA MOMENTO M33 – EIXOS E6 AO E8

Dados de Entrada		Resistencia do Concreto ao Cisalhamento		<0,02	Armadura Transversal	
		Pré-Cálculo			Pré-Cálculo	
Vsd (kN)	244	σ_{cp} (kN/cm)	0,000		s (cm)	10
h (cm)	95	τ_{Rd} (kN/cm)	0,036		fctd (kN)	0,145
d (cm)	92	k	0,68		Vc (kN)	239,83
bw (cm)	30	As1 (cm²/m)	9,45		fywd (kN)	43,5
fck (MPa)	30	ρ_1	0,0034		Resultado	
γ_C	1,4	Resultado			Asw (cm²)	0,01
As,ef	9,45	VRd1 (kN)	90,85			
fywk (MPa)	500					
Aço	CA-50	Verificação Compressão Diagonal no concreto		Armadura Minima		
Nsd (kN)	0	Pré-Cálculo		Pré-Cálculo		
		α_{v2}	0,88	s (cm)	10	
		Resultado		fctm (kN)	0,29	
		VRd2 (kN)	1.405	Resultado		
				Asw _{min} (cm²)	0,35	
				Armadura	As (cm²)	
				2 x 8mm	1,00	

FIGURA 142 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V22 – EIXOS E1 AO E4

Dados de Entrada		Resistencia do Concreto ao Cisalhamento		<0,02	Armadura Transversal	
		Cisalhamento			Pré-Cálculo	
Vsd (kN)	286				s (cm)	10
h (cm)	95				fctd (kN)	0,145
d (cm)	92				Vc (kN)	239,83
bw (cm)	30				fywd (kN)	43,5
fck (MPa)	30				Resultado	
γC	1,4				Asw (cm²)	0,13
As,ef	9,45					
fywk (MPa)	500					
Aço	CA-50					
Nsd (kN)	0					
		</				

FIGURA 143 - ESTRIBOS PARA CORTANTE V22 – EIXOS E6 AO E8

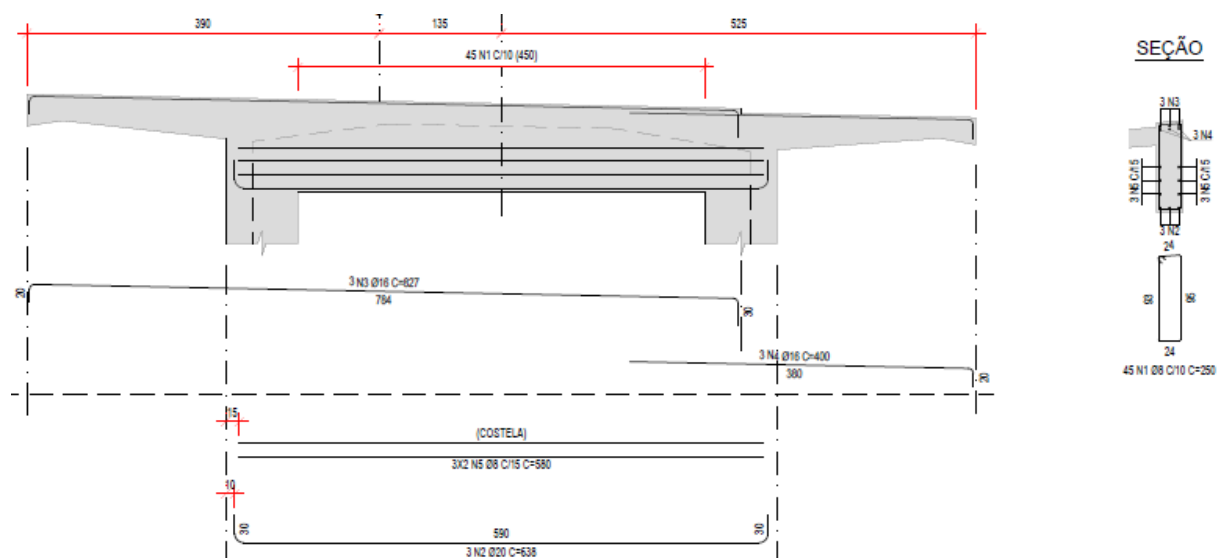


FIGURA 144 - ARMADURA VIGAS

- Pilares:

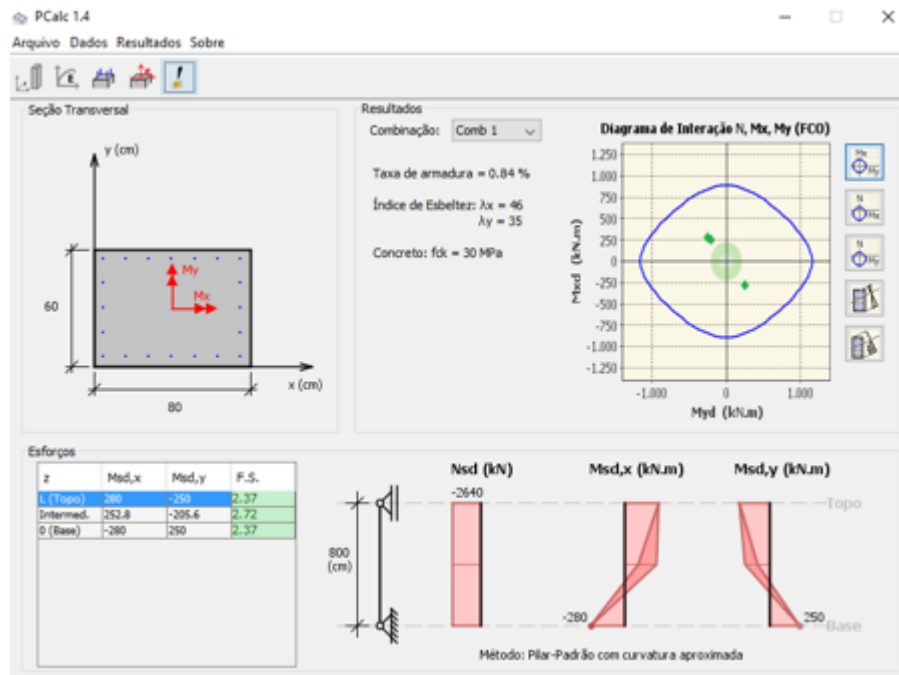


FIGURA 145 - ARMADURA PILARES – EIXOS E1 AO E4

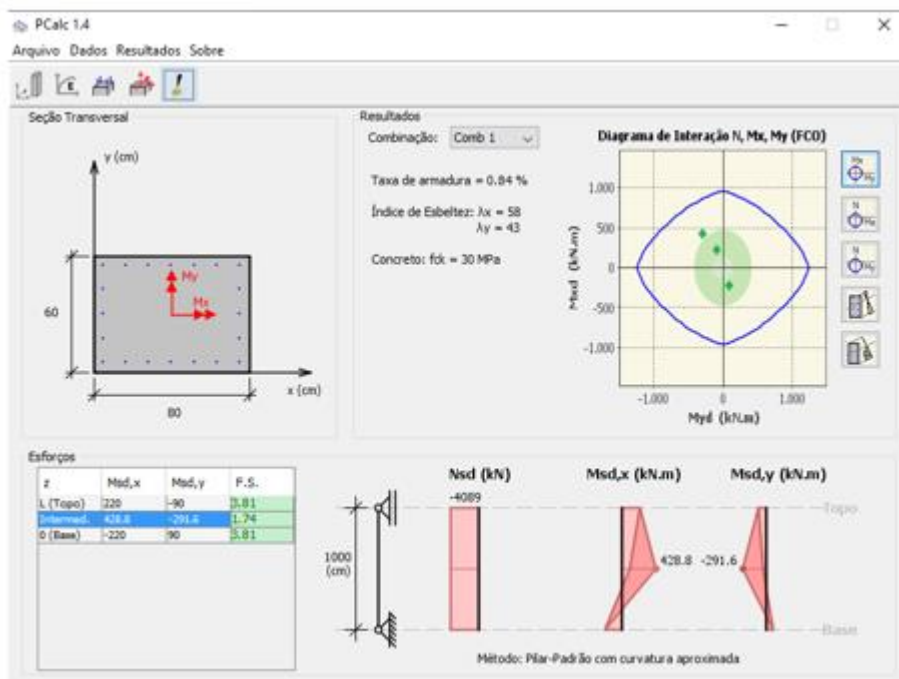


FIGURA 146 - ARMADURA PILARES – EIXOS E6 AO E8

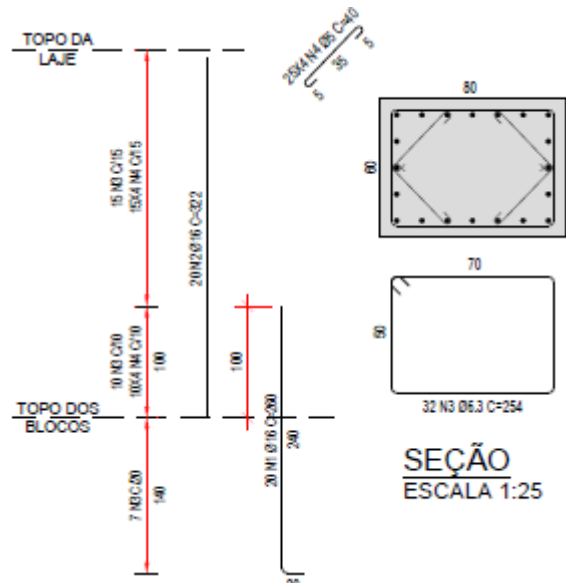


FIGURA 147 - ARMADURA PILARES

- Estacas

CAPACIDADE DE CARGA ESTATICA AXIAL - MÉTODO AOKI-VELLOSO								WOSNIAK ENGENHARIA		
Projeto:										
Referências: SONDAGEM SP-01										
Tipo de Estaca:	Metálica	Modificador de atrito interno:							1,50	
Seção Transversal:	Perfil simples	Perímetro (m):							1,516	
Tipo de Ponta:	Fechada	Área da seção Aberta (m²):								
Largura da mesa - bf (m):	0,2560	Área da seção Fechada (m²):							0,0197	
Altura - h (m):	0,2460	Profundidade para análise (m):								
Carga de Trabalho - Compressão (kN):	0	Lateral (%):								
Carga de Trabalho - Tração (kN):	0	Ponta (%):								
Fator de segurança:	2									
Perfil metálico adotado:	HP 250 x 62,0									
Deseja limitar ponta ?:	Não	Contribuição da ponta desejada (%):								
Prof. (m)	Nspt	Tipo de Solo	Ponta	Lateral	Total	Tração	Verificação		Total Adm.	
			Resistência (kN)	Resistência Acumulada (kN)	Resistência última (kN)	Resistência Total (kN)	Padm (kN) Qu/F.S	Padm máxima (kN) Qu/F.S	Padm ≤ (kN)	Padm máxima ≤ (kN)
1	0	Argila siltosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4	Argila siltosa	9,89	15,25	25,13	15,25	12,57	7,62	12,57	7,62
3	10	Argila siltosa	24,72	53,36	78,08	53,36	39,04	26,68	39,04	26,68
4	28	Silte argiloso	72,35	148,20	220,56	148,20	110,28	74,10	110,28	74,10
5	28	Areia siltosa	251,66	342,25	593,91	342,25	296,96	171,13	296,96	171,13
6	26	Areia siltosa	233,68	522,44	756,12	522,44	378,06	261,22	378,06	261,22
7	26	Silte arenoso	160,66	658,71	819,36	658,71	409,68	329,35	409,68	329,35
8	29	Silte arenoso	179,19	810,70	989,89	810,70	494,95	405,35	494,95	405,35
9	33	Silte arenoso	203,91	983,65	1.187,56	983,65	593,78	491,83	593,78	491,83
10	38	Silte arenoso	234,81	1.182,81	1.417,62	1.182,81	708,81	591,40	708,81	591,40
11	40	Silte arenoso	247,16	1.392,45	1.639,61	1.392,45	819,81	696,23	819,81	696,23
12	49	Silte arenoso	302,78	1.649,26	1.952,04	1.649,26	976,02	824,63	976,02	824,63

FIGURA 148 - VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA – MÉTODO AOKI-VELLOSO

VIADUTO (EIXOS E8 A E12)

Este item apresenta o modelo estrutural do viaduto com as considerações e os critérios de modelagem adotados para as estruturas, no software SAP2000.

a) Definição das seções

Para definição das seções foram utilizadas tipologias de elementos finitos incorporadas no software SAP 2000. Foram adotados elementos do tipo “placa” para a definição dos blocos de fundação e elementos tipo “barra” para os demais elementos estruturais.

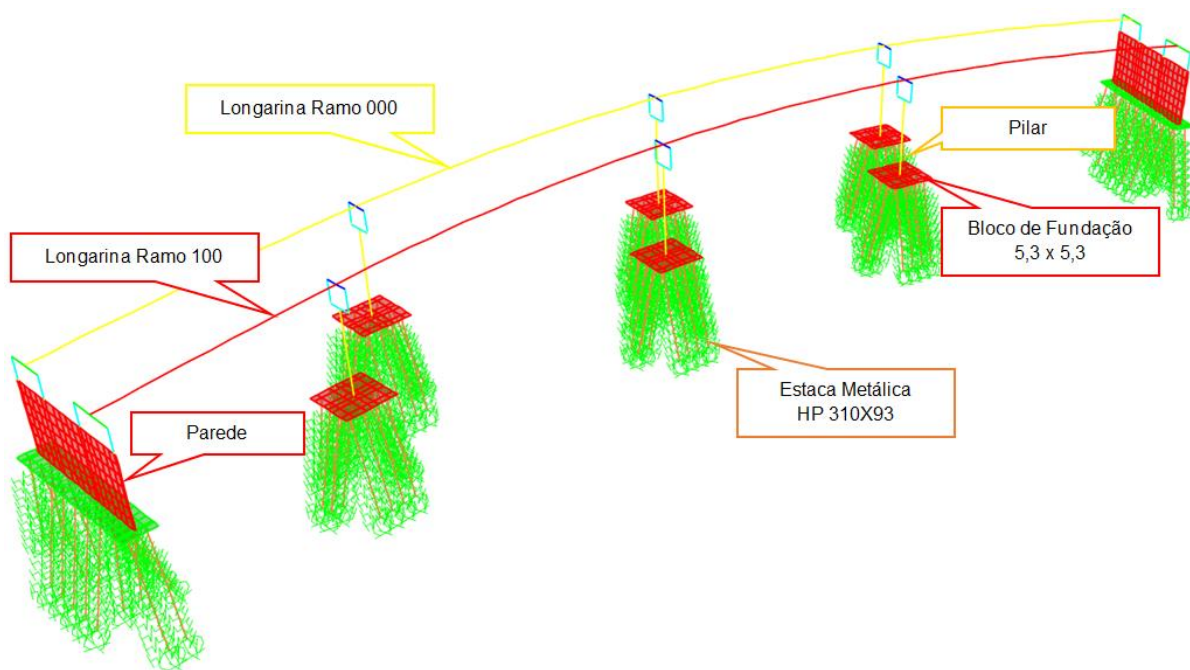


FIGURA 149 - IDENTIFICAÇÃO DAS SEÇÕES DO MODELO TRIDIMENSIONAL NO SAP2000.

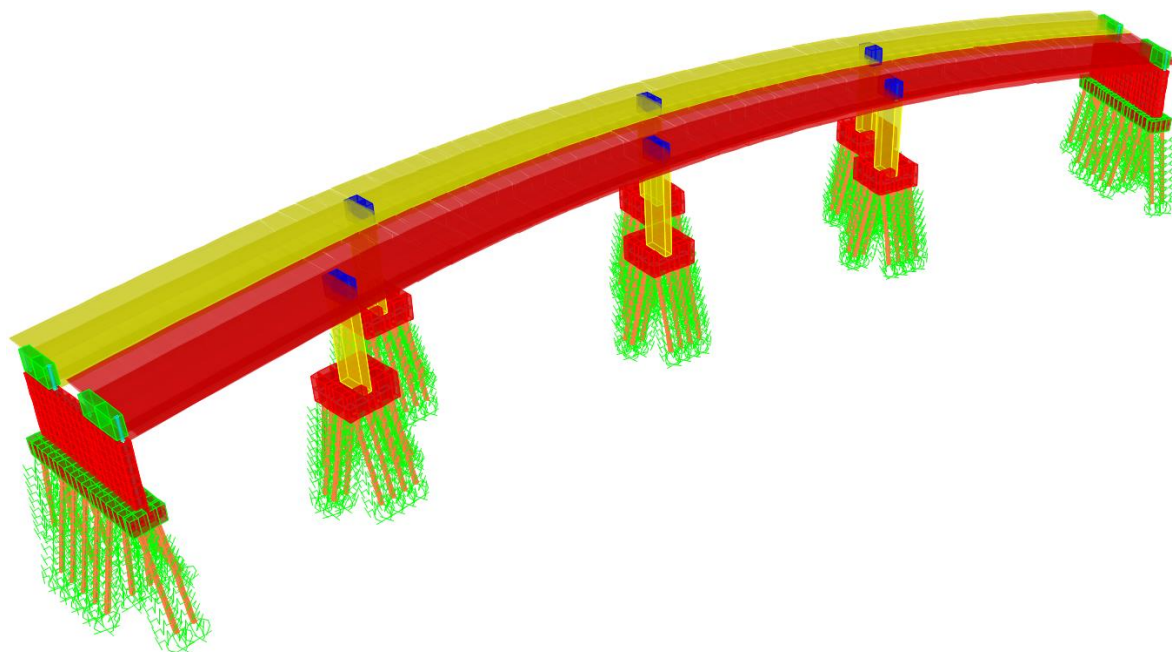


FIGURA 150 - MODELO EXTRUDADO

- Infraestrutura

As imagens a seguir representam a definição dos elementos estruturais de infraestrutura do viaduto.

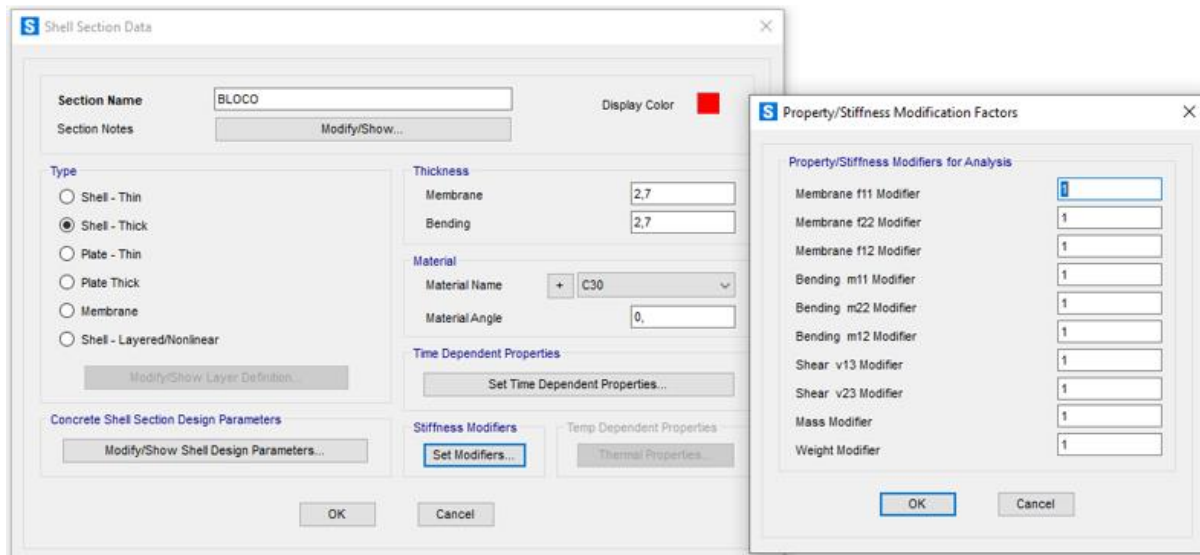


FIGURA 151 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO 5,3 M X 5,3 M NO SAP 2000

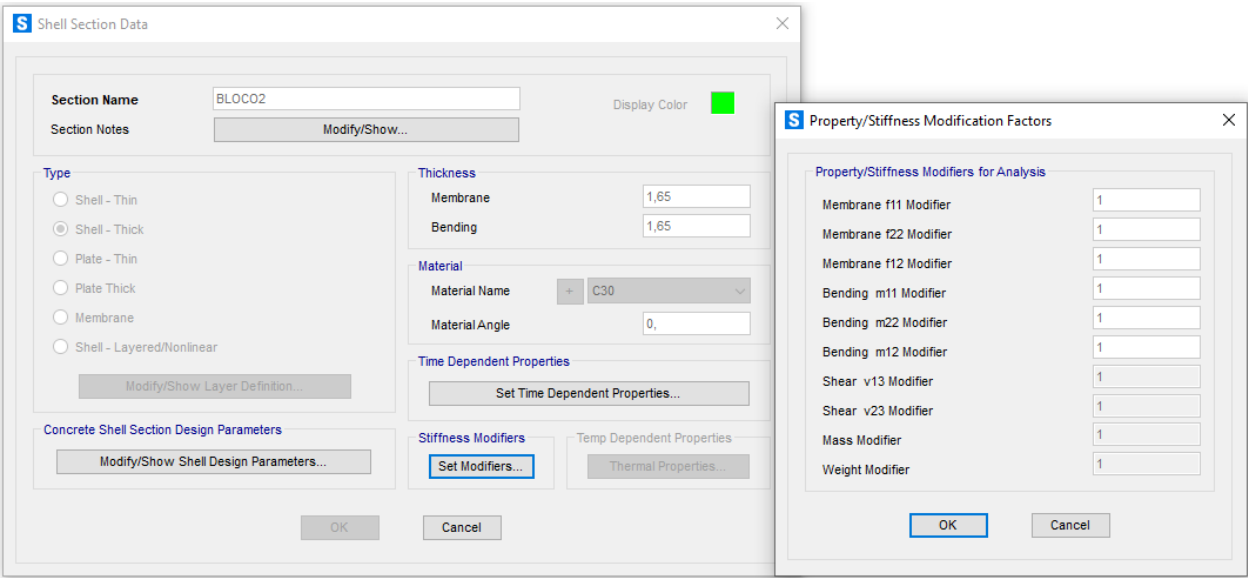


FIGURA 152 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO 16,9 M X 2,95 M NO SAP 2000

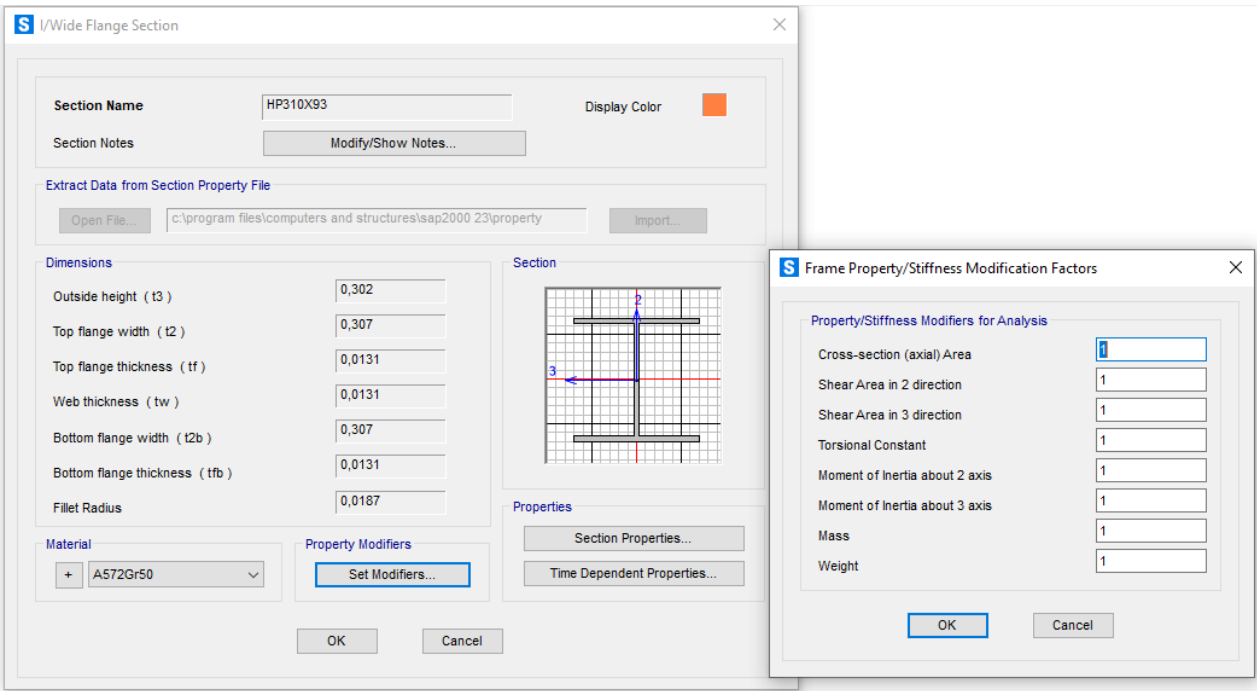


FIGURA 153 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DAS ESTACAS HP310X93 NO SAP 2000.

- Mesoestrutura

As imagens a seguir representam a definição dos elementos estruturais de mesoestrutura do viaduto.

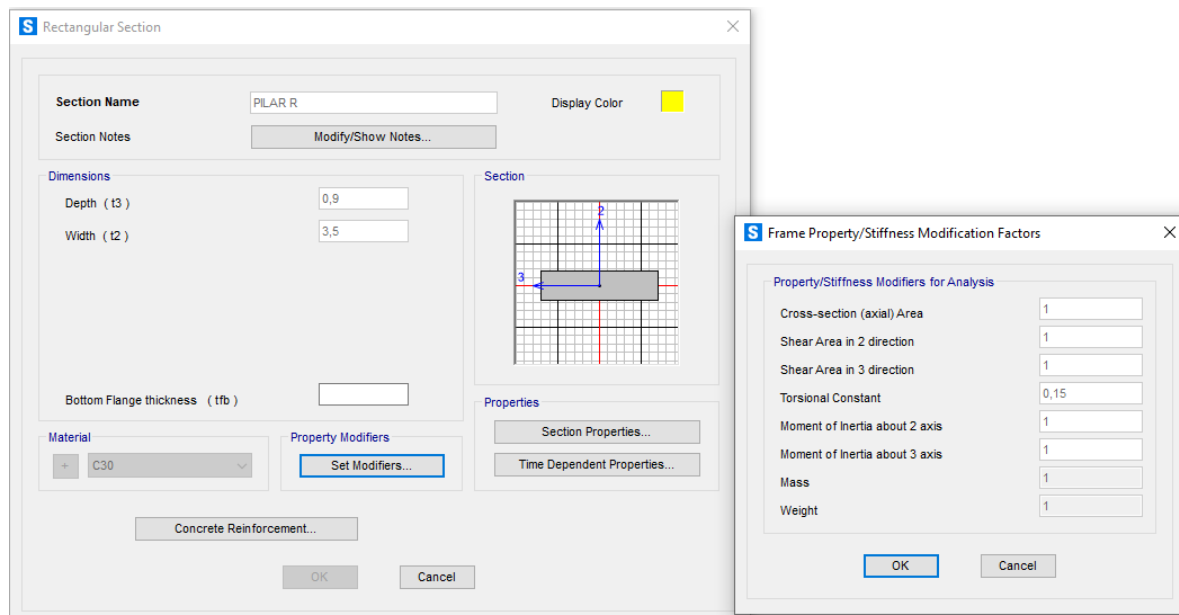


FIGURA 154 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DOS PILARES NO SAP 2000.

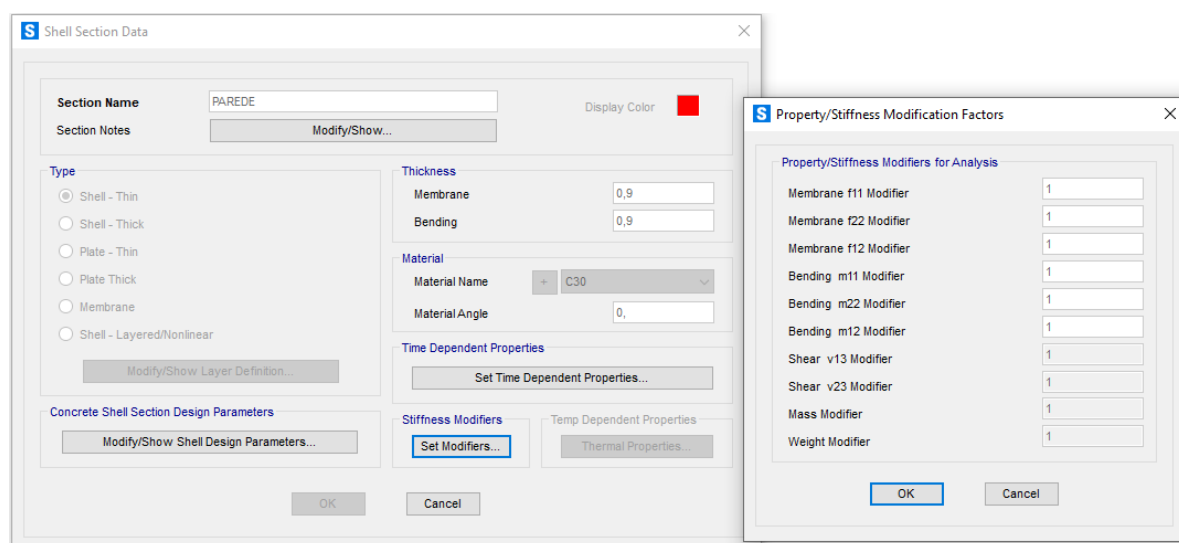


FIGURA 155 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DAS PAREDES NO SAP 2000

- Superestrutura

As imagens a seguir representam a definição dos elementos estruturais de superestrutura do viaduto.

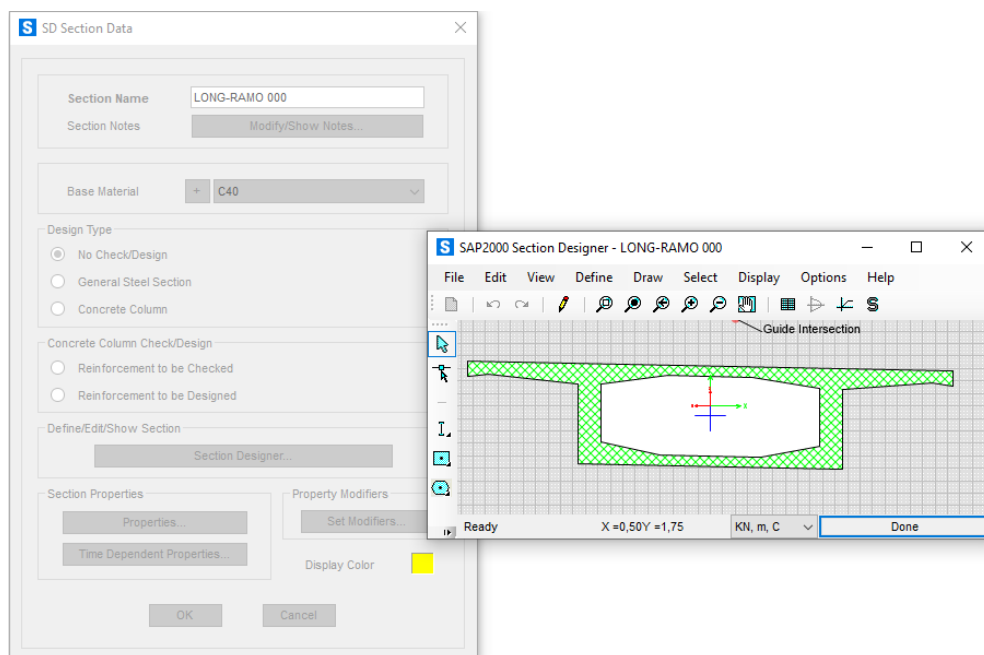


FIGURA 156 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DA LONGARINA DO RAMO 000 NO SAP 2000

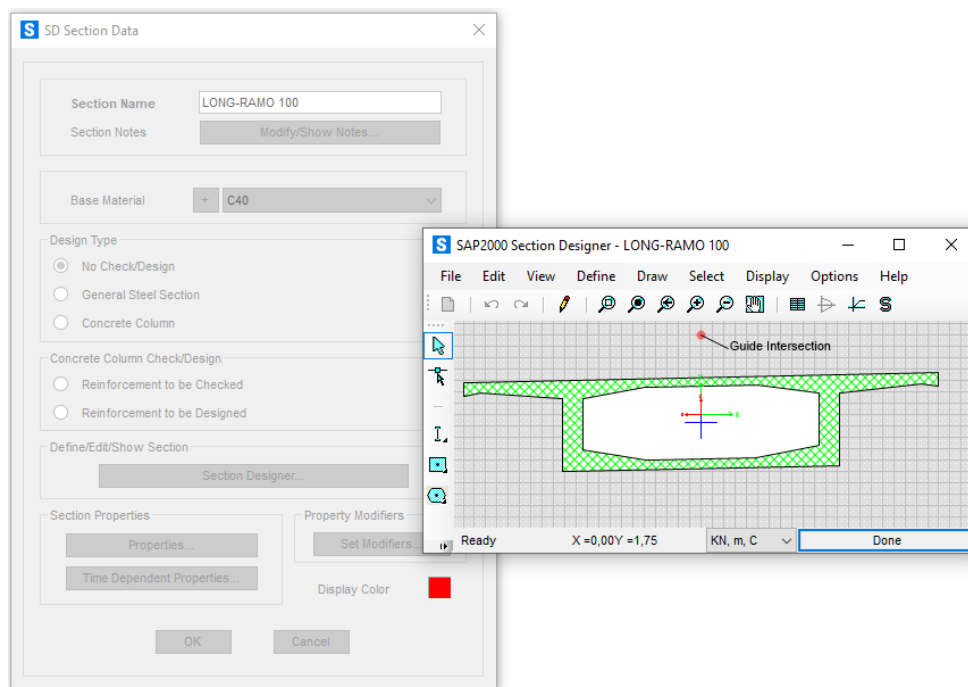


FIGURA 157 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DA LONGARINA DO RAMO 100 NO SAP 2000

- Aparelhos de apoio

As imagens a seguir representam a definição dos aparelhos de apoio do viaduto.

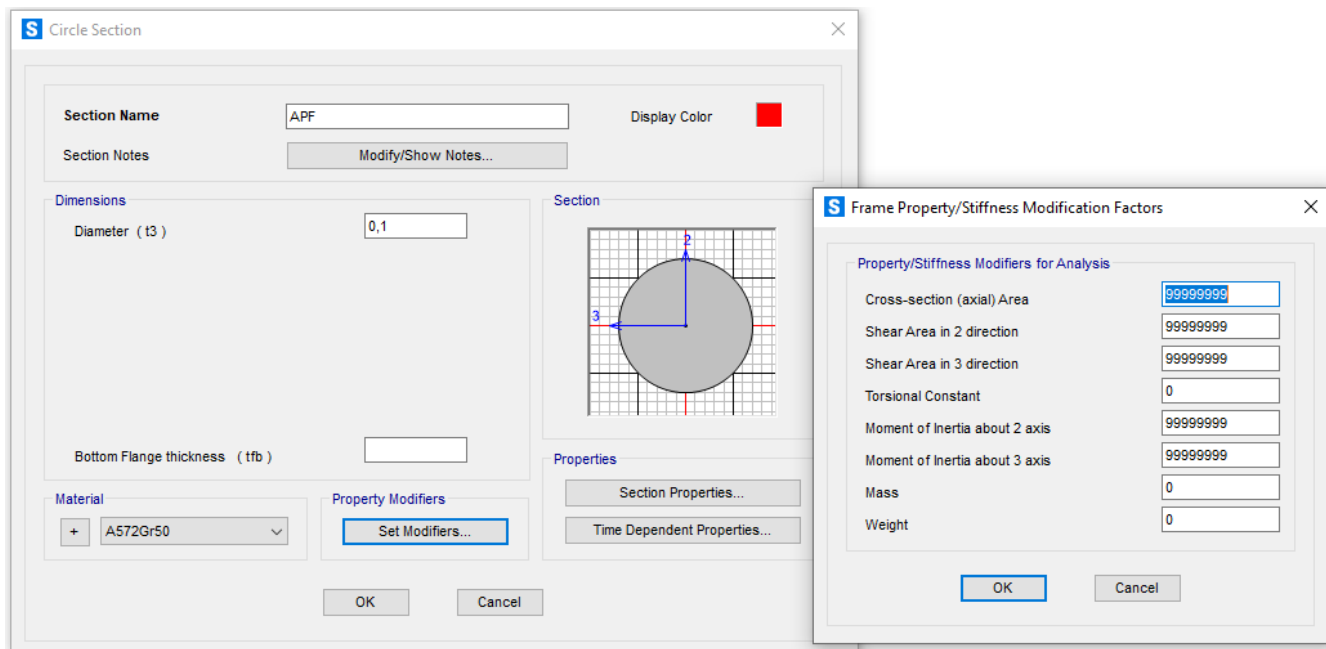


FIGURA 158 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DO APARELHO DE APOIO TF NO SAP 2000.

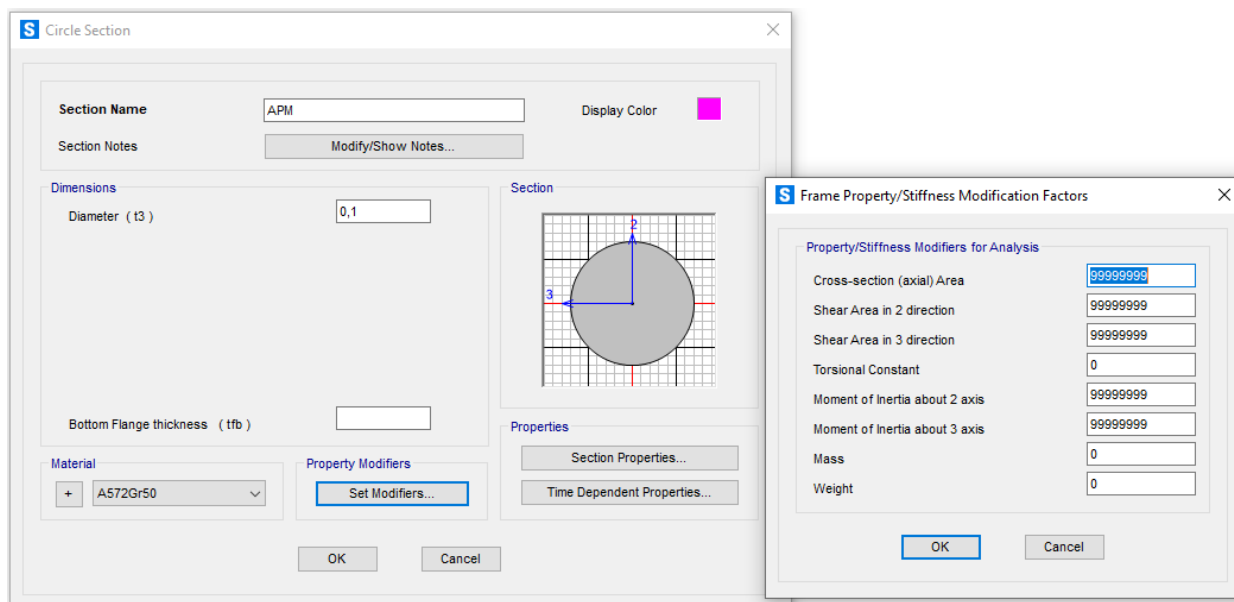


FIGURA 159 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DO APARELHO DE APOIO TM NO SAP 2000.

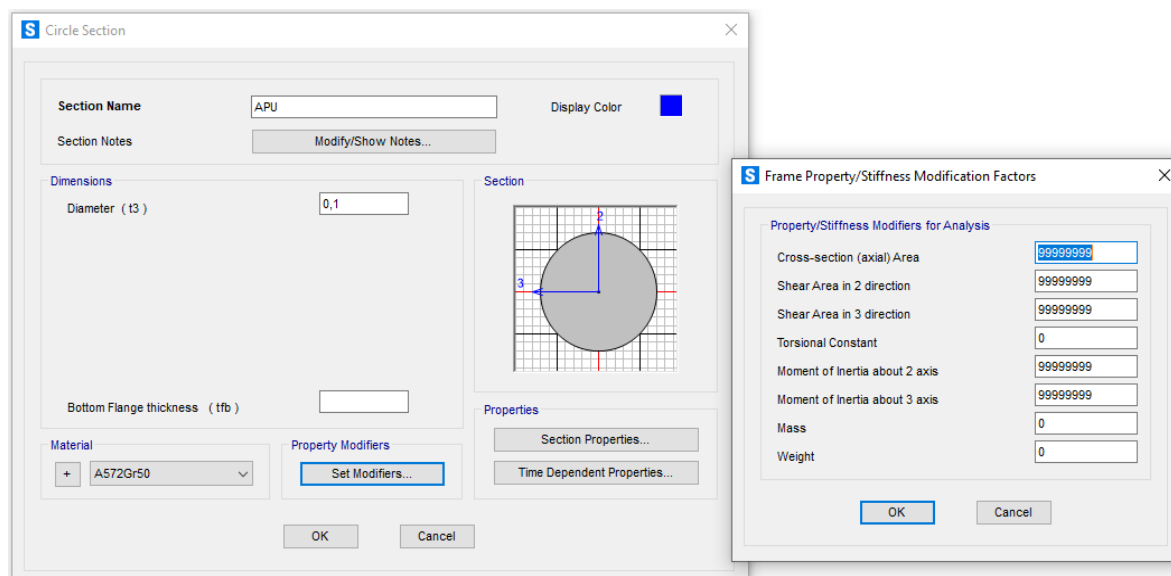


FIGURA 160 - DEFINIÇÃO DA SEÇÃO DO APARELHO DE APOIO TU NO SAP 2000.

b) Materiais

Para o modelo foi adotado o concreto com classe C30, com resistência característica a compressão (fck) 30 Mpa, para os pilares e blocos de fundação, e o classe C40, com resistência característica a compressão (fck) 40 Mpa, para a seção caixão do viaduto.

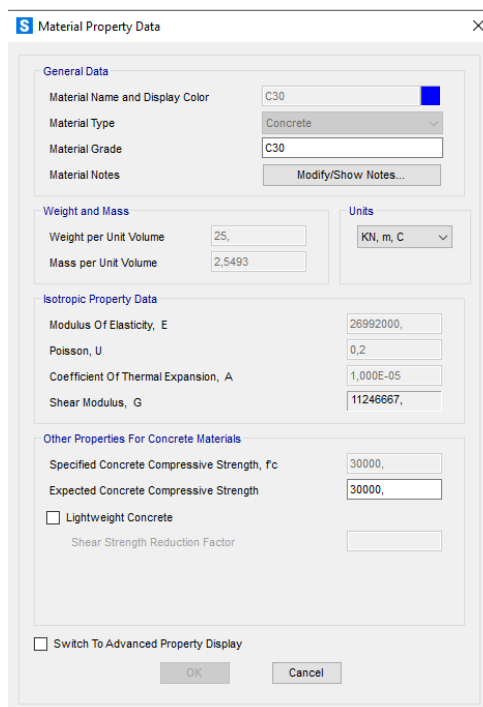


FIGURA 161 - CARACTERÍSTICA CONCRETO C30.

S Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: C40 [Green Box]

Material Type: Concrete [Dropdown]

Material Grade: C40 [Text]

Material Notes: [Text] [Modify/Show Notes...]

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 25, [Text]

Mass per Unit Volume: 2,5493 [Text]

Units: KN, m, C [Dropdown]

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 31876000, [Text]

Poisson, U: 0,2 [Text]

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,000E-05 [Text]

Shear Modulus, G: 13281667, [Text]

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c : 40000, [Text]

Expected Concrete Compressive Strength: 40000, [Text]

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [Text]

☐ Switch To Advanced Property Display

[OK] [Cancel]

FIGURA 162 - CARACTERÍSTICAS CONCRETO C40.

c) Carregamentos

Para a definição dos carregamentos sobre a estrutura foram levadas em consideração as situações críticas dos casos de carga.

- Carga permanente

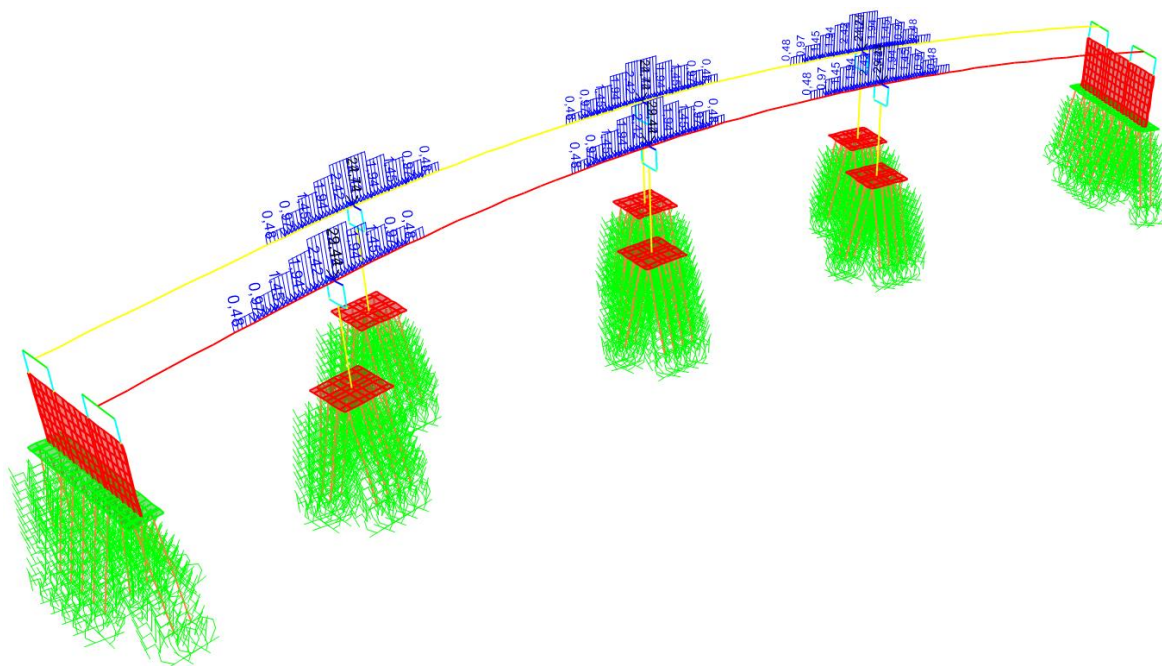


FIGURA 163 - CARGA PERMANENTE – PESO PRÓPRIO (TONF/M)

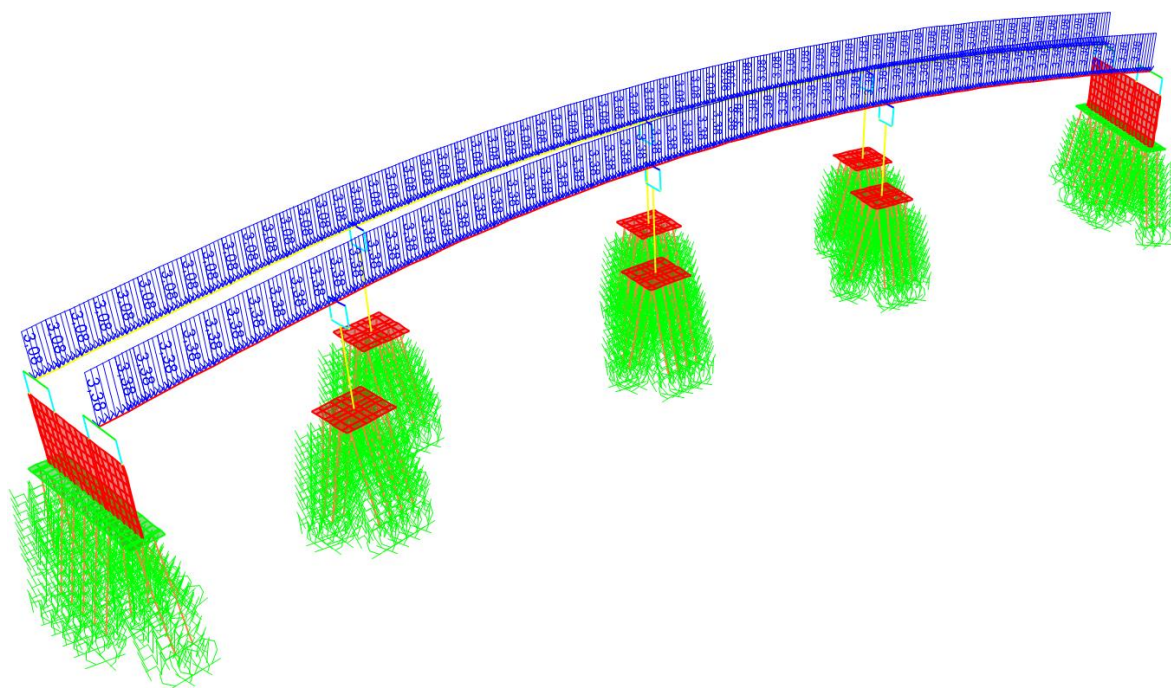


FIGURA 164 - CARGA PERMANENTE (GUARDA-RODAS + PAVIMENTO + LAJE) (TONF/M)

- Frenagem e força centrífuga

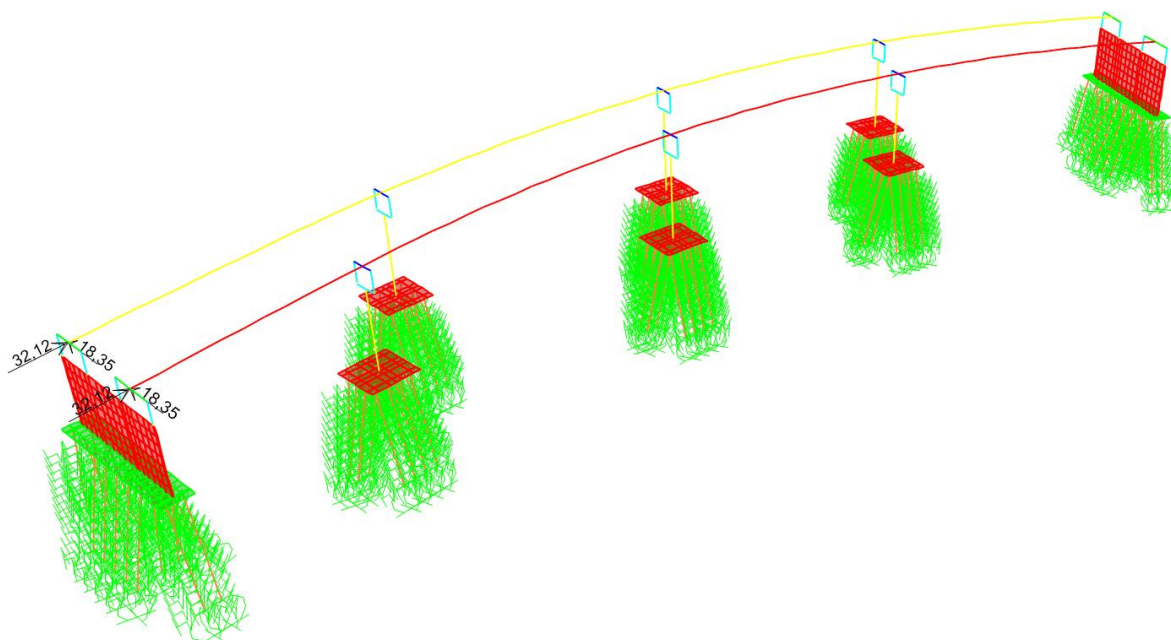


FIGURA 165 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 1 (TONF)

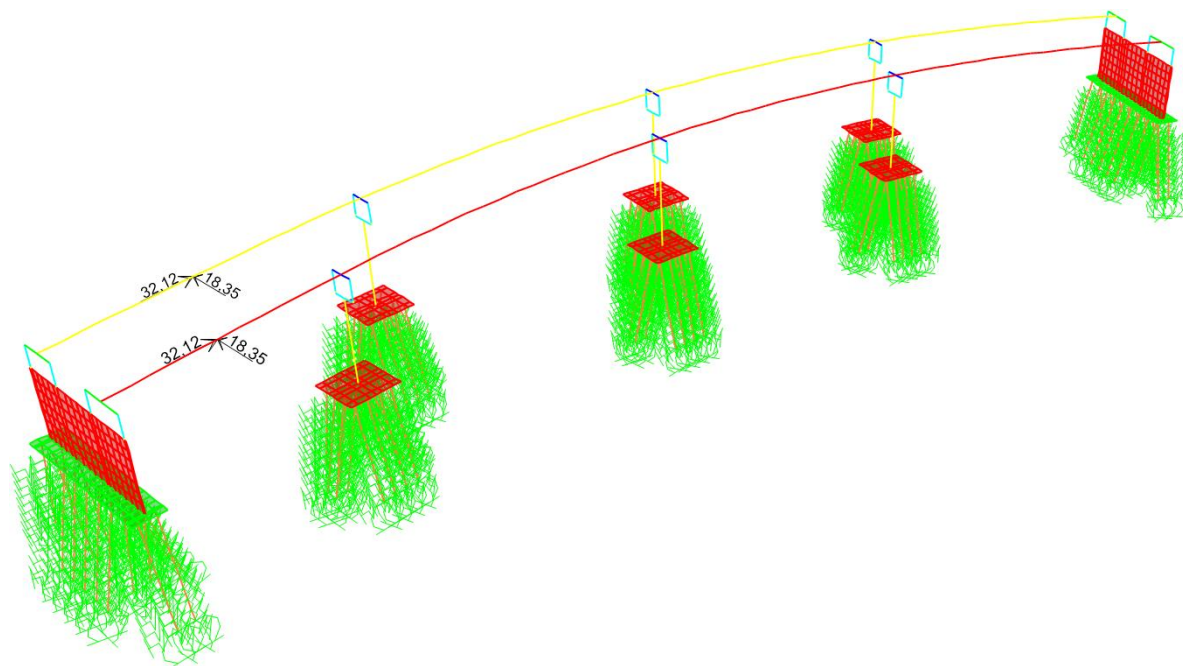


FIGURA 166 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 2 (TONF)

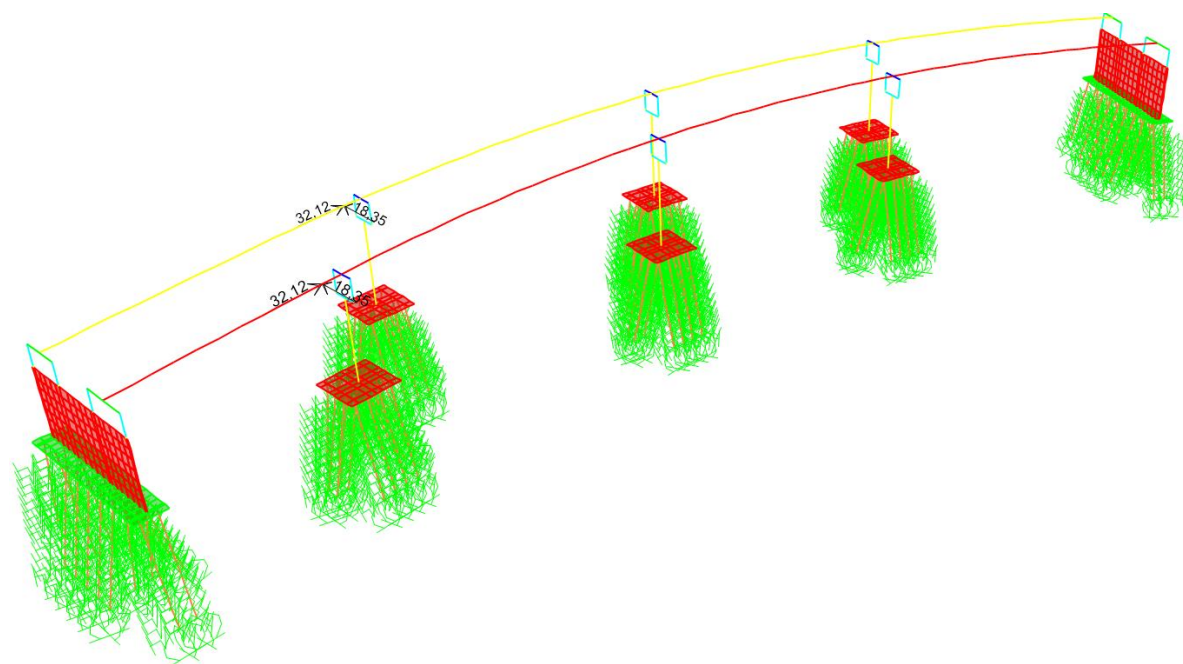


FIGURA 167 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 3 (TONF)

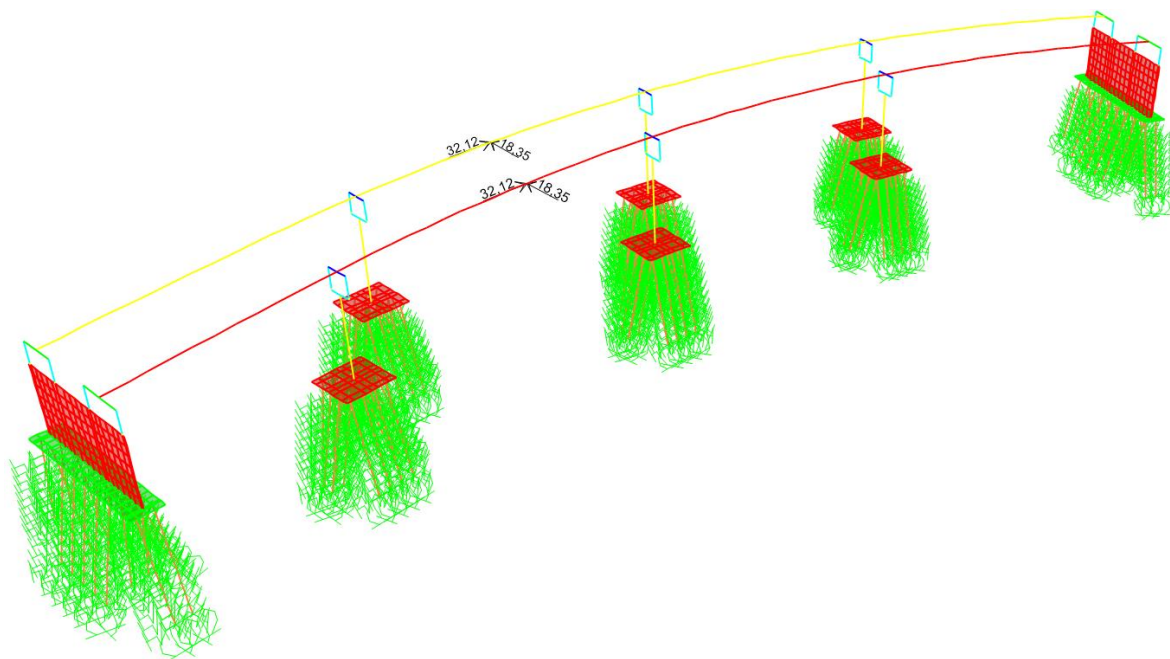


FIGURA 168 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 4 (TONF)

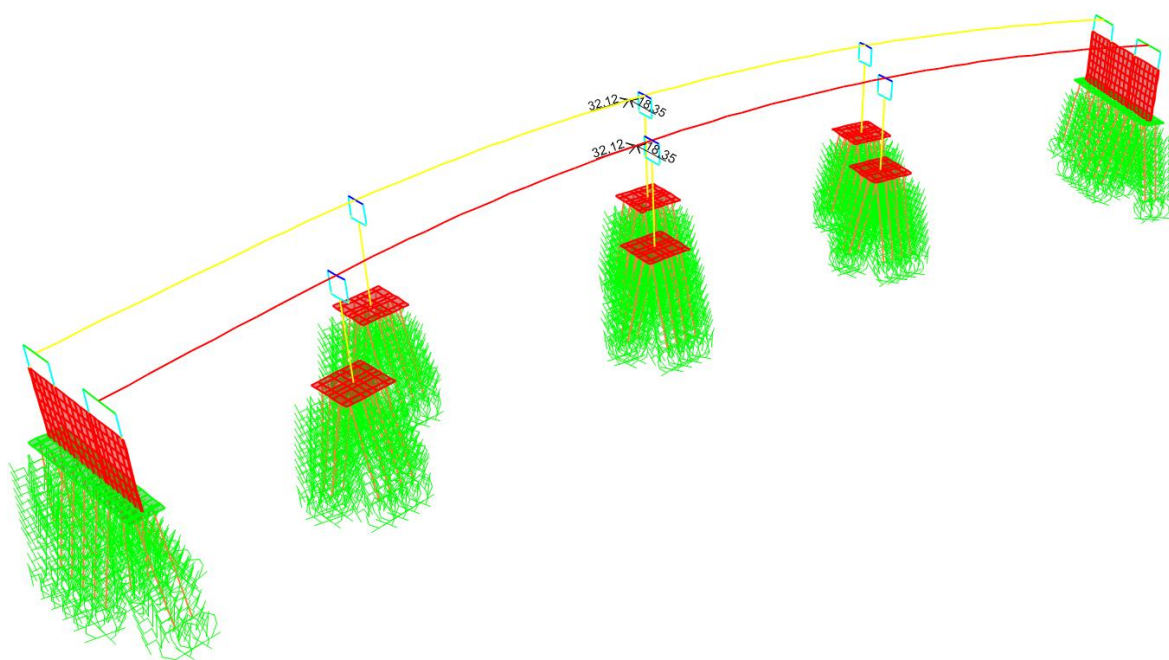


FIGURA 169 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 5 (TONF)

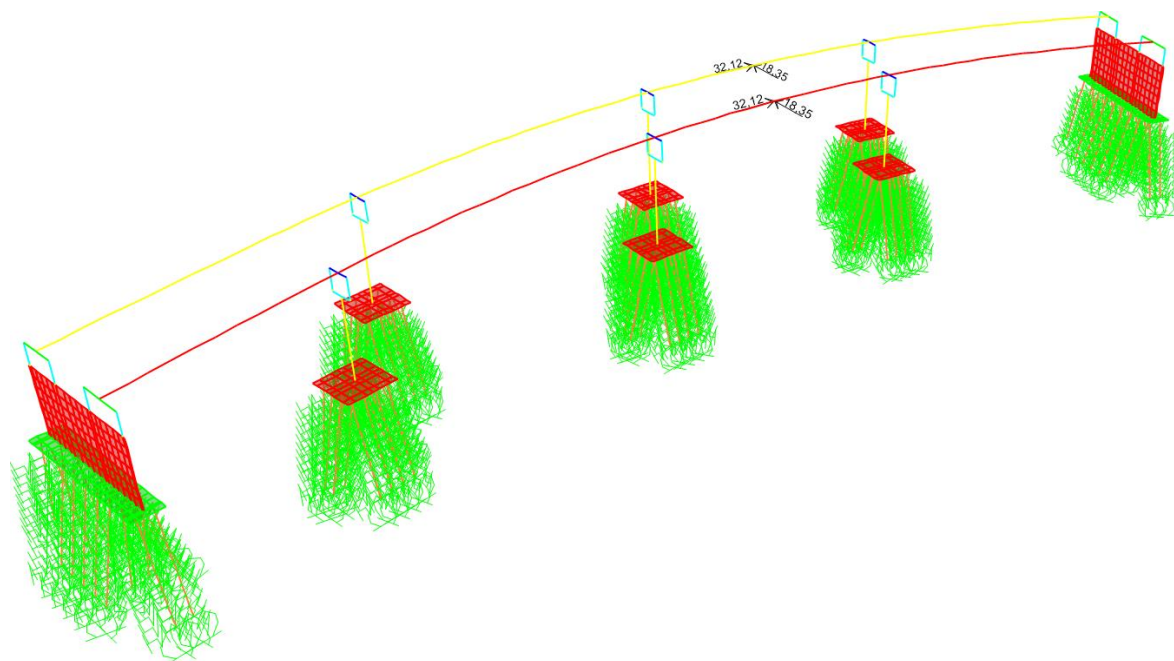


FIGURA 170 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 6 (TONF)

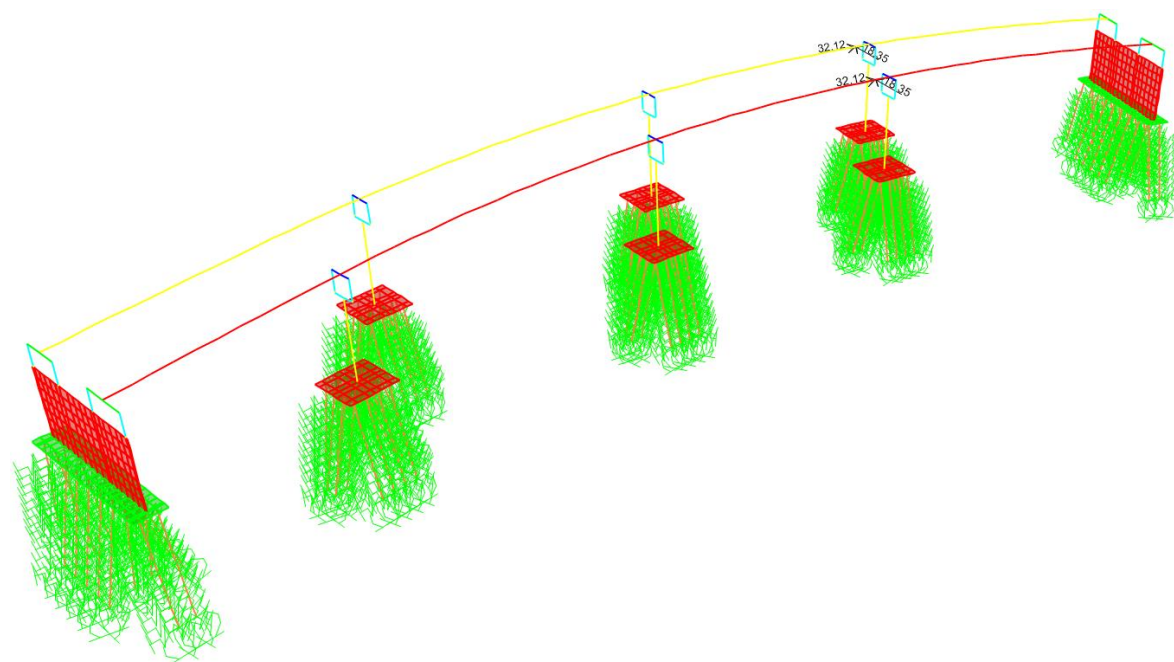


FIGURA 171 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 7 (TONF)

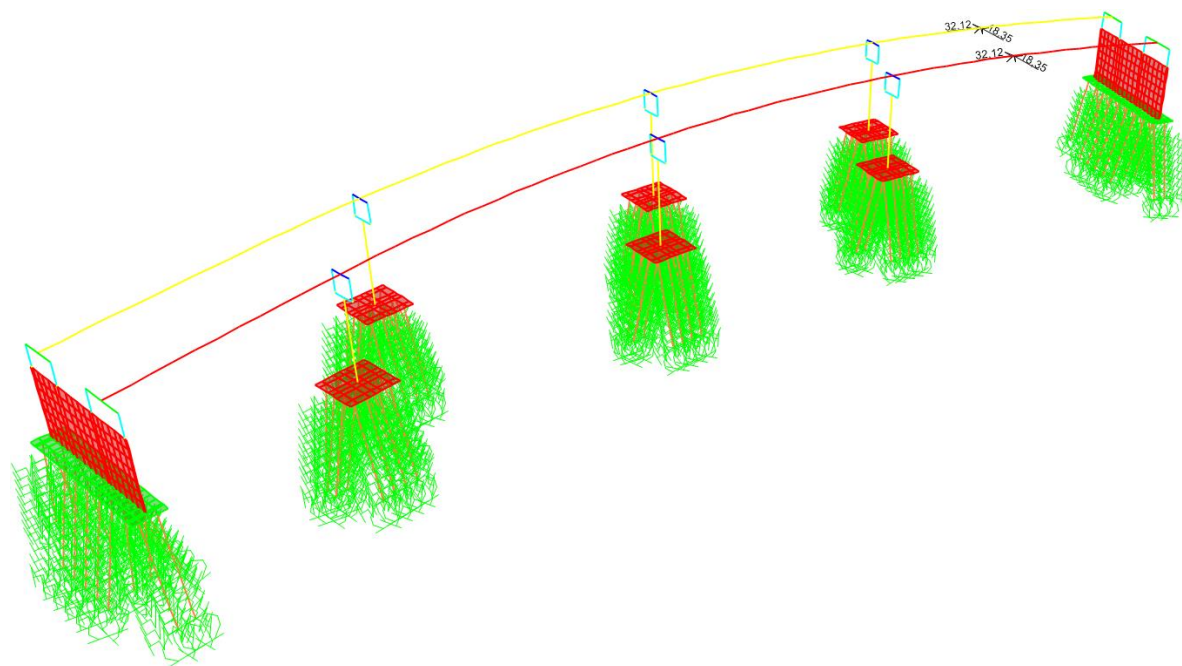


FIGURA 172 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 8 (TONF)

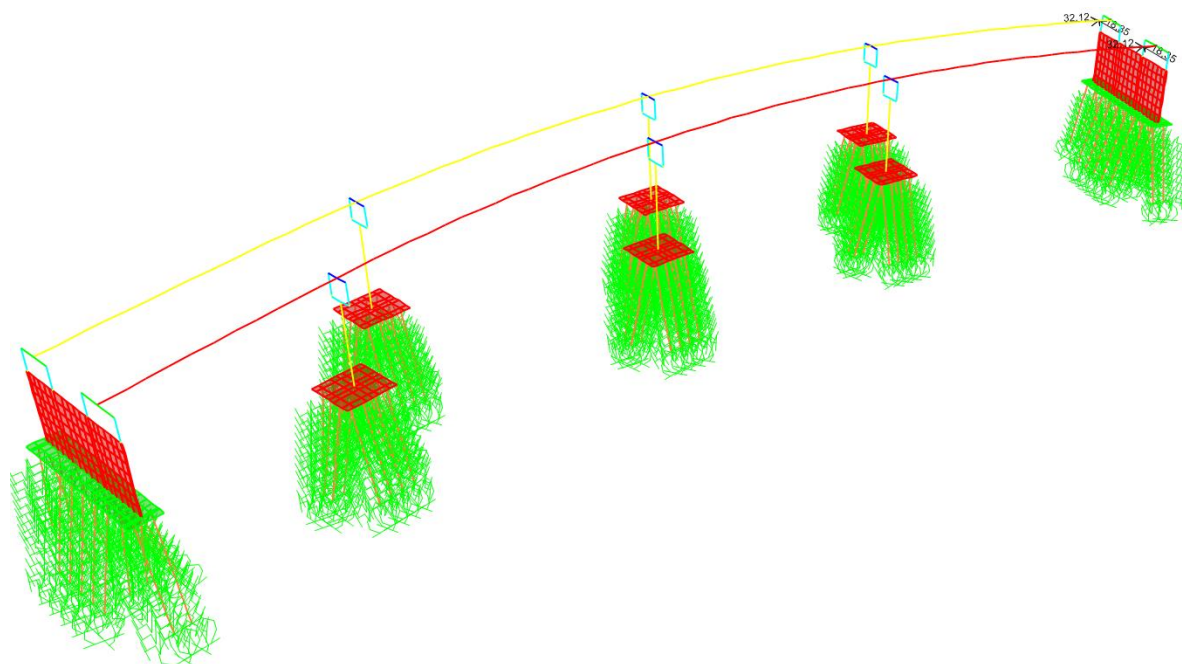


FIGURA 173 - FRENAGEM E FORÇA CENTRÍFUGA PONTO 9 (TONF)

- Trem-Tipo

S

Vehicle Data

×

Vehicle name

TB45-TTC-R100

Units

KN, m, C

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		48,5	150,
Leading Load	Infinite		48,5	150,
Fixed Length	1,5		33,5	150,
Fixed Length	1,5		33,5	150,
Trailing Load	Infinite		48,5	

Add

Insert

Modify

Delete

☐ Vehicle Remains Fully In Path

OK

Cancel

FIGURA 174 - TREM-TIPO TB45-TTC-RAMO100

S

Vehicle Data

×

Vehicle name

TB45-MTC-R100

Units

KN, m, C

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		24,25	150,
Leading Load	Infinite		24,25	150,
Fixed Length	1,5		9,25	150,
Fixed Length	1,5		9,25	150,
Trailing Load	Infinite		24,25	

Add

Insert

Modify

Delete

☐ Vehicle Remains Fully In Path

OK

Cancel

FIGURA 175 - TREM-TIPO TB45-MTC-RAMO100

S

Vehicle Data

×

Vehicle name

Units

TB45-TTC-R000

KN, m, C

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		44,5	150,
Leading Load	Infinite		44,5	150,
Fixed Length	1,5		29,5	150,
Fixed Length	1,5		29,5	150,
Trailing Load	Infinite		44,5	

Add

Insert

Modify

Delete

☐ Vehicle Remains Fully In Path

OK

Cancel

FIGURA 176 - TREM-TIPO TB45-TTC-RAMO000

S

Vehicle Data

×

Vehicle name

Units

TB45-MTC-R000

KN, m, C

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		22,25	150,
Leading Load	Infinite		22,25	150,
Fixed Length	1,5		7,25	150,
Fixed Length	1,5		7,25	150,
Trailing Load	Infinite		22,25	

Add

Insert

Modify

Delete

☐ Vehicle Remains Fully In Path

OK

Cancel

FIGURA 177 - TREM-TIPO TB45-MTC-RAMO000

- Vento

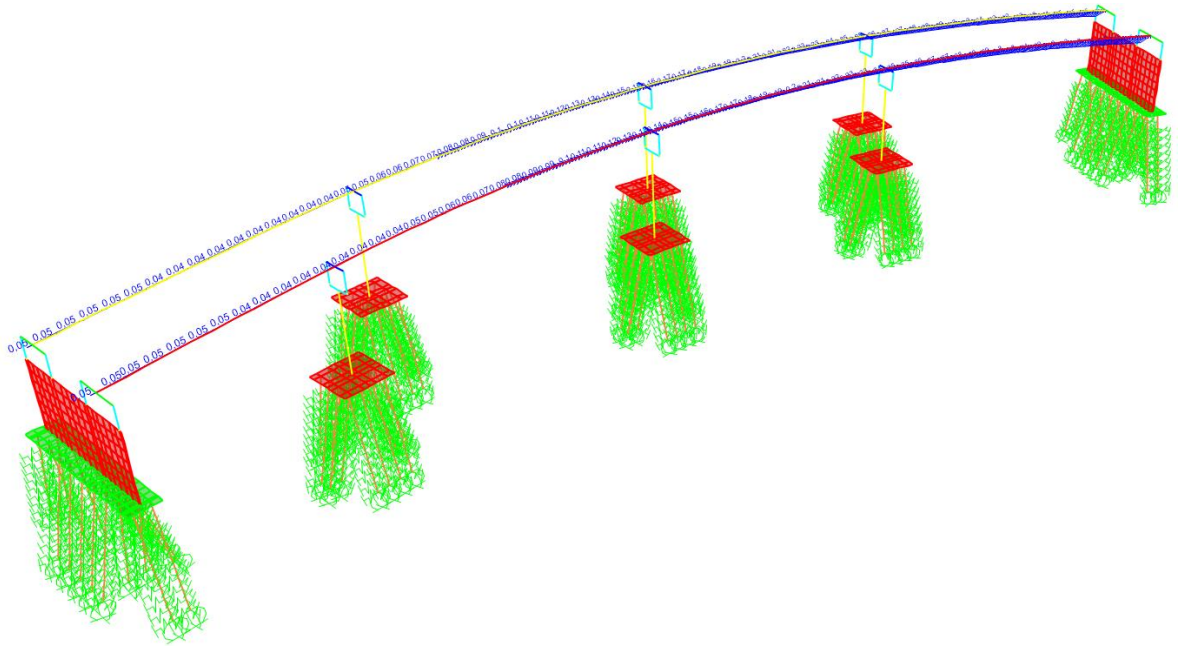


FIGURA 178 - VENTO SOBRE A ESTRUTURA (TF/M) – DIREÇÃO X

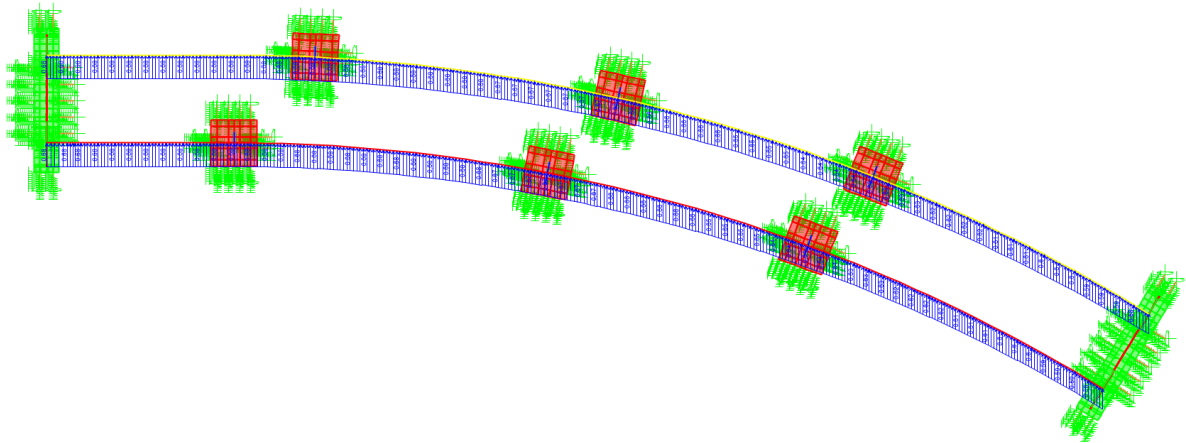


FIGURA 179 - VENTO SOBRE A ESTRUTURA (TF/M) – DIREÇÃO Y

- Temperatura

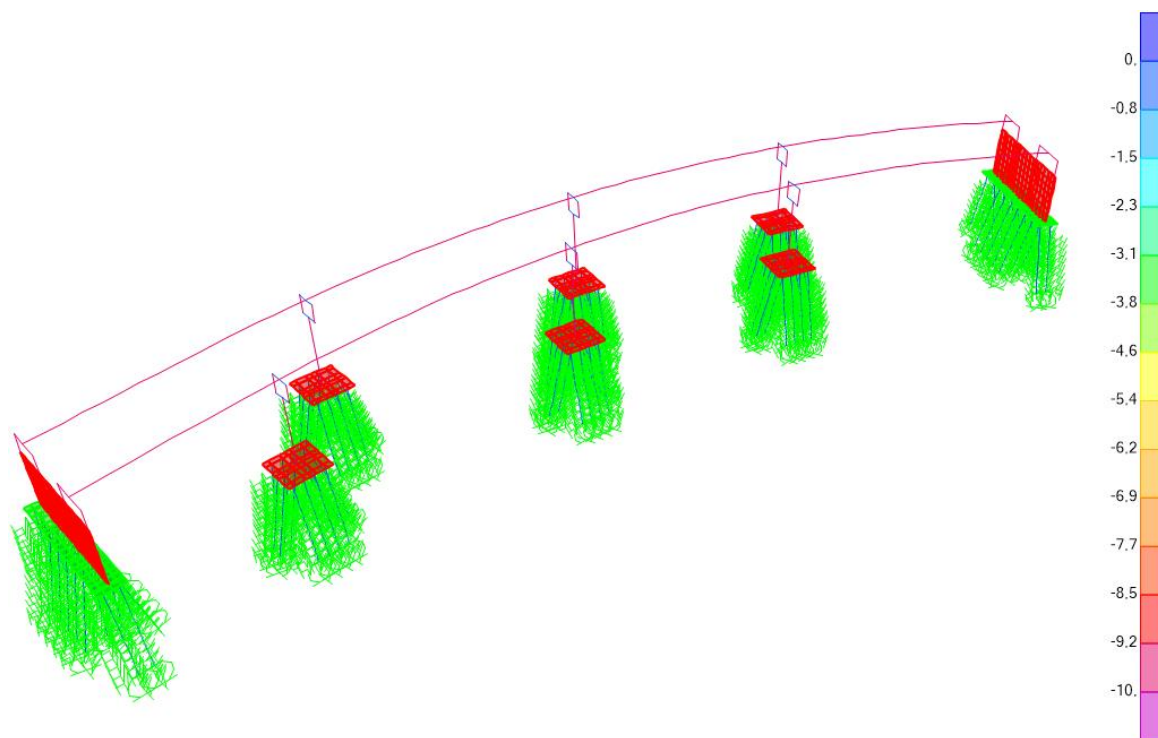


FIGURA 180 - TEMPERATURA NEGATIVA

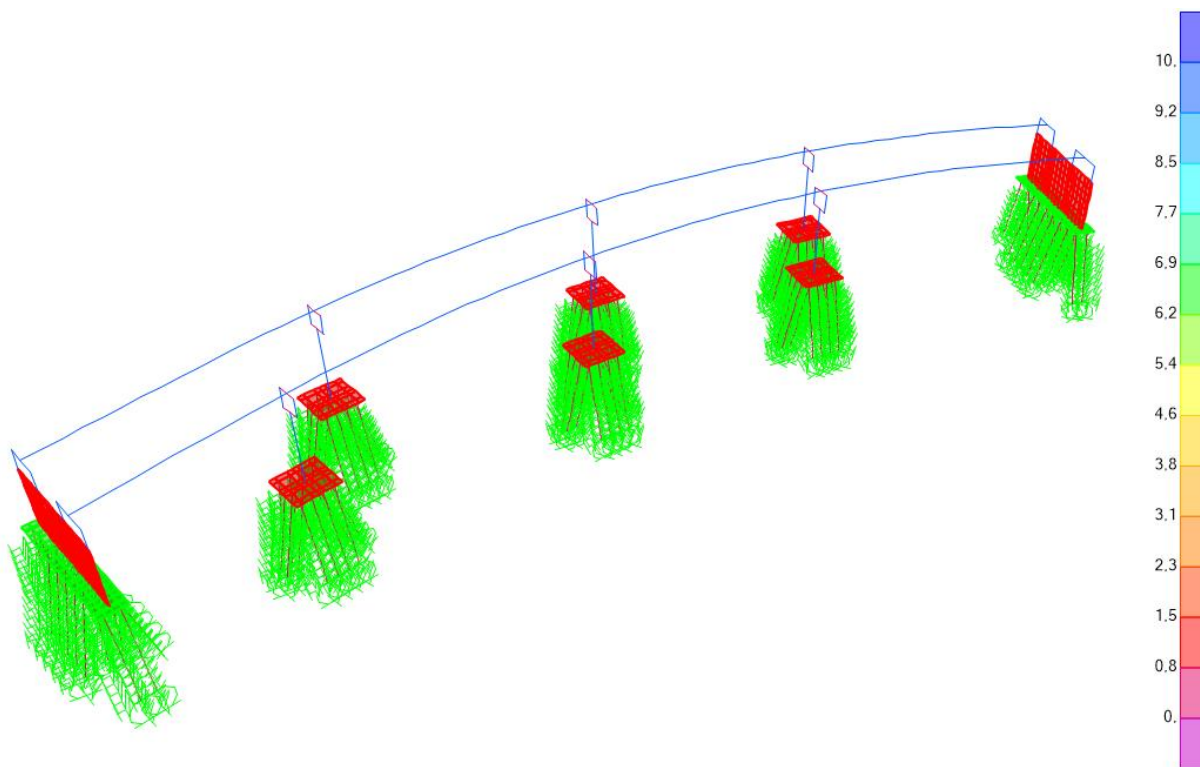


FIGURA 181 - TEMPERATURA POSITIVA

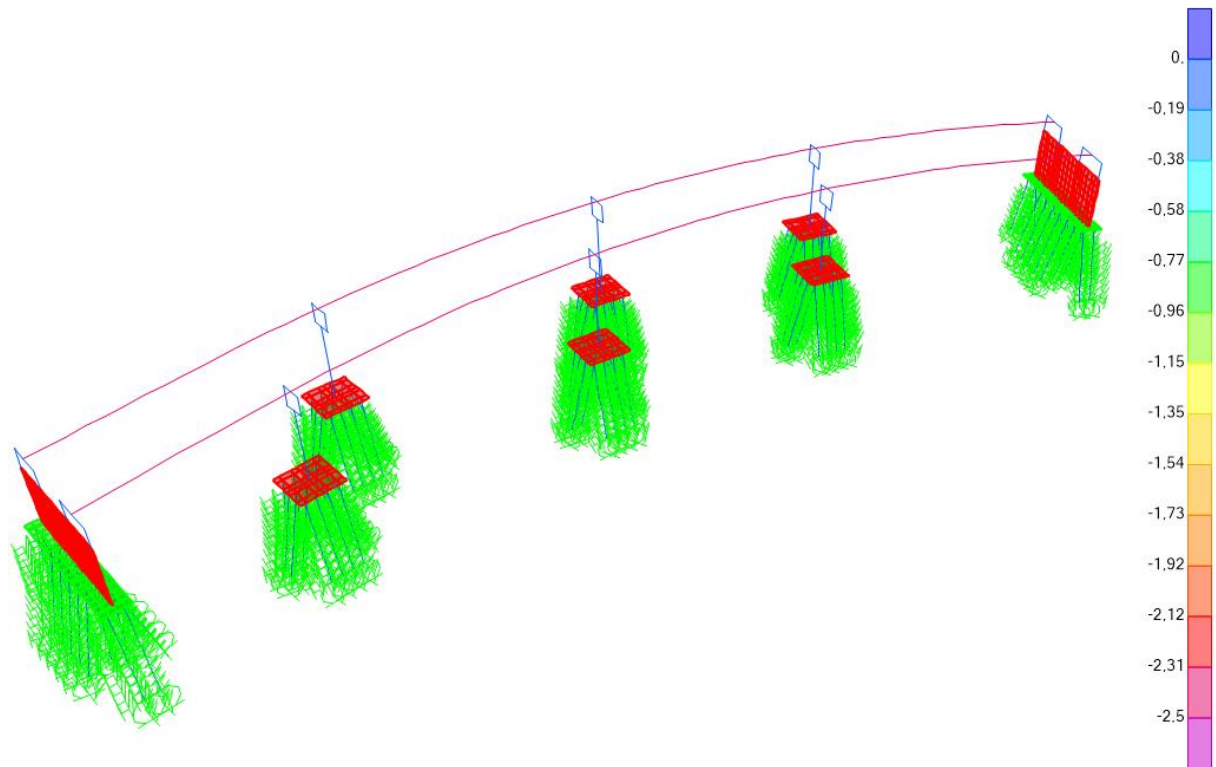


FIGURA 182 - GRADIENTE DE TEMPERATURA

d) Esforços

Para a obtenção dos esforços máximos atuantes na estrutura, foi gerado uma combinação envoltória de todas as combinações de carregamentos. Os valores dos esforços máximos apresentados abaixo, são todos referentes a combinação envoltória.

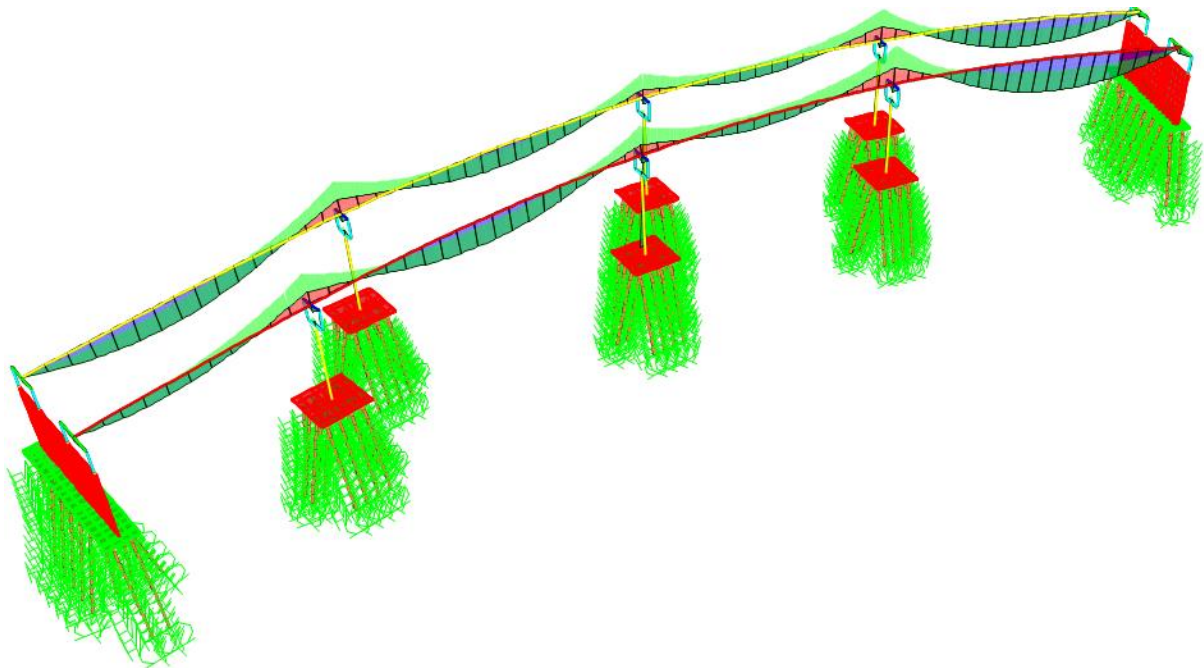


FIGURA 183 - MOMENTO

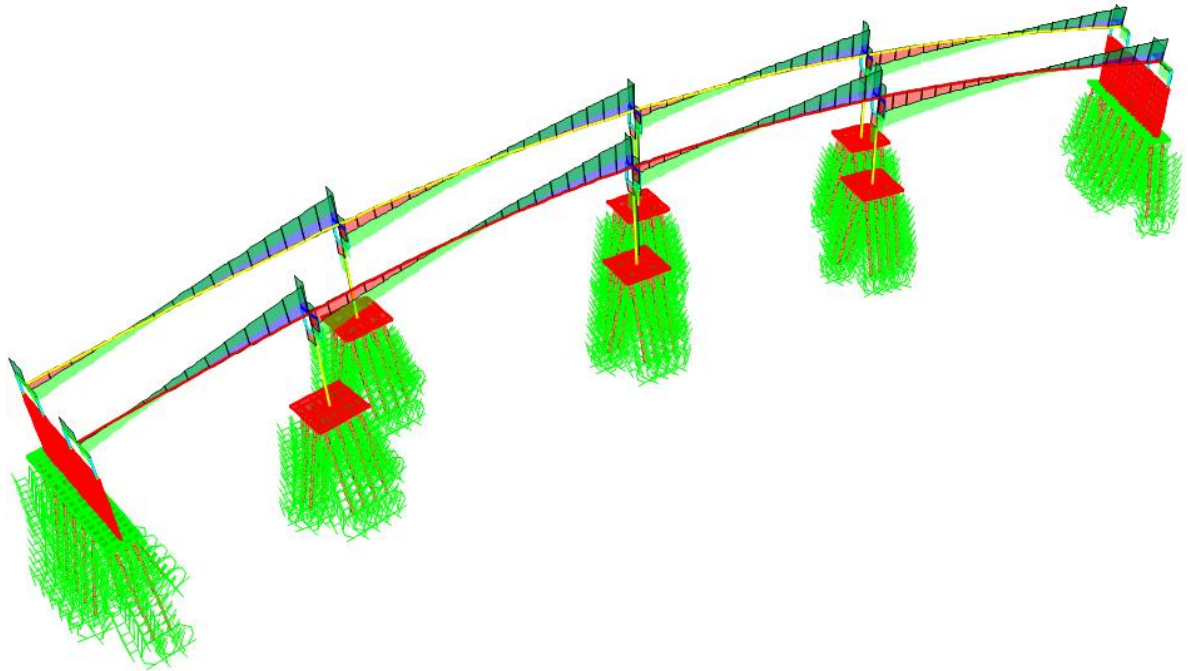


FIGURA 184 - CORTANTE

e) Dimensionamento

O dimensionamento das armaduras foi realizado conforme a norma NBR 6118, considerando as situações mais desfavoráveis de carregamentos atuantes na estrutura.

- Pilares:

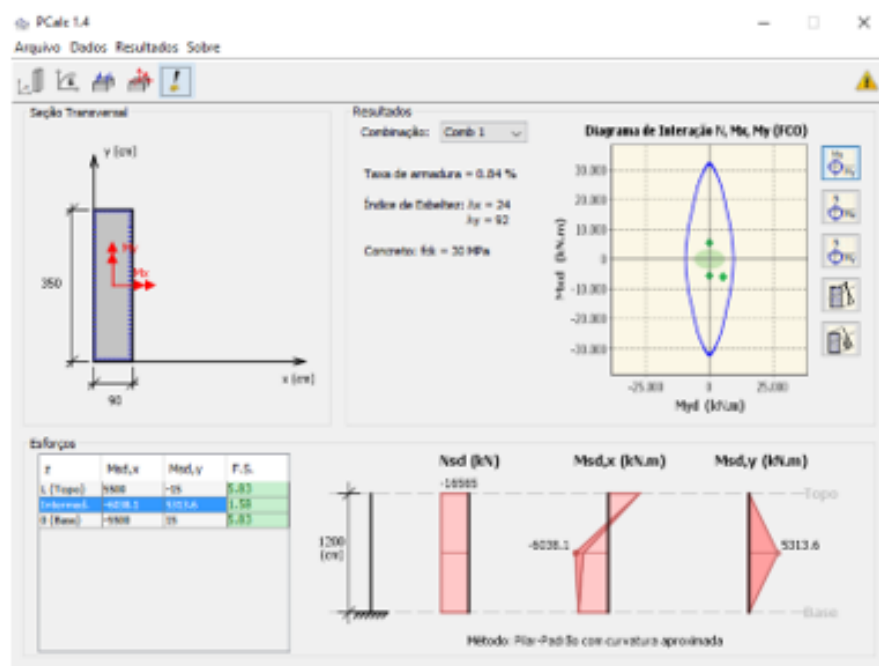


FIGURA 182 – ARMADURA PILARES VIADUTO

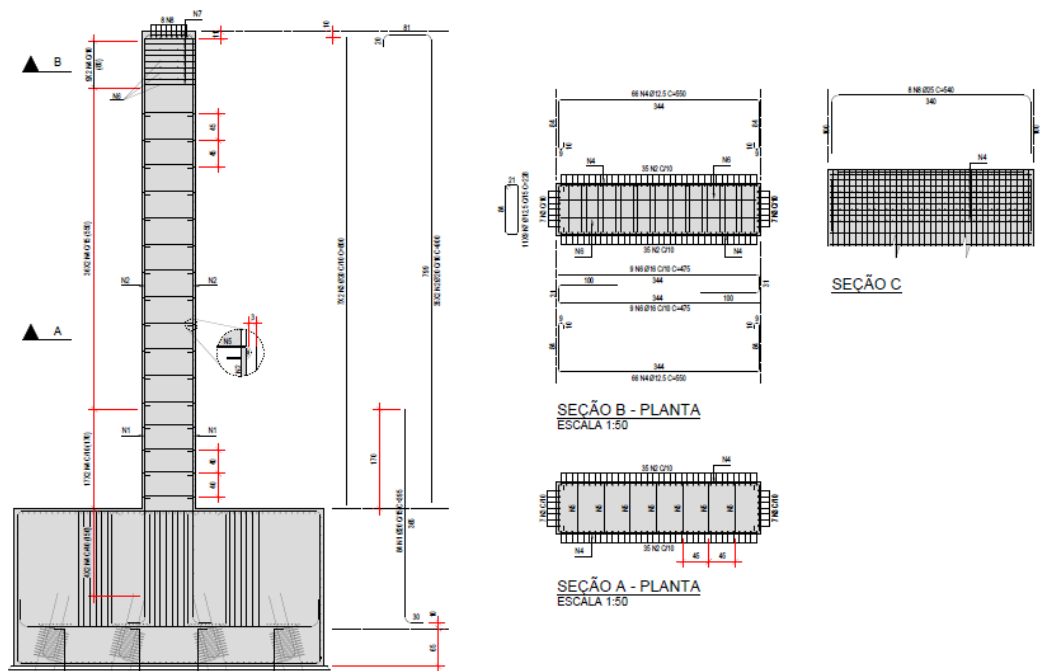


FIGURA 183 – ARMADURA PILARES

- Estacas

CAPACIDADE DE CARGA ESTÁTICA AXIAL - MÉTODO AOKI-VELLOSO				WOSNIAK ENGENHARIA						
Projeto:										
Referências: SONDAGEM SP-01										
Tipo de Estaca:	Metálica	Modificador de atrito interno:	1,50							
Seção Transversal:	Perfil simples	Perímetro (m):	1,838							
Tipo de Ponta:	Fechada	Área da seção Aberta (m²):								
Largura da mesa - bf (m):	0,3080	Área da seção Fechada (m²):	0,0285							
Altura - h (m):	0,3030	Profundidade para análise (m):								
Carga de Trabalho - Compressão (kN):	0	Lateral (%):								
Carga de Trabalho - Tração (kN):	0	Ponta (%):								
Fator de segurança:	2									
Perfil metálico adotado:	HP 310 x 93,0									
Deseja limitar ponta ?:	Não	Contribuição da ponta desejada (%):								
Prof. (m)	Nspt	Tipo de Solo	Ponta Resistência (kN)	Lateral Resistência Acumulada (kN)	Total Resistência última (kN)	Tração Resistência Total (kN)	Verificação		Total Adm.	
							Padm (kN) Qu/F.S	Padm _{tração} (kN) Qu/F.S	Padm ≤ (kN)	Padm _{tração} ≤ (kN)
1	0	Argila siltosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1	Argila siltosa	3,58	4,62	8,20	4,62	4,10	2,31	4,10	2,31
3	2	Argila siltosa	7,16	13,86	21,02	13,86	10,51	6,93	10,51	6,93
4	2	Argila siltosa	7,16	23,11	30,26	23,11	15,13	11,55	15,13	11,55
5	2	Argila siltosa	7,16	32,35	39,50	32,35	19,75	16,17	19,75	16,17
6	34	Argila siltosa	121,64	189,47	311,11	189,47	155,56	94,74	155,56	94,74
7	35	Areia siltosa	455,35	483,55	938,90	483,55	469,45	241,78	469,45	241,78
8	38	Areia siltosa	494,38	802,84	1.297,22	802,84	648,61	401,42	648,61	401,42
9	35	Silte arenoso	313,05	1.025,24	1.338,29	1.025,24	669,14	512,62	669,14	512,62
10	44	Silte arenoso	393,55	1.304,82	1.698,37	1.304,82	849,19	652,41	849,19	652,41
11	46	Silte arenoso	411,44	1.597,12	2.008,56	1.597,12	1.004,28	798,56	1.004,28	798,56
12	47	Silte arenoso	420,38	1.895,77	2.316,15	1.895,77	1.158,07	947,88	1.158,07	947,88
13	54	Silte arenoso	482,99	2.238,89	2.721,89	2.238,89	1.360,94	1.119,45	1.360,94	1.119,45

FIGURA 184 – VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA – MÉTODO AOKI-VELLOSO