Prefeitura Municipal de Goiânia

Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços públicos – SEINFRA

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA

VOLUME 3B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS

PROJETO MARGINAL CASCAVEL

GEOSERV-Serviços de Geotecnia e Construção Ltda

JULHO - 2018

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 4
1.1 INTRODUÇÃO 4
1.2 ESTUDOS E PROJETOS 5
1.3 DADOS CONTRATUAIS 5
2. MAPA DE SITUAÇÃO 6
3. PROJETO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (IS 214) 7
3.1 DADOS GERAIS 7
3.2 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS 7
3.3 MEMORIAL DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA 8
3.3.1 DIMENSIONAMENTO DAS LONGARINAS 8
3.3.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS 8
3.3.1.1.1 CÁLCULO DA LARGURA EQUIVALENTE DE CONTRIBUIÇÃO DA VIGA/LAJE 8
3.3.1.1.1.1 VIGAS EXTERNAS 8
3.3.1.1.1.2 VIGAS INTERNAS 8
3.3.1.1.2 SEÇÃO TRANSVERSAL 9
3.3.1.1.3 PROPRIEDADES 9
3.3.1.1.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS VIGAS 9
3.3.1.1.3.2 TRANSVERSINA DE APOIO E INTERMEDIÁRIA 9
3.3.1.1.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO MODELO DE CÁLCULO 9
3.3.1.1.5 PROGRAMA DE CÁLCULO 10
3.3.1.1.6 CARREGAMENTOS 10
3.3.1.1.6.1 CARREGAMENTO PERMANENTE 10
3.3.1.1.6.2 CARREGAMENTO MÓVEL 10
3.3.1.1.6.2.1 HIPÓTESES PARA AS CARGAS MÓVEIS 11
3.3.1.1.7 ESFORÇOS SOLICITANTES 12
3.3.1.1.7.1 DEVIDO AOS CARREGAMENTOS PERMANENTES 12
3.3.1.1.7.2 DEVIDO AOS CARREGAMENTOS MÓVEIS 15
3.3.1.1.7.3 RESUMO DOS ESFORÇOS 17
3.3.1.1.8 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL 17

3.3.1.1.9 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL 18
3.3.1.1.10 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA 19
3.3.1.2 DIMENSIONAMENTO DO NEW-JERSEY 19
3.3.1.3 DIMENSIONAMENTO DAS TRANSVERSINAS 20
3.3.1.3.1 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS 20
3.3.1.3.2 DIMENSIONAMENTO 20
3.3.1.3.2.1 PROTENSÃO DA TRANVERSINA 20
3.3.1.3.2.2 ARMADURA LONGITUDINAL 21
3.3.1.3.2.3 ARMADURA TRANSVERSAL 22
3.3.1.3.2.4 VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES 23
3.3.1.4 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO 23
3.3.1.4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS 23
3.3.1.4.2 CARREGAMENTOS 23
3.3.1.4.3 ESFORÇOS SOLICITANTES 24
3.3.1.4.4 DIMENSIONAMENTO 24
3.3.1.4.5 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA 25
3.3.2 MEMORIAL DE CÁLCULO DA MESOESTRUTURA 25
3.3.2.1 DIMENSIONAMENTO DAS TRAVESSAS 25
3.3.2.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS 25
3.3.2.1.2 CARREGAMENTOS 25
3.3.2.1.2.1 PESO PRÓPRIO 26
3.3.2.1.2.2 SOLICITAÇÕES HORIZONTAIS 26
3.3.2.1.2.2.1 ACELERAÇÃO E FRENAGEM 26
3.3.2.1.2.2.2 RETRAÇÃO E TEMPERATURA 26
3.3.2.1.2.2.3 VENTO 26
3.3.2.1.3 ESFORÇOS SOLICITANTES 26
3.3.2.1.3.1 ESFORÇOS DEVIDO A CARGA VERTICAL 26
3.3.2.1.4 ARMADURA LONGITUDINAL 27
3.3.2.1.5 ARMADURA TRANSVERSAL 28
3.3.2.1.6 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA 29
3.3.2.1.7 ARMADURA DE PELE 29
3.3.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS PILARES 29

3.3.2.2.1 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS 29
3.3.2.2.2 ESFORÇOS SOLICITANTES 29
3.3.2.2.2.1 CASO 1 – PILARES CENTRAIS 29
3.3.2.2.2.2 CASO 2 – PILARES EXTREMOS 32
3.3.2.2.3 ARMADURA LONGITUDINAL 35
3.3.2.2.4 VERIFICAÇÕES 36
3.3.2.2.5 DETERMINAÇÃO DOS EFEITOS LOCAIS DE 2ª ORDEM 37
3.3.2.3 VERIFICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO 38
3.3.3 MEMORIAL DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA 38
3.3.3.1 ENSAIO DE CRAVAÇÃO DAS ESTACAS 39
3.3.3.2 DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS CORRIDOS SOBRE ESTACAS 42
3.3.3.2.1 ARMADURA LONGITUDINAL 43
3.3.3.2.2 ARMADURA TRANSVERSAL 44
3.3.3.2.3 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA 45

4. DECLARAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA 46

5. ORDEM DE SERVIÇO 47

6. ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA 48

7. TERMO DE ENCERRAMENTO 51

1. APRESENTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

Apresentamos o **Volume 3B – Memória de Cálculo de Estruturas** que faz parte integrante do Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da Marginal Cascavel - Trecho: Avenida T-9 – Avenida C-12, com extensão de 1,76 km, elaborado pela GEOSERV SERVIÇOS DE GEOTECNIA E CONSTRUÇÃO LTDA.

O Projeto Executivo, em seus diversos volumes, é apresentado com a seguinte composição:

Volume 1 - Relatório do Projeto: editado em formato A-4, contém basicamente uma sinopse de cada estudo e projeto, as soluções, os resultados obtidos, os quantitativos e as especificações de serviço, ele destina-se ao uso de técnicos que queiram ter um conhecimento geral do projeto e as firmas construtoras interessadas na licitação da obra, razão por que ele reúne todos os elementos que sejam de interesse para a concorrência e construção; pela sua finalidade, neste volume não foram justificados os métodos usados, mas simplesmente apresentadas às soluções e os resultados para o projeto;

Volume 2 - Projeto de Execução: em formato A-1/A-3, apresenta os quantitativos dos serviços, as plantas, desenhos, croquis e listagens de serviços necessários para a implantação das obras e perfeita compreensão dos serviços a executar;

Volume 3B – Memória de Cálculo de Estruturas: editado em formato A-4, contém as memórias de cálculo das estruturas.

A partir do estudo do traçado são formadas as bases para a concepção de estradas seguras e adequadas a função a que se destinam. Neste estudo são documentados o nível técnico atual de conhecimento do empreendimento, o traçado proposto e suas conclusões obtidas a partir de especificações técnicas baseadas em fundamentos teóricos, resultados de pesquisas e na experiência.

Deve ser considerado que algumas estruturas componentes do empreendimento já foram executadas no âmbito de contratos anteriores, especificamente as seguintes:

- Restauração da avenida C-07 para utilização como marginal esquerda (Avenida dos Alpes / Avenida C-12);
- Pistas esquerda e direita da Avenida do Alpes pelo lado da Vila União (margem esquerda do córrego) até as proximidades do apoio extremo das pontes de transposição das marginais;

- Alça de acesso da avenida C-07 para a Avenida dos Alpes;
- 120 metros de canal a jusante do ponto de implantação das pontes da Avenida dos Alpes;
- Fundações das pontes da Avenida dos Alpes;
- Paramentos extremos das pontes da Avenida dos Alpes com blocos de coroamento das estacas de fundação conclusos.

1.2 ESTUDOS E PROJETOS

A região atravessada pela via é caracterizada sob o ponto de vista climatológico, geológico, geomorfológico e pedológico, permitindo a identificação de problemas que possam influenciar de maneira significativa os custos da futura obra.

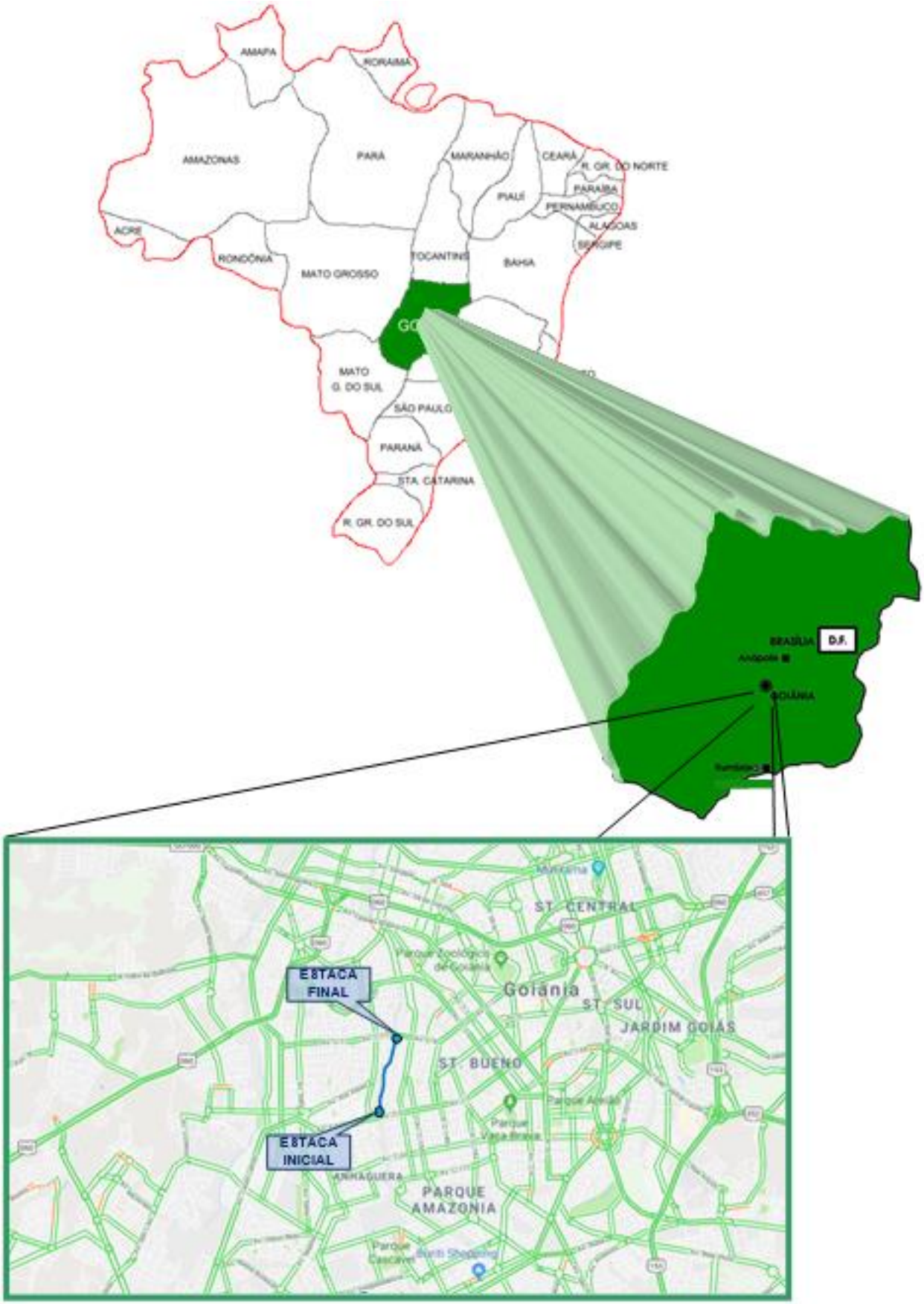
Os estudos fornecem ao projetista informações sobre o tipo de terreno a ser afetado pela estrada (solos e rochas); existência de fraturas, planos de clivagem, etc. existente no alinhamento da estrada; classificação das diversas camadas do terreno afetadas pela escavação; a existência de solos moles, etc.

1.3 DADOS CONTRATUAIS

O Projeto Executivo para Implantação e Pavimentação da Marginal Cascavel - Trecho: Avenida T-9 / Avenida C-12, com extensão de 1,75 Km, foi adjudicado a Geoserv – Serviços de Geotecnia e Construção Ltda., pela SEINFRA, conforme contrato, objeto de concorrência pública, cujos dados são apresentados a seguir:

Processo de origem:	**70503999/2017**
Nº Tomada de preço:	**002/2017**
Nº Contrato:	**012/2017**
Extensão contratada:	**1,76 km**
Extensão projetada:	**1,76 km**

2. MAPA DE SITUAÇÃO



3. PROJETO DAS OBRAS DE ARTE ESPECIAIS (IS 214)

3.1 DADOS GERAIS

A Obra de Arte trata-se da ponte sobre Córrego Cascavel, com comprimento médio de 74,60 metros e 23,60 metros de largura. A estrutura foi concebida de modo a poder desempenhar as funções a que se destinam durante o período de vida previsto, com graus de segurança adequados, sem se perder de vista os aspectos econômicos e a compatibilização com o projeto geométrico.

Procurou-se cumprir com o princípio de simplicidade estrutural, caracterizada pela existência de trajetórias claras e diretas para a transmissão das forças. Este é um objetivo importante a cumprir uma vez que a modelação, a análise, o dimensionamento, as disposições construtivas e a construção das estruturas simples estão sujeitas a uma incerteza muito menor, pelo que é possível prever o seu comportamento com muito maior confiabilidade.

A utilização de elementos estruturais regularmente distribuídos aumenta a redundância e permite uma redistribuição mais favorável dos efeitos das ações verticais e horizontais.

A obra foi projetada para classe 45, utilizando-se um veículo tipo 45 tf, classe de agressividade ambiental moderada, com pequeno risco de deterioração da estrutura, conforme prescrições das normas citadas abaixo:

- NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto;
- NBR 6120:2000 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 7187:2003 - Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido;
- NBR 7188:2013 - Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres;
- NBR 8681:2004: Ações de segurança nas estruturas;
- NBR 9062:2017: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;

3.2 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

- Para as barreiras de proteção, laje de aproximação e fundação: *concreto FcK=25Mpa (250 kgf/cm2), Ecs=23GPa e Dmáx (agregado) = 36mm.*
- Para as longarinas e transversinas: *concreto FcK=35Mpa (350 kgf/cm2), Ecs=28GPa e Dmáx (agregado) = 36mm.*
- Para travessas de apoio e pilares: concreto *FcK=30Mpa (300 kgf/cm2), Ecs=26GPa e Dmáx (agregado) = 36mm.*
- As armaduras ativas serão em cordoalha de aço tipo CP-190RB com diâmetro de

12,7mm, fornecidas de acordo com a norma NBR 7484:2009.

- Neoprene fretado (5 lâminas), dureza Shore (DA) =60±5 pontos, tensão de ruptura >175MPa, alongamento na ruptura de 350%, chapas de aço de fretagem – A36.

3.3 MEMORIAL DE CÁLCULO DA SUPERESTRUTURA

- Comprimento médio do tabuleiro = 74,60 m
- Largura média do tabuleiro = 23,60 m

3.3.1 DIMENSIONAMENTO DAS LONGARINAS

3.3.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

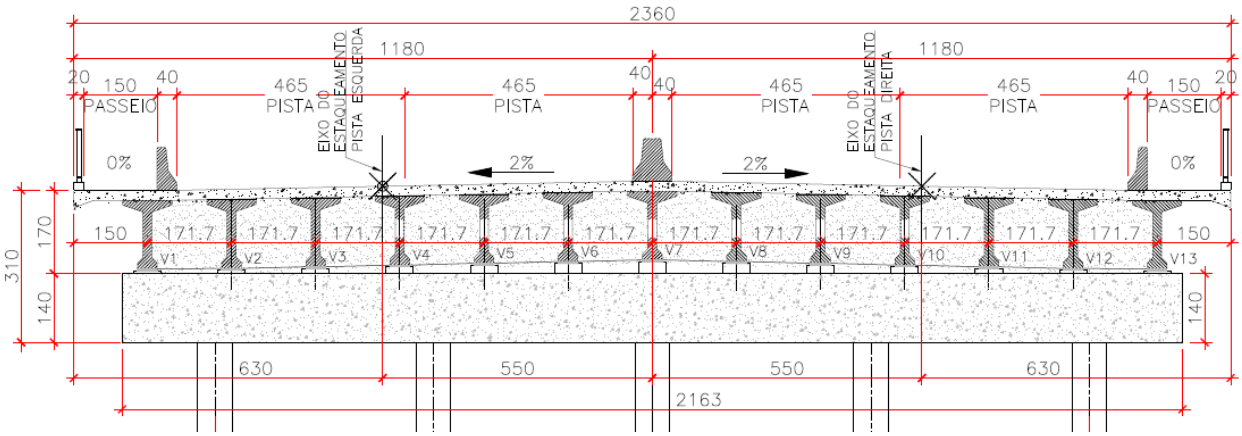
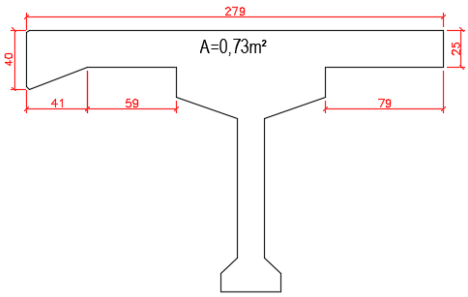


Figura 1: Seção transversal das longarinas

3.3.1.1.1 CÁLCULO DA LARGURA EQUIVALENTE DE CONTRIBUIÇÃO DA VIGA/LAJE

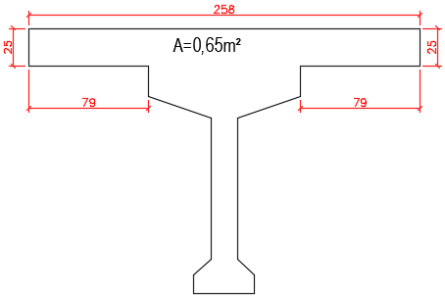
- Entre eixos de vigas = 1,717m
- Espessura média da laje = 0,25m

3.3.1.1.1.1 VIGAS EXTERNAS



L_{eq} = *0,73/0,25=2,92m* (largura da laje p/cálculo das prop. geométricas).

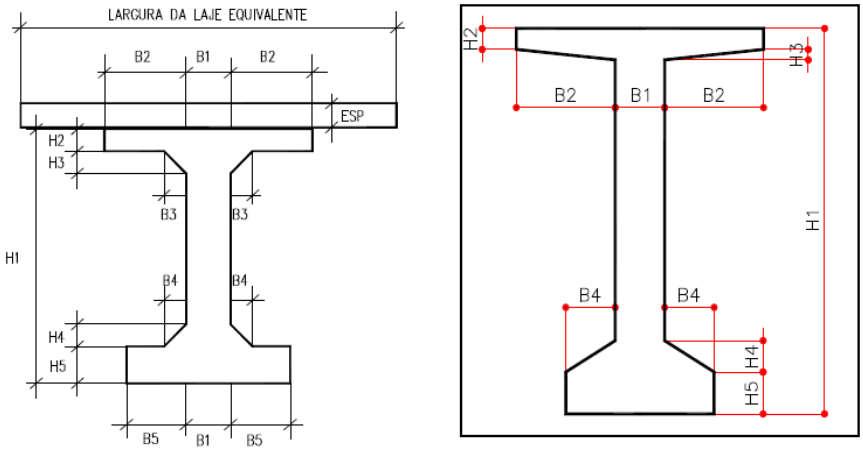
3.3.1.1.1.2 VIGAS INTERNAS



Leq = 0,65/0,25=2,60m (largura da laje p/cálculo das prop. geométricas).

3.3.1.1.2 SEÇÃO TRANSVERSAL

Legenda para a determinação das características geométricas.



3.3.1.1.3 PROPRIEDADES

3.3.1.1.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS VIGAS

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DA SEÇÃO HOMOGÊNEA

ENTRADA DE DADOS			
B1 =	0,21 m	H1 =	1,40 m
B2 =	0,40 m	H2 =	0,10 m
B3 =	0,40 m	H3 =	0,14 m
B4 =	0,10 m	H4 =	0,11 m
B5 =	0,10 m	H5 =	0,12 m

RESULTADOS	
COTA DO C.G. (CG)	1,35E+00 cm
ÁREA HOMOGENEIZADA (A)	4,62E-01 m²
MOMENTO DE INÉRCIA (I)	1,81E-01 m4
MOMENTO ESTÁTICO (S)	5,22E-02 m³
MÓDULO RESIST SUP DA VIGA (Wsup)	2,18E-01 m³
MÓDULO RESIT INFERIOR (Winf)	2,09E-01 m³

3.3.1.1.3.2 TRANSVERSINA DE APOIO E INTERMEDIÁRIA

- Seção retangular
- Altura total = 107,40 cm
- Largura da alma = 25,00 cm

3.3.1.1.4 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO MODELO DE CÁLCULO

O tabuleiro será considerado, a favor da segurança, simétrico com relação ao eixo longitudinal da obra.

O tabuleiro é constituído de:

- Treze longarinas nos vãos extemos e nove longarinas no vão central (representadas por elementos de barra);
- Elementos finitos que dividem as longarinas em 10 partes;
- Transversinas no centro e nos apoios (representadas por elementos de barra);
- Largura média do tabuleiro de cálculo (laje) é de 23,60 m.

3.3.1.1.5 PROGRAMA DE CÁLCULO

Para a determinação dos esforços solicitantes será utilizado o software de análise estrutural SAP2000. Formado por um conjunto de programas destinados a geração da geometria do modelo, composição de cargas e verificação de resultados.

As etapas de análise de um modelo são as descritas a seguir:

- Geração da geometria: determinação das propriedades mecânicas das barras e dos elementos;
- Definição das condições de contorno (rótulas, apoios simples, engastes, etc.);
- Definição dos carregamentos considerados (peso próprio, sobrecargas, cargas móveis, vento, etc.);
- Cálculo do modelo;
- Verificação dos resultados.

3.3.1.1.6 CARREGAMENTOS

3.3.1.1.6.1 CARREGAMENTO PERMANENTE

- Peso próprio da viga *(G_1) = 0,526x2,5 = 1,315 tf/m*
- New Jersey Simples *(G_2) = (0,23x2,5)/0,40 = 1,44 tf/m*
- New Jersey Duplo *(G_3) = (0,31x2,5)/0,62 = 1,25 tf/m*
- Laje *(G_4) = 0,25x2,5 = 0,625 tf/m²*
- Transversina *(G_5) = 1,074x0,25x2,5 = 0,68 tf/m*

3.3.1.1.6.2 CARREGAMENTO MÓVEL

O veículo utilizado é o Trem-Tipo 45.

- Coeficiente de impacto: *φ = 1,4-0,007x27,80 = 1,20*
- Multidão *(q): q = 0,5x1,20 = 0,60 tf/m²*
- Veículo *(Q): Q = (45/6)x1,20 = 9,00 tf/roda*

Considera-se a carga da roda distribuída até o eixo da laje.

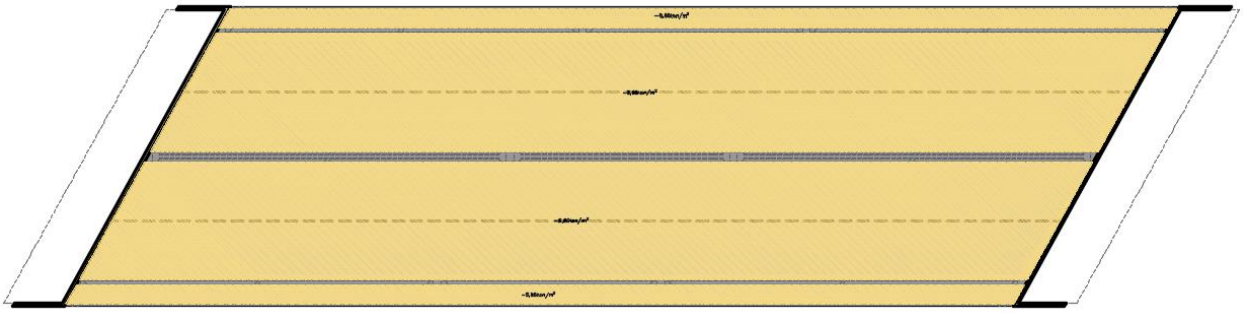
- Dimensões da roda: *20x50 cm*
- Pavimento + metade da espessura da laje = *21,00 cm*
- Área de distribuição: *20+2x21 = 62,00cm e 50+2x21 = 92,00 cm*
- Carga da roda c/impacto = *9,00/(0,62x0,92) = 15,78 tf/m²*

Considera-se a carga uniformemente distribuída na projeção do veículo de 0,60tf/m², com sinal positivo (contrário ao da multidão).

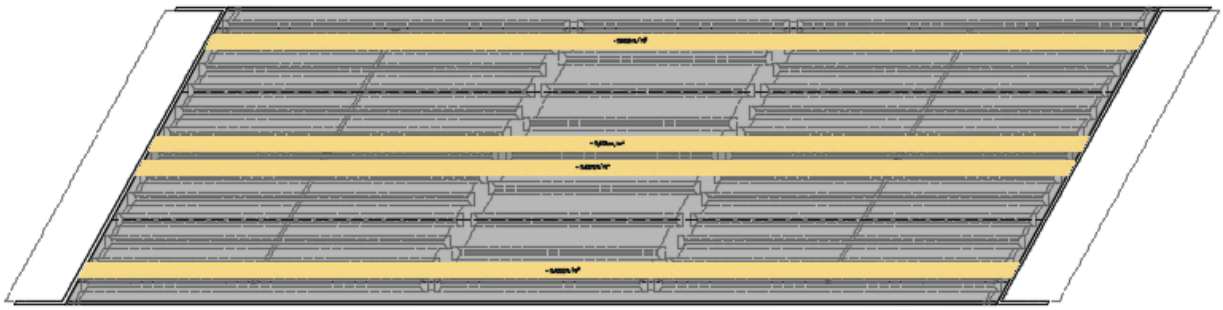
3.3.1.1.6.2.1 HIPÓTESES PARA AS CARGAS MÓVEIS

Para a carga móvel devido à multidão com impacto, considera-se as seguintes hipóteses:

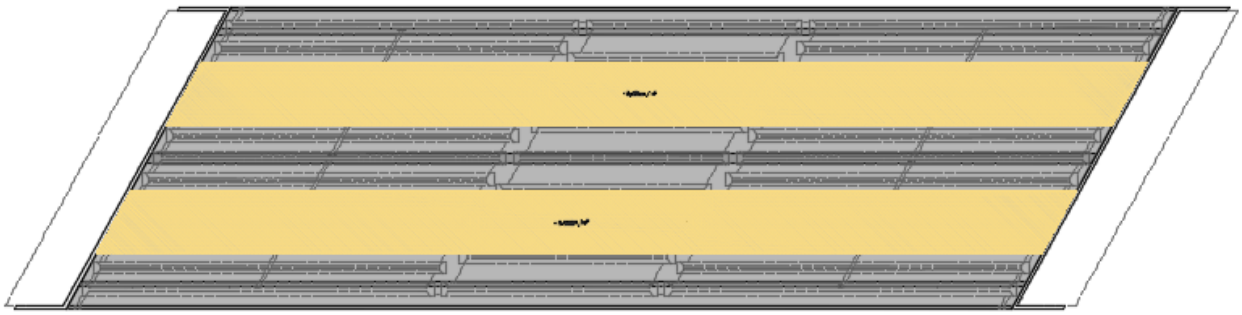
- Em todo o tabuleiro (exceto na região das barreiras);



- Nas faixas laterais do tabuleiro (2 x 25% da largura do tabuleiro);

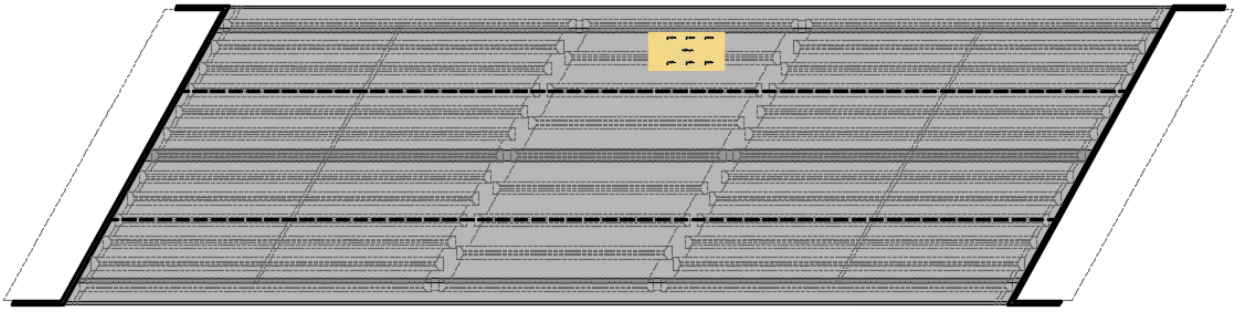


- Na faixa central do tabuleiro (50% da largura do tabuleiro);



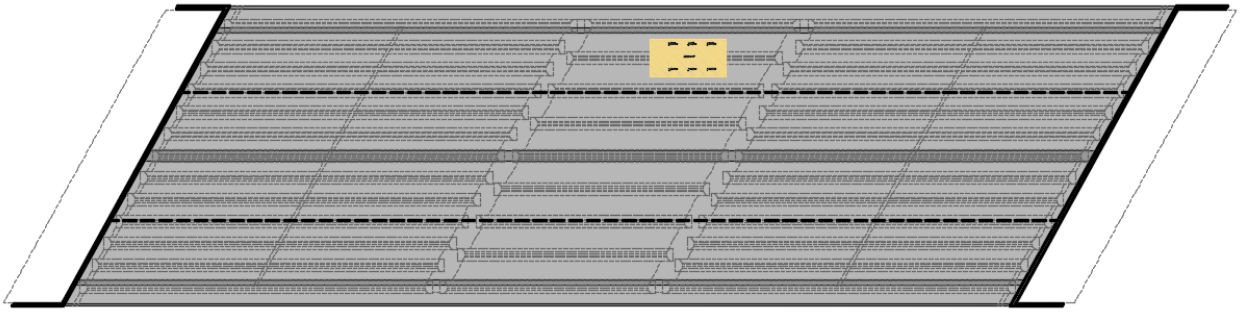
Para a carga móvel devido ao veículo considerou-se uma combinação de carregamentos com o veículo deslocando-se no tabuleiro a cada décimo do vão com as seguintes hipóteses:

- Veículo com impacto, deslocando-se na borda superior do tabuleiro junto à defensa superior;



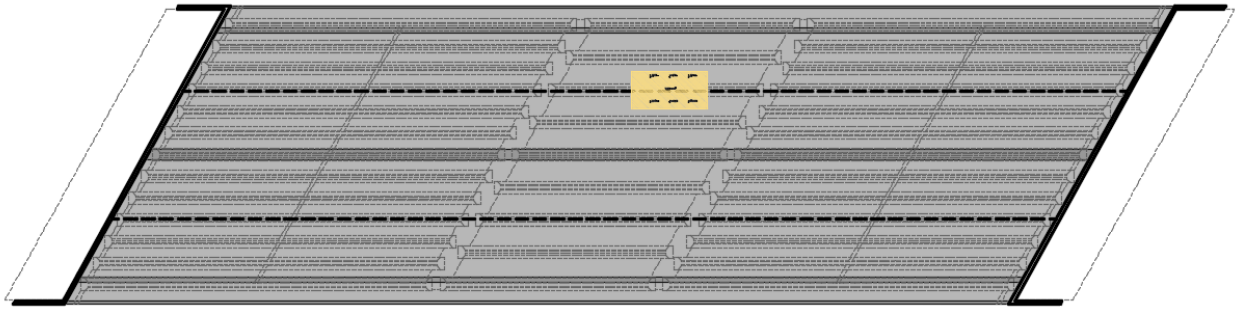
OBSERVAÇÃO: O carregamento simétrico a esse (transversalmente – próximo à borda inferior) também foi processado.

- Veículo com impacto, deslocando-se sobre a viga V2;



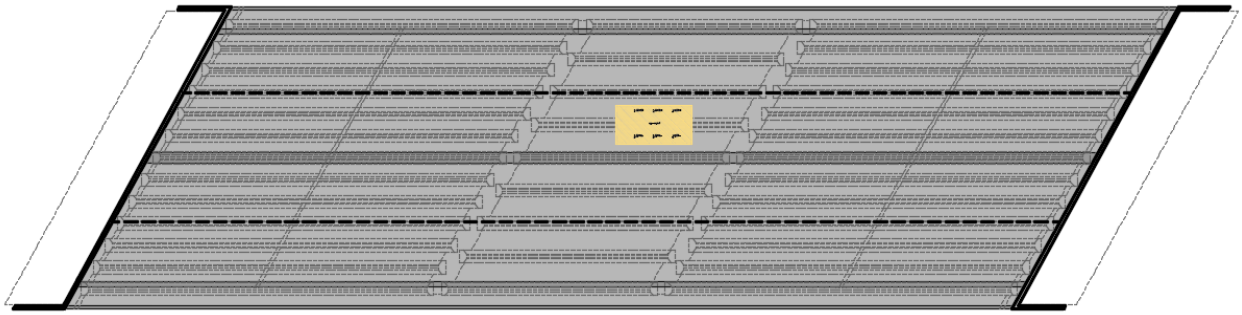
OBSERVAÇÃO: O carregamento simétrico a esse (transversalmente – sobre a viga V8) também foi processado.

- Veículo com impacto, deslocando-se sobre a viga V3;



OBSERVAÇÃO: O carregamento simétrico a esse (transversalmente – sobre a viga V7) também foi processado.

- Veículo com impacto, deslocando-se sobre a viga V4;



OBSERVAÇÃO: O carregamento simétrico a esse (transversalmente – sobre a viga V6) também foi processado.

3.3.1.1.7 ESFORÇOS SOLICITANTES

3.3.1.1.7.1 DEVIDO AOS CARREGAMENTOS PERMANENTES

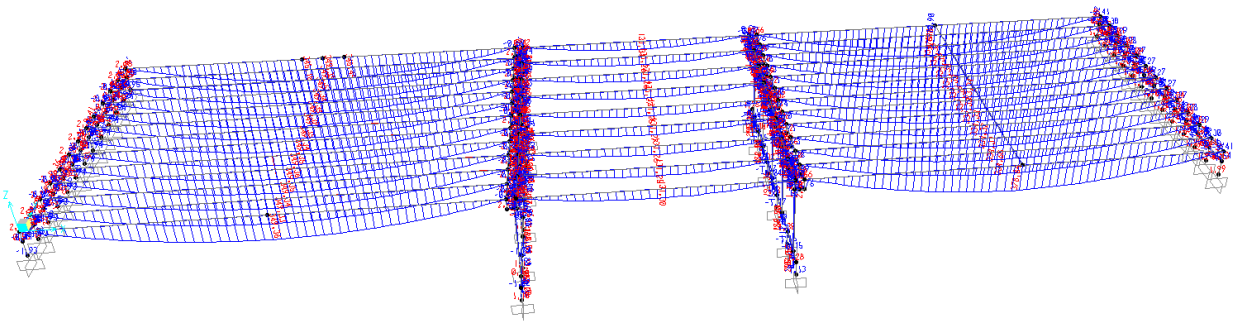


Figura 2: Gráfico extraído do SAP2000 com os esforços solicitantes - carregamentos permanentes

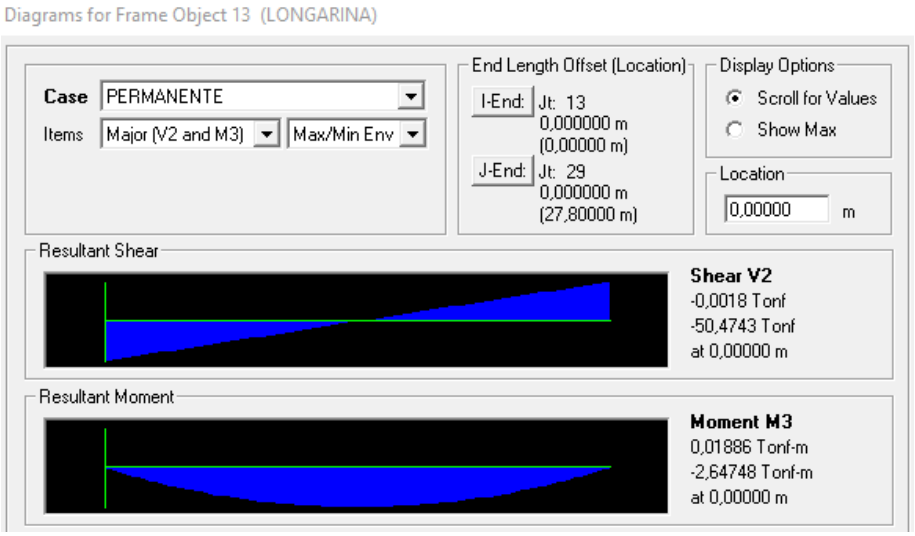


*Figura 3: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes na **SEÇÃO 1***

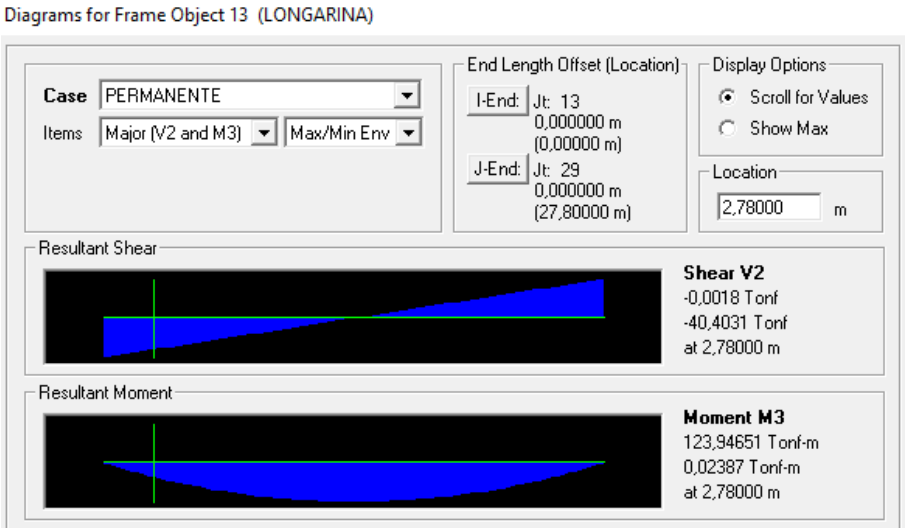


*Figura 4: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes na **SEÇÃO 2***

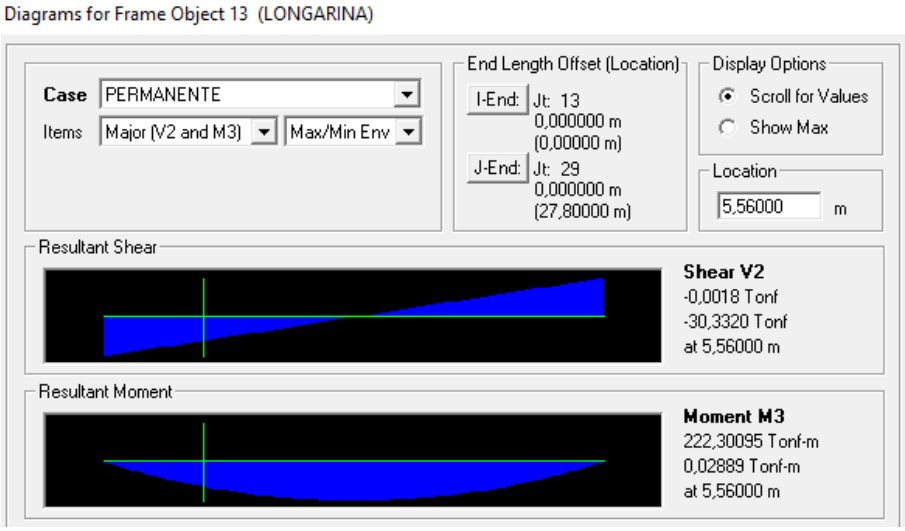


*Figura 5: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes na **SEÇÃO 3***

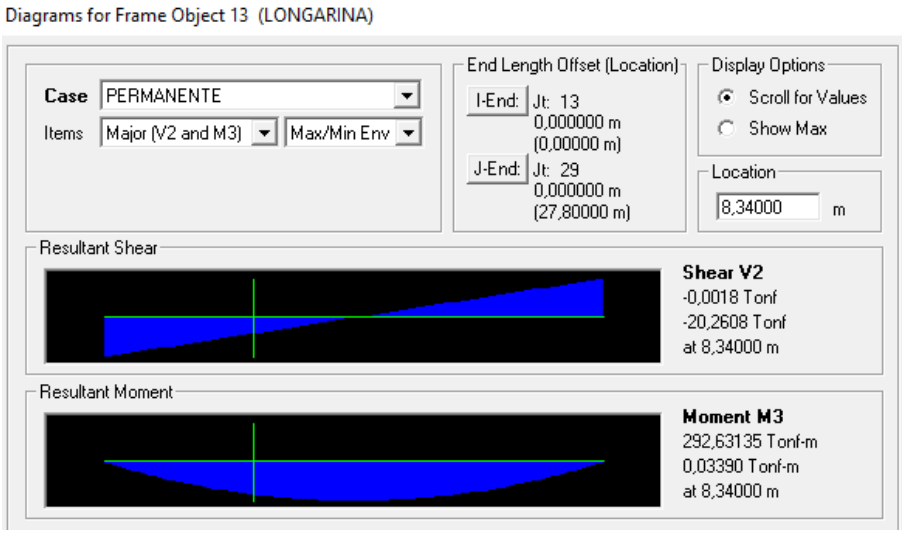


*Figura 6: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes na **SEÇÃO 4***

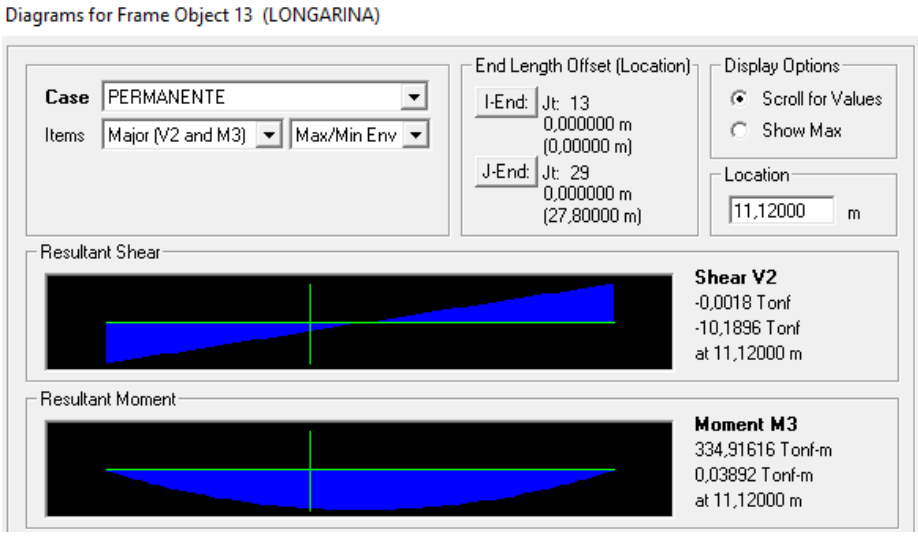


*Figura 7: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes na **SEÇÃO 5***

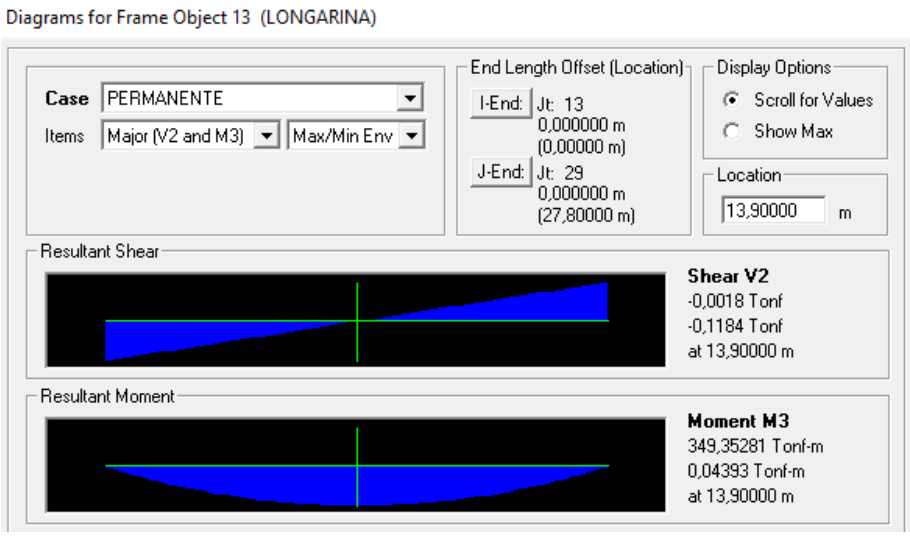


*Figura 8: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes na **SEÇÃO 6***

3.3.1.1.7.2 DEVIDO AOS CARREGAMENTOS MÓVEIS

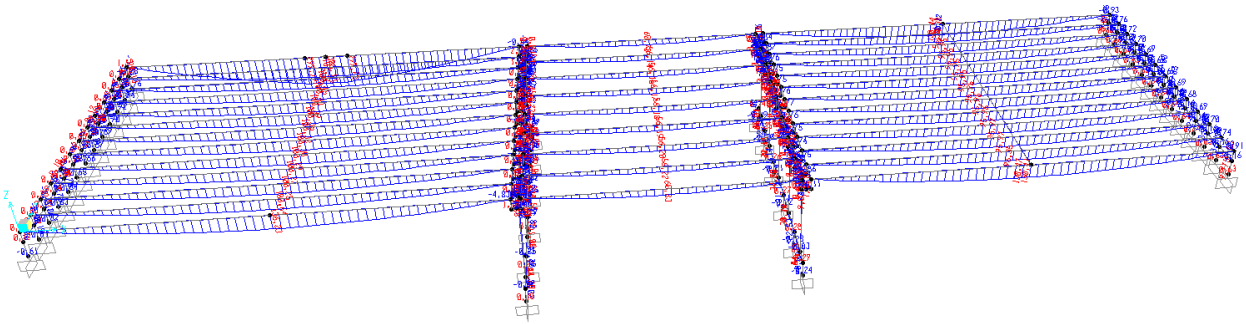


Figura 9: Gráfico extraído do SAP2000 com os esforços solicitantes - carregamentos móveis

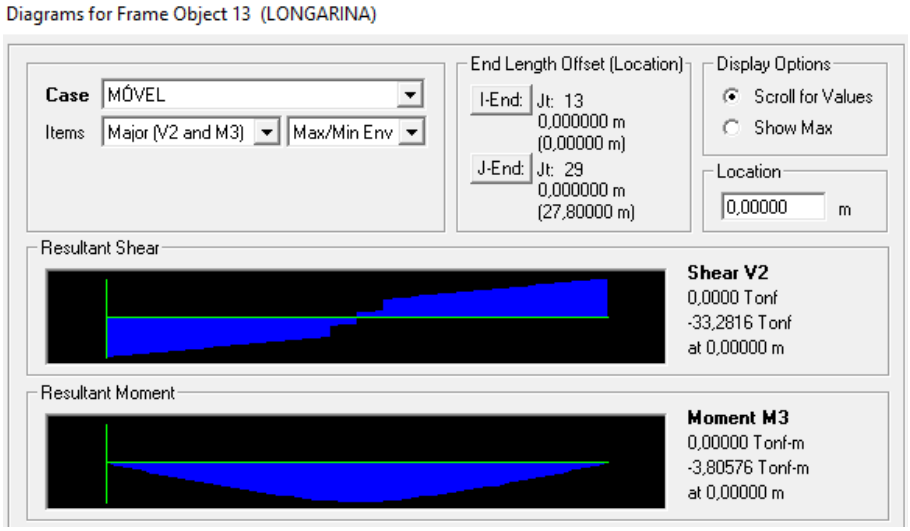


*Figura 10: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis na **SEÇÃO 1***

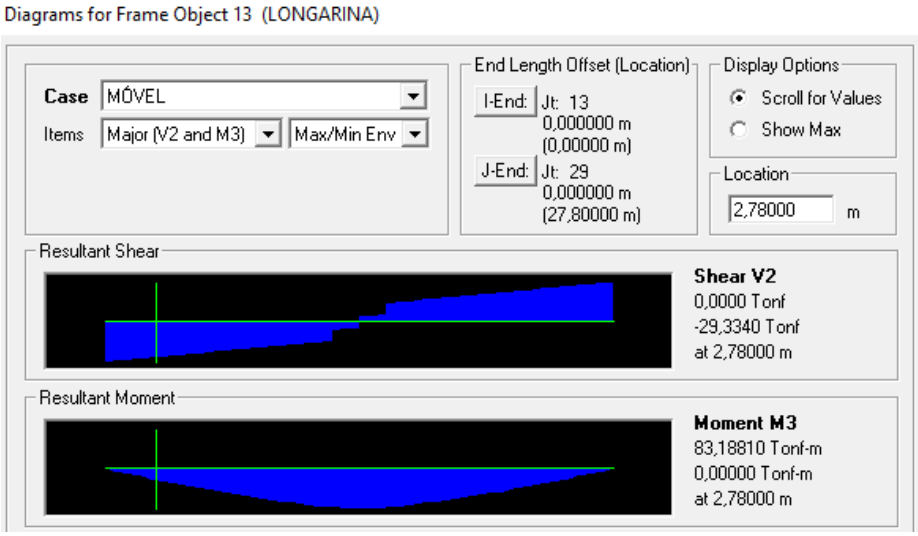


*Figura 11: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis na **SEÇÃO 2***

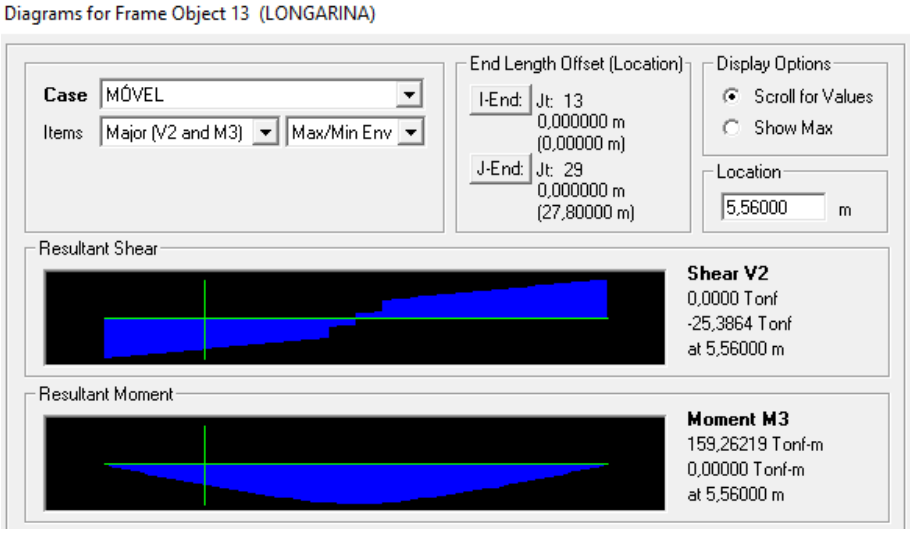


*Figura 12: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis na **SEÇÃO 3***

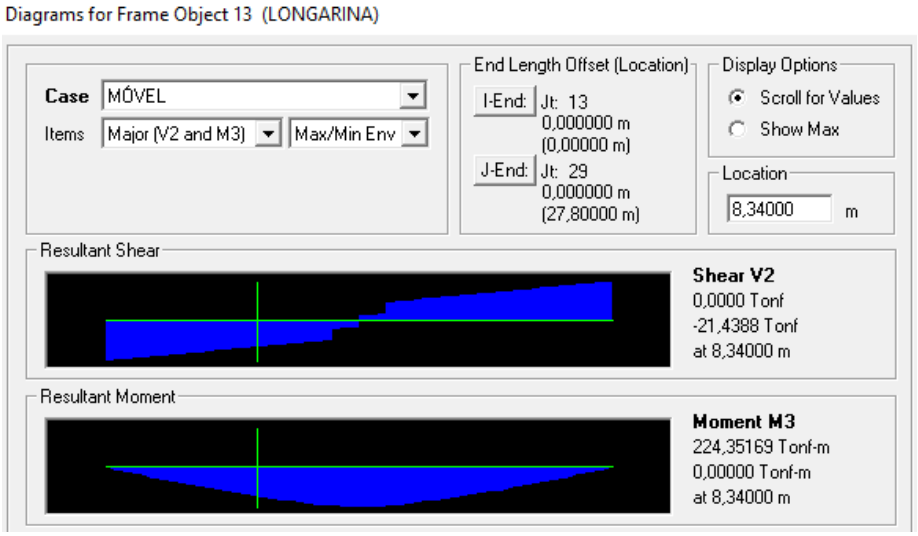


*Figura 13: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis na **SEÇÃO 4***

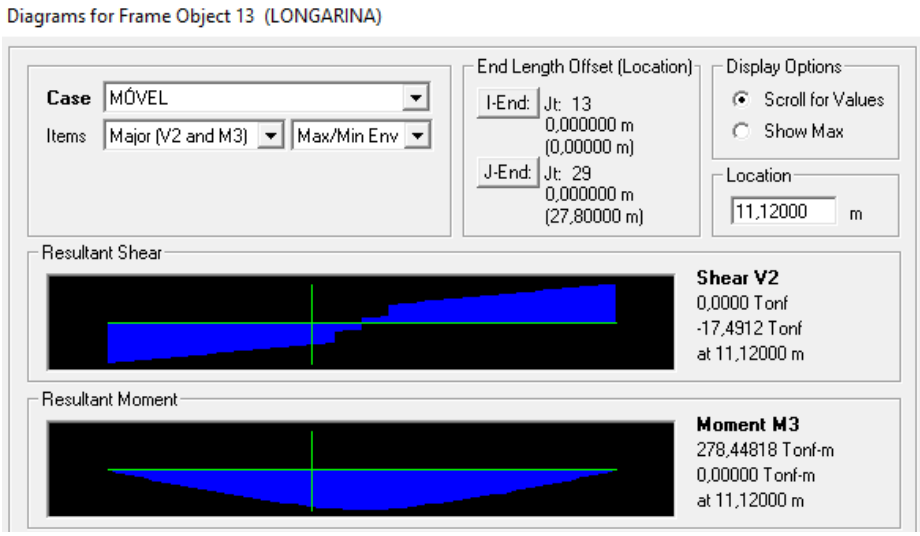


*Figura 14: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis na **SEÇÃO 5***

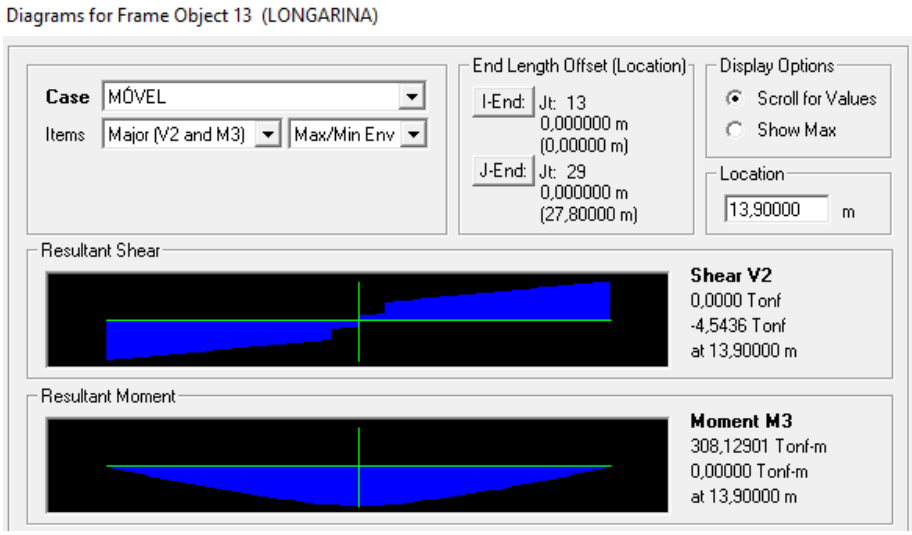


*Figura 15: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis na **SEÇÃO 6***

3.3.1.1.7.3 RESUMO DOS ESFORÇOS

SEÇÃO	MG+	MG-	MQ+	MQ-	Md+	Md-	VG+	VG-	VQ+	VQ-	VSd'+	VSd'-
1	0,02 tf.m	-2,65 tf.m	0,00 tf.m	-3,81 tf.m	0,02 tf.m	-6,45 tf.m	0,00 tf.m	-50,47 tf	0,00 tf	-33,28 tf	0,00 tf	-83,76 tf
2	123,95 tf.m	0,02 tf.m	83,19 tf.m	0,00 tf.m	207,13 tf.m	0,02 tf.m	0,00 tf	-40,40 tf	0,00 tf	-29,33 tf	0,00 tf	-69,74 tf
3	222,30 tf.m	0,03 tf.m	159,26 tf.m	0,00 tf.m	381,56 tf.m	0,03 tf.m	0,00 tf	-30,33 tf	0,00 tf	-25,39 tf	0,00 tf	-55,72 tf
4	292,63 tf.m	0,03 tf.m	224,35 tf.m	0,00 tf.m	516,98 tf.m	0,03 tf.m	0,00 tf	-20,26 tf	0,00 tf	-21,44 tf	0,00 tf	-41,70 tf
5	334,92 tf.m	0,04 tf.m	278,45 tf.m	0,00 tf.m	613,36 tf.m	0,04 tf.m	0,00 tf	-10,19 tf	0,00 tf	-17,49 tf	0,00 tf	-27,68 tf
6	349,35 tf.m	0,04 tf.m	308,13 tf.m	0,00 tf.m	657,48 tf.m	0,04 tf.m	0,00 tf	-0,12 tf	0,00 tf	-4,54 tf	0,00 tf	-4,66 tf

3.3.1.1.8 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL

O dimensionamento da armadura longitudinal foi elaborado para a seguinte seção de cálculo:

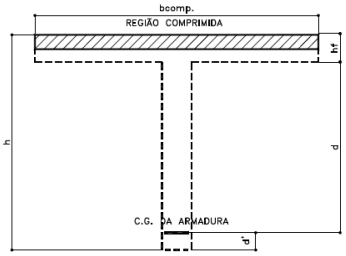


FIGURA 16: Seção típica das longarinas

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES:			
Estado Limite Último:			
γ_{fg} =	1,35	γ_{fq} =	1,50
γ_{fg} =	1,00	γ_{fp} =	0,90
Estado Limite de Utilização (Combinação Frequante das Ações):			
γ_{fg} =	1,00	Ψ_1 =	0,50
N° de Ciclos =	2,00E+06	ωmin =	0,024
Δfsd,fadiga =	85,00 MPa		

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/αs:			
γ_c =	1,40	E_s/E_c, fissuração =	7,46
γ_s =	1,15	E_s/E_c, fadiga =	4,47
F_{ck} =	35,00 MPa	F_{yk} =	500,00 MPa
α =	90,00 °	σ =	45,00 °

FISSUR. / CONDIÇÕES DO MEIO AMBIENTE - TAB 6.1:	
	Classe I - Fraca
•	Classe II e III - Moderada a forte
	Classe IV - Muito forte

ESFORÇOS SOLICITANTES À FLEXÃO:		SEÇÃO 1	SEÇÃO 2	SEÇÃO 3	SEÇÃO 4	SEÇÃO 5	SEÇÃO 6
M_{gk} =	tf.m	0,02	123,95	222,30	292,63	334,92	349,35
$M_{qk,máx}$ =	tf.m	0,00	83,19	159,26	224,35	278,45	308,13
$M_{qk,mín}$ =	tf.m	-3,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO:							
M_d =	tf.m	0,03	292,11	539,00	731,58	869,81	933,82
d =	cm	156,10	153,10	150,40	148,30	148,50	147,80
x =	cm²	0,00	3,53	6,70	9,31	11,12	12,04
DOMÍNIO		III	III	III	III	III	III
A_s =	cm²	0,00	44,39	84,30	117,14	139,96	151,49
$A_{s'nec.}$ =	cm²	16,88	16,88	16,88	16,88	16,88	16,88

ARMADURA INFERIOR ADOTADA:							
As =	cm²	70,86	77,65	77,65	77,65	77,65	77,65
		6φ16,0+20CP190 RBφ15,2	6φ20,0+20CP190 RBφ15,2	6φ20,0+20CP190 RBφ15,2	6φ20,0+20CP190 RBφ15,2	6φ20,0+20CP190 RBφ15,2	6φ20,0+20CP190 RBφ15,2
A_{sw} =	cm²/m	23,32	23,32	23,32	14,92	14,92	14,92
		19φ12,5c/15	19φ12,5c/15	19φ12,5c/15	19φ10,0c/20	19φ10,0c/20	19φ10,0c/20

ARMADURA SUPERIOR ADOTADA:							
As' =	cm²	16,08	16,08	16,08	16,08	16,08	16,08
		8φ16,0	8φ16,0	8φ16,0	8φ16,0	8φ16,0	8φ16,0
d' =	cm	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

CONTROLE DA FISSURAÇÃO À FLEXÃO:							
$\sigma_{smáx}$	kgf/cm²	0,21	1653,13	3061,24	4150,65	4838,01	5147,47
A_{cri} =	cm²	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00	375,00
ρ_{ri} =		18,90%	20,71%	20,71%	20,71%	20,71%	20,71%
w_1 =	mm	0,00	0,05	0,30	0,55	0,74	0,84
w_2 =	mm	0,00	0,02	0,07	0,09	0,11	0,11
ELS-W wk≤0,4mm	mm	0,00	0,02	0,07	0,09	0,11	0,11
		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

VERIFICAÇÃO DA FADIGA À FLEXÃO:							
Mdmáx,tensões =	tf.m	0,02	165,54	301,93	404,81	474,14	503,42
Mdmin,tensões =	tf.m	-1,88	123,95	222,30	292,63	334,92	349,35
$\sigma_{smáx}$ =	kgf/cm²	0,21	1740,60	3231,71	4394,18	5139,86	5483,08
σ_{smin} =	kgf/cm²	-21,29	1303,26	2379,38	3176,51	3630,62	3805,05
$\Delta\sigma_s$ =	kgf/cm²	21,50	437,35	852,33	1217,67	1509,24	1678,03
$\Delta\sigma_{sadmissível}$ =	kgf/cm²	1750,00	1750,00	1750,00	1750,00	1750,00	1750,00
		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

Tabela 1: Planilha do autor para dimensionamento à flexão das longarinas

3.3.1.1.9 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA TRANSVERSAL

Segundo o item 17.4.2.1 da NBR-6118/2014, devem ser satisfeitas as seguintes desigualdades:

$V_{Sd} < V_{Rd2}$;

$V_{Sd} < V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$ onde:

V_{Rd2}=0,27α_v x fcd x b_w x d, com α_v = (1 – fck / 250) em MPa

V_{sw} = ($A_{sw/s}$).0,9.d.f_{ywd}. (senα + cosα)

V_c = V_{co} na flexão simples e na flexo-tração, com a linha neutra cortando a seção

V_{co} = 0,6.fctd.b_w.d

fctd = $fctk,_{inf}$ / γ_c

$fctk,_{inf}$ = 0,21.fck 2/3

fyw_d = tensão na armadura transversal passiva, limitada ao valor fyd no caso de estribos (≤ 435 MPa)

d = altura total menos a distância da base ao CG da armadura longitudinal

ESFORÇOS SOLICITANTES AO CISALHAMENTO:		SEÇÃO 1	SEÇÃO 2	SEÇÃO 3	SEÇÃO 4	SEÇÃO 5	SEÇÃO 6
V_{gk} =	tf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$V_{qk,máx}$ =	tf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$V_{qk,mín}$ =	tf	-33,28	-29,33	-25,39	-21,44	-17,49	-4,54

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo I)*:							
V_{sd} =	tf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V_{rd2} =	tf	195,05	195,05	195,05	195,05	195,05	195,05
Vsd/Vrd2 =		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:							
f_{ctm} =	MPa	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
f_{ctd} =	MPa	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
V_c =V_{co} =	tf	31,57	30,96	30,42	29,99	30,03	29,89
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
V_{sw} =	tf	-31,57	-30,96	-30,42	-29,99	-30,03	-29,89
A_{sw} =	cm²/m	-2,25	-2,25	-2,25	-2,25	-2,25	-2,25

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo II)*:							
V_{sd} =	tf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V_{rd2} =	tf	32,81	32,81	32,81	32,81	32,81	32,81
Vsd/Vrd2 =		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:							
f_{ctm} =	MPa	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
f_{ctd} =	MPa	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
V_c =V_{co} =	tf	31,57	30,96	30,42	29,99	30,03	29,89
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
V_{sw} =	tf	-31,57	-30,96	-30,42	-29,99	-30,03	-29,89
A_{sw} =	cm²/m	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22

Tabela 2: Planilha do autor para dimensionamento ao cisalhamento das longarinas

3.3.1.1.10 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA

De acordo com a NBR6118, a verificação do Estado Limite Último de Fadiga consiste na limitação na variação de tensões da armadura dimensionada. No caso de estribos, a norma estabelece um valor limite igual a 850 kgf/cm² para qualquer diâmetro. O cálculo das tensões na armadura é realizado para a combinação freqüente das ações com *ψ1* igual a 0,5.

VERIFICAÇÃO DA FADIGA AO CISALHAMENTO:							
Vdmáx =	tf.m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vdmin =	tf.m	-16,64	-14,67	-12,70	-10,72	-8,75	-2,27
$\sigma_{smáx}$ =	MPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
σ_{smin} =	MPa	-0,57	-0,51	-0,45	-0,61	-0,49	-0,13
$\Delta\sigma_s$ =	MPa	0,57	0,51	0,45	0,61	0,49	0,13
$\Delta\sigma_{sadmissível}$ =	MPa	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00
		OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

Tabela 3: Planilha do autor para verificação quanto à fadiga das longarinas

3.3.1.2 DIMENSIONAMENTO DO NEW-JERSEY

Conforme manual de Obras de Arte Especiais deve ser previsto uma força horizontal

concentrada de intensidade P = 6tf aplicada em sua aresta superior, ou seja, a 0,80m da base:

- Barreira de proteção tipo New Jersey Simples

M_b = 6,00x0,80 = 4,80 tf.m/m

M_d = 1,40x4,80 = 6,72 tf.m/m

$h_{base,defensa}$= 0,40 m

d = 40,00-3,00 = 37,00 cm

kmd = 6,72/(1,0x0,37²x2500/1,40) = 0,027

*A_s = 6,72/(4,348*0,982*0,37) = 4,26 cm²/m*

Será adotado estribo 8,0mm e ferro longitudinal de 6,3mm.

- Barreira de proteção tipo New Jersey Duplo

M_b = 6,00x0,80 = 4,80 tf.m/m

M_d = 1,40x4,80 = 6,72 tf.m/m

$h_{base,\ defensa}$= 0,62 m

d = 62,00-3,00 = 59,00 cm

kmd = 6,72/(1,0x0,59²x2500/1,40) = 0,011

*A_s = 6,72/(4,348*0,9941*0,37) = 4,20 cm²/m*

Será adotado estribo 8,0mm e ferro longitudinal de 6,3mm.

3.3.1.3 DIMENSIONAMENTO DAS TRANSVERSINAS

3.3.1.3.1 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- Seção Retangular
- Altura total = 107,40 cm
- Largura da alma = 25 cm

Durante o macaqueamento na eventual necessidade de substituição dos aparelhos de apoio, os macacos serão posicionados embaixo de cada viga de modo a permitir o levantamento do tabuleiro.

3.3.1.3.2 DIMENSIONAMENTO

3.3.1.3.2.1 PROTENSÃO DA TRANVERSINA

A protensão transversal tem como objetivo promover a ligação entre as vigas principais. A seguir tem-se os valores das tensões na transversina na devido a protensão.

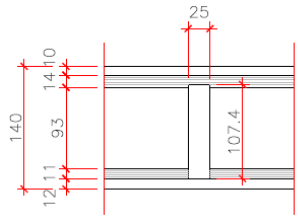


Figura 17: Seção típica das transversinas

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DA SEÇÃO HOMOGÊNEA

ENTRADA DE DADOS			
B1 =	0,25 m	H1 =	1,07 m

RESULTADOS	
COTA DO C.G. (CG)	5,37E+01 cm
ÁREA HOMOGENEIZADA (A)	2,69E-01 m²
MOMENTO DE INÉRCIA (I)	2,58E-02 m4
MOMENTO ESTÁTICO (S)	3,60E-02 m³
MÓDULO RESIST SUP DA VIGA (Wsup)	4,81E-02 m³
MÓDULO RESIT INFERIOR (Winf)	1,12E-02 m³

Na transversina extrema, obtemos a seguinte envoltória para todos os carregamentos permanentes e carregamentos móveis:

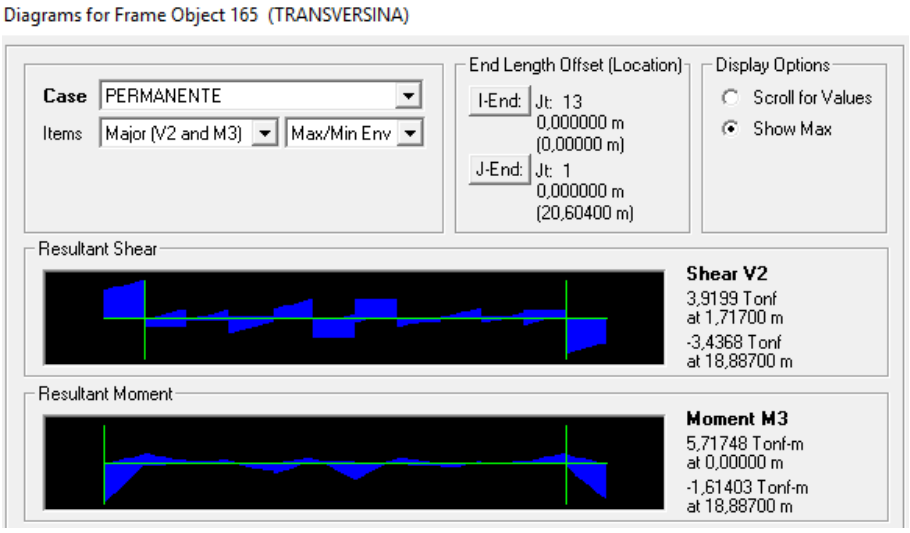


Figura 18: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes

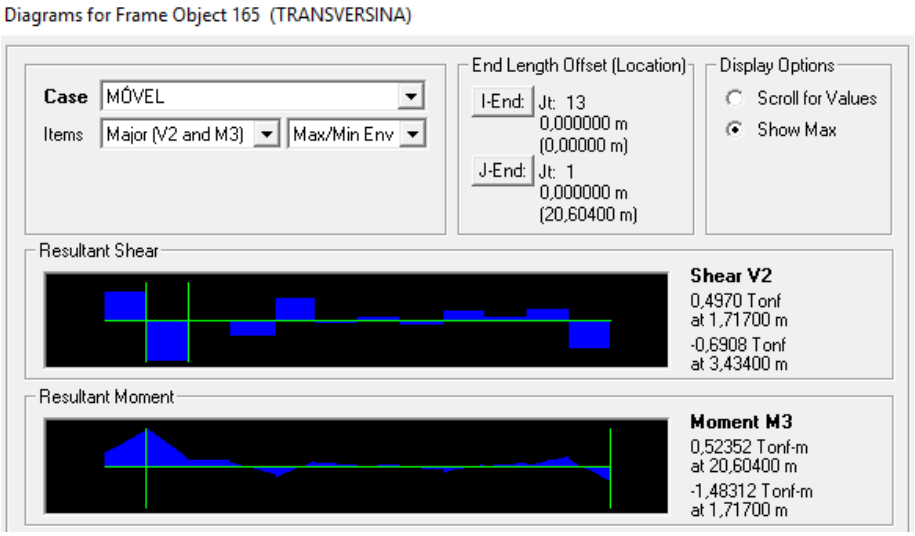


Figura 19: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis

$M_{sd,pos}$ = 5,71748 + 0,52352 = 6,241 tf.m

$M_{sd,neg}$ = - 1,61403 – 1,48312 = - 3,09715 tf.m

3.3.1.3.2.2 ARMADURA LONGITUDINAL

Será adotada armadura longitudinal positiva igual a armadura longitudinal negativa.

ESFORÇOS SOLICITANTES À FLEXÃO:		
M_{gk} =	tf.m	5,72
$M_{qk,\,máx}$ =	tf.m	0,52
$M_{qk,\,mín}$ =	tf.m	-1,48

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO:		
M_d =	tf.m	8,50
d =	cm	103,50
x =	cm²	1,56
DOMÍNIO		III
A_s =	cm²	1,90
$A_{s'nec.}$ =	cm²	4,15

ARMADURA INFERIOR ADOTADA:		
As =	cm²	9,82
		8φ12,5
A_{sw} =	cm²/m	12,27
		10φ12,5

ARMADURA SUPERIOR ADOTADA:		
As' =	cm²	9,82
		8φ12,5
d' =	cm	3,00

CONTROLE DA FISSURAÇÃO À FLEXÃO:		
$\sigma_{smáx}$	kgf/cm²	729,11
Acri =	cm²	375,00
ρ_{ri} =		2,62%
w_1 =	mm	0,01
w_2 =	mm	0,03
ELS-W wk≤0,4mm	mm	0,01
		OK!

VERIFICAÇÃO DA FADIGA À FLEXÃO:		
Mdmáx,tensões =	tf.m	5,98
Mdmin,tensões =	tf.m	4,98
$\sigma_{smáx}$ =	kgf/cm²	735,55
σ_{smin} =	kgf/cm²	612,12
$\Delta\sigma_s$ =	kgf/cm²	123,43
$\Delta\sigma_{sadmissível}$ =	kgf/cm²	1750,00
		OK!

Tabela 4: Planilha do autor para dimensionamento das transversinas

3.3.1.3.2.3 ARMADURA TRANSVERSAL

ESFORÇOS SOLICITANTES AO CISALHAMENTO:		
V_{gk} =	tf	3,92
$V_{qk,\,máx}$ =	tf	0,50
$V_{qk,\,mín}$ =	tf	-0,69

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo I)*:		
V_{sd} =	tf	6,04
V_{rd2} =	tf	174,57
Vsd/Vrd2 =		0,03
		OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:		
f_{ctm} =	MPa	3,21
f_{ctd} =	MPa	1,60
$V_c = V_{co}$ =	tf	27,91
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	3,60
V_{sw} =	tf	-21,87
A_{sw} =	cm²/m	-2,35

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo II)* :		
V_{sd} =	tf	3,17
V_{rd2} =	tf	29,37
Vsd/Vrd2 =		0,11
		OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:		
f_{ctm} =	MPa	3,21
f_{ctd} =	MPa	1,60
$V_c = V_{co}$ =	tf	27,91
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	0,51
V_{sw} =	tf	-24,74
A_{sw} =	cm²/m	-0,26
VERIFICAÇÃO DA FADIGA AO CISALHAMENTO:		
Vdmáx =	tf.m	4,17
Vdmin =	tf.m	3,57
$\sigma_{smáx}$ =	MPa	0,41
σ_{smin} =	MPa	0,35
$\Delta\sigma_s$ =	MPa	0,06
$\Delta\sigma_{sadmissível}$ =	MPa	85,00
		OK!

Tabela 5: Planilha do autor para dimensionamento das transversinas

3.3.1.3.2.4 VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES

$\sigma_{max.c} \leq 0,70 \times 35 = 24,50$ MPa = 2450 tf/m²

$\sigma_s = M / W_s = 6,241 / 0,0481 = 129,751$ tf/m²

$\sigma_i = M / W_i = -3,09715 / 0,0481 = -64,390$ tf/m²

σ_i e $\sigma_s \leq \sigma_{max.c}$, todas as tensões estão dentro dos limites.

3.3.1.4 DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE APROXIMAÇÃO

3.3.1.4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$l_x = 4,00$m

$l_y = 23,05$m

$l_y/l_x = 5,7625$

$\varphi = 1,4 - 0,007 \times 23,05 = 1,24$

$a = 2,00$ m

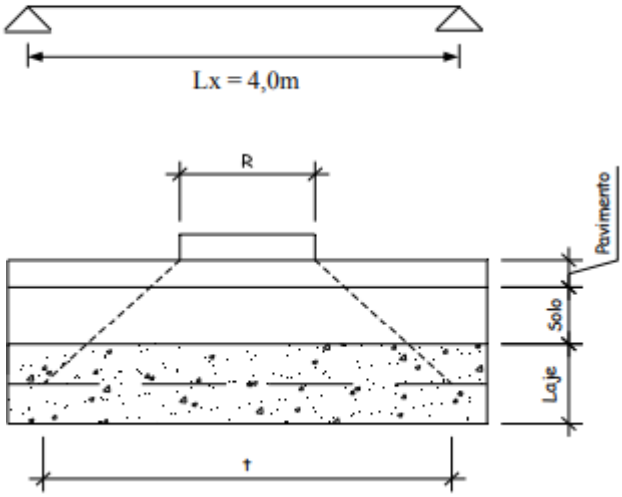
$l_x/a = 2,00$

Dimensões da roda: 20x50cm

Dimensão equivalente (R): 0,316m

$t = 1,356$ m

$t/a = 0,68$



3.3.1.4.2 CARREGAMENTOS

Laje = 0,30*2,50 = 0,75 tf/m²

Solo = 0,30*1,80 = 0,54 tf/m²

Multidão (q): q = 0,5 tf/m²

Veículo (Q): Q = (45/6) = 7,50 tf

3.3.1.4.3 ESFORÇOS SOLICITANTES

ESFORÇO	CARGA PER.	CARGA MÓVEL			ESFORÇOS	
	k	kl	kp	kp'	Mper	Mmóvel
Mxm	0,125	0,416	1,000	0,000	3,060	4,706
Mym	0,021	0,193	0,190	0,000	0,514	2,005
Mxr	0,125	0,500	0,500	0,000	3,060	5,200

$M = \varphi^*[P^*k_l + p^*(k_p + k_p)]$ – *móvel*

$M = G^*k^* l_x^2$ - *permanente*

3.3.1.4.4 DIMENSIONAMENTO

Será adotada armadura longitudinal positiva igual a armadura longitudinal negativa.

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/αs:			
γ_c =	1,40	E_s/E_c, fissuração =	8,82
γ_s =	1,15	E_s/E_c, fadiga =	5,29
F_{ck} =	25,00 MPa	F_{yk} =	500,00 MPa

ESFORÇOS SOLICITANTES À FLEXÃO:		Mxm	Mym
M_{gk} =	tf.m	3,06	0,51
$M_{qk, máx}$ =	tf.m	4,71	2,01

PROPRIEDADES DA SEÇÃO:			
b_w =	cm	100,00	100,00
h =	cm	30,00	30,00

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO:			
M_d =	tf.m	11,19	3,70
d =	cm	26,10	23,10
x =	cm²	3,00	1,03
DOMÍNIO		III	III
A_s =	cm²	10,46	3,77
$A_{s'nec.}$ =	cm²	2,96	3,07

ARMADURA INFERIOR ADOTADA:			
φ =	mm	12,50	12,50
barras por camada =		4,00	4,00
As =	cm²	14,07	14,07
		7φ16,0	7φ16,0
A_{sw} =	cm²/m	5,50	5,50
		7φ10,0c/15	7φ10,0c/15

ARMADURA SUPERIOR ADOTADA:			
As' =	cm²	14,07	14,07
		7φ16,0	7φ16,0
d' =	cm	3,00	3,00

CONTROLE DA FISSURAÇÃO À FLEXÃO:			
σ smáx	kgf/cm²	1681,84	505,98
Acri =	cm²	375,00	375,00
ρ ri =		3,75%	3,75%
w 1 =	mm	0,07	0,01
w 2 =	mm	0,05	0,02
ELS-W wk≤0,4mm	mm	0,05	0,01
		OK!	OK!

Tabela 6: Planilha do autor para dimensionamento das lajes de aproximação

3.3.1.4.5 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA

De acordo com a NBR6118, a verificação do Estado Limite Último de Fadiga consiste na limitação na variação de tensões da armadura dimensionada. No caso de estribos, a norma estabelece um valor limite igual a 850 kgf/cm² para qualquer diâmetro. O cálculo das tensões na armadura é realizado para a combinação freqüente das ações com *ψ1* igual a 0,5.

VERIFICAÇÃO DA FADIGA À FLEXÃO:			
Mdmáx,tensões =	tf.m	5,41	1,52
Mdmin,tensões =	tf.m	0,70	0,51
σ smáx =	kgf/cm²	1841,98	583,06
σ smin =	kgf/cm²	237,93	197,62
Δσ s =	kgf/cm²	1604,05	385,44
Δσ sadmissível =	kgf/cm²	1750,00	1750,00
		OK!	OK!

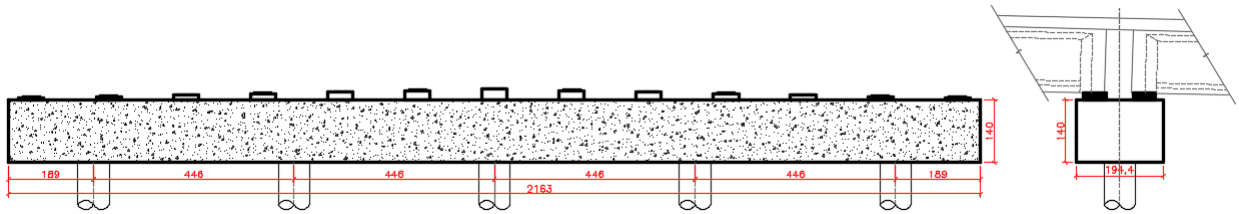
Tabela 7: Planilha do autor para verificação das lajes de aproximação

3.3.2 MEMORIAL DE CÁLCULO DA MESOESTRUTURA

- Comprimento das travessas = 21,63 m
- Comprimento do pilar = 6,10 m
- Travessas dos apoios = 1,944 x 1,40 m
- Ponte Classe 45 / ITEM 3.5 DA NBR 7188/84

3.3.2.1 DIMENSIONAMENTO DAS TRAVESSAS

3.3.2.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS



(a) *(b)*

Figura 20: (a) Perfil longitudinal e (b) perfil transversal das travessas e dos pilares

3.3.2.1.2 CARREGAMENTOS

3.3.2.1.2.1 PESO PRÓPRIO

$g_{travessa}$ = *2,72 x 2,50 = 6,80 tf/m*

$g_{lajeaproximação}$ = *2,0 x 0,30 x 2,50 = 1,50 tf/m*

3.3.2.1.2.2 SOLICITAÇÕES HORIZONTAIS

3.3.2.1.2.2.1 ACELERAÇÃO E FRENAGEM

Conforme a NBR 7187:2003, a força de frenagem será o maior dos seguintes valores:

- 5% do peso do tabuleiro com as cargas móveis distribuídas
- 30% do peso do veículo tipo

$F_{a/f}$ = *0,05 x 0,5 x 23,60 x 74,60 = 44,02 tf*

$F_{a/f}$ = *0,3 x 4,50 = 13,5 tf*

3.3.2.1.2.2.2 RETRAÇÃO E TEMPERATURA

Δt = *30°C*

3.3.2.1.2.2.3 VENTO

Velocidade Básica = 35m/s

Fator Topográfico (terreno plano) = 1,0.

Fator de rugosidade = 0,90

Fator estatístico = 1,10

V_k = *35 x 1,00 x 0,90 x 1,10 = 34,65 m/s*

$Q = 1,60 \times V_k^2/11 = 174,636\ kg/m^2$

F_v = *0,175 x 14,20 = 2,49 tf/m*

3.3.2.1.3 ESFORÇOS SOLICITANTES

3.3.2.1.3.1 ESFORÇOS DEVIDO A CARGA VERTICAL

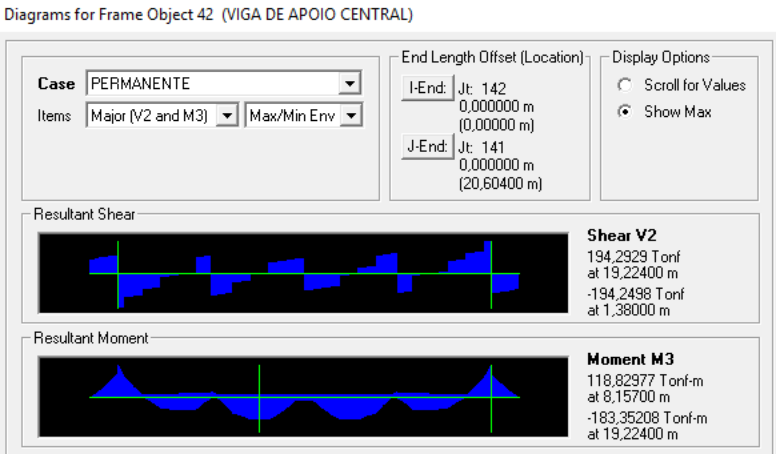


Figura 21: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos permanentes

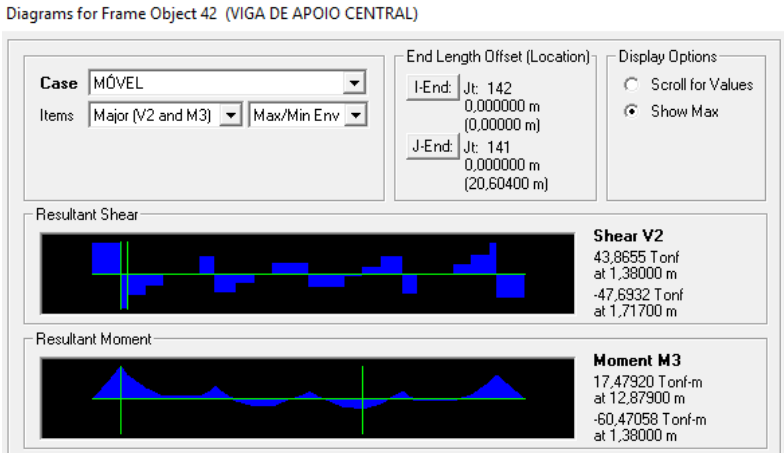


Figura 22: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços - carregamentos móveis

3.3.2.1.4 ARMADURA LONGITUDINAL

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/αs:			
γ_c =	1,40	$E_s/E_{c,fissuração}$ =	8,05
γ_s =	1,15	$E_s/E_{c,fadiga}$ =	4,83
F_{ck} =	30,00 MPa	F_{yk} =	500,00 MPa
α =	90,00 °	σ =	45,00 °

ESFORÇOS SOLICITANTES À FLEXÃO:		
M_{gk} =	tf.m	118,83
$M_{qk,máx}$ =	tf.m	194,29
$M_{qk,mín}$ =	tf.m	-194,25

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO:		
M_d =	tf.m	451,86
d =	cm	136,10
x =	cm²	9,72
DOMÍNIO		III
A_s =	cm²	79,19
$A_{s'nec.}$ =	cm²	32,19

ARMADURA INFERIOR ADOTADA:		
A_s =	cm²	50,27
		16φ20,0
A_{sw} =	cm²/m	8,59
		7φ12,5

ARMADURA SUPERIOR ADOTADA:		
A_s' =	cm²	94,25
		30φ20,0
d' =	cm	3,00

CONTROLE DA FISSURAÇÃO À FLEXÃO:		
$\sigma_{smáx}$	kgf/cm²	3591,26
A_{cri} =	cm²	375,00
ρ_{ri} =		13,40%
w_1 =	mm	0,28
w_2 =	mm	0,06
ELS-W wk≤0,4mm	mm	0,06
		OK!

VERIFICAÇÃO DA FADIGA À FLEXÃO:		
Mdmáx,tensões =	tf.m	215,98
Mdmin,tensões =	tf.m	21,70
$\sigma_{smáx}$ =	kgf/cm²	2104,68
σ_{smin} =	kgf/cm²	396,59
$\Delta\sigma_s$ =	kgf/cm²	1708,09
$\Delta\sigma_{sadmissível}$ =	kgf/cm²	1750,00
		OK!

Tabela 8: Planilha do autor para dimensionamento dos esforços longitudinais das travessas

3.3.2.1.5 ARMADURA TRANSVERSAL

Segundo o item 17.4.2.1 da NBR-6118/2014, devem ser satisfeitas as seguintes desigualdades:

$V_{Sd} < V_{Rd2}$;

$V_{Sd} < V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$ onde:

$V_{Rd2}=0,27\alpha_v \times f_{cd} \times b_w \times d$, com $\alpha_v = (1 - f_{ck} / 250)$ em MPa

$V_{sw} = (A_{sw/s}).0,9.d.f_{ywd}.\ (sen\alpha + cos\alpha)$

$V_c = V_{co}$ na flexão simples e na flexo-tração, com a linha neutra cortando a seção

$V_{co} = 0,6.f_{ctd}.b_w.d$

$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c$

$f_{ctk,inf} = 0,21.f_{ck}\ 2/3$

f_{ywd} = tensão na armadura transversal passiva, limitada ao valor fyd no caso de estribos (≤ 435 MPa)

d = altura total menos a distância da base ao CG da armadura longitudinal

ESFORÇOS SOLICITANTES AO CISALHAMENTO:		
V_{gk} =	tf	17,48
$V_{qk,\ máx}$ =	tf	43,87
$V_{qk,\ mín}$ =	tf	-47,69

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo I)* :		
V_{sd} =	tf	89,40
V_{rd2} =	tf	1385,68
Vsd/Vrd2 =		0,06
		OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:		
f_{ctm} =	MPa	2,90
f_{ctd} =	MPa	1,45
$V_c = V_{co}$ =	tf	229,90
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	24,96
V_{sw} =	tf	-140,51
A_{sw} =	cm²/m	-11,47

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo II)* :		
V_{sd} =	tf	46,96
V_{rd2} =	tf	233,10
Vsd/Vrd2 =		0,20
		OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:		
f_{ctm} =	MPa	2,90
f_{ctd} =	MPa	1,45
$V_c = V_{co}$ =	tf	229,90
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	0,51
V_{sw} =	tf	-182,94
A_{sw} =	cm²/m	-1,48

Tabela 9: Planilha do autor para dimensionamento dos esforços transversais das travessas

3.3.2.1.6 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA

De acordo com a NBR6118, a verificação do Estado Limite Último de Fadiga consiste na limitação na variação de tensões da armadura dimensionada. No caso de estribos, a norma estabelece um valor limite igual a 850 kgf/cm² para qualquer diâmetro. O cálculo das tensões na armadura é realizado para a combinação freqüente das ações com *ψ1* igual a 0,5.

VERIFICAÇÃO DA FADIGA AO CISALHAMENTO:		
Vdmáx =	*tf.m*	39,41
Vdmin =	*tf.m*	-6,37
σ smáx =	*MPa*	*4,21*
σ smin =	*MPa*	*-0,68*
Δσ s =	*MPa*	4,89
Δσ sadmissível =	*MPa*	85,00
		OK!

Tabela 10: Planilha do autor para verificação quanto à fadiga das travessas

3.3.2.1.7 ARMADURA DE PELE

A_{Spele} = 0,10% x A_c = 0,10% x 27216/2= 13,61cm²/face

3.3.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS PILARES

3.3.2.2.1 PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- Seção = 80x80 cm
- Altura média = 600 cm

3.3.2.2.2 ESFORÇOS SOLICITANTES

3.3.2.2.2.1 CASO 1 – PILARES CENTRAIS

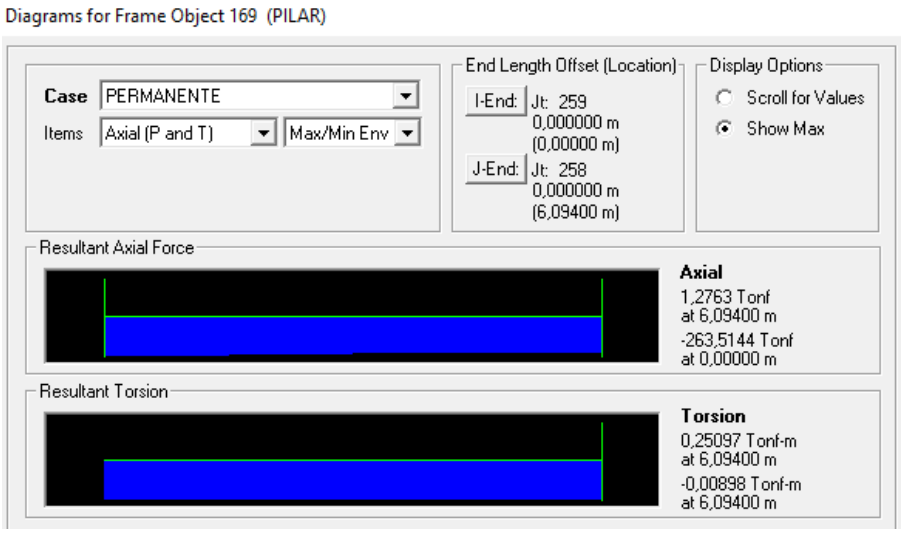


FIGURA 23: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços axiais - carregamentos permanentes

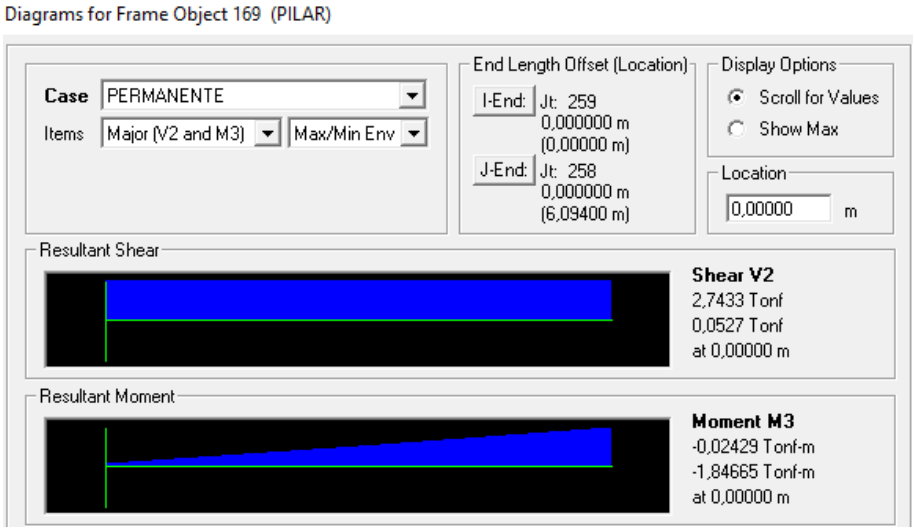


FIGURA 24: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos permanentes no topo dos pilares

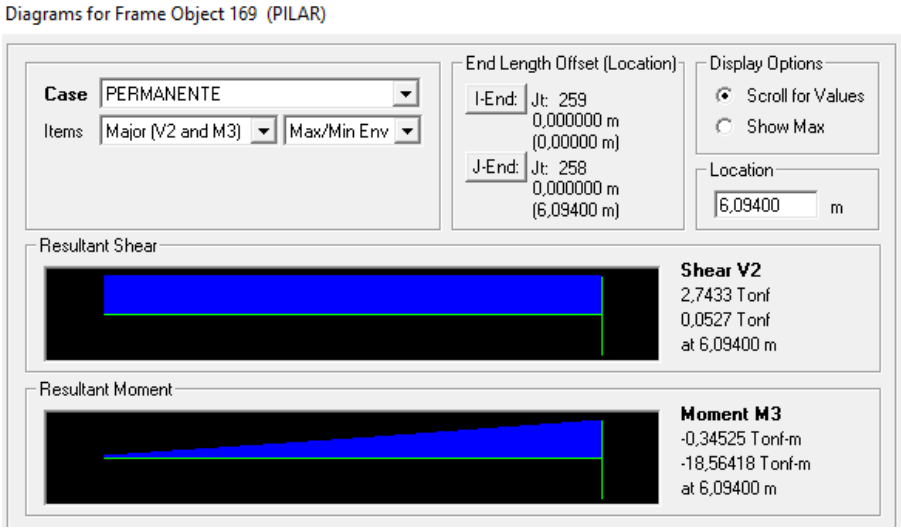


FIGURA 25: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos permanentes na base dos pilares

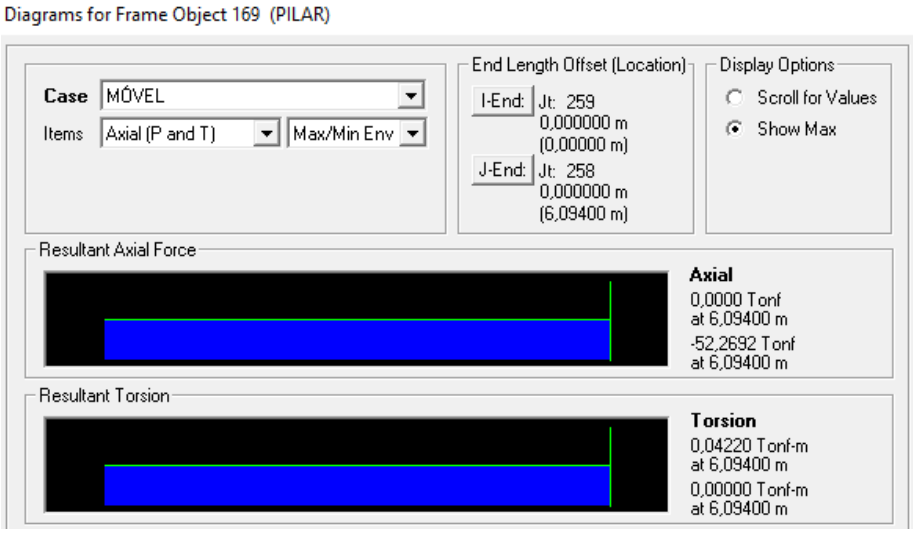


FIGURA 26: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços axiais - carregamentos móveis

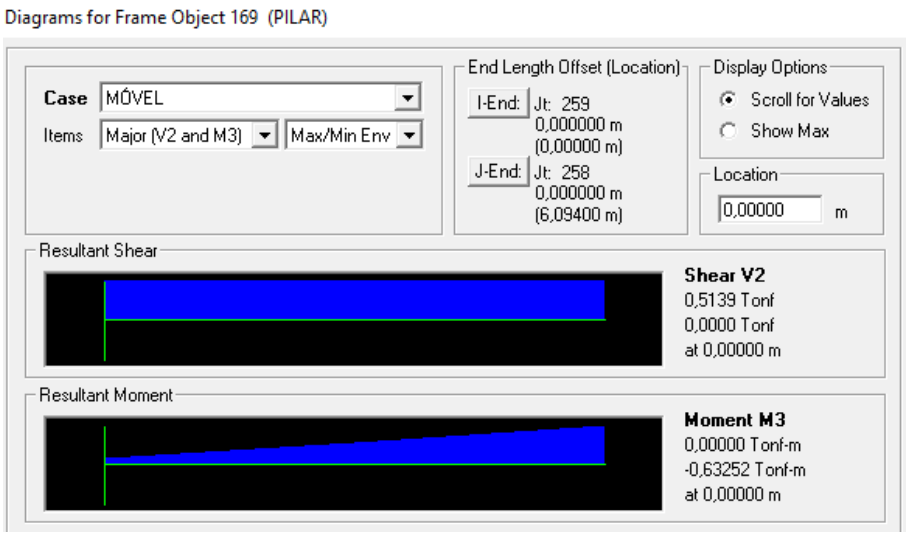


FIGURA 27: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos móveis no topo dos pilares

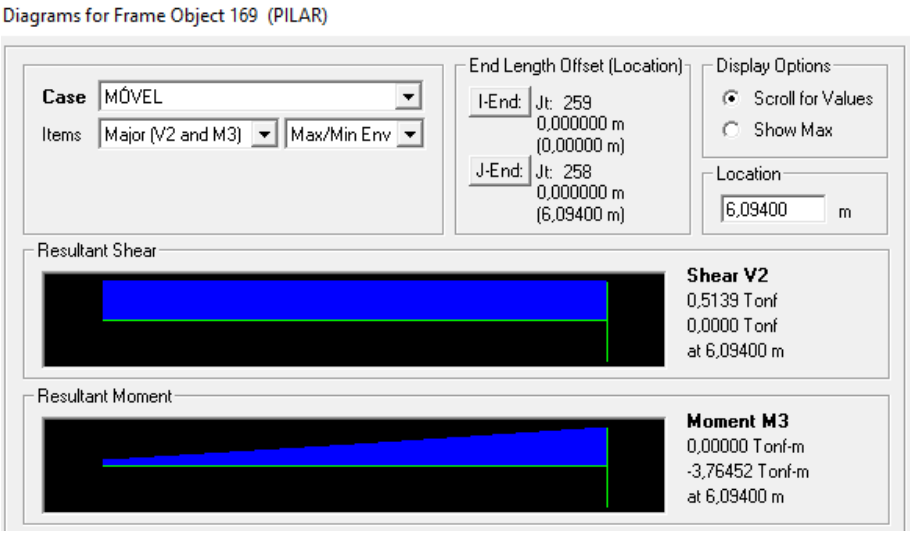


FIGURA 28: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos móveis na base dos pilares

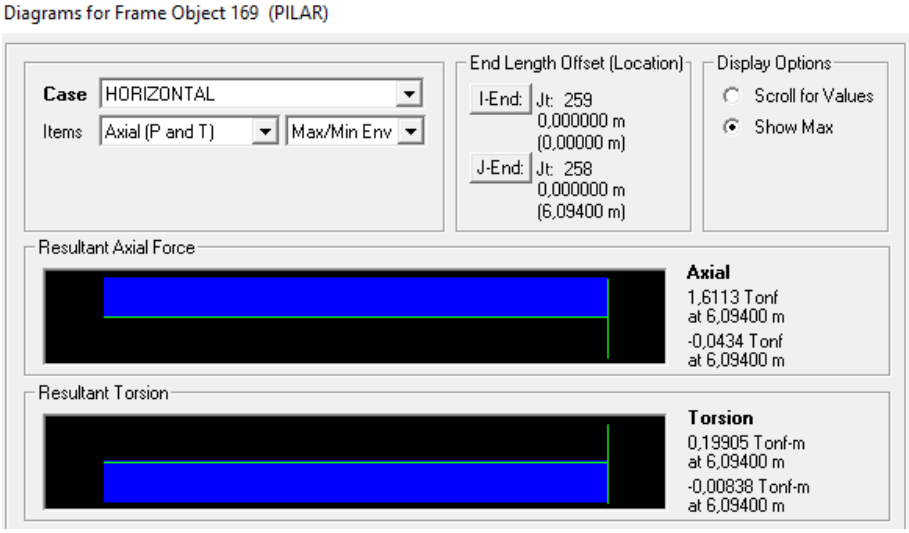


Figura 29: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços axiais - carregamentos horizontais

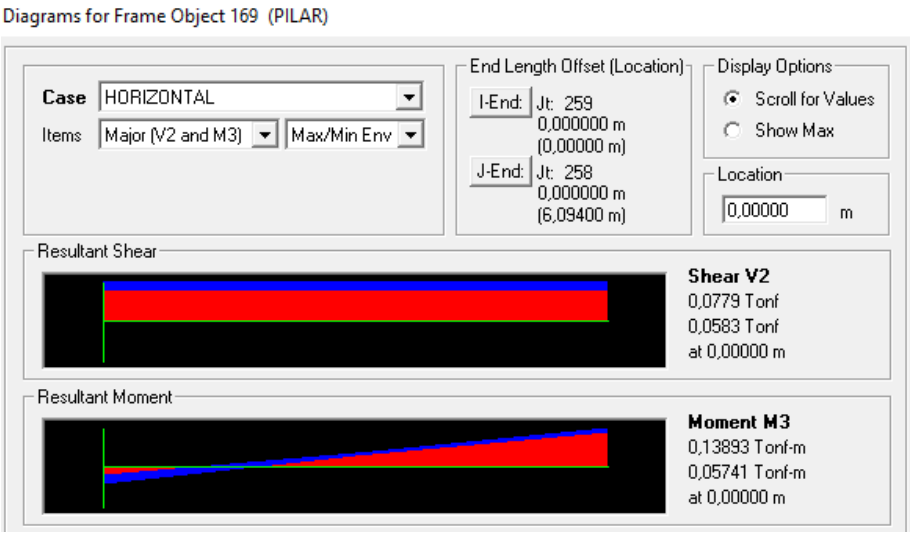


FIGURA 30: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos horizontais no topo dos pilares

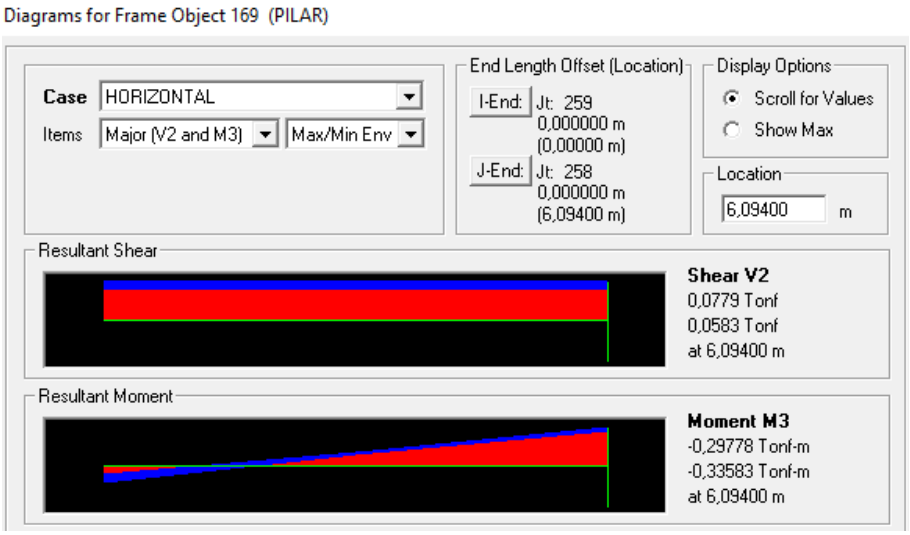


FIGURA 31: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos horizontais na base dos pilares

3.3.2.2.2.2 CASO 2 – PILARES EXTREMOS

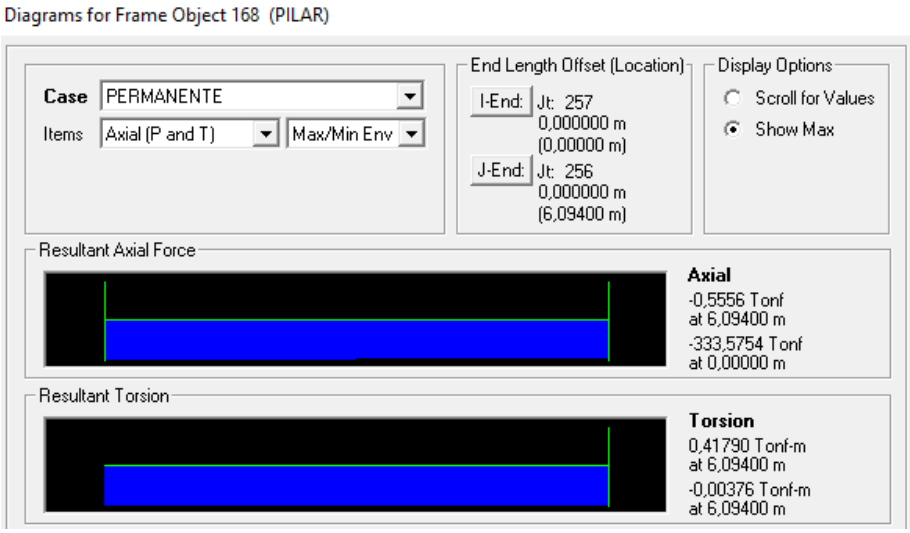


FIGURA 32: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços axiais - carregamentos permanentes

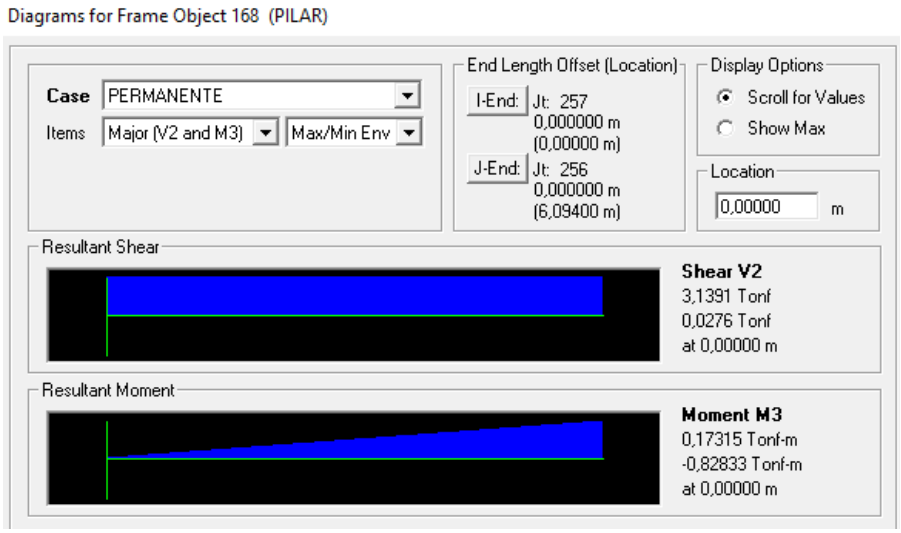


FIGURA 33: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos permanentes no topo dos pilares

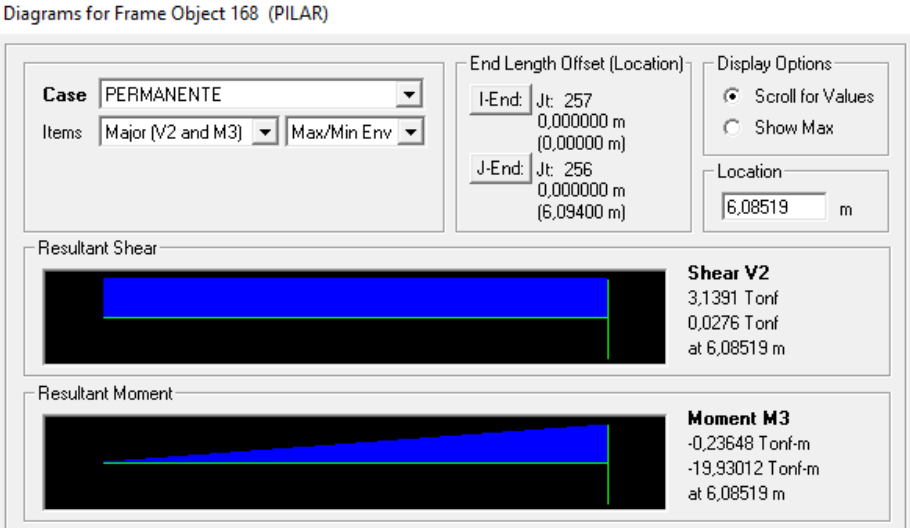


FIGURA 34: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos permanentes na base dos pilares

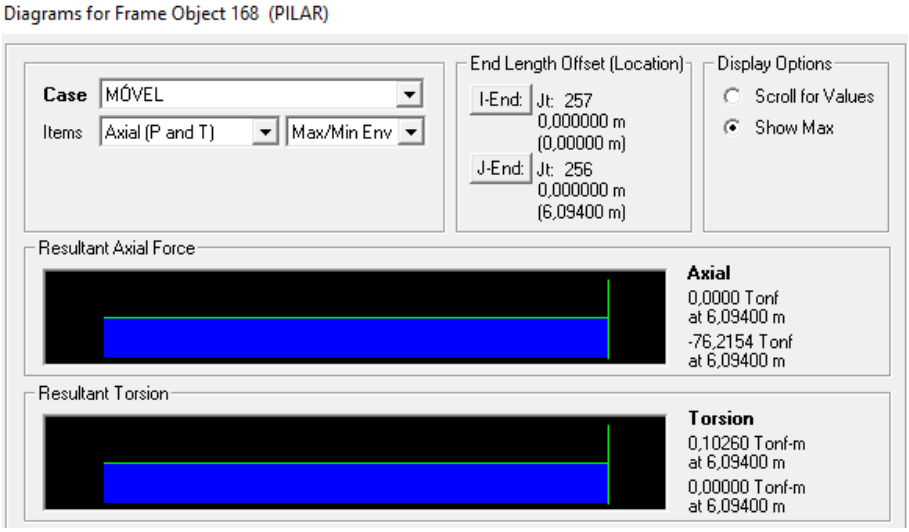


FIGURA 35: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços axiais - carregamentos móveis

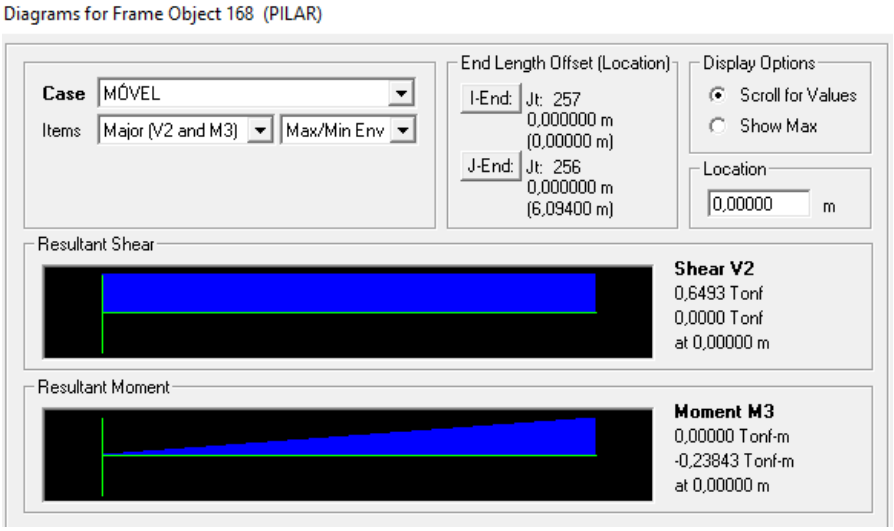


FIGURA 36: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos móveis no topo dos pilares

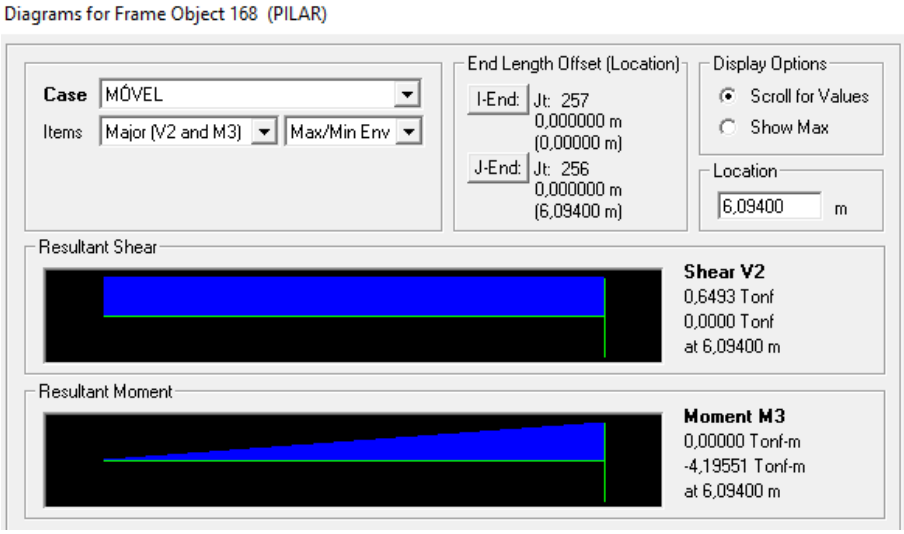


FIGURA 37: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos móveis na base dos pilares

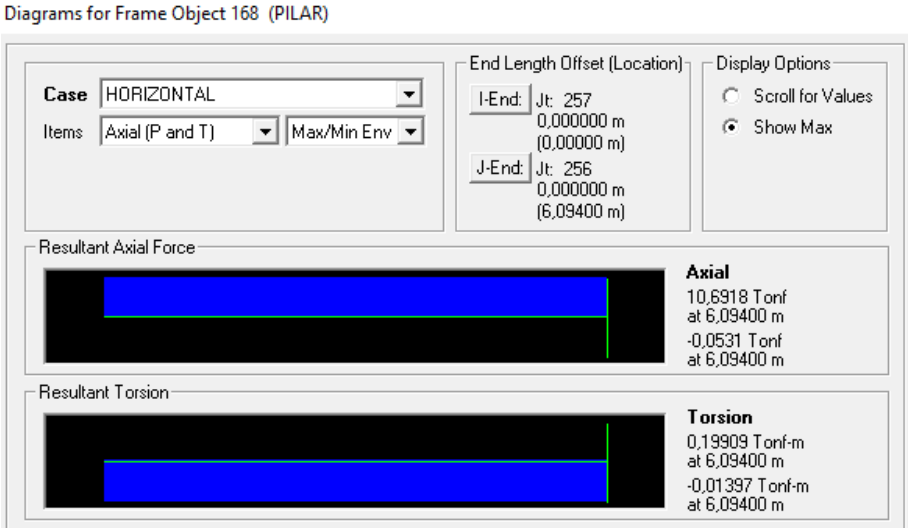


Figura 38: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços axiais - carregamentos horizontais

FIGURA 39: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos horizontais no topo dos pilares

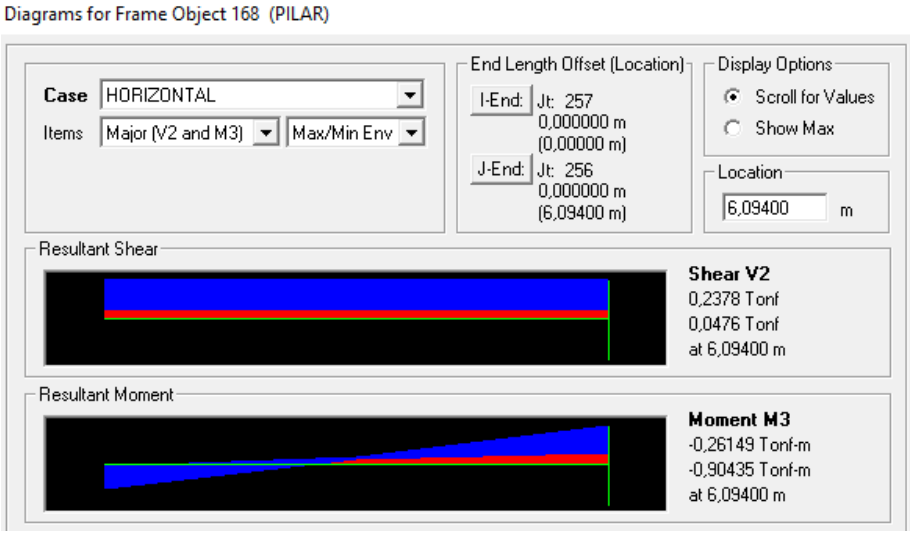
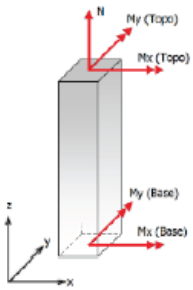


FIGURA 40: Gráfico extraído do SAP2000 - envoltória de esforços - carregamentos horizontais na base dos pilares



Combinação	N_{sk}	M_{skx} (Topo)	M_{sky} (Topo)	M_{skx} (Base)	M_{sky} (Base)
1	-399.1	-44	-0.5	23.5	-25.1
2	-314.2	10.9	-2.3	-6.3	-22.7

GRÁFICO 1: Convenção de sinais positivos dos esforços, N < 0 para compressão e combinação de esforços [tf, tf.m]

3.3.2.2.3 ARMADURA LONGITUDINAL

A_s = 137,44 cm² - 28 Ø25,0 mm

A_c = 6400 cm²

$x_{cg} = y_{cg} = 0{,}40\ m$

$I_x = I_y = 3413333\ cm4$

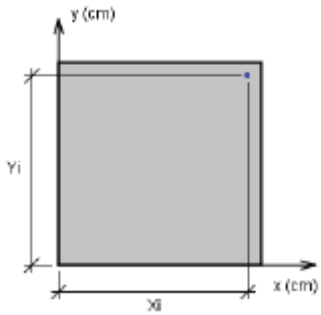
Taxa de armadura = 2,15 %

Fck = 30 MPa

Fyk = 500 MPa

L = 6,094 m

$\lambda_x = \lambda_y = 26$



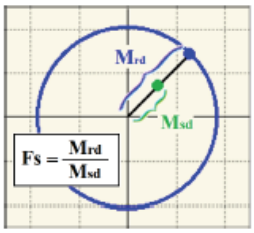
BARRA	ϕ (mm)	X (cm)	Y (cm)
1	25.0	5	5
2	25.0	15	5
3	25.0	25	5
4	25.0	35	5
5	25.0	45	5
6	25.0	55	5
7	25.0	65	5
8	25.0	75	5
9	25.0	5	15
10	25.0	75	15
11	25.0	5	25
12	25.0	75	25
13	25.0	5	35
14	25.0	75	35
15	25.0	5	45
16	25.0	75	45
17	25.0	5	55
18	25.0	75	55
19	25.0	5	65
20	25.0	75	65
21	25.0	5	75
22	25.0	15	75
23	25.0	25	75
24	25.0	35	75
25	25.0	45	75
26	25.0	55	75
27	25.0	65	75
28	25.0	75	75

Figura 41: Sistema de coordenadas para as armaduras e bitolas e coordenadas das armaduras longitudinais

De acordo com as recomendações da NBR 6118:2014, a área mínima de armadura longitudinal, que depende da resistência do aço e da intensidade da solicitação em virtude da força normal.

$A_{s,min} = 0{,}004 * A_c = 25{,}60\ cm^2$

3.3.2.2.4 VERIFICAÇÕES



Combinação	N_{sd}	$M_{sd,x}$	$M_{sd,y}$	F.S.
1	-558.7	-61.6	0.7	34.08
2	-439.8	8.8	-31.7	60.74

Gráfico 2: Determinação do fator de segurança (F.S.)

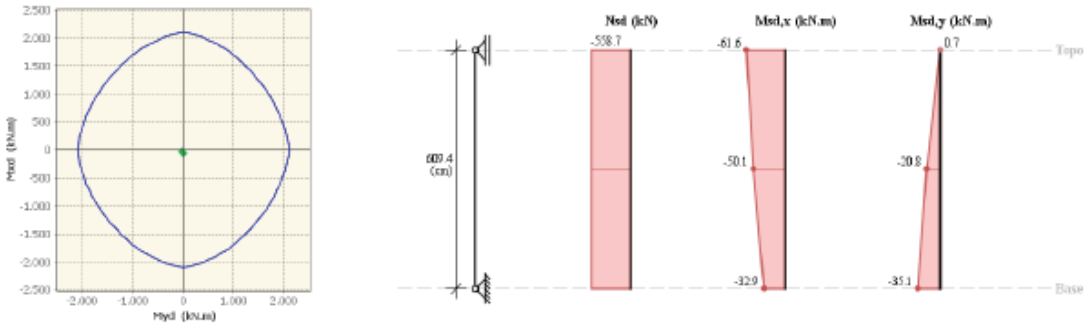


Gráfico 3: Diagrama de interação e esforços solicitantes (comb. 1)

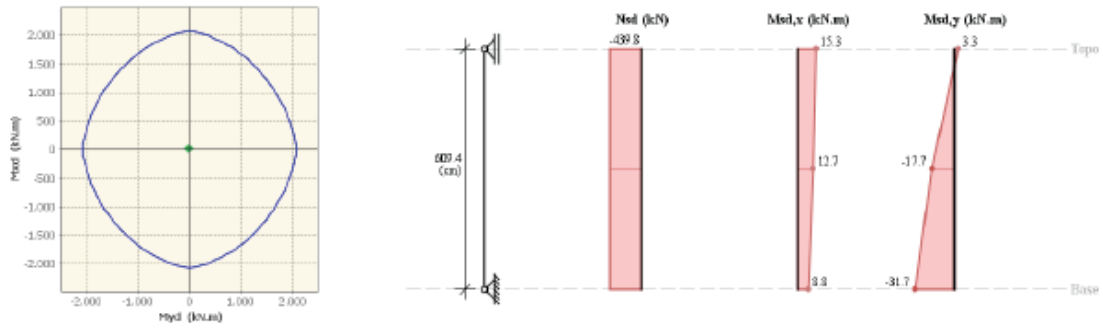


Gráfico 4: Diagrama de interação e esforços solicitantes (comb. 2)

3.3.2.2.5 DETERMINAÇÃO DOS EFEITOS LOCAIS DE 2ª ORDEM

Para determinação dos efeitos de 2ª ordem foi utilizado o método pilar-padrão com curvatura aproximada.

- COMBINAÇÃO 1

Momento em torno do eixo X:

Os efeitos locais de 2ª ordem em torno do eixo x foram desprezados, devido ao índice de esbeltez, $\lambda_x = 26$, ser menor que o valor limite $\lambda_{1,x} = 35$, calculado pela seguinte expressão:

$\lambda = [25 + 12,5 * (e_x / h_y)] / a_b$

$\lambda = 34$

Com:

$e_x = M_{1d,A} / N_{sd} = 86,20 / 558,70 = 0,15423$ m

$h_y = 0,80$ m;

$a_b = 0,60 + 0,40\ M_B / M_A = 0,60 + 0,40\ (46,10) / 86,20 = 0,81401 \geq 0,40$

Momento em torno do eixo Y:

Os efeitos locais de 2ª ordem em torno do eixo y foram desprezados, devido ao índice de esbeltez, $\lambda_x = 26$, ser menor que o valor limite $\lambda_{1,x} = 45$, calculado pela seguinte expressão:

$\lambda = [25 + 12,5 * (e_x / h_y)] / a_b$

$\lambda = 45$

Com:

$e_x = M_{1d,A} / N_{sd} = 49,10 / 558,70 = 0,0879$ m

$h_y = 0,80$ m;

$a_b = 0,60 + 0,40\ M_B / M_A = 0,60 + 0,40\ (-1,00) / 49,10 = 0,59167 \geq 0,40$

- COMBINAÇÃO 2

Momento em torno do eixo X:

Os efeitos locais de 2ª ordem em torno do eixo x foram desprezados, devido ao índice de esbeltez, $\lambda_x = 26$, ser menor que o valor limite $\lambda_{1,x} = 35$, calculado pela seguinte expressão:

$\lambda = [25 + 12,5 * (e_x / h_y)] / a_b$

$\lambda = 31$

Com:

$e_x = M_{1d,A} / N_{sd} = 21,40 / 439,80 = 0,04869\ m$

$h_y = 0,80\ m;$

$a_b = 0,60 + 0,40\ M_B / M_A = 0,60 + 0,40\ (12,30) / 21,40 = 0,83 \geq 0,40$

Momento em torno do eixo Y:

Os efeitos locais de 2ª ordem em torno do eixo y foram desprezados, devido ao índice de esbeltez, $\lambda_x = 26$, ser menor que o valor limite $\lambda_{1,x} = 48$, calculado pela seguinte expressão:

$\lambda = [25 + 12,5 * (e_x / h_y)] / a_b$

$\lambda = 48$

Com:

$e_x = M_{1d,A} / N_{sd} = 44,40 / 439,80 = 0,101\ m$

$h_y = 0,80\ m;$

$a_b = 0,60 + 0,40\ M_B / M_A = 0,60 + 0,40\ (-4,60) / 44,40 = 0,5587 \geq 0,40$

3.3.2.3 VERIFICAÇÃO DOS APARELHOS DE APOIO

APARELHO DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO						NEOPREX - EN 1337		
Carga permanente	50703,8	kgf	Largura do aparelho: // eixo long. obra:	30	cm	Espessura da chapa externa	3	mm
Carga acidental	29810,8	kgf	Comprimento do aparelho:	30	cm	Espessura da chapa interna	3	mm
Fator majoração cargas vivas	1,5		Espessura camada de elastômero: ti	0,3	cm	Cobrimento vertical	3	mm
Rotação long. permanente	3,10E-04	rad	Altura total elastômero = n.ti	1,2	cm	Cobrimento horizontal	3	mm
Rotação long. acidental	3,10E-04	rad	G	10	kgf/cm²			
Horizontal long. Permanente	296	kgf	fyk	2100	kgf/cm²			
Horizontal long. acidental	2472,3	kgf	Atrito: concreto (6) ou demais (2)	6	fator			
Deslocamento total permanente	0,06	cm						
Deslocamento total acidental	0,25	cm	Fator de forma ti	24,50				
Tensão normal considerando área total do aparelho	89	kgf/cm²	Fator de forma cobrimento	17,50				
Tensão normal com área reduzida	94,1	kgf/cm²	Htotal	48,0	mm			
Tensão normal permanente com área reduzida	58,8	kgf/cm²	σmáx,adm em área reduzida	150	kgf/cm²			
Tmin - deslizamento - cargas permanentes	0,05	cm	σmín,adm em área reduzida	30	kgf/cm²			
Tmin - deslizamento - cargas totais	0,38	cm						
Tmin - limitação deslocamento horizontal	0,44	cm						
Tmáx para estabilidade	51,01	cm						
Soma das deflexões das camadas internas	0,2048	cm	**VERIFICAÇÃO PELO UIC-CODE**					
Soma das deflexões das camadas de cobrimento	0,0064	cm	Soma deflexões cam.internas	0,0043	cm			
Deflexão total	0,2113	cm	Soma deflexões cam. cobrim.	0,0042	cm			
Rotação admissível pela análise da estabilidade	2,16E-02	rad	Deflexão total	0,0085	cm			
Rotação admissível sem considerar camadas cobrimento	2,09E-02	rad	Rot.adm. por estabilidade (K=1)	1,69E-03	rad			
Rotação adicional permanente pelo limite deformação 5	2,68E-03	rad	Idem, sem cam. cobrimento (K=1)	8,58E-04	rad			
Deformação de cisalhamento por esforços normais	0,68		Rot. adm. permanente	5,38E-04	rad			
Deformação de cisalhamento por esforços horizontais	0,17							
Deformação de cisalhamento devida às rotações	0,93							
Deformações totais por cisalhamento no elastômero	1,78							
Deformações totais por cisalhamento no cobrimento	1,53							
Espessura mínima para a chapa interna de aço	0,35	mm						

TABELA 11: Verificação do dimensionamento do neoprene fretado. Planilha de cálculo disponibilizada pela empresa NEOPREX

3.3.3 MEMORIAL DE CÁLCULO DA INFRAESTRUTURA

A infraestrutura foi executada anteriormente ao contrato atual de elaboração de projeto executivo adjudicado à Geoserv Serviços de Geotecnia e Construção, o que elimina a necessidade de apresentação dos laudos de sondagem. Porém são apresentados os ensaios de prova de carga dinâmica em cada estaca visando determinar até que profundidade as mesmas deveriam ser cravadas para que alcançassem suas tensões máximas definidas.

As estacas alcançaram a nega desejada entre 22,36 e 30,09 metros, variando de estaca por estaca.

- Blocos corrido sobre estacas metálicas = 1,944 x 1,20 m (extremos)
- Blocos corrido sobre estacas metálicas = 1,287 x 1,60 m (central)
- 24 estacas perfil HP 310x110 nos blocos das extremidades
- 20 estacas perfil HP 310x110 nos blocos centrais
- Ponte Classe 45 / ITEM 3.5 DA NBR 7188/84

3.3.3.1 ENSAIO DE CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

DELTA Construção

Obra: Reurbanização do Vale do Córrego Cascavel
Trecho: Ponte sobre o Córrego
Período da execução: 13/09/2010 a 25/09/2010

ENSAIO DE CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

BLOCO	ESTACA	PROFUNDIDADE	NEGA	
			Golpes	Profun. (mm)
LF-2 (PL)	E2A	24.01 mts	10	19.6
	E2B	23.96 mts	10	20.0
	E2C	24.04 mts	10	19.1
	E2D	23.97 mts	10	19.4
	E2E	24.02 mts	10	18.6
	E2F	23.99 mts	10	18.6
	E2G	23.98 mts	10	18.7
	E2H	24.03 mts	10	18.0
	E2I	24.02 mts	10	19.4
	E2J	24.03 mts	10	19.4
	E2K	24.02 mts	10	19.2
	E2L	24.03 mts	10	19.1
	E2M	23.98 mts	10	19.3
	E2N	24.01 mts	10	19.4
	E2O	24.02 mts	10	18.0
	E2P	24.04 mts	10	18.9
	E2Q	24.02 mts	10	19.2
	E2R	24.05 mts	10	19.7
	E2S	24.02 mts	10	20.0
	E2T	24.04 mts	10	19.8
	TOTAL	480,27		

Encarregado Campo

Fiscal AMOB

DELTA Construção

Obra: Reurbanização do Vale do Córrego Cascavel

Trecho: Ponte sobre o Córrego

Período da execução: 27/09/2010 à 08/10/2010

ENSAIO DE CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

BLOCO	ESTACA	PROFUNDIDADE	NEGA	
			Golpes	Profun. (mm)
LE-3(P2)	E3A	24,02 mts	10	19.1
	E3B	24,04 mts	10	19.1
	E3C	24,04 mts	10	18.0
	E3D	24.07 mts	10	18.8
	E3E	24.06 mts	10	19.1
	E3F	24.09 mts	10	19.8
	E3G	24.07 mts	10	19.8
	E3H	24,10 mts	10	20.0
	E3I	24,03 mts	10	20.0
	E3J	24.01 mts	10	19.5
	E3K	24.01 mts	10	19.5
	E3L	24.09 mts	10	19.5
	E3M	24,02 mts	10	18.3
	E3N	24,03 mts	10	18.7
	E3O	24.01 mts	10	18.3
	E3P	23.97 mts	10	19.2
	E3Q	23,95 mts	10	19.0
	E3R	23.89 mts	10	19.7
	E3S	23.90 mts	10	19.3
	E3T	23.89 mts	10	19.2
	TOTAL = 480,34			

Encarregado Campo

Fiscal AMOB

DELTA Construção

Obra: Reurbanização do Vale do Córrego Cascavel
Trecho: Ponte sobre o Córrego
Período da execução: 01/08/2010 a 11/09/2010

ENSAIO DE CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

BLOCO	ESTACA	PROFUNDIDADE	NEGA	
			Golpes	Profun. (mm)
LF-1(E7)	E1A	22.62 mts	10	18.3
	E1B	30.35 mts	10	18.7
	E1C	22.67 mts	10	18.1
	E1D	22.56 mts	10	18.2
	E1E	23.88 mts	10	19.2
	E1F	22.33 mts	10	18.4
	E1G	23.88 mts	10	19.1
	E1H	23.95 mts	10	19.2
	E1I	23.85 mts	10	19.5
	E1J	23.98 mts	10	19.5
	E1K	23.79 mts	10	18.3
	E1L	23.13 mts	10	20.0
	E1M	23.22 mts	10	19.7
	E1N	23.40 mts	10	19.7
	E1O	23.24 mts	10	19.7
	E1P	23.53 mts	10	18.4
	E1Q	23.80 mts	10	18.2
	E1R	23.9[illegible] mts	10	18.8
	E1S	23.65 mts	10	18.9
	E1T	23.55 mts	10	19.1
	E1U	22.36 mts	10	19.3
	E1V	23.88 mts	10	19.7
	E1W	31.32 mts	10	19.9
	E1X	23.92 mts	10	19.4
	TOTAL =	577.26		

Encarregado Campo

Fiscal AMOB

DELTA Construção

Obra: Reurbanização do Vale do Córrego Cascavel
Trecho: Ponte sobre o Córrego
Período da execução: 11/10/2010 à 22/10/2010

ENSAIO DE CRAVAÇÃO DAS ESTACAS

BLOCO	ESTACA	PROFUNDIDADE	NEGA	
			Golpes	Profun. (mm)
LF-4(E4)	E4A	30.02 m/s	10	19.7
	E4B	30.06 m/s	10	19.6
	E4C	30.08 m/s	10	18.2
	E4D	29.96 m/s	10	18.4
	E4E	30.01 m/s	10	18.6
	E4F	29.99 m/s	10	18.9
	E4G	30.01 m/s	10	18.9
	E4H	30.05 m/s	10	19.4
	E4I	30.04 m/s	10	19.8
	E4J	30.02 m/s	10	19.6
	E4K	30.04 m/s	10	19.5
	E4L	30.05 m/s	10	18.8
	E4M	30.09 m/s	10	18.1
	E4N	29.98 m/s	10	18.1
	E4O	30.02 m/s	10	18.0
	E4P	30.04 m/s	10	19.3
	E4Q	30.06 m/s	10	19.7
	E4R	30.01 m/s	10	19.6
	E4S	30.03 m/s	10	19.0
	E4T	30.12 m/s	10	19.3
	E4U	30.03 m/s	10	18.7
	E4V	30.01 m/s	10	18.6
	E4W	30.05 m/s	10	19.2
	E4X	30.02 m/s	10	19.5
	TOTAL = 72079			

Encarregado Campo

Fiscal AMOB

3.3.3.2 DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS CORRIDOS SOBRE ESTACAS

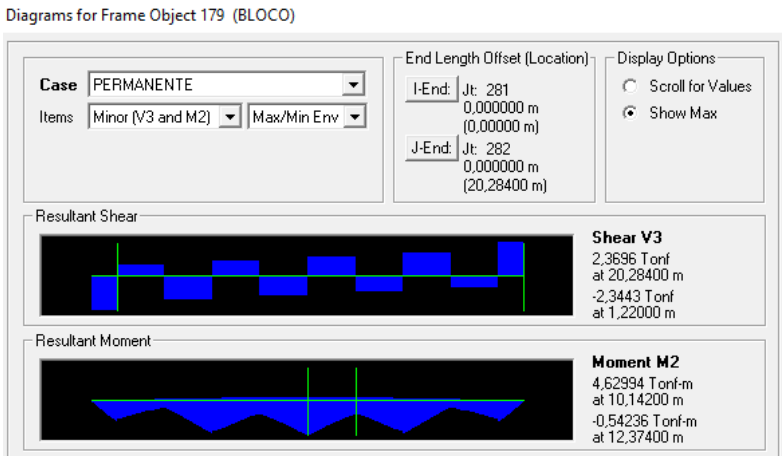


Figura 42: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços – carregamentos permanentes

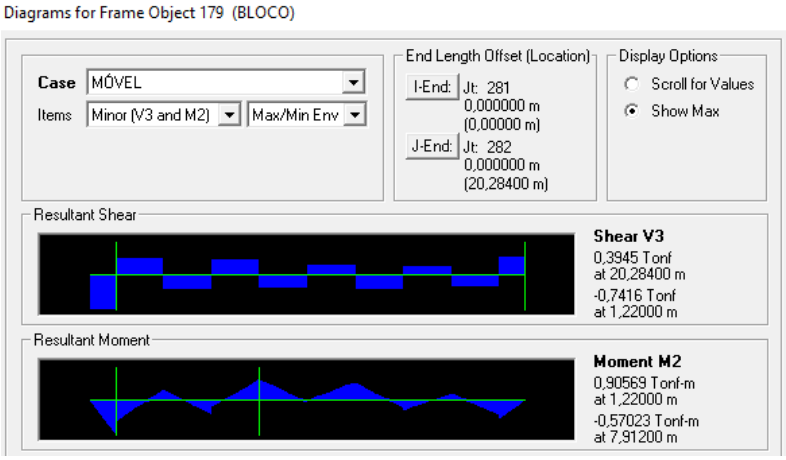


Figura 43: Gráfico extraído do SAP2000 com a envoltória de esforços – carregamentos móveis

3.3.3.2.1 ARMADURA LONGITUDINAL

COEFICIENTES DE MINORAÇÃO DAS RESISTÊNCIAS/αs:			
γ_c =	1,40	E_s/E_c, fissuração =	8,05
γ_s =	1,15	E_s/E_c, fadiga =	4,83
F_{ck} =	30,00 MPa	F_{yk} =	500,00 MPa
α =	90,00 °	σ =	45,00 °

ESFORÇOS SOLICITANTES À FLEXÃO:		
M_{gk} =	tf.m	4,63
$M_{qk,máx}$ =	tf.m	0,91
$M_{qk,mín}$ =	tf.m	-0,57

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO:		
M_d =	tf.m	7,61
d =	cm	156,10
x =	cm²	0,12
DOMÍNIO		III
A_s =	cm²	1,12
$A_{s'nec.}$ =	cm²	43,28

ARMADURA INFERIOR ADOTADA:		
As =	cm²	50,27
		16φ20,0
A_{sw} =	cm²/m	8,59
		7φ12,5

ARMADURA SUPERIOR ADOTADA:		
As' =	cm²	94,25
		30φ20,0
d' =	cm	3,00

CONTROLE DA FISSURAÇÃO À FLEXÃO:		
$\sigma_{smáx}$	kgf/cm²	79,53
Acri =	cm²	375,00
ρ_{ri} =		13,40%
w_1 =	mm	0,00
w_2 =	mm	0,00
ELS-W wk≤0,4mm	mm	0,00
		OK!

VERIFICAÇÃO DA FADIGA À FLEXÃO:		
Mdmáx,tensões =	tf.m	5,08
Mdmin,tensões =	tf.m	4,34
$\sigma_{smáx}$ =	kgf/cm²	43,19
σ_{smin} =	kgf/cm²	69,22
$\Delta\sigma_s$ =	kgf/cm²	-26,03
$\Delta\sigma_{sadmissível}$ =	kgf/cm²	1750,00
		OK!

Tabela 12: Planilha do autor para dimensionamento dos esforços longitudinais das travessas

3.3.3.2.2 ARMADURA TRANSVERSAL

Segundo o item 17.4.2.1 da NBR-6118/2014, devem ser satisfeitas as seguintes desigualdades:

$V_{Sd} < V_{Rd2}$;

$V_{Sd} < V_{Rd3} = V_c + V_{sw}$ *onde:*

$V_{Rd2}=0,27\alpha_v \times f_{cd} \times b_w \times d$, *com* $\alpha_v = (1 - f_{ck} / 250)$ *em MPa*

$V_{sw} = (A_{sw/s}).0,9.d.f_{ywd}.\ (sen\alpha + cos\alpha)$

$V_c = V_{co}$ *na flexão simples e na flexo-tração, com a linha neutra cortando a seção*

$V_{co} = 0,6.f_{ctd}.b_w.d$

$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c$

$f_{ctk,inf} = 0,21.f_{ck}\ 2/3$

f_{ywd} = *tensão na armadura transversal passiva, limitada ao valor fyd no caso de estribos (≤ 435 MPa)*

d = altura total menos a distância da base ao CG da armadura longitudinal

ESFORÇOS SOLICITANTES AO CISALHAMENTO:		
V_{gk} =	tf	2,37
$V_{qk,máx}$ =	tf	0,39
$V_{qk,mín}$ =	tf	-0,74

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo I)* :		
V_{sd} =	tf	3,79
V_{rd2} =	tf	1863,06
Vsd/Vrd2 =		0,00
		OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:		
f_{ctm} =	MPa	2,90
f_{ctd} =	MPa	1,45
$V_c = V_{co}$ =	tf	310,21
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	29,37
V_{sw} =	tf	-306,42
A_{sw} =	cm²/m	-21,81

VERIFICAÇÃO DO COCRETO *(Modelo II)* :		
V_{sd} =	tf	1,99
V_{rd2} =	tf	313,40
Vsd/Vrd2 =		0,01
		OK!

DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO:		
f_{ctm} =	MPa	2,90
f_{ctd} =	MPa	1,45
$V_c = V_{co}$ =	tf	310,21
$\rho_{sw,mín}$ =		0,13
$A_{sw,mín}$ =	cm²/m	0,51
V_{sw} =	tf	-308,22
A_{sw} =	cm²/m	-2,17

Tabela 13: Planilha do autor para dimensionamento dos esforços transversais das travessas

3.3.3.2.3 VERIFICAÇÃO DO ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FADIGA

De acordo com a NBR6118, a verificação do Estado Limite Último de Fadiga consiste na limitação na variação de tensões da armadura dimensionada. No caso de estribos, a norma estabelece um valor limite igual a 850 kgf/cm² para qualquer diâmetro. O cálculo das tensões na armadura é realizado para a combinação freqüente das ações com *ψ1* igual a 0,5.

VERIFICAÇÃO DA FADIGA AO CISALHAMENTO:		
Vdmáx =	*tf.m*	2,57
Vdmin =	*tf.m*	2,00
σ smáx =	*MPa*	*0,24*
σ smin =	*MPa*	*0,19*
Δσ s =	*MPa*	0,05
Δσ sadmissível =	*MPa*	85,00
		OK!

Tabela 14: Planilha do autor para verificação quanto à fadiga das travessas

4. DECLARAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

A

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SEINFRA

Objeto: Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da Marginal Cascavel - Trecho: Avenida T-9 – Avenida C-12, com extensão de 1,76 km.

Referente: Declaração da equipe técnica.

"O Eng.º Wilson Luiz da Costa, responsável pela coordenação do projeto e pelo projeto de obras de arte especiais, e a empresa Geoserv – Serviços de Geotecnia e Construção Ltda., aqui representada pelo seu responsável técnico, o Eng.º Wilson Luiz da Costa, declaramos que acompanhamos todos os levantamentos apresentados no projeto de obras de arte especiais, que essas investigações foram realizadas obedecendo rigorosamente às normas técnicas e instruções de serviços (IS) em vigor e que assumimos total responsabilidade quanto à veracidade dos resultados apresentados."

Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Goiânia, 26 de julho de 2018.

Engº Wilson Luiz da Costa
CREA – GO 559/D

5. ORDEM DE SERVIÇO

PREFEITURA DE GOIÂNIA

Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos
Gabinete do Secretário
Secretaria Geral

ORDEM DE SERVIÇO Nº 001/2018

Contrato nº 012/2017

O **Secretário Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos,** no uso de suas atribuições legais, considerando o conteúdo do Processo nº70503999 de 14/06/2017, **AUTORIZA** a empresa **GEOSERV SERVIÇOS DE GEOTECNIA E CONSTRUÇÃO LTDA, CNPJ 02.904.092/0001-60,** a executar os serviços de engenharia relativo **Projetos Executivos referentes à Reurbanização do Córrego Cascavel, trecho entre Av. T-09 e Av. C-12, incluindo as pontes de travessia e ligação da Av. dos Alpes com a Av. C-107**, nesta capital, pelo regime de empreitada por preço global de R$ 537.415,50 (quinhentos e trinta e sete mil quatrocentos e quinze reais e cinquenta centavos), conforme Contrato nº012/2017.

Os serviços deverão ser executados no prazo de 120 (cento e vinte) dias, após o recebimento da primeira ordem de serviço.

GABINETE DO SECRETÁRIO MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS, aos 11 dias do mês de Janeiro de 2018.

Engº Fernando Cozzetti Bertoldi de Souza
Secretário

12/01/2018

Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos
Rua 21 nº 410 Vila Santa Helena – Goiânia – GO CEP 74.555-330
Fone: 55 62 3524 8300 - e-mail: seinfra.secger@gmail.com

6. ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço
1020180018556

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

1. Responsável Técnico

WILSON LUIZ DA COSTA — RNP: **1006418873**
Título profissional: **Engenheiro Civil** — Registro: **559/D-GO**
Empresa contratada: **1153 - GEOSERV SERVICOS DE GEOTECNIA E CONSTRUCAO LTDA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS** — CPF/CNPJ: **17.497.764/0001-37**
Alameda Anicuns, Nº 410 — Bairro: Vila Santa Helena — CEP: 74555-330
Quadra: 0 Lote: 0 — Complemento: — Cidade: Goiânia-GO
E-Mail: licitacao@geoservnet.com.br — Fone: (62)32736666
Contrato: 012/2017 — Celebrado em: 11/01/2018 — Valor Obra/Serviço R$: 537.415,50
Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público
Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

Avenida T9, Nº 0 — Bairro: JARDIM AMÉRICA — CEP: 00000-000
Quadra: 0 Lote: 0 — Complemento: — Cidade: GOIANIA-GO
Data de Início: 12/01/2018 — Previsão término: 14/05/2018
Finalidade: **Infra-estrutura** — Código/Obra pública: TP22017
Proprietário: **SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS** — CPF/CNPJ: **17.497.764/0001-37**
E-Mail: licitacao@geoservnet.com.br — Fone: (62) 32736666

4. Atividade Técnica

ATUACAO	Quantidade	Unidade
PROJETO TERRAPLENAGEM	33.116,50	METROS QUADRADOS
PROJETO DRENAGEM	361,14	METROS
PROJETO CALCAMENTO CONCRETO	4.949,00	METROS QUADRADOS
PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	1.760,56	METROS QUADRADOS
PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM URBANISMO	33.116,50	METROS QUADRADOS
PROJETO CANAL	1.760,00	METROS

O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS REFERENTES À REURBANIZAÇÃO DO CÓRREGO CASCAVEL, TRECHO ENTRE AV. T09 E AV C-12, INCLUINDO AS PONTES DE TRAVESSIA E LIGAÇÃO A DA AV. DOS APLES COM A AV. C-107. - PROJETO EXECUTIVO DAS PISTAS DE LIGAÇÃO -PROJETO EXECUTIVO DE OBRA DE ARTE -PROJETO EXECUTIVO DE CANALIZAÇÃO -PROJETO EXECUTIVO DE MICRODRENAGEM -PROJETO EXECUTIVO DE CALÇADAS ACESSIVEIS

6. Declarações

Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, GI de Fev de 2017
Local — Data

WILSON LUIZ DA COSTA - CPF: 030.966.111-53

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS - CPF/CNPJ: 17.497.764/0001-37

9. Informações

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creargo.org.br.
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais aferirá carimbo na nova ART.

www.creargo.org.br atendimento@creargo.org.br
Tel: (62) 3221-6200 Fax: (62) 3221-6277

CREA-GO

Registrada em	Valor Pago	Boleto	Situação		Não Possui CAT
01/02/2018	R$ 218,54	0118620234	Registrada/OK		

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço
1020180021189

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

Corresponsável à 1020180018558

1. Responsável Técnico

ANA CRISTINA DA COSTA — RNP: **1001952480**
Título profissional: **Engenheira Civil , Engenheira de Seguranca do Trabalho** — Registro: **8468/D-GO**
Empresa contratada: **1153 - GEOSERV SERVICOS DE GEOTECNIA E CONSTRUCAO LTDA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS** — CPF/CNPJ: **17.497.764/0001-37**
Alameda Anicuns, Nº 410 — Bairro: Vila Santa Helena — CEP: 74555-330
Quadra: 0 Lote: 0 — Complemento: — Cidade: Goiânia-GO
E-Mail: licitacao@geoservnet.com.br — Fone: (62)32736666
Contrato: 012/2017 — Celebrado em: 11/01/2018 — Valor Obra/Serviço R$: 537.415,50
Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público
Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

Avenida T9, Nº 0 — Bairro: JARDIM AMÉRICA — CEP: 00000-000
Quadra: 0 Lote: 0 — Complemento: — Cidade: GOIANIA-GO
Data de Início: 12/01/2018 — Previsão término: 14/05/2018
Finalidade: **Infra-estrutura** — Código/Obra pública: TP22017
Proprietário: **SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS** — CPF/CNPJ: **17.497.764/0001-37**
E-Mail: licitacao@geoservnet.com.br — Fone: (62) 32736666

4. Atividade Técnica

ATUACAO	Quantidade	Unidade
PROJETO TERRAPLENAGEM	33.116,50	METROS QUADRADOS
PROJETO DRENAGEM	361,14	METROS
PROJETO CALCAMENTO CONCRETO	4.949,00	METROS QUADRADOS
PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	1.760,56	METROS QUADRADOS
PROJETO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM URBANISMO	33.116,50	METROS QUADRADOS
PROJETO CANAL	1.760,00	METROS

O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do Profissional. As informações constantes deste ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS REFERENTES À REURBANIZAÇÃO DO CÓRREGO CASCAVEL, TRECHO ENTRE AV. T09 E AV C-12, INCLUINDO AS PONTES DE TRAVESSIA E LIGAÇÃO A DA AV. DOS APLES COM A AV. C-107. - PROJETO EXECUTIVO DAS PISTAS DE LIGAÇÃO -PROJETO EXECUTIVO DE OBRA DE ARTE -PROJETO EXECUTIVO DE CANALIZAÇÃO -PROJETO EXECUTIVO DE MICRODRENAGEM -PROJETO EXECUTIVO DE CALÇADAS ACESSÍVEIS

6. Declarações

Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

_____, 02 de FEV de 2018
Local — Data

ANA CRISTINA DA COSTA - CPF: 776.914.561-34

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS - CPF/CNPJ: 17.497.764/0001-37

9. Informações

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.creago.org.br.
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais arquivará carimbo na nova ART.

www.creago.org.br atendimento@creago.org.br
Tel: (62) 3221-6200 Fax: (62) 3221-6277

CREA-GO

Registrada em	Valor Pago	Boleto	Situação		Não Possui CAT
02/02/2018	R$ 82,94	0118021140	Registrada/OK		

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-GO

ART Obra ou serviço
1020180021200

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

Correspondível à 1020180018555

1. Responsável Técnico

UBALDIR LEMES DA SILVA JUNIOR — RNP: **1003184294**
Título profissional: **Engenheiro Civil** — Registro: **8962/D-GO**
Empresa contratada: **1153 - GEOSERV SERVICOS DE GEOTECNIA E CONSTRUCAO LTDA**

2. Dados do Contrato

Contratante: **SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS** — CPF/CNPJ: **17.497.764/0001-37**
Alameda Anicuns, Nº 410 — Bairro: Vila Santa Helena — CEP: 74555-330
Quadra: 0 Lote: 0 — Complemento: — Cidade: Goiânia-GO
E-Mail: licitacao@geoservnet.com.br — Fone: (62)32736666
Contrato: 012/2017 — Celebrado em: 11/01/2018 — Valor Obra/Serviço R$: 537.415,50
Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Público
Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

Avenida T9, Nº 0 — Bairro: JARDIM AMÉRICA — CEP: 00000-000
Quadra: 0 Lote: 0 — Complemento: — Cidade: GOIANIA-GO
Data de Início: 12/01/2018 — Previsão término: 14/05/2018
Finalidade: **Infra-estrutura** — Código/Obra pública: TP22017
Proprietário: **SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS** — CPF/CNPJ: **17.497.764/0001-37**
E-Mail: licitacao@geoservnet.com.br — Fone: (62) 32736666

4. Atividade Técnica

ATUACAO	Quantidade	Unidade
PROJETO TERRAPLENAGEM	33.116,50	METROS QUADRADOS
PROJETO CALCAMENTO CONCRETO	4.949,00	METROS QUADRADOS
PROJETO PONTE, VIADUTO OU ELEVADO DE CONCRETO	1.760,56	METROS QUADRADOS
PROJETO DRENAGEM	361,14	METROS
PROJETO CANAL	1.760,00	METROS

O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART.

5. Observações

ELABORAÇÃO DOS PROJETOS EXECUTIVOS REFERENTES À REURBANIZAÇÃO DO CÓRREGO CASCAVEL, TRECHO ENTRE AV. T09 E AV C-12, INCLUINDO AS PONTES DE TRAVESSIA E LIGAÇÃO A DA AV. DOS APLES COM A AV. C-107. - PROJETO EXECUTIVO DAS PISTAS DE LIGAÇÃO -PROJETO EXECUTIVO DE OBRA DE ARTE -PROJETO EXECUTIVO DE CANALIZAÇÃO -PROJETO EXECUTIVO DE MICRODRENAGEM -PROJETO EXECUTIVO DE CALÇADAS ACESSIVEIS

6. Declarações

Acessibilidade: Não. Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

NENHUMA

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

02 de Fev de 2018
Local — Data

UBALDIR LEMES DA SILVA JUNIOR - CPF: 532.415.411-34

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PUBLICOS - CPF/CNPJ: 17.497.764/0001-37

9. Informações

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO.
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-go.org.br.
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.

www.crea-go.org.br atendimento@crea-go.org.br
Tel: (62) 3221-6200 Fax: (62) 3221-6277

CREA-GO

Registrada em	Valor Pago	Boleto	Situação		Não Possui CAT
02/02/2018	R$ 82,94	011802115O	Registrada/OK		

7. TERMO DE ENCERRAMENTO

A

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS - SEINFRA

Objeto: Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da Marginal Cascavel - Trecho: Avenida T-9 – Avenida C-12, com extensão de 1,76 km.

Referente: Declaração da equipe técnica.

O presente Volume corresponde ao **VOLUME 3B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS**, referente ao **PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA IMPLANTAÇÃO E PAVIMENTAÇÃO DA MARGINAL CASCAVEL – TRECHO: AVENIDA T-9 – AV. C-12**, possui 51 (cinquenta e uma) páginas numericamente ordenadas.

Goiânia, 26 de julho de 2018.

Engº Wilson Luiz da Costa
CREA – GO 559/D