



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Projecto de Obras de Arte Especiais Pré-Fabricadas, Viaduto

PEDRO FARIA ALMEIDA
Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de Projecto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de especialização em Estruturas

Orientadores:

Eng. ° Carlos Amaro Fernandes de Azevedo Ferraz, (Eng.° Civil, Prof. Edgar Cardoso Engenharia, Laboratório de Estruturas, Lda)
Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado (Eng.ª Civil, Prof. Coordenadora do ISEL)

Júri:

Presidente: Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto (Eng.° Civil, Prof. Coordenador do ISEL)

Vogal:

Doutor Filipe Manuel Almeida Vasques (Eng.° Civil, Prof. Adjunto do ISEL)

Dezembro de 2014

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, por toda ajuda que representou para mim.

Agradecimentos

Ao longo destes meses em que estive envolvido no Projecto de um Viaduto e na respectiva preparação e redacção deste documento, tive a oportunidade de contar com o apoio de diversas pessoas da empresa **Edgar Cardoso - Engenharia e Laboratório de Estruturas** que, directa ou indirectamente, contribuíram para o bom funcionamento do projecto.

Sem querer deixar hierarquias definidas, agradeço a todos aqueles que, com o seu saber, a sua colaboração e o seu apoio crítico, dispuseram do seu tempo para debater comigo orientações e práticas sobre o projecto.

Quero manifestar o meu profundo agradecimento ao **Eng.º Carlos Ferraz**, Director geral da empresa e meu orientador de projecto por ter permitido efectuar este projecto, pois sem a sua autorização nada seria possível.

Estou especialmente grato à **Eng.ª Maria Emília Gonçalves**, ao **Eng.º André Correia** por contribuírem para a minha formação e por permanecerem sempre dispostos em me ajudar.

Devo também agradecer, aos meus colegas de trabalho, **João Mira** e **Eduardo Neves** que me auxiliaram sempre que necessitei.

Naturalmente, qualquer omissão ou erro é da minha inteira responsabilidade.

Resumo

O presente relatório tem por objectivo apresentar e descrever de forma detalhada o projecto enquadrado no Trabalho Final de Mestrado com o objectivo de obter o grau de mestre em Engenharia Civil na área de especialização de Estruturas, sob a supervisão do seu director, **Eng.º Carlos Ferraz** e com o auxílio da **Eng.ª Maria Emília Gonçalves** da empresa **Edgar Cardoso - Engenharia e Laboratório de Estruturas**.

A elaboração do relatório de projecto tem como finalidade permitir ao aluno, futuro profissional, reflectir sobre o dimensionamento de viadutos e relatar a sua vivência e experiência adquiridas.

O dimensionamento de viadutos é sem dúvida, uma experiência enriquecedora, pois permite colocar em prática um manancial de conhecimentos adquiridos de uma forma teórica, por um lado e por outro conhecer a realidade profissional e institucional em que se trabalha. Como tal, procurou-se tirar o máximo partido desta oportunidade, através da diversificação de actividades desempenhadas.

A Obra de Arte desenvolvida é mais concretamente um projecto de execução de um Viaduto de quatro vãos com 105,5 m de comprimento.

O presente relatório está dividido em duas partes, **Memória Descritiva e em Cálculos Justificativos**.

A **Memória Descritiva** surge como suporte teórico do projecto, tendo como objectivo dar a conhecer ao leitor o local do projecto, assim como as actividades desenvolvidas ao longo do mesmo.

Os **Cálculos Justificativos** servem para justificar os resultados finais.

De referir que este trabalho segue a Norma Portuguesa 405 e não se rege pelo acordo ortográfico.

Palavras-chaves: Betão armado, Pré-esforço, Vigas Pré-fabricadas, Obra de Arte, Viaduto.

Abstract

This report aims to present and describe in detail the project framed in the Final Work Master in order to obtain a master's degree in Civil Engineering in the area of specialization of structures under the supervision of its Director, **Engineer Carlos Ferraz** and with the help of **Engineer Maria Emília Gonçalves** company **Edgar Cardoso - Engineering and Structures Laboratory**.

The preparation of the project report aims to enable the student, professional future, think about the design of viaducts and report their experience and acquired expertise.

The design of viaducts is undoubtedly an enriching experience as it allows to put into practice a wealth of knowledge gained in a theoretical way, on the one hand and on the other to meet professional and institutional reality in which we work. As such, we sought to make the most of this opportunity, through diversification of activities performed.

The Work of Art is specifically developed a draft implementation of a four-span viaduct with 105,5 m in length.

This report is divided into two parts, **Descriptive Memory** and **Calculations Justifications**.

The **Descriptive Memory** arise as theoretical support of the project, aiming to familiarize the reader the project site, as well as activities developed along the same.

The **Calculations Justifications** serve to justify the end results.

This work follows the Portuguese Standard 405 and is not governed by the agreement spelling.

Keywords: Reinforced Concrete, Prestressing, Prefabricated Beams, Engineering Structure, Viaduct.

Índice Geral

INTRODUÇÃO	1
MEMÓRIA DESCRITIVA	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. ELEMENTOS BASE DO ESTUDO	5
2.1. CONDICIONAMENTOS RODOVIÁRIOS.....	5
2.2. PLANTA E PERFIL LONGITUDINAL.....	6
2.3. PERFIS TRANSVERSAIS.....	6
2.4. CONDICIONAMENTOS REGULAMENTARES	7
2.4.1. “GABARIT”	7
2.4.2. CLASSE DE SOBRECARGA	7
2.5. CONDICIONAMENTOS GEOTÉCNICOS.....	8
3. SOLUÇÃO ESTRUTURAL	9
3.1. TABULEIRO.....	9
3.2. PILARES.....	10
3.3. ENCONTROS	10
3.4. PASSADIÇOS	11
3.5. MATERIAIS.....	11
3.6. RECOBRIMENTOS MÍNIMOS	12
4. ACÇÕES.....	12
5. CRITÉRIOS DE VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA	13
5.1. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L.UTILIZAÇÃO	14
5.1.1. DESCOMPRESSÃO – COMBINAÇÃO QUASE PERMANENTE.....	14
5.1.2. FENDILHAÇÃO – COMBINAÇÃO FREQUENTE.....	14
5.1.3. TENSÃO MÁXIMA DE COMPRESSÃO – COMBINAÇÃO RARA	15
5.2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L.ÚLTIMO	15
5.3. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L. DEFORMAÇÃO	16
6. MÉTODOS DE CÁLCULO.....	17
7. PROCESSOS DE CÁLCULO.....	17
8. FASEAMENTO CONSTRUTIVO.....	17
9. PEÇAS DESENHADAS.....	21
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	23
CAPÍTULO I – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO TABULEIRO	25
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	25
2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO TABULEIRO NA DIRECÇÃO LONGITUDINAL.....	26
2.1. ACÇÕES	26
2.1.1. SOBRECARGAS RODOVIÁRIAS	27
2.1.1.1. VEÍCULO TIPO.....	27
2.1.1.2. SOBRECARGA UNIFORME E LINEARMENTE DISTRIBUÍDAS	28
2.1.2. VARIAÇÕES DE TEMPERATURA	28

2.1.3.	RETRACÇÃO E FLUÊNCIA.....	29
2.1.4.	PRÉ-ESFORÇO	30
2.1.4.1.	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO PRÉ-ESFORÇO.....	30
2.1.4.2.	PERDAS DE PRÉ-ESFORÇO.....	31
2.1.4.2.1.	PERDAS INSTANTÂNEAS	31
2.1.4.2.2.	PERDAS DIFERIDAS	34
2.2.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L. DE UTILIZAÇÃO.....	37
2.2.1.	ESTADO LIMITE DE FENDILHAÇÃO	37
2.2.2.	ESTADO LIMITE DE DESCOMPRESSÃO.....	40
2.2.3.	ESTADO LIMITE DE DEFORMAÇÃO	41
2.3.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L.ÚLTIMO.....	64
2.3.1.	ESFORÇOS ACTUANTES	64
2.3.1.1.	ESFORÇO DE FLEXÃO.....	64
2.3.1.2.	ESFORÇO TRANSVERSO	69
2.3.2.	ESFORÇOS RESISTENTES	73
2.3.2.1.	ESFORÇO DE FLEXÃO.....	73
2.3.2.2.	ESFORÇO TRANSVERSO	80
2.3.3.	FLUXO DE CORTE.....	83
3.	PRÉ-LAJES.....	88
CAPÍTULO II – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DOS PILARES		89
1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	89
2.	ACÇÕES.....	89
2.1.	ACÇÃO DO SISMO.....	89
2.2.	ACÇÃO DO VENTO.....	90
2.2.1.	ACÇÃO DO VENTO NO TABULEIRO	91
2.2.2.	ACÇÃO DO VENTO NOS VEÍCULOS	91
2.2.3.	ACÇÃO DO VENTO NOS PILARES	92
2.2.4.	FORÇA HORIZONTAL TRANSVERSAL.....	92
2.3.	SOBRECARGAS RODOVIÁRIAS.....	93
2.3.1.	FORÇAS DE FRENAGEM	93
2.3.2.	VEÍCULO TIPO.....	93
2.3.3.	SOBRECARGA LINEAR E UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDA	93
2.4.	RETRACÇÃO E FLUÊNCIA	94
3.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L.U. DE ENCURVADURA	94
3.1.	INTRODUÇÃO	94
3.2.	ESBELTEZA DOS PILARES	95
4.	VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L.ÚLTIMO.....	96
4.1.	INTRODUÇÃO	96
4.2.	ESFORÇO ACTUANTE.....	97
4.2.1.	ESFORÇO DE FLEXÃO.....	100
4.2.2.	ESFORÇO TRANSVERSO.....	100
4.3.	ESFORÇOS RESISTENTES.....	101
4.3.1.	ESFORÇO DE FLEXÃO.....	101
4.3.2.	ESFORÇO TRANSVERSO	103
5.	CAPITEL	106

CAPÍTULO III – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DAS FUNDAÇÕES.....	110
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	110
1.1. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA EM RELAÇÃO AO E.L. UTILIZAÇÃO.....	110
1.1.1. ESFORÇO ACTUANTE.....	110
1.1.2. ESFORÇO RESISTENTE.....	112
2. MACIÇO DE ENCABEÇAMENTO DOS PILARES.....	114
CAPÍTULO IV – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DOS APARELHOS DE APOIO.....	118
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	118
2. REACÇÕES VERTICAIS, DESLOCAMENTOS E ROTAÇÕES DOS APOIOS.....	118
CAPÍTULO V – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO.....	124
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	124
2. DESLOCAMENTOS.....	124
CAPÍTULO VI – VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA NOS ENCONTROS.....	125
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	125
2. ACÇÕES NOS ENCONTROS.....	126
2.1. ACÇÕES PROVENIENTES DO TABULEIRO.....	126
2.2. IMPULSOS DE TERRAS.....	126
2.3. ENCONTROS E1 / E2.....	129
2.3.1. ESPELHO.....	129
2.3.2. VIGA DE ESTRIBO.....	130
2.3.3. ASA.....	133
2.3.4. MACIÇO DE ENCABEÇAMENTO DO ENCONTRO.....	136
2.3.4.1. ARMADURA DA ESTACA.....	140
CONCLUSÃO.....	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
ANEXOS.....	143
ANEXO I – PRÉ-ESFORÇO.....	145
ANEXO II – FASE 1.....	148
ANEXO III – FASE 2.....	151
ANEXO IV – FASE 3.....	154
ANEXO V – FASE 4.....	159
ANEXO VI – FASE 5.....	162
ANEXO VII – FASE 6.....	165
ANEXO VIII – MOMENTO FLEXÃO ACTUANTE.....	171
ANEXO IX – ESFORÇO TRANSVERSO ACTUANTE.....	176
ANEXO X – ESFORÇOS ACTUANTES NOS PILARES.....	181
ANEXO XI – MACIÇO DE ENCABEÇAMENTO.....	186

Índice de Figuras

Memória Descritiva

Figura 1 – Perfil transversal.	6
Figura 2 – Viga VU 180.	9
Figura 3 – 1ª Fase do faseamento construtivo.	17
Figura 4 – 2ª Fase do faseamento construtivo.	18
Figura 5 – 3ª Fase do faseamento construtivo.	18
Figura 6 – 4ª Fase do faseamento construtivo.	19
Figura 7 – 5ª Fase do faseamento construtivo.	19
Figura 8 – 6ª Fase do faseamento construtivo.	20
Figura 9 – 7ª Fase do faseamento construtivo.	20
Figura 10 – 8ª Fase do faseamento construtivo.	20

Cálculos Justificativos

Capítulo I – Verificação da Segurança do Tabuleiro

Figura 1.1 – Secção esquerda e direita.	25
Figura 1.2 – Veículo Tipo.	27
Figura 1.3 - Largura de influência na pré-laje.	88

Capítulo II – Verificação da Segurança dos Pilares

Figura 2.1 – Valor característico da pressão dinâmica do vento.	90
--	----

Capítulo III – Verificação da Segurança das Fundações

Figura 3.1– Maciço de encabeçamento de estacas.	111
Figura 3.2 – Modelo de cálculo.	112

Capítulo VI – Verificação da Segurança nos Encontros

Figura 6.1 – Impulsos no espelho.	129
Figura 6.2 – Viga de estribo e espelho.	130
Figura 6.3 – Acção do Veículo Tipo.	132
Figura 6.4 – Impulsos na Asa.	133
Figura 6.5 – Representação dos impulsos actuantes no maciço de encabeçamento.	136

Índice de Quadros

Cálculos Justificativos

Capítulo I – Verificação da Segurança do Tabuleiro

Quadro I.1 – Características geométricas da secção.	25
Quadro I.2 – Cargas Permanentes da secção esquerda.	26
Quadro I.3 – Restantes Cargas Permanentes da secção esquerda.	26
Quadro I.4 – Cargas Permanentes da secção direita.	27
Quadro I.5 – Restantes Cargas Permanentes da secção direita.	27
Quadro I.6 – Tensões na viga no 1º e 4º tramo na fase 1.	42
Quadro I.7 – Tensões na viga no 2º tramo na fase 1.	43
Quadro I.8 – Tensões na viga no 3º tramo na fase 1.	44
Quadro I.9 – Tensões na viga no 1º e 4º tramo na fase 2.	45
Quadro I.10 – Tensões na viga no 2º tramo na fase 2.	46
Quadro I.11 – Tensões na viga no 3º tramo na fase 2.	47
Quadro I.12 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 3.	48
Quadro I.13 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 3.	49
Quadro I.14 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 3.	50
Quadro I.15 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 3.	51
Quadro I.16 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 4.	52
Quadro I.17 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 4.	53
Quadro I.18 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 4.	54
Quadro I.19 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 4.	55
Quadro I.20 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 5.	56
Quadro I.21 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 5.	57
Quadro I.22 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 5.	58
Quadro I.23 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 5.	59
Quadro I.24 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 6.	60
Quadro I.25 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 6.	61
Quadro I.26 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 6.	62
Quadro I.27 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 6.	63
Quadro I.28 – Esforços de flexão actuantes no 1º tramo.	65
Quadro I.29 – Esforços de flexão actuantes no 2º tramo.	66
Quadro I.30 – Esforços de flexão actuantes no 3º tramo.	67
Quadro I.31 – Esforços de flexão actuantes no 4º tramo.	68
Quadro I.32 – Esforços transversos actuantes no 1º tramo.	69

Quadro I.33 – Esforços transversos actuantes no 2º tramo.....	70
Quadro I.34 – Esforços transversos actuantes no 3º tramo.....	71
Quadro I.35 – Esforços transversos actuantes no 4º tramo.....	72
Quadro I.36 – Pré-esforço da viga no banzo inferior.....	73
Quadro I.37 – Esforços actuantes e resistentes no 1º tramo.....	76
Quadro I.38 – Esforços actuantes e resistentes no 2º tramo.....	77
Quadro I.39 – Esforços actuantes e resistentes no 3º tramo.....	78
Quadro I.40 – Esforços actuantes e resistentes no 4º tramo.....	79
Quadro I.41 – Esforço transversos actuantes nas vigas.....	82
Quadro I.42 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 1º tramo.....	84
Quadro I.43 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 2º tramo.....	85
Quadro I.44 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 3º tramo.....	86
Quadro I.45 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 4º tramo.....	87

CAPÍTULO II – Verificação da Segurança dos Pilares

Quadro II.1 – Características Geométricas dos Pilares.....	96
Quadro II.2 – Esforços actuantes na base e no topo do Pilar P1 (h = 13 m).....	97
Quadro II.3 – Esforços actuantes na base e no topo do Pilar P2 (h = 11 m).....	98
Quadro II.4 – Esforços actuantes na base e no topo do Pilar P3 (h = 11 m).....	98
Quadro II.5 – Momentos flectores actuantes na base e topo dos pilares P1, P2 e P3.....	100
Quadro II.6 – Esforços transversos actuantes na base e topo dos pilares P1, P2 e P3.....	100
Quadro II.7 – Dimensionamento da armadura de flexão dos pilares P1, P2 e P3.....	102
Quadro II.8 – Dimensionamento da armadura de esforço transversal dos pilares P1, P2 e P3.....	105

Capítulo III – Verificação da Segurança das Fundações

Quadro III.1 – Esforços de cálculo no maciço de encabeçamento.....	111
--	-----

Capítulo IV – Verificação da Segurança dos Aparelhos de Apoio

Quadro IV.1 – Reacções verticais, deslocamentos e rotações por aparelho de apoio.....	118
Quadro IV.2 – Aparelho de apoio a adoptar.....	123

Introdução

O tema do Trabalho Final de Mestrado a desenvolver tem como objectivo obter o grau de mestre em Engenharia Civil na área de especialização de Estruturas.

O trabalho a desenvolver baseia-se num projecto de execução de uma obra de arte, mais precisamente um viaduto.

As razões da escolha por este tema são a grandiosidade que este tipo de projectos envolve, a curiosidade em saber projectar verdadeiramente, aumentar as competências e os conhecimentos adquiridos na Licenciatura e no Mestrado.

As obras de arte têm uma importância imprescindível na História da Engenharia Civil quer a nível nacional quer a nível internacional. Desde dos tempos dos Romanos até aos dias de hoje se constroem obras de arte com a finalidade de ligar vias de comunicação que seriam intransponíveis devido aos obstáculos naturais e também aos que são criados pelo Homem.

A Obra de Arte a desenvolver é mais concretamente um Viaduto de quatro vãos com 105,5 m de comprimento.

O procedimento para a realização do projecto é primeiramente analisar os condicionalismos presentes relativamente:

- à topografia, ocupação da envolvente;
- ao traçado, gabarit e perfis transversais e longitudinais;
- às questões geotécnicas, análise dos relatórios de laboratório em relação às características do solo de fundação;
- à parte hidráulica, como a existência ou não de nível freático ou de linhas de água, a água das chuvas provenientes do tabuleiro serão transportadas para valetas laterais;
- serviços afectados, como por exemplo, postes de tensão e edificações.

Tendo em conta estes condicionalismos nos elementos previamente fornecidos, realizam-se estudos sobre os aspectos de concepção da infra-estrutura e dos métodos construtivos a aplicar, dimensionando desta forma os pilares, encontros, fundações e a superestrutura do viaduto.

A verificação da segurança é efectuada em todos os elementos estruturais de modo a que estes funcionam em pleno, sendo naturalmente respeitada pelo **Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP)** e pelo **Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP)**.

A análise do comportamento estrutural será efectuada recorrendo ao programa de cálculo automático SAP2000. Neste programa irão ser calculados e analisados os esforços devido às acções e às combinações de acções.

O trabalho é constituído por uma memória descritiva, cálculos justificativos e peças desenhadas.

A memória descritiva descreve as condicionantes do projecto e as soluções estruturais adoptadas.

Os cálculos justificativos dividem-se em seis capítulos. Nesta parte são verificadas a segurança aos diversos elementos estruturais que compõem o viaduto, como vigas, pilares, fundações, encontros, aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

As peças desenhadas reflectem as opções tomadas para a concepção da obra de arte, em virtude dos cálculos e das condicionantes.

MEMÓRIA DESCRITIVA

1. Introdução

O objectivo do trabalho é projectar um viaduto de quatro vãos, com 105,5 m de comprimento.

Os tabuleiros são pré-fabricados e independentes em betão armado e pré-esforçado na direcção longitudinal, com largura compatível ao perfil de auto-estrada, com duas vias em cada sentido.

Os pilares são monolíticos e o tabuleiro é apoiado nos encontros.

O viaduto distribui-se em quatro vãos conforme referido:

20,0 m – 26,0 m – 39,5 m – 20,0 m

2. Elementos Base do Estudo

Os Elementos Base do Estudo fornecidos representam as características do local da implantação e do tipo de obra, entre os quais as oito sondagens efectuadas no terreno de implantação, o tipo de via e a directriz da auto-estrada.

A partir dos elementos de estudo são detetados os condicionamentos presentes, tais como geológicos/geotécnicos, rodoviários e regulamentares “Gabarit” e classe de sobrecarga.

2.1. Condicionamentos Rodoviários

Para a implantação do viaduto teve que se ter em conta a praça da portagem, um caminho público e os pilares tinham que estar a uma distância superior a 3,2 m da guarda de segurança.

A obra respeita na direcção longitudinal a directriz, a rasante e ainda em perfil transversal os elementos definidos no traçado, complementados com as dimensões correspondentes de passeios e vigas de bordadura.

2.2. Planta e perfil Longitudinal

O viaduto em planta inscreve-se numa clotóide à direita com um parâmetro A igual a 700, tendo início ao Km 22 + 807,755 e termina ao Km 22 + 912,755.

Longitudinalmente, o viaduto insere-se numa concordância côncava com 20 000 m de raio.

2.3. Perfis Transversais

As características do perfil transversal do tabuleiro com os respectivos passeio, viga de bordadura, lancis, bermas e faixa de rodagem têm as seguintes dimensões, como indica a figura 2:

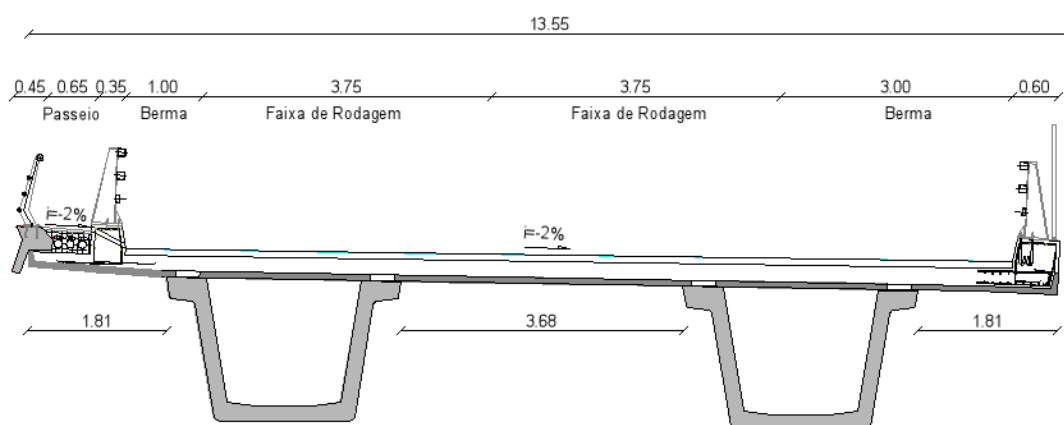


Figura 1 – Perfil transversal.

Faixa de rodagem = 7,5 m

Berma exterior = 3 m

Berma interior = 1 m

Passeio = 0,65 m

Viga de Bordadura = 0,35 m

Lancil exterior = 0,45 m

Lancil interior = 0,6 m

Total = 13,55 m

O perfil transversal tipo a considerar na largura transversal do tabuleiro é de 13,55 m.

Considerou-se ainda uma separação central de 2,60 m que separa os dois tabuleiros, ao longo de toda a extensão da obra.

A sobrelevação do tabuleiro é variável pois a directriz está representada por uma clotóide à direita.

O tapete betuminoso tem uma espessura de 8 cm, a pré-laje de 8 cm e o betão fresco de 20 cm.

Os passeios apresentam uma inclinação de 2% para o interior do tabuleiro, permitindo o escoamento das águas pluviais, evitando a sua concentração, o que pode acarretar problemas para a circulação e conservação da obra.

O enchimento dos passeios é constituído por agregados leves, revestidos por lajetas de betão pré-fabricadas com 3 cm de espessura. No interior de cada passeio estão inseridos 12 tubos de PVC entre os quais 3 com 100 mm de diâmetro e 9 com 40 mm de diâmetro, que se destinam à eventual passagem de cabos.

2.4. Condicionamentos Regulamentares

2.4.1. “Gabarit”

O “Gabarit” mínimo de 5 m rodoviário é repetido para o atravessamento quer da praça de portagens quer do caminho municipal.

2.4.2. Classe de Sobrecarga

A obra foi considerada da Classe I sendo as acções, combinações e restantes condicionamentos regulamentares aplicáveis as estipuladas pelo **RSAEEP**.

2.5. Condicionamentos Geotécnicos

O viaduto encontra-se sobre materiais sedimentares cenozóicos, constituídos pelo Plio-Plistocénico (PQ) e pelo Miocénico (M).

Superficialmente, estes materiais encontram-se cobertos por depósitos siltoarenosos (SV) ou por aterro areno-argiloso (QXP).

O Plio-Plistocénico encontra-se representado por material arenoso de grão fino a médio, que cobre a formação miocénica.

O Miocénico está representado por areias (M1), sob a forma lenticular e especialmente por argilas (M2), com componente carbonatada.

Não foi detectado nível freático, no decorrer dos trabalhos de prospecção.

O facto de o solo ser maioritariamente composto por areias, considerou-se a hipótese da eventual ocorrência de liquefacção do terreno que venha a surgir durante um sismo. Face a isto, optou-se por fundações indirectas para todos os pilares e encontros, através de estacas moldadas no local e um aumento de comprimento efectivo das estacas, abaixo das camadas de terreno onde os resultados SPT são superiores ou iguais a 60 pancadas.

O estudo geotécnico baseado em 8 sondagens mecânicas, acompanhadas pela realização de ensaios de penetração dinâmica do tipo SPT, servem descrever o tipo de terreno. Sendo que para cada pilar e encontro as características de cada apoio foram baseadas na sondagem mais próxima, como a seguir se indicam:

- Encontro 1 (E1) – Sondagem 1 (S1);
- Alinhamento 1 – Sondagem 2 e Sondagem 3 (S2 e S3);
- Alinhamento 2 – Sondagem 4 e Sondagem 5 (S4 e S5);
- Alinhamento 3 – Sondagem 6 e Sondagem 7 (S6 e S7);
- Encontro 2 (E2) – Sondagem 8 (S8).

3. Solução Estrutural

A solução estrutural desta Obra de Arte foi adoptada tendo em consideração as condições de traçado do trecho em questão, o atravessamento da praça da portagem, os aspectos geotécnicos e a sua integração no lanço global.

3.1. Tabuleiro

O viaduto desenvolve-se em quatro vãos, dois extremos de 20 m e dois intermédios de 26 m e 39,5 m, medidos sobre o eixo longitudinal do tabuleiro, perfazendo um comprimento total de 105,5 m:

$$20 + 26 + 39,5 + 20 = 105,5 \text{ m}$$

O viaduto é constituído por dois tabuleiros independentes pré-fabricados compatível com perfil de auto-estrada.

Cada tabuleiro é composto por duas vigas com secção do tipo VU 180 solidarizadas por uma pré-laje prolongando-se para fora por meio de uma consola. As vigas, de inércia, altura e largura constantes, são pré-esforçadas longitudinalmente, sendo que transversalmente são armadas apenas com armaduras passivas.

A viga VU 180 tem as seguintes características:

- Altura = 1,80 m;
- Largura superior = 3,03 m;
- Largura inferior = 1,80 m;
- Área = 1,1734 m²;
- $I_x = 0,4619 \text{ m}^4$;
- $I_y = 0,9752 \text{ m}^4$;
- $v_s = 1,0075 \text{ m}$
- $v_i = 0,7925 \text{ m}$

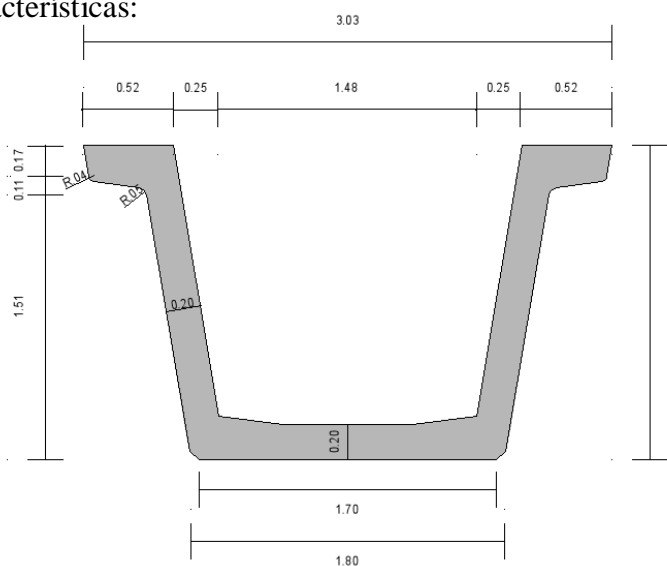


Figura 2 – Viga VU 180.

3.2. Pilares

Os pilares adoptados para o viaduto são circulares, de secção cheia, monolítico nos pilares e nos maciços de encabeçamentos das estacas.

Foi adoptada uma configuração de pares de pilares atendendo a secção transversal.

Foram utilizadas fundações indirectas realizadas para estacas e para os encontros grupos de estacas.

Os maciços de fundação dos pilares possuem dimensões em planta de 9 m por 2 m com 1,5 m de espessura.

3.3. Encontros

Os encontros são elementos bastante resistentes, para poderem absorver a totalidade das forças devidas a um sismo, ambos são do tipo perdido, constituídos pelo espelho e viga de estribo assente em estacas.

Os encontros dispõem lateralmente de muros em consola, a asa, que se destinam a suportar os acrotérios e a dar contenção aos aterros de acesso a obra de arte.

Os tabuleiros têm livre dilatação em ambos os encontros e sendo aí, travados na direcção transversal.

Os aparelhos de apoio são do tipo “pot-bearing”, sendo unidireccionais nos encontros e fixos nos pilares rotulados, permitindo a ocorrência de rotações.

O número de aparelhos de apoio é de 2 por encontro, resultando um total de 4 unidades por tabuleiro e um total de 8 na obra de arte.

3.4. Passadiços

Os passadiços têm no seu interior furos destinados a passagem de cabos e de fibras ópticas, e são limitados no interior pelos lancis que os separam da faixa de rodagem e os ligam ao tabuleiro e, ainda, pelos perfis metálicos de segurança, e no exterior pelas vigas de bordadura nas quais estão fixadas as guardas metálicas.

A ponte está dotada dos equipamentos normalmente considerados em obras do género, tais como esgotos, caixas de visita nos passadiços, vigas de bordadura, guardas, perfis de segurança, juntas de dilatação, etc

3.5. Materiais

Os principais materiais a utilizar na construção das várias peças constituintes da obra de arte são:

➤ **Betão**

- Classe de resistência

- ❖ Elementos Pré-fabricados.....C45/55
- ❖ Tabuleiro, pilares, fundações e encontros..... C30/37
- ❖ Viga de bordadura C20/25
- ❖ Regularização das fundaçõesC16/20

- Classe de exposição ambiental (EN206 com a especificação do LNEC E464 – 2007)

- ❖ Tabuleiro, pilares e encontros..... XC4
- ❖ Fundações e elementos enterrados..... XC2

➤ **Aço** (Especificação LNEC E455-2002 e E460-2002)

- ❖ Armadura passiva..... A500 NR SD
- ❖ Pré-esforço.....Classe Y 1860
- ❖ Guarda corpos..... S 235

3.6. Recobrimentos Mínimos

Os recobrimentos mínimos adoptados foram:

❖ Elementos não enterrados.....	40 mm
❖ Elementos enterrados.....	50 mm
❖ Estacas.....	70 mm

4. Acções

As acções aplicadas no dimensionamento desta estrutura foram as estipuladas pelo RSAEEP (Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes), para pontes da classe I e para a zona territorial onde se localiza. As acções contabilizadas foram:

- **Permanentes:**
 - Peso Próprio;
 - Restantes Cargas Permanentes (viga de bordadura, passadiço, guarda corpos, guardas de segurança e tapete betuminoso);
 - Pré-esforço;
 - Pré-laje;
 - Betão fresco;
 - Efeitos diferidos
 - Retracção (assimilada a uma variação uniforme de temperatura de -15°C);
 - Fluência (assimilada a uma variação uniforme de temperatura de -30°C);

- **Variáveis**
 - Sobrecargas nos passeios;
 - Sobrecarga uniforme e linearmente distribuída;
 - Variação uniforme e diferencial de temperatura;
 - Veículo tipo (classe I);
 - Força de Frenagem;
 - Sismo (zona A, RSA – Anexo III);
 - Vento (zona A, RSA – Artigo 20.º).

5. Critérios de Verificação da Segurança

As verificações da segurança realizadas no projecto do viaduto foram realizadas de acordo com o recomendado no RSA (Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes) e no REBAP (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado).

Os estados limites verificados relativamente à segurança foram:

- E.L.Utilização;
- E.L.Último.

5.1. Verificação da Segurança em Relação ao E.L.Utilização

A verificação da segurança em relação ao E.L.Utilização efectuou-se para todos os elementos betão armado e pré-esforçados e de acordo com o REBAP o ambiente considerado foi o moderadamente agressivo, tendo-se verificado a segurança para os seguintes estados limite.

- Descompressão – combinações de acções quase permanentes (REBAP Artigo 68.º, quadro IX);
- Fendilhação – combinações de acções frequentes em secções simplesmente armadas (REBAP Artigo 68.º, quadro VIII, $w = 0,2$ mm) e nas secções pré-esforçadas ($w = 0,1$ mm);
- Tensão máxima de compressão – combinações de acções raras.

5.1.1. Descompressão – Combinação Quase Permanente

$$S_{qp} = \Sigma G_i + \Sigma (\psi_{2,j} \times Q_j)$$

- Valores característicos das cargas permanentes..... G_i ;
- Valores característicos das cargas variáveis..... Q_j ;
- Variação uniforme e diferencial de temperatura..... $\psi_{2,j} = 0,3$;
- Sobrecargas rodoviárias..... $\psi_{2,j} = 0,2$.

5.1.2. Fendilhação – Combinação Frequente

$$S_{fr} = \Sigma G_i + \psi_{1,j} \times Q_j + \Sigma (\psi_{2,j} \times Q_j)$$

- Valores característicos das cargas permanentes..... G_i ;
- Valores característicos das cargas variáveis..... Q_j ;
- Variação uniforme e diferencial de temperatura..... $\psi_{2,j} = 0,3$;
- Sobrecargas rodoviária..... $\psi_{1,j} = 0,4$.

5.1.3. Tensão Máxima de Compressão – Combinação Rara

$$S_{rr} = \Sigma G_i + Q_j + \Sigma (\psi_{1,j} \times Q_j)$$

- Valores característicos das cargas permanentes G_i ;
- Valores característicos das cargas variáveis..... Q_j ;
- Variação uniforme e diferencial de temperatura..... $\psi_{1,j} = 0,5$.

5.2. Verificação da Segurança em Relação ao E.L.Último

A verificação da segurança em relação ao E.L.Último de resistência realizou-se para todos os elementos estruturais, tendo sido feitas as seguintes combinações:

$$S_d = \Sigma \gamma_g \times G_i + \gamma_q \times Q_j + \Sigma (\gamma_q \times \psi_{0,j} \times Q_j)$$

Ação variável base: Sobrecargas Rodoviárias, Temperatura e Vento

- Valores característicos das cargas permanentes..... G_i ;
- Valores característicos das cargas variáveis..... Q_j ;
- Peso próprio + restante carga permanente..... $\gamma_g = 1$ ou $1,35$;
- Pré-esforço..... $\gamma_g = 0,9$ ou $1,2$;
- Retracção e Fluência..... $\gamma_g = 0$ ou $1,5$;
- Sobrecargas rodoviárias..... $\gamma_q = 0$ ou $1,5$ / $\psi_{0,j} = 0,6$;
- Variação uniforme de temperatura..... $\gamma_q = 0$ ou $1,5$ / $\psi_{0,j} = 0,6$;
- Vento..... $\gamma_q = 0$ ou $1,5$ / $\psi_{0,j} = 0,4$.

Acção variável base: Acção sísmica

$$S_d = \sum \gamma_g \times G_i + \gamma_q \times S_E + \sum (\gamma_q \times \psi_{2,j} \times Q_j)$$

- Valores característicos das cargas permanentes..... G_i ;
- Valores característicos das cargas variáveis..... Q_j ;
- Valores característicos da acção sísmica S_E ;
- Peso próprio + restante carga permanente..... $\gamma_g = 1$;
- Pré-esforço..... $\gamma_g = 1$;
- Acção sísmica $\gamma_q = 1,5$;
- Retracção e Fluência..... $\gamma_g = 0$ ou 1 ;
- Variação uniforme de temperatura..... $\gamma_q = 0$ ou $1 / \psi_{2,j} = 0,3$.

5.3. Verificação da Segurança em Relação ao E.L. Deformação

De acordo com o REBAP a verificação da segurança em relação aos estados limites de deformação para elementos de betão armado, para combinações frequentes de acções, têm que satisfazer as seguintes flechas:

- Lajes e vigas:

$$\delta < 1 / 400$$

- Elementos pré-esforçados:

$$\delta < 1 / 1000$$

6. Métodos de Cálculo

A análise do comportamento estrutural será efectuada recorrendo ao programa de cálculo automático SAP2000 sendo possível simular a estrutura por modelos tridimensionais, permitindo determinar os valores característicos dos esforços nos vários elementos constituintes da Obra de Arte, devido a solicitações estáticas e dinâmicas. Os efeitos da acção sísmica foram determinados através de uma análise dinâmica, tendo-se recorrido aos espectros de resposta do R.S.A.

7. Processos de Cálculo

O processo de cálculo adoptado relativamente ao tabuleiro do viaduto consistiu no faseamento de seis fases.

Dividiu-se cada tramo do viaduto em 20 secções, com o fim de obter as tensões inferiores e superiores, momentos na viga e na laje nas diversas fases.

8. Faseamento Construtivo

O faseamento construtivo da obra de arte apresenta-se de seguida estando ela dividida em 8 fases de construção:

1ª Fase

– Terreno natural.



Figura 3 – 1ª Fase do faseamento construtivo.

2ª Fase

- Execução de aterros;
- Execução das estacas dos pilares-estaca e travessa entre pilares;
- Execução das estacas e maciços de encabeçamento dos encontros.

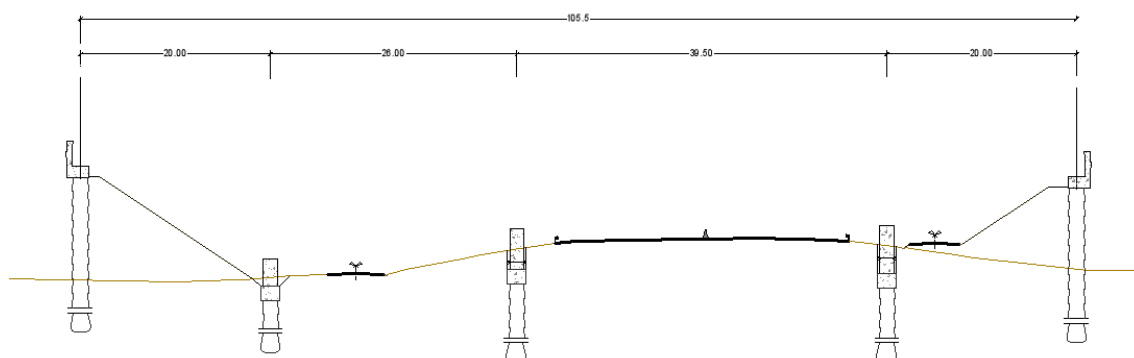


Figura 4 – 2ª Fase do faseamento construtivo.

3ª fase

- Execução do fuste dos pilares e pré-carlingas nos encontros.

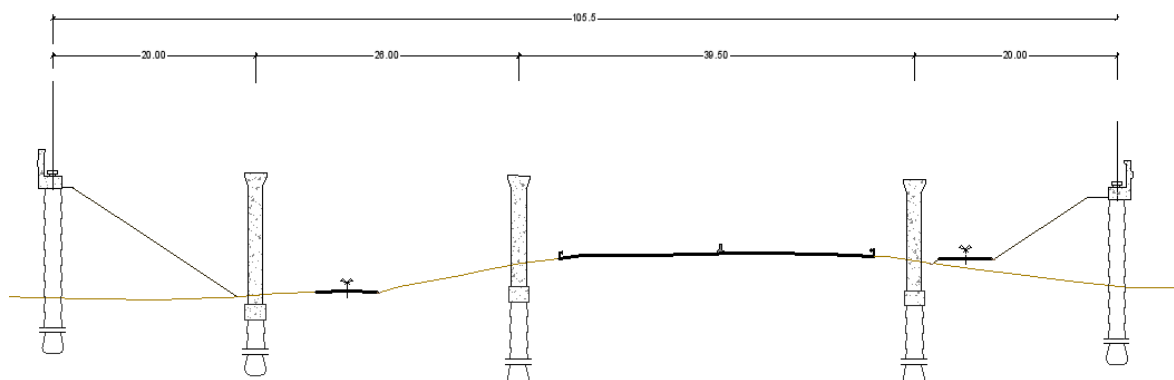


Figura 5 – 3ª Fase do faseamento construtivo.

4ª Fase

- Colocação das vigas pré-tensionadas sobre os encontros e os pilares com o auxílio de grua;
- Colocação de calços de apoio às vigas;
- Betonagem do nó de ligação entre o tabuleiro e o pilar;
- Aperto das barras de pré-esforço diwidag.

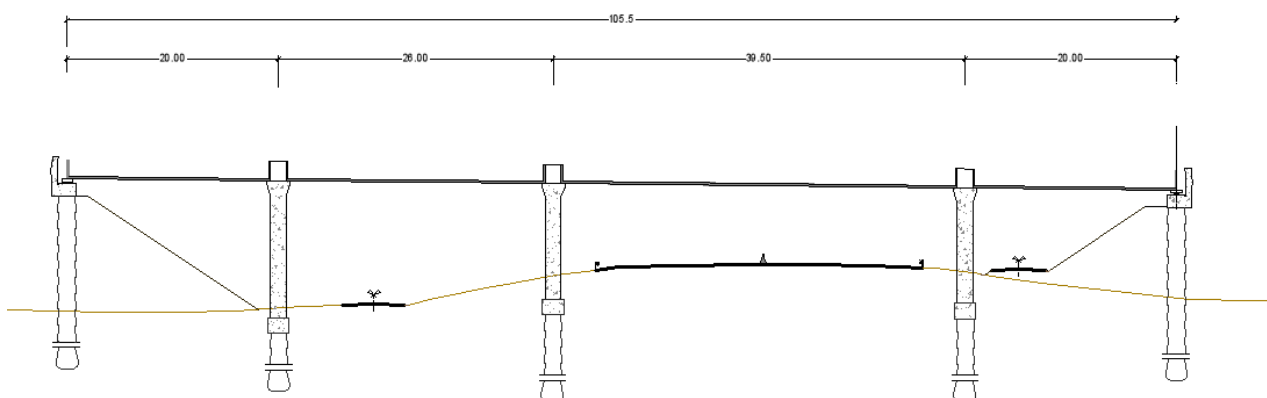


Figura 6 – 4ª Fase do faseamento construtivo.

5ª Fase

- Colocação das pré-lajes ao longo das vigas, a pré-laje que se segue à ancoragem activa do pré-esforço de continuidade.

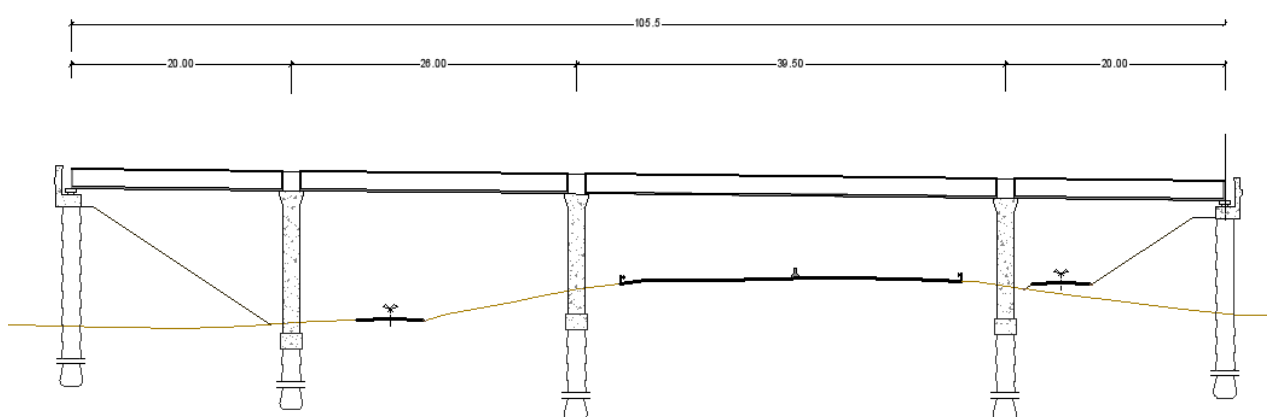


Figura 7 – 5ª Fase do faseamento construtivo.

6ª Fase

- Betonagem do troço de laje junto ao pilares;
- Assim que o betão adquira a resistência necessária, aplicação do pré-esforço de continuidade, seguindo-se a colocação das pré-lajes em falta.

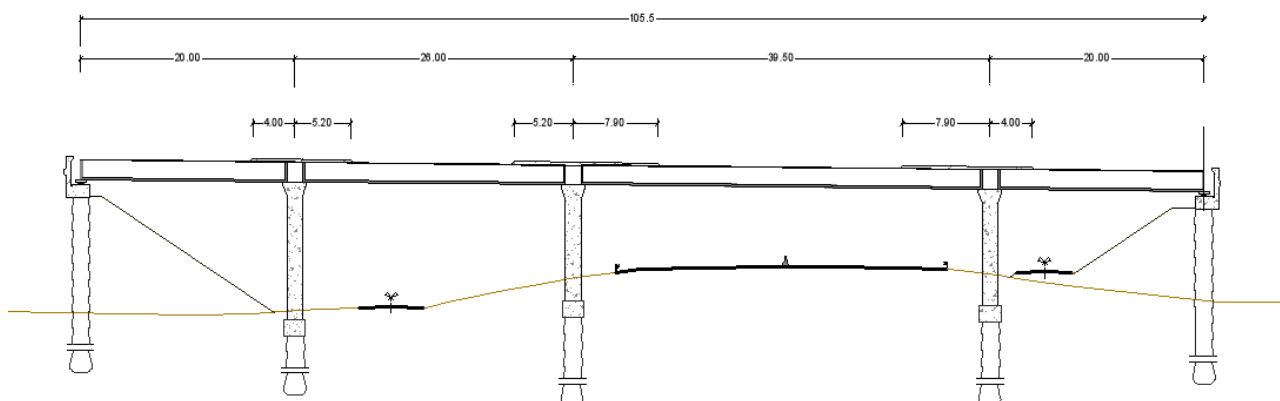


Figura 8 – 6ª Fase do faseamento construtivo.

7ª Fase

- Betonagem das restantes zonas do tabuleiro.

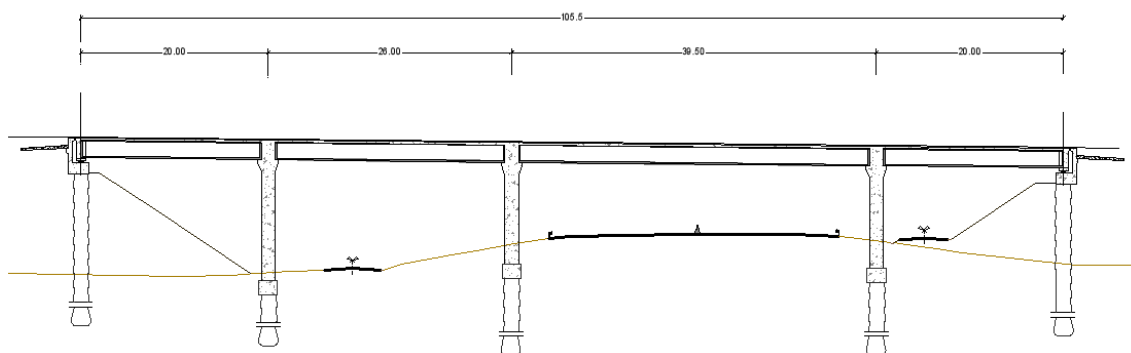


Figura 9 – 7ª Fase do faseamento construtivo.

8ª Fase

- Obra final com acabamentos.

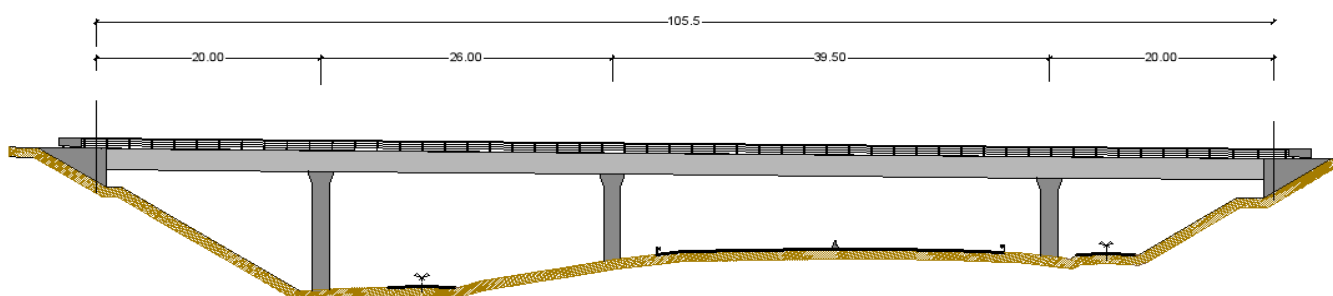


Figura 10 – 8ª Fase do faseamento construtivo.

9. Peças Desenhadas

Nas peças desenhadas são apresentadas uma lista de desenhos que compõem o presente Projecto de Execução, devidamente numerados e identificados.

Esta lista é composta por:

DESENHO Nº	TÍTULO
2	Implantação e Geometria do Traçado
3	Implantação e Localização das Sondagens
4	Faseamento Construtivo
5	Dimensionamento Geral
6	Dimensionamento Pilares e Capitel
7	Vigas Pré-Fabricadas – Armadura Activa
8	Tabuleiro – Armadura Activa I
9	Tabuleiro – Armadura Activa II
10	Tabuleiro – Armadura Activa III
11	Tabuleiro – Armadura Activa IV
12	Tabuleiro – Armadura Activa V
13	Dimensionamento – Encontros E1/E2
14	Betão Armado – Encontros I
15	Betão Armado – Encontros II
16	Betão Armado – Estacas Encontros
17	Betão Armado – Pilares e Maciço de Encabeçamento I
18	Betão Armado – Pilares e Maciço de Encabeçamento II
19	Betão Armado – Pilares e Maciço de Encabeçamento III
20	Pormenores I
21	Pormenores II
22	Pormenores III

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

O Módulo de Elasticidade da viga é diferente do Módulo de Elasticidade da pré-laje e do betão fresco, pelo que foi necessário proceder-se à homogeneização do betão entre a viga e a pré-laje, pois estão em contacto directo.

$$n = E_{\text{viga}} / E_{\text{pré-laje + betão fresco acima da laje}}$$

Calcula-se a inércia homogeneizada:

$$I = I_{\text{viga}} + I_{\text{pré-laje}} + n I_{\text{betão fresco acima da laje}}$$

2. Verificação da Segurança do Tabuleiro na Direcção Longitudinal

2.1. Acções

➤ Secção esquerda:

Quadro I.2 – Cargas Permanentes da secção esquerda.

	Área (m ²)	γ_b (KN/m ³)	CP (KN/m)	
Peso próprio da VU 180	1,17	25	29,34	
Pré-laje	0,54		13,55	
Betão Fresco	1,28		32,10	
			74,99	= Σ

$$CP = \text{Área} \times \gamma_b$$

Quadro I.3 – Restantes Cargas Permanentes da secção esquerda.

	Área (m ²)	γ_b (KN/m ³)	RCP (KN/m)	
Viga de bordadura	1,17	25	3,64	
Lancil	0,16		4,09	
Enchimento do passeio	0,16	24	3,89	
Tapete betuminoso	0,43		10,39	
Guarda corpos			1	
Guarda de segurança	-	-		
			24,01	= Σ

$$RCP = \text{Área} \times \gamma_b$$

➤ **Secção direita:**

Quadro I.4 – Cargas Permanentes da secção direita.

	Área (m ²)	γ_b (KN/m ³)	CP (KN/m)	
Peso próprio da VU 180	1,17	25	29,34	
Pré-laje	0,55		13,72	
Betão Fresco	1,49		37,15	
			80,21	= Σ

Quadro I.5 – Restantes Cargas Permanentes da secção direita.

	Área (m ²)	γ_b (KN/m ³)	RCP (KN/m)	
Lancil	0,23	25	5,83	
Tapete betuminoso	0,49	24	11,69	
Guarda corpos	-	-	1	
Guarda de segurança	-	-		
			19,52	= Σ

• **Sobrecarga de Obra**

Durante a obra foi utilizada uma sobrecarga uniforme de 2 KN/m².

Sobrecarga de obra = $2 \times 13,35 = 26,70$ KN/m

2.1.1. Sobrecargas Rodoviárias

2.1.1.1. Veículo Tipo

No artigo 41º do RSA, o veículo tipo para pontes de classe I tem de respeitar as seguintes condições:

- Veículo de três eixos, cada um de duas rodas, equidistantes de 1,5 m;
- Distância entre rodas de 2 m;
- Superfície de apoio de cada roda de $0,2 \times 0,6$ m² (a = 0,2 m e b = 0,6 m);
- Carga por cada eixo de 200 KN;

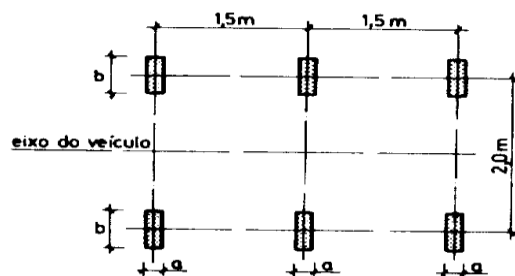


Figura 1.2 – Veículo Tipo.

2.1.1.2. Sobrecarga Uniforme e Linearmente Distribuídas

- Uniformemente distribuída

Com $Q_1 = 4 \text{ KN/m}^2$ e $L_1 = 5,75 \text{ m}$

$$Q_{SCU} = Q_1 \times L_1 \Leftrightarrow Q_{SCU} = 4 \times 5,75 = 23 \text{ KN/m}$$

- Linearmente distribuída

Com $Q_2 = 50 \text{ KN/m}$ e $L_2 = 5,75 \text{ m}$

$$Q_{SCU} = Q_2 \times L_2 \Leftrightarrow Q_{SCL} = 50 \times 5,75 = 287,5 \text{ KN}$$

O artigo 41.3 do RSA refere que as sobrecargas devidas ao tráfego a considerar para efeito da determinação do impulso das terras sobre os encontros foram assimiladas a uma carga uniformemente distribuída na faixa de rodagem, com um valor característico de 10 kN/m^2 .

2.1.2. Variações de Temperatura

Considerou-se para esta obra de arte a variação uniforme de temperatura e a variação diferencial de temperatura.

➤ Variação uniforme de temperatura

Conforme o artigo 17.º do RSA, as variações de temperatura processam-se lentamente e referem-se às variações anuais da temperatura ambiente. Segundo o artigo 18.1 do RSA o valor característico usado para uma variação uniforme de temperatura em estruturas de betão armado e pré-esforçado é de $\pm 15^\circ \text{ C}$.

E de acordo com o artigo 31.1 do REBAP, o coeficiente de dilatação térmica linear do betão e do aço tem o valor de $10 \times 10^{-6}/^\circ \text{ C}$.

➤ **Variação diferencial de temperatura**

A variação diferencial de temperatura depende das condições climáticas em que se encontra a obra. Estas variações são mais rápidas que as de uniforme originando gradientes térmicos na estrutura.

O valor característico que se optou para a variação diferencial de temperatura foi de +10° C e de -5° C, com variação linear na altura da secção, correspondente a um aquecimento diurno ou a um arrefecimento nocturno

$$VDT = T_s - T_i = +10^\circ \text{ C} \quad (\text{Aquecimento Diurno})$$

$$VDT = T_s - T_i = -5^\circ \text{ C} \quad (\text{Arrefecimento Nocturno})$$

2.1.3. Retracção e Fluência

A retracção define-se como o encurtamento lento e gradual longo do tempo, que uma peça de betão sofre ao mesmo que não esteja sujeito a nenhuma carga nem a variações de temperatura.

Conforme o artigo 32.2 do REBAP, os efeitos da retracção e fluência são assimiláveis a uma diminuição lenta e uniforme de temperatura de 15° C e de 30° C respectivamente.

Os parâmetros para fluência são a Humidade relativa média de 70% e temperatura ambiente de 20° C.

As extensões devido à retracção uniforme e diferencial laje-viga pré-fabricada são:

Retracção uniforme – $\epsilon_s = -25 \times 10^{-5}$ ou seja, equivalente a um abaixamento lento e uniforme de temperatura de 25 °C;

Retracção diferencial laje-viga pré-fabricada – $\epsilon_s = -5 \times 10^{-5}$ ou seja, equivalente a um abaixamento lento e uniforme de temperatura de 5 °C.

2.1.4. Pré-Esforço

O viaduto é constituído por dois tipos de pré-esforço, o das vigas pré-fabricadas e do de continuidade que ligam os pilares e garantem a continuidade da obra de arte.

O pré-esforço das vigas pré-fabricadas foi aplicado por pré-tensão. O que significa que é aplicado antes da betonagem e a transmissão da força resultante do pré-esforço é feita por aderência.

Durante as diversas fases de construção do viaduto foram determinados os esforços isostáticos e hiperestáticos tendo em conta as perdas instantâneas e diferidas do betão.

O cálculo do pré-esforço da estrutura socorreu-se do método das cargas equivalentes.

A directriz do traçado do pré-esforço das vigas pré fabricadas e do pré-esforço de continuidade sobre os pilares é rectilínea.

Os cabos de pré-esforço provocam momentos devido à excentricidade entre os respectivos cabos e a linha neutra da secção.

2.1.4.1. Pré-Dimensionamento do Pré-Esforço

O pré-dimensionamento do pré-esforço presente nas vigas VU180 teve em conta o peso próprio, carga permanente, restante carga permanente, sobrecarga uniforme e linear, sobrecarga de obra e variações de temperatura.

Para o caso do pré-esforço de continuidade foram utilizados 8 cabos com 7 cordões por cada cabo em cada uma das duas vigas que compõem o tabuleiro.

Verificou-se para os dois tipos de pré-esforço o estado limite de descompressão considerando para tal um ambiente moderadamente agressivo, a combinação de acção considerada foi a quase permanente.

A quantidade de pré-esforço determina-se do seguinte modo:

$$M_{qp} = M_{RCP + CP} + 0,2.M_{sc}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{qp}}{I} \times v_i - \frac{P \times e}{I} \times v_i - \frac{P}{A} \Leftrightarrow P = \frac{|M_{qp}|}{e \times \frac{v_i}{v_i \times A}}$$

2.1.4.2. Perdas de Pré-Esforço

As perdas de pré-esforço que ocorrem ao longo do traçado dos cabos e variam ao longo do tempo, dividem-se em dois grupos que por sua vez dividem-se em três tipos:

❖ Perdas instantâneas (ocorrem durante a aplicação do pré-esforço)

- Perdas por atrito;
- Perdas por deformação instantânea do betão;
- Perdas por reentrada das cunhas;

❖ Perdas diferidas

- Perdas por retracção do betão;
- Perdas por fluência do betão;
- Perdas por relaxação das armaduras.

A viga VU180 apresenta pelo fabricante uma perda instantânea de pré-esforço de 3% e uma perda diferida de 21,70 %.

2.1.4.2.1. Perdas Instantâneas

➤ **Perdas por atrito**

Quando se efectua o esticamento do cabo de pré-esforço, devido ao atrito que existe entre os cordões, o pré-esforço perde tensão ao longo do cabo.

As perdas de tensão por atrito são dadas pela aplicação da fórmula de Euler de acordo com o artigo 37.º do REBAP:

$$\sigma_{(x)} = \sigma_0 \cdot e^{-\mu(\beta + kx)}$$

Em que:

σ_0 – tensão de pré-esforço na origem;

β – soma dos valores absolutos (em radianos) dos ângulos de desvio do traçado da armadura de pré-esforço, ao longo da distância x ;

μ – coeficiente de atrito entre a armadura de pré-esforço e a bainha ($\mu = 0,2$);

k – desvio angular parasita por unidade de comprimento ($K = 0,01$);

x – distância da secção considerada à extremidade da armadura em que é aplicado o pré-esforço;

A perda de tensão nos cabos de pré-esforço por atrito é muito residual, como tal não foi efectuado o cálculo.

➤ Perdas por deformação instantânea do betão

O artigo 38.º do REBAP menciona que as perdas de tensão devidas à deformação instantânea do betão, foram calculadas pela expressão

$$\Delta\sigma_{po,e}(x) = \frac{E_p}{E_{c,j}} \times \sigma_c(x) \quad \text{com} \quad \sigma_c(x) = \frac{M_{cp} \times e}{I} - \frac{P \times e^2}{I} - \frac{P}{A}$$

Em que:

E_p – módulo de elasticidade da armadura de pré-esforço ($E_p = 195$ GPa);

$E_{c,j}$ – módulo de elasticidade do betão aquando a aplicação do pré-esforço ($E_{cm} = 36$ GPa);

σ_c – tensão de compressão no betão, na secção x , ao nível do centro mecânico da armadura de pré-esforço;

Temos então:

$$\sigma_c(x) = \frac{-700 \times 0,44}{1,5711} - \frac{10936,8 \times 0,44^2}{1,5711} - \frac{10936,8}{3,21} = -4950,84 \text{ KPa} = -4,95 \text{ MPa}$$

Assim:

$$\Delta\sigma_{p,o,e}(x) = \frac{195}{36} \times |-4,95| = 26,81 \text{ Mpa}$$

$$26,81/1395 = 0,0192 = 1,92\% \text{ de perda.}$$

➤ Perdas por reentrada das cunhas

As perdas por reentradas das cunhas, segundo as folhas da unidade curricular de Betão Estrutural III, do professor Luciano Jacinto, em que o alcance atinge a ancoragem passiva, são dadas pela seguinte expressão:

$$\sigma_0 = \sigma_0' - \frac{E_p \delta_r}{L}$$

Em que:

σ_0 – tensão inicial na ancoragem activa;

σ_0' – tensão de pré-esforço na origem;

E_p – módulo de elasticidade da armadura de pré-esforço ($E_p = 195 \text{ GPa}$);

δ_r – comprimento de reentrada das cunhas ($\Delta L = 5 \text{ mm}$);

L – comprimento do cabo rectilínio.

Sabendo que a tensão de pré-esforço é de 1395 MPa e que o comprimento do menor cabo de continuidade se situa no pilar 1 é de 9,2 m, determinou-se a tensão inicial:

$$\sigma_0 = \sigma_0' - \frac{E_p \delta_r}{L} \Rightarrow \sigma_0 = 1395 - \frac{195 \times 10^3 \times 0,005}{9,2} = 1290 \text{ MPa}$$

$$1395 - 1290 = 105 \text{ Mpa}$$

$$105/1395 = 0,0753 = 7,53 \% \text{ de perda.}$$

Contabilizando o total das perdas instantâneas atrás calculadas temos um total de:

$$1,92 \% + 7,53 \% = 9,45 \%$$

Para simplificação, as perdas instantâneas foram de 10 %.

2.1.4.2.2. Perdas Diferidas

➤ Perdas de tensão por retracção do betão

As perdas de tensão por retracção do betão são calculadas, segundo as folhas da unidade curricular de Betão Estrutural III, do professor Luciano Jacinto, pela seguinte expressão:

$$\Delta\sigma_{pt,s} = E_p | \varepsilon_{cs} |$$

Em que:

$\Delta\sigma_{pt,s}$ – perda tensão por retracção;

E_p – módulo de elasticidade da armadura de pré-esforço ($E_p = 195\text{GPa}$);

ε_{cs} – extensão devida à retracção.

Temos então que:

$$\Delta\sigma_{pt,s} = E_p | \varepsilon_{cs} | = 195 \times 10^3 \times |- 25 \times 10^{-5}| = 48,75 \text{ MPa}$$

➤ Perdas de tensão por fluência do betão

A fluência é a deformação que ocorre ao longo do tempo, lentamente e gradualmente a uma tensão constante.

As perdas de tensão por fluência do betão são calculadas, segundo as folhas da unidade curricular de Betão Estrutural III, do professor Luciano Jacinto, pela seguinte expressão:

$$\Delta\sigma_{pt,c} = \alpha \varphi | \sigma_c | \quad \text{com} \quad \alpha = E_p / E_{cm}$$

Em que:

α – coeficiente de Homogeneização;

φ – coeficiente de fluência na idade t correspondente à aplicação da tensão na idade t_0 ;

σ_c – tensão de compressão no betão, ao nível do cabo de pré-esforço, devido às acções permanentes e ao pré-esforço inicial.

Assim temos que:

- $\alpha = \frac{195}{36} = 5,42;$
- $\varphi = 2,5;$
- $\sigma_c = - 4,95 \text{ MPa}.$

A perda de tensão devido à fluência é:

$$\Delta\sigma_{pt,c} = \alpha \varphi |\sigma_c| = 5,42 \times 2,5 \times |- 4,95| = 67,07 \text{ MPa}$$

➤ Perdas de tensão por relaxação das armaduras

“A relaxação consiste na diminuição lenta e gradual da tensão no aço quando este é submetido a uma extensão constante.” (*Luciano Jacinto, 2007*)

De acordo com o EC2 a expressão que define a perda de tensão por relaxação é a seguinte:

$$\Delta\sigma_{pt,r} = 0,66 \times \rho_{1000} \times e^{9,1\mu} \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} \times 10^{-5} \times \sigma_{p0}$$

Sendo que:

- $\mu = \frac{\sigma_{p0}}{f_{pk}} = \frac{1395}{1860} = 0,75;$
- $\rho_{1000} = 2,5 \text{ %};$
- $t = 500 \text{ 000 horas}$

Efectuando o cálculo:

$$\Delta\sigma_{pt,r} = 0,66 \times 2,5 \times e^{9,1 \times 0,75} \left(\frac{500000}{1000} \right)^{0,75(1-0,75)} \times 10^{-5} \times 1395 = 67,95 \text{ MPa}$$

O total das perdas diferidas não é a soma das perdas anteriormente calculadas, pois há uma interdependência entre elas, assim sendo o EC2 apresenta a seguinte expressão:

$$\Delta\sigma_{pt,s+c+r} = \frac{\Delta\sigma_{pt,s} + \Delta\sigma_{pt,c} + 0,80\Delta\sigma_{pt,r}}{1 + \alpha \frac{A_p}{A} \left(1 + \frac{A}{I} e^2 \right) (1 + 0,80\varphi(t, t_0))}$$

Em que:

A_p – área dos cabos de pré-esforço na secção;

A – área da secção;

I – inércia da secção;

e – excentricidade dos cabos.

Assim:

$$\Delta\sigma_{pt,s+c+r} = \frac{48,75 + 67,07 + 0,8 \times 67,95}{1 + 5,42 \times \frac{0,00784}{3,21} \left(1 + \frac{3,21}{1,5711} 0,44^2 \right) (1 + 0,80 \times 2,5)} = \frac{170,18}{1,0554} = 161,25 \text{ MPa}$$

$$161,25 / 1395 = 0,1156 = 11,6 \% \text{ de perda.}$$

O total das perdas diferidas nos cabos de pré-esforço de continuidade é então de 11,6 %.

2.2. Verificação da Segurança em Relação ao E.L. de Utilização

A verificação da segurança em relação ao estado limite de utilização considerou-se a existência de um ambiente moderadamente agressivo.

Em relação aos estados limites de utilização, foram verificados os seguintes estados:

- Estado Limite de Fendilhação;
- Estado Limite de Descompressão;
- Estado Limite de Deformação.

2.2.1. Estado Limite de Fendilhação

A verificação da segurança em relação ao estado limite de fendilhação, de acordo com o artigo 70.º do REBAP fica satisfeita se o valor característico da largura de fendas, ao nível das armaduras mais tracionadas, não exceder o valor de 0,1 mm ou 0,2 mm, para a combinação frequente de esforços para o caso de secções com armaduras de pré-esforço ou armaduras ordinárias, respectivamente.

O valor característico da largura de fendas (W_k) é calculado pelas seguintes expressões:

$$W_k = 1,7 W_m$$

$$W_m = S_{rm} \epsilon_{sm}$$

Em que:

w_m – valor médio da largura das fendas;

S_{rm} – distância média entre fendas;

ϵ_{sm} – extensão média da armadura.

A distância média entre fendas é calculada pelo seguinte modo:

$$S_{rm} = 2\left(c + \frac{s}{10}\right) + \eta_1 \eta_2 \frac{\emptyset}{\rho_r}$$

Em que:

c – recobrimento da armadura;

s – Espaçamento dos varões da armadura; será considerado igual a $15\emptyset$ quando o espaçamento exceder o limite;

η_1 – coeficiente dependente das características de aderência dos varões que será tomado igual a 0.4 para varões de alta aderência e igual a 0.8 para varões de aderência normal;

η_2 – coeficiente dependente da distribuição de tensões de tracção na secção, dado por:

$$\eta_2 = 0,25 \times \frac{\varepsilon\varepsilon_1 + \varepsilon\varepsilon_2}{2\varepsilon\varepsilon_1}$$

em que ε_1 e ε_2 são, respectivamente, as extensões aos níveis inferior e superior da área do betão envolvente da armadura, calculada em secção fendilhada;

\emptyset – diâmetro dos varões da armadura;

ρ_r – relação $A_S/A_{c,r}$, em que A_S é a área da secção da armadura (excluindo as armaduras pós tensionadas) e $A_{c,r}$ é a área da secção de betão tracionado envolvente da armadura; esta área $A_{c,r}$ é definida como o somatório das áreas de influência de cada varão da armadura, cada uma das quais deve estar contida num rectângulo centrado no varão e com lado igual, no máximo, a $15\emptyset$ e limitada pelo contorno da secção, não devendo sobrepor-se às áreas de influência de varões contíguos (ver figura 5 do artigo 70.º do REBAP). As áreas de influência devem situar-se totalmente na zona tracionada da secção.

A extensão média das armaduras tracionadas é a seguinte:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

Em que:

σ_s – tensão de tracção na armadura (ou variação de tensão no caso de armadura de pré-esforço), correspondente ao esforço resultante da combinação de acções em causa; esta tensão será calculada em secção fendilhada;

E_s – módulo de elasticidade do aço;

σ_{sr} – tensão de tracção na armadura (ou variação de tensão no caso de armaduras de pré-esforço), calculada em secção fendilhada, correspondente ao esforço que provoca o início da fendilhação; este esforço é o que, em secção não fendilhada conduz a uma tensão de tracção máxima no betão de valor f_{ctm} , definido no artigo 16.º do REBAP;

β_1 – coeficiente dependente das características de aderência dos varões da arma dura, que deve ser tomado igual à unidade para varões de alta aderência e igual a 0,5 para varões de aderência normal;

β_2 – coeficiente dependente da permanência ou repetição das acções que é tomado igual a 0,5 no caso das combinações frequentes.

No caso de armaduras pré-esforçadas, as variações de tensão σ_s e σ_{sr} serão calculadas a partir do estado correspondente ao anulamento das tensões de compressão induzidas pelo pré-esforço no betão envolvente da armadura.

O valor da extensão média das armaduras não pode em caso algum, ser considerado inferior a $0,4\sigma_s / E_s$.

Verificação da Tensão Máxima de Compressão

Segundo o artigo 71.º do REBAP, a verificação da segurança em relação aos estados limites de fendilhação deve ser complementada por uma verificação da tensão máxima de compressão no betão, efectuada para as combinações frequentes de acções, neste caso.

A tensão máxima de compressão no betão é limitada a $0,8 f_{cd}$.

Em que:

f_{cd} – valor de cálculo da tensão de rotura à compressão definido no artigo 19.º do REBAP.

Caso o betão não atinga a idade de 28 dias, o valor limite da tensão é $0,8 f_{ck,j} / \gamma_c$.

Em que:

$f_{ck,j}$ – Valor característico da tensão de rotura do betão à compressão, referido em provetes cilíndricos, determinado para a idade j em consideração;

γ_c – Coeficiente de segurança definido no artigo 19º cujo valor é 1,5.

A verificação em causa deve ser feita admitindo um comportamento elástico perfeito dos materiais e considerando a secção fendilhada ou não fendilhada consoante existam ou não tensões de tracção (calculadas em secção não fendilhada) de valor superior ao valor f_{ctm} , definido no artigo 16.º do REBAP.

2.2.2. Estado Limite de Descompressão

De acordo com o disposto no artigo 69.º do REBAP, o estado limite de descompressão verifica-se quando não existem nas secções do elemento, tracções ao nível da fibra extrema que ficará tracionada (ou menos comprimida) por efeito dos esforços actuantes, com exclusão do pré-esforço.

A determinação de tensões necessária à verificação desta condição será feita considerando as secções em fase não fendilhada, descontando os vazios correspondentes à eventual existência de armaduras ainda não aderentes e admitindo comportamento elástico perfeito dos materiais.

2.2.3. Estado Limite de Deformação

De acordo com o REBAP a verificação da segurança em relação aos estados limites de deformação para elementos de betão armado, para combinações frequentes de acções, têm que satisfazer as seguintes flechas:

- Lajes e vigas:

$$\delta_v < 1 / 400$$

- Elementos pré-esforçados:

$$\delta_v < 1 / 1000$$

Em que:

δ_v – flecha do elemento considerado.

l – vão do elemento considerado.

A segurança do viaduto aos estados limites de utilização compõe-se numa série de fases, onde em cada fase foi necessário garantir a segurança e a resistência das vigas pré-fabricadas.

Seguidamente são descritas as fases em questão.

Nos anexos estão os quadros completos.

Fase 1:

Na fase 1, as vigas encontram-se simplesmente apoiada. A meio vão é onde se situam os maiores momentos devido ao peso próprio da viga. Nesta zona a quantidade de pré-esforço é maior.

Os momentos do 1º tramo e o 4º tramo são iguais por estes terem o mesmo comprimento e o modelo ser simplesmente apoiada.

Quadro I.6 – Tensões na viga no 1º e 4º tramo na fase 1.

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀		P = P _∞	
			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64
2	1	278,68	-2,54	-6,59	-1,87	-5,25
3	2	528,03	-8,74	-5,00	-6,58	-4,14
4	3	748,04	-8,36	-5,48	-6,20	-4,62
5	4	938,72	-8,04	-5,89	-5,88	-5,03
6	5	1100,06	-7,76	-6,25	-5,60	-5,38
7	6	1232,07	-9,19	-6,00	-6,66	-5,26
8	7	1334,74	-9,01	-6,22	-6,48	-5,48
9	8	1408,08	-8,89	-6,38	-6,36	-5,64
10	9	1452,08	-8,81	-6,48	-6,28	-5,74
11	10	1466,75	-8,79	-6,51	-6,26	-5,77
12	11	1452,08	-8,81	-6,48	-6,28	-5,74
13	12	1408,08	-8,89	-6,38	-6,36	-5,64
14	13	1334,74	-9,01	-6,22	-6,48	-5,48
15	14	1232,07	-9,19	-6,00	-6,66	-5,26
16	15	1100,06	-7,76	-6,25	-5,60	-5,38
17	16	938,72	-8,04	-5,89	-5,88	-5,03
18	17	748,04	-8,36	-5,48	-6,20	-4,62
19	18	528,03	-8,74	-5,00	-6,58	-4,14
20	19	278,68	-2,54	-6,59	-1,87	-5,25
21	20	0,00	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64

Quadro I.7 – Tensões na viga no 2º tramo na fase 1.

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀		P = P _∞	
			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,3	470,97	-4,02	-5,89	-2,94	-4,80
3	2,6	892,37	-8,26	-5,21	-6,07	-4,48
4	3,9	1264,19	-7,63	-6,02	-5,44	-5,29
5	5,2	1586,44	-7,07	-6,72	-4,88	-5,99
6	6,5	1859,11	-11,58	-5,71	-8,27	-5,34
7	7,8	2082,20	-11,19	-6,20	-7,89	-5,83
8	9,1	2255,71	-10,90	-6,58	-7,59	-6,21
9	10,4	2379,66	-10,68	-6,85	-7,38	-6,48
10	11,7	2454,02	-10,55	-7,01	-7,25	-6,64
11	13,0	2478,81	-10,51	-7,07	-7,21	-6,69
12	14,3	2454,02	-10,55	-7,01	-7,25	-6,64
13	15,6	2379,66	-10,68	-6,85	-7,38	-6,48
14	16,9	2255,71	-10,90	-6,58	-7,59	-6,21
15	18,2	2082,20	-11,19	-6,20	-7,89	-5,83
16	19,5	1859,11	-11,58	-5,71	-8,27	-5,34
17	20,8	1586,44	-7,07	-6,72	-4,88	-5,99
18	22,1	1264,19	-7,63	-6,02	-5,44	-5,29
19	23,4	892,37	-8,26	-5,21	-6,07	-4,48
20	24,7	470,97	-4,02	-5,89	-2,94	-4,80
21	26	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78

Quadro I.8 – Tensões na viga no 3º tramo na fase 1.

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀		P = P _∞	
			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,975	1087,04	-2,96	-7,24	-1,88	-6,15
3	3,95	2059,65	-7,92	-7,22	-5,36	-6,61
4	5,925	2917,83	-6,45	-9,09	-3,88	-8,48
5	7,9	3661,59	-21,74	-5,37	-15,47	-5,96
6	9,875	4290,93	-20,66	-6,74	-14,39	-7,33
7	11,85	4805,84	-19,77	-7,87	-13,50	-8,45
8	13,825	5206,33	-19,09	-8,74	-12,82	-9,32
9	15,8	5492,39	-18,59	-9,36	-12,33	-9,95
10	17,775	5664,03	-18,30	-9,74	-12,03	-10,32
11	19,75	5721,24	-18,20	-9,86	-11,93	-10,45
12	21,725	5664,03	-18,30	-9,74	-12,03	-10,32
13	23,7	5492,39	-18,59	-9,36	-12,33	-9,95
14	25,675	5206,33	-19,09	-8,74	-12,82	-9,32
15	27,65	4805,84	-19,77	-7,87	-13,50	-8,45
16	29,625	4290,93	-20,66	-6,74	-14,39	-7,33
17	31,6	3661,59	-21,74	-5,37	-15,47	-5,96
18	33,575	2917,83	-6,45	-9,09	-3,88	-8,48
19	35,55	2059,65	-7,92	-7,22	-5,36	-6,61
20	37,525	1087,04	-2,96	-7,24	-1,88	-6,15
21	39,5	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78

As fibras superiores e inferiores das secções das vigas encontram-se comprimidas, o que garante a segurança estrutural.

Fase 2:

Nesta fase as vigas encontram-se ainda simplesmente apoiada mas já com a adição da pré-laje ao longo de toda a viga, do betão fresco em apenas 1/5 de vão junto aos apoios e 20% da sobrecarga de obra. A meio vão é onde se situam os maiores momentos devido à combinação de esforços. Nesta zona a quantidade de pré-esforço é maior.

Os momentos do 1º tramo e o 4º tramo são iguais por estes terem o mesmo comprimento.

Quadro I.9 – Tensões na viga no 1º e 4º tramo na fase 2.

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀		P = P _∞	
			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64
2	1	436,34	-2,27	-6,94	-1,60	-5,60
3	2	827,04	-8,23	-5,65	-6,07	-4,79
4	3	1172,10	-7,63	-6,40	-5,48	-5,54
5	4	1471,52	-7,12	-7,06	-4,96	-6,20
6	5	1725,30	-6,69	-7,61	-4,53	-6,75
7	6	1933,45	-7,98	-7,53	-5,46	-6,79
8	7	2095,95	-7,71	-7,88	-5,18	-7,14
9	8	2212,82	-7,51	-8,14	-4,98	-7,40
10	9	2284,04	-7,38	-8,29	-4,85	-7,55
11	10	2309,63	-7,34	-8,35	-4,81	-7,61
12	11	2289,58	-7,37	-8,31	-4,85	-7,56
13	12	2223,90	-7,49	-8,16	-4,96	-7,42
14	13	2112,57	-7,68	-7,92	-5,15	-7,18
15	14	1955,60	-7,95	-7,58	-5,42	-6,84
16	15	1753,00	-6,64	-7,67	-4,48	-6,81
17	16	1504,75	-7,06	-7,13	-4,91	-6,27
18	17	1207,41	-7,57	-6,48	-5,42	-5,62
19	18	857,50	-8,17	-5,72	-0,87	-6,52
20	19	455,03	-2,24	-6,98	-1,56	-5,64
21	20	0,00	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64

Quadro I.10 – Tensões na viga no 2º tramo na fase 2.

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀		P = P _∞	
			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,3	773,69	-3,50	-6,55	-2,42	-5,46
3	2,6	1458,54	-7,29	-6,44	-5,10	-5,71
4	3,9	2054,56	-6,27	-7,74	-4,08	-7,01
5	5,2	2561,76	-5,40	-8,85	-3,21	-8,12
6	6,5	2985,97	-9,64	-8,17	-6,34	-7,80
7	7,8	3333,05	-9,05	-8,93	-5,74	-8,56
8	9,1	3603,00	-8,58	-9,52	-5,28	-9,15
9	10,4	3795,83	-8,25	-9,94	-4,95	-9,57
10	11,7	3911,52	-8,05	-10,19	-4,75	-9,82
11	13,0	3950,09	-7,99	-10,27	-4,68	-9,90
12	14,3	3911,52	-8,05	-10,19	-4,75	-9,82
13	15,6	3795,83	-8,25	-9,94	-4,95	-9,57
14	16,9	3603,00	-8,58	-9,52	-5,28	-9,15
15	18,2	3333,05	-9,05	-8,93	-5,74	-8,56
16	19,5	2985,97	-9,64	-8,17	-6,34	-7,80
17	20,8	2561,76	-5,40	-8,85	-3,21	-8,12
18	22,1	2054,56	-6,27	-7,74	-4,08	-7,01
19	23,4	1458,54	-7,29	-6,44	-5,10	-5,71
20	24,7	773,69	-3,50	-6,55	-2,42	-5,46
21	26	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78

Quadro I.11 – Tensões na viga no 3º tramo na fase 2.

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀		P = P _∞	
			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,975	1740,79	-1,84	-8,66	-0,76	-7,57
3	3,95	3281,72	-5,82	-9,89	-3,26	-9,28
4	5,925	4622,77	-3,52	-12,81	-0,96	-12,20
5	7,9	5763,95	-18,13	-9,96	-11,86	-10,54
6	9,875	6718,43	-16,49	-12,04	-10,22	-12,62
7	11,85	7499,36	-15,15	-13,74	-8,88	-14,33
8	13,825	8106,76	-14,11	-15,07	-7,84	-15,65
9	15,8	8540,61	-13,36	-16,01	-7,10	-16,60
10	17,775	8800,92	-12,92	-16,58	-6,65	-17,17
11	19,75	8887,70	-12,77	-16,77	-6,50	-17,35
12	21,725	8800,92	-12,92	-16,58	-6,65	-17,17
13	23,7	8540,61	-13,36	-16,01	-7,10	-16,60
14	25,675	8106,76	-14,11	-15,07	-7,84	-15,65
15	27,65	7499,36	-15,15	-13,74	-8,88	-14,33
16	29,625	6718,43	-16,49	-12,04	-10,22	-12,62
17	31,6	5763,95	-18,13	-9,96	-11,86	-10,54
18	33,575	4622,77	-3,52	-12,81	-0,96	-12,20
19	35,55	3281,72	-5,82	-9,89	-3,26	-9,28
20	37,525	1740,79	-1,84	-8,66	-0,76	-7,57
21	39,5	0,00	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78

A segurança estrutural está assegurada.

Fase 3:

Na fase 3, as vigas já não se encontram simplesmente apoiadas passando a estar encastradas nos pilares, o que origina uma continuidade do tabuleiro.

O betão fresco que faz a ligação entre pilares continua somente aplicado em 1/5 de vão, mas sendo-lhe aplicado o pré-esforço de continuidade instantâneo e infinito.

Quadro I.12 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 3.

			P=P_∞			
			Fase 2+3			
			Tensão na Viga		Tensão na Laje	
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ_{inf} (MPa)	σ_{sup} (MPa)	σ_{inf} (Mpa)	σ_{sup} (MPa)
1	0	viga U	-2,34	-4,64	0,00	0,00
2	1	viga U	-1,63	-5,64	0,00	0,00
3	2	viga U	-0,99	-6,53	0,00	0,00
4	3	viga U	-5,58	-5,68	0,00	0,00
5	4	viga U	-5,12	-6,39	0,00	0,00
6	5	viga U	-4,73	-7,00	0,00	0,00
7	6	viga U	-5,71	-7,11	0,00	0,00
8	7	viga U	-5,49	-7,54	0,00	0,00
9	8	viga U	-5,35	-7,88	0,00	0,00
10	9	viga U	-5,30	-8,12	0,00	0,00
11	10	viga U	-5,33	-8,27	0,00	0,00
12	11	viga U	-5,44	-8,32	0,00	0,00
13	12	viga U	-5,63	-8,28	0,00	0,00
14	13	viga U	-5,91	-8,15	0,00	0,00
15	14	viga U	-6,27	-7,92	0,00	0,00
16	15	viga U	-5,43	-8,01	0,00	0,00
17	16	viga U + laje	-4,63	-9,63	-3,37	-4,02
18	17	viga U + laje	-5,22	-8,97	-3,35	-3,98
19	18	viga U + laje	-0,80	-9,85	-3,33	-3,94
20	19	viga U + laje	-1,65	-8,94	-3,30	-3,87
21	20	viga U + laje	-4,03	-7,04	-3,26	-3,80

Quadro I.13 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 3.

			P=P _∞			
			Fase 2+3			
			Tensão na Viga		Tensão na Laje	
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (Mpa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	viga U + laje	-4,03	-7,04	-3,26	-3,80
2	1,3	viga U + laje	-2,42	-8,78	-3,32	-3,91
3	2,6	viga U + laje	-4,93	-9,06	-3,35	-3,98
4	3,9	viga U + laje	-3,79	-10,38	-3,37	-4,02
5	5,2	viga U + laje	-2,88	-11,50	-3,38	-4,04
6	6,5	viga U	-7,27	-8,98	0,00	0,00
7	7,8	viga U	-6,66	-9,73	0,00	0,00
8	9,1	viga U	-6,20	-10,31	0,00	0,00
9	10,4	viga U	-5,87	-10,74	0,00	0,00
10	11,7	viga U	-5,69	-11,01	0,00	0,00
11	13	viga U	-5,65	-11,13	0,00	0,00
12	14,3	viga U	-5,74	-11,08	0,00	0,00
13	15,6	viga U	-5,98	-10,88	0,00	0,00
14	16,9	viga U	-6,36	-10,52	0,00	0,00
15	18,2	viga U	-6,87	-10,00	0,00	0,00
16	19,5	viga U	-7,53	-9,32	0,00	0,00
17	20,8	viga U + laje	-3,06	-11,46	-3,34	-3,97
18	22,1	viga U + laje	-4,01	-10,34	-3,33	-3,94
19	23,4	viga U + laje	-5,17	-9,02	-3,30	-3,88
20	24,7	viga U + laje	-2,70	-8,73	-3,27	-3,80
21	26	viga U + laje	-4,30	-6,99	-3,21	-3,69

Quadro I.14 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 3.

			$P=P_{\infty}$			
			Fase 2+3			
			Tensão na Viga		Tensão na Laje	
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ_{inf} (MPa)	σ_{sup} (MPa)	σ_{inf} (Mpa)	σ_{sup} (MPa)
1	0	viga U + laje	-4,30	-6,99	-3,21	-3,69
2	1,975	viga U + laje	-1,09	-10,83	-3,26	-3,78
3	3,95	viga U + laje	-3,14	-12,61	-3,34	-3,95
4	5,925	viga U + laje	-0,55	-15,59	-3,39	-4,07
5	7,9	viga U + laje	-11,32	-13,96	-3,42	-4,12
6	9,875	viga U	-10,71	-13,24	0,00	0,00
7	11,85	viga U	-9,30	-14,85	0,00	0,00
8	13,825	viga U	-8,20	-16,11	0,00	0,00
9	15,8	viga U	-7,42	-17,00	0,00	0,00
10	17,775	viga U	-6,95	-17,55	0,00	0,00
11	19,75	viga U	-6,80	-17,73	0,00	0,00
12	21,725	viga U	-6,96	-17,56	0,00	0,00
13	23,7	viga U	-7,44	-17,04	0,00	0,00
14	25,675	viga U	-8,24	-16,16	0,00	0,00
15	27,65	viga U	-9,35	-14,92	0,00	0,00
16	29,625	viga U	-10,78	-13,33	0,00	0,00
17	31,6	viga U + laje	-11,36	-13,95	-3,41	-4,11
18	33,575	viga U + laje	-0,60	-15,58	-3,38	-4,05
19	35,55	viga U + laje	-3,20	-12,60	-3,33	-3,93
20	37,525	viga U + laje	-1,15	-10,82	-3,24	-3,75
21	39,5	viga U + laje	-3,87	-7,98	-3,33	-3,65

Quadro I.15 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 3.

			P=P_∞			
			Fase 2+3			
			Tensão na Viga		Tensão na Laje	
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ_{inf} (MPa)	σ_{sup} (MPa)	σ_{inf} (Mpa)	σ_{sup} (MPa)
1	0	viga U + laje	-3,87	-7,98	-3,33	-3,65
2	1	viga U + laje	-2,91	-8,97	-3,37	-3,74
3	2	viga U + laje	-2,06	-9,85	-3,40	-3,81
4	3	viga U + laje	-6,47	-8,97	-3,43	-3,86
5	4	viga U + laje	-5,86	-9,64	-3,45	-3,90
6	5	viga U	-5,94	-8,55	0,00	0,00
7	6	viga U	-6,75	-8,43	0,00	0,00
8	7	viga U	-6,35	-8,63	0,00	0,00
9	8	viga U	-6,03	-8,73	0,00	0,00
10	9	viga U	-5,79	-8,75	0,00	0,00
11	10	viga U	-5,64	-8,66	0,00	0,00
12	11	viga U	-5,57	-8,49	0,00	0,00
13	12	viga U	-5,59	-8,22	0,00	0,00
14	13	viga U	-5,68	-7,86	0,00	0,00
15	14	viga U	-5,86	-7,40	0,00	0,00
16	15	viga U	-4,84	-7,26	0,00	0,00
17	16	viga U	-5,18	-6,33	0,00	0,00
18	17	viga U	-5,62	-5,66	0,00	0,00
19	18	viga U	-1,00	-6,54	0,00	0,00
20	19	viga U	-1,63	-5,65	0,00	0,00
21	20	viga U	-2,34	-4,64	0,00	0,00

Uma vez mais, as vigas apresentam-se comprimidas garantindo assim a segurança.

Fase 4:

Relativamente à fase 4, são adicionadas as cargas rodoviárias (Veículo Tipo), e as restantes cargas permanentes (lancil, passeio, viga de bordadura, guardas de segurança, guarda corpos e tapete betuminoso).

Quadro I.16 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 4.

P=P _∞										
Fase 3 + 4 (Combinação Quase Permanente)										
			Tensão na viga				Tensão na laje			
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)
1	0	Caixão	-2,34	-2,34	-4,64	-4,64	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1	Caixão	-1,51	-1,36	-5,71	-5,63	-0,07	0,00	-0,11	-0,05
3	2	Caixão	-0,78	-0,50	-6,67	-6,53	-0,13	0,00	-0,20	-0,08
4	3	Caixão	-5,29	-4,89	-5,87	-5,67	-0,19	0,01	-0,27	-0,12
5	4	Caixão	-4,76	-4,26	-6,62	-6,38	-0,23	0,01	-0,34	-0,14
6	5	Caixão	-4,33	-3,75	-7,27	-6,99	-0,27	0,01	-0,39	-0,16
7	6	Caixão	-5,29	-4,64	-7,41	-7,09	-0,29	0,02	-0,42	-0,17
8	7	Caixão	-5,06	-4,36	-7,86	-7,52	-0,31	0,03	-0,45	-0,17
9	8	Caixão	-4,93	-4,20	-8,20	-7,84	-0,33	0,03	-0,46	-0,17
10	9	Caixão	-4,90	-4,15	-8,45	-8,08	-0,33	0,04	-0,46	-0,16
11	10	Caixão	-4,98	-4,21	-8,59	-8,22	-0,32	0,05	-0,44	-0,14
12	11	Caixão	-5,15	-4,39	-8,63	-8,26	-0,31	0,06	-0,42	-0,11
13	12	Caixão	-5,43	-4,68	-8,57	-8,21	-0,29	0,07	-0,38	-0,08
14	13	Caixão	-5,80	-5,09	-8,41	-8,06	-0,26	0,09	-0,33	-0,04
15	14	Caixão	-6,28	-5,60	-8,15	-7,82	-0,23	0,10	-0,26	0,00
16	15	Caixão	-5,57	-4,94	-8,20	-7,89	-0,18	0,12	-0,19	0,06
17	16	Caixão	-4,92	-4,36	-9,77	-9,50	-3,50	-3,23	-4,13	-3,90
18	17	Caixão	-5,69	-5,17	-9,06	-8,81	-3,44	-3,19	-4,00	-3,80
19	18	Caixão	-1,47	-0,98	-9,89	-9,65	-3,37	-3,13	-3,86	-3,67
20	19	Caixão	-2,56	-2,05	-8,94	-8,69	-3,30	-3,06	-3,72	-3,51
21	20	Caixão	-3,78	-3,21	-7,89	-7,61	-3,24	-2,96	-3,56	-3,34

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.17 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 4.

			P=P _∞							
			Fase 3 + 4 (Combinação Quase Permanente)							
			Tensão na viga				Tensão na laje			
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)
1	0	Caixão	-5,19	-4,61	-7,02	-6,74	-3,24	-2,96	-3,56	-3,34
2	1,3	Caixão	-3,27	-2,77	-8,79	-8,55	-3,33	-3,08	-3,77	-3,57
3	2,6	Caixão	-5,47	-5,04	-9,11	-8,90	-3,39	-3,18	-3,93	-3,76
4	3,9	Caixão	-4,11	-3,66	-10,48	-10,26	-3,46	-3,24	-4,07	-3,89
5	5,2	Caixão	-3,02	-2,53	-11,64	-11,40	-3,52	-3,28	-4,18	-3,98
6	6,5	Caixão	-7,29	-6,73	-9,16	-8,89	-0,18	0,09	-0,21	0,01
7	7,8	Caixão	-6,61	-5,96	-9,95	-9,64	-0,23	0,09	-0,28	-0,02
8	9,1	Caixão	-6,09	-5,38	-10,57	-10,22	-0,26	0,09	-0,33	-0,04
9	10,4	Caixão	-5,75	-4,98	-11,03	-10,65	-0,28	0,09	-0,35	-0,05
10	11,7	Caixão	-5,60	-4,77	-11,31	-10,91	-0,30	0,11	-0,36	-0,03
11	13	Caixão	-5,63	-4,75	-11,43	-11,00	-0,30	0,13	-0,36	-0,01
12	14,3	Caixão	-5,83	-4,92	-11,37	-10,93	-0,29	0,15	-0,33	0,03
13	15,6	Caixão	-6,20	-5,28	-11,15	-10,70	-0,27	0,18	-0,28	0,09
14	16,9	Caixão	-6,74	-5,82	-10,75	-10,31	-0,24	0,21	-0,21	0,15
15	18,2	Caixão	-7,45	-6,56	-10,19	-9,76	-0,19	0,24	-0,13	0,23
16	19,5	Caixão	-8,33	-7,48	-9,46	-9,04	-0,14	0,28	-0,02	0,31
17	20,8	Caixão	-4,11	-3,31	-11,54	-11,15	-3,42	-3,03	-3,87	-3,55
18	22,1	Caixão	-5,35	-4,60	-10,35	-9,98	-3,34	-2,97	-3,70	-3,40
19	23,4	Caixão	-6,86	-6,13	-8,95	-8,59	-3,24	-2,88	-3,50	-3,21
20	24,7	Caixão	-4,78	-4,04	-8,59	-8,23	-3,13	-2,77	-3,27	-2,97
21	26	Caixão	-6,82	-5,99	-6,81	-6,40	-3,03	-2,62	-3,02	-2,69

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.18 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 4.

P=P_∞										
Fase 3 + 4 (Combinação Quase Permanente)										
Secção	L (m)	Tipo de secção	Tensão na viga				Tensão na laje			
			σ_{inf min} (MPa)	σ_{inf max} (MPa)	σ_{sup min} (MPa)	σ_{sup max} (MPa)	σ_{inf min} (MPa)	σ_{inf max} (MPa)	σ_{sup min} (MPa)	σ_{sup max} (MPa)
1	0	Caixão	-6,82	-5,99	-6,81	-6,40	-3,03	-2,62	-3,02	-2,69
2	1,975	Caixão	-3,15	-2,38	-10,71	-10,33	-3,13	-2,76	-3,27	-2,96
3	3,95	Caixão	-4,37	-3,74	-12,60	-12,29	-3,32	-3,02	-3,72	-3,47
4	5,925	Caixão	-1,09	-0,50	-15,69	-15,41	-3,49	-3,21	-4,09	-3,86
5	7,9	Caixão	-11,33	-10,68	-14,18	-13,86	-3,63	-3,31	-4,38	-4,12
6	9,875	Caixão	-10,31	-9,54	-13,58	-13,20	-0,33	0,04	-0,46	-0,16
7	11,85	Caixão	-8,56	-7,67	-15,29	-14,85	-0,44	0,00	-0,64	-0,29
8	13,825	Caixão	-7,21	-6,21	-16,62	-16,14	-0,52	-0,03	-0,79	-0,39
9	15,8	Caixão	-6,23	-5,17	-17,58	-17,06	-0,58	-0,06	-0,89	-0,47
10	17,775	Caixão	-5,65	-4,55	-18,16	-17,62	-0,61	-0,07	-0,95	-0,52
11	19,75	Caixão	-5,45	-4,35	-18,35	-17,82	-0,62	-0,08	-0,97	-0,54
12	21,725	Caixão	-5,64	-4,56	-18,17	-17,64	-0,61	-0,08	-0,95	-0,52
13	23,7	Caixão	-6,23	-5,19	-17,61	-17,10	-0,57	-0,07	-0,89	-0,48
14	25,675	Caixão	-7,20	-6,24	-16,67	-16,20	-0,51	-0,05	-0,79	-0,41
15	27,65	Caixão	-8,56	-7,71	-15,35	-14,94	-0,43	-0,02	-0,65	-0,31
16	29,625	Caixão	-10,31	-9,59	-13,65	-13,30	-0,33	0,02	-0,47	-0,19
17	31,6	Caixão	-11,30	-10,70	-14,17	-13,87	-3,62	-3,33	-4,37	-4,13
18	33,575	Caixão	-1,07	-0,52	-15,68	-15,42	-3,48	-3,21	-4,08	-3,87
19	35,55	Caixão	-4,37	-3,76	-12,59	-12,30	-3,32	-3,02	-3,71	-3,47
20	37,525	Caixão	-3,15	-2,39	-10,70	-10,34	-3,13	-2,76	-3,26	-2,96
21	39,5	Caixão	-6,84	-6,03	-6,79	-6,40	-3,02	-2,62	-3,00	-2,68

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro L.19 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 4.

			P=P_∞							
			Fase 3 + 4 (Combinação Quase Permanente)							
			Tensão na viga				Tensão na laje			
Secção	L (m)	Tipo de secção	σ_{inf min} (MPa)	σ_{inf max} (MPa)	σ_{sup min} (MPa)	σ_{sup max} (MPa)	σ_{inf min} (MPa)	σ_{inf max} (MPa)	σ_{sup min} (MPa)	σ_{sup max} (MPa)
1	0	Caixão	-6,32	-5,51	-7,80	-7,40	-3,15	-2,76	-3,00	-2,68
2	1	Caixão	-5,03	-4,28	-8,83	-8,46	-3,23	-2,86	-3,20	-2,90
3	2	Caixão	-3,88	-3,13	-9,77	-9,40	-3,32	-2,95	-3,38	-3,09
4	3	Caixão	-8,03	-7,26	-8,94	-8,57	-3,40	-3,02	-3,55	-3,25
5	4	Caixão	-7,18	-6,36	-9,67	-9,27	-3,48	-3,08	-3,70	-3,38
6	5	Caixão	-7,05	-6,19	-8,64	-8,22	-0,09	-0,33	0,10	-0,44
7	6	Caixão	-7,65	-6,76	-8,56	-8,13	-0,13	-0,30	0,00	-0,36
8	7	Caixão	-7,07	-6,15	-8,80	-8,35	-0,18	-0,27	-0,08	-0,29
9	8	Caixão	-6,59	-5,66	-8,94	-8,49	-0,21	0,25	-0,15	-0,22
10	9	Caixão	-6,21	-5,27	-8,98	-8,53	-0,24	-0,22	-0,21	-0,17
11	10	Caixão	-5,93	-5,01	-8,92	-8,47	-0,26	-0,19	-0,25	0,12
12	11	Caixão	-5,75	-4,85	-8,76	-8,32	-0,27	-0,17	-0,28	0,07
13	12	Caixão	-5,68	-4,81	-8,49	-8,07	-0,27	-0,15	-0,31	0,04
14	13	Caixão	-5,70	-4,89	-8,12	-7,73	-0,27	-0,13	-0,31	0,01
15	14	Caixão	-5,82	-5,09	-7,65	-7,30	-0,25	-0,10	-0,31	-0,02
16	15	Caixão	-4,76	-4,11	-7,50	-7,18	-0,23	-0,08	-0,29	-0,03
17	16	Caixão	-5,09	-4,53	-6,53	-6,26	-0,21	0,07	-0,26	-0,04
18	17	Caixão	-5,52	-5,07	-5,83	-5,61	-0,17	0,05	-0,22	-0,04
19	18	Caixão	-0,92	-0,60	-6,66	-6,51	-0,12	0,03	-0,16	-0,03
20	19	Caixão	-1,57	-1,41	-5,72	-5,64	-0,06	0,02	-0,09	-0,02
21	20	Caixão	-2,34	-2,34	-4,64	-4,64	0,00	0,00	0,00	0,00

As vigas estão comprimidas, garantindo assim a sua estabilidade.

Fase 5:

Na fase 5 as tensões são calculadas como que se a estrutura fosse construída numa única fase, redistribuindo as tensões em 100%.

Quadro I.20 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 5.

Secção	L (m)	Fase SC							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
		$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-2,85	-2,85	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,51	-1,51
2	1	-2,01	-1,86	-1,34	-1,27	-1,34	-1,27	-1,22	-1,16
3	2	-5,65	-5,37	-3,58	-3,44	-3,58	-3,44	-3,21	-3,10
4	3	-4,97	-4,58	-3,28	-3,08	-3,28	-3,08	-2,97	-2,82
5	4	-5,08	-4,58	-3,46	-3,22	-3,46	-3,22	-3,17	-2,97
6	5	-4,95	-4,38	-3,41	-3,13	-3,41	-3,13	-3,14	-2,91
7	6	-4,51	-3,87	-3,21	-2,89	-3,21	-2,89	-2,98	-2,72
8	7	-4,15	-3,45	-3,04	-2,70	-3,04	-2,70	-2,84	-2,56
9	8	-3,87	-3,13	-2,90	-2,54	-2,90	-2,54	-2,73	-2,44
10	9	-3,67	-2,91	-2,80	-2,43	-2,80	-2,43	-2,65	-2,35
11	10	-3,54	-2,78	-2,73	-2,36	-2,73	-2,36	-2,59	-2,28
12	11	-3,50	-2,74	-2,70	-2,33	-2,70	-2,33	-2,56	-2,25
13	12	-3,54	-2,80	-2,70	-2,34	-2,70	-2,34	-2,55	-2,26
14	13	-3,66	-2,94	-2,74	-2,39	-2,74	-2,39	-2,57	-2,29
15	14	-3,85	-3,18	-2,81	-2,48	-2,81	-2,48	-2,62	-2,35
16	15	-4,13	-3,51	-2,91	-2,61	-2,91	-2,61	-2,70	-2,45
17	16	-3,61	-3,04	-4,06	-3,79	-4,06	-3,79	-4,15	-3,92
18	17	-2,95	-2,43	-3,60	-3,35	-3,60	-3,35	-3,72	-3,51
19	18	-3,49	-3,00	-3,83	-3,59	-3,83	-3,59	-3,89	-3,70
20	19	0,29	0,80	-1,53	-1,29	-1,53	-1,29	-1,86	-1,66
21	20	-0,46	0,11	-1,88	-1,60	-1,88	-1,60	-2,13	-1,91

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.21 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 5.

Secção	L (m)	Fase SC							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
		$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-0,67	-0,10	-2,09	-1,81	-2,09	-1,81	-2,34	-2,12
2	1,3	-0,46	0,05	-2,02	-1,77	-2,02	-1,77	-2,29	-2,09
3	2,6	-2,61	-2,18	-3,43	-3,22	-3,43	-3,22	-3,58	-3,41
4	3,9	-1,65	-1,20	-3,00	-2,78	-3,00	-2,78	-3,24	-3,06
5	5,2	-1,47	-0,98	-3,27	-3,03	-3,27	-3,03	-3,59	-3,40
6	6,5	-4,37	-3,81	-3,28	-3,00	-3,28	-3,00	-3,09	-2,86
7	7,8	-3,87	-3,22	-3,06	-2,74	-3,06	-2,74	-2,92	-2,66
8	9,1	-3,49	-2,78	-2,90	-2,55	-2,90	-2,55	-2,79	-2,51
9	10,4	-3,26	-2,49	-2,80	-2,42	-2,80	-2,42	-2,72	-2,41
10	11,7	-3,18	-2,35	-2,76	-2,36	-2,76	-2,36	-2,69	-2,36
11	13	-3,25	-2,37	-2,79	-2,36	-2,79	-2,36	-2,71	-2,36
12	14,3	-3,45	-2,54	-2,87	-2,43	-2,87	-2,43	-2,77	-2,41
13	15,6	-3,79	-2,86	-3,02	-2,57	-3,02	-2,57	-2,88	-2,52
14	16,9	-4,26	-3,34	-3,22	-2,78	-3,22	-2,78	-3,04	-2,68
15	18,2	-4,86	-3,97	-3,49	-3,05	-3,49	-3,05	-3,24	-2,89
16	19,5	-5,60	-4,75	-3,81	-3,40	-3,81	-3,40	-3,49	-3,15
17	20,8	-5,60	-4,80	-5,20	-4,81	-5,20	-4,81	-5,13	-4,81
18	22,1	-3,32	-2,57	-3,72	-3,35	-3,72	-3,35	-3,79	-3,49
19	23,4	-4,50	-3,76	-4,24	-3,88	-4,24	-3,88	-4,20	-3,91
20	24,7	-2,52	-1,78	-2,90	-2,54	-2,90	-2,54	-2,97	-2,68
21	26	-4,00	-3,17	-3,59	-3,18	-3,59	-3,18	-3,51	-3,19

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.22 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 5.

Secção	L (m)	Fase SC							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
		$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-4,00	-3,17	-3,59	-3,18	-3,59	-3,18	-3,51	-3,19
2	1,975	-1,16	-0,40	-2,24	-1,87	-2,24	-1,87	-2,44	-2,13
3	3,95	0,94	1,57	-1,76	-1,45	-1,76	-1,45	-2,24	-1,99
4	5,925	-0,05	0,53	-2,34	-2,06	-2,34	-2,06	-2,75	-2,52
5	7,9	0,00	0,66	-3,46	-3,14	-3,46	-3,14	-4,08	-3,82
6	9,875	-7,98	-7,21	-5,98	-5,60	-5,98	-5,60	-5,62	-5,32
7	11,85	-6,50	-5,61	-5,31	-4,87	-5,31	-4,87	-5,09	-4,74
8	13,825	-5,34	-4,34	-4,78	-4,30	-4,78	-4,30	-4,68	-4,29
9	15,8	-4,48	-3,42	-4,40	-3,88	-4,40	-3,88	-4,38	-3,96
10	17,775	-3,94	-2,84	-4,15	-3,62	-4,15	-3,62	-4,19	-3,76
11	19,75	-3,71	-2,61	-4,05	-3,51	-4,05	-3,51	-4,11	-3,67
12	21,725	-3,80	-2,72	-4,09	-3,56	-4,09	-3,56	-4,14	-3,71
13	23,7	-4,21	-3,17	-4,27	-3,76	-4,27	-3,76	-4,28	-3,87
14	25,675	-4,93	-3,98	-4,59	-4,12	-4,59	-4,12	-4,53	-4,15
15	27,65	-5,97	-5,12	-5,05	-4,64	-5,05	-4,64	-4,89	-4,55
16	29,625	-7,32	-6,60	-5,66	-5,31	-5,66	-5,31	-5,36	-5,08
17	31,6	-8,02	-7,42	-7,38	-7,08	-7,38	-7,08	-7,26	-7,02
18	33,575	1,15	1,70	-1,76	-1,50	-1,76	-1,50	-2,28	-2,06
19	35,55	-1,11	-0,50	-2,76	-2,46	-2,76	-2,46	-3,06	-2,81
20	37,525	0,67	1,42	-1,35	-0,98	-1,35	-0,98	-1,71	-1,41
21	39,5	-0,95	-0,14	-2,09	-1,70	-2,09	-1,70	-2,30	-1,98

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.23 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 5.

		Fase SC							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
Secção	L (m)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-0,74	0,07	-1,88	-1,49	-1,88	-1,49	-2,09	-1,77
2	1	0,10	0,85	-1,51	-1,14	-1,51	-1,14	-1,79	-1,49
3	2	-0,13	0,62	-2,09	-1,72	-2,09	-1,72	-2,44	-2,14
4	3	-3,17	-2,39	-3,61	-3,23	-3,61	-3,23	-3,69	-3,38
5	4	-2,95	-2,13	-3,65	-3,25	-3,65	-3,25	-3,78	-3,45
6	5	-4,37	-3,51	-2,95	-2,53	-2,95	-2,53	-2,69	-2,35
7	6	-4,11	-3,21	-2,85	-2,41	-2,85	-2,41	-2,63	-2,27
8	7	-3,92	-3,00	-2,79	-2,34	-2,79	-2,34	-2,59	-2,22
9	8	-3,81	-2,88	-2,77	-2,31	-2,77	-2,31	-2,58	-2,21
10	9	-3,79	-2,85	-2,78	-2,32	-2,78	-2,32	-2,60	-2,22
11	10	-3,84	-2,91	-2,82	-2,37	-2,82	-2,37	-2,64	-2,27
12	11	-3,97	-3,07	-2,90	-2,46	-2,90	-2,46	-2,71	-2,35
13	12	-4,19	-3,32	-3,01	-2,59	-3,01	-2,59	-2,80	-2,46
14	13	-4,48	-3,67	-3,16	-2,77	-3,16	-2,77	-2,92	-2,60
15	14	-4,85	-4,11	-3,34	-2,98	-3,34	-2,98	-3,07	-2,78
16	15	-5,30	-4,65	-3,55	-3,23	-3,55	-3,23	-3,24	-2,98
17	16	-8,63	-8,08	-6,60	-6,33	-6,60	-6,33	-6,24	-6,02
18	17	-8,12	-7,68	-6,23	-6,01	-6,23	-6,01	-5,89	-5,72
19	18	-8,74	-8,42	-6,51	-6,35	-6,51	-6,35	-6,11	-5,99
20	19	-4,98	-4,81	-4,22	-4,14	-4,22	-4,14	-4,08	-4,02
21	20	-5,65	-5,65	-4,51	-4,51	-4,51	-4,51	-4,31	-4,31

As vigas estão comprimidas, garantindo assim a sua estabilidade.

Fase 6:

A última fase tem-se em conta as perdas diferidas do betão, como a fluência e a retracção, os efeitos da variação uniforme de temperatura e a variação diferencial de temperatura.

O viaduto possui betões de idades diferentes, a vigas pré-fabricadas têm uma idade diferente do betão da laje, o que desencadeou fenómenos de retracção diferencial, provocando esforços adicionais à estrutura. Estes esforços fazem incidir na estrutura uma acção semelhante à aplicação de um momento flector e um esforço axial de compressão, na zona dos apoios.

Nesta fase aplica-se um somatório de redistribuição de esforços, em que 30% das tensões advêm da fase 3 e os restantes 70% da fase 5, se a estrutura fosse construída numa única fase.

Quadro I.24 – Tensões na viga e na laje no 1º tramo na fase 6.

		Estado Limite Descompressão							
		Fase CP + RCP+SC/AT (Combinação quase permanente)							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
Secção	L (m)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-3,69	-3,69	-3,69	-3,69	-0,92	-0,92	-0,90	-0,90
2	1	-2,38	-2,85	-3,50	-3,49	-0,68	-0,67	-0,77	-0,76
3	2	-5,31	-4,95	-5,77	-5,74	-2,70	-2,67	-2,59	-2,56
4	3	-5,93	-5,63	-5,22	-5,18	-2,42	-2,38	-2,40	-2,37
5	4	-5,76	-5,37	-5,57	-5,53	-2,58	-2,54	-2,60	-2,56
6	5	-5,42	-5,01	-5,70	-5,64	-2,54	-2,49	-2,59	-2,54
7	6	-5,23	-4,88	-5,53	-5,47	-2,36	-2,30	-2,46	-2,41
8	7	-4,76	-4,48	-5,49	-5,42	-2,21	-2,14	-2,35	-2,30
9	8	-4,41	-4,20	-5,45	-5,38	-2,09	-2,02	-2,26	-2,21
10	9	-4,18	-4,03	-5,41	-5,34	-2,00	-1,92	-2,20	-2,14
11	10	-4,06	-3,98	-5,38	-5,30	-1,94	-1,86	-2,15	-2,09
12	11	-4,05	-4,05	-5,35	-5,27	-1,91	-1,83	-2,12	-2,06
13	12	-4,16	-4,06	-5,32	-5,25	-1,91	-1,84	-2,12	-2,06
14	13	-4,38	-4,14	-5,29	-5,23	-1,94	-1,87	-2,13	-2,07
15	14	-4,72	-4,55	-5,27	-5,21	-2,01	-1,94	-2,17	-2,11
16	15	-4,79	-3,80	-5,38	-5,32	-2,10	-2,04	-2,22	-2,17
17	16	-4,16	-3,42	-6,88	-6,82	-4,15	-4,09	-4,71	-4,66
18	17	-3,85	-3,26	-6,24	-6,19	-3,72	-3,67	-4,29	-4,25
19	18	-3,11	-2,41	-6,67	-6,62	-3,91	-3,86	-4,40	-4,36
20	19	-0,09	-0,14	-4,29	-4,24	-1,80	-1,75	-2,50	-2,46
21	20	-1,04	-0,94	-4,19	-4,14	-2,09	-2,04	-2,71	-2,66

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.25 – Tensões na viga e na laje no 2º tramo na fase 6.

		Estado Limite Descompressão							
		Fase CP + RCP+SC/AT (Combinação quase permanente)							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
Secção	L (m)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-5,47	-5,35	-5,41	-5,35	-1,58	-1,52	-1,39	-1,34
2	1,3	-4,39	-4,29	-5,84	-5,79	-1,61	-1,56	-1,55	-1,51
3	2,6	-6,76	-6,68	-7,17	-7,13	-2,97	-2,93	-2,88	-2,84
4	3,9	-5,23	-5,14	-7,14	-7,10	-2,65	-2,60	-2,71	-2,68
5	5,2	-4,48	-4,38	-7,67	-7,62	-2,94	-2,89	-3,14	-3,10
6	6,5	-8,11	-8,00	-6,86	-6,80	-1,97	-1,92	-1,57	-1,53
7	7,8	-7,20	-7,07	-6,82	-6,75	-1,81	-1,74	-1,50	-1,45
8	9,1	-6,49	-6,34	-6,78	-6,71	-1,69	-1,62	-1,47	-1,42
9	10,4	-5,96	-5,81	-6,75	-6,67	-1,63	-1,55	-1,47	-1,41
10	11,7	-5,64	-5,47	-6,72	-6,64	-1,62	-1,54	-1,51	-1,45
11	13	-5,51	-5,33	-6,70	-6,62	-1,66	-1,58	-1,58	-1,51
12	14,3	-5,57	-5,39	-6,69	-6,60	-1,76	-1,67	-1,69	-1,62
13	15,6	-5,83	-5,65	-6,68	-6,59	-1,91	-1,82	-1,83	-1,76
14	16,9	-6,28	-6,10	-6,67	-6,58	-2,11	-2,02	-2,01	-1,94
15	18,2	-6,93	-6,75	-6,67	-6,58	-2,36	-2,27	-2,22	-2,15
16	19,5	-7,76	-7,59	-6,67	-6,59	-2,67	-2,58	-2,47	-2,40
17	20,8	-6,42	-6,26	-8,48	-8,41	-4,93	-4,86	-5,14	-5,08
18	22,1	-4,68	-4,53	-6,72	-6,65	-3,60	-3,53	-3,93	-3,87
19	23,4	-6,13	-5,99	-6,69	-6,62	-4,06	-3,99	-4,27	-4,21
20	24,7	-3,68	-3,53	-5,29	-5,22	-2,83	-2,76	-3,12	-3,06
21	26	-5,57	-5,40	-5,25	-5,17	-3,40	-3,32	-3,51	-3,45

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.26 – Tensões na viga e na laje no 3º tramo na fase 6.

		Estado Limite Descompressão							
		Fase CP + RCP+SC/ΔT (Combinação quase permanente)							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
Secção	L (m)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-6,78	-6,61	-5,66	-5,58	-3,17	-3,09	-3,04	-2,97
2	1,975	-3,01	-2,86	-5,69	-5,61	-2,04	-1,96	-2,21	-2,15
3	3,95	-1,41	-1,28	-5,94	-5,87	-1,72	-1,66	-2,25	-2,20
4	5,925	-1,23	-1,11	-7,48	-7,42	-2,33	-2,27	-2,88	-2,83
5	7,9	-4,11	-3,97	-8,09	-8,02	-3,38	-3,32	-4,19	-4,14
6	9,875	-10,85	-10,70	-10,21	-10,14	-4,64	-4,56	-4,41	-4,35
7	11,85	-8,90	-8,72	-10,15	-10,07	-4,04	-3,96	-3,98	-3,91
8	13,825	-7,39	-7,19	-10,11	-10,02	-3,57	-3,47	-3,63	-3,55
9	15,8	-6,32	-6,11	-10,09	-9,98	-3,22	-3,12	-3,37	-3,28
10	17,775	-5,70	-5,48	-10,08	-9,97	-2,99	-2,88	-3,18	-3,10
11	19,75	-5,52	-5,30	-10,08	-9,97	-2,88	-2,77	-3,08	-2,99
12	21,725	-5,79	-5,58	-10,10	-9,99	-2,90	-2,79	-3,06	-2,97
13	23,7	-6,51	-6,30	-10,13	-10,03	-3,03	-2,93	-3,11	-3,03
14	25,675	-7,67	-7,48	-10,18	-10,09	-3,29	-3,20	-3,25	-3,18
15	27,65	-9,28	-9,11	-10,24	-10,16	-3,67	-3,59	-3,47	-3,41
16	29,625	-11,33	-11,18	-10,32	-10,25	-4,17	-4,10	-3,78	-3,72
17	31,6	-12,60	-12,48	-12,05	-11,99	-6,68	-6,62	-6,56	-6,52
18	33,575	-1,62	-1,51	-7,46	-7,41	-1,54	-1,49	-1,88	-1,84
19	35,55	-4,93	-4,81	-7,42	-7,36	-2,32	-2,26	-2,33	-2,28
20	37,525	-3,24	-3,09	-5,54	-5,47	-0,89	-0,82	-0,82	-0,76
21	39,5	-6,07	-5,91	-5,02	-4,94	-1,46	-1,38	-1,14	-1,08

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.27 – Tensões na viga e na laje no 4º tramo na fase 6.

		Estado Limite Descompressão							
		Fase CP + RCP+SC/AT (Combinação quase permanente)							
		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
Secção	L (m)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
1	0	-1,35	-1,19	-3,66	-3,58	-2,12	-2,04	-2,68	-2,62
2	1	-0,37	-0,22	-3,76	-3,69	-1,79	-1,72	-2,43	-2,37
3	2	-0,21	-0,06	-4,62	-4,54	-2,34	-2,27	-3,08	-3,02
4	3	-4,18	-4,02	-5,78	-5,70	-3,73	-3,66	-4,25	-4,19
5	4	-3,71	-3,55	-6,07	-5,99	-3,78	-3,70	-4,36	-4,30
6	5	-4,95	-4,77	-5,16	-5,07	-2,12	-2,03	-2,23	-2,17
7	6	-4,89	-4,71	-5,08	-4,99	-2,03	-1,95	-2,19	-2,12
8	7	-4,57	-4,38	-5,13	-5,04	-1,98	-1,89	-2,16	-2,09
9	8	-4,35	-4,17	-5,19	-5,09	-1,96	-1,87	-2,16	-2,08
10	9	-4,26	-4,07	-5,24	-5,15	-1,97	-1,87	-2,17	-2,10
11	10	-4,28	-4,09	-5,30	-5,21	-2,01	-1,92	-2,21	-2,13
12	11	-4,41	-4,23	-5,37	-5,28	-2,08	-1,99	-2,26	-2,19
13	12	-4,66	-4,48	-5,43	-5,35	-2,18	-2,09	-2,34	-2,27
14	13	-5,02	-4,86	-5,50	-5,42	-2,31	-2,23	-2,43	-2,37
15	14	-5,49	-5,35	-5,57	-5,50	-2,47	-2,40	-2,55	-2,49
16	15	-5,70	-5,57	-5,77	-5,70	-2,67	-2,60	-2,69	-2,64
17	16	-8,92	-8,81	-8,28	-8,22	-5,41	-5,36	-5,36	-5,32
18	17	-8,73	-8,64	-7,78	-7,74	-5,07	-5,03	-5,03	-4,99
19	18	-8,06	-8,00	-8,35	-8,32	-5,33	-5,30	-5,20	-5,17
20	19	-5,04	-5,00	-6,06	-6,05	-3,27	-3,25	-3,34	-3,33
21	20	-6,05	-6,05	-6,08	-6,08	-3,54	-3,54	-3,52	-3,52

A estabilidade do tabuleiro está garantida.

2.3. Verificação da Segurança em Relação ao E.L.Último

A verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência é dada por:

$$S_d \leq R_d$$

Sendo que:

S_d – valor de cálculo do esforço actuante;

R_d – valor de cálculo do esforço resistente.

2.3.1. Esforços Actuantes

2.3.1.1. Esforço de Flexão

Nos quadros I.29 a I.32, estão indicados os esforços de flexão actuantes nos quatro vãos devido aos momentos flectores das diversas acções, exceptuando a acção da temperatura diferencial, por a estrutura estar fendilhada. A fendilhação reduz a rigidez da estrutura, assim, a acção da temperatura, que depende da rigidez, é insignificante.

A combinação fundamental de acções define-se pela expressão:

$$S_d = 1,35/1 \times (PP) + 1,5/1 \times (RCP) + 1,2/1 \times (PE_{Viga} + PE_{Cont}) + 1,5/0 \times (\text{Retracção} + \text{Fluência}) + 1,5/0 \times (\text{Retracção Diferencial}) + 1,5 \times 0,6 \times (\text{Envolvente SC})$$

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.28 – Esforços de flexão actuantes no 1º tramo.

L (m)	PP Final T _∞	Pef t _∞	Pesf t _∞	RCP T _∞	RET+F LU	RET DIF	Envolvente SC		Esforços [KNm]	
	M [KNm]							M Máx ⁺	M Máx ⁻	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	779,86	0,00	0,00	1199,09	24,42
1	546,33	-72,41	271,20	132,71	86,98	728,22	668,44	-84,79	3014,02	787,02
2	1022,82	-144,83	493,55	247,55	173,97	676,49	1248,62	-169,59	4628,31	1461,92
3	1022,82	-144,83	517,97	247,55	173,97	676,49	1248,62	-169,59	6043,04	2049,12
4	1766,31	-289,65	661,52	423,62	379,23	573,27	2148,32	-339,17	6886,36	2198,61
5	2033,31	-362,07	1102,20	484,85	434,92	521,79	2470,95	-423,96	8091,73	2804,32
6	2230,48	-434,48	1505,06	528,21	521,90	470,40	2718,47	-508,76	9110,13	3284,50
7	2357,82	-506,89	1751,84	553,70	608,88	419,09	2901,23	-593,55	9761,99	3520,89
8	2415,32	-579,31	1998,61	561,32	695,87	367,87	3005,60	-678,34	10222,34	3669,58
9	2402,99	-651,72	2245,39	551,07	782,85	316,73	3034,77	-763,13	10494,06	3730,57
10	2320,84	-724,13	2492,16	522,95	869,83	265,65	2992,40	-847,93	10580,41	3703,86
11	2168,84	-796,55	2738,94	476,96	956,82	214,64	2882,52	-932,72	10485,02	3589,44
12	1947,02	-868,96	2985,71	413,10	1043,80	163,68	2709,60	-1017,51	10211,89	3387,33
13	1655,37	-941,37	3232,49	331,37	1130,78	112,76	2478,54	-1102,30	9765,42	3097,51
14	1293,88	-1013,79	3479,26	231,78	1217,77	61,87	2194,67	-1187,10	9150,40	2719,99
15	862,57	-1086,20	3726,04	114,31	1304,75	11,01	1863,77	-1271,89	8372,00	2254,77
16	361,42	-1158,61	3972,81	-21,03	1391,73	-39,84	1492,12	-1356,79	7506,15	1631,47
17	-216,17	-1231,03	4219,59	-174,24	1478,72	-90,68	1125,50	-1480,97	6673,09	720,27
18	-876,81	-1303,44	4466,36	-345,32	1565,70	-141,52	795,07	-1668,54	5898,18	-513,42
19	-1845,24	-1375,85	4713,14	-534,27	1652,68	-192,37	649,43	-1909,69	4963,92	-2237,63
20	-2447,25	-1448,26	5565,06	-722,35	-2096,23	-113,45	668,73	-2200,93	2662,06	-5855,55

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.29 – Esforços de flexão actuantes no 2º tramo.

L (m)	PP	Pef	Pesf	RCP	RET+FL	RET	Envolvente SC		Esforços [KNm]	
	Final T _∞	t _∞	t _∞	T _∞	U	DIF			M Máx ⁺	M Máx ⁻
0	-2447,25	-1448,26	5565,06	-722,35	-2096,23	-113,45	668,73	-2200,93	2662,06	-5855,55
1,3	-1377,79	-1360,57	4807,27	-487,68	-1911,60	-78,94	711,80	-1822,12	3183,30	-4042,67
2,6	-485,16	-1350,18	4889,48	-283,21	-1726,97	-74,43	847,26	-1321,50	4511,36	-1701,97
3,9	267,12	-1339,79	4971,68	-108,93	-1542,34	-69,93	1176,72	-1079,99	5936,96	77,25
5,2	879,03	-1329,40	5030,60	35,14	-1357,71	-65,44	1538,75	-919,37	7331,61	1387,33
6,5	1361,76	-1319,01	5136,10	149,02	-1173,08	-60,96	1957,79	-875,28	8668,23	2425,26
7,8	1726,48	-1308,62	5218,31	232,69	-988,45	-56,48	2366,49	-889,95	9762,97	3238,78
9,1	1973,17	-1298,22	5300,52	286,16	-803,82	-52,01	2698,48	-905,07	10584,06	3903,68
10,4	2101,86	-1287,83	5382,73	309,44	-619,19	-47,55	2946,95	-920,18	11125,35	4420,35
11,7	2112,52	-1277,44	5464,94	302,51	-434,56	-43,09	3107,05	-1068,84	11382,50	4668,61
13	2005,18	-1267,05	5547,15	265,38	-249,93	-38,64	3175,66	-1243,67	11352,68	4745,09
14,3	1779,81	-1256,66	5629,36	198,05	-65,30	-34,19	3151,04	-1418,53	11034,33	4673,32
15,6	1436,43	-1246,27	5711,57	100,53	119,33	-29,76	3033,10	-1593,39	10606,37	4274,32
16,9	975,04	-1235,87	5793,78	-27,20	303,96	-25,32	2823,43	-1768,34	10002,79	3615,48
18,2	395,63	-1225,48	5875,98	-185,13	488,59	-20,90	2525,14	-1943,34	9180,18	2742,99
19,5	-301,80	-1215,09	5958,19	-373,26	673,22	-16,47	2142,86	-2118,35	8198,09	1601,54
20,8	-1117,24	-1204,70	6062,90	-591,58	857,85	-12,06	1696,17	-2306,69	7175,29	127,51
22,1	-2061,86	-1194,31	6122,61	-840,11	1042,48	-7,65	1243,16	-2558,47	5933,41	-1668,33
23,4	-3146,85	-1183,92	6204,82	-1118,84	1227,11	-3,24	808,30	-2888,77	4564,31	-3747,13
24,7	-4372,19	-1173,52	6287,03	-1427,77	1411,74	1,17	421,26	-3302,83	3069,45	-6137,86
26	-5737,89	-1163,13	6369,24	-1766,90	384,17	5,57	376,23	-3793,77	-101,62	-8837,41

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.30 – Esforços de flexão actuantes no 3º tramo.

L (m)	PP	Pef	Pesf	RCP	RET+FLU	RET	Envolvente SC		Esforços [KNm]	
	Final T _∞	t _∞	t _∞	T _∞		DIF			M	M
M [KNm]									Máx ⁺	Máx ⁻
0	-5737,89	-1163,13	6369,24	-1766,90	384,17	5,57	376,23	-3793,77	-101,62	-8837,41
1,975	-4020,45	-1148,74	7131,07	-1398,32	283,92	49,34	494,40	-3340,79	2934,61	-4779,22
3,95	-1607,57	-1149,33	7201,04	-802,41	183,66	42,72	995,75	-2153,74	6317,70	509,65
5,925	1294,56	-1149,91	7257,20	-276,20	83,41	36,12	1611,54	-1311,66	10659,87	5577,08
7,9	2250,96	-1150,50	7304,01	180,31	-16,84	29,54	2305,43	-990,35	13042,76	7438,10
9,875	3722,29	-1151,08	7383,34	567,11	-117,10	22,97	3039,41	-821,34	16354,61	9376,60
11,85	4922,58	-1151,67	7446,41	884,21	-217,35	16,41	3734,04	-743,10	19141,08	10876,39
13,825	5851,83	-1152,26	7509,48	1131,61	-317,60	9,87	4299,73	-680,82	21341,07	12021,08
15,8	6510,04	-1152,84	7572,55	1309,30	-417,85	3,33	4709,20	-618,54	22930,01	12825,01
17,775	6897,20	-1153,43	7635,62	1417,29	-518,11	-3,20	4954,52	-556,37	23905,54	13283,31
19,75	7013,32	-1154,01	7698,69	1455,57	-618,36	-9,72	5030,78	-494,20	24263,46	13395,86
21,725	6858,39	-1154,60	7761,76	1424,15	-718,61	-16,24	4936,63	-490,78	23997,54	13114,81
23,7	6432,43	-1155,18	7824,83	1323,03	-818,87	-22,76	4673,88	-527,12	23109,42	12457,22
25,675	5735,41	-1155,77	7887,89	1152,20	-919,12	-29,28	4247,80	-563,58	21603,84	11458,77
27,65	4767,36	-1156,36	7950,96	911,67	-1019,37	-35,80	3666,83	-600,04	19488,39	10119,58
29,625	3528,26	-1156,94	8014,03	601,44	-1119,62	-42,32	2959,11	-652,89	16788,40	8424,88
31,6	2087,56	-1157,53	8077,10	221,50	-1219,88	-48,85	2231,89	-814,29	13694,15	6361,17
33,575	419,57	-1158,11	8140,17	-228,14	-1320,13	-55,39	1552,93	-1183,61	10346,01	3699,28
35,55	-1570,82	-1158,70	8400,23	-747,49	-1420,38	-61,93	955,50	-2115,22	7019,72	-957,93
37,525	-3883,61	-1159,28	7940,35	-1336,54	-1520,63	-68,47	481,19	-3311,08	4451,04	-4888,98
39,5	-5479,69	-1263,29	4801,12	-1702,04	2769,51	-75,03	282,34	-3788,80	1724,70	-10187,93

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.31 – Esforços de flexão actuantes no 4º tramo.

L (m)	PP Final T _∞	Pef t _∞	Pesf t _∞	RCP T _∞	RET+FLU	RET DIF	Envolvente SC		Esforços [KNm]	
	M [KNm]								M Máx ⁺	M Máx ⁻
0	-5479,69	-1263,29	4801,12	-1702,04	2769,51	-75,03	282,34	-3788,80	1724,70	-10187,93
1	-4521,17	-1200,13	6329,24	-1447,17	2631,04	-205,87	357,93	-3425,40	4695,30	-6776,92
2	-3643,63	-1136,96	7101,23	-1210,18	2492,56	-154,29	651,36	-3112,37	6855,78	-4029,87
3	-2847,06	-1073,80	6630,50	-991,05	2354,09	-102,72	1024,33	-2859,99	7497,71	-2716,24
4	-2131,47	-1010,63	6241,90	-789,79	2215,61	-51,15	1431,69	-2674,85	8170,33	-1517,12
5	-1491,28	-947,47	6103,33	-606,41	2077,13	0,42	1817,96	-2507,67	9031,34	-213,37
6	-920,92	-884,30	5500,32	-440,89	1938,66	52,01	2159,32	-2340,49	9283,65	428,13
7	-420,40	-821,14	5077,12	-293,24	1800,18	103,61	2450,30	-2173,31	9617,53	1127,37
8	10,30	-757,98	4687,53	-163,47	1661,71	155,25	2685,84	-2006,14	9860,18	1737,54
9	371,16	-694,81	4298,94	-51,56	1523,23	206,92	2861,21	-1838,96	10083,74	2103,93
10	662,19	-631,65	3910,35	42,48	1384,76	258,64	2972,09	-1671,78	10158,42	2352,44
11	883,39	-568,48	3521,75	118,64	1246,28	310,42	3014,53	-1504,60	10076,29	2487,47
12	1034,76	-505,32	3133,16	176,94	1107,81	362,26	2984,97	-1337,42	9808,39	2534,80
13	1116,30	-442,15	2744,57	217,37	969,33	414,18	2880,16	-1170,25	9351,79	2494,43
14	1128,01	-378,99	2355,97	239,92	830,85	466,18	2697,30	-1003,07	8208,53	1771,80
15	1069,88	-315,82	1967,38	244,61	692,38	518,26	2452,68	-835,89	7143,36	1267,03
16	941,92	-2838,68	1743,34	231,43	553,90	570,43	2131,32	-668,71	5481,10	113,67
17	760,90	-2775,52	1190,2	200,38	415,43	622,68	1726,73	-501,53	3822,00	-754,19
18	543,57	-2712,35	801,61	151,45	276,95	675,01	1237,39	-334,36	2164,28	-1564,57
19	289,94	-2649,19	413,02	84,66	138,48	727,41	662,07	-167,18	476,37	-2281,65
20	0,00	-2586,02	24,42	0,00	0,00	779,86	0,00	0,00	-1386,93	-3078,81

2.3.1.2. Esforço Transverso

Nos quadros I.33 a I.36, estão indicados os esforços transversos actuantes nos quatro vãos devido aos esforços das diversas acções, exceptuando uma vez mais a acção da temperatura diferencial, pela mesma razão em relação à flexão.

As acções fomentam também nas vigas momentos flectores devido à torção que serão considerados juntamente com o esforço transverso na análise.

A combinação fundamental de acções define-se pela expressão:

$$S_d = 1,35/1 \times (PP) + 1,5/1 \times (RCP) + 1,2/1 \times (PE_{Viga} + PE_{Cont}) + 1,5/0 \times (\text{Retracção} + \text{Fluência}) + 1,5/0 \times (\text{Retracção Diferencial}) + 1,5 \times 1 \times (\text{Envolvente SC})$$

Quadro I.32 – Esforços transverso actuantes no 1º tramo.

L (m)	PP Final T _∞	Pef t _∞	Pesf t _∞	RCP T _∞	RET+FLU	RET DIF	Envolvente SC	Esforços [KN]		
								V Máx ⁺	V Máx ⁻	
0	581,24	86,61	-352,54	141,65	-86,98	-51,07	-84,79	712,74	1852,90	43,52
1	511,41	86,61	-352,54	123,78	-86,98	-51,07	-85,42	659,06	1651,31	-45,13
2	441,58	86,61	-352,54	105,91	-86,98	-51,07	-94,55	606,82	1451,86	-146,52
3	371,75	86,61	-352,54	88,04	-86,98	-51,07	-113,19	556,12	1254,73	-262,19
4	301,92	86,61	-352,54	70,17	-86,98	-51,07	-151,20	507,06	1060,07	-406,91
5	232,08	86,61	-352,54	52,30	-86,98	-51,07	-190,48	459,75	868,02	-553,52
6	162,25	86,61	-352,54	34,43	-86,98	-51,07	-230,51	414,25	678,70	-701,26
7	92,42	86,61	-352,54	16,56	-86,98	-51,07	-271,17	370,67	492,25	-849,95
8	22,59	86,61	-352,54	-1,31	-86,98	-51,07	-312,33	329,08	309,45	-1000,06
9	-47,24	86,61	-352,54	-19,18	-86,98	-51,07	-353,85	289,56	154,56	-1175,51
10	-117,07	86,61	-352,54	-37,05	-86,98	-51,07	-395,60	252,18	10,79	-1359,22
11	-186,91	86,61	-352,54	-54,92	-86,98	-51,07	-437,43	217,02	-129,65	-1543,04
12	-256,74	86,61	-352,54	-72,79	-86,98	-51,07	-479,20	184,14	-266,68	-1726,76
13	-326,57	86,61	-352,54	-90,66	-86,98	-51,07	-520,74	153,60	-400,19	-1910,16
14	-396,40	86,61	-352,54	-108,53	-86,98	-51,07	-561,90	125,46	-530,11	-2092,98
15	-466,23	86,61	-352,54	-126,40	-86,98	-51,07	-602,54	99,77	-656,34	-2275,01
16	-540,87	86,61	-352,54	-144,27	-86,98	-51,07	-642,48	76,59	-783,62	-2462,49
17	-619,12	86,61	-352,54	-162,14	-86,98	-51,07	-681,57	55,96	-910,68	-2653,55
18	-702,17	86,61	-352,54	-180,01	-86,98	-51,07	-719,61	41,54	-1033,22	-2849,55
19	-785,22	86,61	-352,54	-197,88	-86,98	-51,07	-756,45	33,74	-1145,85	-3043,73
20	-868,27	86,61	-352,54	-215,75	-86,98	-51,07	-791,91	33,39	-1247,29	-3235,84

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.33 – Esforços transversos actuantes no 2º tramo.

L (m)	PP Final T _∞	P _{ef} t _∞	P _{esf} t _∞	RCP T _∞	RET+FLU	RET DIF	Envolvente SC		Esforços [KN]	
	V [KN]								V Máx ⁺	V Máx ⁻
0	848,59	-8,46	-90,34	192,13	-142,02	3,61	-153,37	821,20	2582,08	479,08
1,3	740,62	-8,46	-90,34	168,90	-142,02	3,61	-153,90	777,01	2335,20	347,09
2,6	632,66	-8,46	-90,34	145,67	-142,02	3,61	-155,31	730,97	2085,54	213,78
3,9	524,69	-8,46	-90,34	122,44	-142,02	3,61	-157,71	683,51	1833,75	78,97
5,2	416,72	-8,46	-90,34	99,21	-142,02	3,61	-162,92	635,06	1580,47	-60,05
6,5	325,94	-8,46	-90,34	75,98	-142,02	3,61	-180,65	586,03	1349,53	-200,64
7,8	235,16	-8,46	-90,34	52,75	-142,02	3,61	-214,04	536,81	1118,29	-364,74
9,1	144,38	-8,46	-90,34	29,52	-142,02	3,61	-250,39	487,76	887,32	-533,28
10,4	53,60	-8,46	-90,34	6,29	-142,02	3,61	-289,46	439,27	657,19	-705,90
11,7	-37,18	-8,46	-90,34	-16,94	-142,02	3,61	-330,98	391,68	449,88	-903,67
13	-127,97	-8,46	-90,34	-40,18	-142,02	3,61	-374,67	345,32	266,33	-1126,62
14,3	-218,75	-8,46	-90,34	-63,41	-142,02	3,61	-420,25	300,51	85,10	-1352,38
15,6	-309,53	-8,46	-90,34	-86,64	-142,02	3,61	-467,41	257,57	-93,32	-1580,52
16,9	-400,31	-8,46	-90,34	-109,87	-142,02	3,61	-515,83	216,77	-268,52	-1810,55
18,2	-491,09	-8,46	-90,34	-133,10	-142,02	3,61	-565,18	178,41	-440,08	-2041,97
19,5	-581,87	-8,46	-90,34	-156,33	-142,02	3,61	-615,10	142,74	-607,60	-2274,26
20,8	-672,65	-8,46	-90,34	-179,56	-142,02	3,61	-665,24	110,01	-770,70	-2506,87
22,1	-780,62	-8,46	-90,34	-202,79	-142,02	3,61	-715,21	80,46	-946,23	-2762,43
23,4	-888,59	-8,46	-90,34	-226,02	-142,02	3,61	-764,64	64,90	-1100,77	-3017,17
24,7	-996,55	-8,46	-90,34	-249,25	-142,02	3,61	-813,10	61,25	-1237,44	-3270,47
26	-1104,52	-8,46	-90,34	-272,48	-142,02	3,61	-860,18	60,69	-1369,49	-3521,69

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro L.34 – Esforços transversos actuantes no 3º tramo.

L (m)	PP	Pef	Pesf	RCP	RET+FLU	RET DIF	Envolvente SC		Esforços [KN]	
	Final T _∞	t _∞	t _∞	T _∞					V	V
V [KN]									Máx ⁺	Máx ⁻
0	1470,16	-1,43	-45,62	354,67	50,76	-3,39	-35,46	951,37	3977,57	1710,10
1,975	1308,11	-1,43	-45,62	319,38	50,76	-3,39	-36,10	895,29	3621,74	1511,79
3,95	1216,87	-1,43	-45,62	284,08	50,76	-3,39	-43,89	836,90	3358,05	1373,58
5,925	1125,63	-1,43	-45,62	248,79	50,76	-3,39	-68,23	776,88	3091,90	1210,53
7,9	963,58	-1,43	-45,62	213,50	50,76	-3,39	-97,83	715,86	2728,67	968,79
9,875	894,35	-1,43	-45,62	178,20	50,76	-3,39	-132,02	654,47	2490,18	812,97
11,85	825,12	-1,43	-45,62	142,91	50,76	-3,39	-170,56	593,28	2251,99	650,65
13,825	689,13	-1,43	-45,62	107,62	50,76	-3,39	-213,14	532,84	1924,81	415,48
15,8	621,92	-1,43	-45,62	72,32	50,76	-3,39	-259,47	473,69	1692,41	243,50
17,775	554,71	-1,43	-45,62	37,03	50,76	-3,39	-309,18	416,30	1462,67	66,43
19,75	418,72	-1,43	-45,62	1,74	50,76	-3,39	-361,91	361,15	1143,40	-183,96
21,725	332,53	-1,43	-45,62	-33,56	50,76	-3,39	-417,25	308,66	912,15	-405,23
23,7	262,16	-1,43	-45,62	-68,85	50,76	-3,39	-474,77	259,24	707,72	-614,81
25,675	123,00	-1,43	-45,62	-104,14	50,76	-3,39	-534,00	213,26	415,60	-895,75
27,65	52,64	-1,43	-45,62	-139,43	50,76	-3,39	-594,44	171,05	222,00	-1109,71
29,625	-17,73	-1,43	-45,62	-174,73	50,76	-3,39	-655,56	132,94	40,75	-1330,91
31,6	-156,89	-1,43	-45,62	-210,02	50,76	-3,39	-716,81	99,21	-184,30	-1663,59
33,575	-249,27	-1,43	-45,62	-245,31	50,76	-3,39	-777,60	70,10	-355,63	-1932,43
35,55	-341,65	-1,43	-45,62	-280,61	50,76	-3,39	-837,32	48,66	-515,47	-2199,66
37,525	-502,81	-1,43	-45,62	-315,90	50,76	-3,39	-895,32	43,06	-720,32	-2557,17
39,5	-595,19	-1,43	-45,62	-351,19	50,76	-3,39	-950,93	42,44	-848,92	-2818,23

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.35 – Esforços transversos actuantes no 4º tramo.

L (m)	PP Final T _∞	Pef t _∞	Pesf t _∞	RCP T _∞	RET+FLU	RET DIF	Envolvente SC		Esforços [KN]	
	V [KN]								V Máx ⁺	V Máx ⁻
0	999,00	-73,64	555,13	263,80	138,48	51,735	-14,09	834,81	3881,77	1652,92
1	918,03	-73,64	555,13	245,93	138,48	51,735	-18,31	797,96	3690,37	1547,75
2	837,05	-73,64	555,13	228,06	138,48	51,735	-30,70	760,00	3497,31	1430,32
3	756,08	-73,64	555,13	210,19	138,48	51,735	-47,75	721,09	3302,83	1305,89
4	675,11	-73,64	555,13	192,32	138,48	51,735	-69,60	681,39	3107,16	1174,27
5	605,27	-73,64	555,13	174,45	138,48	51,735	-93,83	641,04	2925,56	1050,23
6	535,44	-73,64	555,13	156,58	138,48	51,735	-120,38	600,20	2743,22	922,70
7	465,61	-73,64	555,13	138,71	138,48	51,735	-149,22	559,01	2560,35	791,73
8	395,78	-73,64	555,13	120,84	138,48	51,735	-180,30	517,60	2377,16	657,42
9	325,95	-73,64	555,13	102,97	138,48	51,735	-213,57	476,12	2193,86	519,82
10	256,12	-73,64	555,13	85,10	138,48	51,735	-248,96	434,70	2010,65	379,02
11	186,28	-73,64	555,13	67,23	138,48	51,735	-286,43	393,46	1827,72	235,12
12	116,45	-73,64	555,13	49,36	138,48	51,735	-325,91	352,54	1645,27	88,20
13	46,62	-73,64	555,13	31,49	138,48	51,735	-367,34	312,06	1463,47	-61,64
14	-23,21	-73,64	555,13	13,62	138,48	51,735	-410,64	272,14	1290,63	-222,42
15	-93,04	-73,64	555,13	-4,25	138,48	51,735	-455,75	232,90	1137,25	-404,36
16	-167,68	-73,64	555,13	-22,12	138,48	51,735	-502,59	197,13	991,10	-602,18
17	-199,18	-73,64	555,13	-31,05	138,48	51,735	-551,08	177,81	921,69	-730,84
18	-235,48	-73,64	555,13	-57,86	138,48	51,735	-601,14	169,63	846,30	-895,14
19	-271,78	-73,64	555,13	-66,79	138,48	51,735	-652,68	167,79	798,31	-1034,87
20	-308,09	-73,64	555,13	-93,60	138,48	51,735	-705,61	167,18	734,28	-1203,48

2.3.2. Esforços Resistentes

2.3.2.1. Esforço de Flexão

A armadura longitudinal de flexão das vigas é composta por 24 varões com diâmetro de 12 mm (24Ø12) no banzo inferior e no banzo superior as vigas são constituídas por 6 varões de 12 mm por cada um dos dois ramos.

O pré-esforço de continuidade que faz a ligação entre pilares, a uma distância de $\frac{1}{5}$ de vão para cada lado do pilar em questão, é constituído por 8 cabos de 7 cordões com $1,4 \text{ cm}^2$ de área.

O pré-esforço da viga colocado no banzo superior é sempre igual (12 cordões), enquanto que no banzo inferior é variável ao longo do viaduto. Os cordões com $1,5 \text{ cm}^2$ de área têm uma área superior ao de continuidade. A variação do pré-esforço nas vigas encontra-se descrita no quadro I.37.

Quadro I.36 – Pré-esforço da viga no banzo inferior.

Secção	L (m)	N.º de cordões	L (m)	N.º de cordões	L (m)	N.º de cordões	L (m)	N.º de cordões
1	0	12	0	16	0	16	0	12
2	1	12	1,3	16	1,975	16	1	12
3	2	28	2,6	28	3,95	32	2	28
4	3	28	3,9	28	5,925	32	3	28
5	4	28	5,2	28	7,9	72	4	28
6	5	28	6,5	40	9,875	72	5	28
7	6	32	7,8	40	11,85	72	6	32
8	7	32	9,1	40	13,825	72	7	32
9	8	32	10,4	40	15,8	72	8	32
10	9	32	11,7	40	17,775	72	9	32
11	10	32	13,0	40	19,75	72	10	32
12	11	32	14,3	40	21,725	72	11	32
13	12	32	15,6	40	23,7	72	12	32
14	13	32	16,9	40	25,675	72	13	32
15	14	32	18,2	40	27,65	72	14	32
16	15	28	19,5	40	29,625	72	15	28
17	16	28	20,8	28	31,6	72	16	28
18	17	28	22,1	28	33,575	32	17	28
19	18	28	23,4	28	35,55	32	18	28
20	19	12	24,7	16	37,525	16	19	12
21	20	12	26	16	39,5	16	20	12

A verificação da segurança em relação ao estado limite último de flexão fica satisfeita se:

$$M_{sd} \leq M_{Rd}$$

Em que:

M_{sd} – momento actuante de cálculo;

M_{Rd} – momento resistente de cálculo.

Cálculo do betão:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{45}{1,5} = 30 \text{ MPa} \longrightarrow \varepsilon_{cu2} = 3,5 \text{ ‰ (limite da extensão, EC2 tabela 3.1)}$$

O betão é da classe C45/55, logo $f_{ck} = 45$.

$\alpha_{cc} = 1$ e o factor de segurança γ_c igual a 1,5.

Cálculo da armadura passiva:

$$f_{syd} = \frac{f_{syk}}{\gamma_s} = 1 \times \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa} \longrightarrow \varepsilon_s = 2,2 \text{ ‰}$$

O aço é da classe A500, logo $f_{syk} = 500$.

O factor de segurança γ_s é igual a 1,15.

Cálculo da armadura de pré-esforço:

Aço Y1860 S7

$$f_{pyd} = \frac{f_{p0.1k}}{\gamma_p} = 1 \times \frac{1600}{1,15} = 1400 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_{pyd}}{E_p} = \frac{1400}{195} = 7,18 \text{ ‰}$$

As forças nas armaduras são calculadas pelo seguinte modo:

$$F_p = f_{pyd} \times A_p$$

$$F_s = f_{syd} \times A_s$$

A força resultante no betão é:

$$F_c = f_{cd} \times b \times y$$

Em que:

b – largura da zona comprimida

Por equilíbrio: $F_c = F_p + F_s$

O momento resistente positivo e negativo consoante a localização das forças.

$$M_{Rd} = F_s \times Z_s + F_p \times Z_p$$

Em que:

Z – braço das forças em relação a F_c .

Os esforços resistentes apresentam-se nos seguintes quadros.

Quadro I.37 – Esforços actuantes e resistentes no 1º tramo.

L (m)	Combinação Fundamental		Esforços Resistentes	
	M _{sd} - Máx (+) (KN.m)	M _{sd} - Máx (-) (KN.m)	M _{Rd} (+) (KN.m)	M _{Rd} (-) (KN.m)
0	1199,09	24,42	6204	-6118
1	3014,02	787,02	6204	-6118
2	4628,31	1461,92	11690	-6118
3	6043,04	2049,12	11690	-6118
4	6886,36	2198,61	11690	-6118
5	8091,73	2804,32	11690	-6118
6	9110,13	3284,50	13011	-6118
7	9761,99	3520,89	13011	-6118
8	10222,34	3669,58	13011	-6118
9	10494,06	3730,57	13011	-6118
10	10580,41	3703,86	13011	-6118
11	10485,02	3589,44	13011	-6118
12	10211,89	3387,33	13011	-6118
13	9765,42	3097,51	13011	-6118
14	9150,40	2719,99	11690	-6118
15	8372,00	2254,77	11690	-6118
16	7506,15	1631,47	11690	-21646
17	6673,09	720,27	11690	-21646
18	5898,18	-513,42	11690	-21646
19	4963,92	-2237,63	6204	-21646
20	2662,06	-5855,55	6204	-21646

Quadro I.38 – Esforços actuantes e resistentes no 2º tramo.

L (m)	Combinação Fundamental		Esforços Resistentes	
	M _{sd} - Máx (+) (KN.m)	M _{sd} - Máx (-) (KN.m)	M _{Rd} (+) (KN.m)	M _{Rd} (-) (KN.m)
0	2662,06	-5855,55	7603	-21646
1,3	3183,30	-4042,67	7603	-21646
2,6	4511,36	-1701,97	11690	-21646
3,9	5936,96	77,25	11690	-21646
5,2	7331,61	1387,33	11690	-21646
6,5	8668,23	2425,26	15675	-6118
7,8	9762,97	3238,78	15675	-6118
9,1	10584,06	3903,68	15675	-6118
10,4	11125,35	4420,35	15675	-6118
11,7	11382,50	4668,61	15675	-6118
13,0	11352,68	4745,09	15675	-6118
14,3	11034,33	4673,32	15675	-6118
15,6	10606,37	4274,32	15675	-6118
16,9	10002,79	3615,48	15675	-6118
18,2	9180,18	2742,99	15675	-6118
19,5	8198,09	1601,54	15675	-6118
20,8	7175,29	127,51	11690	-21646
22,1	5933,41	-1668,33	11690	-21646
23,4	4564,31	-3747,13	11690	-21646
24,7	3069,45	-6137,86	7603	-21646
26	-101,62	-8837,41	7603	-21646

Quadro I.39 – Esforços actuantes e resistentes no 3º tramo.

L (m)	Combinação Fundamental		Esforços Resistentes	
	M _{sd} - Máx (+) (KN.m)	M _{sd} - Máx (-) (KN.m)	M _{Rd} (+) (KN.m)	M _{Rd} (-) (KN.m)
0	-101,62	-8837,41	7603	-21646
1,975	2934,61	-4779,22	7603	-21646
3,95	6317,70	509,65	13011	-21646
5,925	10659,87	5577,08	13011	-21646
7,9	13042,76	7438,10	25567	-21646
9,875	16354,61	9376,60	25567	-6118
11,85	19141,08	10876,39	25567	-6118
13,825	21341,07	12021,08	25567	-6118
15,8	22930,01	12825,01	25567	-6118
17,775	23905,54	13283,31	25567	-6118
19,75	24263,46	13395,86	25567	-6118
21,725	23997,54	13114,81	25567	-6118
23,7	23109,42	12457,22	25567	-6118
25,675	21603,84	11458,77	25567	-6118
27,65	19488,39	10119,58	25567	-6118
29,625	16788,40	8424,88	25567	-6118
31,6	13694,15	6361,17	25567	-21646
33,575	10346,01	3699,28	13011	-21646
35,55	7019,72	-957,93	13011	-21646
37,525	4451,04	-4888,98	7603	-21646
39,5	1724,70	-10187,93	7603	-21646

Quadro I.40 – Esforços actuantes e resistentes no 4º tramo.

L (m)	Combinação Fundamental		Esforços Resistentes	
	M _{sd} - Máx (+) (KN.m)	M _{sd} - Máx (-) (KN.m)	M _{Rd} (+) (KN.m)	M _{Rd} (-) (KN.m)
0	1724,70	-10187,93	7603	-21646
1	4695,30	-6776,92	7603	-21646
2	6855,78	-4029,87	11690	-21646
3	7497,71	-2716,24	11690	-21646
4	8170,33	-1517,12	11690	-21646
5	9031,34	-213,37	13011	-6118
6	9283,65	428,13	13011	-6118
7	9617,53	1127,37	13011	-6118
8	9860,18	1737,54	13011	-6118
9	10083,74	2103,93	13011	-6118
10	10158,42	2352,44	13011	-6118
11	10076,29	2487,47	13011	-6118
12	9808,39	2534,80	13011	-6118
13	9351,79	2494,43	13011	-6118
14	8208,53	1771,80	13011	-6118
15	7143,36	1267,03	13011	-6118
16	5481,10	113,67	11690	-6118
17	3822,00	-754,19	11690	-6118
18	2164,28	-1564,57	11690	-6118
19	476,37	-2281,65	6204	-6118
20	-1386,93	-3078,81	6204	-6118

O estado limite último de resistência à flexão é verificado em cada secção, como se pode observar nos quadros acima, em que os momentos que actuam sobre a estrutura são inferiores aos momentos resistentes.

Em anexo encontra-se o gráfico que demonstra o andamento dos momentos actuantes e resistentes ao longo do tabuleiro.

2.3.2.2. Esforço Transverso

Segundo a cláusula 6.2.2 (6) do EC2 o coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transverso é dado pela seguinte expressão:

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{45}{250}\right) = 0,492$$

Sendo que:

Betão C45/55 $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5} = \frac{45}{1,5} = 30 \text{ MPa}$

Em que:

v_1 – coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transverso;

F_{cd} – valor de cálculo da força de compressão no betão na direcção do eixo longitudinal do elemento;

F_{ck} – valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade.

As bielas têm uma inclinação θ igual a 30° , os estribos fazem um ângulo de 90° com o eixo da viga.

A segurança ao estado limite de esforço transverso é satisfeita quando se verificam simultaneamente as seguintes condições:

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{sd}}{z \times f_{syd} \times \cot \theta} \quad (\text{segurança pelas armaduras})$$

$$V_{sd} \leq \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} \quad (\text{segurança pelo betão})$$

Com $z = 0,9d$ e pelo lado da segurança optou-se que $\alpha_{cw} = 1$.

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

Em que:

A_{sw} – área da secção transversal da armadura de esforço transverso;

V_{Sd} – valor de cálculo do esforço actuante;

f_{syd} – valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras de esforço transverso;

s – espaçamento dos estribos;

z – braço do binário das forças interiores, para um elemento de altura constante, correspondente ao momento flector no elemento considerado;

d – altura útil da secção;

b_w – menor largura da secção entre os banzos tracionado e comprimido;

α_{cw} – coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido;

θ – ângulo formado pela escora comprimida de betão com o eixo da viga.

$$V_{Rd,máx} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times 0,9 \times d \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

Secção ($b_w = 0,2$ m):

$$V_{Rd,máx} = \frac{1 \times 0,2 \times 0,9 \times 2,12 \times 0,492 \times 30 \times 10^3}{\cot 30 + \tan 30} = 2439,60 \text{ KN}$$

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

No Quadro I.42 são amostrados os valores de esforço transversal actuante que resultam da combinação fundamental.

Quadro I.41 – Esforço transversos actuantes nas vigas.

L	V - Máx +	V - Máx -	L	V - Máx +	V - Máx -	L	V - Máx +	V - Máx -	L	V - Máx +	V - Máx -
0	1852,90	43,52	0	2582,08	479,08	0	3977,57	1710,10	0	3881,77	1652,92
1	1651,31	-45,13	1,3	2335,20	347,09	1,975	3621,74	1511,79	1	3690,37	1547,75
2	1451,86	-146,52	2,6	2085,54	213,78	3,95	3358,05	1373,58	2	3497,31	1430,32
3	1254,73	-262,19	3,9	1833,75	78,97	5,925	3091,90	1210,53	3	3302,83	1305,89
4	1060,07	-406,91	5,2	1580,47	-60,05	7,9	2728,67	968,79	4	3107,16	1174,27
5	868,02	-553,52	6,5	1349,53	-200,64	9,875	2490,18	812,97	5	2925,56	1050,23
6	678,70	-701,26	7,8	1118,29	-364,74	11,85	2251,99	650,65	6	2743,22	922,70
7	492,25	-849,95	9,1	887,32	-533,28	13,825	1924,81	415,48	7	2560,35	791,73
8	309,45	-1000,06	10,4	657,19	-705,90	15,8	1692,41	243,50	8	2377,16	657,42
9	154,56	-1175,51	11,7	449,88	-903,67	17,775	1462,67	66,43	9	2193,86	519,82
10	10,79	-1359,22	13	266,33	-1126,62	19,75	1143,40	-183,96	10	2010,65	379,02
11	-129,65	-1543,04	14,3	85,10	-1352,38	21,725	912,15	-405,23	11	1827,72	235,12
12	-266,68	-1726,76	15,6	-93,32	-1580,52	23,7	707,72	-614,81	12	1645,27	88,20
13	-400,19	-1910,16	16,9	-268,52	-1810,55	25,675	415,60	-895,75	13	1463,47	-61,64
14	-530,11	-2092,98	18,2	-440,08	-2041,97	27,65	222,00	-1109,71	14	1290,63	-222,42
15	-656,34	-2275,01	19,5	-607,60	-2274,26	29,625	40,75	-1330,91	15	1137,25	-404,36
16	-783,62	-2462,49	20,8	-770,70	-2506,87	31,6	-184,30	-1663,59	16	991,10	-602,18
17	-910,68	-2653,55	22,1	-946,23	-2762,43	33,575	-355,63	-1932,43	17	921,69	-730,84
18	-1033,22	-2849,55	23,4	-1100,77	-3017,17	35,55	-515,47	-2199,66	18	846,30	-895,14
19	-1145,85	-3043,73	24,7	-1237,44	-3270,47	37,525	-720,32	-2557,17	19	798,31	-1034,87
20	-1247,29	-3235,84	26	-1369,49	-3521,69	39,5	-848,92	-2818,23	20	734,28	-1203,48

Como se pode observar, a resistência ao esforço transversal é superior ao esforço actuante, o que permite assegurar a segurança ao longo das vigas, excepto na zona dos pilares que naturalmente aumenta.

Deste modo a resistência das vigas ao esforço transversal está assegurada.

2.3.3. Fluxo de Corte

O fluxo de corte acontece por existir na estrutura esforços transversos, momentos torsões e flectores e é calculado através da expressão segundo o EC2:

$$v_{sd} = 0,5 \left(\frac{V_{sd}}{z} \right) + \tau_{t,i}$$

Com: $\tau_{t,i} = \frac{T_{sd}}{2A}$

Em que:

z – altura da viga;

v_{sd} – fluxo de corte;

$\tau_{t,i}$ – tensão tangencial de torção;

T_{sd} – valor de cálculo do momento torsor aplicado.

A armadura a aplicar no dimensionamento do esforço transversal é pelo lado da resistência do betão é:

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{v_{sd}}{f_{syd} \times \cot \theta}$$

A armadura mínima de esforço transversal segundo o EC2 é

$$\left(\frac{A_{sw}}{s} \right)_{\text{mim}} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{syk}} \times b_w \times \sin(\alpha)$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s} \right)_{\text{mim}} = \frac{0,08 \sqrt{45}}{500} \times 0,2 \times \sin(90^\circ) = 0,000215 \text{ m}^2 / \text{m} = 2,15 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Optou-se por um espaçamento de 20 cm, o que resulta na seguinte armadura mínima a colocar nas vigas para efeitos de esforço transversal:

➤ Ø 8 // 0,20 (2,51 cm² / m)

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Nos quadros I.43 a I.46 estão representados os fluxos de corte por alma em cada secção da viga para todo o viaduto e a respectiva armadura de esforço transversal pelo lado da resistência do betão e das armaduras.

Quadro I.42 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 1º tramo.

L	Fluxo de Corte V ⁺	Fluxo de Corte V ⁻	Máx. Fluxo Corte	Betão		Armaduras		A _s Cálculo adoptado (cm ² /m)	A _s Final (cm ² /m)
				A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)	A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)		
0	485,42	11,40	485,42	6,44	3,22	3,38	1,69	Ø 10 // 0,20	3,93
1	432,61	11,82	432,61	5,74	2,87	3,01	1,50		
2	380,36	38,38	380,36	5,05	2,52	2,65	1,32		
3	328,71	68,69	328,71	4,36	2,18	2,29	1,14		
4	277,72	106,60	277,72	3,69	1,84	1,93	0,97	Ø 8 // 0,20	2,51
5	227,41	145,01	227,41	3,02	1,51	1,58	0,79		
6	177,81	183,72	177,81	2,36	1,18	1,24	0,62		
7	128,96	222,67	128,96	1,71	0,86	0,90	0,45		
8	81,07	262,00	81,07	1,08	0,54	0,56	0,28		
9	40,49	307,96	40,49	0,54	0,27	0,28	0,14		
10	2,83	356,09	356,09	4,73	2,36	2,48	1,24	Ø 10 // 0,20	3,93
11	33,97	404,25	404,25	5,37	2,68	2,81	1,41		
12	69,86	452,38	452,38	6,00	3,00	3,15	1,57		
13	104,84	500,42	500,42	6,54	3,32	3,48	1,74		
14	138,88	548,32	548,32	7,28	3,64	3,81	1,91	Ø 12 // 0,20	5,65
15	171,95	596,01	596,01	7,91	3,96	4,14	2,07		
16	205,29	645,13	645,13	8,56	4,28	4,49	2,24		
17	238,58	695,18	695,18	9,23	4,61	4,83	2,42		
18	270,68	746,53	746,53	9,91	4,95	5,19	2,60		
19	300,19	797,40	797,40	10,58	5,29	5,55	2,77		
20	326,76	847,73	847,73	11,25	5,63	5,90	2,95		

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.43 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 2º tramo.

L	Fluxo de Corte V ⁺	Fluxo de Corte V ⁻	Máx. Fluxo Corte	Betão		Armaduras		A _s Cálculo adoptado (cm ² /m)	A _s Final (cm ² /m)
				A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)	A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)		
0	676,45	125,51	676,45	8,98	4,49	4,70	2,25	Ø 12 // 0,20	5,65
1,3	611,78	90,93	611,78	8,12	4,06	4,25	2,13		
2,6	546,37	56,01	546,37	7,25	3,63	3,80	1,90		
3,9	480,41	20,69	480,41	6,38	3,19	3,34	1,67	Ø 10 // 0,20	3,93
5,2	414,05	15,73	414,05	5,30	2,75	2,88	1,44		
6,5	353,55	52,56	353,55	4,69	2,35	2,46	1,23		
7,8	292,97	95,56	292,97	3,89	1,94	2,04	1,02	Ø 8 // 0,20	2,51
9,1	232,46	139,71	232,46	3,09	1,54	1,62	0,81		
10,4	172,17	184,93	172,17	2,29	1,14	1,20	0,60		
11,7	117,86	236,75	117,86	1,56	0,78	0,82	0,41		
13	69,77	295,15	295,15	3,92	1,96	2,05	1,03		
14,3	22,30	354,30	354,30	4,70	2,35	2,46	1,23	Ø 10 // 0,20	3,93
15,6	24,45	414,07	414,07	5,50	2,75	2,88	1,44		
16,9	70,35	474,33	474,33	6,30	3,15	3,30	1,65		
18,2	115,29	534,96	534,96	7,10	3,55	3,72	1,86		
19,5	159,18	595,81	595,81	7,91	3,95	4,14	2,07	Ø 12 // 0,20	5,65
20,8	201,91	656,75	656,75	8,72	4,36	4,57	2,28		
22,1	247,89	723,70	723,70	9,61	4,80	5,03	2,52		
23,4	288,38	790,44	790,44	10,49	5,25	5,50	2,75	Ø 16 // 0,20	10,05
24,7	324,18	856,80	856,80	11,37	5,69	5,96	2,98		
26	358,78	922,61	922,61	12,25	6,12	6,42	3,21		

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.44 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 3º tramo.

L	Fluxo de Corte V ⁺	Fluxo de Corte V ⁻	Máx. Fluxo Corte	Betão		Armaduras		A _s Cálculo adoptado (cm ² /m)	A _s Final (cm ² /m)
				A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)	A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)		
0	1042,05	448,01	1042,05	13,83	6,92	7,25	3,62	Ø 16 // 0,20	10,05
1,975	948,82	396,06	948,82	12,59	6,30	6,60	3,30		
3,95	879,74	359,85	879,74	11,68	5,84	6,12	3,06		
5,925	810,02	317,14	810,02	10,75	5,38	5,63	2,82		
7,9	714,86	253,80	714,86	9,49	4,74	4,97	2,49	Ø 12 // 0,20	5,65
9,875	652,38	212,98	652,38	8,66	4,33	4,54	2,27		
11,85	589,98	170,46	589,98	7,83	3,92	4,10	2,05		
13,825	504,26	108,85	504,26	6,69	3,35	3,51	1,75	Ø 10 // 0,20	3,93
15,8	443,38	63,79	443,38	5,88	2,94	3,08	1,54		
17,775	383,19	17,40	383,19	5,09	2,54	2,66	1,33		
19,75	299,55	48,19	48,19	0,64	0,32	0,34	0,17	Ø 8 // 0,20	2,51
21,725	238,97	106,16	106,16	1,41	0,70	0,74	0,37		
23,7	185,41	161,07	161,07	2,14	1,07	1,12	0,56		
25,675	108,88	234,67	234,67	3,11	1,56	1,63	0,82		
27,65	58,16	290,72	290,72	3,86	1,93	2,02	1,01		
29,625	10,68	348,67	348,67	4,63	2,31	2,42	1,21		
31,6	48,28	435,83	435,83	5,78	2,89	3,03	1,52		
33,575	93,17	506,26	506,26	6,72	3,36	3,52	1,76	Ø 12 // 0,20	5,65
35,55	135,04	576,27	576,27	7,65	3,82	4,01	2,00		
37,525	188,71	669,93	669,93	8,89	4,45	4,66	2,33		
39,5	222,40	738,32	738,32	9,80	4,90	5,13	2,57		

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro I.45 – Fluxo de Corte e Armadura transversal no 4º tramo.

L	Fluxo de Corte V ⁺	Fluxo de Corte V ⁻	Máx. Fluxo Corte	Betão		Armaduras		A _s Cálculo adoptado (cm ² /m)	A _s Final (cm ² /m)
				A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)	A _s Cálculo (cm ² /m)	2 Ramos (cm ² /m)		
0	1016,95	433,03	1016,95	13,50	6,75	7,07	3,54	Ø 16 // 0,20	10,05
1	966,80	405,48	966,80	12,83	6,42	6,72	3,36		
2	916,23	374,72	916,23	12,16	6,08	6,37	3,19		
3	865,28	342,12	865,28	11,48	5,74	6,02	3,01		
4	814,01	307,64	814,01	10,80	5,40	5,66	2,83		
5	766,44	275,14	766,44	10,17	5,09	5,33	2,66	Ø 12 // 0,20	5,65
6	718,67	241,73	718,67	9,54	4,77	5,00	2,50		
7	670,76	207,42	670,76	8,90	4,45	4,66	2,33		
8	622,77	172,23	622,77	8,27	4,13	4,33	2,17		
9	574,75	136,18	574,75	7,63	3,81	4,00	2,00		
10	526,75	99,30	526,75	1,32	0,66	0,69	0,35	Ø 8 // 0,20	2,51
11	478,83	61,60	478,83	0,82	0,41	0,43	0,21		
12	431,03	23,11	431,03	0,31	0,15	0,16	0,08		
13	383,40	16,15	383,40	0,21	0,11	0,11	0,06		
14	338,12	58,27	338,12	0,77	0,39	0,41	0,20		
15	297,94	105,93	297,94	1,41	0,70	0,74	0,37		
16	259,65	157,76	259,65	2,09	1,05	1,10	0,55		
17	241,46	191,46	241,46	2,54	1,27	1,33	0,67		
18	221,71	234,51	221,71	3,11	1,56	1,63	0,82		
19	209,14	271,12	209,14	3,60	1,80	1,89	0,94		
20	192,37	315,29	192,37	4,18	2,09	2,19	1,10		

A armadura adoptada é superior à armadura calculada para garantir a segurança devido aos efeitos do esforço transversal.

Em algumas secções da viga foi suficiente a armadura mínima calculada anteriormente.

A verificação da resistência ao esforço transversal está verificada em conjunto, quer pelo lado da resistência do betão assim como pelo lado resistência das armaduras.

3. Pré-lajes

As pré-lajes da obra de arte têm um comprimento longitudinal de 2,40 m e é variável na direção transversal.

Materiais da pré-laje:

Betão C45/55; $f_{ck} = 45$ MPa; $f_{cd} = (45/1,5) = 30$ MPa;

Aço A500 NR; $f_{syk} = 500$ MPa; $f_{syd} = (500/1,15) = 435$ MPa;

Acções sobre a pré-laje:

- Peso próprio da pré-laje (27,27 KN/m);
- Betão Fresco (69,25 KN/m);
- Sobrecarga de obra (26,70 KN/m).

As pré-lajes representam-se esquematicamente na figura 1.3. Adoptou-se uma largura de influência de 0,40 m de forma a simplificar o seu dimensionamento.

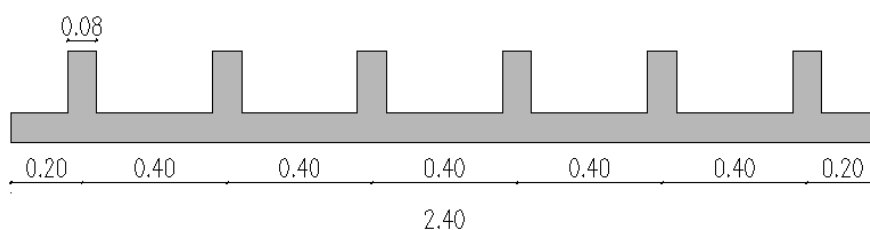


Figura 1.3 - Largura de influência na pré-laje.

CAPÍTULO II – Verificação da Segurança dos Pilares

1. Considerações Gerais

O viaduto composto pelos dois tabuleiros, possuindo cada tabuleiro 6 pilares em betão armado, com formato cilíndrico de diâmetro igual a 1,5 metros.

Encontram-se monoliticamente ligados ao tabuleiro e aos maciços de encabeçamento de estacas.

2. Acções

Algumas das acções a considerar já foram descritas no dimensionamento do tabuleiro como foram os casos do peso próprio, da restante carga permanente, do pré-esforço, das sobrecargas rodoviárias (uniforme, linearmente distribuídas e veículo tipo) e das temperaturas.

Neste capítulo são quantificadas as acções do sismo recorrendo-se a cálculo dinâmico e através do cálculo estático determinam-se as acções do vento, frenagem, retração e fluência.

2.1. Acção do Sismo

A obra de arte pertence à Zona A de acordo com o Anexo III do RSA, o que corresponde a um coeficiente de sismicidade $\alpha = 1$ (Quadro I do artigo 29.2 do RSA). O terreno enquadra-se no Tipo II.

Os esforços resultantes da acção sísmica foram obtidos através de uma análise dinâmica

Auxiliada pelos espectros de resposta do RSA.

- Coeficiente de amortecimento de 5%;
- Terreno do tipo II (solos coerentes duros e de consistência média);
- Coeficiente de sismicidade $\alpha = 1$ (Zona A);

- Coeficiente de comportamento $\eta = 2$ (artigo 33.2 do REBAP - ductilidade normal - a energia transmitida pelos sismos é absorvida por deformação dos pilares devido a esforços de flexão principalmente)

2.2. Acção do Vento

O viaduto de acordo com o artigo 20.º do RSA localiza-se na Zona A.

Conforme diz o artigo 21.º do RSA considera-se uma rugosidade aerodinâmica do solo do tipo II (zona rural) para ter em conta a variação da acção com a altura acima do solo.

Para a pressão dinâmica do vento, w_K obtém-se através do tipo de zona, do tipo de rugosidade e da altura média acima do solo e recorrendo ao gráfico do valor característico da pressão dinâmica, determina-se o valor de w_K .

Zona A,
Rugosidade tipo II

$h_{\text{média}} \approx 10 \text{ m}$

Então

$w_K = 0,9 \text{ kN/m}^2$.

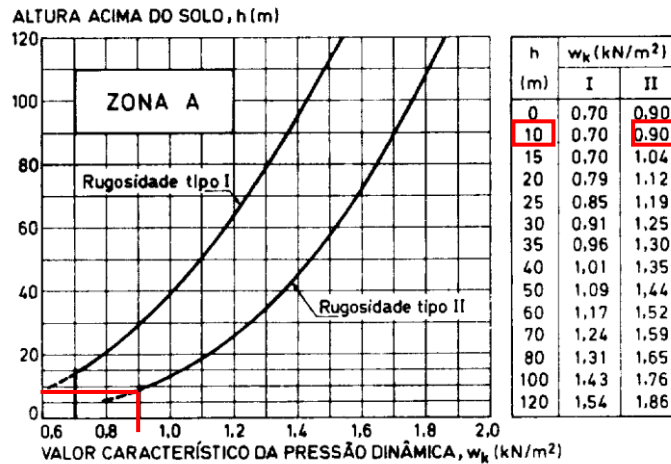


Figura 2.1 – Valor característico da pressão dinâmica do vento.

A pressão do vento é dada por:

$$p_w = \delta_f \times w_k \times d$$

Em que:

p_w – pressão do vento sobre a estrutura;

δ_f – coeficiente de força;

w_k – valor característico da pressão dinâmica;

d – altura da área exposta.

2.2.1. Acção do Vento no Tabuleiro

O cálculo do coeficiente de força foi efectuado de acordo com o Quadro I-XIII do Anexo I do R.S.A.

A acção do vento no tabuleiro obtém-se através de relações entre a altura (d), largura (a) e comprimento (h) da obra de arte.

Temos então:

d – altura da área exposta = 2,20 m

a – largura da área exposta = 13,55 m

h – comprimento da Obra de Arte = 105,50 m

Secção rectangular:

$$\frac{d}{a} \leq \frac{1}{4} \Leftrightarrow \frac{2,20}{13,55} \leq 0,25 \Leftrightarrow 0,16 \leq 0,25$$

$$\frac{h}{d} = \frac{105,50}{2,20} \approx 47,95 = \infty$$

Deste cálculo resulta $\delta_f = 1,2$, assim a pressão média no tabuleiro é:

$$p_w = 1,2 \times 0,9 \times 2,2 = 2,376 \text{ KN/m}$$

2.2.2. Acção do Vento nos Veículos

Conforme descrito no artigo 45.º do RSA, “a acção do vento directamente exercida sobre os veículos e por estes transmitida à ponte deverá ser determinada de acordo com o especificado no capítulo V e considerando que a superfície actuada pelo vento é uma banda rectangular contínua com altura de 2,5 m acima do nível do pavimento.”

Segundo o ponto 3.8 do Anexo I do RSA, o coeficiente de força a considerar sobre os veículos que circulam nas pontes é igual a 1,5.

A pressão média do vento sobre os veículos é igual a:

$$p_w = 1,5 \times 0,9 \times 2,5 = 3,375 \text{ KN/m}$$

2.2.3. Acção do Vento nos Pilares

O Quadro I-XIII do Anexo I do RSA indica os coeficientes de força δ_f para construções com formato cilíndrico ou prismático. Neste caso, os pilares têm a forma cilíndrica.

Condições iniciais:

$h = 10 \text{ m}$ (Altura média da obra acima do solo);

$d = 1,50 \text{ m}$ (diâmetro dos pilares);

$w_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$ (valor característico da pressão dinâmica).

$$d \times \sqrt{w_k} = 1,5 \times \sqrt{0,9} = 1,423 \geq 0,15$$

Cálculo da esbelteza:

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{1,5} = 6,67$$

Daqui resulta então que $\delta_f = 0,5$. A pressão média nos pilares é:

$$p_w = 0,5 \times 0,9 \times 1,5 = 0,675 \text{ KN/m}$$

2.2.4. Força Horizontal Transversal

A força horizontal transversal por metro de superestrutura resulta da soma das pressões dinâmicas determinadas anteriormente, ou seja:

$$F_{\text{Tabuleiro}} = p_w \text{ Tabuleiro} + p_w \text{ Veículos} = 2,376 + 3,375 = 5,751 \text{ KN/m}$$

$$F_{\text{Pilares}} = p_w \text{ Pilares} = 0,675 \text{ KN/m}$$

2.3. Sobrecargas Rodoviárias

2.3.1. Forças de Frenagem

Segundo o artigo 43.º do RSA “ para ter em conta os efeitos resultantes das variações de velocidade dos veículos devem considerar-se forças longitudinais, actuando ao nível do pavimento, paralelamente ao eixo da ponte e associadas às sobrecargas uniformemente distribuídas. Estas forças longitudinais devem ser consideradas linear e uniformemente distribuídas segundo a largura da zona carregada, o seu valor correspondente ao valor característico da sobrecarga uniformemente distribuída é igual 30 kN/m”.

Largura de influência = 5,75 m

$$F_{\text{frenagem}} = 30 \times 5,75 = 172,5 \text{ kN}$$

2.3.2. Veículo Tipo

O dimensionamento do veículo tipo para pontes de classe I segue as mesmas normas indicadas no artigo 41º do RSA, tal como se fez para a verificação da segurança do tabuleiro.

2.3.3. Sobrecarga Linear e Uniformemente Distribuída

- Uniformemente distribuída

Com $Q_1 = 4 \text{ KN/m}^2$ e $L_1 = 5,75 \text{ m}$

$$Q_{\text{SCU}} = Q_1 \times L_1 \Leftrightarrow Q_{\text{SCU}} = 4 \times 5,75 = 23 \text{ KN/m}$$

- Linearmente distribuída

Com $Q_2 = 50 \text{ KN/m}$ e $L_2 = 5,75 \text{ m}$

$$Q_{\text{SCU}} = Q_2 \times L_2 \Leftrightarrow Q_{\text{SCL}} = 50 \times 5,75 = 287,5 \text{ KN}$$

A sobrecarga linearmente distribuída considera-se como uma carga pontual no centro de cada secção transversal do tabuleiro.

2.4. Retracção e Fluência

A retracção define-se como o encurtamento lento e gradual longo do tempo, que uma peça de betão sofre ao mesmo que não esteja sujeito a nenhuma carga nem a variações de temperatura.

Conforme o artigo 32.2 do REBAP, os efeitos da retracção e fluência são assimiláveis a uma diminuição lenta e uniforme de temperatura de 15° C e de 30° C respectivamente.

3. Verificação da Segurança em Relação ao E.L.U. de Encurvadura

3.1. Introdução

Os pilares são elementos estruturais verticais que têm como finalidade transmitir os esforços provenientes do tabuleiro aos elementos de fundação.

Estes elementos têm de estar preparados para receber o esforço axial e portanto têm que satisfazer a segurança à encurvadura.

De acordo com o artigo 61.1 do REBAP, “a verificação da segurança dos pilares relativamente à encurvadura, pode em geral ser reduzida à verificação de estados limites últimos de resistência por flexão com compressão em certas secções do pilar”.

Assim e conforme o artigo 61.2 do REBAP o valor de cálculo do momento flector actuante, M_{sd} , é acrescido do momento definido pela expressão:

$$N_{sd} (e_a + e_2 + e_c)$$

Sendo que:

N_{sd} – valor de cálculo do esforço normal actuante;

e_a – excentricidade accidental;

e_2 – excentricidade de 2ª ordem;

e_c – excentricidade de fluência.

Considerando apenas os efeitos de primeira ordem, a verificação da segurança à encurvadura pode ser dispensada, caso verifique uma das seguintes condições do artigo 61.4 do REBAP:

- **Condição 1**

$$\frac{M_{sd}}{N_{sd}} \geq 3,5 h \quad \text{para } \lambda \leq 70$$
$$\frac{M_{sd}}{N_{sd}} \geq 3,5 h \left(\frac{\lambda}{70} \right) \quad \text{para } \lambda > 70$$

- **Condição 2**

O artigo 58.º do REBAP, indica que devido ao efeito dos valores de cálculo das acções, a estrutura sofre deslocamentos horizontais significativos, razão pela qual é uma estrutura de nós móveis.

$$\lambda < 35 \quad \text{para Estruturas de Nós Móveis}$$

Em que:

h – altura da secção;

M_{sd,b} e **M_{sd,a}** – valores de cálculo dos momentos actuantes nas extremidades do pilar.

3.2. Esbelteza dos Pilares

A esbelteza, λ , dos pilares definido no artigo 59.1 do REBAP é dada por:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad \text{com} \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{e} \quad I = \frac{\pi d^4}{64}$$

Em que:

λ – esbelteza;

l_0 – comprimento efectivo de encurvadura na direcção considerada ($l_0 = L_{\text{Pilar}}$);

i – raio de giração da secção transversal do pilar na direcção considerada, supondo-a constituída apenas por betão;

I – momento de inércia da secção transversal do pilar na direcção considerada;

A – área da secção transversal do pilar;

d – diâmetro do pilar.

Quadro II.1 – Características Geométricas dos Pilares.

Pilar	H (m)	ϕ_{\min} (m)	ϕ_{adoptado} (m)	A_{Pilar} (m ²)	I (m ⁴)	i (m)	λ
P1	13	0,65	1,50	1,767	0,249	0,375	34,667
P2	11	0,55		1,767	0,249	0,375	29,333
P3	11	0,55		1,767	0,249	0,375	29,333

As esbeltezas dos pilares são inferiores a 35, verificando assim o estado limite último de encurvadura, conforme a condição 2 atrás enunciada.

4. Verificação da Segurança em Relação ao E.L.Último

4.1. Introdução

A verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência é dada por:

$$S_d \leq R_d$$

Sendo que,

S_d – valor de cálculo do esforço actuante;

R_d – valor de cálculo do esforço resistente.

4.2. Esforço Actuante

Os esforços que actuam sobre os pilares P1 a P3 são descritos nos quadros II.2 a II.4 respectivamente.

Quadro II.2 – Esforços actuantes na base e no topo do Pilar P1 (h = 13 m).

	Topo do Pilar 1					Base do Pilar 1					
	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	
PP	0,00	-80,96	-7,79	0,00	-1828,87	0,00	20,29	-7,79	0,00	-2403,20	
RCP	0,00	-25,16	-2,44	0,00	-547,81	0,00	6,61	-2,44	0,00	-547,81	
PECont	0,00	-66,50	-7,86	0,00	-96,48	0,00	35,72	-7,86	0,00	-96,48	
PEViga	0,00	300,61	32,88	0,00	262,20	0,00	-126,86	32,88	0,00	262,20	
SCU+SCL	Máx ⁺	733,28	417,69	49,70	26,23	151,76	572,63	202,22	49,70	26,23	151,76
	Mín ⁻	-733,28	-396,39	-45,78	-26,23	-908,92	-572,63	-230,56	-45,78	-26,23	-908,92
VT	Máx ⁺	322,37	127,93	14,75	9,90	38,99	193,69	38,86	14,75	9,90	38,99
	Mín ⁻	-322,37	-94,09	-10,14	-9,90	-211,12	-193,69	-64,74	-10,14	-9,90	-211,12
Vento (±)	21,12	0,00	0,00	166,73	0,00	-2203,40	0,00	0,00	175,51	0,00	
VDT (+10°)	0,00	174,78	20,67	0,00	192,26	0,00	-93,97	20,67	0,00	192,26	
VDT (-5°)	0,00	-87,39	-10,34	0,00	-96,13	0,00	46,99	-10,34	0,00	-96,13	
VUT (±15°)	0,00	1278,63	203,51	0,00	-18,35	0,00	-1367,05	203,51	0,00	-18,35	
Ret + Flu	0,00	3835,90	610,54	0,00	-55,04	0,00	-4101,15	610,54	0,00	-55,04	
Ret Dif	0,00	-166,67	-24,42	0,00	-55,03	0,00	150,81	-24,42	0,00	-55,03	
Frenagem (±)	0,00	-789,33	-124,84	0,00	26,77	0,00	833,57	-124,84	0,00	26,77	
Sismo Longitudinal	0,00	1941,21	307,09	0,00	70,96	0,00	2051,02	307,09	0,00	70,96	
Sismo Transversal	726,88	0,00	0,00	392,89	0,00	4485,57	0,00	0,00	392,89	0,00	

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Quadro II.3 – Esforços actuantes na base e no topo do Pilar P2 (h = 11 m).

		Topo do Pilar 2					Base do Pilar 2				
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)
PP		0,00	1332,12	-182,40	0,00	-2815,85	0,00	-674,31	-182,40	0,00	-3301,81
RCP		0,00	398,94	-54,61	0,00	-842,29	0,00	-201,82	-54,61	0,00	-842,29
PECont		0,00	-5,42	1,16	0,00	15,92	0,00	7,34	1,16	0,00	15,92
PEViga		0,00	-998,23	137,32	0,00	44,72	0,00	512,34	137,32	0,00	44,72
SCU+SCL	Máx⁺	718,19	1066,04	76,68	42,84	60,73	811,52	280,55	76,68	42,84	60,73
	Mín⁻	-718,19	-564,06	-145,96	-42,84	-1135,85	-811,52	-542,67	-145,96	-42,84	-1135,85
VT	Máx⁺	310,44	243,26	19,96	14,98	16,79	227,67	66,97	19,96	14,98	16,79
	Mín⁻	-310,44	-153,49	-32,58	-14,98	-215,87	-227,67	-118,30	-32,58	-14,98	-215,87
Vento (±)		3,98	0,00	0,00	224,26	0,00	2511,64	0,00	0,00	231,68	0,00
VDT (+10°)		0,00	13,84	-3,01	0,00	-42,38	0,00	-19,25	-3,01	0,00	-42,38
VDT (-5°)		0,00	-6,92	1,50	0,00	21,19	0,00	9,62	1,50	0,00	21,19
VUT (±15°)		0,00	404,07	-77,78	0,00	64,26	0,00	-451,46	-77,78	0,00	64,26
Ret + Flu		0,00	1212,20	-233,33	0,00	192,78	0,00	-1354,37	-233,33	0,00	192,78
Ret Dif		0,00	-40,47	7,89	0,00	6,71	0,00	46,33	7,89	0,00	6,71
Frenagem (±)		0,00	-1051,62	198,46	0,00	-16,68	0,00	1131,44	198,46	0,00	-16,68
Sismo Longitudinal		0,00	2589,42	488,71	0,00	42,45	0,00	2786,36	488,71	0,00	42,45
Sismo Transversal		79,13	0,00	0,00	304,13	0,00	3359,39	0,00	0,00	304,13	0,00

Quadro II.4 – Esforços actuantes na base e no topo do Pilar P3 (h = 11 m).

		Topo do Pilar 3					Base do Pilar 3				
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)
PP		0,00	-1318,44	174,61	0,00	-2759,24	0,00	602,31	174,61	0,00	-3245,20
RCP		0,00	-393,85	52,17	0,00	-825,96	0,00	180,03	52,17	0,00	-825,96
PECont		0,00	70,37	-9,02	0,00	-91,11	0,00	-28,88	-9,02	0,00	-91,11
PEViga		0,00	796,46	-104,44	0,00	600,75	0,00	-352,39	-104,44	0,00	600,75
SCU+SCL	Máx⁺	839,75	377,64	119,90	17,16	42,74	766,58	417,94	119,90	17,16	42,74
	Mín⁻	-839,75	-905,09	-48,42	-17,16	-1108,01	-766,58	-156,99	-48,42	-17,16	-1108,01
VT	Máx⁺	336,68	107,37	28,66	6,17	13,83	291,19	99,19	28,66	6,17	13,83
	Mín⁻	-336,68	-219,59	-12,68	-6,17	-217,13	-291,19	-33,15	-12,68	-6,17	-217,13
Vento (±)		17,14	0,00	0,00	215,75	0,00	2431,17	0,00	0,00	223,17	0,00
VDT (+10°)		0,00	-184,80	23,68	0,00	177,89	0,00	75,69	23,68	0,00	177,89
VDT (-5°)		0,00	92,40	-11,84	0,00	-88,95	0,00	-37,85	-11,84	0,00	-88,95
VUT (±15°)		0,00	-1463,47	281,29	0,00	29,24	0,00	1630,71	281,29	0,00	29,24
Ret + Flu		0,00	-4390,40	843,87	0,00	87,72	0,00	4892,13	843,87	0,00	87,72
Ret Dif		0,00	186,27	-32,31	0,00	-55,08	0,00	-169,16	-32,31	0,00	-55,08
Frenagem (±)		0,00	-1021,10	194,20	0,00	1,33	0,00	1115,11	194,20	0,00	1,33
Sismo Longitudinal		0,00	2505,08	477,28	0,00	11,13	0,00	2745,03	477,28	0,00	11,13
Sismo Transversal		763,15	0,00	0,00	385,80	0,00	3744,89	0,00	0,00	385,80	0,00

Após o cálculo dos esforços actuantes procedeu-se à combinação de esforços mais desfavoráveis.

A combinação da componente horizontal e transversal resultante da acção sísmica, indicada no EC 8.

➤ **Combinação Fundamental – Acção Variável Base – Sismo Longitudinal**

$$S_d = 1,0 \times (PP + RCP + PE_{Cont} + PE_{Viga}) + \frac{1}{0} \times ((Retracção + Fluência) + Retracção Diferencial) + 1,5 \times (Sismo L. + (0,3 \times Sismo T.))$$

➤ **Combinação Fundamental – Acção Variável Base – Sismo Transversal**

$$S_d = 1,0 \times (PP + RCP + PE_{Cont} + PE_{Viga}) + \frac{1}{0} \times ((Retracção + Fluência) + Retracção Diferencial) + 1,5 \times (Sismo T. + (0,3 \times Sismo L.))$$

➤ **Combinação Fundamental – Acção Variável Base – Sobrecargas Rodoviárias**

$$S_d = 1,35/1 \times (PP + RCP) + 1,2/1 \times (PE_{Cont} + PE_{Viga}) + 1,5/0 \times ((Retracção + Fluência) + Retracção Diferencial) + 1,5 \times ((SCU + SCL) + VT + Frenagem) + (1,5 \times 0,4 \times VENTO)$$

4.2.1. Esforço de Flexão

No Quadro II.5 podem-se observar os momentos actuantes devido às combinações de acções.

Quadro II.5 – Momentos flectores actuantes na base e topo dos pilares P1, P2 e P3.

AVB	Pilares	Topo			Base		
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
Sismo Longitudinal	P1	327,10	6875,72	-2250,08	2018,50	-7241,92	-2824,40
	P2	35,61	5823,74	-3355,56	1511,73	-5890,35	-3841,52
	P3	343,42	-8993,47	-3031,78	1685,20	9410,75	-3517,75
Sismo Transversal	P1	1090,33	4837,45	-2250,08	6728,35	-5088,35	-2824,40
	P2	118,70	3104,85	-3355,56	5039,09	-1610,30	-3841,52
	P3	1144,73	-6363,14	-3031,78	5617,34	6528,47	-3517,75
SC's Rodoviárias	P1	1596,15	275,82	-3414,30	172,57	-7934,65	-3988,63
	P2	1545,34	3538,11	-4766,41	3065,77	-5383,26	-5252,38
	P3	1774,94	-8185,73	-4366,73	3045,36	10461,45	-4852,69

4.2.2. Esforço Transverso

No Quadro II.6 pode-se observar os esforços transversos actuantes devido às combinações de acções.

Quadro II.6 – Esforços transversos actuantes na base e topo dos pilares P1, P2 e P3.

AVB	Pilares	Topo		Base	
		V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)
Sismo Longitudinal	P1	1085,97	176,80	1085,97	176,80
	P2	-1064,92	136,86	-1064,92	136,86
	P3	1673,11	173,61	1673,11	173,61
Sismo Transversal	P1	763,52	589,33	763,52	589,33
	P2	-551,77	456,19	-551,77	456,19
	P3	1171,97	578,71	1171,97	578,71
SC's Rodoviárias	P1	824,47	139,38	824,47	144,65
	P2	-610,23	198,82	-610,23	203,27
	P3	1929,64	155,19	1929,64	159,64

4.3. Esforços Resistentes

4.3.1. Esforço de Flexão

Os momentos resistentes foram realizados através do Ábaco 41 de Flexão Composta para secções circulares, “Betão Armado – Esforços Normais e de Flexão REBAP 83”, de J’D.Arga Lima, Vítor Monteiro e Mary Mun.

Esforço Normal Reduzido:

$$\nu = \frac{N_{sd}}{\pi \times r^2 \times f_{cd}}$$

Momento Resistente Reduzido:

$$\mu = \frac{M_{sd}}{2\pi \times r^3 \times f_{cd}}$$

Armadura Resistente:

$$A_s = \frac{w \times \pi \times r^2 \times f_{cd}}{f_{syd}}$$

Para o cálculo da armadura mínima longitudinal de flexão a expressão imposta pelo artigo 121.1 do REPAB refere que a secção total da armadura longitudinal dos pilares deve ser superior a 0,6 % da secção do pilar:

$$A_{s \min} = 0,6 \% \times \text{Área da secção do Pilar} = \frac{0,6}{100} \times \pi \times 0,75^2 \times 10^4 = 106,03 \text{ cm}^2$$

34 Ø 20 (106,76 cm²)

No caso da armadura máxima longitudinal, o artigo 121.2 diz que a secção total da armadura longitudinal deve ser inferior a 8 % da secção do pilar:

$$A_{s \max} = 8 \% \times \text{Área da secção do Pilar} = \frac{8}{100} \times \pi \times 0,75^2 \times 10^4 = 1413,72 \text{ cm}^2$$

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

No Quadro II.7 está representado a armadura longitudinal de flexão de acordo com expressões anteriormente referidas no subcapítulo 4.3.1.

Quadro II.7 – Dimensionamento da armadura de flexão dos pilares P1, P2 e P3.

Pilares	A.V.B.	Secção	M_{sd} (KN.m)	N_{sd} (KN)	v	μ	w	A_s (cm ²)	Número Varões	A_s	ρ
P1	Sismo Longitudinal	Base	7241,92	2824,40	0,080	0,14	0,39	316,87	40,00	321,60	1,82
P2			5823,74	3841,52	0,109	0,11	0,24	195,00	25,00	201,00	1,14
P3			9410,75	3517,75	0,100	0,18	0,51	414,37	52,00	418,08	2,37
P1	Sismo Trasversal	Base	6728,35	2824,40	0,080	0,13	0,39	316,87	40,00	321,60	1,82
P2			5039,09	3841,52	0,109	0,10	0,19	154,37	20,00	160,80	0,91
P3		Topo	6363,14	3517,75	0,100	0,12	0,29	235,62	30,00	241,20	1,36
P1	SC.'s Rodovárias	Base	7934,65	3988,63	0,113	0,15	0,39	316,87	40,00	321,60	1,82
P2			5383,26	5252,38	0,149	0,10	0,17	138,12	18,00	144,72	0,82
P3			10461,45	4852,69	0,137	0,20	0,55	446,86	56,00	450,24	2,55

O varão escolhido para a armadura de flexão foi o varão de 32 mm (8,04 cm²).

Tendo em conta as combinações do quadro II.7, foi adoptada para cada pilar a seguinte armadura longitudinal:

P1: $A_s = 316,87 \text{ cm}^2$ — (40 Ø 32) 321,60 cm²

P2: $A_s = 195,00 \text{ cm}^2$ — (25 Ø 32) 201,00 cm²

P3: $A_s = 446,86 \text{ cm}^2$ — (40 Ø 32 + 16 Ø 32) 450,24 cm²

4.3.2. Esforço Transverso

A secção circular com um diâmetro de 1,5 m é substituída por uma secção rectangular equivalente de modo a calcular o esforço transverso resistente.

$$b_{w,equiv.} = 0,90 \times \phi_{pilar} = 0,9 \times 1,5 = 1,35 \text{ m}$$

$$d_{equiv.} = 0,45 \times \phi_{pilar} + 0,64 \times \left(d - \frac{\phi_{pilar}}{2} \right) = 0,45 \times 1,5 + 0,64 \left(1,4 - \frac{1,5}{2} \right) = 1,09 \text{ m}$$

Assim, o valor de cálculo do esforço transverso resistente é determinado como indica o artigo 53.2 do REBAP:

$$V_{cd} = \tau_1 b_{w,equiv} d_{equiv}$$

Em que:

V_{cd} – valor de cálculo do esforço transverso resistente;

τ_1 – tensão que depende da classe de betão;

$b_{w,equiv}$ – largura equivalente da secção circular;

d_{equiv} – comprimento equivalente da secção circular.

No artigo 53.3 do REBAP a armadura de esforço transverso, é dada por:

$$V_{wd} = 0,9 \times d_{equiv} \times \frac{A_{sw}}{s} \times f_{syd} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha$$

A expressão fica simplificada pois considera-se que o ângulo formado pelas armaduras de esforço transverso e o eixo dos pilares é de 90°:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{wd}}{0,9 \times d_{equiv} \times f_{syd}}$$

Sendo $V_{wd} = V_{sd} - V_{cd}$

Em que:

V_{wd} – Resistência das armaduras de esforço transverso

V_{sd} – valor de cálculo do esforço actuante;

A_{sw} – área da secção da armadura de esforço transverso;

s – espaçamento das armaduras de esforço transverso;

f_{syd} – valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras de esforço transverso.

A armadura mínima de esforço transverso é de acordo com o artigo 94.2 do REBAP igual a:

$$Q_w = \frac{A_{sw}}{b_{w,equiv} \times s \times \sin \alpha} \times 100 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{q_w \times b_{w,equiv} \times \sin \alpha}{100} \Leftrightarrow \frac{A_{sw,min}}{s} = \frac{0,08 \times 1,35 \times \sin 90}{100} \times 10^4 = 10,8 \text{ cm}^2$$

Em que:

Q_w – percentagem de estribos, 0,08 para armadura de aço A500;

A_{sw} – área total da secção transversal dos vários ramos dos estribos;

s – espaçamento entre estribos;

α – ângulo formado pelos estribos com o eixo da viga.

No Quadro II.8 está caracterizado a armadura de esforço transverso nos pilares para a combinação da acção variável base das sobrecargas rodoviárias, sendo esta a combinação mais desfavorável.

Quadro II. 8 – Dimensionamento da armadura de esforço transverso dos pilares P1, P2 e P3.

	P1	P2	P3
A.V.B.	SC.'s Rodoviárias		
Secção	Base		
b_{w, equiv} (m)	1,35		
d_{equiv} (m)	1,09		
τ₁ (B35) (KPa)	850		
M_{sd} (KN.m)	7934,65	5383,26	10461,45
N_{sd} (KN)	3988,63	5252,38	4852,69
V_{sd} (KN)	1085,97	1064,92	1673,11
M₀ (KNm)	724,60	954,18	881,57
V_{cd} (KN)	1250,78		
V_{wd} (KN)	-164,80	-185,86	422,34
A_{sw/s} (cm²/m)	-3,86	-4,36	9,90
A_{sw/s min} (cm²/m)	10,8		

A armadura para resistir ao esforço transverso é a mínima:

$$A_{sw/s \min} = 10,8 \text{ cm}^2/\text{m} \quad 4 \text{ ramos de } \varnothing 12 // 0,20 \text{ (11,30 cm}^2/\text{m)}$$

5. Capitel

O capitel é tratado como uma consola curta como diz o Artigo 135.º do REBAP.

Os esforços actuantes mais desfavoráveis no topo dos pilares tendo em conta a combinação estão resumidamente indicados a seguir:

P1:

$$N_{sd} = 1828,87 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 7,79 \text{ KN}$$

P2:

$$N_{sd} = 2815,85 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 182,40 \text{ KN}$$

P3:

$$N_{sd} = 2759,24 \text{ KN}$$

$$V_{sd} = 174,61 \text{ KN}$$

$$a = 0,35 \text{ m}$$

$$d = 1,3 - 0,05 = 1,25 \text{ m}$$

$$d > \frac{2}{3} \times a \Leftrightarrow 1,25 > \frac{2}{3} \times 0,35 \Leftrightarrow 1,25 \text{ m} > 0,23 \text{ m} \text{ Verifica}$$

$$d > 2a \Leftrightarrow 1,25 > 2 \times 0,35 \Leftrightarrow 1,25 \text{ m} > 0,7 \text{ m}$$

Verifica, então deve-se aplicar uma consola fictícia com:

$$d = 2a = 2 \times 0,35 = 0,7 \text{ m}$$

Determinação da força de cálculo F_{sSd} no tirante:

$$F_{sSd} = \frac{N_{sd} \times a}{0,8 \times d} + V_{sd} \left(1 + \frac{d'}{0,8 \times d} \right)$$

Cálculo da armadura que constitui o tirante:

$$A_s = \frac{F_{sSd}}{F_{syd}}$$

Força de compressão na biela de betão:

$$F_{cSd} = N_{sd} \times \frac{\sqrt{(0,8 \times d)^2 + a^2}}{0,8 \times d} + V_{sd} \times \frac{d' \sqrt{(0,8 \times d)^2 + a^2}}{0,8 \times d \times a}$$

Verificação da força de compressão na biela de betão:

$$F_{c,Sd} \leq 0,5 \tau_2 b d$$

Em que:

τ_2 – valor de tensão do esforço transversal obtido no Quadro VII do Artigo.º 53 REBAP;

b – largura da consola;

d – altura útil da consola.

P1:

$$F_{sSd} = \frac{1828,87 \times 0,35}{0,8 \times 0,7} + 7,79 \times \left(1 + \frac{0,05}{0,8 \times 0,7} \right) = 1151,53 \text{ KN}$$

$$A_s = \frac{1151,53}{435000} = 0,002647 \text{ m}^2 = 26,47 \text{ cm}^2$$

$$F_{cSd} = 1828,87 \times \frac{\sqrt{(0,8 \times 0,7)^2 + 0,35^2}}{0,8 \times 0,7} + 7,79 \times \frac{0,05 \sqrt{(0,8 \times 0,7)^2 + 0,35^2}}{0,8 \times 0,7 \times 0,35} = 2158 \text{ KN}$$

P2:

$$F_{sSd} = \frac{2815,85 \times 0,35}{0,8 \times 0,7} + 182,40 \times \left(1 + \frac{0,05}{0,8 \times 0,7}\right) = 1958,59 \text{ KN}$$

$$A_s = \frac{1958,59}{435000} = 0,004503 \text{ m}^2 = 45,03 \text{ cm}^2$$

$$F_{cSd} = 2815,85 \times \frac{\sqrt{(0,8 \times 0,7)^2 + 0,35^2}}{0,8 \times 0,7} + 182,40 \times \frac{0,05 \sqrt{(0,8 \times 0,7)^2 + 0,35^2}}{0,8 \times 0,7 \times 0,35} = 3351,31 \text{ KN}$$

P3:

$$F_{sSd} = \frac{2759,24 \times 0,35}{0,8 \times 0,7} + 174,61 \times \left(1 + \frac{0,05}{0,8 \times 0,7}\right) = 1914,73 \text{ KN}$$

$$A_s = \frac{1914,73}{435000} = 0,004401 \text{ m}^2 = 44,01 \text{ cm}^2$$

$$F_{cSd} = 2759,24 \times \frac{\sqrt{(0,8 \times 0,7)^2 + 0,3^2}}{0,8 \times 0,7} + 174,61 \times \frac{0,05 \sqrt{(0,8 \times 0,7)^2 + 0,3^2}}{0,8 \times 0,7 \times 0,3} = 3283,24 \text{ KN}$$

A maior força de compressão encontra-se no pilar P2, assim verifica-se a força de compressão na biela de betão para o pilar P2:

$$F_{c,Sd} \leq 0,5 \tau_2 b d$$

Em que:

$$\tau_2 = 6 \text{ MPa}$$

$$b = 1,8 \text{ m}$$

$$d = 0,7 \text{ m}$$

$$F_{c,Sd} \leq 0,5 \times 6000 \times 1,8 \times 0,7 \Leftrightarrow 3351,31 \text{ KN} \leq 3780 \text{ KN} \text{ Verifica a condição}$$

O pilar que necessita de maior área de armadura é o pilar P2.

$$A_s = 45,03 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_s}{b} = \frac{45,03}{1,8} = 25,02 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\emptyset 16 // 0,125 + \emptyset 16 // 0,125 \quad (16,08 + 16,08 = 32,16 \text{ cm}^2 / \text{m})$$

De acordo com o Artigo.º 137.2 do REBAP “na zona da consola inferior à zona do tirante, deve distribuir-se uma armadura horizontal suplementar cuja secção total não seja inferior a 1/4 da secção da armadura do tirante”.

$$\frac{A_s}{4} = \frac{45,03}{4} = 11,26 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\frac{A_s}{4}}{b} = \frac{11,26}{1,6} = 7,04 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

A armadura horizontal a colocar no capitel é:

$$\emptyset 10 // 0,10 \quad (7,85 \text{ cm}^2 / \text{m})$$

CAPÍTULO III – Verificação da Segurança das Fundações

1. Considerações Gerais

As fundações mais aconselhadas são as fundações indirectas, pois através da prospecção geotécnica realizada no local da obra verificou-se que as camadas superficiais de terreno não possuem capacidade resistente suficiente para aguentar as cargas provenientes dos pilares.

As fundações dos pilares são constituídas pelo maciço de encabeçamento (9×3×1,5) e por estacas moldadas “in situ” com 1,50 metros de diâmetro com betão da classe C30/37.

Cada viga de fundação é composta por duas estacas, cujo eixo da estaca coincide com o eixo do pilar.

1.1. Verificação da Segurança em Relação ao E.L. Utilização

1.1.1. Esforço Actuante

Para cada maciço de encabeçamento de estacas foi determinada a armadura respectiva correspondendo aos esforços mais desfavoráveis na base de cada pilar utilizando as combinações de acções:

- Combinação rara –AVB Sismo longitudinal;
- Combinação rara –AVB Sismo Transversal;
- Combinação rara –AVB Sobrecargas Rodoviárias.

A combinação mais desfavorável acontece para a combinação em que a acção variável base é o sismo transversal.

$$S_d = 1 \times (PP + RCP + PE_{Viga} + PE_{Cont}) + 1 ((Retracção + Fluência) + Retracção Diferencial) + 1 (0,3 \times Sismo L. + Sismo T.) + 0,3 (VDT + VUT)$$

O Quadro III.1 indica os esforços no maciço de encabeçamento de estacas que foram obtidos segundo a combinação anterior.

Quadro III.1 – Esforços de cálculo no maciço de encabeçamento.

Pilares		Base dos Pilares / Maciço de Encabeçamento				
		$M_2=M_x$ (KN.m)	$M_3=M_y$ (KN.m)	$V_2=V_x$ (KN)	$V_3=V_y$ (KN)	N (KN)
P1	M máx (+)	4485,57	4817,11	809,14	392,89	-2908,41
	M min (-)	-4485,57	-4452,89	597,81	-392,89	
P2	M máx (+)	3359,39	1883,05	289,75	304,13	-3798,50
	M min (-)	-3359,39	-1805,69	-348,20	-304,13	
P3	M máx (+)	3744,89	9415,00	1680,57	385,80	-3522,99
	M min (-)	-3744,89	5112,69	921,32	-385,80	

Maciço de Encabeçamento de Estacas:

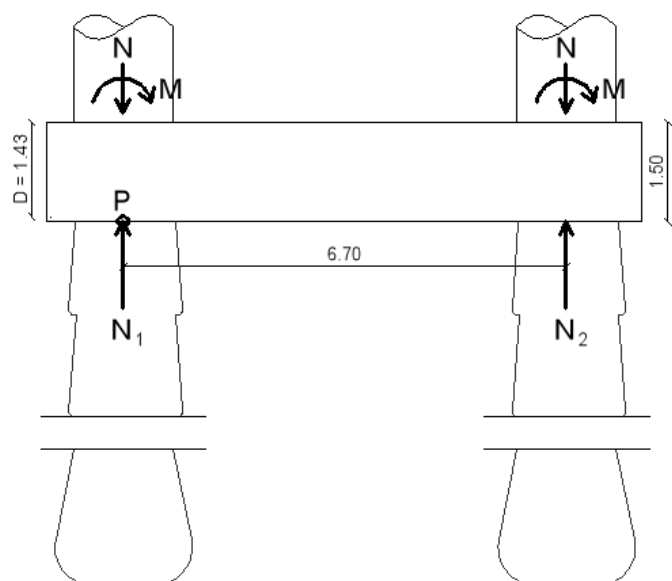


Figura 3.1– Maciço de encabeçamento de estacas.

A figura 3.2 indica o modelo de cálculo para se determinar as reações das estacas.

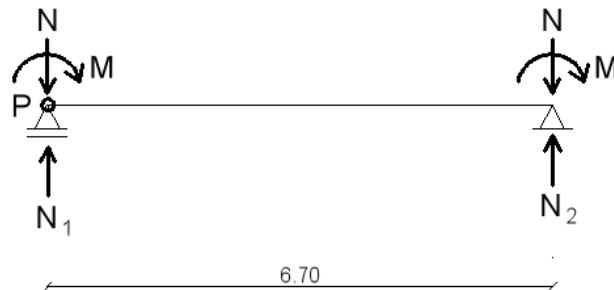


Figura 3.2 – Modelo de cálculo.

$$\Sigma M_P = 0 \Leftrightarrow 6,7 N_2 - 6,7 N - 2M = 0 \Leftrightarrow N_2 = \frac{6,7N + 2M}{6,7} \Leftrightarrow N_2 = N + \frac{M}{3,35}$$

$$\Sigma F_V = 0 \Leftrightarrow N_1 = 2N - N_2 \Leftrightarrow N_1 = 2N - N - \frac{2M}{6,7} \Leftrightarrow N_1 = N - \frac{M}{3,35}$$

1.1.2. Esforço Resistente

O esforço resistente é determinado, calculando as armaduras longitudinais e transversais do maciço de encabeçamento de estacas.

Armadura longitudinal:

O momento a usar para o dimensionamento é o mais desfavorável e ocorre no pilar P3:

$$N_{sd} = 4673,91 \text{ KN (AVB – SC's Rodoviárias)}$$

$$M_{sd} = 9415,00 \text{ KNm (AVB – Sismo Transversal)}$$

$$e = 2,01 \text{ m}$$

Temos então que:

$$M_{sd} = 9415 \text{ KNm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 1,50 - 0,07 = 1,43 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{9415}{1 \times 1,43^2 \times 20000} = 0,230$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,230} = 0,265$$

$$A_s = \frac{w \times d \times b \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,265 \times 1,43 \times 1 \times 20}{435} = 0,017423 \text{ m}^2 / \text{m} = 174,23 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

A armadura longitudinal do maciço de encabeçamento de estacas é:

$$A_s = 15,84 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Ø } 16 // 0,10 \text{ (20,11 cm}^2 / \text{m)}$$

Verificação da Segurança ao Esforço Transverso:

$$V_{Sd} = \frac{M}{3,35} = \frac{9415}{3,35} = 2810,45 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Sd}}{0,9 \times d \times f_{syd} \times \cot \theta} = \frac{2810,45}{0,9 \times 1,43 \times 435000 \times \cot 30} = 0,002898 \text{ m}^2 / \text{m} = 28,98 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{sw, \min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{syk}} \times b = \frac{0,08 \sqrt{30}}{500} \times 1 = 0,000876 \text{ m}^2 = 8,76 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

A armadura de esforço transverso a colocar no maciço de encabeçamento de estacas é:

$$A_s = 28,98 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Ø } 20 // 0,10 \text{ (31,42 cm}^2 / \text{m)}$$

$$b = 1 \text{ m}; \quad d = 1,43 \text{ m}; \quad \Theta = 30^\circ; \quad v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,m\acute{a}x} = \frac{0,9 \times d \times v \times f_{cd} \times b}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{0,9 \times 1,43 \times 0,528 \times 20000 \times 1}{\cot 30 + \tan 30} = 5884,95 \text{ KN}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd,m\acute{a}x} \quad \Rightarrow \quad 2810,45 \text{ KN} < 5884,95 \text{ KN}$$

2. Maciço de Encabeçamento dos Pilares

Os esforços máximos actuantes na base dos pilares tendo em conta as combinações são os seguintes:

P1:

$$N_{sd} = 3884,62 \text{ KN} \quad M_{sd} = 6450,67 \text{ KNm} \quad e = 1,66 \text{ m}$$

P2:

$$N_{sd} = 5005,05 \text{ KN} \quad M_{sd} = 3833,5 \text{ KNm} \quad e = 0,78 \text{ m}$$

P3:

$$N_{sd} = 4673,91 \text{ KN} \quad M_{sd} = 9415 \text{ KNm} \quad e = 2,01 \text{ m}$$

Para determinar o esforço normal a que as estacas estão sujeitas recorre-se ao cálculo anteriormente efectuado:

$$N_2 = N_{sd} + \frac{M_{sd}}{3,35}$$

Esforço normal da estaca do pilar P1:

$$N_2 = 3884,62 + \frac{6450,67}{3,35} = 5810,19 \text{ KN}$$

Esforço normal da estaca do pilar P2:

$$N_2 = 5005,05 + \frac{3833,5}{3,35} = 6149,38 \text{ KN}$$

Esforço normal da estaca do pilar P3:

$$N_2 = 4673,91 + \frac{9415}{3,35} = 7484,36 \text{ KN}$$

Como se observa, a estaca do pilar P3 é aquela que apresenta maior esforço axial.

Dimensões da estaca:

- Raio = 0,75 m
- Comprimento = 20 m

Devido ao peso próprio da estaca:

$$N_2 = 7484,36 + \gamma \times \gamma_b \times A_b \times L_{\text{Estaca}} = 7484,36 + 1,35 \times 25 \times \pi 0,75^2 \times 20 = 8677,18 \text{ KN}$$

Resistência da Estaca - Condições Drenadas

Resistência de Ponta:

$$R_b = A_b \times \sigma'_{0,b} \times N_q$$

Sabendo que:

$$A_b = \pi r^2 = 0,75^2 \pi = 1,77 \text{ m}^2$$

$$\sigma'_{0,b} = \gamma \times L_{\text{Estaca}} = 19 \times 20 = 380 \text{ KPa}$$

$$N_q = 35 (\phi = 32^\circ)$$

Então:

$$R_b = 1,77 \times 380 \times 35 = 23503,04 \text{ KN}$$

Aplicando o factor de segurança a resistência de ponta da estaca é:

$$R_{bd} = \frac{R_b}{\gamma'_b} = \frac{11751,52}{1,6} = 14689,40 \text{ KN}$$

Resistência Lateral:

$$R_s = A_s \times K_s \times \sigma'_v \times \text{tg } \delta'$$

Sabendo que:

$$A_s = 2\pi \times r \times L = 2\pi \times 0,75 \times 20 = 94,25 \text{ m}^2$$

$$K_s = 0,553 \text{ (coeficiente de impulso)}$$

$$\sigma'_v = \frac{\sigma'_{0,b}}{2} = \frac{380}{2} = 190 \text{ KPa}$$

$$\delta' = 21,33^\circ$$

Então:

$$R_s = 94,25 \times 0,553 \times 190 \times \text{tg } 21,33^\circ = 3867,51 \text{ KN}$$

Aplicando o factor de segurança a resistência de ponta da estaca é:

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma'_s} = \frac{3867,51}{1,3} = 2975 \text{ KN}$$

Resistência total:

$$R_d = R_{bd} + R_{sd} = 14689,40 + 2975 = 17664,40 \text{ KN}$$

Armadura:

As armaduras foram determinadas através do Ábaco 41 de Flexão Composta para secções circulares, “Betão Armado – Esforços Normais e de Flexão REBAP 83”, de J’D.Arga Lima, Vítor Monteiro e Mary Mun.

Esforço Normal Reduzido:

- $$v = \frac{N_{sd}}{\pi \times r^2 \times f_{cd}}$$

Momento Resistente Reduzido:

- $$\mu = \frac{M_{sd}}{2\pi \times r^3 \times f_{cd}}$$

Armadura Resistente:

- $$A_s = \frac{w \times \pi \times r^2 \times f_{cd}}{f_{syd}}$$

Assim, temos que:

$$v = 0,246$$

$$\mu = 0,18$$

$$w = 0,45$$

$$A_s = 365,62 \text{ cm}^2$$

As estacas são compostas por 46 Ø 32 (369,84 cm²).

CAPÍTULO IV – Verificação da Segurança dos Aparelhos de Apoio

1. Considerações Gerais

Os aparelhos de apoio são do tipo *pot bearing*, permitindo apenas o livre deslocamento segundo a direcção longitudinal.

Por cada tabuleiro existem 4 aparelhos de apoio, 2 por cada encontro. No total dos dois tabuleiros são 8 aparelhos de apoio.

2. Reacções Verticais, Deslocamentos e Rotações dos Apoios

No Quadro IV.1 apresentam-se os esforços actuantes nos encontros que representam as reacções verticais em cada aparelho de apoio nos encontros E1 e E2.

Quadro IV.1 – Reacções verticais, deslocamentos e rotações por aparelho de apoio.

Acções	E1			E2		
	F [KN]	δ [mm]	θ [rad]	F [KN]	δ [mm]	θ [rad]
PP	636,58	-0,134	0,000312	420,56	-0,192	-0,000077
RCP	190,24	-0,04	0,000092	125,71	-0,057	-0,000022
PE_{viga}	352,54	0,142	-0,000606	555,13	0,173	0,000819
PE_{cont}	-86,50	0,022	-0,000069	-85,17	0,026	0,000068
SCU+SCL (máx (+))	507,01	0,381	0,00023	498,08	0,384	0,000145
SCU+SCL (mín (-))	-64,76	-0,423	-0,000066	-136,59	-0,447	-0,000224
VT (máx (+))	271,87	0,132	0,000107	272,50	0,139	0,000051
VT (mín (-))	-28,48	-0,136	-0,000029	-48,40	-0,148	-0,00011
Vento (\pm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VDT(+10°)	165,68	-0,057	-0,000286	162,10	-0,07	0,000289
VDT(-5°)	-82,84	0,029	0,000143	-81,05	0,035	-0,000145
VUT ($\pm 15^\circ$)	28,99	-8,12	0,000032	46,16	7,563	-0,000051
Retracção Diferencial	-51,45	0,748	0,000081	-51,95	-0,66	-0,000081
Retracção + Fluência	86,98	-24,36	0,000097	138,48	22,689	-0,000153
Frenagem (\pm)	-14,59	3,089	-0,000017	26,00	3,071	-0,000029
Sismo Longitudinal (\pm)	77,16	15,247	0,000085	141,32	15,20	0,000152
Sismo Transversal (\pm)	0,00	1,513E-08	3,09E-12	0,00	1,642E-08	4,36E-12

Reacções verticais

Dos esforços acima mencionados, considerou-se a situação mais condicionante para os dois encontros.

$$N_{Sd,máx} = F_{pp} + F_{RCP} + F_{PEViga} + F_{PECont} + F_{SCU+SCL}^{(+)} + F_{VT}^{(+)} + F_{Vento}^{(+)} + F_{VDT(10^{\circ}C)} + F_{VUT(15^{\circ}C)} + F_{Ret+Flu} + F_{Frenagem}^{(+)} + F_{SLong} + 0,3 \times F_{STrans}$$

$$N_{Sd,min} = F_{pp} + F_{RCP} + F_{PEViga} + F_{PECont} + F_{SCU+SCL}^{(-)} + F_{VT}^{(-)} + F_{Vento}^{(-)} + F_{VDT(-5^{\circ}C)} - F_{VUT(-15^{\circ}C)} + F_{RetDiferencial} + F_{Frenagem}^{(-)} - F_{SLong} - 0,3 \times F_{STrans}$$

Reacção vertical no E1:

$$N_{Sd,máx} = 636,58 + 190,24 + 352,54 - 86,50 + 507,01 + 271,87 + 0 + 165,68 + 28,99 + 86,98 + 14,59 + 77,16 + 0,3 \times 0 = 2245,13 \text{ KN}$$

$$N_{Sd,min} = 636,58 + 190,24 + 352,54 - 86,50 - 64,76 - 28,48 - 0 - 82,84 - 28,99 - 51,45 - 14,59 - 77,16 - 0,3 \times 0 = 744,58 \text{ KN}$$

Reacção vertical no E2:

$$N_{Sd,máx} = 420,56 + 125,71 + 555,13 - 85,17 + 498,08 + 272,50 + 0 + 162,10 + 46,16 + 138,48 + 26 + 141,32 + 0,3 \times 0 = 2300,87 \text{ KN}$$

$$N_{Sd,min} = 420,56 + 125,71 + 555,13 - 85,17 - 136,59 - 48,40 - 0 - 81,05 - 46,16 - 51,95 - 26 - 141,32 - 0,3 \times 0 = 484,75 \text{ KN}$$

As forças horizontais longitudinais e transversais por aparelho de apoio são determinadas do seguinte modo:

$$F_{HLong} = 5\% N_{Sd,máx}$$

$$F_{HTransv} = 16\% \times \Sigma CP + F_{STrans} + 0,3 \times F_{SLong} = 16\% \times (F_{PP} + F_{RCP}) + F_{STrans} + 0,3 \times F_{SLong}$$

Força Horizontal Longitudinal e Transversal no E1:

$$F_{HLong} = 0,05 \times 2245,13 = 112,26 \text{ KN}$$

$$F_{HTransv} = 0,16 \times (636,58 + 190,24) + 0 + 0,3 \times 77,16 = 155,44 \text{ KN}$$

Força Horizontal Longitudinal e Transversal no E2:

$$F_{HLong} = 0,05 \times 2300,87 = 115,04 \text{ KN}$$

$$F_{HTransv} = 0,16 \times (420,56 + 125,71) + 0 + 0,3 \times 141,32 = 129,80 \text{ KN}$$

Deslocamentos nos Aparelhos de Apoio

De seguida calculam-se os deslocamentos máximos a absorver pelos aparelhos de apoio situados nos encontros:

Para a acção sísmica foi aplicado um coeficiente de segurança de 1,5.

Deslocamentos Máximos do Aparelho de Apoio do E1:

$$\delta_{máx}^{(+)} = \delta_{PEViga} + \delta_{PECont} + \delta_{SCU+SCL}^{(+)} + \delta_{VT}^{(+)} + \delta_{Vento}^{(+)} + \delta_{VDT(10^{\circ}C)} + \delta_{VUT(15^{\circ}C)} + \delta_{Ret\ Diferencial} + \delta_{Frenagem}^{(+)} + 1,5 (\delta_{SLong} + 0,3 \times \delta_{STrans})$$

$$\delta_{máx}^{(+)} = 0,142 + 0,022 + 0,381 + 0,132 + 0 + 0,057 + 8,12 + 0,748 + 3,089 + 1,5 (15,247 + 0,3 \times 1,513E^{-8}) = 35,56 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{máx}}^{(-)} = \delta_{\text{PP}} + \delta_{\text{RCP}} + \delta_{\text{SCU+SCL}}^{(-)} + \delta_{\text{VT}}^{(-)} + \delta_{\text{Vento}}^{(-)} + \delta_{\text{VDT} (-5^{\circ}\text{C})} + \delta_{\text{VUT} (-15^{\circ}\text{C})} + \\ + \delta_{\text{Ret+Flu}} - \delta_{\text{Frenagem}}^{(-)} - 1,5 (\delta_{\text{SLong}} + 0,3 \times \delta_{\text{STrans}})$$

$$\delta_{\text{máx}}^{(-)} = - 0,134 - 0,04 - 0,423 - 0,136 - 0 - 0,029 - 8,12 - 24,36 - 3,089 - \\ - 1,5 (15,247 + 0,3 \times 1,513\text{E}^{-8}) = -59,20 \text{ mm}$$

O deslocamento máximo no aparelho de apoio do encontro E1 é o maior dos dois valores de deslocamento:

$$\delta_{\text{máx}} = \pm 59,20 \text{ mm}$$

Deslocamentos Máximos do Aparelho de Apoio do E2:

$$\delta_{\text{máx}}^{(+)} = \delta_{\text{PEViga}} + \delta_{\text{PECont}} + \delta_{\text{SCU+SCL}}^{(+)} + \delta_{\text{VT}}^{(+)} + \delta_{\text{Vento}}^{(+)} + \delta_{\text{VDT} (10^{\circ}\text{C})} + \delta_{\text{VUT} (15^{\circ}\text{C})} + \\ + \delta_{\text{Ret+Flu}} + \delta_{\text{Frenagem}}^{(+)} + 1,5 (\delta_{\text{SLong}} + 0,3 \times \delta_{\text{STrans}})$$

$$\delta_{\text{máx}}^{(+)} = 0,173 + 0,026 + 0,384 + 0,139 + 0 + 0,07 + 7,563 + 22,689 + 3,071 + \\ + 1,5 (15,20 + 0,3 \times 1,642\text{E}^{-8}) = 56,92 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{máx}}^{(-)} = \delta_{\text{PP}} + \delta_{\text{RCP}} + \delta_{\text{SCU+SCL}}^{(-)} + \delta_{\text{VT}}^{(-)} - \delta_{\text{Vento}}^{(-)} - \delta_{\text{VDT} (-5^{\circ}\text{C})} - \delta_{\text{VUT} (-15^{\circ}\text{C})} + \\ + \delta_{\text{Ret Diferencial}} - \delta_{\text{Frenagem}}^{(-)} - 1,5 (\delta_{\text{SLong}} + 0,3 \times \delta_{\text{STrans}})$$

$$\delta_{\text{máx}}^{(-)} = -0,192 - 0,057 - 0,447 - 0,148 - 0 - 0,035 - 7,653 - 0,66 - 3,071 - \\ - 1,5 (15,20 + 0,3 \times 1,642\text{E}^{-8}) = -34,97 \text{ mm}$$

O deslocamento máximo no aparelho de apoio do encontro E2 é:

$$\delta_{\text{máx}} = \pm 56,92 \text{ mm}$$

Rotacões dos Aparelhos de Apoio

As rotações máximas a suportar pelos aparelhos de apoio nos encontros são calculadas a seguir.

Rotacões Máximas do Aparelho de Apoio do E1:

$$\Theta_{\text{máx}}^{(+)} = \Theta_{PP} + \Theta_{RCP} + \Theta_{SCU+SCL}^{(+)} + \Theta_{VT}^{(+)} + \Theta_{Vento}^{(+)} + \Theta_{VDT(10^{\circ}C)} + \Theta_{VUT(15^{\circ}C)} + \Theta_{Ret\ DiFerencial} + \Theta_{Ret+Flu} + \Theta_{Frenagem}^{(+)} + 1,5 (\Theta_{SLong} + 0,3 \times \Theta_{STrans})$$

$$\begin{aligned} \Theta_{\text{máx}}^{(+)} &= 0,000312 + 0,000092 + 0,00023 + 0,000107 + 0 + 0,000286 + 0,000032 + \\ &+ 0,000081 + 0,000097 + 0,000017 + 1,5 (0,000085 + 0,3 \times 3,09E^{-12}) = \\ &= 0,001382 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\Theta_{\text{máx}}^{(-)} = \Theta_{PEViga} + \Theta_{PECont} + \Theta_{SCU+SCL}^{(-)} + \Theta_{VT}^{(-)} + \Theta_{Vento}^{(-)} - \Theta_{VDT(-5^{\circ}C)} - \Theta_{VUT(-15^{\circ}C)} + \Theta_{Frenagem} - 1,5 (\Theta_{SLong} + 0,3 \times \Theta_{STrans})$$

$$\begin{aligned} \Theta_{\text{máx}}^{(-)} &= -0,000606 - 0,000069 - 0,000066 - 0,000029 - 0 - 0,000143 - 0,000032 - \\ &- 0,000017 - 1,5 (0,000085 + 0,3 \times 3,09E^{-12}) = -0,00109 \text{ rad} \end{aligned}$$

A rotação máxima que acontece no aparelho de apoio do encontro E1 é:

$$\Theta_{\text{máx}} = 0,001382 \text{ rad}$$

Rotacões Máximas do Aparelho de Apoio do E2:

$$\Theta_{\text{máx}}^{(+)} = \Theta_{PEViga} + \Theta_{PECont} + \Theta_{SCU+SCL}^{(+)} + \Theta_{VT}^{(+)} + \Theta_{Vento}^{(+)} + \Theta_{VDT(10^{\circ}C)} + \Theta_{VUT(15^{\circ}C)} + \Theta_{Frenagem} + 1,5 (\Theta_{SLong} + 0,3 \times \Theta_{STrans})$$

$$\begin{aligned} \Theta_{\text{máx}}^{(+)} &= 0,000819 + 0,000068 + 0,000145 + 0,000051 + 0 + 0,000289 + 0,000051 + \\ &+ 0,000029 + 1,5 (0,000152 + 0,3 \times 4,36E^{-12}) = 0,00168 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$\Theta_{\text{máx}}^{(-)} = \Theta_{\text{PP}} + \Theta_{\text{RCP}} + \Theta_{\text{SCU+SCL}}^{(-)} + \Theta_{\text{VT}}^{(-)} + \Theta_{\text{Vento}}^{(-)} + \Theta_{\text{VDT (-5°C)}} + \Theta_{\text{VUT (-15°C)}} + \\ + \Theta_{\text{Ret DiFerencial}} + \Theta_{\text{Ret+Flu}} + \Theta_{\text{Frenagem}} - 1,5 (\Theta_{\text{SLong}} + 0,3 \times \Theta_{\text{STrans}})$$

$$\Theta_{\text{máx}}^{(-)} = -0,000077 - 0,000022 - 0,000224 - 0,00011 - 0 - 0,000145 - 0,000051 - \\ - 0,000081 - 0,000153 - 0,000029 - 1,5 (0,000152 + 0,3 \times 4,36\text{E}^{-12}) = \\ = -0,00112 \text{ rad}$$

A rotação máxima do aparelho de apoio do encontro E2 é:

$$\Theta_{\text{máx}} = 0,00168 \text{ rad}$$

Tendo em conta esforços, deslocamentos e rotações mais desfavoráveis que ocorrem nos aparelhos de apoio dos dois encontros, conclui-se que as características dos aparelhos de apoio a adoptar são as que estão descritos no seguinte quadro.

Quadro IV.2 – Aparelho de apoio a adoptar.

	$F_{V,\text{máx}}$ [KN]	$F_{V,\text{min}}$ [KN]	F_{HTrans} [KN]	F_{HLong} [KN]	$\delta_{\text{máx}}$ [mm]	$\Theta_{\text{máx}}$ [rad]
Aparelho de Apoio	2350	800	200	150	± 60	0,00168

CAPÍTULO V – Verificação da Segurança das Juntas de Dilatação

1. Considerações Gerais

As juntas de dilatação que fazem a ligação entre os encontros e o tabuleiro, servem para absorver os movimentos devido às variações de temperatura, efeitos diferidos e outros deslocamentos.

2. Deslocamentos

Os deslocamentos derivado da máxima dilatação e do máximo encurtamento a absorver pelas juntas de dilatação, e utilizando os valores de deslocamento do mesmo quadro que se usou para o cálculo dos deslocamentos nos aparelhos de apoio, são dadas pela mesma fórmula.

Assim sendo tem-se que:

$$\delta_{\text{máx}} = \pm 59,20 \text{ mm} = \pm 60 \text{ mm}$$

Assim a amplitude dos deslocamentos que as juntas de dilatação absorve é de 120 mm.

CAPÍTULO VI – Verificação da Segurança nos Encontros

1. Considerações Gerais

Os encontros E1 e E2 do viaduto têm as mesmas características e são ambos do tipo perdido, constituídos por vigas estribo e estacas.

A verificação do equilíbrio global dos encontros fez-se através dos coeficientes de impulso activos para as acções do terreno e sobrecarga, e para a acção sísmica socorreu-se ao impulso sísmico.

No caso da verificação da segurança interna, foram utilizados coeficientes de impulso em repouso, e no caso do sismo em que este é a acção variável base foi utilizado o coeficiente de impulso sísmico.

As características do solo são:

- **Ângulo de atrito interno:**

$$\phi'_k = 32^\circ$$

- **Peso volúmico do solo:**

$$\gamma'_k = 19 \text{ KN/m}^3;$$

- **Coefficiente de atrito:**

$$\mu = 0,5$$

Parâmetros resistentes de cálculo:

$$\gamma'_d = \frac{\gamma'_k}{1} = \frac{19}{1} = 19 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi'_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi'_k}{\gamma_{\phi'}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 32}{1,25} \right) = 26,56^\circ$$

$$\delta'_d = \frac{2 \times \phi'_d}{3} = \frac{2 \times 26,56}{3} = 17,71^\circ$$

2. Acções nos Encontros

As acções que actuam sobre os encontros são as forças provenientes do tabuleiro, dos impulsos de terras e do próprio peso dos encontros.

2.1. Acções provenientes do tabuleiro

As acções provenientes do tabuleiro que são as mais desfavoráveis e se transmitem nos dois aparelhos de apoio são:

Forças Verticais:

$$F_v = 2300,87 \times 2 = 4601,74 \text{ KN}$$

Forças Horizontais:

$$F_{H\text{Long}} = 5\% N_{Sd,m\acute{a}x} \times 2 = 0,05 \times 2300,87 \times 2 = 230,08 \text{ KN}$$

$$F_{H\text{Transv}} = (0,16 \times (636,58 + 190,24) + 0 + 0,3 \times 77,16) \times 2 = 310,88 \text{ KN}$$

2.2. Impulsos de Terras

Os impulsos de terras aplicados são os impulsos que resultam do peso próprio das terras, da acção sísmica e de uma sobrecarga de 10 KN/m^2 actuante no terrapleno.

Coefficiente de Impulso em Repouso:

$$K_0 = 1 - \sin \phi'_d = 1 - \sin 26,56 = 0,553$$

Coefficiente de Impulso Activo (Teoria de Coulomb):

O coeficiente K_a é dado pela seguinte expressão:

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi'_d - \varphi)}{\cos^2 \varphi \times \cos(\delta'_d + \varphi) \times \left[1 + \frac{\sin(\delta'_d + \phi'_d) \times \sin(\phi'_d - i)}{\cos(\delta'_d + \varphi) \times \cos(\varphi - i)} \right]^2}$$

Em que:

ϕ'_d – ângulo de atrito interno de cálculo;

δ'_d – ângulo de atrito de cálculo na interface estrutura de suporte/solo do tardo;

φ – ângulo que o tardo do muro faz com a vertical;

i – ângulo que o solo suportado faz com a horizontal.

Temos que,

$$K_a = \frac{\cos^2(26,56-0)}{\cos^2 0 \times \cos(17,71+0) \times \left[1 + \frac{\sin(17,71+26,56) \times \sin(26,56-0)}{\cos(17,71+0) \times \cos(0-0)} \right]^2} = 0,340$$

Com $i = \varphi = 0$

Coefficiente de Impulso para a Acção Sísmica (Método de Mononobe – Okabe):

O método pode ser aplicado a solos incoerentes, secos e homogéneos, com uma inclinação qualquer do tardo da estrutura e do talude do solo.

$$K_{as} = \frac{\cos^2(\phi'_d - \varphi - \theta)}{\cos \theta \times \cos^2 \varphi \times \cos(\delta'_d + \varphi + \theta) \times \left[1 + \frac{\sin(\delta'_d + \phi'_d) \times \sin(\phi'_d - i - \theta)}{\cos(\delta'_d + \varphi + \theta) \times \cos(\varphi - i)} \right]^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{K_h}{1 \pm K_v} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,12}{1 \pm 0,04} \right) = 6,58 \text{ ou } 7,13$$

$$K_h = 0,12$$

$$K_v = \frac{0,12}{3} = 0,04$$

Em que:

θ – ângulo sísmico que relaciona o impulso sísmico vertical com o horizontal;

K_h – aceleração sísmica horizontal;

K_v – aceleração sísmica vertical.

Para $\theta = 6,58$:

$$K_{as} = \frac{\cos^2(26,56-0-6,58)}{\cos 6,58 \times \cos^2 0 \times \cos(17,71+0+6,58) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(17,71+26,56) \times \sin(26,56-0-6,58)}{\cos(17,71+0+6,58) \times \cos(0-0)}} \right]^2} = 0,640$$

Para $\theta = 7,13$:

$$K_{as} = \frac{\cos^2(26,56-0-7,13)}{\cos 7,13 \times \cos^2 0 \times \cos(17,71+0+7,13) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(17,71+26,56) \times \sin(26,56-0-7,13)}{\cos(17,71+0+7,13) \times \cos(0-0)}} \right]^2} = 0,653$$

Então:

$$K_s = K_{as} - K_a = 0,653 - 0,340 = 0,313$$

2.3. Encontros E1 / E2

Os encontros são constituídos pelo espelho e pela viga de estribo, assentes num alinhamento de 4 estacas.

2.3.1. Espelho

O espelho tem uma altura de 1,61 m e suportam as terras no seu tardo.

Determina-se o impulso em repouso de terras e o impulso de terras devido a uma sobrecarga de 10 KN/m² actuante no terrapleno, como demonstra a figura 6.1.

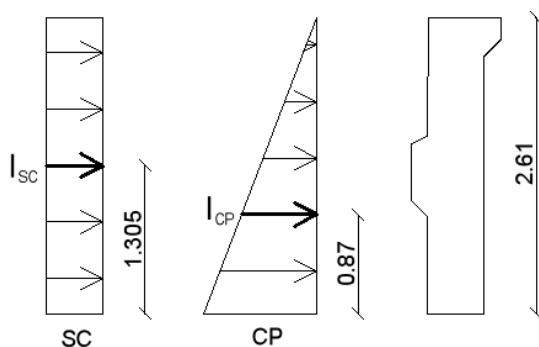


Figura 6.1 – Impulsos no espelho.

Impulso em repouso de terras:

$$I_{\gamma} = 0,5 \times \gamma \times K_0 \times H^2 = 0,5 \times 19 \times 0,553 \times 2,61^2 = 35,79 \text{ KN/m}$$

$$b = \frac{H}{3} = \frac{2,61}{3} = 0,87 \text{ m}$$

$$M_{\gamma} = I_{\gamma} \times b = 35,79 \times 0,87 = 31,14 \text{ KNm/m}$$

Impulso de terras devido a uma sobrecarga de 10 KN/m²:

$$I_q = q \times K_0 \times H = 10 \times 0,553 \times 2,61 = 14,43 \text{ KN/m}$$

$$b = \frac{H}{2} = \frac{2,61}{2} = 1,305 \text{ m}$$

$$M_q = I_q \times b = 14,43 \times 1,305 = 18,83 \text{ KNm/m}$$

$$M_{Sd} = 1,35 \times M_{\gamma} + 1,5 \times M_q = 1,35 \times 31,14 + 1,5 \times 18,83 = 70,28 \text{ KNm/m}$$

Betão C30/37 e Aço A500

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 0,5 - 0,05 = 0,45 \text{ m (altura útil)}$$

$$\mu = \frac{M_{Sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{70,28}{1 \times 0,45^2 \times 20000} = 0,01735$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,01735} = 0,0175$$

$$A_s = \frac{w \times d \times b \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0175 \times 0,45 \times 1 \times 20}{435} = 0,000362 \text{ m}^2 / \text{ m} = 3,62 \text{ cm}^2 / \text{ m}$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{syk}} \times b \times d = 0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1 \times 0,45 = 0,000679 \text{ m}^2 / \text{ m} = 6,79 \text{ cm}^2 / \text{ m}$$

A armadura a aplicar no espelho será a mínima:

$$A_{s,min} = 6,79 \text{ cm}^2 / \text{ m}$$

$$\text{Ø } 12 // 0,15 (7,54 \text{ cm}^2 / \text{ m})$$

2.3.2. Viga de Estribo

A viga de estribo mais o espelho formam um todo, tendo sido determinado os momentos actuantes devido ao impulso de terras e também devido ao peso próprio mais o veículo tipo.

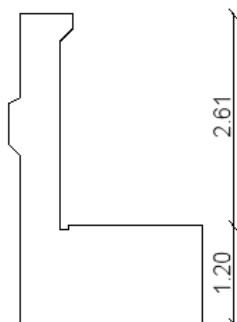


Figura 6.2 – Viga de estribo e espelho.

Impulso de Terras:

$$I_{\gamma} = 0,5 \times \gamma \times K_0 \times H_{Asa} = 0,5 \times 19 \times 0,553 \times 4 = 21,01 \text{ KN/m}$$

$$b = \frac{H}{3} = \frac{4}{3} = 1,333 \text{ m}$$

$$M_{\gamma} = I_{\gamma} \times b = 21,01 \times 1,333 = 28,01 \text{ KNm/m}$$

$$I_q = q \times K_0 \times H_{Asa} = 10 \times 0,553 \times 4 = 22,12 \text{ KN/m}$$

$$b = \frac{H}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}$$

$$M_q = I_q \times b = 22,12 \times 2 = 44,24 \text{ KNm/m}$$

$$M_{Sd} = 1,35 \times M_{\gamma} + 1,5 \times M_q = 1,35 \times 28,01 + 1,5 \times 44,24 = 104,17 \text{ KNm/m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 2,25 - 0,05 = 2,20 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{M_{Sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{104,17}{1 \times 2,20^2 \times 20000} = 0,0010761$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0010761} = 0,001077$$

$$A_s = \frac{w \times d \times b \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,001077 \times 2,25 \times 1 \times 20}{435} = 0,000111 \text{ m}^2 / \text{ m} = 1,11 \text{ cm}^2 / \text{ m}$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{syk}} \times b \times d = 0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1 \times 2,25 = 0,003393 \text{ m}^2 / \text{ m} = 33,93 \text{ cm}^2 / \text{ m}$$

A armadura a aplicar na viga de estribo para o impulso de terras será a mínima:

$$A_{s,min} = 33,93 \text{ cm}^2 / \text{ m}$$

$$\text{Ø } 25 // 0,125 (39,27 \text{ cm}^2 / \text{ m})$$

Peso Próprio + Veículo Tipo:

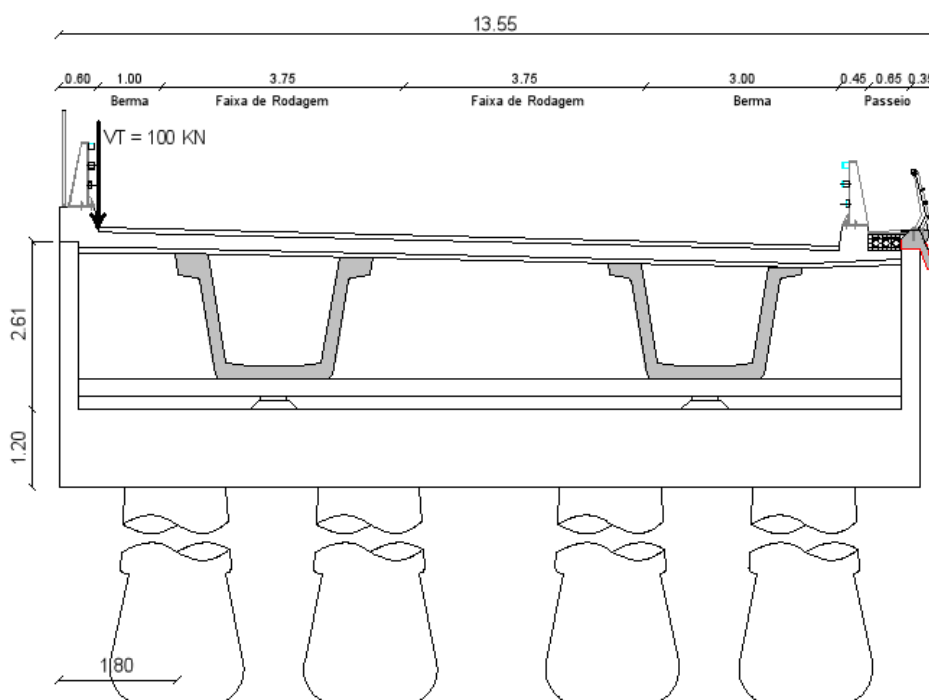


Figura 6.3 – Acção do Veículo Tipo.

$$M_{PP} = \gamma_b \times A \times \frac{L^2}{2} = 25 \times 4,13 \times \frac{1,80^2}{2} = 167,27 \text{ KNm}$$

$$M_{VT} = 100 \times L_{\text{Consola}} = 100 \times (1,80 - 0,60) = 120 \text{ KNm}$$

$$M_{Sd} = 1,35 \times M_{PP} + 1,5 \times M_{VT} = 1,35 \times 167,27 + 1,5 \times 120 = 405,81 \text{ KNm}$$

$$b = 2,25 \text{ m}$$

$$d = 1,20 - 0,05 = 1,15 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{M_{Sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{405,81}{2,25 \times 1,15^2 \times 20000} = 0,00682$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,00682} = 0,00684$$

$$A_s = \frac{w \times d \times b \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,00684 \times 1,15 \times 2,25 \times 20}{435} = 0,000814 \text{ m}^2 = 8,14 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{syk}} \times b \times d = 0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 2,25 \times 1,15 = 0,003902 \text{ m}^2 = 39,02 \text{ cm}^2$$

A armadura que se aplica na viga de estribo para o peso próprio mais o veículo tipo será a mínima:

$$A_{s,min} = 39,02 \text{ cm}^2$$

$$8 \text{ } \varnothing 25 (39,27 \text{ cm}^2)$$

2.3.3. Asa

A Asa tem uma espessura de 30 cm e a sua forma geométrica está representada em alçado na figura 6.4.

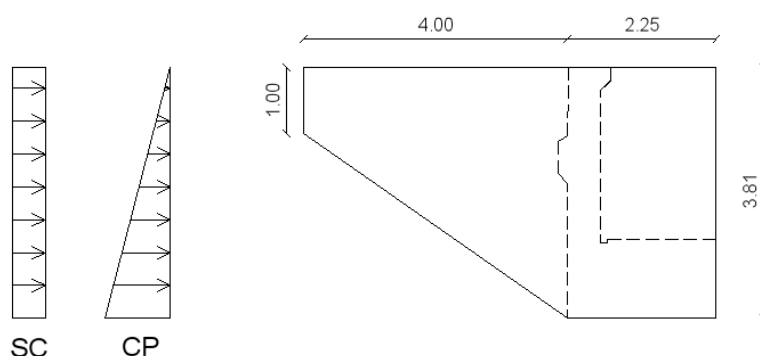


Figura 6.4 – Impulsos na Asa.

Os impulsos que são necessários quantificar são os impulsos horizontais devido à carga permanente e à sobrecarga do terrapleno.

Estes impulsos são determinados somente na zona da consola que tem uma dimensão de 4m.

Para o cálculo dos impulsos na consola, esta foi dividida em duas partes, rectângulo e triângulo.

Área do rectângulo:

$$A_{\square} = 4 \times 1 = 4 \text{ m}^2$$

Área do triângulo:

$$A_{\Delta} = \frac{4 \times 2,81}{2} = 5,62 \text{ m}^2$$

Cálculo dos impulsos:

$$I_{\gamma\Box} = 0,5 \times \gamma \times K_0 \times A_{\Box} \times h = 0,5 \times 19 \times 0,553 \times 4 \times 1 = 21,01 \text{ KN}$$

$$I_{\gamma\Delta} = 0,5 \times \gamma \times K_0 \times A_{\Delta} \times h = 0,5 \times 19 \times 0,553 \times 5,62 \times 4 = 118,10 \text{ KN}$$

$$I_{q\Box} = q \times K_0 \times A_{\Box} = 10 \times 0,553 \times 4 = 22,12 \text{ KN}$$

$$I_{q\Delta} = q \times K_0 \times A_{\Delta} = 10 \times 0,553 \times 5,62 = 31,08 \text{ KN}$$

Cálculo dos braços:

$$b_{\gamma\Box} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}$$

$$b_{\gamma\Delta} = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ m}$$

$$b_{q\Box} = \frac{4}{2} = 2 \text{ m}$$

$$b_{q\Delta} = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ m}$$

Verificação da Segurança à Flexão:

$$M_{Sd} = \frac{1,35 \times (I_{\gamma\gamma} \times b_{\gamma\gamma} + I_{\gamma\Delta} \times b_{\gamma\Delta}) + 1,5 \times (I_{q\Box} \times b_{q\Box} + I_{q\Delta} \times b_{q\Delta})}{H_{\text{Consola}}}$$

$$M_{Sd} = \frac{1,35 \times (21,01 \times 2 + 118,10 \times 1,33) + 1,5 \times (22,12 \times 2 + 31,08 \times 1,33)}{4} = 99,29 \text{ KNm/m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 0,30 - 0,05 = 0,25 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{M_{Sd}}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{99,29}{1 \times 0,25^2 \times 20000} = 0,0794$$

$$w = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0794} = 0,0828$$

$$A_s = \frac{w \times d \times b \times f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,0828 \times 0,25 \times 1 \times 20}{435} = 0,000952 \text{ m}^2 / \text{m} = 9,52 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s,\min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{syk}} \times b \times d = 0,26 \times \frac{2,9}{500} \times 1 \times 0,25 = 0,000377 \text{ m}^2 / \text{m} = 3,77 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

A armadura que se aplica na Asa para o esforço de flexão é:

$$A_s = 9,52 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Ø } 12 // 0,10 \text{ (11,31 cm}^2 / \text{m)}$$

Verificação da Segurança ao Esforço Transverso:

$$V_{Sd} = \frac{1,35 \times (I_{\gamma r} + I_{\gamma \Delta}) + 1,5 \times (I_{q\Box} + I_{q\Delta})}{H_{\text{Consola}}} = \frac{1,35 \times (21,01 + 118,10) + 1,5 \times (22,12 + 31,08)}{4} =$$

$$= 66,90 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Sd}}{0,9 \times d \times f_{syd} \times \cot \theta} = \frac{66,90}{0,9 \times 0,25 \times 435000 \times \cot 30} = 0,000395 \text{ m}^2 / \text{m} = 3,95 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{sw,\min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \times b = \frac{0,08 \sqrt{30}}{500} \times 1 = 0,000876 \text{ m}^2 / \text{m} = 8,76 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

A armadura que se aplica na Asa para o esforço transverso é a mínima:

$$A_{s,\min} = 8,76 \text{ cm}^2 / \text{m} \quad \text{Ø } 12 // 0,10 \text{ (11,31 cm}^2 / \text{m)}$$

$$b = 1 \text{ m}; \quad d = 0,25 \text{ m}; \quad \Theta = 30^\circ; \quad v = 0,528$$

$$V_{Rd,m\acute{a}x} = \frac{0,9 \times d \times v \times f_{cd} \times b}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{0,9 \times 0,25 \times 0,528 \times 20000 \times 1}{\cot 30 + \tan 30} = 1028,84 \text{ KN}$$

$$V_{Sd} < V_{Rd,m\acute{a}x} \Rightarrow 66,90 \text{ KN} < 1028,84 \text{ KN}$$

A verificação da segurança da asa está garantida.

2.3.4. Maciço de Encabeçamento do Encontro

Maciço de encabeçamento com as respectivas estacas de 1,5 m de diâmetro cada, encontra-se representada na figura 6.5.

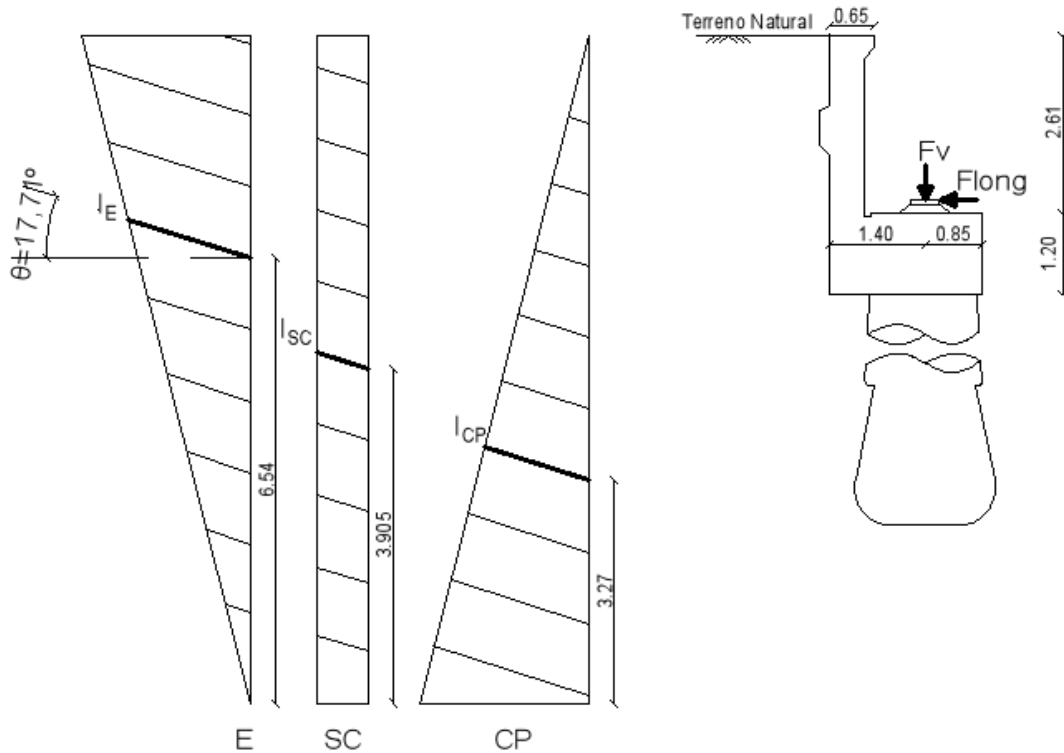


Figura 6.5 – Representação dos impulsos actuaentes no maciço de encabeçamento.

Cálculo dos impulsos:

$$I_{CP} = 0,5 \times \gamma \times K_a \times H^2 = 0,5 \times 19 \times 0,340 \times 9,81^2 = 310,84 \text{ KN/m}$$

$$I_{SC} = q \times K_a \times H = 10 \times 0,340 \times 9,81 = 33,35 \text{ KN/m}$$

$$I_E = 0,5 \times \gamma \times K_s \times H^2 = 0,5 \times 19 \times 0,313 \times 9,81^2 = 286,16 \text{ KN/m}$$

Impulsos horizontais:

$$I_{CPH} = I_{CP} \times \cos(\delta'_d) \times L = 310,84 \times \cos(17,71^\circ) \times 1,5 \times 4 = 1776,65 \text{ KN}$$

$$I_{SCH} = I_{SC} \times \cos(\delta'_d) \times L = 33,35 \times \cos(17,71^\circ) \times 1,5 \times 4 = 190,62 \text{ KN}$$

$$I_{EH} = I_E \times \cos(\delta'_d) \times L = 286,16 \times \cos(17,71^\circ) \times 1,5 \times 4 = 1635,59 \text{ KN}$$

Cálculo dos braços:

$$b_{CPH} = \frac{H_{Encontro}}{3} = \frac{9,81}{3} = 3,27 \text{ m}$$

$$b_{EH} = \frac{2 \times H_{Encontro}}{3} = \frac{2 \times 9,81}{3} = 6,54 \text{ m}$$

Para determinar qual das quatro estacas é mais esforçada foi necessário desenhar no sap2000 uma estrutura simplificada, viga apoiada em quatro apoios e colocar as cargas actuantes.

$$M_{sdy} = 2269 \text{ KNm}$$

$$N_{sd} = 2965 \text{ KN}$$

Por questões logísticas, as quatro estacas têm as mesmas características entre si.

Dimensões da estaca:

– Raio = 0,75 m

– Comprimento = 25 m

Resistência da Estaca - Condições Drenadas

Resistência de Ponta:

$$R_b = A_b \times \sigma'_{0,b} \times N_q$$

Sabendo que:

$$A_b = \pi r^2 = 0,75^2 \pi = 1,77 \text{ m}^2$$

$$\sigma'_{0,b} = \gamma \times L_{\text{Estaca}} = 19 \times 25 = 475 \text{ KPa}$$

$$N_q = 35 (\phi = 32^\circ)$$

Então:

$$R_b = 1,77 \times 475 \times 35 = 29426,25 \text{ KN}$$

Aplicando o factor de segurança a resistência de ponta da estaca é:

$$R_{bd} = \frac{R_b}{\gamma'_b} = \frac{29426,25}{1,6} = 18391,41 \text{ KN}$$

Resistência Lateral:

$$R_s = A_s \times K_s \times \sigma'_v \times \text{tg } \delta'$$

Sabendo que:

$$A_s = 2\pi \times r \times L = 2\pi \times 0,75 \times 25 = 117,81 \text{ m}^2$$

$$K_s = 0,553 \text{ (coeficiente de impulso)}$$

$$\sigma'_v = \frac{\sigma'_{0,b}}{2} = \frac{475}{2} = 237,5 \text{ KPa}$$

$$\delta' = 21,33^\circ$$

Então:

$$R_s = 117,81 \times 0,553 \times 237,5 \times \operatorname{tg} 21,33^\circ = 6041,96 \text{ KN}$$

Aplicando o factor de segurança a resistência de ponta da estaca é:

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma'_s} = \frac{6041,96}{1,3} = 4647,66 \text{ KN}$$

Resistência total:

$$R_d = R_{bd} + R_{sd} = 18391,41 + 4647,66 = 23039 \text{ KN}$$

O esforço normal actuante da estaca tendo em conta o seu peso próprio é:

$$N_{sd} = N + \gamma \times \gamma_b \times A_b \times L_{\text{estaca}} = 2965 + 1,35 \times 25 \times 0,75^2 \pi \times 25 = 4456,03 \text{ KN}$$

A resistência da estaca é verificada:

$$N_{sd} < R_d \quad 4456,03 \text{ KN} < 23039 \text{ KN}$$

2.3.4.1. Armadura da Estaca

As armaduras foram determinadas através do Ábaco 41 de Flexão Composta para secções circulares, “Betão Armado – Esforços Normais e de Flexão REBAP 83”, de J’D.Arga Lima, Vitor Monteiro e Mary Mun.

Esforço Normal Reduzido:

$$\nu = \frac{N_{sd}}{\pi \times r^2 \times f_{cd}}$$

Momento Resistente Reduzido:

$$\mu = \frac{M_{sd}}{2\pi \times r^3 \times f_{cd}}$$

Armadura Resistente:

$$A_s = \frac{w \times \pi \times r^2 \times f_{cd}}{f_{syd}}$$

Assim, temos que:

$$\nu = 0,126$$

$$\mu = 0,04$$

$$A_s = 16,25 \text{ cm}^2$$

Para o cálculo da armadura mínima longitudinal de flexão a expressão imposta pelo artigo 121.1 do REPAB refere que a secção total da armadura longitudinal dos pilares deve ser superior a 0,6 % da secção do pilar:

$$A_{s \text{ min}} = 0,6 \% \times \text{Área da secção do Pilar} = \frac{0,6}{100} \times \pi \times 0,75^2 \times 10^4 = 106,03 \text{ cm}^2$$

A armadura a considerar é a mínima, sendo a estaca composta por 34 Ø 20 (106,76 cm²).

Conclusão

A execução deste trabalho foi um grande desafio para o autor, pois envolveu muitos cálculos e desenhos que se revelaram muito complexos e trabalhosos, apesar das ferramentas numéricas e gráficas disponíveis, o que atesta a sua sofisticação e nível de detalhe.

O presente trabalho permitiu aplicar de forma muito extensiva os conhecimentos adquiridos no mestrado e ainda desenvolvê-los de forma expressiva, bem como as competências relativamente ao dimensionamento de pontes e à pormenorização das peças desenhadas que são importantes para entendimento geral da construção de um viaduto.

Em termos gerais, julga-se que os objetivos inicialmente estabelecidos foram atingidos, o que é de ressaltar. Naturalmente que houve aspetos que, face ao tempo disponível, não puderam ser abordados, tais como por exemplo a verificação da segurança do tabuleiro na direção transversal e outros que poderiam ter abordagens mais detalhadas, mais complexas ou mais abrangentes. Tal situação deriva da própria natureza do trabalho, pelo que, certamente, tais aspetos poderão e deverão ser alvo de futuros desenvolvimentos no contexto do percurso profissional e académico do autor.

Referências Bibliográficas

- I. Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEEP).
- II. REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado
- III. NP-ENV206 – Norma regulamentada das características dos Betões
- IV. EUROCÓDIGO 1 – Bases de Projecto e Acções em Estruturas;
- V. EUROCÓDIGO 2 – como regulamento de dimensionamento específico de estruturas de betão armado e pré-esforçado;
- VI. EUROCÓDIGO 7 – como regulamento de dimensionamento específico de obras geotécnicas;
- VII. EUROCÓDIGO 8 – como regulamento de dimensionamento específico de estruturas sísmo-resistentes;
- VIII. JACINTO, Luciano (2007). “Apontamentos de Pontes e Viadutos”, Folhas da cadeira de Pontes e Viadutos, ISEL;
- IX. “Texto de Apoio de Estruturas de Suporte e Fundações I ”, Folhas da cadeira de Estruturas de Suporte e Fundações I, ISEL;
- X. “Betão Armado – Esforços Normais e de Flexão REBAP 83”, de J’D.Arga Lima, Vitor Monteiro e Mary Mun

Anexos

Anexo I – Pré-Esforço

- 1º e 4º Tramo

Tipo de secção/ localização do pré- esforço	Cama das	N.º de cordões	Viga isolada					Viga com laje					Esforços a considerar				
			Distância à face inferior da viga (m)	Excentricidade dos cordões (m)	P ₀ (KN)	M _{isostático} (P ₀ x e)	Excentricidade equivalente (e _{equiv}) (m)	Distância à face inferior da viga (m)	Excentricidad e dos cordões (m)	P ₀ (m)	M _{isostático} (P ₀ xe)	Excentricidade equivalente (e _{equiv}) (m)	P ₀ (KN)	P _{instantaneo} (KN)	P _{infinito} (KN)	M _{isostático} (P _{infinito} x e _{equiv})	
Corrente	Inferior	1	16	0,075	0,718	3348	2402,19	0,6925	0,075	1,444	3124,80	4512,84	1,4192	6696	6495,12	5042,09	7155,73
		2	16	0,125	0,668	3348	2234,79		0,125	1,394	3124,80	4356,60					
	Superior	1	12	0,080	0,928	2511	2328,95	0,9275	0,380	0,221	2343,60	518,87	0,2214	2511	2435,67	1890,78	418,62
		1	14	0,075	0,718	2929,5	2101,92	0,6925	0,075	1,444	2734,20	3948,73	1,4192	5859	5683,23	4411,83	6261,26
1ª dispensa esquerda	Inferior	2	14	0,125	0,668	2929,5	1955,44		0,125	1,394	2734,20	3812,02					
		Inferior	1	14	0,075	0,718	2929,5	2101,92	0,6925	0,075	1,444	2734,20	3948,73	1,4192	5859	5683,23	4411,83
	2		14	0,125	0,668	2929,5	1955,44	0,125		1,394	2734,20	3812,02					
2ª dispensa esquerda	Inferior	1	6	0,075	0,718	1255,5	900,82	0,6925	0,075	1,444	1171,80	1692,31	1,4192	2511	2435,67	1890,78	2683,40
		2	6	0,125	0,668	1255,5	838,05		0,125	1,394	1171,80	1633,72					
2ª dispensa direita	Inferior	1	6	0,075	0,718	1255,5	900,82	0,6925	0,075	1,444	1171,80	1692,31	1,4192	2511	2435,67	1890,78	2683,40
		2	6	0,125	0,668	1255,5	838,05		0,125	1,394	1171,80	1633,72					

f _{puk} =	1860	MPa
A _{cordão} =	1,5	cm ²

	Nº cabos	Nº de cordões por cabo	Tipo de cabo	Área de pré-esforço m ²	Excentricidade equivalente (e _{equiv}) (m)	P ₀ (KN)	M _{isostático} (P ₀ x e _{equiv}) (KN.m)	P _{inst} (KN)	M _{isostático} (P _{instantaneo} x e _{equiv}) (KN.m)	P _{infinito} (KN)	M _{isost} (P ₀₀)
Puxe esquerda	0	0	15,2 mm	0,00756	0,44	10546,8	4640,33	9491,58	4176,30	8096,32	3562,38
	6	9	15,2 mm								

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

• 2º Tramo

Tipo de secção/ localização do pré- esforço		Cama das	N.º de cordões	Viga isolada				Viga com laje				Esforços a considerar					
				Distância à face inferior da viga (m)	Excentricidade dos cordões (m)	P ₀ (KN)	M _{isostático} (P ₀ x e)	Excentricidad e equivalente (e _{equiv}) (m)	Distância à face inferior da viga (m)	Excentricidade dos cordões (m)	P ₀ (m)	M _{isostático} (P ₀ x e)	Excentricidad e equivalente (e _{equiv}) (m)	P ₀ (KN)	P _{instantaneo} (KN)	P _{infinito} (KN)	M _{isostático} (P _{infinito} x e _{equiv})
Corrente	Inferior	1	20	0,075	0,718	4185	3002,74	0,6925	0,075	1,444	3906,00	5641,04	1,4192	8370	8118,9	6302,61	8944,66
	Superior	2	20	0,125	0,668	4185	2793,49		0,125	1,394	3906,00	5445,75					
1ª dispensa esquerda	Inferior	1	14	0,075	0,718	2929,5	2101,92	0,6925	0,075	1,444	2734,20	3948,73	1,4192	5859	5683,23	4411,83	6261,26
		2	14	0,125	0,668	2929,5	1955,44		0,125	1,394	2734,20	3812,02					
1ª dispensa direita	Inferior	1	14	0,075	0,718	2929,5	2101,92	0,6925	0,075	1,444	2734,20	3948,73	1,4192	5859	5683,23	4411,83	6261,26
		2	14	0,125	0,668	2929,5	1955,44		0,125	1,394	2734,20	3812,02					
2ª dispensa esquerda	Inferior	1	8	0,075	0,718	1674	1201,10	0,6925	0,075	1,444	1562,40	2256,42	1,4192	3348	3247,56	2521,04	3577,87
		2	8	0,125	0,668	1674	1117,40		0,125	1,394	1562,40	2178,30					
2ª dispensa direita	Inferior	1	8	0,075	0,718	1674	1201,10	0,6925	0,075	1,444	1562,40	2256,42	1,4192	3348	3247,56	2521,04	3577,87
		2	8	0,125	0,668	1674	1117,40		0,125	1,394	1562,40	2178,30					

f _{puk} =	1860	MPa
A _{cordão} =	1,5	cm ²

	Nº cabos	Nº de cordões por cabo	Tipo de cabo	Área de pré-esforço m ²	Excentricidade equivalente (e _{equiv}) (m)	P ₀ (KN)	M _{isostático} (P ₀ x e _{equiv}) (KN.m)	P _{inst} (KN)	M _{isostático} (P _{instantaneo} x e _{equiv}) (KN.m)	P _{infinito} (KN)	M _{isost} (P ₀₀)
Puxe esquerda	0	0	15,2 mm	0,00756	0,44	10546,8	4640,33	9491,58	4176,30	8096,32	3562,38
	6	9	15,2 mm								

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

• 3º Tramo

Tipo de secção/ localização do pré- esforço		Cama das	N.º de cordões	Viga isolada				Viga com laje				Esforços a considerar					
				Distância à face inferior da viga (m)	Excentricidade dos cordões (m)	P ₀ (KN)	M _{isostático} (P ₀ x e)	Excentricidade e equivalente (e _{equiv}) (m)	Distância à face inferior da viga (m)	Excentricidad e dos cordões (m)	P ₀ (m)	M _{isostático} (P ₀ x e)	Excentricidade equivalente (e _{equiv}) (m)	P ₀ (KN)	P _{instantaneo} (KN)	P _{infinito} (KN)	M _{isostático} (P _{infinito} x e _{equiv})
Corrente	Inferior	1	36	0,075	0,718	7533	5404,93	0,6925	0,075	1,444	7030,80	10153,88	1,4192	15066	14614,02	11344,70	16100,40
		2	36	0,125	0,668	7533	5028,28		0,125	1,394	7030,80	9802,34					
	Superior	1	12	0,080	0,928	2511	2328,95	0,9275	0,380	0,221	2343,60	518,87	0,2214	2511	2435,67	1890,78	418,62
1ª dispensa esquerda	Inferior	1	16	0,075	0,718	3348	2402,19	0,6925	0,075	1,444	3124,80	4512,84	1,4192	6696	6495,12	5042,09	7155,73
		2	16	0,125	0,668	3348	2234,79		0,125	1,394	3124,80	4356,60					
1ª dispensa direita	Inferior	1	16	0,075	0,718	3348	2402,19	0,6925	0,075	1,444	3124,80	4512,84	1,4192	6696	6495,12	5042,09	7155,73
		2	16	0,125	0,668	3348	2234,79		0,125	1,394	3124,80	4356,60					
2ª dispensa esquerda	Inferior	1	8	0,075	0,718	1674	1201,10	0,6925	0,075	1,444	1562,40	2256,42	1,4192	3348	3247,56	2521,04	3577,87
		2	8	0,125	0,668	1674	1117,40		0,125	1,394	1562,40	2178,30					
2ª dispensa direita	Inferior	1	8	0,075	0,718	1674	1201,10	0,6925	0,075	1,444	1562,40	2256,42	1,4192	3348	3247,56	2521,04	3577,87
		2	8	0,125	0,668	1674	1117,40		0,125	1,394	1562,40	2178,30					

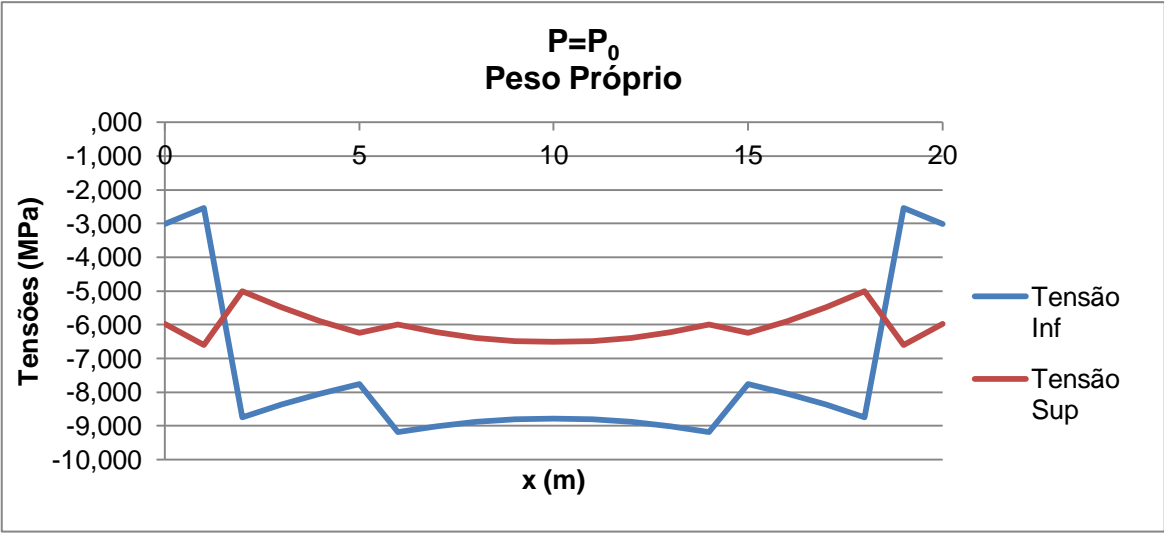
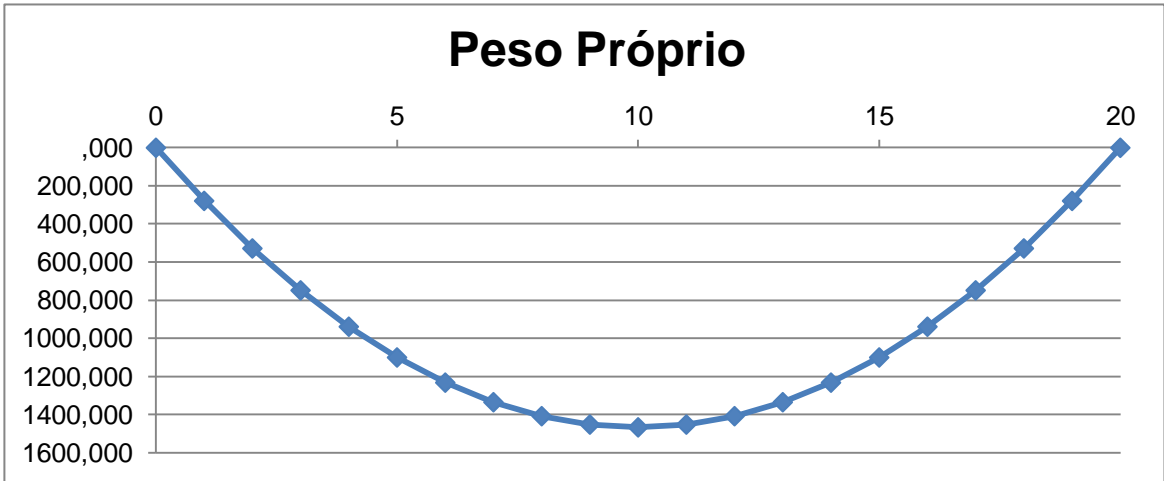
f _{puk} =	1860	MPa
A _{cordão} =	1,5	cm ²

	Nº cabos	Nº de cordões por cabo	Tipo de cabo	Área de pré-esforço m ²	Excentricidade equivalente (e _{equiv}) (m)	P ₀ (KN)	M _{isostático} (P ₀ x e _{equiv}) (KN.m)	P _{inst} (KN)	M _{isostático} (P _{instantaneo} x e _{equiv}) (KN.m)	P _{infinito} (KN)	M _{isost} (P ₀₀)
Puxe esquerda	0	0	15,2 mm	0,00756	0,44	10546,8	4640,33	9491,58	4176,30	8096,32	3562,38
	6	9	15,2 mm								

Anexo II – FASE 1

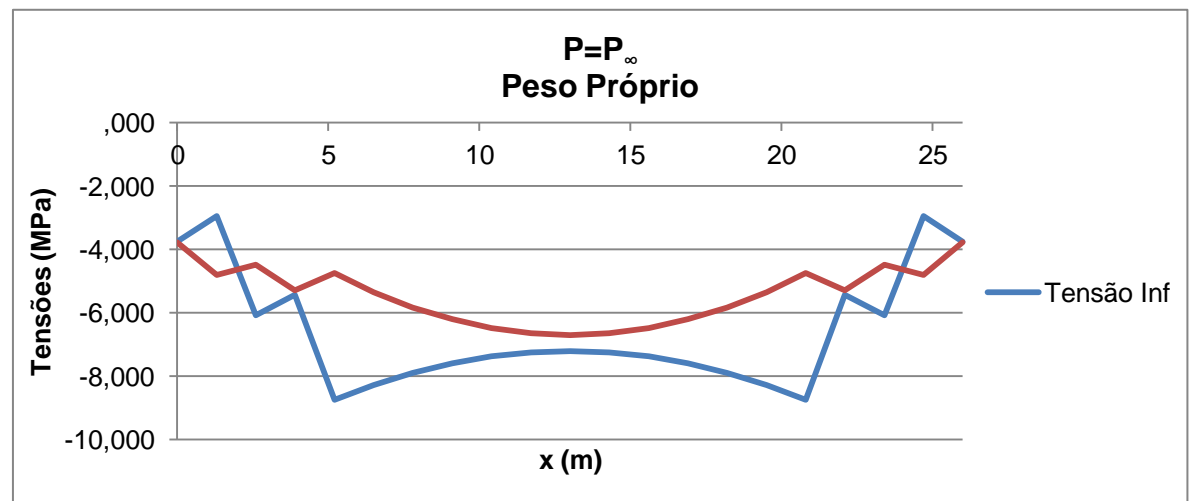
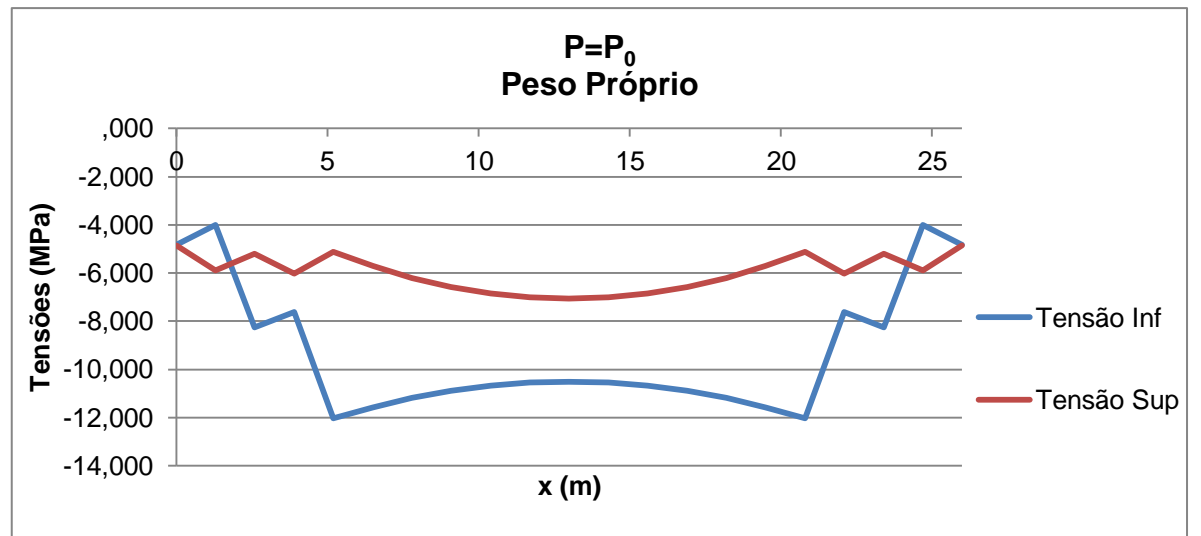
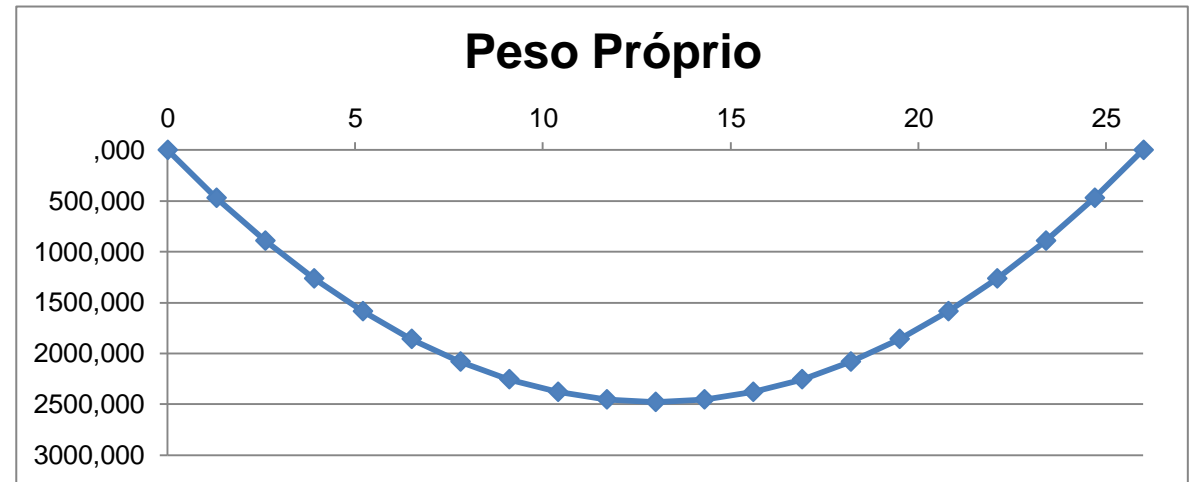
• 1º e 4º Tramo

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀			P = P _∞			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			P _{inst inf} (KN)	P _{inst sup} (KN)	M _{pxesinst} (KN)	P _{inf inf} (KN)	P _{inf, sup} (KN)	M _{pxesinf} (KN)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64
2	1	278,68	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-2,54	-6,59	-1,87	-5,25
3	2	528,03	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-8,74	-5,00	-6,58	-4,14
4	3	748,04	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-8,36	-5,48	-6,20	-4,62
5	4	938,72	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-8,04	-5,89	-5,88	-5,03
6	5	1100,06	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-7,76	-6,25	-5,60	-5,38
7	6	1232,07	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-9,19	-6,00	-6,66	-5,26
8	7	1334,74	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-9,01	-6,22	-6,48	-5,48
9	8	1408,08	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-8,89	-6,38	-6,36	-5,64
10	9	1452,08	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-8,81	-6,48	-6,28	-5,74
11	10	1466,75	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-8,79	-6,51	-6,26	-5,77
12	11	1452,08	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-8,81	-6,48	-6,28	-5,74
13	12	1408,08	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-8,89	-6,38	-6,36	-5,64
14	13	1334,74	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-9,01	-6,22	-6,48	-5,48
15	14	1232,07	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-9,19	-6,00	-6,66	-5,26
16	15	1100,06	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-7,76	-6,25	-5,60	-5,38
17	16	938,72	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-8,04	-5,89	-5,88	-5,03
18	17	748,04	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-8,36	-5,48	-6,20	-4,62
19	18	528,03	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-8,74	-5,00	-6,58	-4,14
20	19	278,68	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-2,54	-6,59	-1,87	-5,25
21	20	0,00	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64



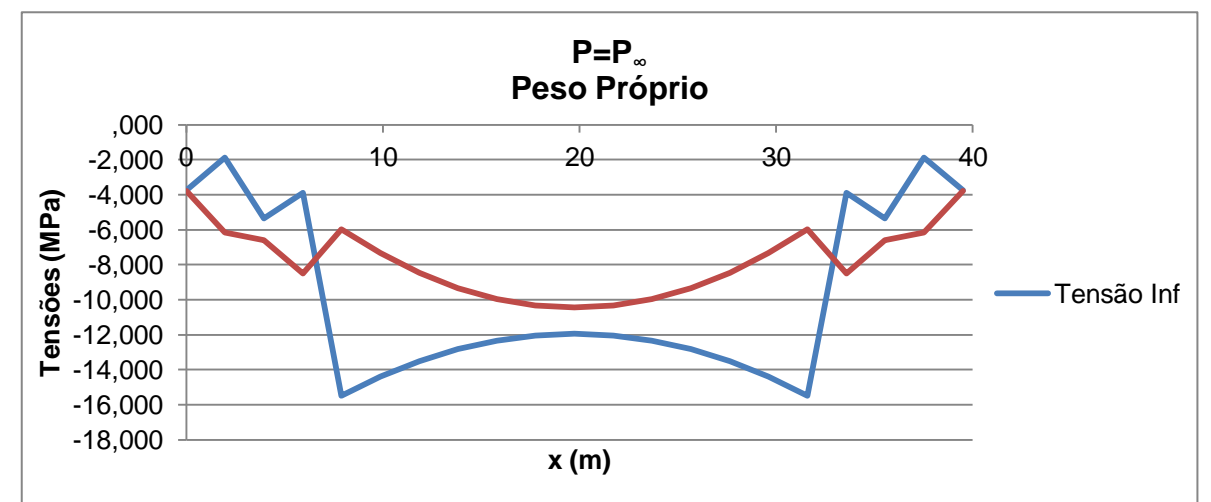
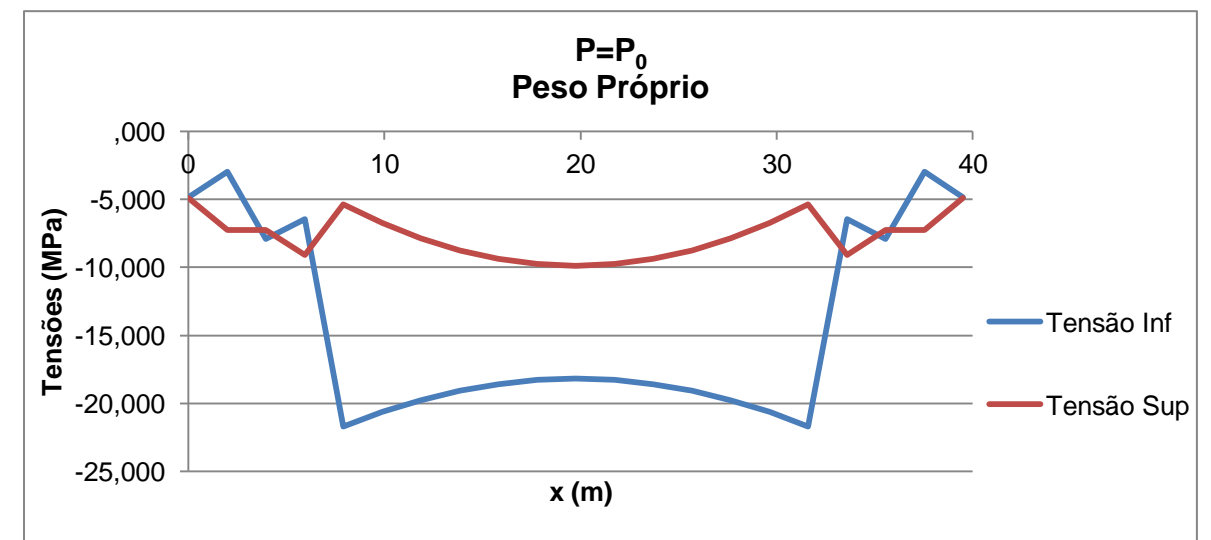
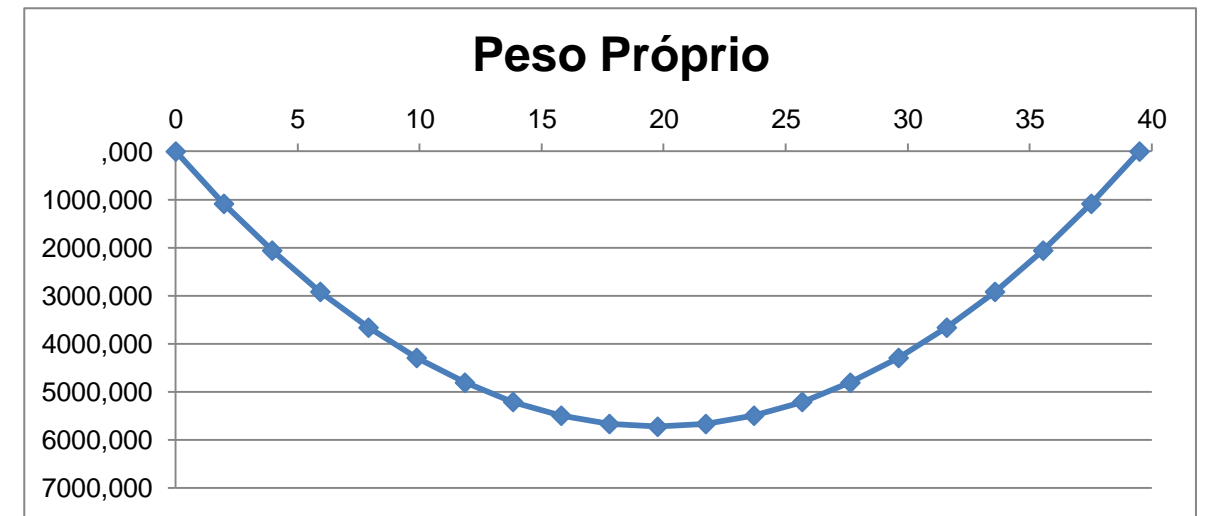
• 2ºTramo

Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀			P = P _∞			P = P ₀		P = P _∞	
			P _{inst inf} (KN)	P _{inst sup} (KN)	M _{pxesinst} (KN)	P _{inf inf} (KN)	P _{inf,sup} (KN)	M _{pxesinf} (KN)	Tensão na Viga		Tensão na Viga	
									σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,3	470,97	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,02	-5,89	-2,94	-4,80
3	2,6	892,37	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-8,26	-5,21	-6,07	-4,48
4	3,9	1264,19	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-7,63	-6,02	-5,44	-5,29
5	5,2	1586,44	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-7,07	-6,72	-4,88	-5,99
6	6,5	1859,11	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-11,58	-5,71	-8,27	-5,34
7	7,8	2082,20	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-11,19	-6,20	-7,89	-5,83
8	9,1	2255,71	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,90	-6,58	-7,59	-6,21
9	10,4	2379,66	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,68	-6,85	-7,38	-6,48
10	11,7	2454,02	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,55	-7,01	-7,25	-6,64
11	13,0	2478,81	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,51	-7,07	-7,21	-6,69
12	14,3	2454,02	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,55	-7,01	-7,25	-6,64
13	15,6	2379,66	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,68	-6,85	-7,38	-6,48
14	16,9	2255,71	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-10,90	-6,58	-7,59	-6,21
15	18,2	2082,20	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-11,19	-6,20	-7,89	-5,83
16	19,5	1859,11	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-11,58	-5,71	-8,27	-5,34
17	20,8	1586,44	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-7,07	-6,72	-4,88	-5,99
18	22,1	1264,19	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-7,63	-6,02	-5,44	-5,29
19	23,4	892,37	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-8,26	-5,21	-6,07	-4,48
20	24,7	470,97	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,02	-5,89	-2,94	-4,80
21	26	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78



• 3º Tramo

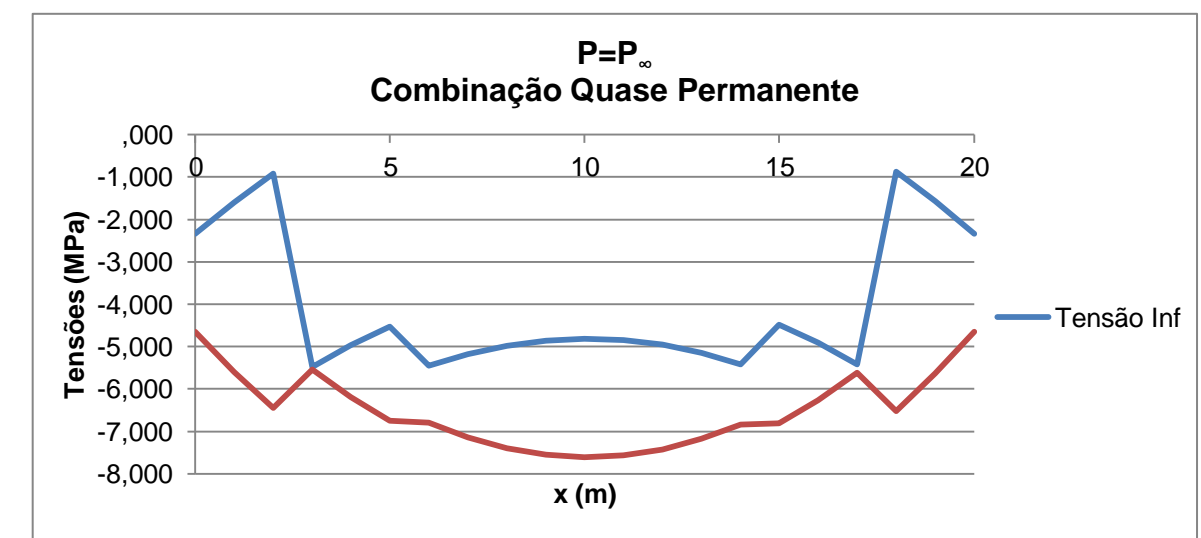
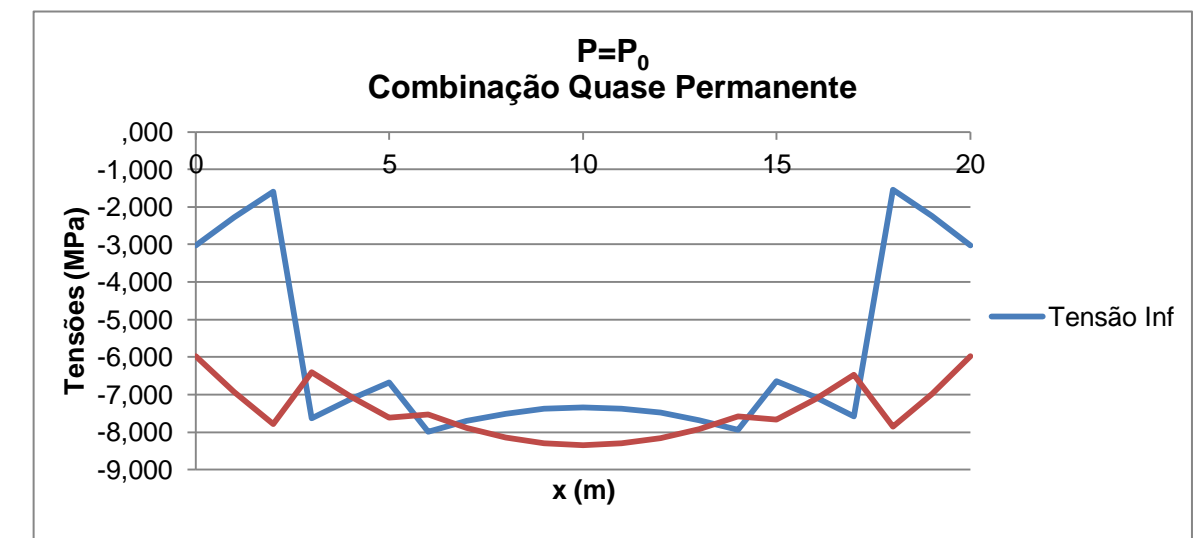
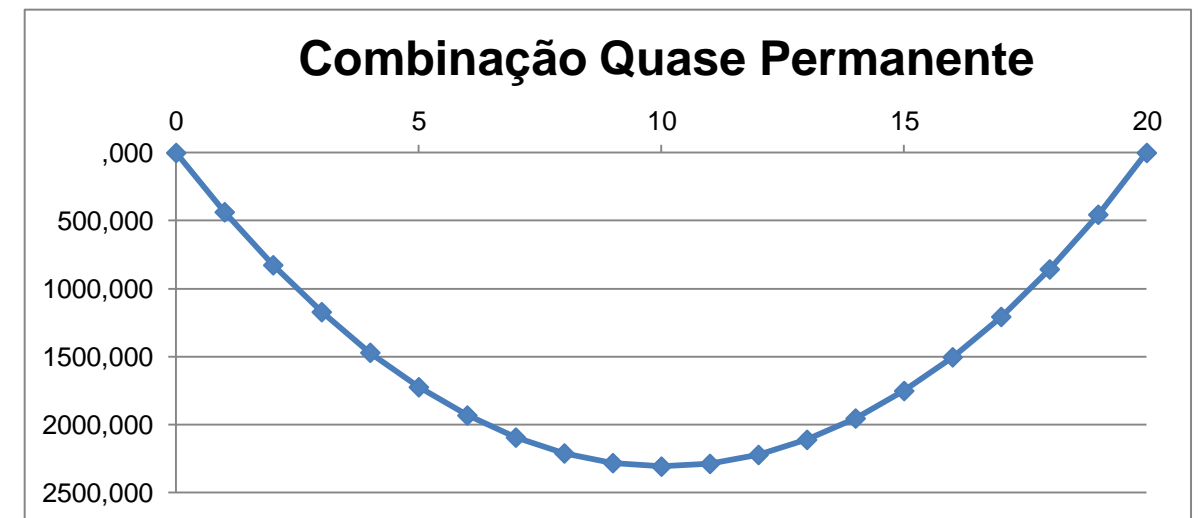
Secção	L (m)	M _{pp} (KN.m)	P = P ₀			P = P _∞			P = P ₀		P = P _∞	
			P _{inst inf} (KN)	P _{inst sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	P _{inf inf} (KN)	P _{inf, sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	Tensão na Viga		Tensão na Viga	
									σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,975	1087,04	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-2,96	-7,24	-1,88	-6,15
3	3,95	2059,65	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-7,92	-7,22	-5,36	-6,61
4	5,925	2917,83	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-6,45	-9,09	-3,88	-8,48
5	7,9	3661,59	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-21,74	-5,37	-15,47	-5,96
6	9,875	4290,93	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-20,66	-6,74	-14,39	-7,33
7	11,85	4805,84	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-19,77	-7,87	-13,50	-8,45
8	13,825	5206,33	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-19,09	-8,74	-12,82	-9,32
9	15,8	5492,39	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,59	-9,36	-12,33	-9,95
10	17,775	5664,03	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,30	-9,74	-12,03	-10,32
11	19,75	5721,24	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,20	-9,86	-11,93	-10,45
12	21,725	5664,03	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,30	-9,74	-12,03	-10,32
13	23,7	5492,39	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,59	-9,36	-12,33	-9,95
14	25,675	5206,33	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-19,09	-8,74	-12,82	-9,32
15	27,65	4805,84	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-19,77	-7,87	-13,50	-8,45
16	29,625	4290,93	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-20,66	-6,74	-14,39	-7,33
17	31,6	3661,59	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-21,74	-5,37	-15,47	-5,96
18	33,575	2917,83	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-6,45	-9,09	-3,88	-8,48
19	35,55	2059,65	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-7,92	-7,22	-5,36	-6,61
20	37,525	1087,04	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-2,96	-7,24	-1,88	-6,15
21	39,5	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78



Anexo III – FASE 2

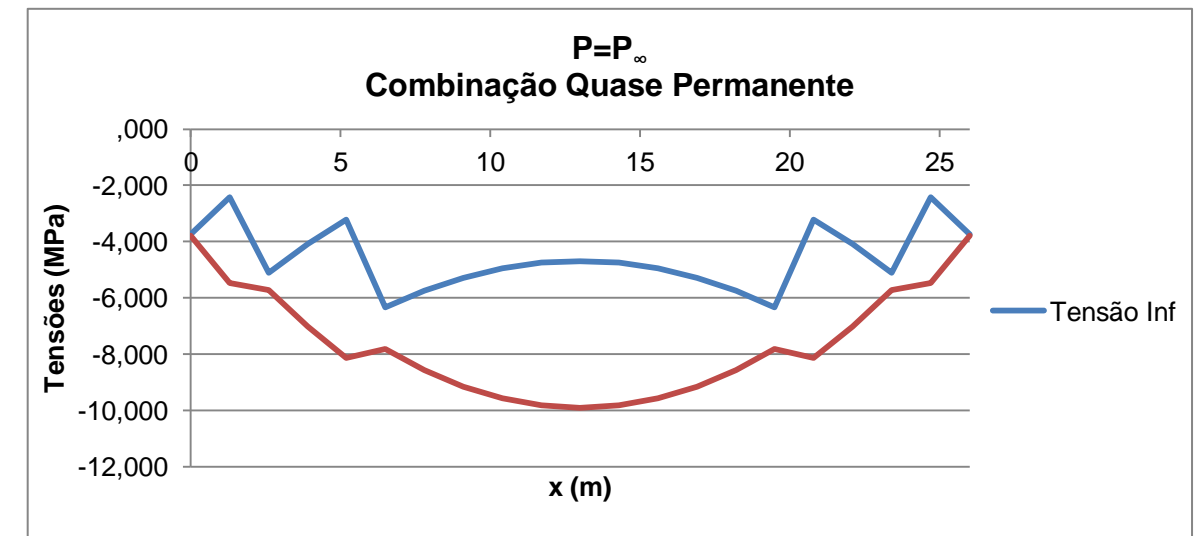
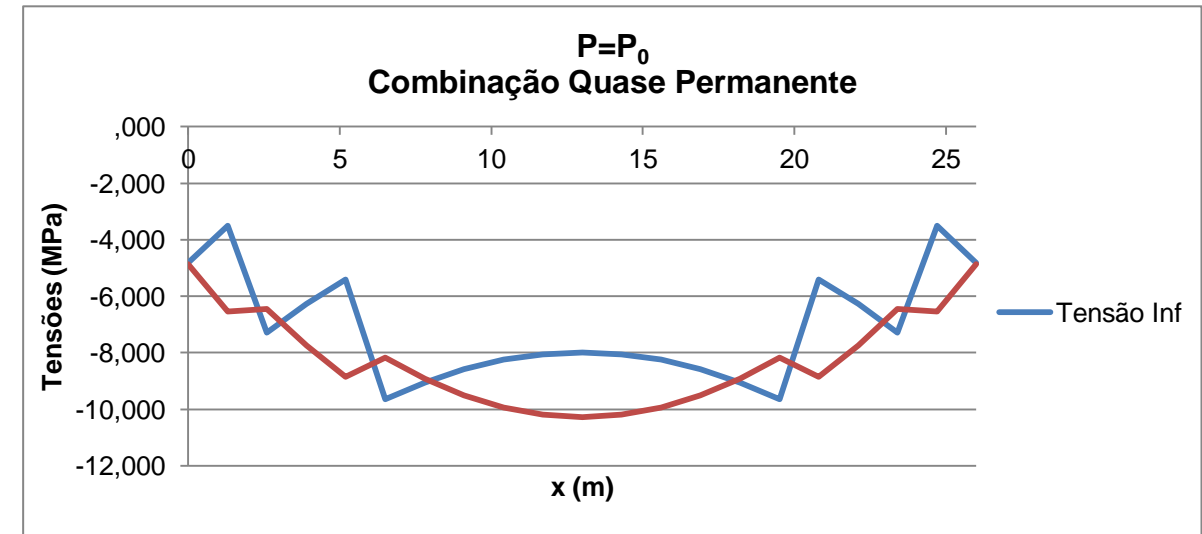
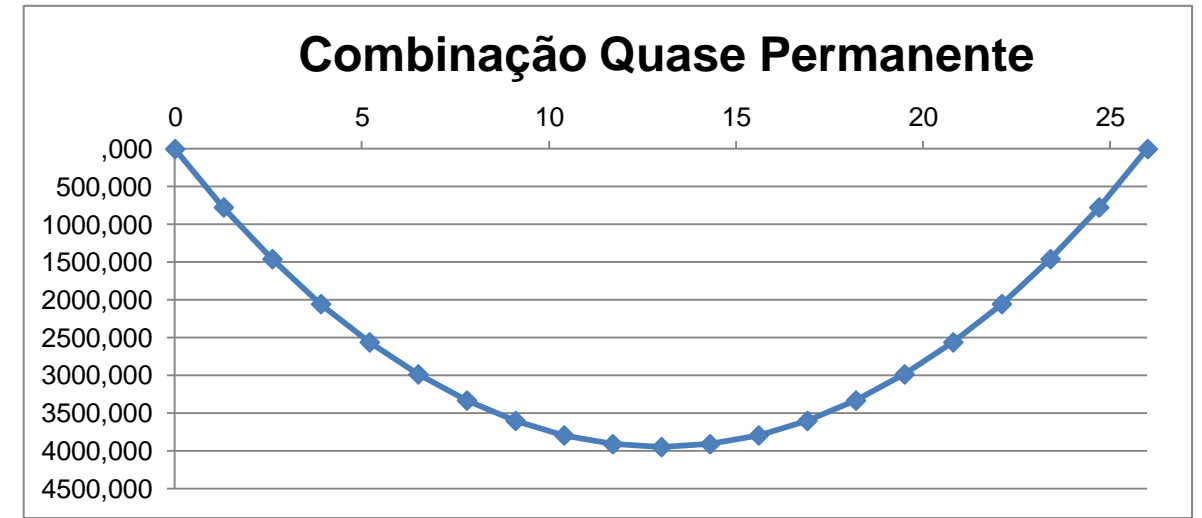
• 1º e 4º Tramo

Secção	L (m)	M _{qp} (KN.m)	P = P ₀			P = P _∞			Tensão na Viga		Tensão na Viga	
			P _{inst inf} (KN)	P _{inst sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	P _{inf inf} (KN)	P _{inf sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
			1	0	0,00	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-3,02
2	1	436,34	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-2,27	-6,94	-1,60	-5,60
3	2	827,04	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-8,38	-5,07	-6,19	-4,34
4	3	1172,10	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-7,63	-6,40	-5,48	-5,54
5	4	1471,52	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-7,12	-7,06	-4,96	-6,20
6	5	1725,30	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-6,69	-7,61	-4,53	-6,75
7	6	1933,45	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,98	-7,53	-5,46	-6,79
8	7	2095,95	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,71	-7,88	-5,18	-7,14
9	8	2212,82	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,51	-8,14	-4,98	-7,40
10	9	2284,04	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,38	-8,29	-4,85	-7,55
11	10	2309,63	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,34	-8,35	-4,81	-7,61
12	11	2289,58	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,37	-8,31	-4,85	-7,56
13	12	2223,90	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,49	-8,16	-4,96	-7,42
14	13	2112,57	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,68	-7,92	-5,15	-7,18
15	14	1955,60	6495,12	2638,64	-2050,53	5042,09	2048,35	-1591,80	-7,95	-7,58	-5,42	-6,84
16	15	1753,00	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-6,64	-7,67	-4,48	-6,81
17	16	1504,75	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-7,06	-7,13	-4,91	-6,27
18	17	1207,41	5683,23	2638,64	-1488,30	4411,83	2048,35	-1155,35	-7,57	-6,48	-5,42	-5,62
19	18	857,50	5683,23	2435,67	-1676,55	1890,78	1890,78	444,33	-8,32	-5,13	-0,99	-6,06
20	19	455,03	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-2,24	-6,98	-1,56	-5,64
21	20	0,00	2435,67	2638,64	760,64	1890,78	2048,35	590,48	-3,02	-5,98	-2,34	-4,64



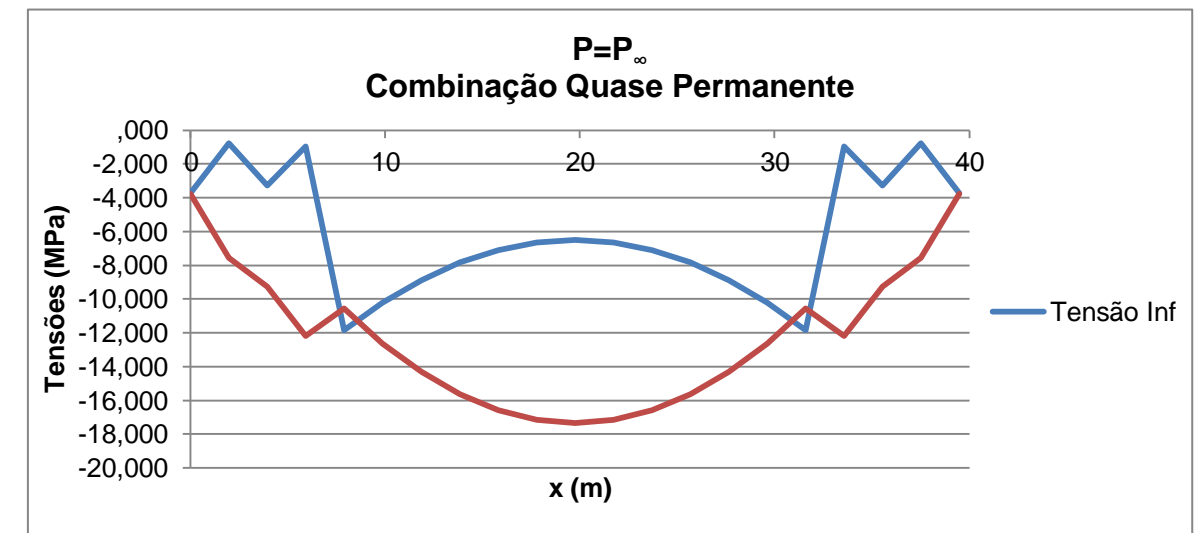
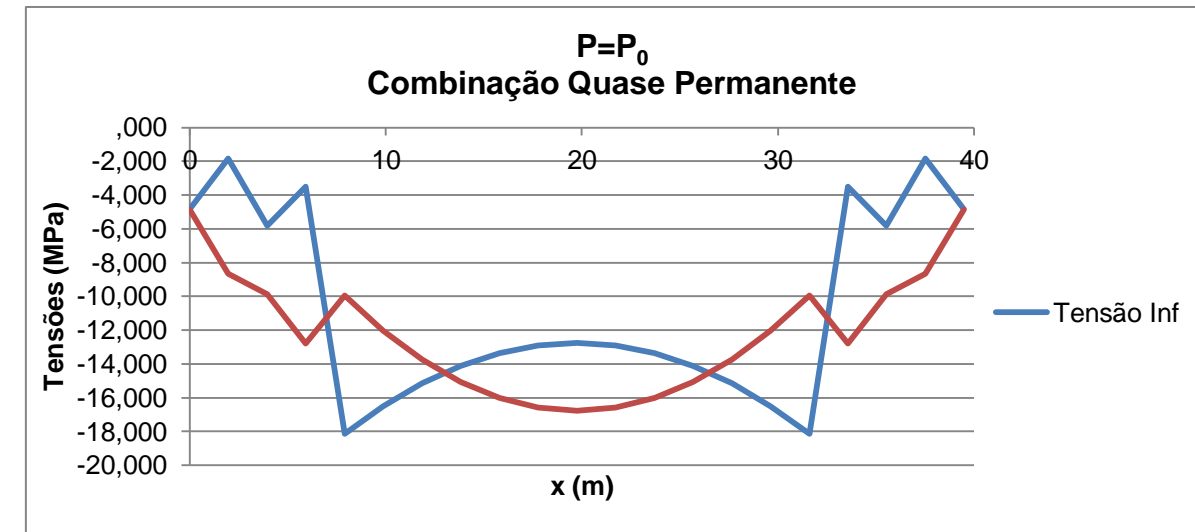
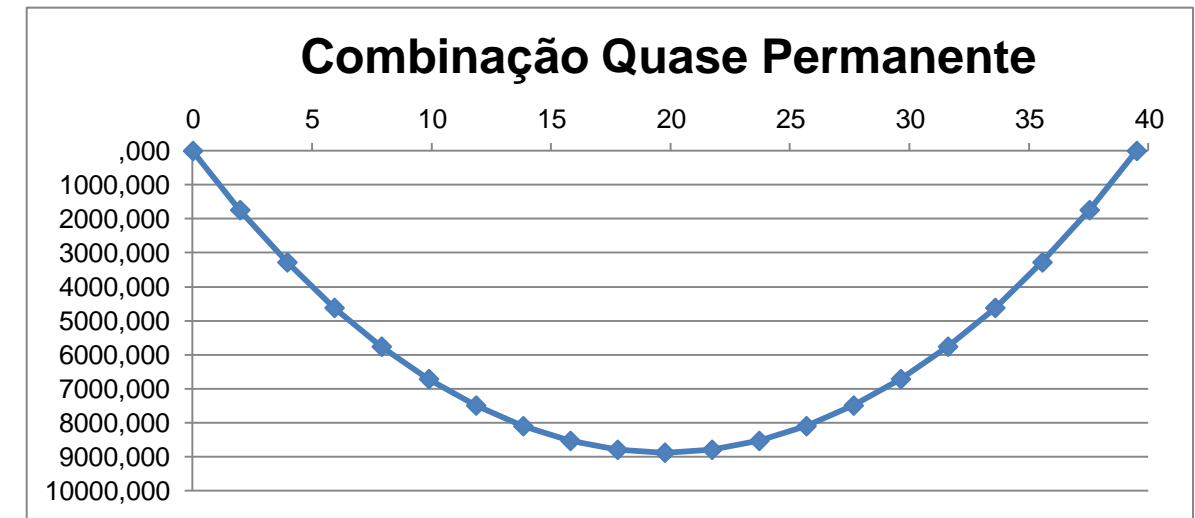
• 2º Tramo

Secção	L (m)	M _{qp} (KN.m)	P = P ₀			P = P _∞			P = P ₀		P = P _∞	
			P _{inst inf} (KN)	P _{inst sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	P _{inf inf} (KN)	P _{inf sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	Tensão na Viga		Tensão na Viga	
									σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,3	773,69	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-3,50	-6,55	-2,42	-5,46
3	2,6	1458,54	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-7,29	-6,44	-5,10	-5,71
4	3,9	2054,56	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-6,27	-7,74	-4,08	-7,01
5	5,2	2561,76	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-5,40	-8,85	-3,21	-8,12
6	6,5	2985,97	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-9,64	-8,17	-6,34	-7,80
7	7,8	3333,05	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-9,05	-8,93	-5,74	-8,56
8	9,1	3603,00	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-8,58	-9,52	-5,28	-9,15
9	10,4	3795,83	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-8,25	-9,94	-4,95	-9,57
10	11,7	3911,52	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-8,05	-10,19	-4,75	-9,82
11	13	3950,09	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-7,99	-10,27	-4,68	-9,90
12	14,3	3911,52	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-8,05	-10,19	-4,75	-9,82
13	15,6	3795,83	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-8,25	-9,94	-4,95	-9,57
14	16,9	3603,00	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-8,58	-9,52	-5,28	-9,15
15	18,2	3333,05	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-9,05	-8,93	-5,74	-8,56
16	19,5	2985,97	8118,90	2435,67	-3363,25	6302,61	1890,78	-2610,86	-9,64	-8,17	-6,34	-7,80
17	20,8	2561,76	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-5,40	-8,85	-3,21	-8,12
18	22,1	2054,56	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-6,27	-7,74	-4,08	-7,01
19	23,4	1458,54	5683,23	2435,67	-1676,55	4411,83	1890,78	-1301,49	-7,29	-6,44	-5,10	-5,71
20	24,7	773,69	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-3,50	-6,55	-2,42	-5,46
21	26	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78



• 3º Tramo

Secção	L (m)	M _{qp} (KN.m)	P = P ₀			P = P _∞			P = P ₀		P = P _∞	
			P _{inst inf} (KN)	P _{inst sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	P _{inf inf} (KN)	P _{inf sup} (KN)	M _{pxeinst} (KN)	Tensão na Viga		Tensão na Viga	
									σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78
2	1,975	1740,79	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-1,84	-8,66	-0,76	-7,57
3	3,95	3281,72	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-5,82	-9,89	-3,26	-9,28
4	5,925	4622,77	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-3,52	-12,81	-0,96	-12,20
5	7,9	5763,95	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,13	-9,96	-11,86	-10,54
6	9,875	6718,43	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-16,49	-12,04	-10,22	-12,62
7	11,85	7499,36	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-15,15	-13,74	-8,88	-14,33
8	13,825	8106,76	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-14,11	-15,07	-7,84	-15,65
9	15,8	8540,61	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-13,36	-16,01	-7,10	-16,60
10	17,775	8800,92	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-12,92	-16,58	-6,65	-17,17
11	19,75	8887,70	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-12,77	-16,77	-6,50	-17,35
12	21,725	8800,92	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-12,92	-16,58	-6,65	-17,17
13	23,7	8540,61	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-13,36	-16,01	-7,10	-16,60
14	25,675	8106,76	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-14,11	-15,07	-7,84	-15,65
15	27,65	7499,36	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-15,15	-13,74	-8,88	-14,33
16	29,625	6718,43	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-16,49	-12,04	-10,22	-12,62
17	31,6	5763,95	14614,02	2435,67	-7861,12	11344,70	1890,78	-6102,50	-18,13	-9,96	-11,86	-10,54
18	33,575	4622,77	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-3,52	-12,81	-0,96	-12,20
19	35,55	3281,72	6495,12	2435,67	-2238,79	5042,09	1890,78	-1737,94	-5,82	-9,89	-3,26	-9,28
20	37,525	1740,79	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-1,84	-8,66	-0,76	-7,57
21	39,5	0,00	3247,56	2435,67	10,15	2521,04	1890,78	7,88	-4,83	-4,87	-3,75	-3,78



Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Anexo IV– FASE 3

Secção	L _{Total} (m)	L (m)	Tipo de secção	Acções introduzidas na fase				Esforços introduzidos na fase		P=P ₀				P=P ₀			
				M _{sob+laje vão} (KNm)	P ₀ (KN)	PE _{continst}	M _{hiperestático} (KNm)	Fase 3		Fase 3				Fase 2+3			
								M _{pxe,0} (KNm)	M _{total,0} (KNm)	Tensão na Viga		Tensão na Laje		Tensão na Viga		Tensão na Laje	
										t=inst	t=inst	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (Mpa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0	Viga U	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0	-3,02	-5,98	0,00	0,00
2	1	1	Viga U	21,16	0	-46,07	-46,07	0	-24,91	-0,04	-0,05	0	0	-2,31	-6,99	0,00	0,00
3	2	2	Viga U	39,65	0	-92,14	-92,14	0	-52,49	-0,09	-0,11	0	0	-1,69	-7,90	0,00	0,00
4	3	3	Viga U	55,46	0	-138,20	-138,20	0	-82,74	-0,14	-0,18	0	0	-7,78	-6,58	0,00	0,00
5	4	4	Viga U	68,61	0	-184,27	-184,27	0	-115,66	-0,20	-0,25	0	0	-7,32	-7,31	0,00	0,00
6	5	5	Viga U	79,09	0	-230,34	-230,34	0	-151,25	-0,26	-0,33	0	0	-6,94	-7,94	0,00	0,00
7	6	6	Viga U	86,90	0	-276,41	-276,41	0	-189,51	-0,33	-0,41	0	0	-8,31	-7,94	0,00	0,00
8	7	7	viga U	92,03	0	-322,48	-322,48	0	-230,44	-0,40	-0,50	0	0	-8,10	-8,39	0,00	0,00
9	8	8	Viga U	94,50	0	-368,54	-368,54	0	-274,04	-0,47	-0,60	0	0	-7,98	-8,74	0,00	0,00
10	9	9	Viga U	94,30	0	-414,61	-414,61	0	-320,31	-0,55	-0,70	0	0	-7,93	-8,99	0,00	0,00
11	10	10	Viga U	91,43	0	-460,68	-460,68	0	-369,25	-0,63	-0,81	0	0	-7,97	-9,15	0,00	0,00
12	11	11	Viga U	85,89	0	-506,75	-506,75	0	-420,86	-0,72	-0,92	0	0	-8,10	-9,22	0,00	0,00
13	12	12	Viga U	77,67	0	-552,81	-552,81	0	-475,14	-0,82	-1,04	0	0	-8,30	-9,20	0,00	0,00
14	13	13	Viga U	66,79	0	-598,88	-598,88	0	-532,09	-0,91	-1,16	0	0	-8,59	-9,08	0,00	0,00
15	14	14	Viga U	53,24	0	-644,95	-644,95	0	-591,71	-1,02	-1,29	0	0	-8,96	-8,87	0,00	0,00
16	15	15	Viga U	37,02	0	-691,02	-691,02	0	-654,00	-1,12	-1,43	0	0	-7,76	-9,10	0,00	0,00
17	16	16	Viga U + Laje	18,12	9843,12	3593,88	-737,09	4330,97	-718,97	-0,01	-4,00	-4,00	-4,71	-7,07	-11,12	-4,00	-4,71
18	17	17	Viga U + Laje	-22,01	9843,12	3547,82	-783,16	4330,97	-805,17	-0,03	-3,97	-3,97	-4,67	-7,60	-10,45	-3,97	-4,67
19	18	18	Viga U + Laje	-101,96	9843,12	3501,75	-829,23	4330,97	-931,18	-0,04	-3,93	-3,93	-4,62	-1,59	-11,78	-3,93	-4,62
20	19	19	Viga U + Laje	-221,72	9843,12	3455,68	-875,29	4330,97	-1097,01	-0,06	-3,88	-3,88	-4,56	-2,30	-10,85	-3,88	-4,56
1	20	0	Viga U + Laje	-381,29	9843,12	3409,61	-921,36	4330,97	-1302,65	-0,26	-3,84	-3,84	-4,48	-5,09	-8,71	-3,84	-4,48
2	21,3	1,3	Viga U + Laje	-175,73	9843,12	3497,12	-833,85	4330,97	-1009,59	0,03	-3,89	-3,89	-4,59	-3,47	-10,45	-3,89	-4,59
3	22,6	2,6	Viga U + Laje	-4,91	9843,12	3507,65	-823,32	4330,97	-828,23	0,21	-3,93	-3,93	-4,66	-7,09	-10,37	-3,93	-4,66
4	23,9	3,9	Viga U + Laje	98,62	9843,12	3518,19	-812,78	4330,97	-714,16	0,32	-3,95	-3,95	-4,71	-5,95	-11,69	-3,95	-4,71
5	25,2	5,2	Viga U + Laje	134,87	9843,12	3528,73	-802,25	4330,97	-667,37	0,37	-3,96	-3,96	-4,73	-5,03	-12,81	-3,96	-4,73
6	26,5	6,5	Viga U	135,23	0	-791,71	-791,71	0	-656,48	-1,13	-1,43	0	0	-10,77	-9,60	0,00	0,00
7	27,8	7,8	Viga U	131,07	0	-781,17	-781,17	0	-650,10	-1,12	-1,42	0	0	-10,16	-10,35	0,00	0,00
8	29,1	9,1	Viga U	122,40	0	-770,63	-770,63	0	-648,24	-1,11	-1,41	0	0	-9,70	-10,93	0,00	0,00
9	30,4	10,4	Viga U	109,21	0	-760,10	-760,10	0	-650,89	-1,12	-1,42	0	0	-9,37	-11,36	0,00	0,00
10	31,7	11,7	Viga U	91,52	0	-749,56	-749,56	0	-658,05	-1,13	-1,44	0	0	-9,18	-11,63	0,00	0,00
11	33	13	Viga U	69,31	0	-739,03	-739,03	0	-669,72	-1,15	-1,46	0	0	-9,14	-11,74	0,00	0,00
12	34,3	14,3	Viga U	42,59	0	-728,49	-728,49	0	-685,90	-1,18	-1,50	0	0	-9,23	-11,69	0,00	0,00
13	35,6	15,6	Viga U	11,35	0	-717,95	-717,95	0	-706,60	-1,21	-1,54	0	0	-9,47	-11,48	0,00	0,00
14	36,9	16,9	Viga U	-24,39	0	-707,42	-707,42	0	-731,81	-1,26	-1,60	0	0	-9,84	-11,11	0,00	0,00
15	38,2	18,2	Viga U	-64,65	0	-696,88	-696,88	0	-761,53	-1,31	-1,66	0	0	-10,35	-10,59	0,00	0,00
16	39,5	19,5	Viga U	-109,42	0	-686,34	-686,34	0	-795,77	-1,37	-1,74	0	0	-11,01	-9,91	0,00	0,00
17	40,8	20,8	Viga U + Laje	-158,70	9843,12	3655,16	-675,81	4330,97	-834,52	0,20	-3,93	-3,93	-4,66	-5,20	-12,78	-3,93	-4,66
18	42,1	22,1	Viga U + Laje	-243,89	9843,12	3665,70	-665,28	4330,97	-909,16	0,13	-3,91	-3,91	-4,63	-6,14	-11,66	-3,91	-4,63

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

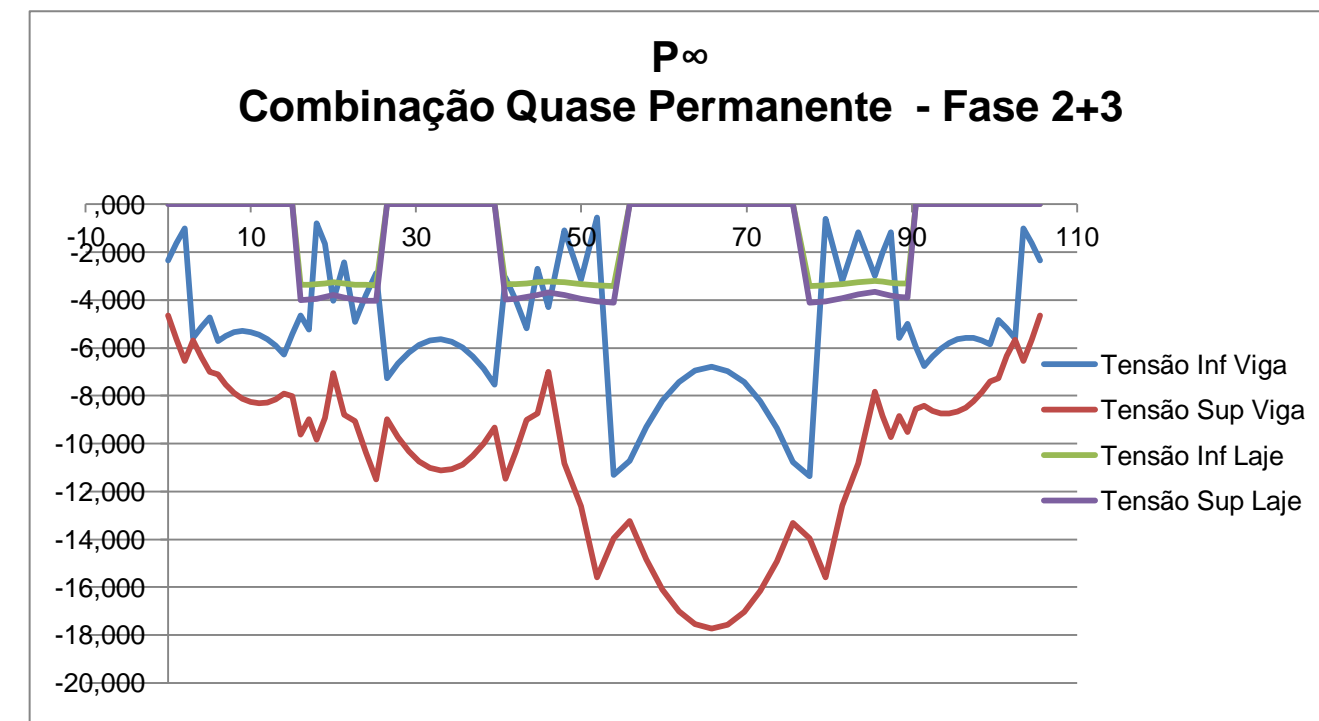
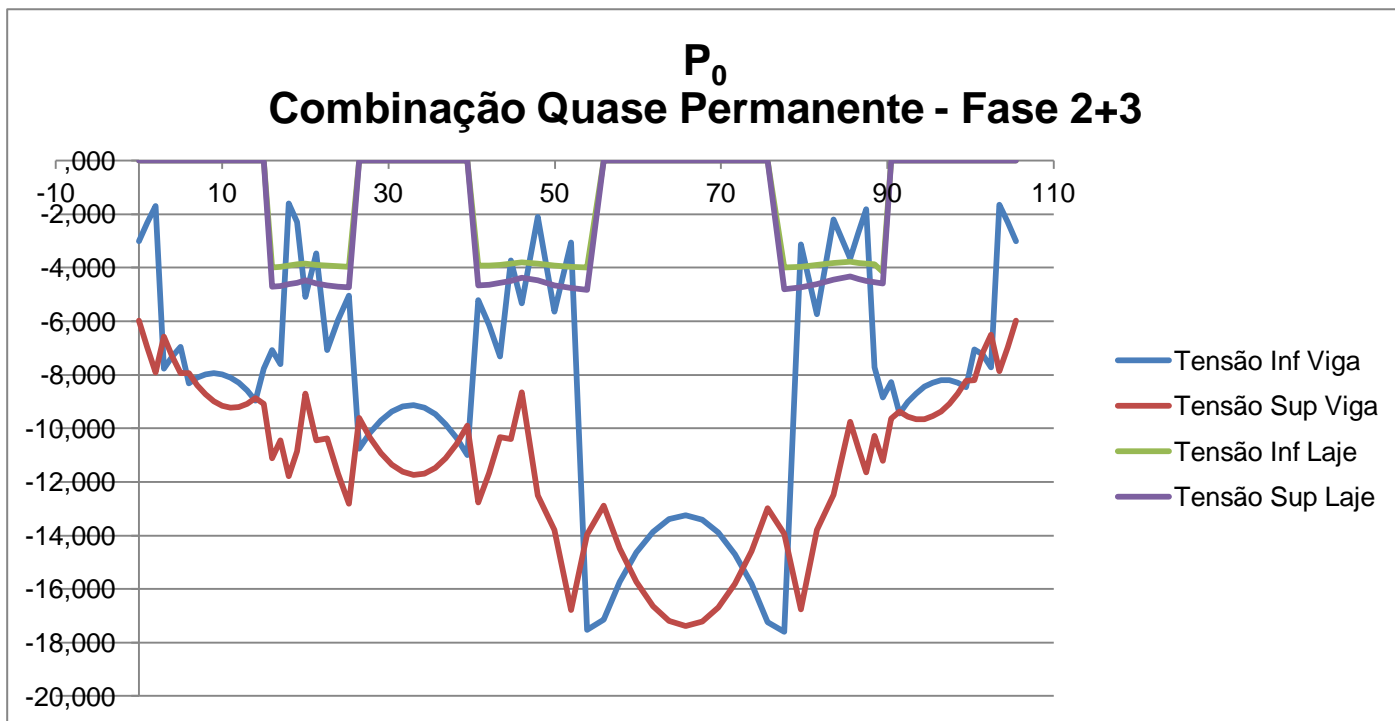
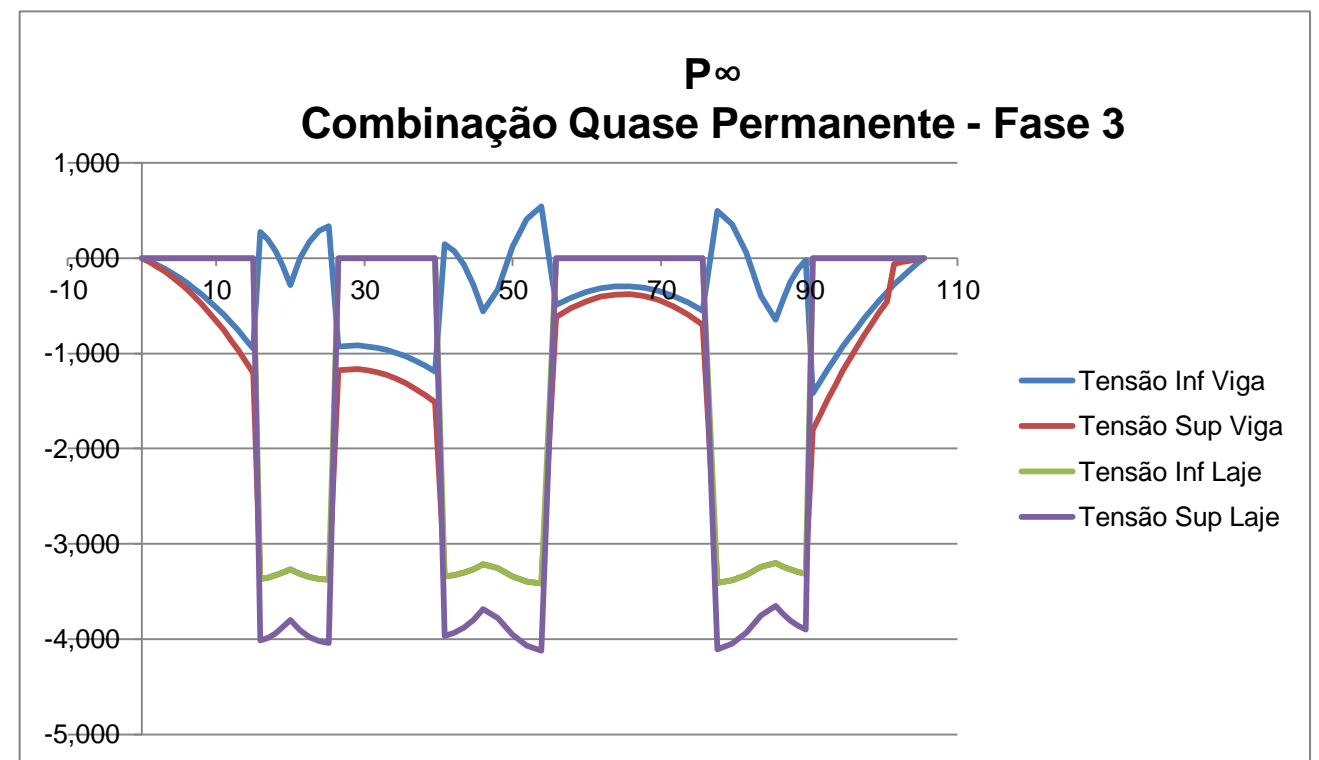
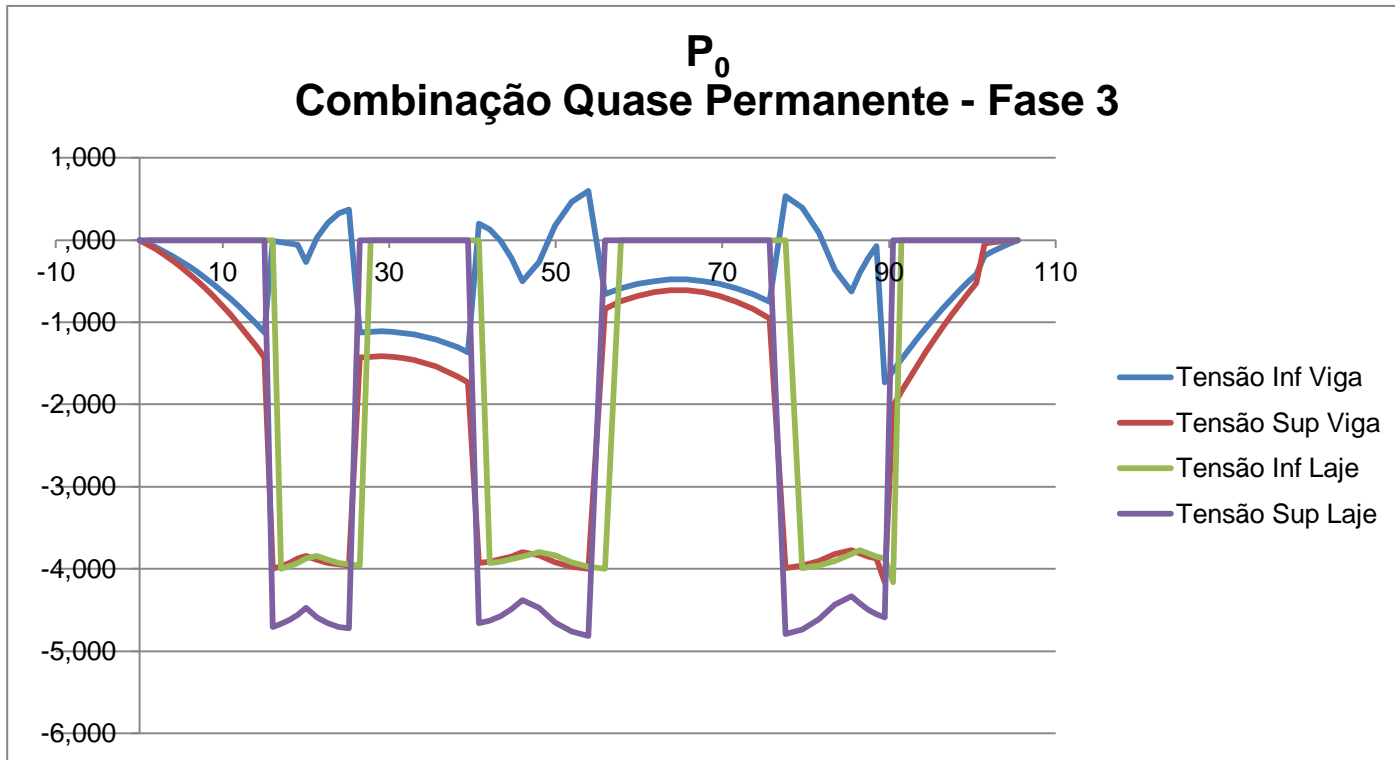
19	43,4	23,4	Viga U + Laje	-396,35	9843,12	3676,23	-654,74	4330,97	-1051,09	-0,01	-3,89	-3,89	-4,58	-7,31	-10,33	-3,89	-4,58
20	44,7	24,7	Viga U + Laje	-616,10	9843,12	3686,77	-644,20	4330,97	-1260,30	-0,22	-3,85	-3,85	-4,49	-3,72	-10,40	-3,85	-4,49
1	46	0	Viga U + Laje	-903,14	9843,12	3697,31	-633,67	4330,97	-1536,80	-0,50	-3,80	-3,80	-4,38	-5,32	-8,66	-3,80	-4,38
2	47,975	1,975	Viga U + Laje	-669,02	9843,12	3693,28	-637,69	4330,97	-1306,71	-0,27	-3,84	-3,84	-4,47	-2,11	-12,50	-3,84	-4,47
3	49,95	3,95	Viga U + Laje	-213,52	9843,12	3683,28	-647,69	4330,97	-861,21	0,17	-3,92	-3,92	-4,65	-5,65	-13,81	-3,92	-4,65
4	51,925	5,925	Viga U + Laje	86,69	9843,12	3673,28	-657,69	4330,97	-571,01	0,46	-3,97	-3,97	-4,76	-3,06	-16,79	-3,97	-4,76
5	53,9	7,9	Viga U + Laje	231,59	9843,12	3663,28	-667,69	4330,97	-436,10	0,60	-4,00	-4,00	-4,82	-17,53	-13,95	-4,00	-4,82
6	55,875	9,875	Viga U	293,64	0	-677,69	-677,69	0	-384,05	-0,66	-0,84	0	0	-17,15	-12,88	0,00	0,00
7	57,85	11,85	Viga U	345,28	0	-687,69	-687,69	0	-342,41	-0,59	-0,75	0	0	-15,74	-14,49	0,00	0,00
8	59,825	13,825	Viga U	386,50	0	-697,69	-697,69	0	-311,20	-0,53	-0,68	0	0	-14,64	-15,74	0,00	0,00
9	61,8	15,8	viga U	417,30	0	-707,69	-707,69	0	-290,39	-0,50	-0,63	0	0	-13,86	-16,65	0,00	0,00
10	63,775	17,775	Viga U	437,70	0	-717,70	-717,70	0	-280,00	-0,48	-0,61	0	0	-13,40	-17,19	0,00	0,00
11	65,75	19,75	Viga U	447,67	0	-727,70	-727,70	0	-280,02	-0,48	-0,61	0	0	-13,25	-17,38	0,00	0,00
12	67,725	21,725	Viga U	447,23	0	-737,70	-737,70	0	-290,46	-0,50	-0,63	0	0	-13,42	-17,21	0,00	0,00
13	69,7	23,7	Viga U	436,38	0	-747,70	-747,70	0	-311,32	-0,53	-0,68	0	0	-13,90	-16,69	0,00	0,00
14	71,675	25,675	Viga U	415,11	0	-757,70	-757,70	0	-342,59	-0,59	-0,75	0	0	-14,70	-15,81	0,00	0,00
15	73,65	27,65	Viga U	383,43	0	-767,70	-767,70	0	-384,27	-0,66	-0,84	0	0	-15,81	-14,58	0,00	0,00
16	75,625	29,625	viga U	341,34	0	-777,70	-777,70	0	-436,37	-0,75	-0,95	0	0	-17,24	-12,99	0,00	0,00
17	77,6	31,6	Viga U + Laje	288,82	9843,12	3543,27	-787,71	4330,97	-498,88	0,54	-3,99	-3,99	-4,79	-17,59	-13,94	-3,99	-4,79
18	79,575	33,575	Viga U + Laje	153,46	9843,12	3533,27	-797,71	4330,97	-644,25	0,39	-3,96	-3,96	-4,74	-3,13	-16,77	-3,96	-4,74
19	81,55	35,55	Viga U + Laje	-137,21	9843,12	3523,27	-807,71	4330,97	-944,92	0,09	-3,91	-3,91	-4,62	-5,73	-13,79	-3,91	-4,62
20	83,525	37,525	Viga U + Laje	-583,17	9843,12	3513,26	-817,71	4330,97	-1400,88	-0,36	-3,82	-3,82	-4,44	-2,20	-12,48	-3,82	-4,44
1	85,5	0	Viga U + Laje	-757,45	9843,12	3423,22	-907,75	4330,97	-1665,20	-0,63	-3,77	-3,77	-4,33	-3,65	-9,76	-3,77	-4,33
2	86,5	1	Viga U + Laje	-579,07	9843,12	3468,61	-862,37	4330,97	-1441,43	-0,40	-3,81	-3,81	-4,42	-2,67	-10,75	-3,81	-4,42
3	87,5	2	Viga U + Laje	-440,50	9843,12	3513,99	-816,98	4330,97	-1257,48	-0,22	-3,85	-3,85	-4,49	-1,82	-11,64	-3,85	-4,49
4	88,5	3	Viga U + Laje	-341,74	9843,12	3559,38	-771,59	4330,97	-1113,33	-0,08	-3,87	-3,87	-4,55	-7,71	-10,28	-3,87	-4,55
5	89,5	4	Viga U + Laje	-282,80	9843,12	3604,77	-726,20	4330,97	-1009,00	-1,73	-4,16	-4,16	-4,59	-8,85	-11,22	-4,16	-4,59
6	90,5	5	Viga U	-245,10	0	-680,81	-680,81	0	-925,91	-1,59	-2,02	0,00	0,00	-8,27	-9,63	0,00	0,00
7	91,5	6	Viga U	-210,07	0	-635,43	-635,43	0	-845,50	-1,45	-1,84	0,00	0,00	-9,44	-9,37	0,00	0,00
8	92,5	7	Viga U	-177,71	0	-590,04	-590,04	0	-767,75	-1,32	-1,67	0,00	0,00	-9,02	-9,56	0,00	0,00
9	93,5	8	Viga U	-148,02	0	-544,65	-544,65	0	-692,67	-1,19	-1,51	0,00	0,00	-8,69	-9,65	0,00	0,00
10	94,5	9	Viga U	-121,00	0	-499,26	-499,26	0	-620,26	-1,06	-1,35	0,00	0,00	-8,45	-9,65	0,00	0,00
11	95,5	10	Viga U	-96,65	0	-453,88	-453,88	0	-550,53	-0,94	-1,20	0,00	0,00	-8,28	-9,55	0,00	0,00
12	96,5	11	Viga U	-74,97	0	-408,49	-408,49	0	-483,46	-0,83	-1,05	0,00	0,00	-8,20	-9,36	0,00	0,00
13	97,5	12	Viga U	-55,96	0	-363,10	-363,10	0	-419,06	-0,72	-0,91	0,00	0,00	-8,21	-9,08	0,00	0,00
14	98,5	13	Viga U	-39,62	0	-317,71	-317,71	0	-357,33	-0,61	-0,78	0,00	0,00	-8,29	-8,70	0,00	0,00
15	99,5	14	Viga U	-25,95	0	-272,33	-272,33	0	-298,28	-0,51	-0,65	0,00	0,00	-8,46	-8,23	0,00	0,00
16	100,5	15	Viga U	-14,95	0	-226,94	-226,94	0	-241,89	-0,42	-0,53	0,00	0,00	-7,05	-8,20	0,00	0,00
17	101,5	16	Viga U	-6,62	0	-181,55	-181,55	0	-188,17	-0,19	-0,04	0,00	0,00	-7,25	-7,17	0,00	0,00
18	102,5	17	Viga U	-0,96	0	-136,16	-136,16	0	-137,12	-0,14	-0,03	0,00	0,00	-7,71	-6,51	0,00	0,00
19	103,5	18	Viga U	2,03	0	-90,78	-90,78	0	-88,75	-0,09	-0,02	0,00	0,00	-1,64	-7,87	0,00	0,00
20	104,5	19	Viga U	2,35	0	-45,39	-45,39	0	-43,04	-0,04	-0,01	0,00	0,00	-2,28	-6,99	0,00	0,00
21	105,5	20	Viga U	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,02	-5,98	0,00	0,00

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Secção	L _{Total} (m)	L (m)	P _{infinito} (KN)	PE _{continf}	M _{hiperestático}	Esforços introduzidos na fase		P=P _∞				P=P _∞			
						Fase 3		Fase 3				Fase 2+3			
						t=infinito		Tensão na Viga		Tensão na Laje		Tensão na Viga		Tensão na Laje	
						M _{pxe,0} (KNm)	M _{total,0} (KNm)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (Mpa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (Mpa)	σ _{sup} (MPa)
1	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0	-2,34	-4,64	0,00	0,00
2	1	1	0	-39,30	-39,30	0	-18,14	-0,03	-0,04	0	0	-1,63	-5,64	0,00	0,00
3	2	2	0	-78,59	-78,59	0	-38,95	-0,07	-0,08	0	0	-0,99	-6,53	0,00	0,00
4	3	3	0	-117,89	-117,89	0	-62,42	-0,11	-0,14	0	0	-5,58	-5,68	0,00	0,00
5	4	4	0	-157,18	-157,18	0	-88,57	-0,15	-0,19	0	0	-5,12	-6,39	0,00	0,00
6	5	5	0	-196,48	-196,48	0	-117,39	-0,20	-0,26	0	0	-4,73	-7,00	0,00	0,00
7	6	6	0	-235,78	-235,78	0	-148,88	-0,26	-0,32	0	0	-5,71	-7,11	0,00	0,00
8	7	7	0	-275,07	-275,07	0	-183,04	-0,31	-0,40	0	0	-5,49	-7,54	0,00	0,00
9	8	8	0	-314,37	-314,37	0	-219,87	-0,38	-0,48	0	0	-5,35	-7,88	0,00	0,00
10	9	9	0	-353,66	-353,66	0	-259,36	-0,45	-0,57	0	0	-5,30	-8,12	0,00	0,00
11	10	10	0	-392,96	-392,96	0	-301,53	-0,52	-0,66	0	0	-5,33	-8,27	0,00	0,00
12	11	11	0	-432,26	-432,26	0	-346,37	-0,59	-0,76	0	0	-5,44	-8,32	0,00	0,00
13	12	12	0	-471,55	-471,55	0	-393,88	-0,68	-0,86	0	0	-5,63	-8,28	0,00	0,00
14	13	13	0	-510,85	-510,85	0	-444,06	-0,76	-0,97	0	0	-5,91	-8,15	0,00	0,00
15	14	14	0	-550,14	-550,14	0	-496,90	-0,85	-1,08	0	0	-6,27	-7,92	0,00	0,00
16	15	15	0	-589,44	-589,44	0	-552,42	-0,95	-1,20	0	0	-5,43	-8,01	0,00	0,00
17	16	16	8396,18	3065,58	-628,74	3694,32	-610,61	0,27	-3,37	-3,37	-4,02	-4,63	-9,63	-3,37	-4,02
18	17	17	8396,18	3026,29	-668,03	3694,32	-690,04	0,19	-3,35	-3,35	-3,98	-5,22	-8,97	-3,35	-3,98
19	18	18	8396,18	2986,99	-707,33	3694,32	-809,28	0,07	-3,33	-3,33	-3,94	-0,80	-9,85	-3,33	-3,94
20	19	19	8396,18	2947,70	-746,62	3694,32	-968,34	-0,08	-3,30	-3,30	-3,87	-1,65	-8,94	-3,30	-3,87
1	20	0	8396,18	2908,40	-785,92	3694,32	-1167,21	-0,28	-3,26	-3,26	-3,80	-4,03	-7,04	-3,26	-3,80
2	21,3	1,3	8396,18	2983,04	-711,28	3694,32	-887,01	0,00	-3,32	-3,32	-3,91	-2,42	-8,78	-3,32	-3,91
3	22,6	2,6	8396,18	2992,03	-702,29	3694,32	-707,20	0,18	-3,35	-3,35	-3,98	-4,93	-9,06	-3,35	-3,98
4	23,9	3,9	8396,18	3001,02	-693,30	3694,32	-594,68	0,29	-3,37	-3,37	-4,02	-3,79	-10,38	-3,37	-4,02
5	25,2	5,2	8396,18	3010,01	-684,31	3694,32	-549,44	0,33	-3,38	-3,38	-4,04	-2,88	-11,50	-3,38	-4,04
6	26,5	6,5	0	-675,33	-675,33	0	-540,10	-0,93	-1,18	0	0	-7,27	-8,98	0,00	0,00
7	27,8	7,8	0	-666,34	-666,34	0	-535,27	-0,92	-1,17	0	0	-6,66	-9,73	0,00	0,00
8	29,1	9,1	0	-657,35	-657,35	0	-534,96	-0,92	-1,17	0	0	-6,20	-10,31	0,00	0,00
9	30,4	10,4	0	-648,36	-648,36	0	-539,15	-0,93	-1,18	0	0	-5,87	-10,74	0,00	0,00
10	31,7	11,7	0	-639,38	-639,38	0	-547,86	-0,94	-1,20	0	0	-5,69	-11,01	0,00	0,00
11	33	13	0	-630,39	-630,39	0	-561,08	-0,96	-1,22	0	0	-5,65	-11,13	0,00	0,00
12	34,3	14,3	0	-621,40	-621,40	0	-578,82	-0,99	-1,26	0	0	-5,74	-11,08	0,00	0,00
13	35,6	15,6	0	-612,41	-612,41	0	-601,06	-1,03	-1,31	0	0	-5,98	-10,88	0,00	0,00
14	36,9	16,9	0	-603,43	-603,43	0	-627,82	-1,08	-1,37	0	0	-6,36	-10,52	0,00	0,00
15	38,2	18,2	0	-594,44	-594,44	0	-659,09	-1,13	-1,44	0	0	-6,87	-10,00	0,00	0,00
16	39,5	19,5	0	-585,45	-585,45	0	-694,87	-1,19	-1,52	0	0	-7,53	-9,32	0,00	0,00
17	40,8	20,8	8396,18	3117,85	-576,46	3694,32	-735,17	0,15	-3,34	-3,34	-3,97	-3,06	-11,46	-3,34	-3,97
18	42,1	22,1	8396,18	3126,84	-567,48	3694,32	-811,36	0,07	-3,33	-3,33	-3,94	-4,01	-10,34	-3,33	-3,94
19	43,4	23,4	8396,18	3135,83	-558,49	3694,32	-954,84	-0,07	-3,30	-3,30	-3,88	-5,17	-9,02	-3,30	-3,88

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

20	44,7	24,7	8396,18	3144,82	-549,50	3694,32	-1165,60	-0,28	-3,27	-3,27	-3,80	-2,70	-8,73	-3,27	-3,80
1	46	0	8396,18	3153,80	-540,52	3694,32	-1443,65	-0,56	-3,21	-3,21	-3,69	-4,30	-6,99	-3,21	-3,69
2	47,975	1,975	8396,18	3150,37	-543,95	3694,32	-1212,97	-0,33	-3,26	-3,26	-3,78	-1,09	-10,83	-3,26	-3,78
3	49,95	3,95	8396,18	3141,84	-552,48	3694,32	-766,00	0,12	-3,34	-3,34	-3,95	-3,14	-12,61	-3,34	-3,95
4	51,925	5,925	8396,18	3133,31	-561,01	3694,32	-474,32	0,41	-3,39	-3,39	-4,07	-0,55	-15,59	-3,39	-4,07
5	53,9	7,9	8396,18	3124,78	-569,54	3694,32	-337,95	0,54	-3,42	-3,42	-4,12	-11,32	-13,96	-3,42	-4,12
6	55,875	9,875	0	-578,07	-578,07	0	-284,43	-0,49	-0,62	0	0	-10,71	-13,24	0,00	0,00
7	57,85	11,85	0	-586,60	-586,60	0	-241,32	-0,41	-0,53	0	0	-9,30	-14,85	0,00	0,00
8	59,825	13,825	0	-595,13	-595,13	0	-208,63	-0,36	-0,46	0	0	-8,20	-16,11	0,00	0,00
9	61,8	15,8	0	-603,66	-603,66	0	-186,36	-0,32	-0,41	0	0	-7,42	-17,00	0,00	0,00
10	63,775	17,775	0	-612,19	-612,19	0	-174,50	-0,30	-0,38	0	0	-6,95	-17,55	0,00	0,00
11	65,75	19,75	0	-620,73	-620,73	0	-173,05	-0,30	-0,38	0	0	-6,80	-17,73	0,00	0,00
12	67,725	21,725	0	-629,26	-629,26	0	-182,02	-0,31	-0,40	0	0	-6,96	-17,56	0,00	0,00
13	69,7	23,7	0	-637,79	-637,79	0	-201,41	-0,35	-0,44	0	0	-7,44	-17,04	0,00	0,00
14	71,675	25,675	0	-646,32	-646,32	0	-231,20	-0,40	-0,50	0	0	-8,24	-16,16	0,00	0,00
15	73,65	27,65	0	-654,85	-654,85	0	-271,42	-0,47	-0,59	0	0	-9,35	-14,92	0,00	0,00
16	75,625	29,625	0	-663,38	-663,38	0	-322,04	-0,55	-0,70	0	0	-10,78	-13,33	0,00	0,00
17	77,6	31,6	8396,18	3022,41	-671,91	3694,32	-383,09	0,50	-3,41	-3,41	-4,11	-11,36	-13,95	-3,41	-4,11
18	79,575	33,575	8396,18	3013,88	-680,44	3694,32	-526,98	0,36	-3,38	-3,38	-4,05	-0,60	-15,58	-3,38	-4,05
19	81,55	35,55	8396,18	3005,35	-688,97	3694,32	-826,18	0,06	-3,33	-3,33	-3,93	-3,20	-12,60	-3,33	-3,93
20	83,525	37,525	8396,18	2996,82	-697,50	3694,32	-1280,67	-0,39	-3,24	-3,24	-3,75	-1,15	-10,82	-3,24	-3,75
1	85,5	0	8396,18	2920,01	-774,31	3694,32	-1531,76	-0,64	-3,20	-3,20	-3,65	-2,99	-7,84	-3,20	-3,65
2	86,5	1	8396,18	2958,72	-735,60	3694,32	-1314,66	-0,43	-3,24	-3,24	-3,74	-2,02	-8,83	-3,24	-3,74
3	87,5	2	8396,18	2997,44	-696,88	3694,32	-1137,38	-0,25	-3,27	-3,27	-3,81	-1,18	-9,72	-3,27	-3,81
4	88,5	3	8396,18	3036,15	-658,17	3694,32	-999,91	-0,12	-3,30	-3,30	-3,86	-5,59	-8,84	-3,30	-3,86
5	89,5	4	8396,18	3074,87	-619,45	3694,32	-902,25	-0,02	-3,31	-3,31	-3,90	-4,98	-9,51	-3,31	-3,90
6	90,5	5	0	-580,73	-580,73	0	-825,84	-1,42	-1,80	0	0	-5,94	-8,55	0,00	0,00
7	91,5	6	0	-542,02	-542,02	0	-752,09	-1,29	-1,64	0	0	-6,75	-8,43	0,00	0,00
8	92,5	7	0	-503,30	-503,30	0	-681,01	-1,17	-1,49	0	0	-6,35	-8,63	0,00	0,00
9	93,5	8	0	-464,59	-464,59	0	-612,61	-1,05	-1,34	0	0	-6,03	-8,73	0,00	0,00
10	94,5	9	0	-425,87	-425,87	0	-546,87	-0,94	-1,19	0	0	-5,79	-8,75	0,00	0,00
11	95,5	10	0	-387,16	-387,16	0	-483,81	-0,83	-1,06	0	0	-5,64	-8,66	0,00	0,00
12	96,5	11	0	-348,44	-348,44	0	-423,41	-0,73	-0,92	0	0	-5,57	-8,49	0,00	0,00
13	97,5	12	0	-309,73	-309,73	0	-365,69	-0,63	-0,80	0	0	-5,59	-8,22	0,00	0,00
14	98,5	13	0	-271,01	-271,01	0	-310,63	-0,53	-0,68	0	0	-5,68	-7,86	0,00	0,00
15	99,5	14	0	-232,29	-232,29	0	-258,24	-0,44	-0,56	0	0	-5,86	-7,40	0,00	0,00
16	100,5	15	0	-193,58	-193,58	0	-208,53	-0,36	-0,45	0	0	-4,84	-7,26	0,00	0,00
17	101,5	16	0	-154,86	-154,86	0	-161,48	-0,28	-0,06	0	0	-5,18	-6,33	0,00	0,00
18	102,5	17	0	-116,15	-116,15	0	-117,11	-0,20	-0,04	0	0	-5,62	-5,66	0,00	0,00
19	103,5	18	0	-77,43	-77,43	0	-75,40	-0,13	-0,03	0	0	-1,00	-6,54	0,00	0,00
20	104,5	19	0	-38,72	-38,72	0	-36,37	-0,06	-0,01	0	0	-1,63	-5,65	0,00	0,00
21	105,5	20	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	-2,34	-4,64	0,00	0,00



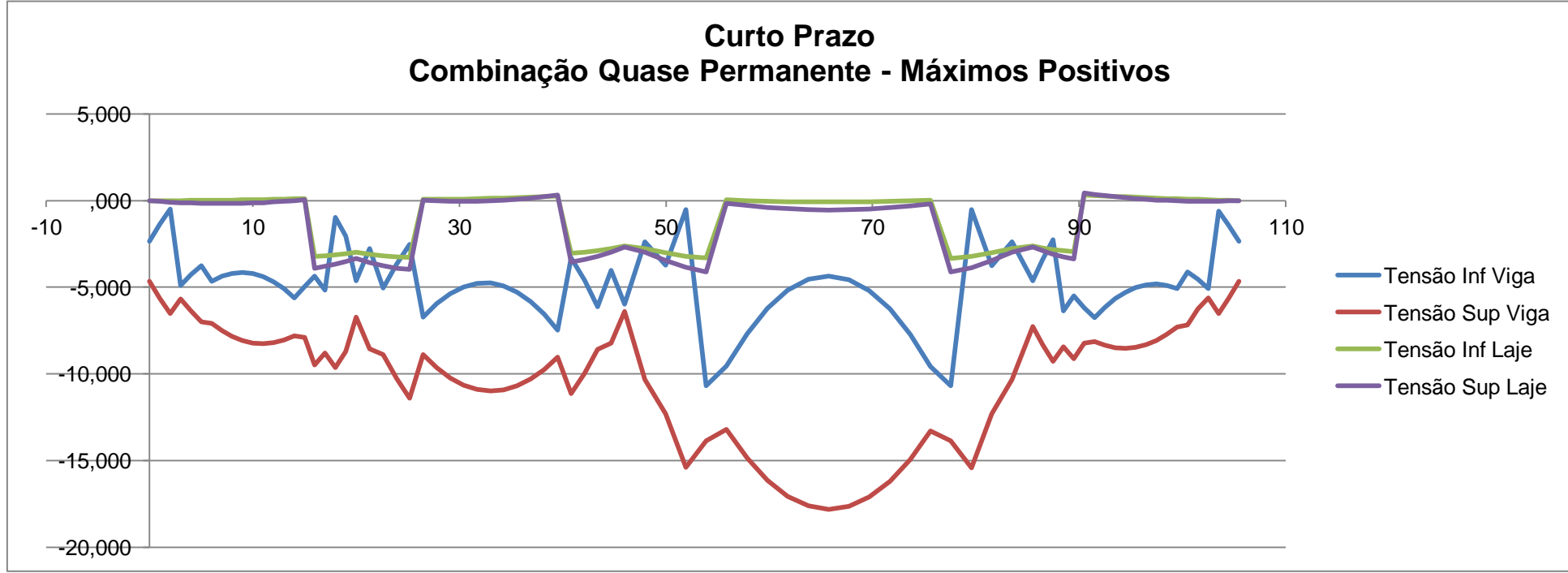
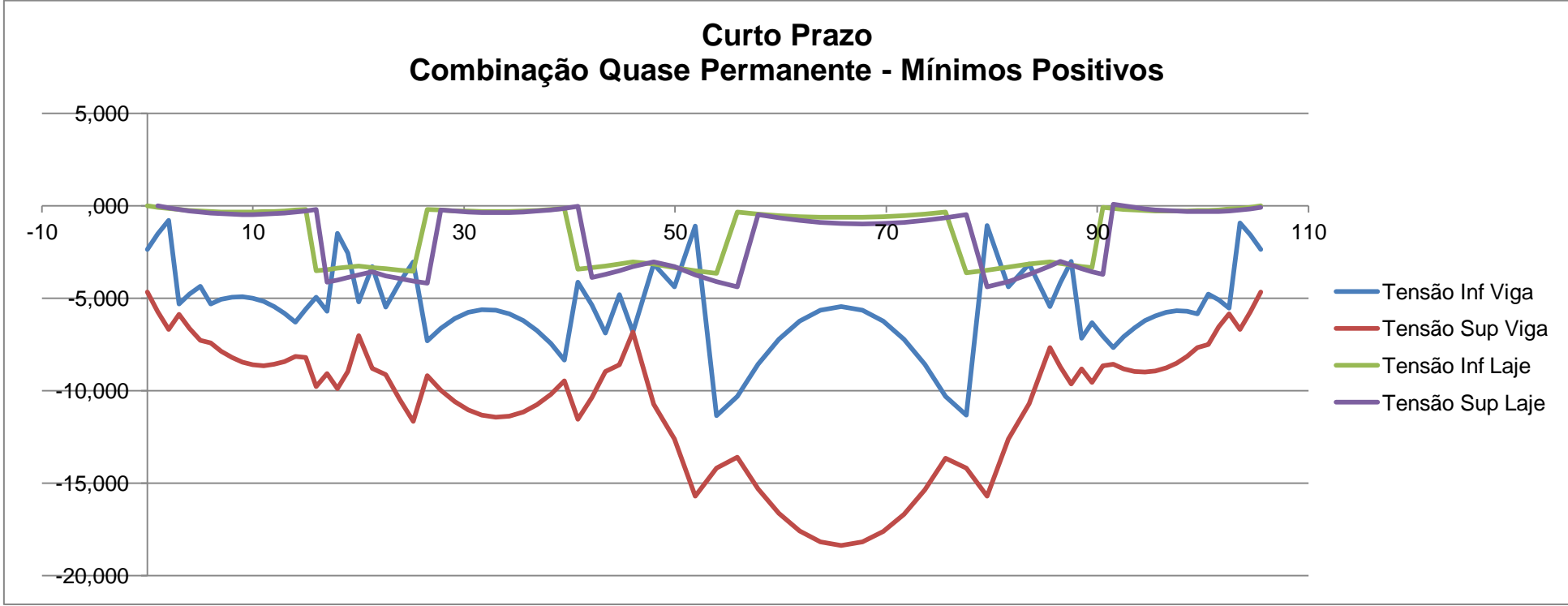
Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Anexo V – FASE 4

L _{Total} (m)	M _{fase(-)} (KN.m)	M _{fase(+)} (KN.m)	M _{fase RCP} (KN.m)	t = infinito												P=P ₀							
				acrescimo Fase 4 - Sobrecarga								RCP				Fase 3 + 4 (Combinação Quase Permanente)							
				Tensão na Viga				Tensão na Laje				Tensão na Viga		Tensão na Laje		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
				σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,34	-2,34	-4,64	-4,64	0,00	0,00	0,00	0,00
1	-84,79	668,44	132,71	-0,08	0,67	0,13	-0,24	0,13	-0,24	0,03	-0,26	0,13	-0,02	-0,02	-0,05	-1,51	-1,36	-5,71	-5,63	-0,07	0,00	-0,11	-0,05
2	-169,59	1248,62	247,55	-0,17	1,24	0,24	-0,44	0,24	-0,44	0,07	-0,49	0,25	-0,05	-0,05	-0,10	-0,78	-0,50	-6,67	-6,53	-0,13	0,00	-0,20	-0,08
3	-254,38	1741,47	344,52	-0,25	1,73	0,35	-0,62	0,35	-0,62	0,10	-0,69	0,34	-0,06	-0,06	-0,14	-5,29	-4,89	-5,87	-5,67	-0,19	0,01	-0,27	-0,12
4	-339,17	2148,32	423,62	-0,34	2,14	0,44	-0,77	0,44	-0,77	0,13	-0,85	0,42	-0,08	-0,08	-0,17	-4,76	-4,26	-6,62	-6,38	-0,23	0,01	-0,34	-0,14
5	-423,96	2470,95	484,85	-0,42	2,46	0,51	-0,89	0,51	-0,89	0,17	-0,97	0,48	-0,09	-0,09	-0,19	-4,33	-3,75	-7,27	-6,99	-0,27	0,01	-0,39	-0,16
6	-508,76	2718,47	528,21	-0,51	2,71	0,58	-0,99	0,58	-0,99	0,20	-1,07	0,53	-0,10	-0,10	-0,21	-5,29	-4,64	-7,41	-7,09	-0,29	0,02	-0,42	-0,17
7	-593,55	2901,23	553,70	-0,59	2,89	0,64	-1,06	0,64	-1,06	0,23	-1,14	0,55	-0,10	-0,10	-0,22	-5,06	-4,36	-7,86	-7,52	-0,31	0,03	-0,45	-0,17
8	-678,34	3005,60	561,32	-0,68	2,99	0,68	-1,11	0,68	-1,11	0,27	-1,19	0,56	-0,10	-0,10	-0,22	-4,93	-4,20	-8,20	-7,84	-0,33	0,03	-0,46	-0,17
9	-763,13	3034,77	551,07	-0,76	3,02	0,71	-1,13	0,71	-1,13	0,30	-1,20	0,55	-0,10	-0,10	-0,22	-4,90	-4,15	-8,45	-8,08	-0,33	0,04	-0,46	-0,16
10	-847,93	2992,40	522,95	-0,84	2,98	0,73	-1,13	0,73	-1,13	0,33	-1,18	0,52	-0,10	-0,10	-0,21	-4,98	-4,21	-8,59	-8,22	-0,32	0,05	-0,44	-0,14
11	-932,72	2882,52	476,96	-0,93	2,87	0,75	-1,11	0,75	-1,11	0,37	-1,14	0,48	-0,09	-0,09	-0,19	-5,15	-4,39	-8,63	-8,26	-0,31	0,06	-0,42	-0,11
12	-1017,51	2709,60	413,10	-1,01	2,70	0,75	-1,06	0,75	-1,06	0,40	-1,07	0,41	-0,08	-0,08	-0,16	-5,43	-4,68	-8,57	-8,21	-0,29	0,07	-0,38	-0,08
13	-1102,30	2478,54	331,37	-1,10	2,47	0,74	-1,00	0,74	-1,00	0,43	-0,98	0,33	-0,06	-0,06	-0,13	-5,80	-5,09	-8,41	-8,06	-0,26	0,09	-0,33	-0,04
14	-1187,10	2194,67	231,78	-1,18	2,19	0,73	-0,91	0,73	-0,91	0,47	-0,87	0,23	-0,04	-0,04	-0,09	-6,28	-5,60	-8,15	-7,82	-0,23	0,10	-0,26	0,00
15	-1271,89	1863,77	114,31	-1,27	1,86	0,71	-0,82	0,71	-0,82	0,50	-0,74	0,11	-0,02	-0,02	-0,05	-5,57	-4,94	-8,20	-7,89	-0,18	0,12	-0,19	0,06
16	-1356,79	1492,12	-21,03	-1,35	1,49	0,68	-0,70	0,68	-0,70	0,54	-0,59	-0,02	0,00	0,00	0,01	-4,92	-4,36	-9,77	-9,50	-3,50	-3,23	-4,13	-3,90
17	-1480,97	1125,50	-174,24	-1,48	1,12	0,67	-0,60	0,67	-0,60	0,58	-0,44	-0,17	0,03	0,03	0,07	-5,69	-5,17	-9,06	-8,81	-3,44	-3,19	-4,00	-3,80
18	-1668,54	795,07	-345,32	-1,66	0,79	0,68	-0,52	0,68	-0,52	0,66	-0,31	-0,34	0,06	0,06	0,14	-1,47	-0,98	-9,89	-9,65	-3,37	-3,13	-3,86	-3,67
19	-1909,69	649,43	-534,27	-1,90	0,65	0,74	-0,51	0,74	-0,51	0,75	-0,26	-0,53	0,10	0,10	0,21	-2,56	-2,05	-8,94	-8,69	-3,30	-3,06	-3,72	-3,51
20	-2200,93	668,73	-722,35	-2,19	0,67	0,84	-0,56	0,84	-0,56	0,87	-0,26	-0,72	0,13	0,13	0,28	-5,19	-4,61	-7,02	-6,74	-3,24	-2,96	-3,56	-3,34
21,3	-1822,12	711,80	-487,68	-1,82	0,71	0,72	-0,51	0,72	-0,51	0,72	-0,28	-0,49	0,09	0,09	0,19	-3,27	-2,77	-8,79	-8,55	-3,33	-3,08	-3,77	-3,57
22,6	-1321,50	847,26	-283,21	-1,32	0,84	0,57	-0,48	0,57	-0,48	0,52	-0,33	-0,28	0,05	0,05	0,11	-5,47	-5,04	-9,11	-8,90	-3,39	-3,18	-3,93	-3,76
23,9	-1079,99	1176,72	-108,93	-1,08	1,17	0,54	-0,56	0,54	-0,56	0,43	-0,46	-0,11	0,02	0,02	0,04	-4,11	-3,66	-10,48	-10,26	-3,46	-3,24	-4,07	-3,89
25,2	-919,37	1538,75	35,14	-0,92	1,53	0,54	-0,65	0,54	-0,65	0,36	-0,61	0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-3,02	-2,53	-11,64	-11,40	-3,52	-3,28	-4,18	-3,98
26,5	-875,28	1957,79	149,02	-0,87	1,95	0,59	-0,79	0,59	-0,79	0,35	-0,77	0,15	-0,03	-0,03	-0,06	-7,29	-6,73	-9,16	-8,89	-0,18	0,09	-0,21	0,01
27,8	-889,95	2366,49	232,69	-0,89	2,36	0,65	-0,93	0,65	-0,93	0,35	-0,93	0,23	-0,04	-0,04	-0,09	-6,61	-5,96	-9,95	-9,64	-0,23	0,09	-0,28	-0,02
29,1	-905,07	2698,48	286,16	-0,90	2,69	0,71	-1,04	0,71	-1,04	0,36	-1,06	0,29	-0,05	-0,05	-0,11	-6,09	-5,38	-10,57	-10,22	-0,26	0,09	-0,33	-0,04
30,4	-920,18	2946,95	309,44	-0,92	2,94	0,75	-1,13	0,75	-1,13	0,36	-1,16	0,31	-0,06	-0,06	-0,12	-5,75	-4,98	-11,03	-10,65	-0,28	0,09	-0,35	-0,05
31,7	-1068,84	3107,05	302,51	-1,06	3,10	0,83	-1,20	0,83	-1,20	0,42	-1,23	0,30	-0,06	-0,06	-0,12	-5,60	-4,77	-11,31	-10,91	-0,30	0,11	-0,36	-0,03
33	-1243,67	3175,66	265,38	-1,24	3,16	0,89	-1,25	0,89	-1,25	0,49	-1,25	0,26	-0,05	-0,05	-0,10	-5,63	-4,75	-11,43	-11,00	-0,30	0,13	-0,36	-0,01
34,3	-1418,53	3151,04	198,05	-1,41	3,14	0,95	-1,27	0,95	-1,27	0,56	-1,24	0,20	-0,04	-0,04	-0,08	-5,83	-4,92	-11,37	-10,93	-0,29	0,15	-0,33	0,03
35,6	-1593,39	3033,10	100,53	-1,59	3,02	0,99	-1,26	0,99	-1,26	0,63	-1,20	0,10	-0,02	-0,02	-0,04	-6,20	-5,28	-11,15	-10,70	-0,27	0,18	-0,28	0,09
36,9	-1768,34	2823,43	-27,20	-1,76	2,81	1,02	-1,21	1,02	-1,21	0,70	-1,11	-0,03	0,01	0,01	0,01	-6,74	-5,82	-10,75	-10,31	-0,24	0,21	-0,21	0,15
38,2	-1943,34	2525,14	-185,13	-1,94	2,52	1,03	-1,14	1,03	-1,14	0,77	-1,00	-0,18	0,03	0,03	0,07	-7,45	-6,56	-10,19	-9,76	-0,19	0,24	-0,13	0,23
39,5	-2118,35	2142,86	-373,26	-2,11	2,13	1,03	-1,04	1,03	-1,04	0,84	-0,85	-0,37	0,07	0,07	0,15	-8,33	-7,48	-9,46	-9,04	-0,14	0,28	-0,02	0,31
40,8	-2306,69	1696,17	-591,58	-2,30	1,69	1,03	-0,92	1,03	-0,92	0,91	-0,67	-0,59	0,11	0,11	0,23	-4,11	-3,31	-11,54	-11,15	-3,42	-3,03	-3,87	-3,55
42,1	-2558,47	1243,16	-840,11	-2,55	1,24	1,04	-0,80	1,04	-0,80	1,01	-0,49	-0,84	0,15	0,15	0,33	-5,35	-4,60	-10,35	-9,98	-3,34	-2,97	-3,70	-3,40

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

43,4	-2888,77	808,30	-1118,84	-2,88	0,81	1,09	-0,71	1,09	-0,71	1,14	-0,32	-1,11	0,21	0,21	0,44	-6,86	-6,13	-8,95	-8,59	-3,24	-2,88	-3,50	-3,21
44,7	-3302,83	421,26	-1427,77	-3,29	0,42	1,17	-0,64	1,17	-0,64	1,30	-0,17	-1,42	0,26	0,26	0,56	-4,78	-4,04	-8,59	-8,23	-3,13	-2,77	-3,27	-2,97
46	-3793,77	376,23	-1766,90	-3,78	0,37	1,33	-0,70	1,33	-0,70	1,50	-0,15	-1,76	0,33	0,33	0,70	-6,82	-5,99	-6,81	-6,40	-3,03	-2,62	-3,02	-2,69
47,975	-3340,79	494,40	-1398,32	-3,33	0,49	1,19	-0,67	1,19	-0,67	1,32	-0,19	-1,39	0,26	0,26	0,55	-3,15	-2,38	-10,71	-10,33	-3,13	-2,76	-3,27	-2,96
49,95	-2153,74	995,75	-802,41	-2,15	0,99	0,87	-0,66	0,87	-0,66	0,85	-0,39	-0,80	0,15	0,15	0,32	-4,37	-3,74	-12,60	-12,29	-3,32	-3,02	-3,72	-3,47
51,925	-1311,66	1611,54	-276,20	-1,31	1,61	0,68	-0,74	0,68	-0,74	0,52	-0,64	-0,28	0,05	0,05	0,11	-1,09	-0,50	-15,69	-15,41	-3,49	-3,21	-4,09	-3,86
53,9	-990,35	2305,43	180,31	-0,99	2,30	0,68	-0,92	0,68	-0,92	0,39	-0,91	0,18	-0,03	-0,03	-0,07	-11,33	-10,68	-14,18	-13,86	-3,63	-3,31	-4,38	-4,12
55,875	-821,34	3039,41	567,11	-0,82	3,03	0,73	-1,14	0,73	-1,14	0,32	-1,20	0,57	-0,10	-0,10	-0,22	-10,31	-9,54	-13,58	-13,20	-0,33	0,04	-0,46	-0,16
57,85	-743,10	3734,04	884,21	-0,74	3,72	0,81	-1,36	0,81	-1,36	0,29	-1,47	0,88	-0,16	-0,16	-0,35	-8,56	-7,67	-15,29	-14,85	-0,44	0,00	-0,64	-0,29
59,825	-680,82	4299,73	1131,61	-0,68	4,28	0,88	-1,54	0,88	-1,54	0,27	-1,70	1,13	-0,21	-0,21	-0,45	-7,21	-6,21	-16,62	-16,14	-0,52	-0,03	-0,79	-0,39
61,8	-618,54	4709,20	1309,30	-0,62	4,69	0,92	-1,67	0,92	-1,67	0,24	-1,86	1,30	-0,24	-0,24	-0,52	-6,23	-5,17	-17,58	-17,06	-0,58	-0,06	-0,89	-0,47
63,775	-556,37	4954,52	1417,29	-0,55	4,94	0,93	-1,74	0,93	-1,74	0,22	-1,95	1,41	-0,26	-0,26	-0,56	-5,65	-4,55	-18,16	-17,62	-0,61	-0,07	-0,95	-0,52
65,75	-494,20	5030,78	1455,57	-0,49	5,01	0,92	-1,76	0,92	-1,76	0,19	-1,98	1,45	-0,27	-0,27	-0,57	-5,45	-4,35	-18,35	-17,82	-0,62	-0,08	-0,97	-0,54
67,725	-490,78	4936,63	1424,15	-0,49	4,92	0,91	-1,73	0,91	-1,73	0,19	-1,95	1,42	-0,26	-0,26	-0,56	-5,64	-4,56	-18,17	-17,64	-0,61	-0,08	-0,95	-0,52
69,7	-527,12	4673,88	1323,03	-0,53	4,66	0,88	-1,64	0,88	-1,64	0,21	-1,84	1,32	-0,24	-0,24	-0,52	-6,23	-5,19	-17,61	-17,10	-0,57	-0,07	-0,89	-0,48
71,675	-563,58	4247,80	1152,20	-0,56	4,23	0,83	-1,51	0,83	-1,51	0,22	-1,68	1,15	-0,21	-0,21	-0,45	-7,20	-6,24	-16,67	-16,20	-0,51	-0,05	-0,79	-0,41
73,65	-600,04	3666,83	911,67	-0,60	3,65	0,75	-1,32	0,75	-1,32	0,24	-1,45	0,91	-0,17	-0,17	-0,36	-8,56	-7,71	-15,35	-14,94	-0,43	-0,02	-0,65	-0,31
75,625	-652,89	2959,11	601,44	-0,65	2,95	0,66	-1,09	0,66	-1,09	0,26	-1,17	0,60	-0,11	-0,11	-0,24	-10,31	-9,59	-13,65	-13,30	-0,33	0,02	-0,47	-0,19
77,6	-814,29	2231,89	221,50	-0,81	2,22	0,61	-0,87	0,61	-0,87	0,32	-0,88	0,22	-0,04	-0,04	-0,09	-11,30	-10,70	-14,17	-13,87	-3,62	-3,33	-4,37	-4,13
79,575	-1183,61	1552,93	-228,14	-1,18	1,55	0,63	-0,70	0,63	-0,70	0,47	-0,61	-0,23	0,04	0,04	0,09	-1,07	-0,52	-15,68	-15,42	-3,48	-3,21	-4,08	-3,87
81,55	-2115,22	955,50	-747,49	-2,11	0,95	0,85	-0,64	0,85	-0,64	0,83	-0,38	-0,74	0,14	0,14	0,29	-4,37	-3,76	-12,59	-12,30	-3,32	-3,02	-3,71	-3,47
83,525	-3311,08	481,19	-1336,54	-3,30	0,48	1,18	-0,66	1,18	-0,66	1,31	-0,19	-1,33	0,25	0,25	0,53	-3,15	-2,39	-10,70	-10,34	-3,13	-2,76	-3,26	-2,96
85,5	-3788,80	282,34	-1702,04	-3,77	0,28	1,31	-0,67	1,31	-0,67	1,49	-0,11	-1,70	0,31	0,31	0,67	-5,44	-4,63	-7,66	-7,27	-3,02	-2,62	-3,00	-2,68
86,5	-3425,40	357,93	-1447,17	-3,41	0,36	1,20	-0,64	1,20	-0,64	1,35	-0,14	-1,44	0,27	0,27	0,57	-4,15	-3,39	-8,70	-8,33	-3,10	-2,73	-3,20	-2,90
87,5	-3112,37	651,36	-1210,18	-3,10	0,65	1,14	-0,69	1,14	-0,69	1,23	-0,26	-1,21	0,22	0,22	0,48	-3,00	-2,25	-9,63	-9,27	-3,18	-2,82	-3,38	-3,09
88,5	-2859,99	1024,33	-991,05	-2,85	1,02	1,11	-0,77	1,11	-0,77	1,13	-0,40	-0,99	0,18	0,18	0,39	-7,15	-6,38	-8,81	-8,43	-3,27	-2,89	-3,55	-3,25
89,5	-2674,85	1431,69	-789,79	-2,66	1,43	1,11	-0,88	1,11	-0,88	1,05	-0,56	-0,79	0,15	0,15	0,31	-6,30	-5,48	-9,54	-9,14	-3,34	-2,95	-3,70	-3,38
90,5	-2507,67	1817,96	-606,41	-2,50	1,81	1,11	-0,99	1,11	-0,99	0,99	-0,72	-0,60	0,11	0,11	0,24	-7,05	-6,19	-8,64	-8,22	-0,09	0,33	0,10	0,44
91,5	-2340,49	2159,32	-440,89	-2,33	2,15	1,11	-1,08	1,11	-1,08	0,92	-0,85	-0,44	0,08	0,08	0,17	-7,65	-6,76	-8,56	-8,13	-0,13	0,30	0,00	0,36
92,5	-2173,31	2450,30	-293,24	-2,17	2,44	1,10	-1,15	1,10	-1,15	0,86	-0,97	-0,29	0,05	0,05	0,12	-7,07	-6,15	-8,80	-8,35	-0,18	0,27	-0,08	0,29
93,5	-2006,14	2685,84	-163,47	-2,00	2,68	1,08	-1,20	1,08	-1,20	0,79	-1,06	-0,16	0,03	0,03	0,06	-6,59	-5,66	-8,94	-8,49	-0,21	0,25	-0,15	0,22
94,5	-1838,96	2861,21	-51,56	-1,83	2,85	1,05	-1,23	1,05	-1,23	0,73	-1,13	-0,05	0,01	0,01	0,02	-6,21	-5,27	-8,98	-8,53	-0,24	0,22	-0,21	0,17
95,5	-1671,78	2972,09	42,48	-1,67	2,96	1,01	-1,25	1,01	-1,25	0,66	-1,17	0,04	-0,01	-0,01	-0,02	-5,93	-5,01	-8,92	-8,47	-0,26	0,19	-0,25	0,12
96,5	-1504,60	3014,53	118,64	-1,50	3,00	0,96	-1,24	0,96	-1,24	0,59	-1,19	0,12	-0,02	-0,02	-0,05	-5,75	-4,85	-8,76	-8,32	-0,27	0,17	-0,28	0,07
97,5	-1337,42	2984,97	176,94	-1,33	2,97	0,90	-1,20	0,90	-1,20	0,53	-1,18	0,18	-0,03	-0,03	-0,07	-5,68	-4,81	-8,49	-8,07	-0,27	0,15	-0,31	0,04
98,5	-1170,25	2880,16	217,37	-1,17	2,87	0,83	-1,14	0,83	-1,14	0,46	-1,14	0,22	-0,04	-0,04	-0,09	-5,70	-4,89	-8,12	-7,73	-0,27	0,13	-0,31	0,01
99,5	-1003,07	2697,30	239,92	-1,00	2,69	0,74	-1,05	0,74	-1,05	0,40	-1,06	0,24	-0,04	-0,04	-0,09	-5,82	-5,09	-7,65	-7,30	-0,25	0,10	-0,31	-0,02
100,5	-835,89	2452,68	244,61	-0,83	2,44	0,65	-0,95	0,65	-0,95	0,33	-0,97	0,24	-0,05	-0,05	-0,10	-4,76	-4,11	-7,50	-7,18	-0,23	0,08	-0,29	-0,03
101,5	-668,71	2131,32	231,43	-0,67	2,12	0,54	-0,81	0,54	-0,81	0,26	-0,84	0,23	-0,04	-0,04	-0,09	-5,09	-4,53	-6,53	-6,26	-0,21	0,07	-0,26	-0,04
102,5	-501,53	1726,73	200,38	-0,50	1,72	0,43	-0,65	0,43	-0,65	0,20	-0,68	0,20	-0,04	-0,04	-0,08	-5,52	-5,07	-5,83	-5,61	-0,17	0,05	-0,22	-0,04
103,5	-334,36	1237,39	151,45	-0,33	1,23	0,30	-0,46	0,30	-0,46	0,13	-0,49	0,15	-0,03	-0,03	-0,06	-0,92	-0,60	-6,66	-6,51	-0,12	0,03	-0,16	-0,03
104,5	-167,18	662,07	84,66	-0,17	0,66	0,16	-0,25	0,16	-0,25	0,07	-0,26	0,08	-0,02	-0,02	-0,03	-1,57	-1,41	-5,72	-5,64	-0,06	0,02	-0,09	-0,02
105,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,34	-2,34	-4,64	-4,64	0,00	0,00	0,00	0,00



Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

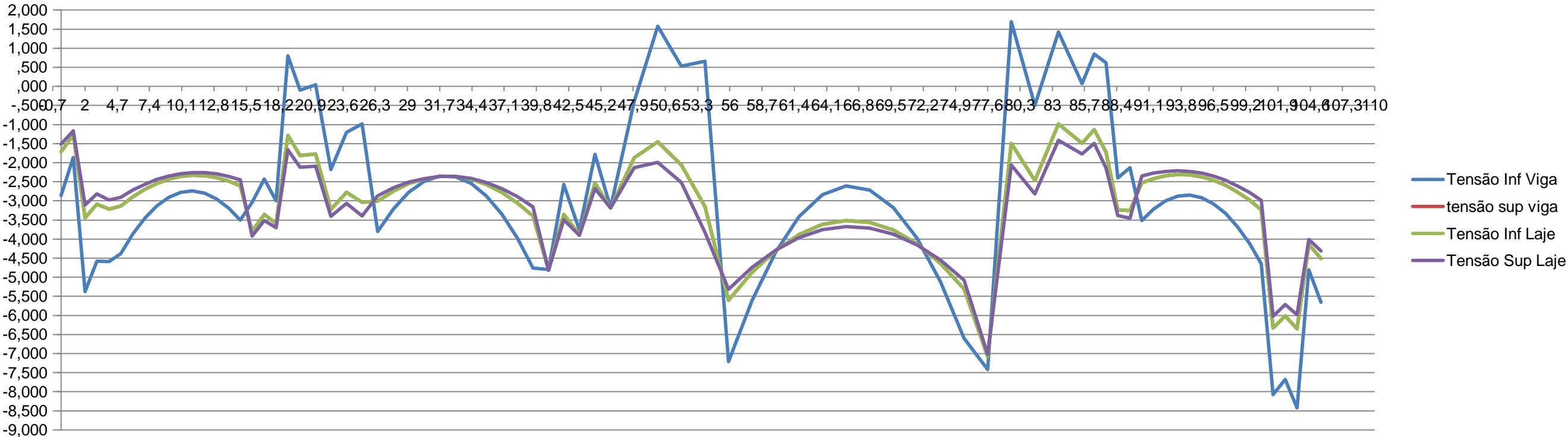
Anexo VI – FASE 5

Secção	L _{Total} (m)	L (m)	P _{tot} (KN)	P x e			M _{hip} continuidade (KNm)	M _{cont} (KNm)	M _{hip viga} (KNm)	M _{tot viga} (KNm)	M _{cp} (KNm)	M _{tot} (KNm)	Tensão na Viga		Tensão na Laje		Tensão na Viga				Tensão na Laje			
				viga (KNm)	laje (KNm)	total (KNm)							σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup max} (MPa)
1	0	0	1890,78	-2229,89	0,00	-2229,89	0,00	0,00	0,00	-2229,89	0,00	0,00	-2,85	-1,71	-1,71	-1,51	-2,85	-2,85	-1,71	-1,71	-1,71	-1,71	-1,51	-1,51
2	1	1	1890,78	-2229,89	0,00	-2229,89	-86,61	-86,61	352,54	-1877,35	595,27	861,20	-1,99	-1,29	-1,29	-1,17	-2,01	-1,86	-1,34	-1,27	-1,34	-1,27	-1,22	-1,16
3	2	2	4411,83	-5807,76	0,00	-5807,76	-173,21	-173,21	705,07	-5102,69	1110,33	1642,19	-5,62	-3,49	-3,49	-3,11	-5,65	-5,37	-3,58	-3,44	-3,58	-3,44	-3,21	-3,10
4	3	3	4411,83	-5807,76	0,00	-5807,76	-259,82	-259,82	1057,61	-4750,15	1545,20	2342,99	-4,92	-3,15	-3,15	-2,84	-4,97	-4,58	-3,28	-3,08	-3,28	-3,08	-2,97	-2,82
5	4	4	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-346,43	-346,43	1804,61	-4897,62	1899,87	3358,05	-5,01	-3,30	-3,30	-3,00	-5,08	-4,58	-3,46	-3,22	-3,46	-3,22	-3,17	-2,97
6	5	5	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-433,03	-433,03	1762,67	-4939,55	2174,33	3503,97	-4,87	-3,23	-3,23	-2,94	-4,95	-4,38	-3,41	-3,13	-3,41	-3,13	-3,14	-2,91
7	6	6	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-519,64	-519,64	2115,21	-4587,02	2368,60	3964,17	-4,41	-3,01	-3,01	-2,76	-4,51	-3,87	-3,21	-2,89	-3,21	-2,89	-2,98	-2,72
8	7	7	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-606,24	-606,24	2467,74	-4234,48	2482,67	4344,16	-4,03	-2,83	-2,83	-2,61	-4,15	-3,45	-3,04	-2,70	-3,04	-2,70	-2,84	-2,56
9	8	8	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-692,85	-692,85	2820,28	-3881,95	2516,53	4643,96	-3,73	-2,68	-2,68	-2,49	-3,87	-3,13	-2,90	-2,54	-2,90	-2,54	-2,73	-2,44
10	9	9	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-779,46	-779,46	3172,81	-3529,41	2470,20	4863,56	-3,51	-2,57	-2,57	-2,41	-3,67	-2,91	-2,80	-2,43	-2,80	-2,43	-2,65	-2,35
11	10	10	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-866,06	-866,06	3525,35	-3176,88	2343,67	5002,95	-3,37	-2,51	-2,51	-2,35	-3,54	-2,78	-2,73	-2,36	-2,73	-2,36	-2,59	-2,28
12	11	11	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-952,67	-952,67	3877,88	-2824,34	2136,93	5062,15	-3,32	-2,48	-2,48	-2,33	-3,50	-2,74	-2,70	-2,33	-2,70	-2,33	-2,56	-2,25
13	12	12	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-1039,28	-1039,28	4230,42	-2471,81	1850,00	5041,14	-3,34	-2,49	-2,49	-2,34	-3,54	-2,80	-2,70	-2,34	-2,70	-2,34	-2,55	-2,26
14	13	13	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-1125,88	-1125,88	4582,95	-2119,27	1482,87	4939,94	-3,44	-2,54	-2,54	-2,38	-3,66	-2,94	-2,74	-2,39	-2,74	-2,39	-2,57	-2,29
15	14	14	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-1212,49	-1212,49	4935,49	-1766,74	1035,53	4758,53	-3,62	-2,62	-2,62	-2,45	-3,85	-3,18	-2,81	-2,48	-2,81	-2,48	-2,62	-2,35
16	15	15	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-1299,10	-1299,10	5288,02	-1414,20	508,00	4496,93	-3,88	-2,75	-2,75	-2,55	-4,13	-3,51	-2,91	-2,61	-2,91	-2,61	-2,70	-2,45
17	16	16	13438,27	-6702,23	3694,32	-3007,91	-1385,70	2308,62	5640,56	-1061,67	-99,73	4155,12	-3,34	-3,92	-3,92	-4,03	-3,61	-3,04	-4,06	-3,79	-4,06	-3,79	-4,15	-3,92
18	17	17	12808,01	-5807,76	3694,32	-2113,44	-1472,31	2222,01	5993,10	185,34	-787,67	3733,12	-2,66	-3,48	-3,48	-3,63	-2,95	-2,43	-3,60	-3,35	-3,60	-3,35	-3,72	-3,51
19	18	18	12808,01	-5807,76	3694,32	-2113,44	-1558,91	2135,41	6345,63	537,87	-1555,80	3230,92	-3,16	-3,73	-3,73	-3,83	-3,49	-3,00	-3,83	-3,59	-3,83	-3,59	-3,89	-3,70
20	19	19	10286,96	-2229,89	3694,32	1464,42	-1645,52	2048,80	6698,17	4468,28	-2404,13	2648,52	0,67	-1,43	-1,43	-1,81	0,29	0,80	-1,53	-1,29	-1,53	-1,29	-1,86	-1,66
1	20	0	10917,23	-3159,25	3694,32	535,07	-1732,13	1962,19	7950,08	4790,84	-3332,67	2885,29	-0,23	-1,98	-1,98	-2,29	-0,67	-0,10	-2,09	-1,81	-2,09	-1,81	-2,34	-2,12
2	21,3	1,3	10917,23	-3159,25	3694,32	535,07	-1638,85	2055,47	6867,52	3708,28	-2206,16	3022,52	-0,10	-1,91	-1,91	-2,24	-0,46	0,05	-2,02	-1,77	-2,02	-1,77	-2,29	-2,09
3	22,6	2,6	12808,01	-5842,65	3694,32	-2148,33	-1627,85	2066,47	6984,97	1142,32	-1281,25	4075,86	-2,35	-3,33	-3,33	-3,51	-2,61	-2,18	-3,43	-3,22	-3,43	-3,22	-3,58	-3,41
4	23,9	3,9	12808,01	-5842,65	3694,32	-2148,33	-1616,86	2077,46	7102,41	1259,76	-491,88	4993,66	-1,44	-2,89	-2,89	-3,15	-1,65	-1,20	-3,00	-2,78	-3,00	-2,78	-3,24	-3,06
5	25,2	5,2	14698,79	-8526,04	3694,32	-4831,72	-1605,86	2088,45	9903,25	1377,20	161,95	8459,33	-1,29	-3,14	-3,14	-3,47	-1,47	-0,98	-3,27	-3,03	-3,27	-3,03	-3,59	-3,40
6	26,5	6,5	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1594,87	-1594,87	7337,29	-1188,76	680,24	6422,66	-4,20	-3,12	-3,12	-2,93	-4,37	-3,81	-3,28	-3,00	-3,28	-3,00	-3,09	-2,86
7	27,8	7,8	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1583,88	-1583,88	7454,73	-1071,31	1062,99	6933,85	-3,69	-2,87	-2,87	-2,73	-3,87	-3,22	-3,06	-2,74	-3,06	-2,74	-2,92	-2,66
8	29,1	9,1	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1572,88	-1572,88	7572,17	-953,87	1310,21	7309,50	-3,31	-2,69	-2,69	-2,58	-3,49	-2,78	-2,90	-2,55	-2,90	-2,55	-2,79	-2,51
9	30,4	10,4	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1561,89	-1561,89	7689,61	-836,43	1421,89	7549,61	-3,07	-2,58	-2,58	-2,49	-3,26	-2,49	-2,80	-2,42	-2,80	-2,42	-2,72	-2,41
10	31,7	11,7	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1550,90	-1550,90	7807,06	-718,99	1398,03	7654,19	-2,97	-2,52	-2,52	-2,45	-3,18	-2,35	-2,76	-2,36	-2,76	-2,36	-2,69	-2,36
11	33	13	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1539,90	-1539,90	7924,50	-601,55	1238,63	7623,23	-3,00	-2,54	-2,54	-2,46	-3,25	-2,37	-2,79	-2,36	-2,79	-2,36	-2,71	-2,36
12	34,3	14,3	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1528,91	-1528,91	8041,94	-484,11	943,70	7456,73	-3,17	-2,62	-2,62	-2,52	-3,45	-2,54	-2,87	-2,43	-2,87	-2,43	-2,77	-2,41
13	35,6	15,6	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1517,92	-1517,92	8159,38	-366,66	513,22	7154,69	-3,47	-2,77	-2,77	-2,64	-3,79	-2,86	-3,02	-2,57	-3,02	-2,57	-2,88	-2,52
14	36,9	16,9	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1506,92	-1506,92	8276,82	-249,22	-52,79	6717,11	-3,90	-2,98	-2,98	-2,81	-4,26	-3,34	-3,22	-2,78	-3,22	-2,78	-3,04	-2,68
15	38,2	18,2	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1495,93	-1495,93	8394,26	-131,78	-754,34	6144,00	-4,47	-3,26	-3,26	-3,04	-4,86	-3,97	-3,49	-3,05	-3,49	-3,05	-3,24	-2,89
16	39,5	19,5	6302,61	-8526,04	0,00	-8526,04	-1484,94	-1484,94	8511,70	-14,34	-1591,42	5435,34	-5,18	-3,60	-3,60	-3,32	-5,60	-4,75	-3,81	-3,40	-3,81	-3,40	-3,49	-3,15
17	40,8	20,8	14698,79	-8526,04	3694,32	-4831,72	-1473,94	2220,38	8629,15	103,10	-2564,05	4591,15	-5,14	-5,02	-5,02	-5,00	-5,60	-4,80	-5,20	-4,81	-5,20	-4,81	-5,13	-4,81
18	42,1	22,1	12808,01	-5842,65	3694,32	-2148,33	-1462,95	2231,37	8746,59	2903,94	-3672,21	3611,43	-2,81	-3,56	-3,56	-3,69	-3,32	-2,57	-3,72	-3,35	-3,72	-3,35	-3,79	-3,49
19	43,4	23,4	12808,01	-5842,65	3694,32	-2148,33	-1451,95	2242,37	8864,03	3021,38	-4915,91	2496,16	-3,92	-4,10	-4,10	-4,13	-4,50	-3,76	-4,24	-3,88	-4,24	-3,88	-4,20	-3,91
20	44,7	24,7	10917,23	-3159,25	3694,32	535,07	-1440,96	2253,36	8981,47	5822,23	-6295,15	1245,36	-1,87	-2,78	-2,78	-2,94	-2,52	-1,78	-2,90	-2,54	-2,90	-2,54	-2,97	-2,68
1	46	0	10917,23	-3159,25	3694,32	535,07	-1429,97	2264,35	9098,91	5939,67	-7809,93	-140,98	-3,25	-3,45	-3,45	-3,48	-4,00	-3,17	-3,59	-3,18	-3,59	-3,18	-3,51	-3,19
2	47,975	1,975	10917,23	-3159,25	3694,32	535,07	-1407,94	2286,38	10187,24	7027,99	-6160,43	2618,87	-0,50	-2,11	-2,11	-2,40	-1,16	-0,40	-2,24	-1,87	-2,24	-1,87	-2,44	-2,13
3	49,95	3,95	13438,27	-6737,11	3694,32	-3042,79	-1405,12	2289,20	13855,20	7118,09	-3531,13	8918,95	1,37	-1,63	-1,63	-2,16	0,94	1,57	-1,76	-1,45	-1,76	-1,45	-2,24	-1,99
4	51,925	5,925	13438,27	-6737,11	3694,32	-3042,79	-1402,30	2292,02	10367,43	3630,32	-1214,67	7750,46	0,21	-2,20	-2,20	-2,62	-0,05	0,53	-2,34	-2,06	-2,34	-2,06	-2,75	-2,52

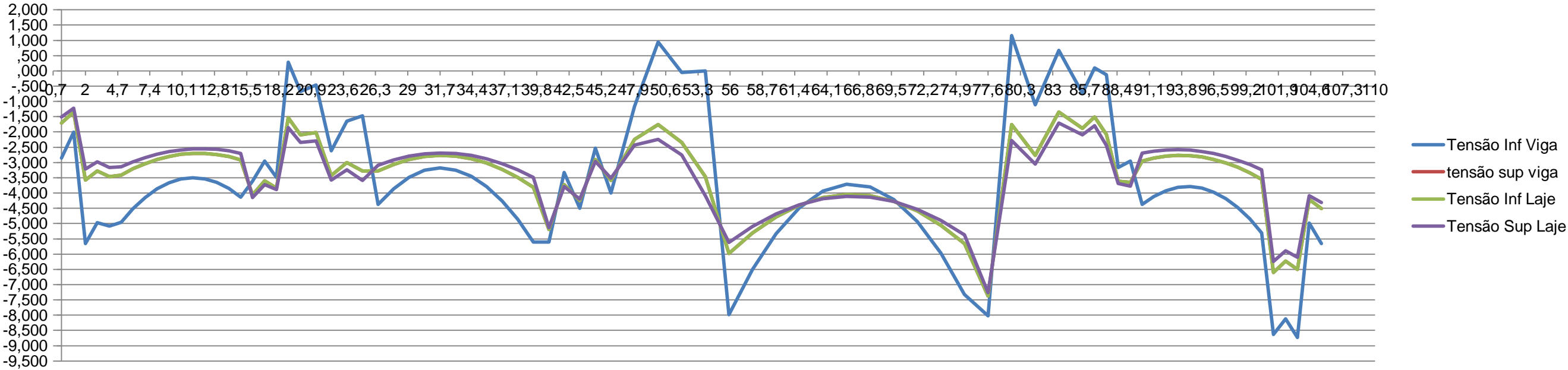
Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

5	53,9	7,9	19740,88	-15681,78	3694,32	-11987,46	-1399,48	2294,84	19402,19	3720,42	788,96	18791,68	0,20	-3,28	-3,28	-3,90	0,00	0,66	-3,46	-3,14	-3,46	-3,14	-4,08	-3,82
6	55,875	9,875	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1396,66	-1396,66	10547,63	-5134,14	2479,76	11630,74	-7,82	-5,75	-5,75	-5,38	-7,98	-7,21	-5,98	-5,60	-5,98	-5,60	-5,62	-5,32
7	57,85	11,85	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1393,84	-1393,84	10637,73	-5044,05	3857,74	13101,63	-6,35	-5,03	-5,03	-4,80	-6,50	-5,61	-5,31	-4,87	-5,31	-4,87	-5,09	-4,74
8	59,825	13,825	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1391,02	-1391,02	10727,83	-4953,95	4922,88	14259,69	-5,20	-4,47	-4,47	-4,34	-5,34	-4,34	-4,78	-4,30	-4,78	-4,30	-4,68	-4,29
9	61,8	15,8	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1388,20	-1388,20	10817,93	-4863,85	5675,19	15104,92	-4,36	-4,06	-4,06	-4,01	-4,48	-3,42	-4,40	-3,88	-4,40	-3,88	-4,38	-3,96
10	63,775	17,775	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1385,38	-1385,38	10908,03	-4773,75	6114,67	15637,32	-3,83	-3,80	-3,80	-3,80	-3,94	-2,84	-4,15	-3,62	-4,15	-3,62	-4,19	-3,76
11	65,75	19,75	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1382,57	-1382,57	10998,12	-4683,65	6241,33	15856,89	-3,61	-3,70	-3,70	-3,71	-3,71	-2,61	-4,05	-3,51	-4,05	-3,51	-4,11	-3,67
12	67,725	21,725	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1379,75	-1379,75	11088,22	-4593,55	6055,15	15763,63	-3,70	-3,74	-3,74	-3,75	-3,80	-2,72	-4,09	-3,56	-4,09	-3,56	-4,14	-3,71
13	69,7	23,7	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1376,93	-1376,93	11178,32	-4503,45	5556,14	15357,54	-4,11	-3,94	-3,94	-3,91	-4,21	-3,17	-4,27	-3,76	-4,27	-3,76	-4,28	-3,87
14	71,675	25,675	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1374,11	-1374,11	11268,42	-4413,36	4744,30	14638,62	-4,82	-4,29	-4,29	-4,19	-4,93	-3,98	-4,59	-4,12	-4,59	-4,12	-4,53	-4,15
15	73,65	27,65	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1371,29	-1371,29	11358,52	-4323,26	3619,63	13606,86	-5,85	-4,79	-4,79	-4,60	-5,97	-5,12	-5,05	-4,64	-5,05	-4,64	-4,89	-4,55
16	75,625	29,625	11344,70	-15681,78	0,00	-15681,78	-1368,47	-1368,47	11448,62	-4233,16	2182,13	12262,28	-7,19	-5,44	-5,44	-5,13	-7,32	-6,60	-5,66	-5,31	-5,66	-5,31	-5,36	-5,08
17	77,6	31,6	19740,88	-15681,78	3694,32	-11987,46	-1365,65	2328,67	11538,72	-4143,06	531,01	10704,08	-7,86	-7,20	-7,20	-7,09	-8,02	-7,42	-7,38	-7,08	-7,38	-7,08	-7,26	-7,02
18	79,575	33,575	13438,27	-6737,11	3694,32	-3042,79	-1362,83	2331,49	11628,81	4891,70	-1333,74	8932,24	1,39	-1,62	-1,62	-2,16	1,15	1,70	-1,76	-1,50	-1,76	-1,50	-2,28	-2,06
19	81,55	35,55	13438,27	-6737,11	3694,32	-3042,79	-1360,01	2334,31	11718,91	4981,80	-3511,33	6847,57	-0,69	-2,63	-2,63	-2,98	-1,11	-0,50	-2,76	-2,46	-2,76	-2,46	-3,06	-2,81
20	83,525	37,525	10917,23	-3159,25	3694,32	535,07	-1357,19	2337,13	11809,01	8649,77	-6001,74	4450,08	1,33	-1,22	-1,22	-1,67	0,67	1,42	-1,35	-0,98	-1,35	-0,98	-1,71	-1,41
1	85,5	0	10286,96	-2229,89	3694,32	1464,42	-1472,85	2221,47	10969,76	8739,86	-7503,51	1993,40	0,02	-1,75	-1,75	-2,07	-0,74	0,07	-1,88	-1,49	-1,88	-1,49	-2,09	-1,77
2	86,5	1	10286,96	-2229,89	3694,32	1464,42	-1399,21	2295,11	10547,52	8317,63	-6386,78	2761,53	0,78	-1,38	-1,38	-1,76	0,10	0,85	-1,51	-1,14	-1,51	-1,14	-1,79	-1,49
3	87,5	2	12808,01	-5807,76	3694,32	-2113,44	-1325,57	2368,75	13570,26	7762,50	-5350,25	6894,44	0,49	-1,95	-1,95	-2,38	-0,13	0,62	-2,09	-1,72	-2,09	-1,72	-2,44	-2,14
4	88,5	3	12808,01	-5807,76	3694,32	-2113,44	-1251,93	2442,39	9437,25	3629,49	-4393,92	3791,41	-2,60	-3,46	-3,46	-3,61	-3,17	-2,39	-3,61	-3,23	-3,61	-3,23	-3,69	-3,38
5	89,5	4	13438,27	-6702,23	3694,32	-3007,91	-1178,28	2516,04	9776,59	3074,36	-3517,79	5080,51	-2,42	-3,47	-3,47	-3,66	-2,95	-2,13	-3,65	-3,25	-3,65	-3,25	-3,78	-3,45
6	90,5	5	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-1104,64	-1104,64	8326,99	1624,76	-2721,86	4500,48	-3,87	-2,75	-2,75	-2,55	-4,37	-3,51	-2,95	-2,53	-2,95	-2,53	-2,69	-2,35
7	91,5	6	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-1031,00	-1031,00	7771,85	1069,63	-2006,13	4734,72	-3,64	-2,64	-2,64	-2,46	-4,11	-3,21	-2,85	-2,41	-2,85	-2,41	-2,63	-2,27
8	92,5	7	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-957,36	-957,36	7216,72	514,49	-1370,60	4888,76	-3,49	-2,56	-2,56	-2,40	-3,92	-3,00	-2,79	-2,34	-2,79	-2,34	-2,59	-2,22
9	93,5	8	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-883,71	-883,71	6661,59	-40,64	-815,27	4962,60	-3,41	-2,53	-2,53	-2,37	-3,81	-2,88	-2,77	-2,31	-2,77	-2,31	-2,58	-2,21
10	94,5	9	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-810,07	-810,07	6106,46	-595,77	-340,14	4956,24	-3,42	-2,53	-2,53	-2,37	-3,79	-2,85	-2,78	-2,32	-2,78	-2,32	-2,60	-2,22
11	95,5	10	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-736,43	-736,43	5551,32	-1150,90	54,79	4869,68	-3,51	-2,57	-2,57	-2,40	-3,84	-2,91	-2,82	-2,37	-2,82	-2,37	-2,64	-2,27
12	96,5	11	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-662,78	-662,78	4996,19	-1706,04	369,51	4702,92	-3,67	-2,65	-2,65	-2,47	-3,97	-3,07	-2,90	-2,46	-2,90	-2,46	-2,71	-2,35
13	97,5	12	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-589,14	-589,14	4441,06	-2261,17	604,04	4455,96	-3,92	-2,77	-2,77	-2,57	-4,19	-3,32	-3,01	-2,59	-3,01	-2,59	-2,80	-2,46
14	98,5	13	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-515,50	-515,50	3885,93	-2816,30	758,37	4128,80	-4,25	-2,93	-2,93	-2,70	-4,48	-3,67	-3,16	-2,77	-3,16	-2,77	-2,92	-2,60
15	99,5	14	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-441,86	-441,86	3330,79	-3371,43	832,50	3721,44	-4,65	-3,13	-3,13	-2,86	-4,85	-4,11	-3,34	-2,98	-3,34	-2,98	-3,07	-2,78
16	100,5	15	5042,09	-6702,23	0,00	-6702,23	-368,21	-368,21	2775,66	-3926,57	826,43	3233,88	-5,14	-3,36	-3,36	-3,05	-5,30	-4,65	-3,55	-3,23	-3,55	-3,23	-3,24	-2,98
17	101,5	16	13438,27	-6702,23	3694,32	-3007,91	-3988,89	-294,57	2220,53	-4481,70	740,16	-1028,20	-8,50	-6,44	-6,44	-6,07	-8,63	-8,08	-6,60	-6,33	-6,60	-6,33	-6,24	-6,02
18	102,5	17	12808,01	-5807,76	3694,32	-2113,44	-3915,25	-220,93	1665,40	-4142,36	599,12	-1650,73	-8,02	-6,10	-6,10	-5,76	-8,12	-7,68	-6,23	-6,01	-6,23	-6,01	-5,89	-5,72
19	103,5	18	12808,01	-5807,76	3694,32	-2113,44	-3841,61	-147,29	1110,27	-4697,49	428,75	-2302,59	-8,67	-6,41	-6,41	-6,01	-8,74	-8,42	-6,51	-6,35	-6,51	-6,35	-6,11	-5,99
20	104,5	19	10286,96	-2229,89	3694,32	1464,42	-3767,96	-73,64	555,14	-1674,76	229,04	-2983,78	-4,94	-4,17	-4,17	-4,03	-4,98	-4,81	-4,22	-4,14	-4,22	-4,14	-4,08	-4,02
21	105,5	20	10286,96	-2229,89	3694,32	1464,42	-3694,32	0,00	0,00	-2229,89	0,00	-3694,31	-5,65	-4,51	-4,51	-4,31	-5,65	-5,65	-4,51	-4,51	-4,51	-4,51	-4,31	-4,31

**Longo Prazo
Combinação Quase Permanente - Máximos Positivos**



**Longo Prazo
Combinação Quase Permanente - Máximos Negativos**



Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Anexo VII – FASE 6

Secção	L _{Total} (m)	L (m)	M _{Retracção} (KNm)	Retracção Diferencial				M _{Tempdif} (KNm) +10	M _{Tempdif} (KNm) -5	M _{Ret+Flu} (KNm)	Retracção + Fluência				M _{Temp-Unif} 15 ⁰ (KNm)	Fase CP				Estado Limite Descompressão							
				Tensão Viga		Tensão na Laje					Tensão Viga		Tensão na Laje			Tensão Viga		Tensão na Laje		Fase CP + RCP+SC/AT (Combinação quase permanente)							
				σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)				σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)		σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	σ _{inf} (MPa)	σ _{sup} (MPa)	Tensão na Viga				Tensão na Laje			
																				σ _{inf} min (MPa)	σ _{inf} max (MPa)	σ _{sup} min (MPa)	σ _{sup} max (MPa)	σ _{inf} min (MPa)	σ _{inf} max (MPa)	σ _{sup} min (MPa)	σ _{sup} max (MPa)
1	0	0	779,86	0,26	-0,18	0,19	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,52	-0,44	0,33	0,33	0,00	-2,96	-3,21	-0,67	-0,70	-3,69	-3,69	-3,69	-3,69	-0,92	-0,92	-0,90	-0,90
2	1	1	728,22	0,21	-0,20	0,20	0,05	165,68	-82,84	86,98	-0,43	-0,41	0,32	0,30	28,99	-2,11	-3,21	-0,39	-0,47	-2,54	-2,41	-3,64	-3,58	-0,62	-0,50	-0,69	-0,64
3	2	2	676,49	0,15	-0,22	0,21	0,07	331,35	-165,68	173,97	-0,35	-0,38	0,30	0,27	57,99	-4,43	-5,00	-1,93	-1,85	-5,48	-5,21	-5,91	-5,79	-2,67	-2,43	-2,53	-2,43
4	3	3	624,84	0,10	-0,23	0,22	0,09	497,03	-248,51	260,95	-0,26	-0,35	0,29	0,23	86,98	-5,28	-4,50	-1,70	-1,67	-6,11	-5,71	-5,36	-5,20	-2,43	-2,07	-2,37	-2,21
5	4	4	573,27	0,05	-0,25	0,23	0,11	662,70	-331,35	347,93	-0,17	-0,33	0,27	0,20	115,98	-5,17	-4,80	-1,81	-1,79	-5,94	-5,42	-5,72	-5,51	-2,63	-2,16	-2,59	-2,38
6	5	5	521,79	0,00	-0,27	0,24	0,13	828,38	-414,19	434,92	-0,09	-0,30	0,25	0,16	144,97	-4,91	-4,93	-1,77	-1,77	-5,61	-4,96	-5,85	-5,59	-2,63	-2,04	-2,60	-2,35
7	6	6	470,40	-0,05	-0,28	0,25	0,15	994,05	-497,03	521,90	0,00	-0,27	0,24	0,13	173,97	-4,85	-4,79	-1,62	-1,66	-5,42	-4,66	-5,69	-5,37	-2,48	-1,78	-2,50	-2,19
8	7	7	419,09	-0,10	-0,30	0,26	0,17	1159,73	-579,86	608,88	0,09	-0,24	0,22	0,09	202,96	-4,48	-4,78	-1,50	-1,56	-4,97	-4,08	-5,65	-5,29	-2,37	-1,56	-2,41	-2,06
9	8	8	367,87	-0,15	-0,32	0,27	0,19	1325,40	-662,70	695,87	0,17	-0,21	0,21	0,06	231,96	-4,20	-4,77	-1,40	-1,50	-4,62	-3,62	-5,62	-5,21	-2,29	-1,36	-2,35	-1,95
10	9	9	316,73	-0,20	-0,34	0,28	0,21	1491,08	-745,54	782,85	0,26	-0,18	0,19	0,03	260,95	-3,99	-4,75	-1,34	-1,45	-4,39	-3,28	-5,58	-5,13	-2,23	-1,20	-2,30	-1,87
11	10	10	265,65	-0,26	-0,35	0,29	0,23	1656,75	-828,38	869,83	0,35	-0,15	0,17	-0,01	289,94	-3,87	-4,74	-1,29	-1,43	-4,28	-3,06	-5,55	-5,06	-2,21	-1,07	-2,28	-1,80
12	11	11	214,64	-0,31	-0,37	0,29	0,25	1822,43	-911,21	956,82	0,43	-0,12	0,16	-0,04	318,94	-3,83	-4,72	-1,28	-1,42	-4,28	-2,96	-5,53	-4,99	-2,22	-0,97	-2,28	-1,75
13	12	12	163,68	-0,36	-0,39	0,30	0,27	1988,10	-994,05	1043,80	0,52	-0,09	0,14	-0,08	347,93	-3,86	-4,70	-1,29	-1,44	-4,39	-2,97	-5,50	-4,92	-2,26	-0,91	-2,29	-1,73
14	13	13	112,76	-0,41	-0,40	0,31	0,29	2153,78	-1076,89	1130,78	0,61	-0,06	0,13	-0,11	376,93	-3,98	-4,69	-1,34	-1,49	-4,62	-3,10	-5,48	-4,86	-2,33	-0,88	-2,33	-1,73
15	14	14	61,87	-0,46	-0,42	0,32	0,31	2319,46	-1159,73	1217,77	0,69	-0,03	0,11	-0,15	405,92	-4,18	-4,67	-1,40	-1,55	-4,97	-3,34	-5,46	-4,81	-2,43	-0,88	-2,39	-1,75
16	15	15	11,01	-0,51	-0,44	0,33	0,33	2485,13	-1242,57	1304,75	0,78	0,00	0,09	-0,18	434,92	-4,07	-4,77	-1,50	-1,64	-5,04	-3,32	-5,57	-4,88	-2,56	-0,91	-2,47	-1,79
17	16	16	-39,84	-0,56	-0,45	0,34	0,35	2650,81	-1325,40	1391,73	0,87	0,02	0,08	-0,21	463,91	-3,42	-6,07	-3,34	-3,89	-4,42	-2,61	-7,08	-6,35	-4,64	-2,89	-4,98	-4,26
18	17	17	-90,68	-0,61	-0,47	0,35	0,37	2816,48	-1408,24	1478,72	0,95	0,05	0,06	-0,25	492,91	-3,08	-5,55	-3,03	-3,62	-4,12	-2,20	-6,44	-5,67	-4,26	-2,40	-4,59	-3,83
19	18	18	-141,52	-0,66	-0,49	0,36	0,39	2982,16	-1491,08	1565,70	1,04	0,08	0,05	-0,28	521,90	-2,07	-5,97	-3,20	-3,76	-3,39	-1,37	-6,88	-6,07	-4,48	-2,51	-4,71	-3,92
20	19	19	-192,37	-0,71	-0,51	0,37	0,41	3147,83	-1573,92	1652,68	1,13	0,11	0,03	-0,32	550,89	0,39	-4,08	-1,59	-2,34	-0,37	1,76	-4,50	-3,65	-2,41	-0,34	-2,84	-2,00
1	20	0	-113,45	-0,63	-0,48	0,36	0,38	3138,73	-1569,37	-2096,23	-2,61	-1,14	0,72	1,16	-698,74	-4,61	-5,12	-1,29	-1,20	-7,24	-4,36	-6,14	-4,99	-2,35	0,47	-1,43	-0,29
2	21,3	1,3	-78,94	-0,60	-0,47	0,35	0,37	3104,17	-1552,08	-1911,60	-2,42	-1,08	0,69	1,09	-637,20	-3,82	-5,52	-1,30	-1,28	-6,09	-3,28	-6,54	-5,42	-2,37	0,38	-1,61	-0,50
3	22,6	2,6	-74,43	-0,59	-0,47	0,35	0,36	3069,60	-1534,80	-1726,97	-2,24	-1,02	0,65	1,02	-575,66	-5,96	-6,54	-2,34	-2,27	-8,37	-5,65	-7,85	-6,76	-3,71	-1,03	-2,94	-1,86
4	23,9	3,9	-69,93	-0,59	-0,46	0,35	0,36	3035,04	-1517,52	-1542,34	-2,06	-0,96	0,62	0,94	-514,11	-4,79	-6,56	-2,07	-2,11	-6,75	-4,09	-7,79	-6,72	-3,37	-0,75	-2,79	-1,73
5	25,2	5,2	-65,44	-0,59	-0,46	0,35	0,36	3000,47	-1500,24	-1357,71	-1,87	-0,90	0,58	0,87	-452,57	-4,22	-7,01	-2,28	-2,41	-5,92	-3,31	-8,29	-7,24	-3,65	-1,09	-3,23	-2,20
6	26,5	6,5	-60,96	-0,58	-0,46	0,35	0,36	2965,91	-1482,95	-1173,08	-1,69	-0,83	0,55	0,80	-391,03	-7,39	-6,18	-1,29	-0,90	-9,48	-6,91	-7,45	-6,42	-2,66	-0,16	-1,67	-0,66
7	27,8	7,8	-56,48	-0,58	-0,46	0,34	0,36	2931,34	-1465,67	-988,45	-1,50	-0,77	0,52	0,72	-329,48	-6,66	-6,16	-1,15	-0,83	-8,48	-5,97	-7,38	-6,37	-2,48	-0,03	-1,62	-0,62
8	29,1	9,1	-52,01	-0,57	-0,46	0,34	0,35	2896,78	-1448,39	-803,82	-1,32	-0,71	0,48	0,65	-267,94	-6,07	-6,15	-1,06	-0,80	-7,68	-5,22	-7,31	-6,32	-2,35	0,05	-1,59	-0,62
9	30,4	10,4	-47,55	-0,57	-0,46	0,34	0,35	2862,21	-1431,11	-619,19	-1,14	-0,65	0,45	0,58	-206,40	-5,62	-6,13	-1,01	-0,81	-7,08	-4,66	-7,25	-6,28	-2,27	0,07	-1,61	-0,65
10	31,7	11,7	-43,09	-0,56	-0,46	0,34	0,35	2827,65	-1413,82	-434,56	-0,95	-0,59	0,41	0,51	-144,85	-5,30	-6,11	-1,01	-0,85	-6,67	-4,31	-7,20	-6,24	-2,24	0,04	-1,66	-0,72
11	33	13	-38,64	-0,56	-0,45	0,34	0,35	2793,08	-1396,54	-249,93	-0,77	-0,53	0,38	0,43	-83,31	-5,12	-6,10	-1,06	-0,94	-6,46	-4,15	-7,15	-6,21	-2,27	-0,05	-1,74	-0,82
12	34,3	14,3	-34,19	-0,55	-0,45	0,34	0,35	2758,52	-1379,26	-65,30	-0,59	-0,46	0,35	0,36	-21,77	-5,08	-6,08	-1,15	-1,06	-6,44	-4,18	-7,10	-6,19	-2,35	-0,19	-1,86	-0,96
13	35,6	15,6	-29,76	-0,55	-0,45	0,34	0,35	2723,95	-1361,98	119,33	-0,40	-0,40	0,31	0,29	39,78	-5,17	-6,05	-1,28	-1,22	-6,62	-4,42	-7,06	-6,17	-2,48	-0,38	-2,01	-1,14
14	36,9	16,9	-25,32	-0,55	-0,45	0,34	0,34	2689,39	-1344,70	303,96	-0,22	-0,34	0,28	0,21	101,32	-5,40	-6,03	-1,47	-1,41	-6,99	-4,85	-7,02	-6,16	-2,66	-0,63	-2,20	-1,35
15	38,2	18,2	-20,90	-0,54	-0,45	0,34	0,34	2654,83	-1327,41	488,59	-0,03	-0,28	0,24	0,14	162,86	-5,77	-6,01	-1,70	-1,64	-7,55	-5,48	-6,99	-6,16	-2,90	-0,93	-2,42	-1,60
16	39,5	19,5	-16,47	-0,54	-0,45	0,34	0,34	2620,26	-1310,13	673,22	0,15	-0,22	0,21	0,07	224,41	-6,27	-5,98	-1,97	-1,91	-8,30	-6,31	-6,97	-6,16	-3,19	-1,28	-2,68	-1,89
17	40,8	20,8	-12,06	-0,53	-0,45	0,34	0,34	2585,70	-1292,85	857,85	0,33	-0,15	0,18	0,00	285,95	-4,71	-7,55	-4,00	-4,35	-6,88	-4,96	-8,75	-7,98	-5,44	-3,60	-5,37	-4,61
18	42,1	22,1	-7,65	-0,53	-0,44	0,34	0,34	2551,13	-1275,57	1042,48	0,52	-0,09	0,14	-0,08	347,49	-3,18	-6,13	-3,01	-3,51	-5,06	-3,21	-6,96	-6,21	-4,09	-2,32	-4,17	-3,43
19	43,4	23,4	-3,24	-0,52	-0,44	0,33	0,34	2516,57	-1258,28	1227,11	0,70	-0,03	0,11	-0,15	409,04	-4,12	-6,05	-3,42	-3,87	-6,43	-4,64	-6,90	-6,18	-4,53	-2,83	-4,51	-3,81
20	44,7	24,7	1,17	-0,52	-0,44	0,33	0,33	2482,00	-1241,00	1411,74	0,89	0,03	0,07	-0,22	470,58	-1,75	-4,97	-2,51	-3,08	-3,89	-2,17	-5,47	-4,77	-3,29	-1,64	-3,37	-2,69
1	46	0	5,57	-0,51	-0,44	0,33	0,33	2433,60	-1216,80	384,17	-0,14	-0,31	0,26	0,18	128,06	-4,22	-5,26	-2,78	-3,03	-7,39	-5,48	-5,97	-5,20	-3,66	-1,84	-3,21	-2,45
2	47,975	1,975	49,34	-0,47	-0,42	0,33	0,31	2464,78	-1232,39	283,92	-0,24	-0,35	0,28	0,22	94,64	-1,38	-5,50	-1,85	-2,27	-3,67	-1,73	-6,02	-5,24	-2,54	-0,68	-2,37	-1,61
3	49,95	3,95	42,72	-0,48	-0,43	0,33	0,32	2495,97	-1247,98	183,66	-0,34	-0,38	0,30	0,26	61,22	-0,80	-5,73	-1,51	-2,12	-2,11	-0,16	-6,29	-5,50	-2,23	-0,34	-2,41	-1,64
4	51,925	5,925	36,12	-0,48	-0,43	0,33	0,32	25																			

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

5	53,9	7,9	29,54	-0,49	-0,43	0,33	0,32	2558,34	-1279,17	-16,84	-0,54	-0,45	0,34	0,34	-5,61	-4,28	-7,36	-2,65	-3,30	-4,91	-2,86	-8,47	-7,65	-3,92	-1,94	-4,34	-3,53
6	55,875	9,875	22,97	-0,50	-0,43	0,33	0,33	2589,52	-1294,76	-117,10	-0,64	-0,48	0,36	0,38	-39,03	-9,82	-8,91	-3,34	-3,06	-11,70	-9,59	-10,62	-9,77	-5,19	-3,15	-4,55	-3,72
7	57,85	11,85	16,41	-0,50	-0,44	0,33	0,33	2620,70	-1310,35	-217,35	-0,74	-0,51	0,37	0,42	-72,45	-8,48	-8,93	-2,82	-2,61	-9,79	-7,61	-10,58	-9,70	-4,61	-2,52	-4,12	-3,26
8	59,825	13,825	9,87	-0,51	-0,44	0,33	0,33	2651,89	-1325,94	-317,60	-0,84	-0,55	0,39	0,46	-105,87	-7,45	-8,95	-2,41	-2,25	-8,33	-6,09	-10,55	-9,65	-4,14	-2,00	-3,77	-2,88
9	61,8	15,8	3,33	-0,52	-0,44	0,33	0,33	2683,07	-1341,54	-417,85	-0,94	-0,58	0,41	0,50	-139,28	-6,73	-8,97	-2,10	-1,98	-7,31	-5,01	-10,54	-9,61	-3,81	-1,61	-3,50	-2,59
10	63,775	17,775	-3,20	-0,52	-0,44	0,33	0,34	2714,25	-1357,13	-518,11	-1,04	-0,61	0,43	0,54	-172,70	-6,32	-8,98	-1,90	-1,79	-6,74	-4,39	-10,55	-9,60	-3,59	-1,35	-3,31	-2,38
11	65,75	19,75	-9,72	-0,53	-0,44	0,34	0,34	2745,44	-1372,72	-618,36	-1,14	-0,65	0,45	0,58	-206,12	-6,23	-9,00	-1,80	-1,68	-6,61	-4,21	-10,57	-9,60	-3,49	-1,21	-3,20	-2,25
12	67,725	21,725	-16,24	-0,54	-0,45	0,34	0,34	2776,62	-1388,31	-718,61	-1,24	-0,68	0,47	0,62	-239,54	-6,45	-9,02	-1,82	-1,67	-6,93	-4,49	-10,60	-9,62	-3,52	-1,20	-3,17	-2,21
13	69,7	23,7	-22,76	-0,54	-0,45	0,34	0,34	2807,81	-1403,90	-818,87	-1,34	-0,72	0,49	0,66	-272,96	-6,99	-9,03	-1,93	-1,74	-7,69	-5,22	-10,66	-9,66	-3,67	-1,31	-3,23	-2,25
14	71,675	25,675	-29,28	-0,55	-0,45	0,34	0,35	2838,99	-1419,49	-919,12	-1,44	-0,75	0,50	0,70	-306,37	-7,83	-9,05	-2,16	-1,89	-8,90	-6,40	-10,72	-9,71	-3,94	-1,54	-3,36	-2,37
15	73,65	27,65	-35,80	-0,56	-0,45	0,34	0,35	2870,17	-1435,09	-1019,37	-1,54	-0,78	0,52	0,74	-339,79	-8,99	-9,06	-2,49	-2,14	-10,55	-8,04	-10,80	-9,79	-4,33	-1,90	-3,58	-2,58
16	75,625	29,625	-42,32	-0,56	-0,46	0,34	0,35	2901,36	-1450,68	-1119,62	-1,64	-0,82	0,54	0,78	-373,21	-10,46	-9,08	-2,93	-2,47	-12,65	-10,12	-10,90	-9,88	-4,84	-2,38	-3,87	-2,87
17	77,6	31,6	-48,85	-0,57	-0,46	0,34	0,35	2932,54	-1466,27	-1219,88	-1,74	-0,85	0,56	0,82	-406,63	-11,22	-10,54	-5,16	-5,02	-13,97	-11,42	-12,65	-11,62	-7,36	-4,87	-6,66	-5,65
18	79,575	33,575	-55,39	-0,58	-0,46	0,34	0,36	2963,72	-1481,86	-1320,13	-1,84	-0,88	0,58	0,85	-440,04	-1,62	-7,15	-1,23	-1,51	-3,04	-0,45	-8,07	-7,04	-2,24	0,30	-1,97	-0,94
19	81,55	35,55	-61,93	-0,58	-0,46	0,35	0,36	2994,91	-1497,45	-1420,38	-1,94	-0,92	0,60	0,89	-473,46	-3,96	-7,00	-1,90	-2,01	-6,40	-3,75	-8,04	-6,99	-3,02	-0,44	-2,41	-1,36
20	83,525	37,525	-68,47	-0,59	-0,46	0,35	0,36	3026,09	-1513,05	-1520,63	-2,04	-0,95	0,61	0,93	-506,88	-2,04	-5,51	-0,87	-1,00	-4,76	-2,04	-6,18	-5,09	-1,61	1,03	-0,90	0,18
1	85,5	0	-75,03	-0,59	-0,47	0,35	0,36	3242,07	-1528,64	2769,51	2,24	0,49	-0,18	-0,76	923,17	0,76	-3,56	-2,01	-2,94	-0,90	1,09	-3,67	-2,87	-2,61	-0,71	-3,10	-2,32
2	86,5	1	-205,87	-0,73	-0,51	0,37	0,42	3079,97	-1539,98	2631,04	2,10	0,44	-0,15	-0,70	877,01	1,31	-3,69	-1,71	-2,64	0,02	1,95	-3,79	-3,01	-2,30	-0,45	-2,84	-2,08
3	87,5	2	-154,29	-0,67	-0,49	0,36	0,40	2917,86	-1458,93	2492,56	1,96	0,39	-0,12	-0,65	830,85	1,28	-4,38	-2,11	-3,07	0,16	1,99	-4,65	-3,91	-2,82	-1,06	-3,46	-2,73
4	88,5	3	-102,72	-0,62	-0,48	0,35	0,37	2755,76	-1377,88	2354,09	1,83	0,35	-0,10	-0,59	784,70	-2,29	-5,20	-3,15	-3,90	-3,82	-2,07	-5,81	-5,11	-4,18	-2,51	-4,61	-3,92
5	89,5	4	-51,15	-0,57	-0,46	0,34	0,35	2593,66	-1296,83	2215,61	1,69	0,30	-0,07	-0,54	738,54	-2,07	-5,44	-3,16	-3,92	-3,36	-1,70	-6,11	-5,43	-4,19	-2,61	-4,69	-4,04
6	90,5	5	0,42	-0,52	-0,44	0,33	0,33	2431,55	-1215,78	2077,13	1,55	0,25	-0,05	-0,48	692,38	-3,47	-4,68	-1,64	-1,94	-4,88	-3,30	-5,24	-4,60	-2,53	-1,04	-2,54	-1,91
7	91,5	6	52,01	-0,47	-0,42	0,32	0,31	2269,45	-1134,72	1938,66	1,41	0,21	-0,02	-0,43	646,22	-3,63	-4,59	-1,54	-1,84	-4,84	-3,35	-5,16	-4,56	-2,41	-1,01	-2,46	-1,88
8	92,5	7	103,61	-0,42	-0,41	0,32	0,29	2107,35	-1053,67	1800,18	1,27	0,16	0,00	-0,38	600,06	-3,49	-4,63	-1,47	-1,76	-4,53	-3,13	-5,22	-4,65	-2,32	-1,02	-2,41	-1,86
9	93,5	8	155,25	-0,37	-0,39	0,31	0,27	1945,24	-972,62	1661,71	1,14	0,11	0,03	-0,32	553,90	-3,43	-4,66	-1,43	-1,71	-4,33	-3,02	-5,28	-4,74	-2,27	-1,05	-2,38	-1,86
10	94,5	9	206,92	-0,31	-0,37	0,30	0,25	1783,14	-891,57	1523,23	1,00	0,07	0,05	-0,27	507,74	-3,45	-4,70	-1,42	-1,67	-4,25	-3,03	-5,34	-4,84	-2,24	-1,12	-2,37	-1,89
11	95,5	10	258,64	-0,26	-0,35	0,29	0,23	1621,04	-810,52	1384,76	0,86	0,02	0,08	-0,21	461,59	-3,55	-4,73	-1,43	-1,66	-4,28	-3,16	-5,40	-4,94	-2,25	-1,22	-2,38	-1,93
12	96,5	11	310,42	-0,21	-0,34	0,28	0,21	1458,93	-729,47	1246,28	0,72	-0,02	0,10	-0,16	415,43	-3,73	-4,76	-1,47	-1,67	-4,43	-3,41	-5,47	-5,05	-2,28	-1,35	-2,40	-2,00
13	97,5	12	362,26	-0,16	-0,32	0,27	0,19	1296,83	-648,41	1107,81	0,58	-0,07	0,13	-0,10	369,27	-3,99	-4,80	-1,54	-1,71	-4,69	-3,77	-5,54	-5,16	-2,35	-1,52	-2,45	-2,09
14	98,5	13	414,18	-0,11	-0,30	0,26	0,17	1134,72	-567,36	969,33	0,45	-0,12	0,16	-0,05	323,11	-4,34	-4,83	-1,64	-1,76	-5,07	-4,25	-5,61	-5,27	-2,45	-1,72	-2,52	-2,20
15	99,5	14	466,18	-0,06	-0,29	0,25	0,15	972,62	-486,31	830,85	0,31	-0,16	0,18	0,01	276,95	-4,76	-4,86	-1,76	-1,84	-5,56	-4,85	-5,68	-5,39	-2,58	-1,94	-2,61	-2,33
16	100,5	15	518,26	0,00	-0,27	0,24	0,13	810,52	-405,26	692,38	0,17	-0,21	0,21	0,06	230,79	-4,88	-5,01	-1,91	-1,94	-5,78	-5,18	-5,88	-5,63	-2,74	-2,20	-2,72	-2,49
17	101,5	16	570,43	0,05	-0,25	0,23	0,11	648,41	-324,21	553,90	0,03	-0,26	0,23	0,12	184,63	-7,43	-6,91	-4,05	-4,03	-9,02	-8,53	-8,39	-8,19	-5,45	-5,02	-5,37	-5,18
18	102,5	17	622,68	0,10	-0,23	0,22	0,09	486,31	-243,16	415,43	-0,11	-0,30	0,26	0,17	138,48	-7,31	-6,50	-3,79	-3,77	-8,84	-8,47	-7,91	-7,75	-5,08	-4,75	-5,01	-4,86
19	103,5	18	675,01	0,15	-0,22	0,21	0,07	324,21	-162,10	276,95	-0,24	-0,35	0,28	0,23	92,32	-6,46	-7,02	-4,00	-3,92	-8,18	-7,93	-8,47	-8,37	-5,29	-5,08	-5,15	-5,05
20	104,5	19	727,41	0,20	-0,20	0,20	0,05	162,10	-81,05	138,48	-0,38	-0,40	0,31	0,28	46,16	-4,13	-5,21	-2,41	-2,49	-5,18	-5,05	-6,19	-6,14	-3,20	-3,09	-3,27	-3,22
21	105,5	20	779,86	0,26	-0,18	0,19	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,52	-0,44	0,33	0,33	0,00	-4,92	-5,17	-2,63	-2,66	-6,21	-6,21	-6,21	-6,21	-3,44	-3,44	-3,42	-3,42

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Auxiliares - Tensões de ΔT							
Tensão na viga				Tensão na laje			
σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup máx} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup máx} (MPa)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,08	0,17	-0,04	0,08	-0,04	0,08	-0,03	0,07
-0,17	0,33	-0,08	0,16	-0,08	0,16	-0,07	0,13
-0,25	0,50	-0,12	0,24	-0,12	0,24	-0,10	0,20
-0,33	0,66	-0,16	0,32	-0,16	0,32	-0,13	0,26
-0,41	0,83	-0,20	0,40	-0,20	0,40	-0,16	0,33
-0,50	0,99	-0,24	0,48	-0,24	0,48	-0,20	0,39
-0,58	1,16	-0,28	0,56	-0,28	0,56	-0,23	0,46
-0,66	1,32	-0,32	0,64	-0,32	0,64	-0,26	0,52
-0,74	1,49	-0,36	0,72	-0,36	0,72	-0,29	0,59
-0,83	1,65	-0,40	0,80	-0,40	0,80	-0,33	0,65
-0,91	1,82	-0,44	0,88	-0,44	0,88	-0,36	0,72
-0,99	1,98	-0,48	0,97	-0,48	0,97	-0,39	0,78
-1,07	2,15	-0,52	1,05	-0,52	1,05	-0,42	0,85
-1,16	2,31	-0,56	1,13	-0,56	1,13	-0,46	0,91
-1,24	2,48	-0,60	1,21	-0,60	1,21	-0,49	0,98
-1,32	2,64	-0,64	1,29	-0,64	1,29	-0,52	1,05
-1,40	2,81	-0,68	1,37	-0,68	1,37	-0,56	1,11
-1,49	2,97	-0,72	1,45	-0,72	1,45	-0,59	1,18
-1,57	3,14	-0,76	1,53	-0,76	1,53	-0,62	1,24
-1,56	3,13	-0,76	1,52	-0,76	1,52	-0,62	1,24
-1,55	3,09	-0,75	1,51	-0,75	1,51	-0,61	1,22
-1,53	3,06	-0,74	1,49	-0,74	1,49	-0,61	1,21
-1,51	3,02	-0,74	1,47	-0,74	1,47	-0,60	1,20
-1,49	2,99	-0,73	1,46	-0,73	1,46	-0,59	1,18
-1,48	2,95	-0,72	1,44	-0,72	1,44	-0,58	1,17
-1,46	2,92	-0,71	1,42	-0,71	1,42	-0,58	1,16
-1,44	2,89	-0,70	1,41	-0,70	1,41	-0,57	1,14
-1,43	2,85	-0,69	1,39	-0,69	1,39	-0,56	1,13
-1,41	2,82	-0,69	1,37	-0,69	1,37	-0,56	1,12
-1,39	2,78	-0,68	1,36	-0,68	1,36	-0,55	1,10
-1,37	2,75	-0,67	1,34	-0,67	1,34	-0,54	1,09
-1,36	2,71	-0,66	1,32	-0,66	1,32	-0,54	1,07
-1,34	2,68	-0,65	1,31	-0,65	1,31	-0,53	1,06
-1,32	2,64	-0,64	1,29	-0,64	1,29	-0,52	1,05
-1,31	2,61	-0,64	1,27	-0,64	1,27	-0,52	1,03
-1,29	2,58	-0,63	1,26	-0,63	1,26	-0,51	1,02
-1,27	2,54	-0,62	1,24	-0,62	1,24	-0,50	1,01
-1,25	2,51	-0,61	1,22	-0,61	1,22	-0,50	0,99
-1,24	2,47	-0,60	1,20	-0,60	1,20	-0,49	0,98
-1,21	2,42	-0,59	1,18	-0,59	1,18	-0,48	0,96
-1,23	2,46	-0,60	1,20	-0,60	1,20	-0,49	0,97
-1,24	2,49	-0,61	1,21	-0,61	1,21	-0,49	0,98
-1,26	2,52	-0,61	1,23	-0,61	1,23	-0,50	1,00
-1,27	2,55	-0,62	1,24	-0,62	1,24	-0,50	1,01
-1,29	2,58	-0,63	1,26	-0,63	1,26	-0,51	1,02
-1,31	2,61	-0,64	1,27	-0,64	1,27	-0,52	1,03

E.L. Fendilhação (acção variável base - sobrecarga)							
Tensão na Viga				Tensão na Laje			
σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup máx} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup máx} (MPa)
-4,10	-4,10	-3,90	-3,90	-1,36	-1,36	-1,30	-1,30
-2,81	-2,67	-3,78	-3,72	-0,96	-0,90	-1,02	-0,97
-6,49	-6,23	-6,51	-6,38	-3,44	-3,31	-3,25	-3,15
-7,00	-6,62	-5,91	-5,72	-3,11	-2,93	-3,02	-2,87
-6,88	-6,38	-6,31	-6,07	-3,32	-3,08	-3,27	-3,07
-6,53	-5,93	-6,44	-6,15	-3,29	-2,99	-3,26	-3,03
-6,28	-5,58	-6,24	-5,90	-3,07	-2,73	-3,11	-2,83
-5,77	-4,97	-6,18	-5,79	-2,90	-2,51	-2,99	-2,67
-5,38	-4,50	-6,13	-5,69	-2,76	-2,33	-2,89	-2,54
-5,13	-4,16	-6,08	-5,61	-2,67	-2,19	-2,81	-2,43
-5,01	-3,96	-6,05	-5,54	-2,60	-2,09	-2,76	-2,35
-5,02	-3,90	-6,02	-5,47	-2,58	-2,03	-2,74	-2,30
-5,16	-3,98	-6,00	-5,43	-2,60	-2,02	-2,74	-2,27
-5,43	-4,18	-6,00	-5,39	-2,65	-2,04	-2,77	-2,28
-5,84	-4,53	-6,00	-5,36	-2,74	-2,10	-2,83	-2,31
-5,98	-4,62	-6,14	-5,48	-2,87	-2,20	-2,91	-2,37
-5,28	-3,86	-7,88	-7,19	-5,15	-4,46	-5,70	-5,14
-4,86	-3,39	-7,16	-6,45	-4,65	-3,93	-5,20	-4,62
-4,26	-2,72	-7,66	-6,91	-4,89	-4,14	-5,35	-4,75
-0,50	1,12	-4,82	-4,04	-2,34	-1,55	-3,05	-2,41
-6,07	-4,43	-6,05	-5,26	-2,22	-1,42	-2,04	-1,39
-4,95	-3,36	-6,47	-5,69	-2,24	-1,47	-2,19	-1,56
-7,74	-6,19	-8,08	-7,33	-3,88	-3,13	-3,77	-3,16
-6,01	-4,47	-7,96	-7,21	-3,47	-2,72	-3,54	-2,93
-5,22	-3,68	-8,54	-7,79	-3,81	-3,06	-4,04	-3,43
-9,43	-7,88	-7,73	-6,97	-2,85	-2,09	-2,36	-1,75
-8,41	-6,84	-7,64	-6,88	-2,63	-1,86	-2,26	-1,64
-7,62	-6,03	-7,57	-6,80	-2,48	-1,71	-2,20	-1,57
-7,04	-5,45	-7,52	-6,74	-2,40	-1,62	-2,19	-1,56
-6,70	-5,10	-7,48	-6,70	-2,38	-1,60	-2,22	-1,58
-6,58	-4,97	-7,46	-6,68	-2,42	-1,64	-2,29	-1,66
-6,67	-5,07	-7,46	-6,68	-2,53	-1,75	-2,41	-1,77
-6,99	-5,40	-7,48	-6,70	-2,71	-1,93	-2,57	-1,94
-7,53	-5,96	-7,51	-6,74	-2,95	-2,18	-2,78	-2,15
-8,29	-6,75	-7,56	-6,81	-3,25	-2,50	-3,02	-2,41
-9,28	-7,76	-7,62	-6,89	-3,62	-2,88	-3,32	-2,72
-7,93	-6,45	-9,71	-8,99	-6,16	-5,44	-6,32	-5,74
-5,73	-4,28	-7,65	-6,95	-4,53	-3,83	-4,84	-4,27
-7,41	-5,99	-7,72	-7,03	-5,09	-4,40	-5,26	-4,69
-4,55	-3,14	-6,05	-5,36	-3,59	-2,91	-3,86	-3,30
-7,94	-6,52	-6,55	-5,86	-4,07	-3,38	-3,88	-3,32
-3,61	-2,20	-6,32	-5,63	-2,67	-1,98	-2,84	-2,28
-1,59	-0,22	-6,47	-5,80	-2,25	-1,59	-2,85	-2,31
-1,61	-0,25	-8,13	-7,46	-2,98	-2,31	-3,58	-3,04
-4,49	-3,08	-8,97	-8,28	-4,26	-3,57	-5,16	-4,60
-12,84	-11,37	-11,60	-10,88	-6,02	-5,31	-5,69	-5,10
-10,59	-9,06	-11,41	-10,66	-5,30	-4,55	-5,15	-4,55

E.L. Fendilhação (acção variável base - temperatura diferencial)							
Tensão na Viga				Tensão na Laje			
σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup máx} (MPa)	σ _{inf min} (MPa)	σ _{inf max} (MPa)	σ _{sup min} (MPa)	σ _{sup máx} (MPa)
-3,53	-3,53	-3,56	-3,56	-1,02	-1,02	-1,00	-1,00
-2,42	-2,27	-3,52	-3,45	-0,70	-0,63	-0,79	-0,72
-5,39	-5,09	-5,81	-5,66	-2,74	-2,59	-2,62	-2,50
-6,05	-5,60	-5,28	-5,06	-2,48	-2,26	-2,45	-2,27
-5,93	-5,33	-5,65	-5,36	-2,66	-2,37	-2,66	-2,43
-5,63	-4,89	-5,80	-5,44	-2,64	-2,29	-2,67	-2,38
-5,47	-4,60	-5,65	-5,23	-2,48	-2,06	-2,56	-2,21
-5,05	-4,05	-5,63	-5,14	-2,35	-1,86	-2,47	-2,07
-4,74	-3,61	-5,61	-5,06	-2,25	-1,69	-2,39	-1,94
-4,55	-3,28	-5,59	-4,98	-2,18	-1,56	-2,34	-1,84
-4,47	-3,08	-5,58	-4,90	-2,14	-1,46	-2,31	-1,76
-4,50	-2,99	-5,57	-4,83	-2,13	-1,39	-2,30	-1,70
-4,65	-3,02	-5,56	-4,77	-2,15	-1,36	-2,31	-1,67
-4,92	-3,17	-5,56	-4,70	-2,21	-1,35	-2,34	-1,65
-5,30	-3,43	-5,55	-4,64	-2,29	-1,38	-2,39	-1,65
-5,40	-3,42	-5,68	-4,71	-2,41	-1,44	-2,47	-1,68
-4,82	-2,73	-7,20	-6,18	-4,47	-3,45	-4,97	-4,14
-4,55	-2,34	-6,58	-5,50	-4,06	-2,99	-4,57	-3,70
-3,86	-1,53	-7,03	-5,90	-4,27	-3,13	-4,69	-3,77
-0,87	1,58	-4,67	-3,47	-2,18	-0,99	-2,81	-1,84
-6,25	-3,79	-5,79	-4,59	-1,96	-0,76	-1,70	-0,72
-5,17	-2,75	-6,21	-5,03	-1,99	-0,81	-1,86	-0,90
-7,53	-5,15	-7,55	-6,39	-3,35	-2,19	-3,18	-2,24
-5,98	-3,63	-7,51	-6,36	-3,02	-1,87	-3,01	-2,08
-5,23	-2,89	-8,03	-6,89	-3,31	-2,17	-3,44	-2,51
-8,85	-6,52	-7,22	-6,08	-2,33	-1,20	-1,86	-0,94
-7,93	-5,61	-7,17	-6,04	-2,16	-1,03	-1,79	-0,88
-7,21	-4,90	-7,13	-6,01	-2,04	-0,92	-1,76	-0,84
-6,67	-4,38	-7,10	-5,98	-1,98	-0,86	-1,76	-0,85
-6,34	-4,06	-7,07	-5,96	-1,96	-0,85	-1,79	-0,89
-6,20	-3,94	-7,04	-5,94	-2,00	-0,90	-1,86	-0,96
-6,26	-4,02	-7,02	-5,93	-2,09	-1,00	-1,96	-1,07
-6,51	-4,29	-7,01	-5,92	-2,24	-1,16	-2,10	-1,22
-6,95	-4,76	-7,00	-5,93	-2,43	-1,37	-2,27	-1,41
-7,59	-5,43	-6,99	-5,94	-2,68	-1,63	-2,48	-1,63
-8,42	-6,29	-6,99	-5,95	-2,98	-1,95	-2,72	-1,88
-7,07	-4,98	-8,80	-7,78	-5,25	-4,23	-5,40	-4,57
-5,32	-3,26	-7,03	-6,03	-3,91	-2,91	-4,18	-3,37
-6,76	-4,73	-7,00	-6,01	-4,37	-3,38	-4,52	-3,71
-4,29	-2,29	-5,59	-4,62	-3,13	-2,16	-3,36	-2,57
-7,38	-5,40	-5,95	-4,98	-3,47	-2,50	-3,28	-2,49
-3,62	-1,63	-5,99	-5,02	-2,34	-1,36	-2,45	-1,66
-2,03	-0,04	-6,24	-5,27	-2,02	-1,05	-2,50	-1,71
-1,85	0,15	-7,78	-6,81	-2,63	-1,66	-3,13	-2,33
-4,74	-2,70	-8,40	-7,40	-3,69	-2,70	-4,44	-3,63
-11,50	-9,41	-10,53	-9,51	-4,95	-3,93	-4,66	-3,84
-9,55	-7,41	-10,47	-9,43	-4,36	-3,32	-4,24	-3,39

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

-1,32	2,64	-0,64	1,29	-0,64	1,29	-0,52	1,05
-1,34	2,67	-0,65	1,30	-0,65	1,30	-0,53	1,06
-1,35	2,70	-0,66	1,32	-0,66	1,32	-0,54	1,07
-1,37	2,74	-0,67	1,33	-0,67	1,33	-0,54	1,08
-1,38	2,77	-0,67	1,35	-0,67	1,35	-0,55	1,10
-1,40	2,80	-0,68	1,36	-0,68	1,36	-0,55	1,11
-1,41	2,83	-0,69	1,38	-0,69	1,38	-0,56	1,12
-1,43	2,86	-0,70	1,39	-0,70	1,39	-0,57	1,13
-1,45	2,89	-0,70	1,41	-0,70	1,41	-0,57	1,14
-1,46	2,92	-0,71	1,42	-0,71	1,42	-0,58	1,16
-1,48	2,95	-0,72	1,44	-0,72	1,44	-0,58	1,17
-1,49	2,98	-0,73	1,45	-0,73	1,45	-0,59	1,18
-1,51	3,01	-0,73	1,47	-0,73	1,47	-0,60	1,19
-1,52	3,23	-0,74	1,57	-0,74	1,57	-0,60	1,28
-1,53	3,07	-0,75	1,49	-0,75	1,49	-0,61	1,21
-1,45	2,91	-0,71	1,42	-0,71	1,42	-0,58	1,15
-1,37	2,75	-0,67	1,34	-0,67	1,34	-0,54	1,09
-1,29	2,58	-0,63	1,26	-0,63	1,26	-0,51	1,02
-1,21	2,42	-0,59	1,18	-0,59	1,18	-0,48	0,96
-1,13	2,26	-0,55	1,10	-0,55	1,10	-0,45	0,90
-1,05	2,10	-0,51	1,02	-0,51	1,02	-0,42	0,83
-0,97	1,94	-0,47	0,94	-0,47	0,94	-0,38	0,77
-0,89	1,78	-0,43	0,87	-0,43	0,87	-0,35	0,70
-0,81	1,62	-0,39	0,79	-0,39	0,79	-0,32	0,64
-0,73	1,45	-0,35	0,71	-0,35	0,71	-0,29	0,58
-0,65	1,29	-0,31	0,63	-0,31	0,63	-0,26	0,51
-0,57	1,13	-0,28	0,55	-0,28	0,55	-0,22	0,45
-0,48	0,97	-0,24	0,47	-0,24	0,47	-0,19	0,38
-0,40	0,81	-0,20	0,39	-0,20	0,39	-0,16	0,32
-0,32	0,65	-0,16	0,31	-0,16	0,31	-0,13	0,26
-0,24	0,48	-0,12	0,24	-0,12	0,24	-0,10	0,19
-0,16	0,32	-0,08	0,16	-0,08	0,16	-0,06	0,13
-0,08	0,16	-0,04	0,08	-0,04	0,08	-0,03	0,06
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

-8,85	-7,26	-11,26	-10,49	-4,72	-3,95	-4,73	-4,10
-7,62	-5,99	-11,16	-10,37	-4,29	-3,50	-4,40	-3,76
-6,89	-5,24	-11,10	-10,30	-4,02	-3,21	-4,18	-3,53
-6,67	-5,00	-11,09	-10,27	-3,89	-3,08	-4,06	-3,40
-6,97	-5,29	-11,12	-10,30	-3,92	-3,10	-4,05	-3,38
-7,77	-6,10	-11,19	-10,37	-4,09	-3,27	-4,14	-3,47
-9,08	-7,43	-11,30	-10,50	-4,41	-3,61	-4,33	-3,67
-10,90	-9,27	-11,46	-10,67	-4,89	-4,10	-4,62	-3,98
-13,23	-11,64	-11,67	-10,89	-5,51	-4,74	-5,02	-4,39
-14,64	-13,08	-13,74	-12,98	-8,37	-7,61	-8,19	-7,57
-1,83	-0,28	-8,03	-7,28	-2,11	-1,35	-2,51	-1,90
-5,60	-4,01	-8,19	-7,42	-3,09	-2,31	-3,12	-2,49
-3,56	-1,90	-6,03	-5,22	-1,38	-0,57	-1,34	-0,68
-1,69	0,06	-4,22	-3,37	-2,68	-1,82	-3,28	-2,59
-0,55	1,13	-4,25	-3,43	-2,27	-1,45	-2,97	-2,31
-0,41	1,20	-5,21	-4,42	-2,93	-2,15	-3,74	-3,10
-4,96	-3,42	-6,66	-5,91	-4,62	-3,86	-5,15	-4,54
-4,42	-2,93	-6,95	-6,22	-4,66	-3,93	-5,27	-4,68
-6,18	-4,75	-5,92	-5,22	-2,88	-2,18	-2,92	-2,35
-6,05	-4,68	-5,81	-5,14	-2,77	-2,10	-2,85	-2,30
-5,66	-4,35	-5,84	-5,20	-2,69	-2,05	-2,80	-2,28
-5,41	-4,16	-5,88	-5,27	-2,65	-2,04	-2,79	-2,29
-5,28	-4,11	-5,93	-5,36	-2,65	-2,08	-2,80	-2,33
-5,29	-4,19	-5,99	-5,45	-2,69	-2,15	-2,83	-2,40
-5,42	-4,41	-6,05	-5,56	-2,76	-2,27	-2,89	-2,49
-5,69	-4,76	-6,13	-5,68	-2,87	-2,42	-2,98	-2,61
-6,08	-5,25	-6,21	-5,81	-3,02	-2,62	-3,09	-2,76
-6,61	-5,88	-6,31	-5,95	-3,21	-2,85	-3,22	-2,93
-6,88	-6,25	-6,54	-6,23	-3,44	-3,13	-3,38	-3,14
-10,75	-10,23	-9,64	-9,39	-6,78	-6,53	-6,65	-6,45
-10,43	-10,03	-9,07	-8,87	-6,35	-6,16	-6,23	-6,08
-9,85	-9,58	-9,67	-9,54	-6,65	-6,52	-6,44	-6,33
-6,06	-5,92	-6,92	-6,85	-4,12	-4,05	-4,17	-4,11
-7,18	-7,18	-6,98	-6,98	-4,44	-4,44	-4,38	-4,38

-8,05	-5,87	-10,44	-9,37	-3,89	-2,83	-3,89	-3,03
-6,99	-4,77	-10,41	-9,33	-3,54	-2,46	-3,63	-2,75
-6,37	-4,13	-10,41	-9,31	-3,32	-2,22	-3,45	-2,56
-6,21	-3,93	-10,41	-9,31	-3,22	-2,11	-3,35	-2,45
-6,48	-4,19	-10,43	-9,32	-3,23	-2,12	-3,33	-2,42
-7,21	-4,90	-10,47	-9,35	-3,37	-2,25	-3,39	-2,48
-8,38	-6,06	-10,52	-9,40	-3,63	-2,51	-3,53	-2,62
-9,99	-7,68	-10,59	-9,46	-4,02	-2,89	-3,76	-2,84
-12,05	-9,74	-10,67	-9,55	-4,52	-3,40	-4,06	-3,15
-13,33	-11,02	-12,41	-11,28	-7,04	-5,91	-6,85	-5,94
-2,36	-0,03	-7,82	-6,69	-1,90	-0,77	-2,17	-1,25
-5,67	-3,31	-7,78	-6,63	-2,68	-1,53	-2,62	-1,69
-3,99	-1,58	-5,91	-4,73	-1,26	-0,08	-1,12	-0,16
-1,85	0,69	-3,99	-2,76	-2,45	-1,21	-2,98	-1,98
-0,87	1,58	-4,09	-2,90	-2,12	-0,93	-2,73	-1,76
-0,68	1,65	-4,93	-3,79	-2,66	-1,52	-3,36	-2,44
-4,60	-2,39	-6,07	-5,00	-4,03	-2,95	-4,52	-3,65
-4,09	-1,99	-6,34	-5,32	-4,06	-3,03	-4,62	-3,79
-5,55	-3,56	-5,45	-4,48	-2,41	-1,44	-2,47	-1,69
-5,46	-3,58	-5,35	-4,44	-2,31	-1,39	-2,41	-1,67
-5,09	-3,33	-5,39	-4,53	-2,23	-1,38	-2,37	-1,67
-4,84	-3,20	-5,42	-4,62	-2,19	-1,39	-2,35	-1,70
-4,70	-3,18	-5,46	-4,72	-2,18	-1,44	-2,35	-1,75
-4,68	-3,28	-5,50	-4,82	-2,20	-1,52	-2,37	-1,81
-4,77	-3,50	-5,54	-4,92	-2,25	-1,63	-2,41	-1,90
-4,98	-3,84	-5,59	-5,03	-2,33	-1,78	-2,47	-2,01
-5,30	-4,29	-5,64	-5,15	-2,45	-1,96	-2,55	-2,15
-5,74	-4,86	-5,69	-5,26	-2,59	-2,16	-2,65	-2,30
-5,90	-5,16	-5,87	-5,51	-2,76	-2,40	-2,77	-2,48
-9,08	-8,49	-8,35	-8,06	-5,49	-5,20	-5,43	-5,19
-8,85	-8,40	-7,84	-7,62	-5,13	-4,91	-5,07	-4,90
-8,14	-7,83	-8,39	-8,24	-5,37	-5,22	-5,23	-5,11
-5,08	-4,92	-6,08	-6,01	-3,29	-3,21	-3,36	-3,30
-6,05	-6,05	-6,08	-6,08	-3,54	-3,54	-3,52	-3,52

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

E.L. Compressão Máxima (acção variável base - sobrecarga)							
Tensão na Viga				Tensão na Laje			
$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
-5,81	-5,81	-4,93	-4,93	-2,39	-2,39	-2,21	-2,21
-4,03	-3,76	-4,59	-4,46	-1,77	-1,64	-1,76	-1,66
-9,92	-9,39	-8,67	-8,41	-5,60	-5,34	-5,19	-4,98
-10,03	-9,26	-7,90	-7,52	-5,10	-4,73	-4,83	-4,52
-9,99	-9,00	-8,42	-7,94	-5,43	-4,95	-5,20	-4,80
-9,59	-8,39	-8,53	-7,95	-5,37	-4,79	-5,18	-4,71
-9,08	-7,70	-8,22	-7,54	-5,05	-4,37	-4,94	-4,39
-8,37	-6,81	-8,06	-7,30	-4,78	-4,02	-4,74	-4,12
-7,84	-6,11	-7,93	-7,09	-4,57	-3,73	-4,58	-3,90
-7,48	-5,61	-7,83	-6,92	-4,42	-3,51	-4,46	-3,72
-7,30	-5,30	-7,77	-6,79	-4,32	-3,35	-4,38	-3,59
-7,31	-5,18	-7,73	-6,69	-4,29	-3,25	-4,35	-3,51
-7,49	-5,26	-7,72	-6,64	-4,31	-3,23	-4,35	-3,47
-7,84	-5,52	-7,74	-6,61	-4,39	-3,26	-4,40	-3,48
-8,38	-5,97	-7,80	-6,63	-4,54	-3,36	-4,49	-3,54
-8,71	-6,23	-8,01	-6,80	-4,74	-3,53	-4,62	-3,64
-7,71	-5,16	-10,45	-9,21	-7,72	-6,48	-8,29	-7,28
-6,91	-4,29	-9,46	-8,18	-6,95	-5,67	-7,55	-6,51
-6,65	-3,93	-10,10	-8,77	-7,33	-6,01	-7,81	-6,73
-0,64	2,22	-5,90	-4,50	-3,41	-2,02	-4,29	-3,16
-6,79	-3,87	-7,46	-6,04	-3,63	-2,21	-3,57	-2,42
-5,53	-2,71	-7,83	-6,45	-3,60	-2,23	-3,69	-2,57
-9,62	-6,89	-10,29	-8,96	-6,09	-4,76	-6,04	-4,96
-7,30	-4,59	-9,91	-8,59	-5,42	-4,09	-5,60	-4,53
-6,40	-3,67	-10,65	-9,32	-5,92	-4,59	-6,31	-5,23
-12,35	-9,57	-9,84	-8,49	-4,96	-3,60	-4,33	-3,23
-11,02	-8,19	-9,62	-8,24	-4,61	-3,23	-4,13	-3,00
-10,00	-7,12	-9,45	-8,05	-4,36	-2,96	-3,99	-2,85
-9,28	-6,37	-9,34	-7,92	-4,22	-2,80	-3,93	-2,78
-8,89	-5,94	-9,28	-7,84	-4,17	-2,74	-3,94	-2,78
-8,80	-5,84	-9,27	-7,83	-4,23	-2,79	-4,03	-2,85
-9,02	-6,05	-9,32	-7,87	-4,39	-2,95	-4,18	-3,00
-9,54	-6,58	-9,42	-7,98	-4,65	-3,21	-4,41	-3,24
-10,36	-7,43	-9,57	-8,15	-5,01	-3,59	-4,70	-3,55
-11,48	-8,60	-9,78	-8,38	-5,47	-4,07	-5,07	-3,94
-12,90	-10,09	-10,04	-8,67	-6,03	-4,66	-5,52	-4,40
-11,55	-8,82	-12,96	-11,63	-9,41	-8,08	-9,50	-8,42
-7,98	-5,31	-10,01	-8,71	-6,89	-5,59	-7,22	-6,16
-10,36	-7,74	-10,39	-9,12	-7,76	-6,49	-7,88	-6,84
-6,31	-3,72	-7,91	-6,65	-5,46	-4,19	-5,74	-4,71
-10,59	-7,94	-8,82	-7,53	-6,34	-5,05	-6,09	-5,04
-4,55	-1,95	-7,78	-6,51	-4,13	-2,86	-4,40	-3,37
-1,27	1,22	-7,65	-6,43	-3,43	-2,22	-4,29	-3,31
-1,90	0,57	-9,66	-8,45	-4,51	-3,30	-5,33	-4,35
-4,74	-2,17	-11,17	-9,92	-6,46	-5,21	-7,71	-6,69
-17,88	-15,18	-15,31	-13,99	-9,73	-8,42	-9,16	-8,09
-14,75	-11,90	-14,72	-13,33	-8,61	-7,22	-8,31	-7,19
-12,31	-9,34	-14,26	-12,81	-7,72	-6,27	-7,64	-6,46

E.L. Compressão Máxima (acção variável base - temperatura diferencial)							
Tensão na Viga				Tensão na Laje			
$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ min}$ (MPa)	$\sigma_{inf\ max}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ min}$ (MPa)	$\sigma_{sup\ max}$ (MPa)
-4,39	-4,39	-4,07	-4,07	-1,53	-1,53	-1,45	-1,45
-3,07	-2,75	-3,94	-3,79	-1,12	-0,97	-1,17	-1,04
-7,17	-6,53	-6,92	-6,61	-3,85	-3,54	-3,62	-3,36
-7,67	-6,73	-6,32	-5,86	-3,52	-3,07	-3,39	-3,02
-7,61	-6,38	-6,77	-6,17	-3,78	-3,18	-3,68	-3,19
-7,32	-5,79	-6,92	-6,18	-3,77	-3,02	-3,69	-3,09
-7,08	-5,27	-6,73	-5,85	-3,56	-2,68	-3,55	-2,83
-6,59	-4,50	-6,68	-5,67	-3,40	-2,39	-3,43	-2,61
-6,23	-3,89	-6,64	-5,50	-3,28	-2,14	-3,34	-2,41
-6,02	-3,41	-6,62	-5,35	-3,20	-1,93	-3,28	-2,25
-5,95	-3,09	-6,60	-5,21	-3,16	-1,77	-3,25	-2,12
-6,01	-2,91	-6,60	-5,09	-3,16	-1,65	-3,25	-2,02
-6,21	-2,87	-6,61	-4,98	-3,20	-1,57	-3,27	-1,95
-6,55	-2,98	-6,64	-4,90	-3,29	-1,55	-3,33	-1,91
-7,03	-3,23	-6,68	-4,82	-3,41	-1,56	-3,41	-1,90
-7,26	-3,24	-6,85	-4,89	-3,58	-1,62	-3,52	-1,93
-6,57	-2,32	-8,74	-6,67	-6,01	-3,94	-6,48	-4,80
-6,14	-1,67	-8,00	-5,83	-5,49	-3,31	-5,96	-4,19
-5,65	-0,94	-8,55	-6,25	-5,78	-3,49	-6,15	-4,29
-1,57	3,39	-5,51	-3,10	-3,03	-0,61	-3,67	-1,71
-7,23	-2,26	-6,80	-4,37	-2,96	-0,54	-2,71	-0,74
-6,08	-1,19	-7,19	-4,81	-2,97	-0,59	-2,85	-0,91
-9,08	-4,27	-8,95	-6,61	-4,75	-2,41	-4,55	-2,65
-7,23	-2,47	-8,78	-6,46	-4,29	-1,97	-4,28	-2,40
-6,42	-1,69	-9,38	-7,07	-4,65	-2,35	-4,81	-2,94
-10,90	-6,19	-8,56	-6,27	-3,68	-1,38	-3,08	-1,22
-9,82	-5,12	-8,45	-6,15	-3,44	-1,14	-2,96	-1,10
-8,98	-4,29	-8,35	-6,07	-3,26	-0,98	-2,88	-1,03
-8,37	-3,70	-8,28	-6,01	-3,16	-0,89	-2,86	-1,01
-8,00	-3,36	-8,24	-5,98	-3,14	-0,87	-2,88	-1,04
-7,87	-3,26	-8,22	-5,97	-3,18	-0,93	-2,95	-1,12
-7,98	-3,40	-8,22	-5,99	-3,29	-1,06	-3,07	-1,25
-8,32	-3,79	-8,24	-6,03	-3,47	-1,27	-3,23	-1,44
-8,90	-4,42	-8,29	-6,11	-3,73	-1,55	-3,45	-1,68
-9,71	-5,29	-8,36	-6,21	-4,05	-1,90	-3,72	-1,97
-10,75	-6,41	-8,45	-6,34	-4,45	-2,33	-4,03	-2,31
-9,39	-5,13	-10,67	-8,59	-7,12	-5,04	-7,19	-5,51
-6,95	-2,76	-8,46	-6,41	-5,34	-3,30	-5,57	-3,91
-8,74	-4,61	-8,58	-6,56	-5,95	-3,93	-6,02	-4,39
-5,67	-1,59	-6,76	-4,78	-4,31	-2,32	-4,50	-2,88
-9,19	-5,14	-7,32	-5,35	-4,84	-2,87	-4,57	-2,97
-4,59	-0,52	-6,96	-4,98	-3,31	-1,33	-3,43	-1,82
-2,37	1,68	-7,07	-5,10	-2,85	-0,88	-3,42	-1,82
-2,50	1,57	-8,79	-6,81	-3,64	-1,66	-4,20	-2,59
-5,38	-1,23	-9,75	-7,73	-5,04	-3,02	-5,92	-4,27
-14,54	-10,28	-12,63	-10,56	-7,06	-4,99	-6,60	-4,92
-12,15	-7,79	-12,38	-10,26	-6,27	-4,15	-6,03	-4,30
-10,31	-5,85	-12,19	-10,02	-5,65	-3,48	-5,56	-3,80

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

-10,57	-7,51	-13,93	-12,44	-7,06	-5,57	-7,14	-5,92
-9,52	-6,40	-13,73	-12,20	-6,64	-5,12	-6,80	-5,57
-9,17	-6,02	-13,65	-12,12	-6,45	-4,92	-6,64	-5,39
-9,52	-6,37	-13,71	-12,17	-6,50	-4,97	-6,64	-5,39
-10,58	-7,44	-13,89	-12,36	-6,79	-5,26	-6,81	-5,57
-12,33	-9,25	-14,20	-12,70	-7,31	-5,81	-7,16	-5,94
-14,77	-11,77	-14,63	-13,17	-8,06	-6,60	-7,67	-6,48
-17,91	-15,02	-15,20	-13,80	-9,05	-7,64	-8,35	-7,21
-19,75	-16,95	-18,31	-16,95	-12,94	-11,58	-12,67	-11,56
-1,43	1,32	-9,23	-7,89	-3,31	-1,96	-4,00	-2,90
-6,56	-3,71	-9,99	-8,60	-4,89	-3,50	-5,07	-3,94
-3,46	-0,44	-6,99	-5,52	-2,34	-0,87	-2,48	-1,29
-2,44	0,75	-5,50	-3,95	-3,96	-2,40	-4,65	-3,39
-0,80	2,26	-5,30	-3,81	-3,33	-1,84	-4,17	-2,96
-0,78	2,15	-6,60	-5,17	-4,33	-2,90	-5,31	-4,15
-7,14	-4,30	-8,96	-7,58	-6,92	-5,54	-7,47	-6,35
-6,45	-3,69	-9,26	-7,92	-6,98	-5,63	-7,64	-6,55
-9,05	-6,37	-7,81	-6,50	-4,77	-3,46	-4,63	-3,57
-8,74	-6,15	-7,64	-6,37	-4,59	-3,33	-4,51	-3,49
-8,23	-5,73	-7,62	-6,40	-4,47	-3,25	-4,44	-3,45
-7,89	-5,50	-7,63	-6,47	-4,41	-3,24	-4,41	-3,47
-7,73	-5,46	-7,68	-6,57	-4,40	-3,30	-4,42	-3,53
-7,75	-5,61	-7,76	-6,71	-4,46	-3,42	-4,48	-3,63
-7,95	-5,96	-7,86	-6,89	-4,57	-3,60	-4,57	-3,78
-8,33	-6,50	-8,00	-7,11	-4,74	-3,85	-4,71	-3,98
-8,88	-7,23	-8,16	-7,36	-4,97	-4,17	-4,89	-4,23
-9,62	-8,15	-8,36	-7,65	-5,26	-4,55	-5,10	-4,52
-10,14	-8,88	-8,71	-8,10	-5,61	-4,99	-5,36	-4,86
-15,99	-14,95	-13,64	-13,13	-10,77	-10,26	-10,42	-10,01
-15,35	-14,54	-12,83	-12,43	-10,12	-9,72	-9,79	-9,47
-15,13	-14,57	-13,59	-13,32	-10,57	-10,30	-10,12	-9,90
-9,06	-8,77	-9,46	-9,32	-6,66	-6,52	-6,62	-6,51
-10,57	-10,57	-9,69	-9,69	-7,15	-7,15	-6,96	-6,96

-9,00	-4,46	-12,06	-9,85	-5,19	-2,98	-5,21	-3,41
-8,23	-3,63	-11,98	-9,74	-4,89	-2,65	-4,98	-3,15
-8,00	-3,35	-11,96	-9,69	-4,76	-2,50	-4,85	-3,01
-8,32	-3,63	-12,00	-9,71	-4,80	-2,51	-4,85	-2,99
-9,17	-4,46	-12,09	-9,80	-4,99	-2,70	-4,95	-3,09
-10,57	-5,84	-12,25	-9,95	-5,36	-3,05	-5,17	-3,30
-12,50	-7,78	-12,46	-10,16	-5,88	-3,58	-5,51	-3,64
-14,97	-10,27	-12,72	-10,44	-6,57	-4,28	-5,96	-4,10
-16,47	-11,78	-14,98	-12,70	-9,61	-7,32	-9,32	-7,47
-2,75	1,95	-8,71	-6,42	-2,79	-0,50	-3,15	-1,29
-6,75	-1,97	-8,97	-6,64	-3,87	-1,54	-3,84	-1,94
-4,55	0,35	-6,68	-4,29	-2,03	0,36	-1,93	0,01
-2,83	2,33	-4,93	-2,42	-3,38	-0,87	-3,91	-1,87
-1,61	3,37	-4,92	-2,49	-2,95	-0,52	-3,58	-1,60
-1,44	3,29	-5,91	-3,60	-3,64	-1,33	-4,38	-2,51
-6,24	-1,73	-7,49	-5,30	-5,45	-3,25	-5,90	-4,12
-5,62	-1,34	-7,75	-5,67	-5,47	-3,38	-6,01	-4,31
-7,47	-3,40	-6,63	-4,65	-3,59	-1,61	-3,52	-1,91
-7,25	-3,41	-6,49	-4,61	-3,44	-1,57	-3,42	-1,90
-6,79	-3,18	-6,48	-4,72	-3,33	-1,57	-3,35	-1,93
-6,47	-3,09	-6,49	-4,84	-3,26	-1,61	-3,31	-1,98
-6,28	-3,15	-6,51	-4,98	-3,23	-1,70	-3,30	-2,06
-6,24	-3,35	-6,54	-5,14	-3,24	-1,84	-3,32	-2,18
-6,33	-3,70	-6,59	-5,31	-3,30	-2,02	-3,36	-2,32
-6,56	-4,19	-6,65	-5,50	-3,40	-2,24	-3,43	-2,50
-6,93	-4,83	-6,72	-5,70	-3,53	-2,51	-3,54	-2,70
-7,43	-5,61	-6,81	-5,92	-3,71	-2,82	-3,66	-2,94
-7,69	-6,15	-7,03	-6,28	-3,93	-3,18	-3,82	-3,21
-11,84	-10,59	-10,41	-9,81	-7,55	-6,94	-7,36	-6,87
-11,41	-10,46	-9,77	-9,31	-7,06	-6,60	-6,89	-6,51
-10,84	-10,20	-10,38	-10,06	-7,36	-7,04	-7,09	-6,84
-6,61	-6,29	-7,37	-7,21	-4,57	-4,41	-4,60	-4,47
-7,75	-7,75	-7,43	-7,43	-4,89	-4,89	-4,81	-4,81

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Anexo VIII – Momento Flexão Actuante

• **1º Tramo**

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		Pef - t _∞		Pesf - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	Y ₀	M	M - Máx ⁺	M - Máx ⁻	
1	0	Máx + Máx -	1,35 1	0,00	1 1,2	0,00	1,2 1	24,42	1,5 1	0,00	1,5 0	0,00	1,5 0	779,86	1,5 1,5	0,6 0,6	0,00	0,00	1199,09	24,42
2	1	Máx + Máx -	1,35 1	546,33	1 1,2	-72,41	1,2 1	271,20	1,5 1	132,71	1,5 0	86,98	1,5 0	728,22	1,5 1,5	0,6 0,6	668,44	-84,79	3014,02	787,02
3	2	Máx + Máx -	1,35 1	1022,82	1 1,2	-144,83	1,2 1	517,97	1,5 1	247,55	1,5 0	173,97	1,5 0	676,49	1,5 1,5	0,6 0,6	1248,62	-169,59	4628,31	1461,92
4	3	Máx + Máx -	1,35 1	1429,48	1 1,2	-217,24	1,2 1	764,74	1,5 1	344,52	1,5 0	260,95	1,5 0	624,84	1,5 1,5	0,6 0,6	1741,47	-254,38	6043,04	2049,12
5	4	Máx + Máx -	1,35 1	1766,31	1 1,2	-289,65	1,2 1	661,52	1,5 1	423,62	1,5 0	379,23	1,5 0	573,27	1,5 1,5	0,6 0,6	2148,32	-339,17	6886,36	2198,61
6	5	Máx + Máx -	1,35 1	2033,31	1 1,2	-362,07	1,2 1	1102,20	1,5 1	484,85	1,5 0	434,92	1,5 0	521,79	1,5 1,5	0,6 0,6	2470,95	-423,96	8091,73	2804,32
7	6	Máx + Máx -	1,35 1	2230,48	1 1,2	-434,48	1,2 1	1505,06	1,5 1	528,21	1,5 0	521,90	1,5 0	470,40	1,5 1,5	0,6 0,6	2718,47	-508,76	9110,13	3284,50
8	7	Máx + Máx -	1,35 1	2357,82	1 1,2	-506,89	1,2 1	1751,84	1,5 1	553,70	1,5 0	608,88	1,5 0	419,09	1,5 1,5	0,6 0,6	2901,23	-593,55	9761,99	3520,89
9	8	Máx + Máx -	1,35 1	2415,32	1 1,2	-579,31	1,2 1	1998,61	1,5 1	561,32	1,5 0	695,87	1,5 0	367,87	1,5 1,5	0,6 0,6	3005,60	-678,34	10222,34	3669,58
10	9	Máx + Máx -	1,35 1	2402,99	1 1,2	-651,72	1,2 1	2245,39	1,5 1	551,07	1,5 0	782,85	1,5 0	316,73	1,5 1,5	0,6 0,6	3034,77	-763,13	10494,06	3730,57
11	10	Máx + Máx -	1,35 1	2320,84	1 1,2	-724,13	1,2 1	2492,16	1,5 1	522,95	1,5 0	869,83	1,5 0	265,65	1,5 1,5	0,6 0,6	2992,40	-847,93	10580,41	3703,86
12	11	Máx + Máx -	1,35 1	2168,84	1 1,2	-796,55	1,2 1	2738,94	1,5 1	476,96	1,5 0	956,82	1,5 0	214,64	1,5 1,5	0,6 0,6	2882,52	-932,72	10485,02	3589,44
13	12	Máx + Máx -	1,35 1	1947,02	1 1,2	-868,96	1,2 1	2985,71	1,5 1	413,10	1,5 0	1043,80	1,5 0	163,68	1,5 1,5	0,6 0,6	2709,60	-1017,51	10211,89	3387,33
14	13	Máx + Máx -	1,35 1	1655,37	1 1,2	-941,37	1,2 1	3232,49	1,5 1	331,37	1,5 0	1130,78	1,5 0	112,76	1,5 1,5	0,6 0,6	2478,54	-1102,30	9765,42	3097,51
15	14	Máx + Máx -	1,35 1	1293,88	1 1,2	-1013,79	1,2 1	3479,26	1,5 1	231,78	1,5 0	1217,77	1,5 0	61,87	1,5 1,5	0,6 0,6	2194,67	-1187,10	9150,40	2719,99
16	15	Máx + Máx -	1,35 1	862,57	1 1,2	-1086,20	1,2 1	3726,04	1,5 1	114,31	1,5 0	1304,75	1,5 0	11,01	1,5 1,5	0,6 0,6	1863,77	-1271,89	8372,00	2254,77
17	16	Máx + Máx -	1,35 1	361,42	1 1,2	-1158,61	1,2 1	3972,81	1 1,5	-21,03	1,5 0	1391,73	0 1,5	-39,84	1,5 1,5	0,6 0,6	1492,12	-1356,79	7506,15	1631,47
18	17	Máx + Máx -	1 1,35	-216,17	1 1,2	-1231,03	1,2 1	4219,59	1 1,5	-174,24	1,5 0	1478,72	0 1,5	-90,68	1,5 1,5	0,6 0,6	1125,50	-1480,97	6673,09	720,27
19	18	Máx + Máx -	1 1,35	-876,81	1 1,2	-1303,44	1,2 1	4466,36	1 1,5	-345,32	1,5 0	1565,70	0 1,5	-141,52	1,5 1,5	0,6 0,6	795,07	-1668,54	5898,18	-513,42
20	19	Máx + Máx -	1 1,35	-1845,24	1 1,2	-1375,85	1,2 1	4713,14	1 1,5	-534,27	1,5 0	1652,68	0 1,5	-192,37	1,5 1,5	0,6 0,6	649,43	-1909,69	4963,92	-2237,63
21	20	Máx + Máx -	1 1,35	-2447,25	1 1,2	-1448,26	1,2 1	5565,06	1 1,5	-722,35	0 1,5	-2096,23	0 1,5	-113,45	1,5 1,5	0,6 0,6	668,73	-2200,93	2662,06	-5855,55

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

• 2º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		Pef - t _∞		Pesf - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	Y ₀	M	M - Máx +	M - Máx -	
1	0	Máx +	1	-2447,25	1	-1448,26	1,2	5565,06	1	-722,35	0	-2096,23	0	-113,45	1,5	0,6	668,73	-2200,93	2662,06	-5855,55
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
2	1,3	Máx +	1	-1377,79	1	-1360,57	1,2	4807,27	1	-487,68	0	-1911,60	0	-78,94	1,5	0,6	711,80	-1822,12	3183,30	-4042,67
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
3	2,6	Máx +	1	-485,16	1	-1350,18	1,2	4889,48	1	-283,21	0	-1726,97	0	-74,43	1,5	0,6	847,26	-1321,50	4511,36	-1701,97
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
4	3,9	Máx +	1,35	267,12	1	-1339,79	1,2	4971,68	1	-108,93	0	-1542,34	0	-69,93	1,5	0,6	1176,72	-1079,99	5936,96	77,25
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
5	5,2	Máx +	1,35	879,03	1	-1329,40	1,2	5030,60	1,5	35,14	0	-1357,71	0	-65,44	1,5	0,6	1538,75	-919,37	7331,61	1387,33
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
6	6,5	Máx +	1,35	1361,76	1	-1319,01	1,2	5136,10	1,5	149,02	0	-1173,08	0	-60,96	1,5	0,6	1957,79	-875,28	8668,23	2425,26
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
7	7,8	Máx +	1,35	1726,48	1	-1308,62	1,2	5218,31	1,5	232,69	0	-988,45	0	-56,48	1,5	0,6	2366,49	-889,95	9762,97	3238,78
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
8	9,1	Máx +	1,35	1973,17	1	-1298,22	1,2	5300,52	1,5	286,16	0	-803,82	0	-52,01	1,5	0,6	2698,48	-905,07	10584,06	3903,68
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
9	10,4	Máx +	1,35	2101,86	1	-1287,83	1,2	5382,73	1,5	309,44	0	-619,19	0	-47,55	1,5	0,6	2946,95	-920,18	11125,35	4420,35
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
10	11,7	Máx +	1,35	2112,52	1	-1277,44	1,2	5464,94	1,5	302,51	0	-434,56	0	-43,09	1,5	0,6	3107,05	-1068,84	11382,50	4668,61
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
11	13	Máx +	1,35	2005,18	1	-1267,05	1,2	5547,15	1,5	265,38	0	-249,93	0	-38,64	1,5	0,6	3175,66	-1243,67	11352,68	4745,09
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
12	14,3	Máx +	1,35	1779,81	1	-1256,66	1,2	5629,36	1,5	198,05	0	-65,30	0	-34,19	1,5	0,6	3151,04	-1418,53	11034,33	4673,32
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5		1,5	0,6						
13	15,6	Máx +	1,35	1436,43	1	-1246,27	1,2	5711,57	1,5	100,53	1,5	119,33	0	-29,76	1,5	0,6	3033,10	-1593,39	10606,37	4274,32
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
14	16,9	Máx +	1,35	975,04	1	-1235,87	1,2	5793,78	1	-27,20	1,5	303,96	0	-25,32	1,5	0,6	2823,43	-1768,34	10002,79	3615,48
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
15	18,2	Máx +	1,35	395,63	1	-1225,48	1,2	5875,98	1	-185,13	1,5	488,59	0	-20,90	1,5	0,6	2525,14	-1943,34	9180,18	2742,99
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
16	19,5	Máx +	1	-301,80	1	-1215,09	1,2	5958,19	1	-373,26	1,5	673,22	0	-16,47	1,5	0,6	2142,86	-2118,35	8198,09	1601,54
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
17	20,8	Máx +	1	-1117,24	1	-1204,70	1,2	6062,90	1	-591,58	1,5	857,85	0	-12,06	1,5	0,6	1696,17	-2306,69	7175,29	127,51
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
18	22,1	Máx +	1	-2061,86	1	-1194,31	1,2	6122,61	1	-840,11	1,5	1042,48	0	-7,65	1,5	0,6	1243,16	-2558,47	5933,41	-1668,33
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
19	23,4	Máx +	1	-3146,85	1	-1183,92	1,2	6204,82	1	-1118,84	1,5	1227,11	0	-3,24	1,5	0,6	808,30	-2888,77	4564,31	-3747,13
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
20	24,7	Máx +	1	-4372,19	1	-1173,52	1,2	6287,03	1	-1427,77	1,5	1411,74	1,5	1,17	1,5	0,6	421,26	-3302,83	3069,45	-6137,86
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						
21	26	Máx +	1	-5737,89	1	-1163,13	1,2	6369,24	1	-1766,90	1,5	384,17	1,5	5,57	1,5	0,6	376,23	-3793,77	-101,62	-8837,41
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5	0,6						

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

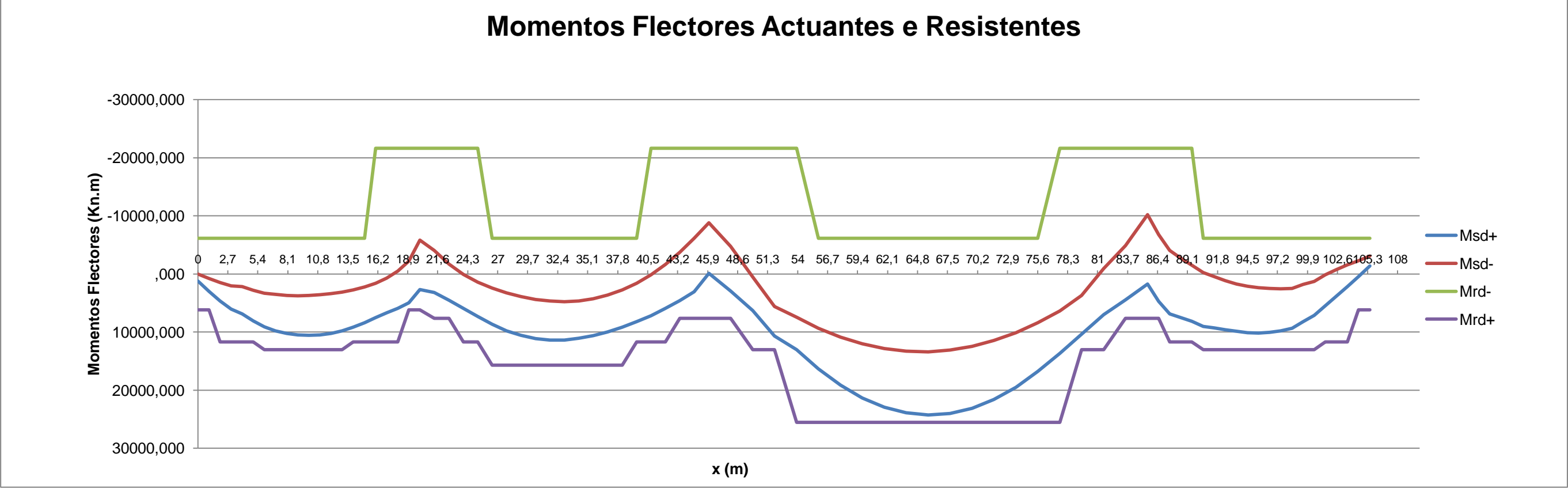
• 3º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		Pef - t _∞		Pesf - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	Y ₀	M	M - Máx +	M - Máx -	
1	0	Máx +	1	-5737,89	1	-1163,13	1,2	6369,24	1	-1766,90	1,5	384,17	1,5	5,57	1,5	0,6	376,23	-3793,77	-101,62	
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
2	1,975	Máx +	1	-4020,45	1	-1148,74	1,2	7131,07	1	-1398,32	1,5	283,92	1,5	49,34	1,5	0,6	494,40	-3340,79	2934,61	
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
3	3,95	Máx +	1	-1607,57	1	-1149,33	1,2	7201,04	1	-802,41	1,5	183,66	1,5	42,72	1,5	0,6	995,75	-2153,74	6317,70	
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
4	5,925	Máx +	1,35	1294,56	1	-1149,91	1,2	7257,20	1	-276,20	1,5	83,41	1,5	36,12	1,5	0,6	1611,54	-1311,66	10659,87	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
5	7,9	Máx +	1,35	2250,96	1	-1150,50	1,2	7304,01	1,5	180,31	0	-16,84	1,5	29,54	1,5	0,6	2305,43	-990,35	13042,76	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
6	9,875	Máx +	1,35	3722,29	1	-1151,08	1,2	7383,34	1,5	567,11	0	-117,10	1,5	22,97	1,5	0,6	3039,41	-821,34	16354,61	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
7	11,85	Máx +	1,35	4922,58	1	-1151,67	1,2	7446,41	1,5	884,21	0	-217,35	1,5	16,41	1,5	0,6	3734,04	-743,10	19141,08	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
8	13,825	Máx +	1,35	5851,83	1	-1152,26	1,2	7509,48	1,5	1131,61	0	-317,60	1,5	9,87	1,5	0,6	4299,73	-680,82	21341,07	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
9	15,8	Máx +	1,35	6510,04	1	-1152,84	1,2	7572,55	1,5	1309,30	0	-417,85	1,5	3,33	1,5	0,6	4709,20	-618,54	22930,01	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
10	17,775	Máx +	1,35	6897,20	1	-1153,43	1,2	7635,62	1,5	1417,29	0	-518,11	1,5	-3,20	1,5	0,6	4954,52	-556,37	23905,54	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
11	19,75	Máx +	1,35	7013,32	1	-1154,01	1,2	7698,69	1,5	1455,57	0	-618,36	1,5	-9,72	1,5	0,6	5030,78	-494,20	24263,46	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
12	21,725	Máx +	1,35	6858,39	1	-1154,60	1,2	7761,76	1,5	1424,15	0	-718,61	1,5	-16,24	1,5	0,6	4936,63	-490,78	23997,54	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
13	23,7	Máx +	1,35	6432,43	1	-1155,18	1,2	7824,83	1,5	1323,03	0	-818,87	1,5	-22,76	1,5	0,6	4673,88	-527,12	23109,42	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
14	25,675	Máx +	1,35	5735,41	1	-1155,77	1,2	7887,89	1,5	1152,20	0	-919,12	1,5	-29,28	1,5	0,6	4247,80	-563,58	21603,84	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
15	27,65	Máx +	1,35	4767,36	1	-1156,36	1,2	7950,96	1,5	911,67	0	-1019,37	1,5	-35,80	1,5	0,6	3666,83	-600,04	19488,39	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
16	29,625	Máx +	1,35	3528,26	1	-1156,94	1,2	8014,03	1,5	601,44	0	-1119,62	1,5	-42,32	1,5	0,6	2959,11	-652,89	16788,40	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
17	31,6	Máx +	1,35	2087,56	1	-1157,53	1,2	8077,10	1,5	221,50	0	-1219,88	1,5	-48,85	1,5	0,6	2231,89	-814,29	13694,15	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
18	33,575	Máx +	1,35	419,57	1	-1158,11	1,2	8140,17	1	-228,14	0	-1320,13	1,5	-55,39	1,5	0,6	1552,93	-1183,61	10346,01	
		Máx -	1		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
19	35,55	Máx +	1	-2014,32	1	-1158,70	1,2	8400,23	1	-747,49	0	-1420,38	1,5	-61,93	1,5	0,6	955,50	-2115,22	7019,72	
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
20	37,525	Máx +	1	-3014,63	1	-1159,28	1,2	7940,35	1	-1336,54	0	-1520,63	1,5	-68,47	1,5	0,6	481,19	-3311,08	4451,04	
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					
21	39,5	Máx +	1	-5479,69	1	-1263,29	1,2	4801,12	1	-1702,04	1,5	2769,51	0	-75,03	1,5	0,6	282,34	-3788,80	1724,70	
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		0		1,5		0,6					

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

• 4º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _o		Pef - t _o		Pesf - t _o		RCP - T _o		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	M	Y _q	Y _o	M	M - Máx +	M - Máx -	
1	0	Máx +	1	-5479,69	1	-1263,29	1,2	4801,12	1	-1702,04	1,5	2769,51	0	-75,03	1,5	0,6	282,34	-3788,80	1724,70	-10187,93
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
2	1	Máx +	1	-4521,17	1	-1200,13	1,2	6329,24	1	-1447,17	1,5	2631,04	0	-205,87	1,5	0,6	357,93	-3425,40	4695,30	-6776,92
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
3	2	Máx +	1	-3643,63	1	-1136,96	1,2	7101,23	1	-1210,18	1,5	2492,56	0	-154,29	1,5	0,6	651,36	-3112,37	6855,78	-4029,87
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
4	3	Máx +	1	-2847,06	1	-1073,80	1,2	6630,50	1	-991,05	1,5	2354,09	0	-102,72	1,5	0,6	1024,33	-2859,99	7497,71	-2716,24
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
5	4	Máx +	1	-2131,47	1	-1010,63	1,2	6241,90	1	-789,79	1,5	2215,61	0	-51,15	1,5	0,6	1431,69	-2674,85	8170,33	-1517,12
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
6	5	Máx +	1	-1491,28	1	-947,47	1,2	6103,33	1	-606,41	1,5	2077,13	1,5	0,42	1,5	0,6	1817,96	-2507,67	9031,34	-213,37
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
7	6	Máx +	1	-920,92	1	-884,30	1,2	5500,32	1	-440,89	1,5	1938,66	1,5	52,01	1,5	0,6	2159,32	-2340,49	9283,65	428,13
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
8	7	Máx +	1	-420,40	1	-821,14	1,2	5076,12	1	-293,24	1,5	1800,18	1,5	103,61	1,5	0,6	2450,30	-2173,31	9617,53	1127,37
		Máx -	1,35		1,2		1		1,5		1,5									
9	8	Máx +	1,35	10,30	1	-757,98	1,2	4687,53	1	-163,47	1,5	1661,71	1,5	155,25	1,5	0,6	2685,84	-2006,14	9860,18	1737,54
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
10	9	Máx +	1,35	371,16	1	-694,81	1,2	4298,94	1	-51,56	1,5	1523,23	1,5	206,92	1,5	0,6	2861,21	-1838,96	10083,74	2103,93
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
11	10	Máx +	1,35	662,19	1	-631,65	1,2	3910,35	1,5	42,48	1,5	1384,76	1,5	258,64	1,5	0,6	2972,09	-1671,78	10158,42	2352,44
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
12	11	Máx +	1,35	883,39	1	-568,48	1,2	3521,75	1,5	118,64	1,5	1246,28	1,5	310,42	1,5	0,6	3014,53	-1504,60	10076,29	2487,47
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
13	12	Máx +	1,35	1034,76	1	-505,32	1,2	3133,16	1,5	176,94	1,5	1107,81	1,5	362,26	1,5	0,6	2984,97	-1337,42	9808,39	2534,80
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
14	13	Máx +	1,35	1116,30	1	-442,15	1,2	2744,57	1,5	217,37	1,5	969,33	1,5	414,18	1,5	0,6	2880,16	-1170,25	9351,79	2494,43
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
15	14	Máx +	1,35	1128,01	1	-874,45	1,2	2355,97	1,5	239,92	1,5	830,85	1,5	466,18	1,5	0,6	2697,30	-1003,07	8208,53	1771,80
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
16	15	Máx +	1,35	1069,88	1	-1052,12	1,2	1967,38	1,5	244,61	1,5	692,38	1,5	518,26	1,5	0,6	2452,68	-835,89	7143,36	1267,03
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
17	16	Máx +	1,35	941,92	1	-1834,32	1,2	1743,34	1,5	231,43	1,5	553,90	1,5	570,43	1,5	0,6	2131,32	-668,71	5481,10	113,67
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
18	17	Máx +	1,35	760,90	1	-2045,23	1,2	1190,20	1,5	200,38	1,5	415,43	1,5	622,68	1,5	0,6	1726,73	-501,53	3822,00	-754,19
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
19	18	Máx +	1,35	543,57	1	-2300,23	1,2	801,61	1,5	151,45	1,5	276,95	1,5	675,01	1,5	0,6	1237,39	-334,36	2164,28	-1564,57
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
20	19	Máx +	1,35	289,94	1	-2432,34	1,2	413,02	1,5	84,66	1,5	138,48	1,5	727,41	1,5	0,6	662,07	-167,18	476,37	-2281,65
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									
21	20	Máx +	1,35	0,00	1	-2586,02	1,2	24,42	1,5	0,00	1,5	0,00	1,5	779,86	1,5	0,6	0,00	0,00	-1386,93	-3078,81
		Máx -	1		1,2		1		1,5		1,5									



Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Anexo IX – Esforço Transverso Actuante

• 1º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		P _{ECont} - t _∞		P _{EViga} - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	Y ₀	V	V - Máx ⁺	V - Máx ⁻	
1	0	Máx + Máx -	1,35 1	581,24	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	141,65	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-84,79	712,74	1852,90	43,52
2	1	Máx + Máx -	1,35 1	511,41	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	123,78	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-85,42	659,06	1651,31	-45,13
3	2	Máx + Máx -	1,35 1	441,58	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	105,91	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-94,55	606,82	1451,86	-146,52
4	3	Máx + Máx -	1,35 1	371,75	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	88,04	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-113,19	556,12	1254,73	-262,19
5	4	Máx + Máx -	1,35 1	301,92	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	70,17	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-151,20	507,06	1060,07	-406,91
6	5	Máx + Máx -	1,35 1	232,08	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	52,30	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-190,48	459,75	868,02	-553,52
7	6	Máx + Máx -	1,35 1	162,25	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	34,43	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-230,51	414,25	678,70	-701,26
8	7	Máx + Máx -	1,35 1	92,42	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	16,56	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-271,17	370,67	492,25	-849,95
9	8	Máx + Máx -	1,35 1	22,59	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-1,31	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-312,33	329,08	309,45	-1000,06
10	9	Máx + Máx -	1 1,35	-47,24	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-19,18	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-353,85	289,56	154,56	-1175,51
11	10	Máx + Máx -	1 1,35	-117,07	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-37,05	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-395,60	252,18	10,79	-1359,22
12	11	Máx + Máx -	1 1,35	-186,91	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-54,92	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-437,43	217,02	-129,65	-1543,04
13	12	Máx + Máx -	1 1,35	-256,74	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-72,79	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-479,20	184,14	-266,68	-1726,76
14	13	Máx + Máx -	1 1,35	-326,57	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-90,66	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-520,74	153,60	-400,19	-1910,16
15	14	Máx + Máx -	1 1,35	-396,40	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-108,53	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-561,90	125,46	-530,11	-2092,98
16	15	Máx + Máx -	1 1,35	-466,23	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-126,40	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-602,54	99,77	-656,34	-2275,01
17	16	Máx + Máx -	1 1,35	-540,87	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-144,27	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-642,48	76,59	-783,62	-2462,49
18	17	Máx + Máx -	1 1,35	-619,12	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-162,14	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-681,57	55,96	-910,68	-2653,55
19	18	Máx + Máx -	1 1,35	-702,17	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-180,01	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-719,61	41,54	-1033,22	-2849,55
20	19	Máx + Máx -	1 1,35	-785,22	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-197,88	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-756,45	33,74	-1145,85	-3043,73
21	20	Máx + Máx -	1 1,35	-868,27	1,2 0,9	86,61	0,9 1,2	-352,54	1,5 1	-215,75	0 1,5	-86,98	0 1,5	-51,07	1,5 1,5	1 1	-791,91	33,39	-1247,29	-3235,84

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

• 2º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		P _{ECont} - t _∞		P _{EViga} - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	Y ₀	V	V - Máx ⁺	V - Máx ⁻	
1	0	Máx +	1,35	848,59	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	192,13	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-153,37	821,20	2582,08	479,08
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
2	1,3	Máx +	1,35	740,62	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	168,90	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-153,90	777,01	2335,20	347,09
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
3	2,6	Máx +	1,35	632,66	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	145,67	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-155,31	730,97	2085,54	213,78
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
4	3,9	Máx +	1,35	524,69	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	122,44	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-157,71	683,51	1833,75	78,97
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
5	5,2	Máx +	1,35	416,72	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	99,21	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-162,92	635,06	1580,47	-60,05
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
6	6,5	Máx +	1,35	325,94	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	75,98	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-180,65	586,03	1349,53	-200,64
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
7	7,8	Máx +	1,35	235,16	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	52,75	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-214,04	536,81	1118,29	-364,74
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
8	9,1	Máx +	1,35	144,38	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	29,52	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-250,39	487,76	887,32	-533,28
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
9	10,4	Máx +	1,35	53,60	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1,5	6,29	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-289,46	439,27	657,19	-705,90
		Máx -	1		1,2		1,2		1		1,5		0		1,5	1				
10	11,7	Máx +	1	-37,18	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-16,94	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-330,98	391,68	449,88	-903,67
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
11	13	Máx +	1	-127,97	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-40,18	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-374,67	345,32	266,33	-1126,62
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
12	14,3	Máx +	1	-218,75	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-63,41	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-420,25	300,51	85,10	-1352,38
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
13	15,6	Máx +	1	-309,53	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-86,64	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-467,41	257,57	-93,32	-1580,52
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
14	16,9	Máx +	1	-400,31	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-109,87	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-515,83	216,77	-268,52	-1810,55
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
15	18,2	Máx +	1	-491,09	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-133,10	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-565,18	178,41	-440,08	-2041,97
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
16	19,5	Máx +	1	-581,87	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-156,33	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-615,10	142,74	-607,60	-2274,26
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
17	20,8	Máx +	1	-672,65	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-179,56	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-665,24	110,01	-770,70	-2506,87
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
18	22,1	Máx +	1	-780,62	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-202,79	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-715,21	80,46	-946,23	-2762,43
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
19	23,4	Máx +	1	-888,59	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-226,02	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-764,64	64,90	-1100,77	-3017,17
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
20	24,7	Máx +	1	-996,55	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-249,25	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-813,10	61,25	-1237,44	-3270,47
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					
21	26	Máx +	1	-1104,52	0,9	-8,46	0,9	-90,34	1	-272,48	0	-142,02	1,5	3,61	1,5	1	-860,18	60,69	-1369,49	-3521,69
		Máx -	1,35		1,2		1,2		1,5		1,5		1,5		1					

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

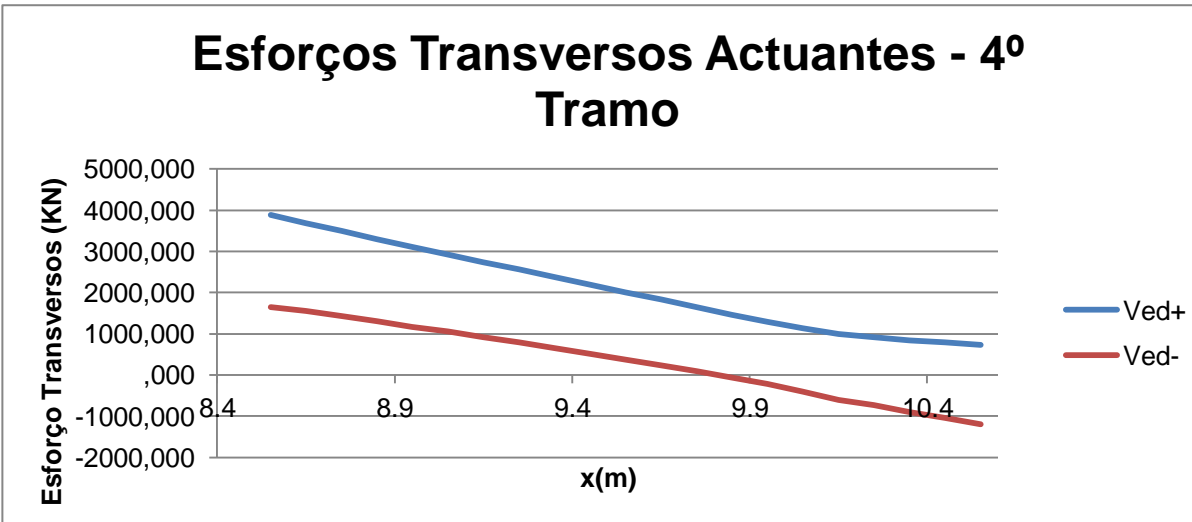
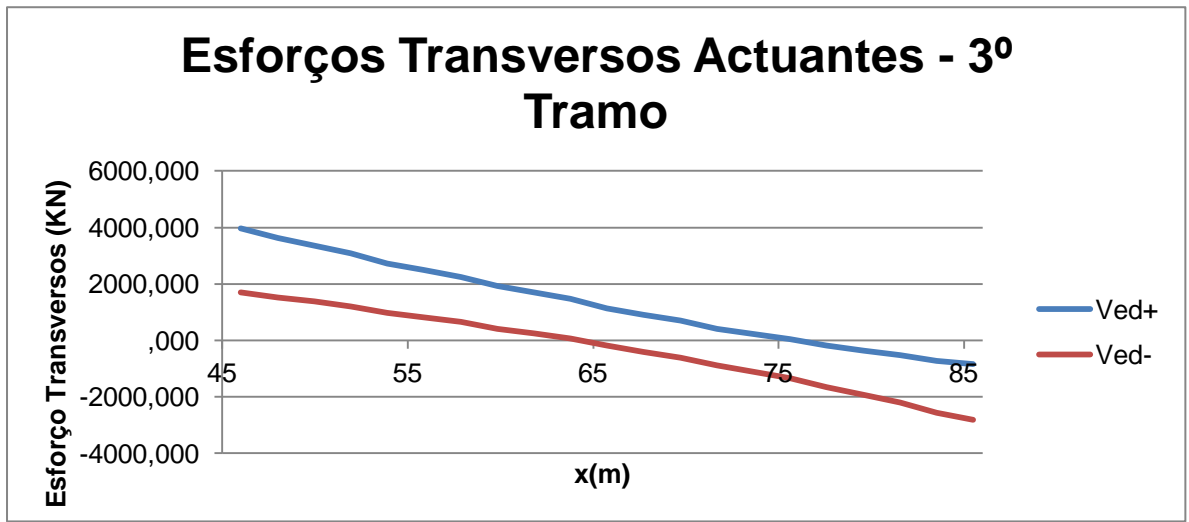
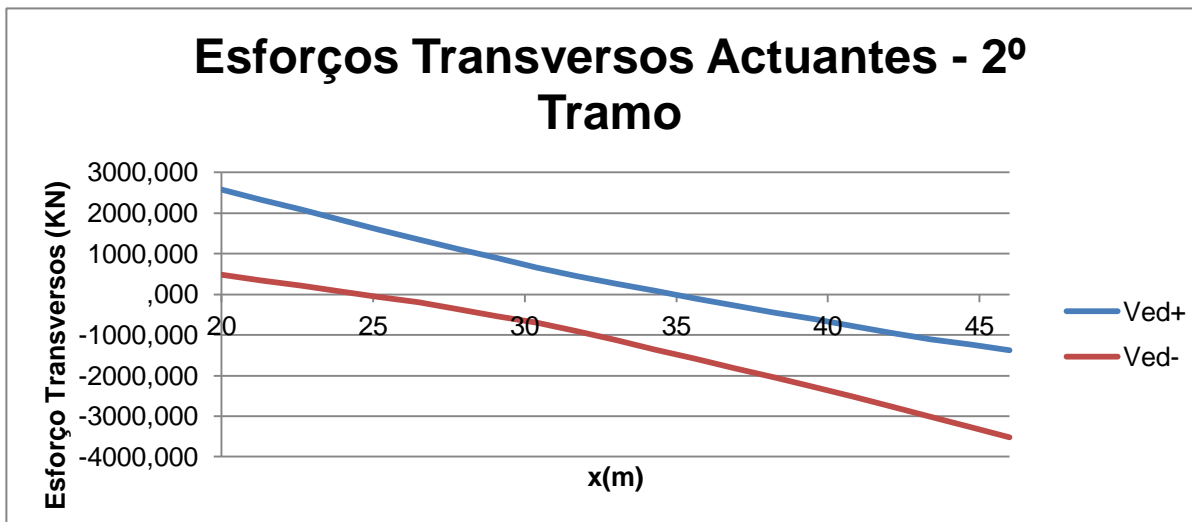
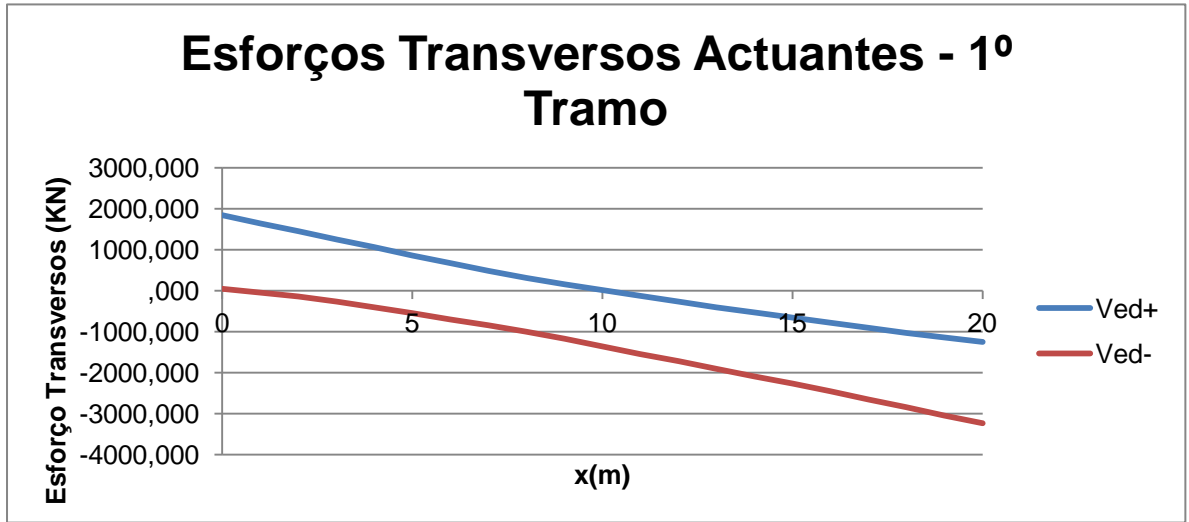
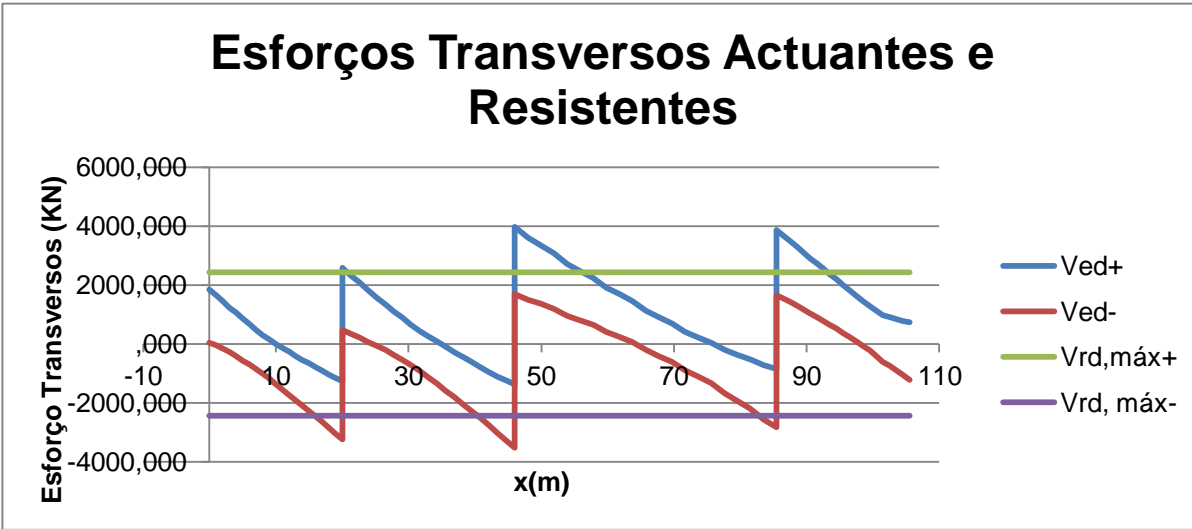
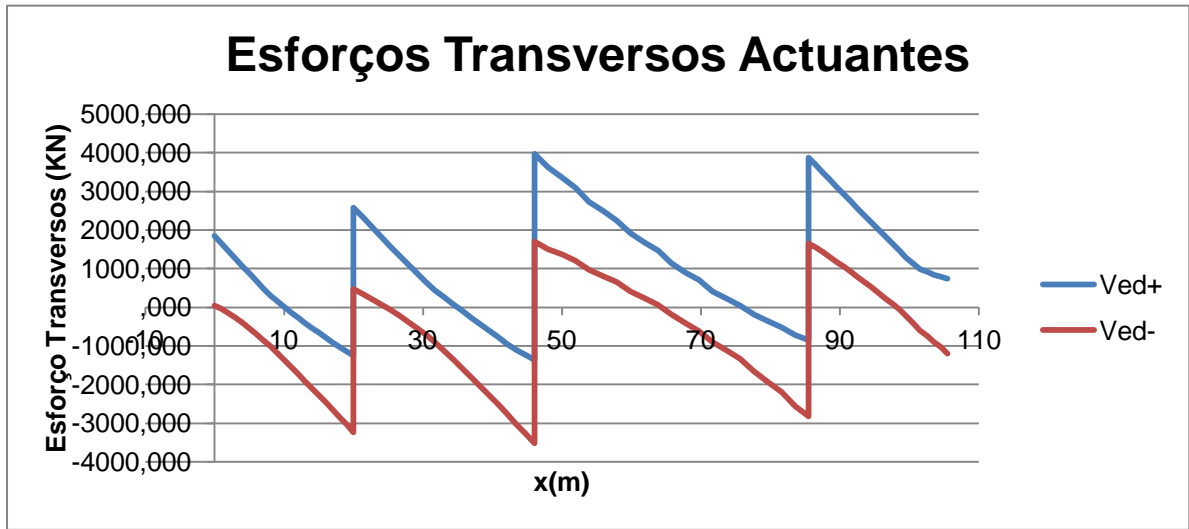
• 3º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		P _{ECont} - t _∞		P _{EViga} - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	Y _o	V	V - Máx ⁺	V - Máx ⁻	
1	0	Máx + Máx -	1,35 1	1470,16	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	354,67	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-35,46	951,37	3977,57	1710,10
2	1,975	Máx + Máx -	1,35 1	1308,11	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	319,38	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-36,10	895,29	3621,74	1511,79
3	3,95	Máx + Máx -	1,35 1	1216,87	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	284,08	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-43,89	836,90	3358,05	1373,58
4	5,925	Máx + Máx -	1,35 1	1125,63	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	248,79	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-68,23	776,88	3091,90	1210,53
5	7,9	Máx + Máx -	1,35 1	963,58	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	213,50	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-97,83	715,86	2728,67	968,79
6	9,875	Máx + Máx -	1,35 1	894,35	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	178,20	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-132,02	654,47	2490,18	812,97
7	11,85	Máx + Máx -	1,35 1	825,12	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	142,91	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-170,56	593,28	2251,99	650,65
8	13,825	Máx + Máx -	1,35 1	689,13	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	107,62	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-213,14	532,84	1924,81	415,48
9	15,8	Máx + Máx -	1,35 1	621,92	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	72,32	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-259,47	473,69	1692,41	243,50
10	17,775	Máx + Máx -	1,35 1	554,71	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	37,03	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-309,18	416,30	1462,67	66,43
11	19,75	Máx + Máx -	1,35 1	418,72	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1,5 1	1,74	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-361,91	361,15	1143,40	-183,96
12	21,725	Máx + Máx -	1,35 1	332,53	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-33,56	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-417,25	308,66	912,15	-405,23
13	23,7	Máx + Máx -	1,35 1	262,16	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-68,85	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-474,77	259,24	707,72	-614,81
14	25,675	Máx + Máx -	1,35 1	123,00	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-104,14	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-534,00	213,26	415,60	-895,75
15	27,65	Máx + Máx -	1,35 1	52,64	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-139,43	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-594,44	171,05	222,00	-1109,71
16	29,625	Máx + Máx -	1 1,35	-17,73	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-174,73	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-655,56	132,94	40,75	-1330,91
17	31,6	Máx + Máx -	1 1,35	-156,89	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-210,02	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-716,81	99,21	-184,30	-1663,59
18	33,575	Máx + Máx -	1 1,35	-249,27	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-245,31	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-777,60	70,10	-355,63	-1932,43
19	35,55	Máx + Máx -	1 1,35	-341,65	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-280,61	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-837,32	48,66	-515,47	-2199,66
20	37,525	Máx + Máx -	1 1,35	-502,81	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-315,90	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-895,32	43,06	-720,32	-2557,17
21	39,5	Máx + Máx -	1 1,35	-595,19	0,9 1,2	-1,43	0,9 1,2	-45,62	1 1,5	-351,19	1,5 0	50,76	0 1,5	-3,39	1,5 1,5	1 1	-950,93	42,44	-848,92	-2818,23

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

• 4º Tramo

Secção	L (m)	-	PP - Final - T _∞		P _{ECont} - t _∞		P _{EViga} - t _∞		RCP - T _∞		RET+FLU		RET DIF		Envolvente SC			Esforços		
			Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	V	Y _q	Y ₀	V	V - Máx ⁺	V - Máx ⁻	
1	0	Máx +	1,35	999,00	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	263,80	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-14,09	834,81	3881,77	1652,92
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
2	1	Máx +	1,35	918,03	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	245,93	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-18,31	797,96	3690,37	1547,75
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
3	2	Máx +	1,35	837,05	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	228,06	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-30,70	760,00	3497,31	1430,32
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
4	3	Máx +	1,35	756,08	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	210,19	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-47,75	721,09	3302,83	1305,89
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
5	4	Máx +	1,35	675,11	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	192,32	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-69,60	681,39	3107,16	1174,27
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
6	5	Máx +	1,35	605,27	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	174,45	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-93,83	641,04	2925,56	1050,23
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
7	6	Máx +	1,35	535,44	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	156,58	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-120,38	600,20	2743,22	922,70
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
8	7	Máx +	1,35	465,61	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	138,71	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-149,22	559,01	2560,35	791,73
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
9	8	Máx +	1,35	395,78	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	120,84	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-180,30	517,60	2377,16	657,42
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
10	9	Máx +	1,35	325,95	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	102,97	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-213,57	476,12	2193,86	519,82
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
11	10	Máx +	1,35	256,12	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	85,10	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-248,96	434,70	2010,65	379,02
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
12	11	Máx +	1,35	186,28	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	67,23	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-286,43	393,46	1827,72	235,12
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
13	12	Máx +	1,35	116,45	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	49,36	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-325,91	352,54	1645,27	88,20
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
14	13	Máx +	1,35	46,62	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	31,49	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-367,34	312,06	1463,47	-61,64
		Máx -	1		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
15	14	Máx +	1	-23,21	0,9	-73,64	1,2	555,13	1,5	13,62	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-410,64	272,14	1290,63	-222,42
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1		0		1,5		1					
16	15	Máx +	1	-93,04	0,9	-73,64	1,2	555,13	1	-4,25	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-455,75	232,90	1137,25	-404,36
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1,5		0		1,5		1					
17	16	Máx +	1	-167,68	0,9	-73,64	1,2	555,13	1	-22,12	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-502,59	197,13	991,10	-602,18
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1,5		0		1,5		1					
18	17	Máx +	1	-199,18	0,9	-73,64	1,2	555,13	1	-31,05	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-551,08	177,81	921,69	-730,84
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1,5		0		1,5		1					
19	18	Máx +	1	-235,48	0,9	-73,64	1,2	555,13	1	-57,86	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-601,14	169,63	846,30	-895,14
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1,5		0		1,5		1					
20	19	Máx +	1	-271,78	0,9	-73,64	1,2	555,13	1	-66,79	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-652,68	167,79	798,31	-1034,87
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1,5		0		1,5		1					
21	20	Máx +	1	-308,09	0,9	-73,64	1,2	555,13	1	-93,60	1,5	138,48	1,5	51,735	1,5	1	-705,61	167,18	734,28	-1203,48
		Máx -	1,35		1,2		0,9		1,5		0		1,5		1					



Anexo X – Esforços Actuantes nos Pilares

	Topo do Pilar 1					Base do Pilar 1					Topo do Pilar 2					Base do Pilar 2					
	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	
PP	0,00	-80,96	-7,79	0,00	-1828,87	0,00	20,29	-7,79	0,00	-2403,20	0,00	1332,12	-182,40	0,00	-2815,85	0,00	-674,31	-182,40	0,00	-3301,81	
RCP	0,00	-25,16	-2,44	0,00	-547,81	0,00	6,61	-2,44	0,00	-547,81	0,00	398,94	-54,61	0,00	-842,29	0,00	-201,82	-54,61	0,00	-842,29	
PECont	0,00	-66,50	-7,86	0,00	-96,48	0,00	35,72	-7,86	0,00	-96,48	0,00	-5,42	1,16	0,00	15,92	0,00	7,34	1,16	0,00	15,92	
PEViga	0,00	300,61	32,88	0,00	262,20	0,00	-126,86	32,88	0,00	262,20	0,00	-998,23	137,32	0,00	44,72	0,00	512,34	137,32	0,00	44,72	
SCU+SCL	Máximo (+)	733,28	417,69	49,70	26,23	151,76	572,63	202,22	49,70	26,23	151,76	718,19	1066,04	76,68	42,84	60,73	811,52	280,55	76,68	42,84	60,73
	Mínimo (-)	-733,28	-396,39	-45,78	-26,23	-908,92	-572,63	-230,56	-45,78	-26,23	-908,92	-718,19	-564,06	-145,96	-42,84	-1135,85	-811,52	-542,67	-145,96	-42,84	-1135,85
VT	Máximo (+)	322,37	127,93	14,75	9,90	38,99	193,69	38,86	14,75	9,90	38,99	310,44	243,26	19,96	14,98	16,79	227,67	66,97	19,96	14,98	16,79
	Mínimo (-)	-322,37	-94,09	-10,14	-9,90	-211,12	-193,69	-64,74	-10,14	-9,90	-211,12	-310,44	-153,49	-32,58	-14,98	-215,87	-227,67	-118,30	-32,58	-14,98	-215,87
Vento (±)	21,12	0,00	0,00	166,73	0,00	-2203,40	0,00	0,00	175,51	0,00	3,98	0,00	0,00	224,26	0,00	2511,64	0,00	0,00	231,68	0,00	
VDT (+10°)	0,00	174,78	20,67	0,00	192,26	0,00	-93,97	20,67	0,00	192,26	0,00	13,84	-3,01	0,00	-42,38	0,00	-19,25	-3,01	0,00	-42,38	
VDT (-5°)	0,00	-87,39	-10,34	0,00	-96,13	0,00	46,99	-10,34	0,00	-96,13	0,00	-6,92	1,50	0,00	21,19	0,00	9,62	1,50	0,00	21,19	
VUT (±15°)	0,00	1278,63	203,51	0,00	-18,35	0,00	-1367,05	203,51	0,00	-18,35	0,00	404,07	-77,78	0,00	64,26	0,00	-451,46	-77,78	0,00	64,26	
Retracção + Fluência	0,00	3835,90	610,54	0,00	-55,04	0,00	-4101,15	610,54	0,00	-55,04	0,00	1212,20	-233,33	0,00	192,78	0,00	-1354,37	-233,33	0,00	192,78	
Retracção Diferencial	0,00	-166,67	-24,42	0,00	-55,03	0,00	150,81	-24,42	0,00	-55,03	0,00	-40,47	7,89	0,00	6,71	0,00	46,33	7,89	0,00	6,71	
Frenagem (±)	0,00	-789,33	-124,84	0,00	26,77	0,00	833,57	-124,84	0,00	26,77	0,00	-1051,62	198,46	0,00	-16,68	0,00	1131,44	198,46	0,00	-16,68	
Sismo Longitudinal	0,00	1941,21	307,09	0,00	70,96	0,00	2051,02	307,09	0,00	70,96	0,00	2589,42	488,71	0,00	42,45	0,00	2786,36	488,71	0,00	42,45	
Sismo Transversal	726,88	0,00	0,00	392,89	0,00	4485,57	0,00	0,00	392,89	0,00	79,13	0,00	0,00	304,13	0,00	3359,39	0,00	0,00	304,13	0,00	

	Topo do Pilar 3					Base do Pilar 3					
	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)	
PP	0,00	-1318,44	174,61	0,00	-2759,24	0,00	602,31	174,61	0,00	-3245,20	
RCP	0,00	-393,85	52,17	0,00	-825,96	0,00	180,03	52,17	0,00	-825,96	
PECont	0,00	70,37	-9,02	0,00	-91,11	0,00	-28,88	-9,02	0,00	-91,11	
PEViga	0,00	796,46	-104,44	0,00	600,75	0,00	-352,39	-104,44	0,00	600,75	
SCU+SCL	Máximo (+)	839,75	377,64	119,90	17,16	42,74	766,58	417,94	119,90	17,16	42,74
	Mínimo (-)	-839,75	-905,09	-48,42	-17,16	-1108,01	-766,58	-156,99	-48,42	-17,16	-1108,01
VT	Máximo (+)	336,68	107,37	28,66	6,17	13,83	291,19	99,19	28,66	6,17	13,83
	Mínimo (-)	-336,68	-219,59	-12,68	-6,17	-217,13	-291,19	-33,15	-12,68	-6,17	-217,13
Vento (±)	17,14	0,00	0,00	215,75	0,00	2431,17	0,00	0,00	223,17	0,00	
VDT (+10°)	0,00	-184,80	23,68	0,00	177,89	0,00	75,69	23,68	0,00	177,89	
VDT (-5°)	0,00	92,40	-11,84	0,00	-88,95	0,00	-37,85	-11,84	0,00	-88,95	
VUT (±15°)	0,00	-1463,47	281,29	0,00	29,24	0,00	1630,71	281,29	0,00	29,24	
Retracção + Fluência	0,00	-4390,40	843,87	0,00	87,72	0,00	4892,13	843,87	0,00	87,72	
Retracção Diferencial	0,00	186,27	-32,31	0,00	-55,08	0,00	-169,16	-32,31	0,00	-55,08	
Frenagem (±)	0,00	-1021,10	194,20	0,00	1,33	0,00	1115,11	194,20	0,00	1,33	
Sismo Longitudinal	0,00	2505,08	477,28	0,00	11,13	0,00	2745,03	477,28	0,00	11,13	
Sismo Transversal	763,15	0,00	0,00	385,80	0,00	3744,89	0,00	0,00	385,80	0,00	

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

COMBINAÇÃO DE ESFORÇOS (FLEXÃO)

FINAL

Combinação Fundamental - A.V.B. Sismo Longitudinal

Pilares		Topo			Base		
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
P1	M máx (+)	327,10	6875,72	-2250,08	2018,50	3163,08	-2824,40
	M mín (-)	-327,10	-2950,49		-2018,50	-7241,92	
P2	M máx (+)	35,61	5823,74	-3355,56	1511,73	3869,42	-3841,52
	M mín (-)	-35,61	-3197,18		-1511,73	-5890,35	
P3	M máx (+)	343,42	3098,43	-3031,78	1685,20	9410,75	-3517,75
	M mín (-)	-343,42	-8993,47		-1685,20	257,56	

Pilares	Topo			Base		
	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
P1	327,10	6875,72	-2250,08	2018,50	-7241,92	-2824,40
P2	35,61	5823,74	-3355,56	1511,73	-5890,35	-3841,52
P3	343,42	-8993,47	-3031,78	1685,20	9410,75	-3517,75

ARMADURA

Pilares	A.V.B.	Secção	M _{sd} (KN.m)	N _{sd} (KN)	v	μ	w	A _s (cm ²)	Número Varões	A _s Final (cm ²)	ρ (%)
P1	Sismo Longitudinal	Base	7241,92	2824,40	0,080	0,14	0,39	316,87	40,00	321,60	1,82
P2			5823,74	3841,52	0,109	0,11	0,24	195,00	25,00	201,00	1,14
P3			9410,75	3517,75	0,100	0,18	0,51	414,37	52,00	418,08	2,37

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Combinação Fundamental - A.V.B. Sismo Transversal

Pilares		Topo			Base		
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
P1	M máx (+)	1090,33	4837,45	-2250,08	6728,35	1009,52	-2824,40
	M mín (-)	-1090,33	-912,21		-6728,35	-5088,35	
P2	M máx (+)	118,70	3104,85	-3355,56	5039,09	943,75	-3841,52
	M mín (-)	-118,70	-478,29		-5039,09	-1610,30	
P3	M máx (+)	1144,73	468,09	-3031,78	5617,34	6528,47	-3517,75
	M mín (-)	-1144,73	-6363,14		-5617,34	-1003,35	

Pilares	Topo			Base		
	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
P1	1090,33	4837,45	-2250,08	6728,35	-5088,35	-2824,40
P2	118,70	3104,85	-3355,56	5039,09	-1610,30	-3841,52
P3	1144,73	-6363,14	-3031,78	5617,34	6528,47	-3517,75

ARMADURA

Pilares	A.V.B.	Secção	M _{sd} (KN.m)	N _{sd} (KN)	v	μ	w	A _s (cm ²)	Número Varões	A _s	ρ
P1	Sismo Transversal	Base	6728,35	2824,40	0,080	0,13	0,39	316,87	40,00	321,60	1,82
P2		Base	5039,09	3841,52	0,109	0,10	0,19	154,37	20,00	160,80	0,91
P3		Topo	6363,14	3517,75	0,100	0,12	0,29	235,62	30,00	241,20	1,36

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

Combinação Fundamental - A.V.B. S.C.'s Rodoviárias

Pilares		Topo			Base		
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
P1	M máx (+)	1596,15	5576,41	-3414,30	-172,57	1790,49	-3988,63
	M min (-)	-1596,15	275,82		172,57	-7934,65	
P2	M máx (+)	1545,34	3538,11	-4766,41	3065,77	2035,42	-5252,38
	M min (-)	-1545,34	967,08		-3065,77	-5383,26	
P3	M máx (+)	1774,94	-1196,83	-4366,73	3045,36	10461,45	-4852,69
	M min (-)	-1774,94	-8185,73		-164,44	-6420,90	

Pilares	Topo			Base		
	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)	M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	N (KN)
P1	1596,15	275,82	-3414,30	172,57	-7934,65	-3988,63
P2	1545,34	3538,11	-4766,41	3065,77	-5383,26	-5252,38
P3	1774,94	-8185,73	-4366,73	3045,36	10461,45	-4852,69

ARMADURA

Pilares	A.V.B.	Secção	M _{sd} (KN.m)	N _{sd} (KN)	v	μ	w	A _s (cm ²)	Número Varões	As	ρ
P1	S.C.'s Rodoviárias	Base	7934,65	3988,63	0,113	0,15	0,39	316,87	40,00	321,60	1,82
P2			5383,26	5252,38	0,149	0,10	0,17	138,12	18,00	144,72	0,82
P3			10461,45	4852,69	0,137	0,20	0,55	446,86	56,00	450,24	2,55

Projecto de Execução – Viaduto Pré-Fabricado

**COMBINAÇÃO DE ESFORÇOS
(ESFORÇO TRANSVERSO)**

FINAL

Combinação Fundamental - A.V.B. Sismo Longitudinal

Pilares		Topo		Base	
		V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)
P1	M max (+)	1085,97	176,80	1085,97	176,80
	M max (-)	-470,27	-176,80	-470,27	-176,80
P2	M máx (+)	642,42	136,86	642,42	136,86
	M mín (-)	-1064,92	-136,86	-1064,92	-136,86
P3	M máx (+)	1673,11	173,61	1673,11	173,61
	M mín (-)	-634,91	-173,61	-634,91	-173,61

Pilares	Topo		Base	
	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)
P1	1085,97	176,80	1085,97	176,80
P2	-1064,92	136,86	-1064,92	136,86
P3	1673,11	173,61	1673,11	173,61

Combinação Fundamental - A.V.B. Sismo Transversal

Pilares		Topo		Base	
		V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)
P1	M max (+)	763,52	589,33	763,52	589,33
	M max (-)	-147,82	-589,33	-147,82	-589,33
P2	M máx (+)	129,28	456,19	129,28	456,19
	M mín (-)	-551,77	-456,19	-551,77	-456,19
P3	M máx (+)	1171,97	578,71	1171,97	578,71
	M mín (-)	-133,77	-578,71	-133,77	-578,71

Pilares	Topo		Base	
	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)
P1	763,52	589,33	763,52	589,33
P2	-551,77	456,19	-551,77	456,19
P3	1171,97	578,71	1171,97	578,71

Combinação Fundamental - A.V.B. S.C.'s Rodoviárias

Pilares		Topo		Base	
		V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)
P1	M max (+)	824,47	139,38	824,47	144,65
	M max (-)	228,94	-60,69	228,94	-65,96
P2	M máx (+)	353,70	198,82	353,70	203,27
	M mín (-)	-610,23	-70,29	-610,23	-74,75
P3	M máx (+)	1929,64	155,19	1929,64	159,64
	M mín (-)	-403,29	-103,71	-403,29	-108,16

Pilares	Topo		Base	
	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)	V ₂ = V _x (KN)	V ₃ = V _y (KN)
P1	824,47	139,38	824,47	144,65
P2	-610,23	198,82	-610,23	203,27
P3	1929,64	155,19	1929,64	159,64

Anexo XI – Maciço de Encabeçamento

Combinação Rara - AVB Sismo Longitudinal

Pilares		Base				
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)
P1	M máx (+)	1345,67	6252,82	1024,10	117,87	-2858,74
	M mín (-)	1345,67	-2401,88	904,90	117,87	
P2	M máx (+)	1007,82	3833,50	631,84	91,24	-3768,78
	M mín (-)	1007,82	980,66	140,51	91,24	
P3	M máx (+)	1123,47	8719,32	1558,27	115,74	-3515,20
	M mín (-)	1123,47	7857,72	1398,61	115,74	

Combinação Rara - AVB Sismo Transversal

Pilares		Base				
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)
P1	M máx (+)	4485,57	4817,11	809,14	392,89	-2908,41
	M mín (-)	-4485,57	-4452,89	597,81	-392,89	
P2	M máx (+)	3359,39	1883,05	289,75	304,13	-3798,50
	M mín (-)	-3359,39	-1805,69	-348,20	-304,13	
P3	M máx (+)	3744,89	9415,00	1680,57	385,80	-3522,99
	M mín (-)	-3744,89	5112,69	921,32	-385,80	

Combinação Rara - AVB SC's Rodoviárias

Pilares		Base				
		M ₂ =M _x (KN.m)	M ₃ =M _y (KN.m)	V ₂ =V _x (KN)	V ₃ =V _y (KN)	N (KN)
P1	M máx (+)	-908,01	6450,67	611,05	97,65	-3884,62
	M mín (-)	908,01	-5370,00	913,95	-97,65	
P2	M máx (+)	1483,49	2698,93	439,64	130,82	-5005,05
	M mín (-)	-1483,49	-3059,29	-579,84	-130,82	
P3	M máx (+)	1506,78	7203,73	1308,59	117,75	-4673,91
	M mín (-)	-1506,78	5587,57	993,37	-117,75	