

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

VALEC

ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S/A.



FERROVIA OESTE-LESTE

TRECHO: FIGUEIRÓPOLIS/TO – ILHÉUS/BA


**SUBTRECHO: PONTE SOBRE O RIO SÃO FRANCISCO (KM 805,0) – PONTE
SOBRE O RIO DE CONTAS (KM 1138,0)**

LOTE: 3

**VOLUME II - RELATÓRIO DE PROJETO BÁSICO DE
OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS**

TOMO I - LOTE 5FA



MARÇO - 2010

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 4 | 3 | |


VOLUME II - RELATÓRIO DE PROJETO BÁSICO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS TOMO I - LOTE 5FA

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| 1- APRESENTAÇÃO | 05 |
| 2- MAPA DE LOCALIZAÇÃO | 09 |
| 3- METODOLOGIA DOS TRABALHOS | 11 |
| 3.1- Memória Descritiva | 12 |
| 3.2- Memória Justificativa | 19 |
| 3.3- Planilha de Quantidades | 114 |
| 4- BOLETINS DE SONDAGEM | 116 |
| 4.1- Anotações de Campo | 117 |
| 4.2- Ensaios | 124 |
| 5- ESTUDOS HIDRÁULICOS | 131 |
| 5.1- Características da Bacia do Rio São Francisco | 132 |
| 5.2- Estudo Hidrológico na Passagem da Linha Férrea | 138 |
| 5.3- Estudo Hidráulico Rio São Francisco | 153 |
| 6- REGISTRO FOTOGRÁFICO | 167 |

| | | | | |
|--|---|---|-----|--|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 5 | 3 | |

1- APRESENTAÇÃO

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 6 | 3 | |

1. APRESENTAÇÃO

A **ECOPLAN ENGENHARIA LTDA.**, submete a apreciação da **VALEC - ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.**, o **Relatório de Projeto Básico**, referente à Elaboração de Projeto Básico de Infra-Estrutura, de Superestrutura e Estudos Operacionais para a Implantação da Ferrovia de Integração Oeste-Leste, Trecho Figueirópolis/TO - Ilhéus/BA, Subtrecho Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0), Lote 3, com extensão contratual de 333,0 km.

O lote 3 de projeto divide-se em 3 lotes de construção:

- Lote 05FA, km 803+645 – km 806+545: Ponte sobre o Rio São Francisco com extensão de 2.900m;
- Lote 05F, km 806+545 – km 968+430: Riacho da Barroca;
- Lote 04F, km 968+430 – km 1146+709: Rio de Contas.


Considerando todos os lotes de construção, variantes e adequações a VALEC definiu que a igualdade de estaqueamento para os lotes 05FA, 05F e 04F são as que seguem:

| | 05FA | | 05F | | 04F | |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | Ecoplan | VALEC | Ecoplan | VALEC | Ecoplan | VALEC |
| Início | 803+645 | 825+410 | 806+545 | 828+310 | 968+430 | 990+170 |
| Final | 806+545 | 828+310 | 968+430 | 990+170 | 1146+709 | 1168+500 |
| Extensão (km) | 2,900 | 2,900 | 161,885 | 161,860 | 178,279 | 178,330 |

O Projeto Básico está referido ao estaqueamento Ecoplan.

A seguir, apresentam-se os seus dados contratuais:

- Edital de concorrência Nº. 015/2008 - Lote 3
- Número do contrato: 012/09

| | | | | |
|---|---------------------------------------|--|------------|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 7 | 3 | |

- Data da assinatura do contrato: 16/03/09
- Data da publicação no DOU: 20/03/09
- Prazo Contratual Inicial: 6 meses a partir da data da publicação do contrato no DOU
- Data da Ordem de Serviço: 20/03/09
- Ferrovia de Integração Oeste Leste
- Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA
- Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0)
- Extensão contratual: 333,0 km

2º Termo aditivo:

- Prazo de execução: 8 meses

3º Termo aditivo:

- Prorroga o Prazo de execução por 2 meses a partir de 19.11.09



4º Termo aditivo:

- Prorroga o prazo de execução por mais 39 dias a partir de 18.01.10

Fazem parte do **Relatório de Projeto Básico** os seguintes volumes:

VOLUME I – RELATÓRIO DE PROJETO BÁSICO

O volume, composto por três tomos, apresenta texto descritivo, memória de cálculo e desenhos (exceto desenhos em A1), os quais contém os resultados dos estudos e as soluções adotadas nos projetos das atividades que envolvem o projeto básico da Ferrovia de Integração Oeste-Leste.

| | | | | |
|--|---|---|-----|--|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 8 | 3 | |

VOLUME II – RELATÓRIO DE PROJETO BÁSICO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS – TOMO I – LOTE 5Fa

O volume apresenta a memória justificativa e memória de cálculo das soluções adotadas no projeto de Obras-de-Arte Especiais do Lote 5Fa, composto pela Ponte sobre o Rio São Francisco.

VOLUME II – RELATÓRIO DE PROJETO BÁSICO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS – TOMO II – LOTE 5F

O volume apresenta a memória justificativa e memória de cálculo das soluções adotadas no projeto das Obras-de-Arte Especiais do Lote 5F.

VOLUME II – RELATÓRIO DE PROJETO BÁSICO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS – TOMO III – LOTE 4F

O volume apresenta a memória justificativa e memória de cálculo das soluções adotadas no projeto das Obras-de-Arte Especiais do Lote 4F.

ANEXO I – ENSAIOS E PROSPECÇÕES

O volume, composto por quatro tomos, contém as fichas dos ensaios realizados e os boletins de sondagens.

ANEXO II – CADASTRO DE OCORRÊNCIA DE SOLOS MOLES


Esse volume contém as fichas de cadastramento de ocorrência de solos moles.

ANEXO III – IMPLANTAÇÃO DE MARCOS GEODÉSICOS


O volume apresenta o relatório de implantação e levantamento de cento e oitenta e dois marcos geodésicos para apoio planialtimétrico do levantamento topográfico do projeto da Ferrovia Oeste-Leste.

ANEXOS - DESENHOS

Apresenta, em caixas, os desenhos referente aos Projetos e Estudos.


| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 9 | 3 | |

2- MAPA DE SITUAÇÃO


| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 10 | 3 | |

2. APRESENTAÇÃO

INSERIR MAPA DE SITUAÇÃO

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 11 | 3 | |

3- METODOLOGIA DOS TRABALHOS

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 12 | 3 | |

3. METODOLOGIA DOS TRABALHOS

3.1. Memória Descritiva

3.1.1. Características Gerais

Ponte ferroviária com capacidade de suportar o trem-tipo TB 360 prevista para transposição do Rio São Francisco, na Ferrovia Integração Oeste-Leste, no trecho Figueirópolis, no estado do Tocantins até Ilhéus na Bahia se desenvolverá entre o km 803 + 645, e o km 806 + 545, totalizando uma extensão de 2900m. Não estando incluídas nesta extensão os comprimentos de 10,55m de cada um dos encontros.


Em decorrência das condicionantes de ordem geométrica e hidrológica a obra será constituída de três segmentos distintos, o primeiro com extensão de 1.050m destinado a transpor a várzea esquerda do rio, o segundo, segmento central com 110m, destinado a transpor o canal de navegação e o terceiro, com 1,740m destinado a transpor a várzea direita do rio.

3.1.2. Características da Superestrutura

Segmentos laterais

A superestrutura nos segmentos laterais será formada por um tabuleiro com 5,85m de largura, composto por duas longarinas isostáticas, pré-moldadas em concreto protendido, com 30m de comprimento, afastadas de 2,50m entre si e com 2,85m de altura.

As longarinas serão ligadas por laje superior que suportará o lastro e trilhos da ferrovia, em concreto armado moldado “in loco”, com balanços laterais com 1,675m, espessura variável entre 15cm, nas extremidades e 25cm no eixo do tabuleiro, sendo que será, também, dotada de muretas longitudinais para delimitação dos passeios laterais e contenção do lastro da ferrovia.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 15 | 3 | |

Pilares dos segmentos laterais

Os pilares terão a forma de seção retangular vazada com dimensão longitudinal de 2,6m e dimensão transversal de 3,8m e com paredes com 30cm de espessura, sendo que, nos topos serão maciços em uma altura de 1,5m de forma a receberem os aparelhos de apoio de neoprene fretado colocado sob os extremos das longarinas da superestrutura.

Pilares do segmento central


Os pilares do segmento central constituirão uma estrutura solidária com a superestrutura em avanços sucessivos de forma a garantir a estabilidade do conjunto nas diferentes fases executivas e durante a vida operacional da obra. Serão constituídos de seção vazada aberta, com 4,0m de dimensão transversal, em forma de paredes duplas com 90cm de espessura afastadas longitudinalmente entre si de 3,1m. Os pilares do segmento central estarão solidarizados em seus topos pelo segmento inicial dos vãos adjacentes moldados “in loco” da superestrutura responsável pelo suporte dos segmentos sequenciais a serem construídos.

3.1.4. Características da Infra-Estrutura

A infraestrutura dos encontros será composta por tubulões com seção circular vazada com diâmetro de 1,40m, com paredes com espessura de 20cm e com base alargada dentro do maciço rochoso com diâmetro de 3,00m.

Pilares dos segmentos laterais

A infraestrutura dos pilares dos segmentos laterais serão de dois tipos. Nos segmentos adjacentes ao canal do rio será composta por tubulões com seção circular vazada com diâmetro de 1,40m, com paredes com espessura de 20cm e com base alargada do maciço rochoso com diâmetro de 3,00m, enquanto que no segmento do canal será composta por estacas escavadas com diâmetro de 1,40m, com camisa metálica com 12,5mm e com profundidade escavada dentro da rcha de 10,00m.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 16 | 3 | |

Pilares do segmento central

A infraestrutura dos pilares do segmento central era composta por estacas escavadas com diâmetro de 1,40m, com camisa metálica com 12,5mm e com profundidade escavada dentro da rocha de 10,00m.

3.1.5. Carregamento Móvel da Estrutura - Trem-Tipo

A estrutura tem a capacidade de suportar ações decorrentes do trânsito de composições ferroviárias conforme o trem-tipo TB 360.

3.1.6. Materiais da Estrutura

Os principais materiais estruturais empregados na estrutura são:


- concreto fck = 35 MPa na superestrutura
- concreto fck = 25 MPa no restante da estrutura
- aço CA 50 A
- aço CP 190 RN nas longarinas protendidas

3.1.7. Classe de Agressividade da Estrutura

A estrutura, em decorrência de suas condições executivas e localização, está classificada na Classe de Agressividade Ambiental I. Por questões relativas à durabilidade será adotada a Classe de Agressividade Ambiental II.

3.1.8. Substituição dos Aparelhos de Apoio

Na eventualidade de necessidade de substituição dos aparelhos de apoio tal procedimento deverá ser feito com base nos requisitos a seguir indicados.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 17 | 3 | |

Força de elevação da superestrutura:

Os dispositivos para elevação da superestrutura, no caso de substituição ou manutenção dos aparelhos de apoio, deverão ter capacidade para soerguer um peso total de, no mínimo, 220t no extremo dos vãos.

Quantidade e local de colocação dos dispositivos:

Os dispositivos, em número de dois para cada extremidade de vão (um por longarina), deverão ser colocados nos topos dos pilares, sob as transversinas de apoio, e junto às faces internas das longarinas.

Procedimento de elevação:

Os dispositivos deverão estar sincronizados de modo a produzirem a elevação conjunta das extremidades das longarinas e em altura mínima, suficiente para a remoção e recolocação dos aparelhos de apoio.

Suporte dos dispositivos de elevação:

Os dispositivos serão suportados pelos próprios pilares de apoio da estrutura.

3.1.9. Bibliografia

As estruturas foram projetadas de acordo com as normas, manuais, especificações e literatura a seguir relacionadas.



Normas

NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento - ABNT.

NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações - ABNT.

NBR 7187 - Projeto de Pontes de Concreto Armado e Protendido – Procedimento - ABNT.

NBR 7188 - Cargas móveis em ponte rodoviária e passarela de pedestre – Procedimento - ABNT.

| | | | | |
|--|---|---|-----|--|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 18 | 3 | |

NBR 7189 - Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias - Procedimento - ABNT.

NBR 8681 - Ações e Segurança nas estruturas - ABNT.

NBR 9062 - Projeto e execução de concreto pré-moldado - ABNT.

NBR 10839 - Execução de obras especiais em concreto armado e concreto protendido - ABNT.

Manuais e Especificações

Instrução de serviço para projeto de obras de arte especiais - DNIT.

Manual projeto obras de arte especiais - DNIT.

Literatura

Bridge Bearings and Expansion Joints - D. Lee.

Concreto Armado - Eu te amo - H. B. Campos.

Concreto Armado - M. Moraes.

Concreto armado - Volume 1 - W. Pfeil.

Concreto armado - Volume 2 - W. Pfeil.

Concreto Armado - Volume I - A. Moreira. da Rocha.

Concreto Armado - Volume II - A. Moreira da Rocha.

Concreto Armado e Protendido - H. Rüsch.


Concreto armado e protendido - J. Masson

Construções de concreto armado - F. Leonhardt.

Curso de Concreto Armado - Volume I - J.C. Sússekkind.

Curso de Concreto Armado - Volume II - J.C. Sússekkind.

Dimensionamento do concreto armado - W. Pfeil.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 19 | 3 | |

Hormigón Armado - J. Montoya.

Pontes em concreto armado - W. Pfeil

Pontes metálicas e mistas em viga reta: projeto e calculo - J. Masson.

Pontes superestrutura - C. O'Connor.

Prestressed Concrete Bridges - C.Basileia, 1990.

Técnica de armar as estruturas de concreto - P. Fusco.

3.2. Memória Justificativa


3.2.1. Apresentação

A ponte prevista para transposição do Rio São Francisco na Ferrovia Integração Oeste-Leste, no trecho Figueirópolis, no Tocantins até Ilhéus na Bahia, estará sujeita a diferentes condicionantes que implicarão diretamente em sua extensão, altura e processos executivos, conforme apresentação a seguir.

3.2.2. Condicionantes Geotécnicas

O local de implantação da obra tem sua formação caracterizada por extensas áreas adjacentes cujas matas ciliares nativas foram extraídas produzindo a degradação, tanto das margens, com do leito do rio ocasionando à formação de extensas áreas de meandros devido a elevada sinuosidade do mesmo e, também, com inundação de grandes áreas agricultáveis durante as enchentes maiores com erosão das margens.

Os terrenos de assentamento das fundações podem ser identificados com possuindo características distintas em espécie e em granulometria em função da localização em relação ao rio. Enquanto que no leito normal do rio são identificados depósitos com espessuras variáveis de materiais sedimentares e, predominantemente granular em forma de bancos de areia, nas várzeas lindeiras os terrenos são identificados por depósitos variados de sedimentos argilosos, materiais orgânicos e areia. No entanto, em ambos os casos os materiais sedimentares estão depositados sobre um substrato de rocha calcária situado a profundidades no entorno de 13 m em relação ao nível terreno das várzeas do rio.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 20 | 3 | |

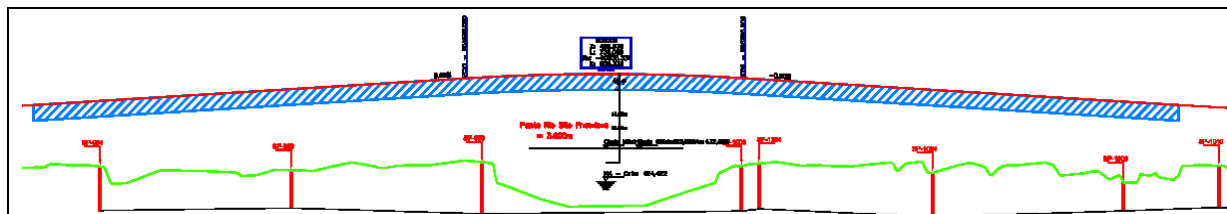



Figura 3: Perfil Geológico

Com base nas características geomorfológicas identificadas no local de implantação da obra a utilização de fundações profundas em forma de tubulões cravados através dos materiais sedimentares mediante a utilização de ar-comprimido e com base alargada dentro do maciço de rocha calcária mostra-se, estruturalmente e executivamente, adequada e robusta para suportar as solicitações oriundas dos carregamentos que atuam sobre a obra.

3.2.3. Condicionantes Hidrológicas

Com base nos levantamentos dos níveis de água e períodos de recorrência indicadas no gráfico de Gumbel da figura abaixo e ajustado para o local da obra é possível identificar que o Rio São Francisco atinge a cota altimétrica de 427,085 com uma periodicidade anual.

Este fato é indicativo de que os topos dos fustes dos tubulões devam ficar durante a execução dos mesmos acima desta cota para que seja garantida a execução destas fundações com relativa segurança em relação à elevação das águas e estas não permaneçam submersas por longos períodos durante os trabalhos de cravação dos tubulões.

| | | | | |
|---|--------------|---|-----------------|--------------|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | FOLHA 21 | REV 3 |

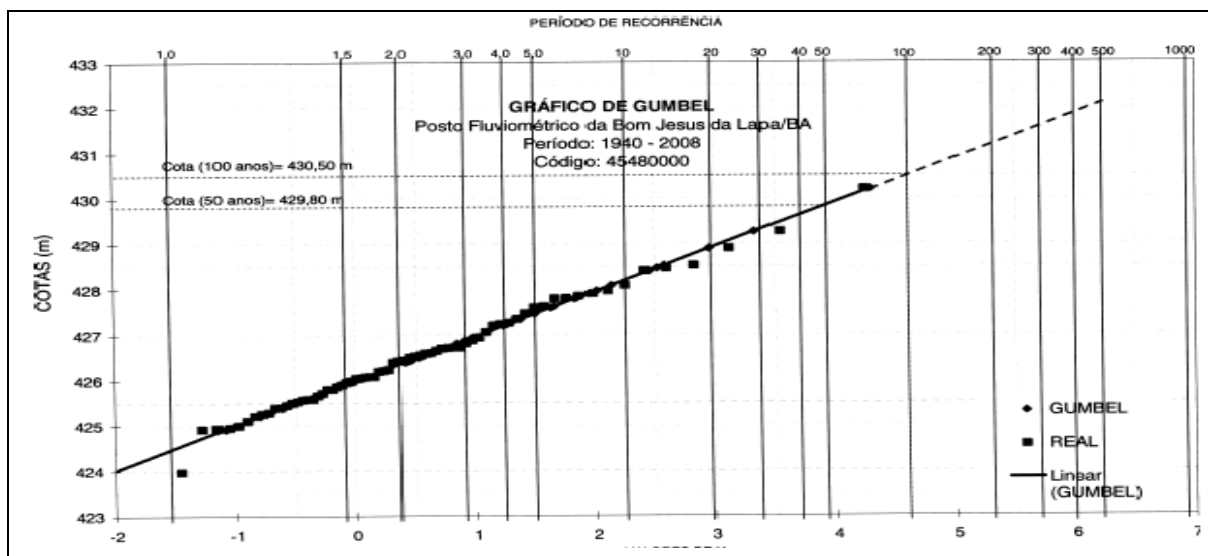



Figura 4: Gráfico de Gumbel

3.2.4. Condicionantes Geométricas da Ferrovia

Em decorrência da existência de navegação no Rio São Francisco a ferrovia deverá atender ao gabarito que estipula uma altura livre mínima de 15 m acima do nível da enchente máxima e um espaçamento livre mínimo de 40 m entre os apoios da ponte adjacentes ao canal de navegação.

Diante desta situação, a ferrovia estará se desenvolvendo através da várzea do Rio São Francisco onde predomina uma topografia plana, sendo que a ponte se desenvolverá entre o km 803 + 645, na margem esquerda do rio, e o km 806 + 545, na margem direita do rio, totalizando uma extensão de 2900m. Não estando incluídos nesta extensão os comprimentos de 10,55m de cada um dos encontros.

Tal situação permitirá que a obra venha a atender as condições de geométricas de ordem altimétrica imposta pelos obstáculos e declividades baixas das rampas, cerca de 0,6% ascendente no sentido exportação e 0,8% ascendente no sentido importação e interferir adequadamente nas condições de escoamento das águas do rio em regime de enchentes. Isto se dará uma vez que a obra estará iniciando na várzea direita do rio antes do principal canal secundário desta várzea e finalizando na várzea direita do rio, também, após o seu principal canal secundário.

| | | | | |
|---|---------------------|--|--------------|------------|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 22 | 3 |

3.2.5. Concepção Estrutural

Em decorrência da diversidade de situações funcionais e das diversas condicionantes anteriormente apresentadas à obra a ser construída deve atender fundamentalmente, tanto a transposição do leito permanente do rio, como a transposição das várzeas adjacentes ao mesmo.

Segmento central

Neste sentido, o segmento central sobre o canal de navegação situado no leito permanente do rio deverá contar com um sistema estrutural constituído de três tramos de modo a garantir o gabarito de navegação com 40m de largura e 15m de altura acima do nível da enchente máxima. Assim, uma superestrutura central simétrica, com 110m de extensão e constituída de três tramos com, respectivamente, 30m, 50m e 30m é capaz de atender as condicionantes de altura e largura do gabarito de navegação necessário ao fluxo de embarcações no rio.

Por outro lado, em se tratando de um vão central com extensão e altura elevadas sobre um canal de navegação em ativo uma obra executada com a tecnologia de avanços em balanços sucessivos mostra-se plenamente adequada à implementação deste segmento central da ponte, prescindindo, assim, de cimbramentos complexos e com interferências mínimas no fluxo das embarcações.

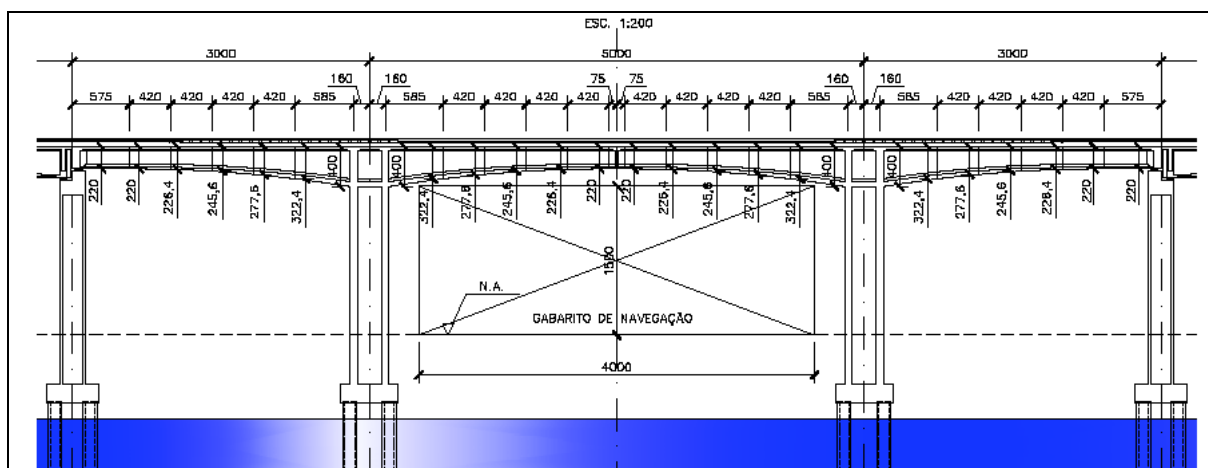



Figura 5: Segmento Central sobre o Canal de Navegação

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 24 | 3 | |

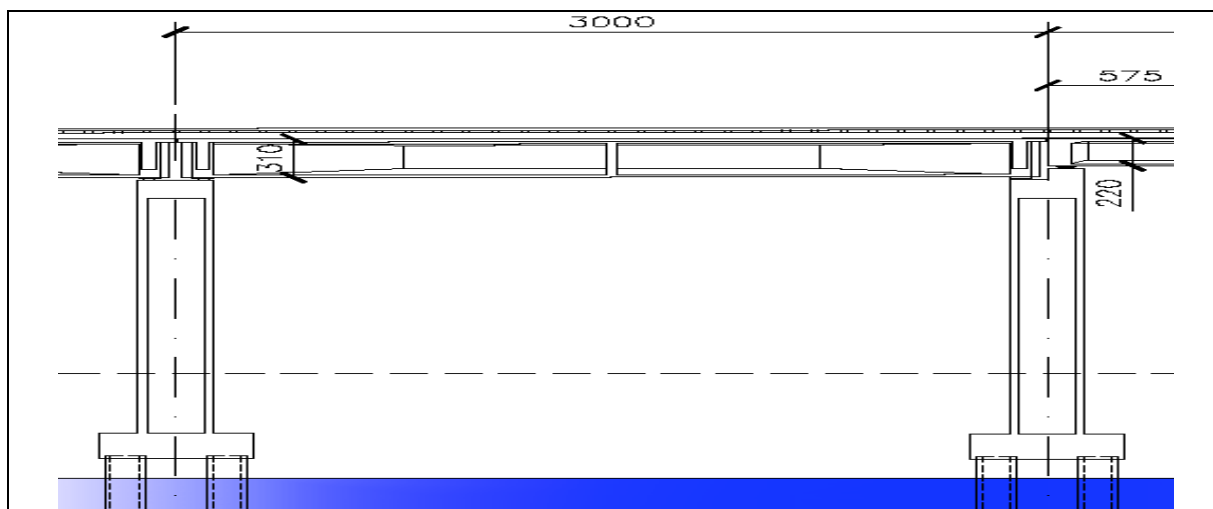



Figura 7: Segmento Central sobre o Canal de Navegação

Para compatibilizar a geometria da obra com as condições executivas e a tecnologia de longarinas pré-moldados protendidas, a seção transversal no segmento central, deverá ser em forma de caixão aberto com largura de 5,85m e altura de 3,10m, dos quais 2,85m correspondem às longarinas pré-moldados em forma de “I” solidarizadas por laje uma superior.

| | | | | |
|---|---------------------|--|-------|-----|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 25 | 3 |

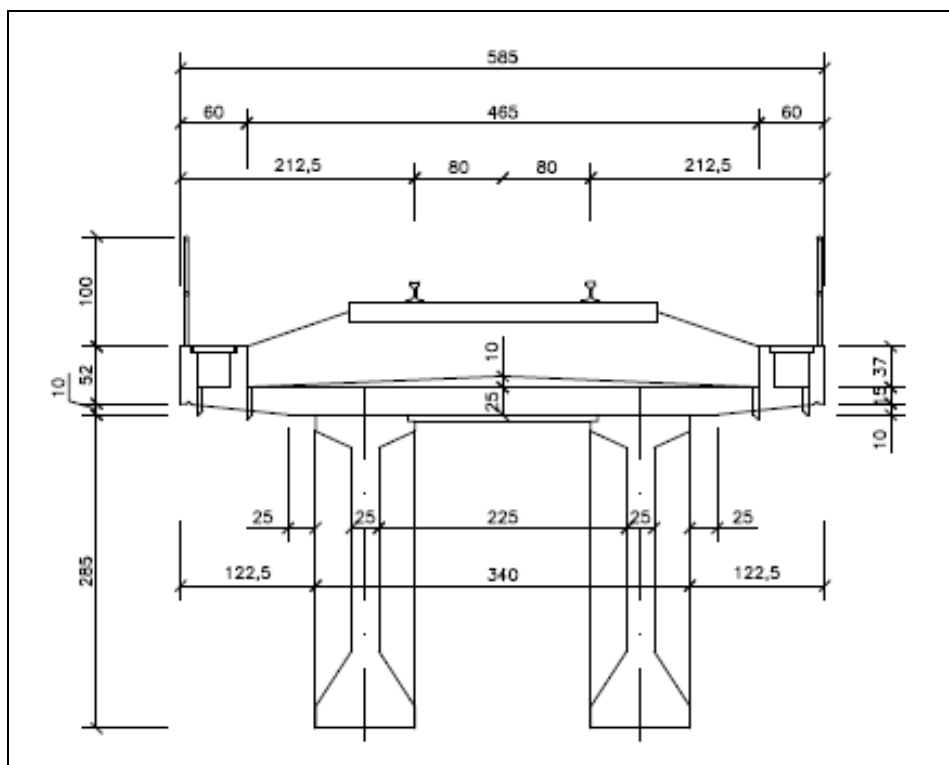


Figura 8: Seção Transversal – Acessos Laterais

3.2.6. Memória de Cálculo

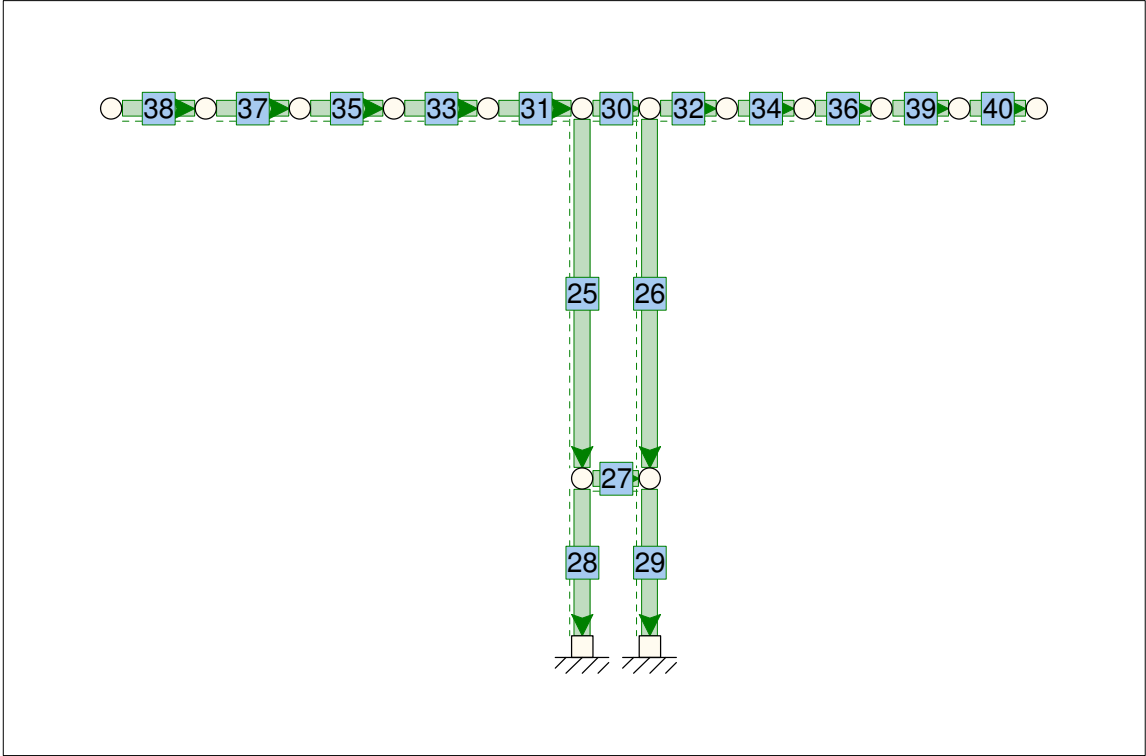
A seguir, apresenta-se a memória de cálculo de vigas protendidas.

3.2.6.1. Memória de Cálculo do Avanço Sucessivo Fase 1

A seguir, apresenta-se a memória de cálculo.

Vaos: 30+50+30

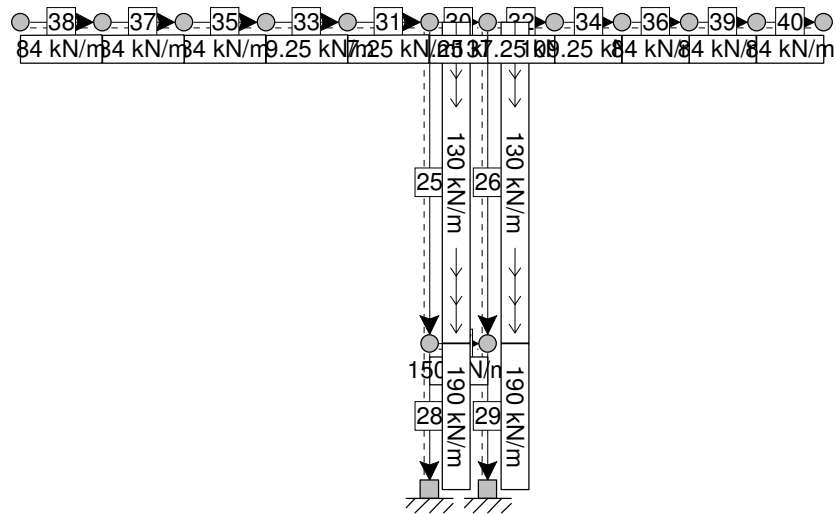
Geometry



Actions & Load Cases

| Load Case | Limit State | Action 1 | Action: 2 | Action: 3 | Action: 4 |
|--------------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| P Próprio inicial | Service. | 1.00 | - | - | - |
| Carreg Trabalho | Service. | - | 1.00 | - | - |
| Proetensão | Service. | - | - | 1.00 | - |
| Rigidez Horizontal | Service. | - | - | - | 1.00 |

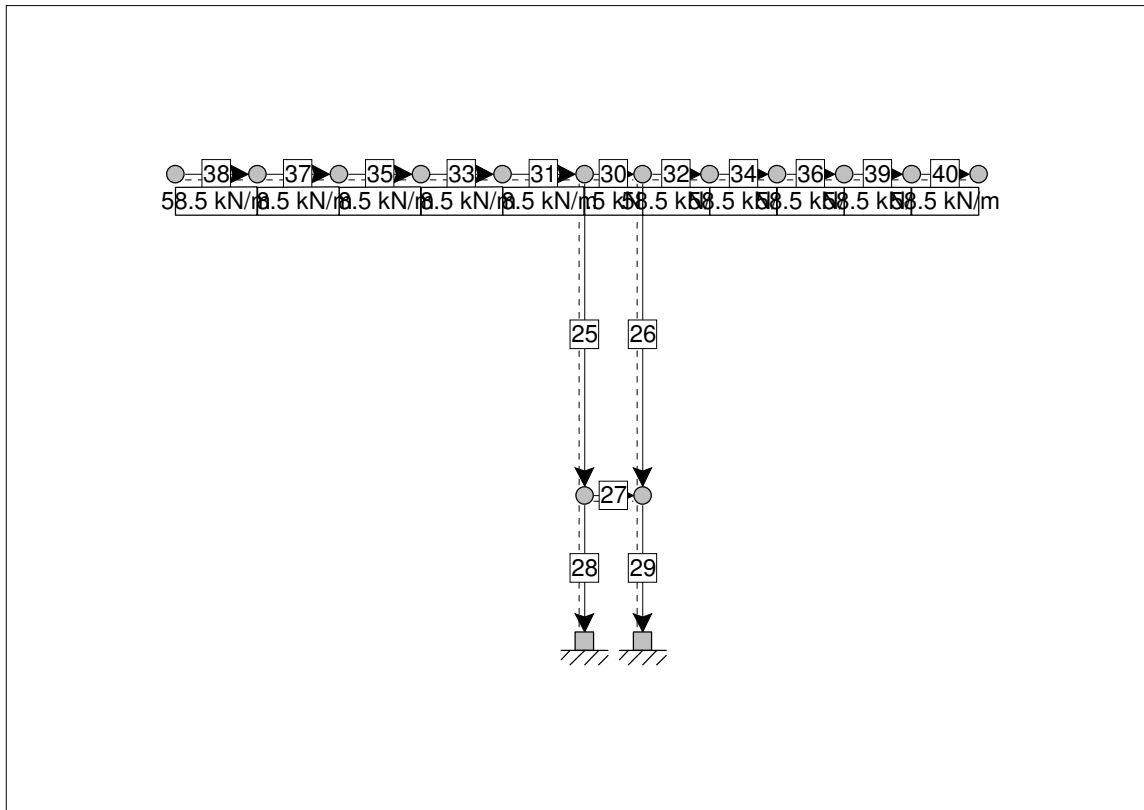
A1 : Action 1



A1: Action 1: Uniform Element Loads

| Element | Fx s [kN/m] | Fx e [kN/m] | Fz s [kN/m] | Fz e [kN/m] | My s [kNm/m] | My e [kNm/m] | Direction | Start | End | Position | Name |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|-------|------|----------|------|
| 25: | 0 | 0 | 130 | 130 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 26: | 0 | 0 | 130 | 130 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 27: | 0 | 0 | 150 | 150 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 28: | 0 | 0 | 190 | 190 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 29: | 0 | 0 | 190 | 190 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 30: | 0 | 0 | 211.25 | 211.25 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 31: | 0 | 0 | 137.25 | 137.25 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 32: | 0 | 0 | 137.25 | 137.25 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 33: | 0 | 0 | 109.25 | 109.25 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 34: | 0 | 0 | 109.25 | 109.25 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 35: | 0 | 0 | 84 | 84 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 36: | 0 | 0 | 84 | 84 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 37: | 0 | 0 | 84 | 84 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 38: | 0 | 0 | 84 | 84 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 39: | 0 | 0 | 84 | 84 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |
| 40: | 0 | 0 | 84 | 84 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | -- |

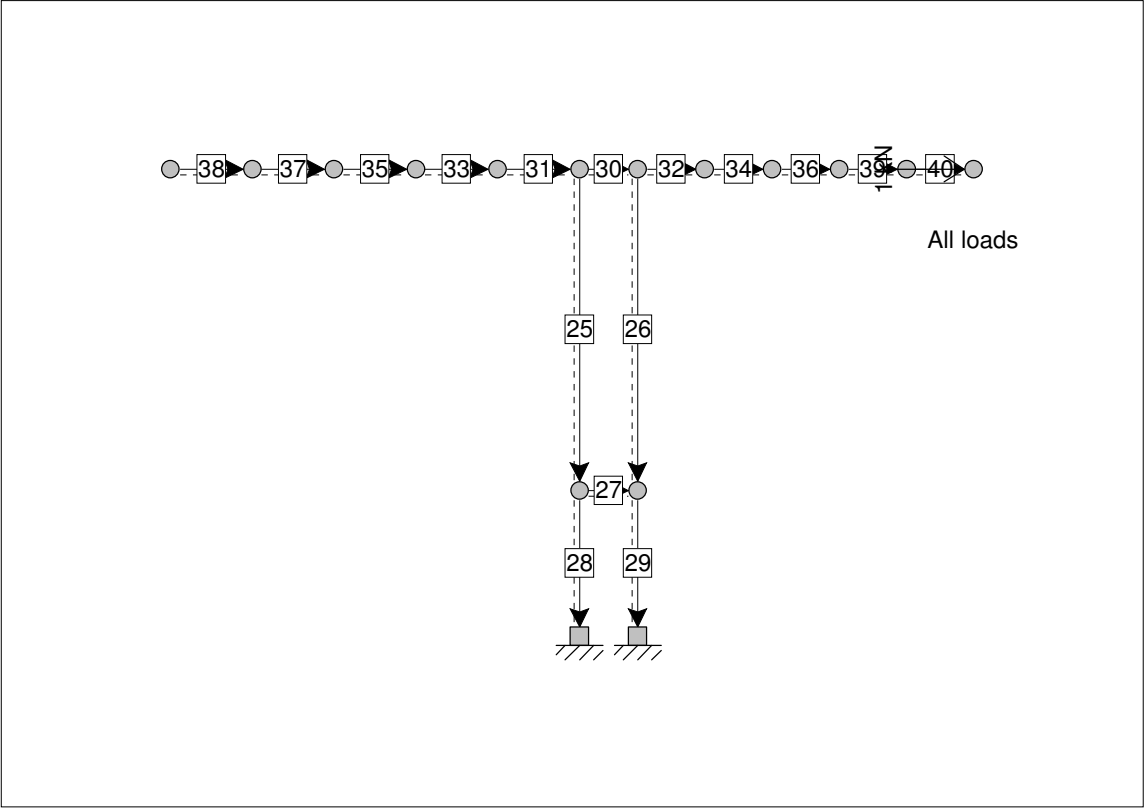
A2 : Action: 2



A2: Action: 2: Uniform Element Loads

| Element | Fx s [kN/m] | Fx e [kN/m] | Fz s [kN/m] | Fz e [kN/m] | My s [kNm/m] | My e [kNm/m] | Direction | Start | End | Position | Name |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|-------|------|----------|-----------|
| 30: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 31: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 32: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 33: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 34: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 35: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 36: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 37: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 38: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 39: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |
| 40: | 0 | 0 | 58.5 | 58.5 | 0 | 0 | World | 0.00 | 1.00 | Local | C Trabalo |

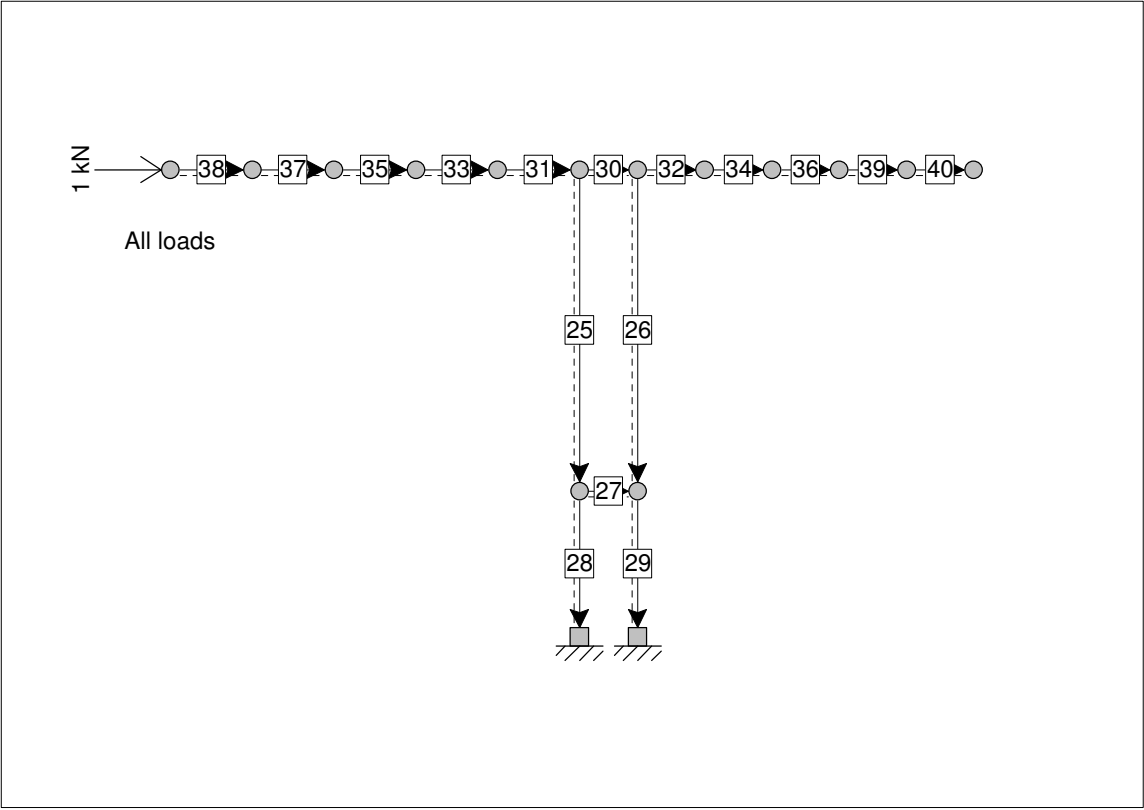
A3 : Action: 3



A3: Action: 3: Nodal Loads

| Node | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] | Name |
|------|------------|------------|-------------|-----------|
| 30: | 1 | 0 | 0 | Protensao |

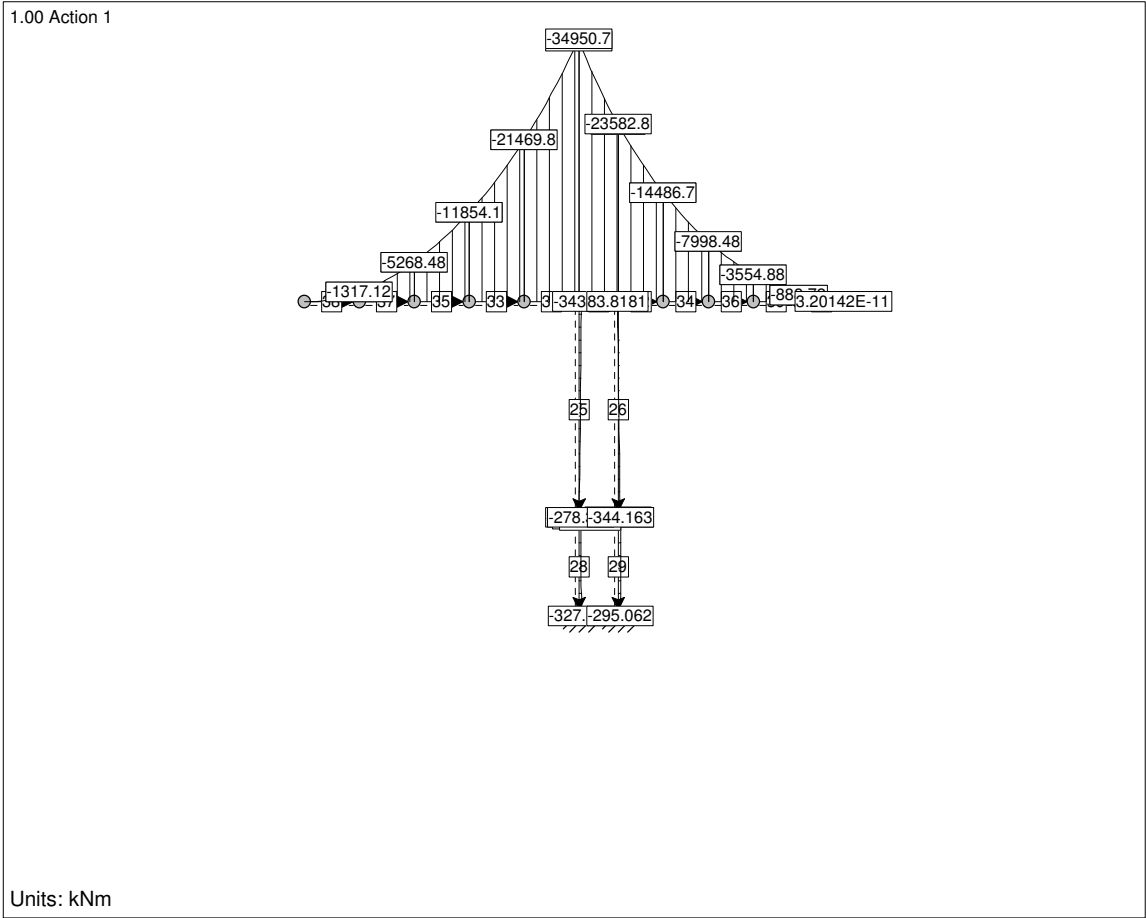
A4 : Action: 4



A4: Action: 4: Nodal Loads

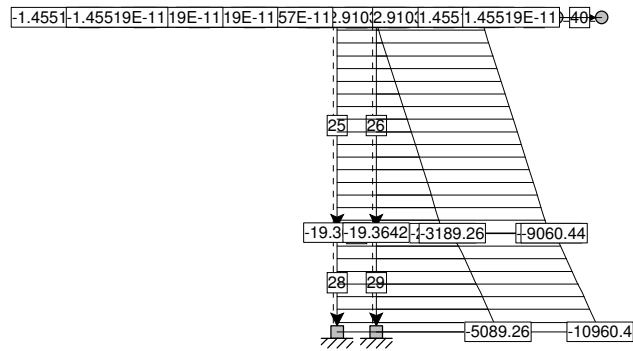
| Node | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] | Name |
|------|------------|------------|-------------|---------|
| 24: | 1 | 0 | 0 | Rigidez |

LC1: P Próprio inicial: Bending Moments My



LC1: P Próprio inicial: Axial Forces Fx

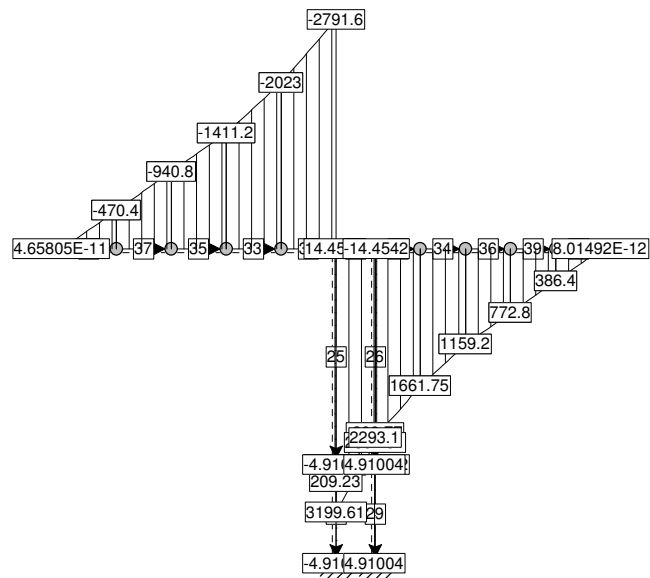
1.00 Action 1



Units: kN

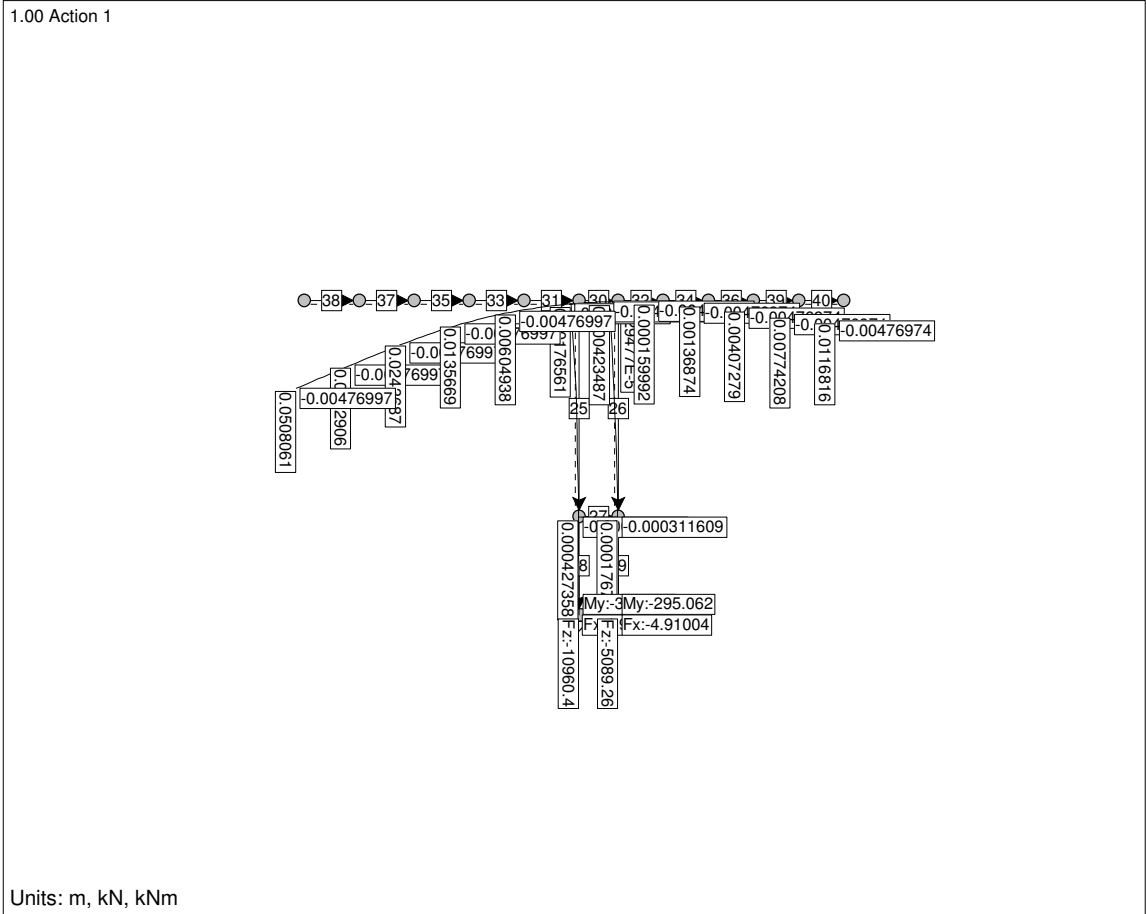
LC1: P Próprio inicial: Shear Forces Fz

1.00 Action 1

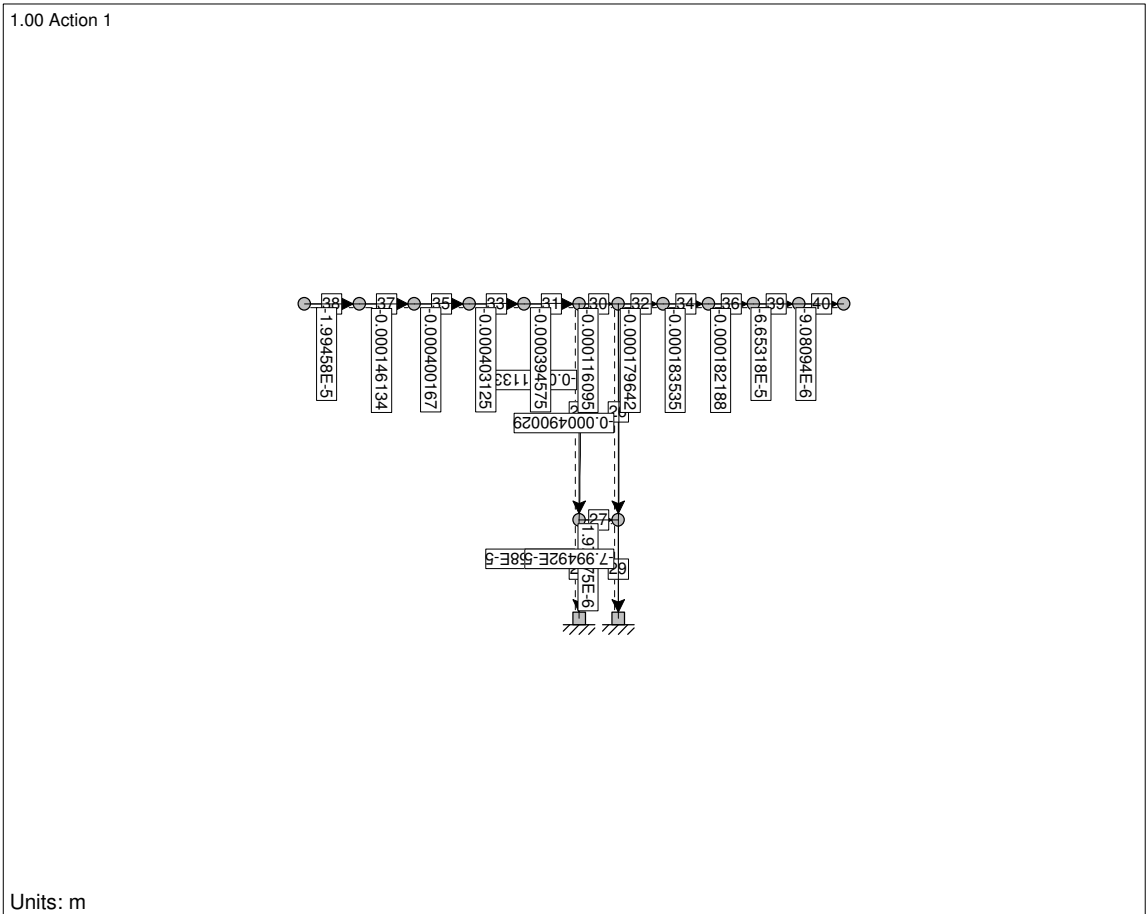


Units: kN

LC1: P Próprio inicial: Displacements and Reactions

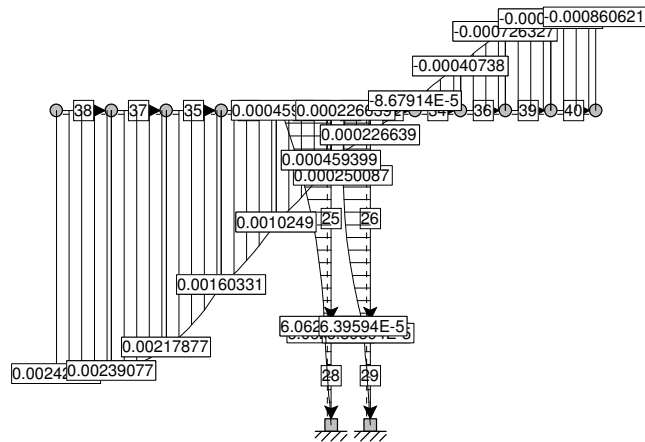


LC1: P Próprio inicial: Local Displacements



LC1: P Próprio inicial: Rotations

1.00 Action 1



Units: rad

LC1: P Próprio inicial: Nodal Displacements

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|-------------|-------------|--------------|
| 3: | -0.00476997 | 0.00176561 | 0.000459399 |
| 4: | -0.00476974 | 0.000423487 | 0.000226639 |
| 7: | -0.00476997 | 0.0372906 | 0.00239077 |
| 8: | -0.00476997 | 0.0243687 | 0.00217877 |
| 9: | -0.00476997 | 0.0135669 | 0.00160331 |
| 10: | -0.00476997 | 0.00604938 | 0.0010249 |
| 11: | -0.00476974 | 0.000159992 | -8.67914E-5 |

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|--------------|-------------|--------------|
| 12: | -0.00476974 | 0.00136874 | -0.00040738 |
| 13: | -0.00476974 | 0.00407279 | -0.000726327 |
| 24: | -0.00476997 | 0.0508061 | 0.00242106 |
| 25: | -0.000311291 | 0.000427358 | 6.06206E-5 |
| 26: | -0.000311609 | 0.00017671 | 6.39594E-5 |
| 29: | -0.00476974 | 0.00774208 | -0.000843834 |
| 30: | -0.00476974 | 0.0116816 | -0.000860621 |

LC1: P Próprio inicial: Reactions

| Node | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 27: | 4.91004 | -10960.4 | -327.479 |
| 28: | -4.91004 | -5089.26 | -295.062 |

LC1: P Próprio inicial: Element 25:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -5991.21 | 14.4542 | -343.28 |
| 0.10 | -6277.21 | 14.4542 | -311.481 |
| 0.20 | -6563.21 | 14.4542 | -279.682 |
| 0.30 | -6849.21 | 14.4542 | -247.883 |
| 0.40 | -7135.21 | 14.4542 | -216.083 |
| 0.50 | -7421.21 | 14.4542 | -184.284 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -7707.21 | 14.4542 | -152.485 |
| 0.70 | -7993.21 | 14.4542 | -120.686 |
| 0.80 | -8279.21 | 14.4542 | -88.8865 |
| 0.90 | -8565.21 | 14.4542 | -57.0873 |
| 1.00 | -8851.21 | 14.4542 | -25.2881 |

LC1: P Próprio inicial: Element 26:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 61.5095 | -14.4542 | 83.8181 |
| 0.10 | -224.49 | -14.4542 | 52.0189 |
| 0.20 | -510.49 | -14.4542 | 20.2197 |
| 0.30 | -796.49 | -14.4542 | -11.5795 |
| 0.40 | -1082.49 | -14.4542 | -43.3787 |
| 0.50 | -1368.49 | -14.4542 | -75.1779 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1654.49 | -14.4542 | -106.977 |
| 0.70 | -1940.49 | -14.4542 | -138.776 |
| 0.80 | -2226.49 | -14.4542 | -170.575 |
| 0.90 | -2512.49 | -14.4542 | -202.375 |
| 1.00 | -2798.49 | -14.4542 | -234.174 |

LC1: P Próprio inicial: Element 27:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -19.3642 | 209.23 | 253.09 |
| 0.10 | -19.3642 | 149.23 | 324.782 |
| 0.20 | -19.3642 | 89.2302 | 372.474 |
| 0.30 | -19.3642 | 29.2302 | 396.166 |
| 0.40 | -19.3642 | -30.7698 | 395.859 |
| 0.50 | -19.3642 | -90.7698 | 371.551 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -19.3642 | -150.77 | 323.243 |
| 0.70 | -19.3642 | -210.77 | 250.935 |
| 0.80 | -19.3642 | -270.77 | 154.627 |
| 0.90 | -19.3642 | -330.77 | 34.3189 |
| 1.00 | -19.3642 | -390.77 | -109.989 |

LC1: P Próprio inicial: Element 28:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -9060.44 | -4.91004 | -278.378 |
| 0.10 | -9250.44 | -4.91004 | -283.288 |
| 0.20 | -9440.44 | -4.91004 | -288.198 |
| 0.30 | -9630.44 | -4.91004 | -293.108 |
| 0.40 | -9820.44 | -4.91004 | -298.019 |
| 0.50 | -10010.4 | -4.91004 | -302.929 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -10200.4 | -4.91004 | -307.839 |
| 0.70 | -10390.4 | -4.91004 | -312.749 |
| 0.80 | -10580.4 | -4.91004 | -317.659 |
| 0.90 | -10770.4 | -4.91004 | -322.569 |
| 1.00 | -10960.4 | -4.91004 | -327.479 |

LC1: P Próprio inicial: Element 29:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -3189.26 | 4.91004 | -344.163 |
| 0.10 | -3379.26 | 4.91004 | -339.253 |
| 0.20 | -3569.26 | 4.91004 | -334.343 |
| 0.30 | -3759.26 | 4.91004 | -329.433 |
| 0.40 | -3949.26 | 4.91004 | -324.523 |
| 0.50 | -4139.26 | 4.91004 | -319.613 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -4329.26 | 4.91004 | -314.703 |
| 0.70 | -4519.26 | 4.91004 | -309.793 |
| 0.80 | -4709.26 | 4.91004 | -304.883 |
| 0.90 | -4899.26 | 4.91004 | -299.972 |
| 1.00 | -5089.26 | 4.91004 | -295.062 |

LC1: P Próprio inicial: Element 30:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 14.4542 | 3199.61 | -34607.4 |
| 0.10 | 14.4542 | 3115.11 | -33344.5 |
| 0.20 | 14.4542 | 3030.61 | -32115.4 |
| 0.30 | 14.4542 | 2946.11 | -30920 |
| 0.40 | 14.4542 | 2861.61 | -29758.5 |
| 0.50 | 14.4542 | 2777.11 | -28630.7 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 14.4542 | 2692.61 | -27536.8 |
| 0.70 | 14.4542 | 2608.11 | -26476.6 |
| 0.80 | 14.4542 | 2523.61 | -25450.3 |
| 0.90 | 14.4542 | 2439.11 | -24457.7 |
| 1.00 | 14.4542 | 2354.61 | -23499 |

LC1: P Próprio inicial: Element 31:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -2.91038E-11 | -2023 | -21469.8 |
| 0.10 | -2.91038E-11 | -2099.86 | -22624.2 |
| 0.20 | -2.91038E-11 | -2176.72 | -23821.7 |
| 0.30 | -2.91038E-11 | -2253.58 | -25062.2 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.40 | -2.91038E-11 | -2330.44 | -26345.7 |
| 0.50 | -2.91038E-11 | -2407.3 | -27672.3 |
| 0.60 | -2.91038E-11 | -2484.16 | -29041.9 |
| 0.70 | -2.91038E-11 | -2561.02 | -30454.5 |

LC1: P Próprio inicial: Element 31:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.80 | -2.91038E-11 | -2637.88 | -31910.2 |
| 0.90 | -2.91038E-11 | -2714.74 | -33408.9 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 1.00 | -2.91038E-11 | -2791.6 | -34950.7 |

LC1: P Próprio inicial: Element 32:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.00 | 2.91038E-11 | 2293.1 | -23582.8 |
| 0.10 | 2.91038E-11 | 2229.97 | -22542.5 |
| 0.20 | 2.91038E-11 | 2166.83 | -21531.3 |
| 0.30 | 2.91038E-11 | 2103.7 | -20549 |
| 0.40 | 2.91038E-11 | 2040.56 | -19595.9 |
| 0.50 | 2.91038E-11 | 1977.43 | -18671.7 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.60 | 2.91038E-11 | 1914.29 | -17776.6 |
| 0.70 | 2.91038E-11 | 1851.16 | -16910.6 |
| 0.80 | 2.91038E-11 | 1788.02 | -16073.6 |
| 0.90 | 2.91038E-11 | 1724.89 | -15265.6 |
| 1.00 | 2.91038E-11 | 1661.75 | -14486.7 |

LC1: P Próprio inicial: Element 33:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -4.36557E-11 | -1411.2 | -11854.1 |
| 0.10 | -4.36557E-11 | -1472.38 | -12661.5 |
| 0.20 | -4.36557E-11 | -1533.56 | -13503.1 |
| 0.30 | -4.36557E-11 | -1594.74 | -14379.1 |
| 0.40 | -4.36557E-11 | -1655.92 | -15289.3 |
| 0.50 | -4.36557E-11 | -1717.1 | -16233.7 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -4.36557E-11 | -1778.28 | -17212.4 |
| 0.70 | -4.36557E-11 | -1839.46 | -18225.4 |
| 0.80 | -4.36557E-11 | -1900.64 | -19272.6 |
| 0.90 | -4.36557E-11 | -1961.82 | -20354.1 |
| 1.00 | -4.36557E-11 | -2023 | -21469.8 |

LC1: P Próprio inicial: Element 34:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 1661.75 | -14486.7 |
| 0.10 | 0 | 1611.5 | -13733.8 |
| 0.20 | 0 | 1561.24 | -13004.1 |
| 0.30 | 0 | 1510.99 | -12297.5 |
| 0.40 | 0 | 1460.73 | -11614 |
| 0.50 | 0 | 1410.48 | -10953.6 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 1360.22 | -10316.3 |
| 0.70 | 0 | 1309.97 | -9702.2 |
| 0.80 | 0 | 1259.71 | -9111.18 |
| 0.90 | 0 | 1209.46 | -8543.27 |
| 1.00 | 0 | 1159.2 | -7998.48 |

LC1: P Próprio inicial: Element 35:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1.45519E-11 | -940.8 | -5268.48 |
| 0.10 | -1.45519E-11 | -987.84 | -5808.5 |
| 0.20 | -1.45519E-11 | -1034.88 | -6374.86 |
| 0.30 | -1.45519E-11 | -1081.92 | -6967.56 |
| 0.40 | -1.45519E-11 | -1128.96 | -7586.61 |
| 0.50 | -1.45519E-11 | -1176 | -8232 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1.45519E-11 | -1223.04 | -8903.73 |
| 0.70 | -1.45519E-11 | -1270.08 | -9601.8 |
| 0.80 | -1.45519E-11 | -1317.12 | -10326.2 |
| 0.90 | -1.45519E-11 | -1364.16 | -11077 |
| 1.00 | -1.45519E-11 | -1411.2 | -11854.1 |

LC1: P Próprio inicial: Element 36:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1.45519E-11 | 1159.2 | -7998.48 |
| 0.10 | 1.45519E-11 | 1120.56 | -7474.14 |
| 0.20 | 1.45519E-11 | 1081.92 | -6967.56 |
| 0.30 | 1.45519E-11 | 1043.28 | -6478.77 |
| 0.40 | 1.45519E-11 | 1004.64 | -6007.75 |
| 0.50 | 1.45519E-11 | 966 | -5554.5 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1.45519E-11 | 927.36 | -5119.03 |
| 0.70 | 1.45519E-11 | 888.72 | -4701.33 |
| 0.80 | 1.45519E-11 | 850.08 | -4301.4 |
| 0.90 | 1.45519E-11 | 811.44 | -3919.26 |
| 1.00 | 1.45519E-11 | 772.8 | -3554.88 |

LC1: P Próprio inicial: Element 37:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1.45519E-11 | -470.4 | -1317.12 |
| 0.10 | -1.45519E-11 | -517.44 | -1593.72 |
| 0.20 | -1.45519E-11 | -564.48 | -1896.65 |
| 0.30 | -1.45519E-11 | -611.52 | -2225.93 |
| 0.40 | -1.45519E-11 | -658.56 | -2581.56 |
| 0.50 | -1.45519E-11 | -705.6 | -2963.52 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1.45519E-11 | -752.64 | -3371.83 |
| 0.70 | -1.45519E-11 | -799.68 | -3806.48 |
| 0.80 | -1.45519E-11 | -846.72 | -4267.47 |
| 0.90 | -1.45519E-11 | -893.76 | -4754.8 |
| 1.00 | -1.45519E-11 | -940.8 | -5268.48 |

LC1: P Próprio inicial: Element 38:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|-------------|-------------|
| 0.00 | -1.45519E-11 | 4.65805E-11 | 0 |
| 0.10 | -1.45519E-11 | -47.04 | -13.1712 |
| 0.20 | -1.45519E-11 | -94.08 | -52.6848 |
| 0.30 | -1.45519E-11 | -141.12 | -118.541 |
| 0.40 | -1.45519E-11 | -188.16 | -210.739 |
| 0.50 | -1.45519E-11 | -235.2 | -329.28 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1.45519E-11 | -282.24 | -474.163 |
| 0.70 | -1.45519E-11 | -329.28 | -645.389 |
| 0.80 | -1.45519E-11 | -376.32 | -842.957 |
| 0.90 | -1.45519E-11 | -423.36 | -1066.87 |
| 1.00 | -1.45519E-11 | -470.4 | -1317.12 |

LC1: P Próprio inicial: Element 39:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 772.8 | -3554.88 |
| 0.10 | 0 | 734.16 | -3208.28 |
| 0.20 | 0 | 695.52 | -2879.45 |
| 0.30 | 0 | 656.88 | -2568.4 |
| 0.40 | 0 | 618.24 | -2275.12 |
| 0.50 | 0 | 579.6 | -1999.62 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 540.96 | -1741.89 |
| 0.70 | 0 | 502.32 | -1501.94 |
| 0.80 | 0 | 463.68 | -1279.76 |
| 0.90 | 0 | 425.04 | -1075.35 |
| 1.00 | 0 | 386.4 | -888.72 |

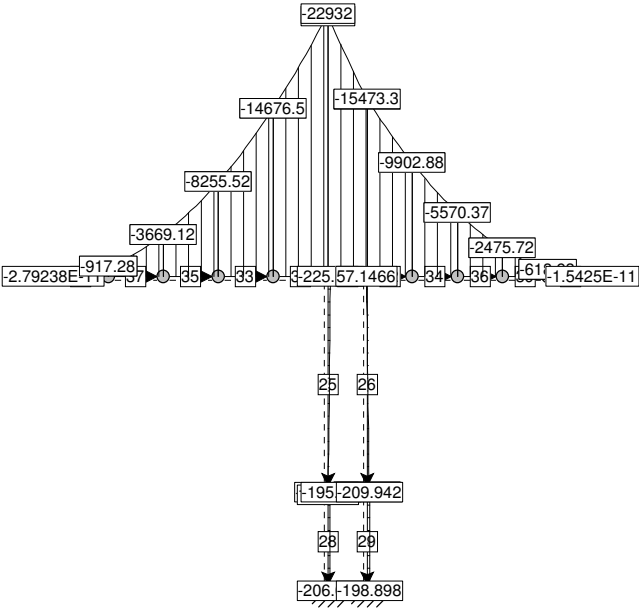
LC1: P Próprio inicial: Element 40:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 386.4 | -888.72 |
| 0.10 | 0 | 347.76 | -719.863 |
| 0.20 | 0 | 309.12 | -568.781 |
| 0.30 | 0 | 270.48 | -435.473 |
| 0.40 | 0 | 231.84 | -319.939 |
| 0.50 | 0 | 193.2 | -222.18 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|-------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 154.56 | -142.195 |
| 0.70 | 0 | 115.92 | -79.9848 |
| 0.80 | 0 | 77.28 | -35.5488 |
| 0.90 | 0 | 38.64 | -8.8872 |
| 1.00 | 0 | 8.01492E-12 | 3.20142E-11 |

LC2: Carreg Trabalho: Bending Moments My

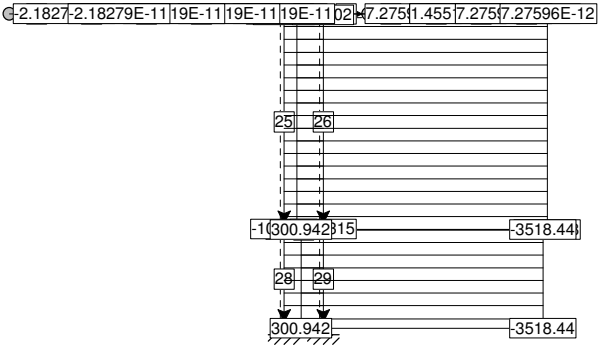
1.00 Action: 2



Units: kNm

LC2: Carreg Trabalho: Axial Forces Fx

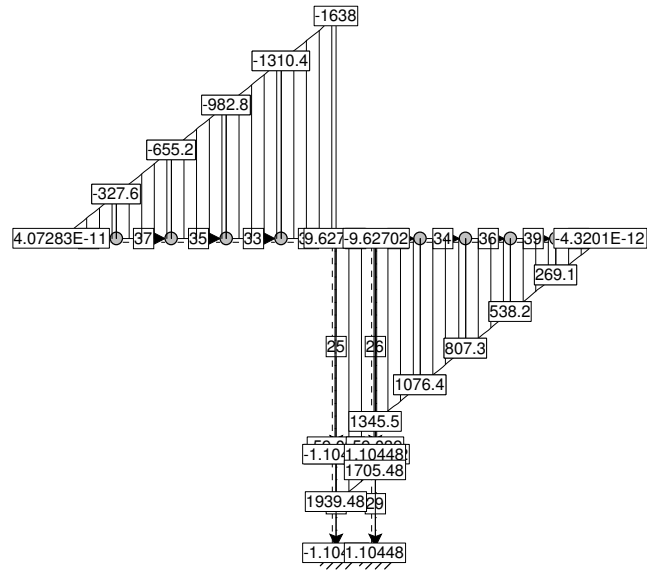
1.00 Action: 2



Units: kN

LC2: Carreg Trabalho: Shear Forces F_z

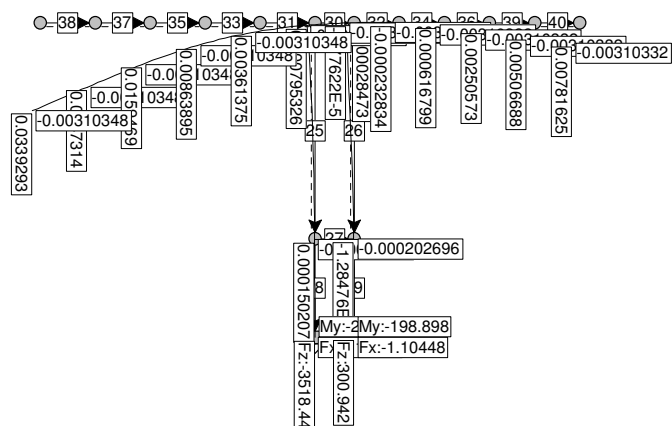
1.00 Action: 2



Units: kN

LC2: Carreg Trabalho: Displacements and Reactions

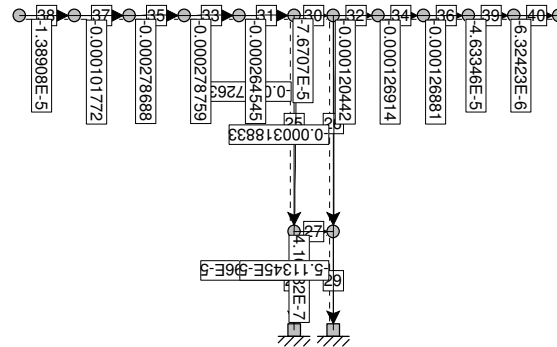
1.00 Action: 2



Units: m, kN, kNm

LC2: Carreg Trabalho: Local Displacements

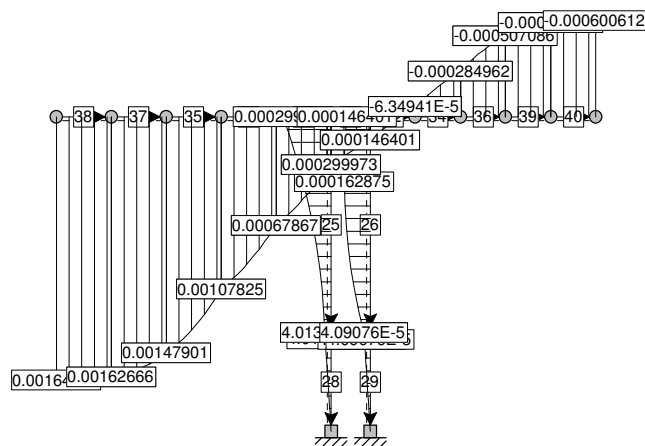
1.00 Action: 2



Units: m

LC2: Carreg Trabalho: Rotations

1.00 Action: 2



Units: rad

LC2: Carreg Trabalho: Nodal Displacements

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] | Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|-------------|--------------|--------------|------|--------------|-------------|--------------|
| 3: | -0.00310348 | 0.000795326 | 0.000299973 | 12: | -0.00310332 | 0.000616799 | -0.000284962 |
| 4: | -0.00310332 | -7.77622E-5 | 0.000146401 | 13: | -0.00310332 | 0.00250573 | -0.000507086 |
| 7: | -0.00310348 | 0.0247314 | 0.00162666 | 24: | -0.00310348 | 0.0339293 | 0.00164775 |
| 8: | -0.00310348 | 0.0159469 | 0.00147901 | 25: | -0.00020252 | 0.000150207 | 4.01356E-5 |
| 9: | -0.00310348 | 0.00863895 | 0.00107825 | 26: | -0.000202696 | -1.28476E-5 | 4.09076E-5 |
| 10: | -0.00310348 | 0.00361375 | 0.00067867 | 29: | -0.00310332 | 0.00506688 | -0.000588921 |
| 11: | -0.00310332 | -0.000232834 | -6.34941E-5 | 30: | -0.00310332 | 0.00781625 | -0.000600612 |

LC2: Carreg Trabalho: Reactions

| Node | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 27: | 1.10448 | -3518.44 | -206.085 |
| 28: | -1.10448 | 300.942 | -198.898 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 25:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -3577.48 | 9.62702 | -225.973 |
| 0.10 | -3577.48 | 9.62702 | -204.794 |
| 0.20 | -3577.48 | 9.62702 | -183.614 |
| 0.30 | -3577.48 | 9.62702 | -162.435 |
| 0.40 | -3577.48 | 9.62702 | -141.256 |
| 0.50 | -3577.48 | 9.62702 | -120.076 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -3577.48 | 9.62702 | -98.8967 |
| 0.70 | -3577.48 | 9.62702 | -77.7173 |
| 0.80 | -3577.48 | 9.62702 | -56.5378 |
| 0.90 | -3577.48 | 9.62702 | -35.3584 |
| 1.00 | -3577.48 | 9.62702 | -14.1789 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 26:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 359.981 | -9.62702 | 57.1466 |
| 0.10 | 359.981 | -9.62702 | 35.9671 |
| 0.20 | 359.981 | -9.62702 | 14.7877 |
| 0.30 | 359.981 | -9.62702 | -6.39177 |
| 0.40 | 359.981 | -9.62702 | -27.5712 |
| 0.50 | 359.981 | -9.62702 | -48.7507 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 359.981 | -9.62702 | -69.9301 |
| 0.70 | 359.981 | -9.62702 | -91.1095 |
| 0.80 | 359.981 | -9.62702 | -112.289 |
| 0.90 | 359.981 | -9.62702 | -133.468 |
| 1.00 | 359.981 | -9.62702 | -154.648 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 27:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -10.7315 | -59.039 | 180.861 |
| 0.10 | -10.7315 | -59.039 | 157.246 |
| 0.20 | -10.7315 | -59.039 | 133.63 |
| 0.30 | -10.7315 | -59.039 | 110.015 |
| 0.40 | -10.7315 | -59.039 | 86.399 |
| 0.50 | -10.7315 | -59.039 | 62.7834 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -10.7315 | -59.039 | 39.1678 |
| 0.70 | -10.7315 | -59.039 | 15.5522 |
| 0.80 | -10.7315 | -59.039 | -8.06337 |
| 0.90 | -10.7315 | -59.039 | -31.679 |
| 1.00 | -10.7315 | -59.039 | -55.2946 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 28:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -3518.44 | -1.10448 | -195.04 |
| 0.10 | -3518.44 | -1.10448 | -196.145 |
| 0.20 | -3518.44 | -1.10448 | -197.249 |
| 0.30 | -3518.44 | -1.10448 | -198.354 |
| 0.40 | -3518.44 | -1.10448 | -199.458 |
| 0.50 | -3518.44 | -1.10448 | -200.563 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -3518.44 | -1.10448 | -201.667 |
| 0.70 | -3518.44 | -1.10448 | -202.772 |
| 0.80 | -3518.44 | -1.10448 | -203.876 |
| 0.90 | -3518.44 | -1.10448 | -204.981 |
| 1.00 | -3518.44 | -1.10448 | -206.085 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 29:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 300.942 | 1.10448 | -209.942 |
| 0.10 | 300.942 | 1.10448 | -208.838 |
| 0.20 | 300.942 | 1.10448 | -207.733 |
| 0.30 | 300.942 | 1.10448 | -206.629 |
| 0.40 | 300.942 | 1.10448 | -205.525 |
| 0.50 | 300.942 | 1.10448 | -204.42 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 300.942 | 1.10448 | -203.316 |
| 0.70 | 300.942 | 1.10448 | -202.211 |
| 0.80 | 300.942 | 1.10448 | -201.107 |
| 0.90 | 300.942 | 1.10448 | -200.002 |
| 1.00 | 300.942 | 1.10448 | -198.898 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 30:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 9.62702 | 1939.48 | -22706 |
| 0.10 | 9.62702 | 1916.08 | -21934.9 |
| 0.20 | 9.62702 | 1892.68 | -21173.2 |
| 0.30 | 9.62702 | 1869.28 | -20420.8 |
| 0.40 | 9.62702 | 1845.88 | -19677.7 |
| 0.50 | 9.62702 | 1822.48 | -18944.1 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 9.62702 | 1799.08 | -18219.8 |
| 0.70 | 9.62702 | 1775.68 | -17504.8 |
| 0.80 | 9.62702 | 1752.28 | -16799.2 |
| 0.90 | 9.62702 | 1728.88 | -16103 |
| 1.00 | 9.62702 | 1705.48 | -15416.1 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 31:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1.45519E-11 | -1310.4 | -14676.5 |
| 0.10 | -1.45519E-11 | -1343.16 | -15419.5 |
| 0.20 | -1.45519E-11 | -1375.92 | -16180.8 |
| 0.30 | -1.45519E-11 | -1408.68 | -16960.5 |
| 0.40 | -1.45519E-11 | -1441.44 | -17758.5 |
| 0.50 | -1.45519E-11 | -1474.2 | -18574.9 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1.45519E-11 | -1506.96 | -19409.6 |
| 0.70 | -1.45519E-11 | -1539.72 | -20262.7 |
| 0.80 | -1.45519E-11 | -1572.48 | -21134.1 |
| 0.90 | -1.45519E-11 | -1605.24 | -22023.9 |
| 1.00 | -1.45519E-11 | -1638 | -22932 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 32:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 1345.5 | -15473.3 |
| 0.10 | 0 | 1318.59 | -14860.5 |
| 0.20 | 0 | 1291.68 | -14260.1 |
| 0.30 | 0 | 1264.77 | -13672.2 |
| 0.40 | 0 | 1237.86 | -13096.6 |
| 0.50 | 0 | 1210.95 | -12533.3 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 1184.04 | -11982.5 |
| 0.70 | 0 | 1157.13 | -11444 |
| 0.80 | 0 | 1130.22 | -10917.9 |
| 0.90 | 0 | 1103.31 | -10404.2 |
| 1.00 | 0 | 1076.4 | -9902.88 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 33:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1.45519E-11 | -982.8 | -8255.52 |
| 0.10 | -1.45519E-11 | -1015.56 | -8815.06 |
| 0.20 | -1.45519E-11 | -1048.32 | -9392.95 |
| 0.30 | -1.45519E-11 | -1081.08 | -9989.18 |
| 0.40 | -1.45519E-11 | -1113.84 | -10603.8 |
| 0.50 | -1.45519E-11 | -1146.6 | -11236.7 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1.45519E-11 | -1179.36 | -11887.9 |
| 0.70 | -1.45519E-11 | -1212.12 | -12557.6 |
| 0.80 | -1.45519E-11 | -1244.88 | -13245.5 |
| 0.90 | -1.45519E-11 | -1277.64 | -13951.8 |
| 1.00 | -1.45519E-11 | -1310.4 | -14676.5 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 34:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 1076.4 | -9902.88 |
| 0.10 | 0 | 1049.49 | -9413.93 |
| 0.20 | 0 | 1022.58 | -8937.35 |
| 0.30 | 0 | 995.67 | -8473.15 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.40 | 0 | 968.76 | -8021.33 |
| 0.50 | 0 | 941.85 | -7581.89 |
| 0.60 | 0 | 914.94 | -7154.83 |
| 0.70 | 0 | 888.03 | -6740.15 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 34:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.80 | 0 | 861.12 | -6337.84 |
| 0.90 | 0 | 834.21 | -5947.92 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 1.00 | 0 | 807.3 | -5570.37 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 35:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1.45519E-11 | -655.2 | -3669.12 |
| 0.10 | -1.45519E-11 | -687.96 | -4045.2 |
| 0.20 | -1.45519E-11 | -720.72 | -4439.64 |
| 0.30 | -1.45519E-11 | -753.48 | -4852.41 |
| 0.40 | -1.45519E-11 | -786.24 | -5283.53 |
| 0.50 | -1.45519E-11 | -819 | -5733 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1.45519E-11 | -851.76 | -6200.81 |
| 0.70 | -1.45519E-11 | -884.52 | -6686.97 |
| 0.80 | -1.45519E-11 | -917.28 | -7191.48 |
| 0.90 | -1.45519E-11 | -950.04 | -7714.32 |
| 1.00 | -1.45519E-11 | -982.8 | -8255.52 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 36:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.00 | 7.27596E-12 | 807.3 | -5570.37 |
| 0.10 | 7.27596E-12 | 780.39 | -5205.2 |
| 0.20 | 7.27596E-12 | 753.48 | -4852.41 |
| 0.30 | 7.27596E-12 | 726.57 | -4512 |
| 0.40 | 7.27596E-12 | 699.66 | -4183.97 |
| 0.50 | 7.27596E-12 | 672.75 | -3868.31 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.60 | 7.27596E-12 | 645.84 | -3565.04 |
| 0.70 | 7.27596E-12 | 618.93 | -3274.14 |
| 0.80 | 7.27596E-12 | 592.02 | -2995.62 |
| 0.90 | 7.27596E-12 | 565.11 | -2729.48 |
| 1.00 | 7.27596E-12 | 538.2 | -2475.72 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 37:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.00 | -2.18279E-11 | -327.6 | -917.28 |
| 0.10 | -2.18279E-11 | -360.36 | -1109.91 |
| 0.20 | -2.18279E-11 | -393.12 | -1320.88 |
| 0.30 | -2.18279E-11 | -425.88 | -1550.2 |
| 0.40 | -2.18279E-11 | -458.64 | -1797.87 |
| 0.50 | -2.18279E-11 | -491.4 | -2063.88 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|--------------|------------|-------------|
| 0.60 | -2.18279E-11 | -524.16 | -2348.24 |
| 0.70 | -2.18279E-11 | -556.92 | -2650.94 |
| 0.80 | -2.18279E-11 | -589.68 | -2971.99 |
| 0.90 | -2.18279E-11 | -622.44 | -3311.38 |
| 1.00 | -2.18279E-11 | -655.2 | -3669.12 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 38:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|-------------|--------------|
| 0.00 | 0 | 4.07283E-11 | -2.79238E-11 |
| 0.10 | 0 | -32.76 | -9.1728 |
| 0.20 | 0 | -65.52 | -36.6912 |
| 0.30 | 0 | -98.28 | -82.5552 |
| 0.40 | 0 | -131.04 | -146.765 |
| 0.50 | 0 | -163.8 | -229.32 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | -196.56 | -330.221 |
| 0.70 | 0 | -229.32 | -449.467 |
| 0.80 | 0 | -262.08 | -587.059 |
| 0.90 | 0 | -294.84 | -742.997 |
| 1.00 | 0 | -327.6 | -917.28 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 39:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1.45519E-11 | 538.2 | -2475.72 |
| 0.10 | 1.45519E-11 | 511.29 | -2234.34 |
| 0.20 | 1.45519E-11 | 484.38 | -2005.33 |
| 0.30 | 1.45519E-11 | 457.47 | -1788.71 |
| 0.40 | 1.45519E-11 | 430.56 | -1584.46 |
| 0.50 | 1.45519E-11 | 403.65 | -1392.59 |

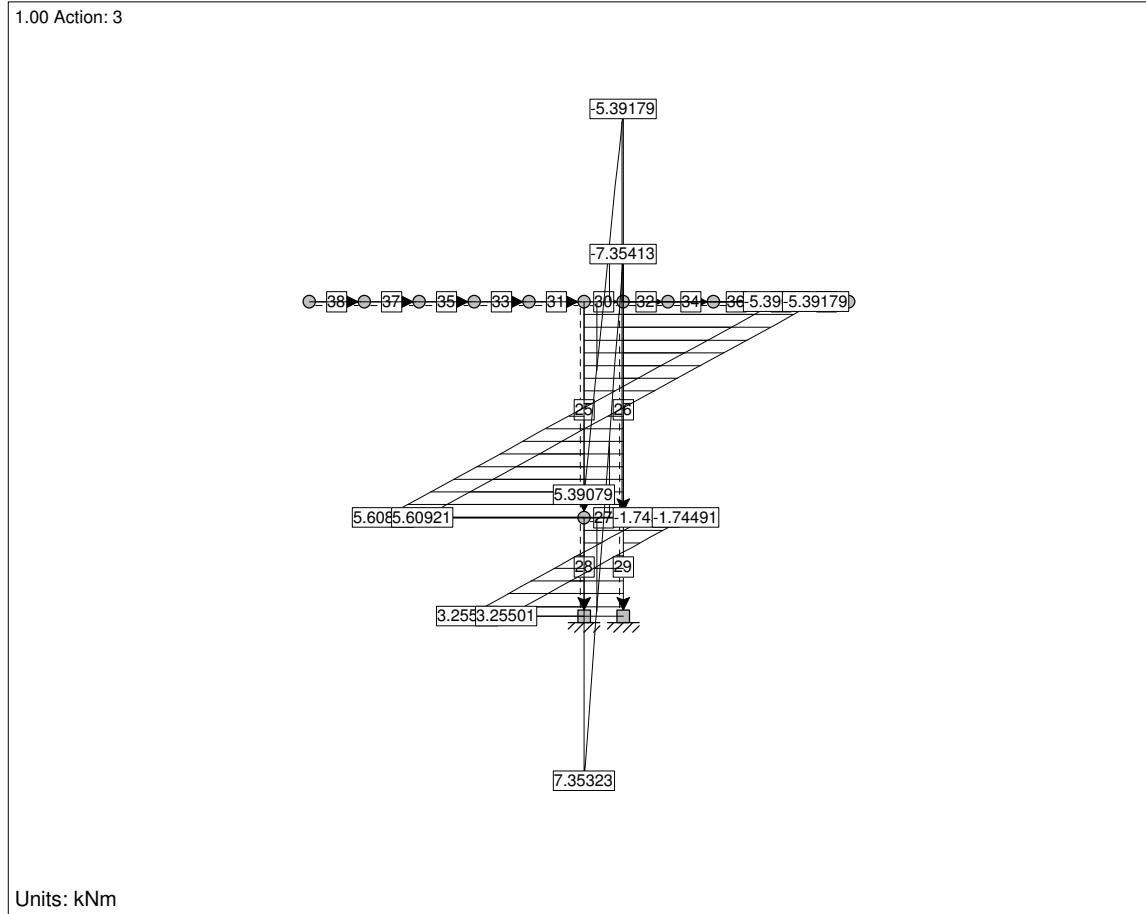
| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1.45519E-11 | 376.74 | -1213.1 |
| 0.70 | 1.45519E-11 | 349.83 | -1045.99 |
| 0.80 | 1.45519E-11 | 322.92 | -891.259 |
| 0.90 | 1.45519E-11 | 296.01 | -748.905 |
| 1.00 | 1.45519E-11 | 269.1 | -618.93 |

LC2: Carreg Trabalho: Element 40:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|---------|----------|
| 0.00 | 7.27596E-12 | 269.1 | -618.93 |
| 0.10 | 7.27596E-12 | 242.19 | -501.333 |
| 0.20 | 7.27596E-12 | 215.28 | -396.115 |
| 0.30 | 7.27596E-12 | 188.37 | -303.276 |
| 0.40 | 7.27596E-12 | 161.46 | -222.815 |
| 0.50 | 7.27596E-12 | 134.55 | -154.733 |

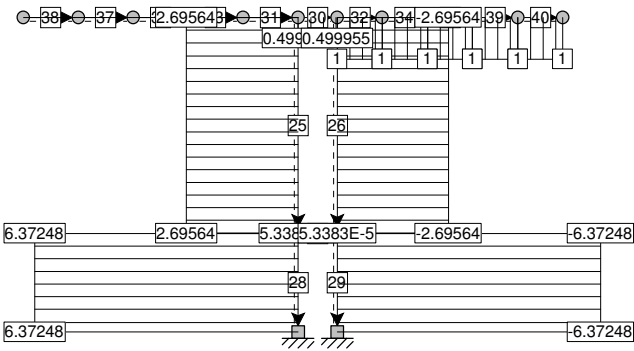
| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 0.60 | 7.27596E-12 | 107.64 | -99.0288 |
| 0.70 | 7.27596E-12 | 80.73 | -55.7037 |
| 0.80 | 7.27596E-12 | 53.82 | -24.7572 |
| 0.90 | 7.27596E-12 | 26.91 | -6.1893 |
| 1.00 | 7.27596E-12 | -4.3201E-12 | -1.5425E-11 |

LC3: Proetensão: Bending Moments My



LC3: Proetensão: Axial Forces Fx

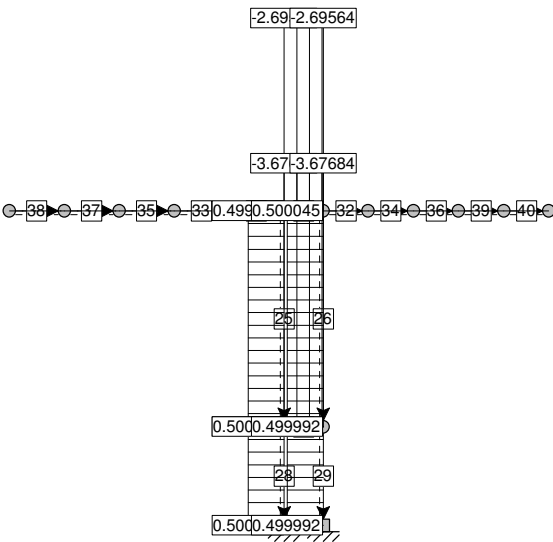
1.00 Action: 3



Units: kN

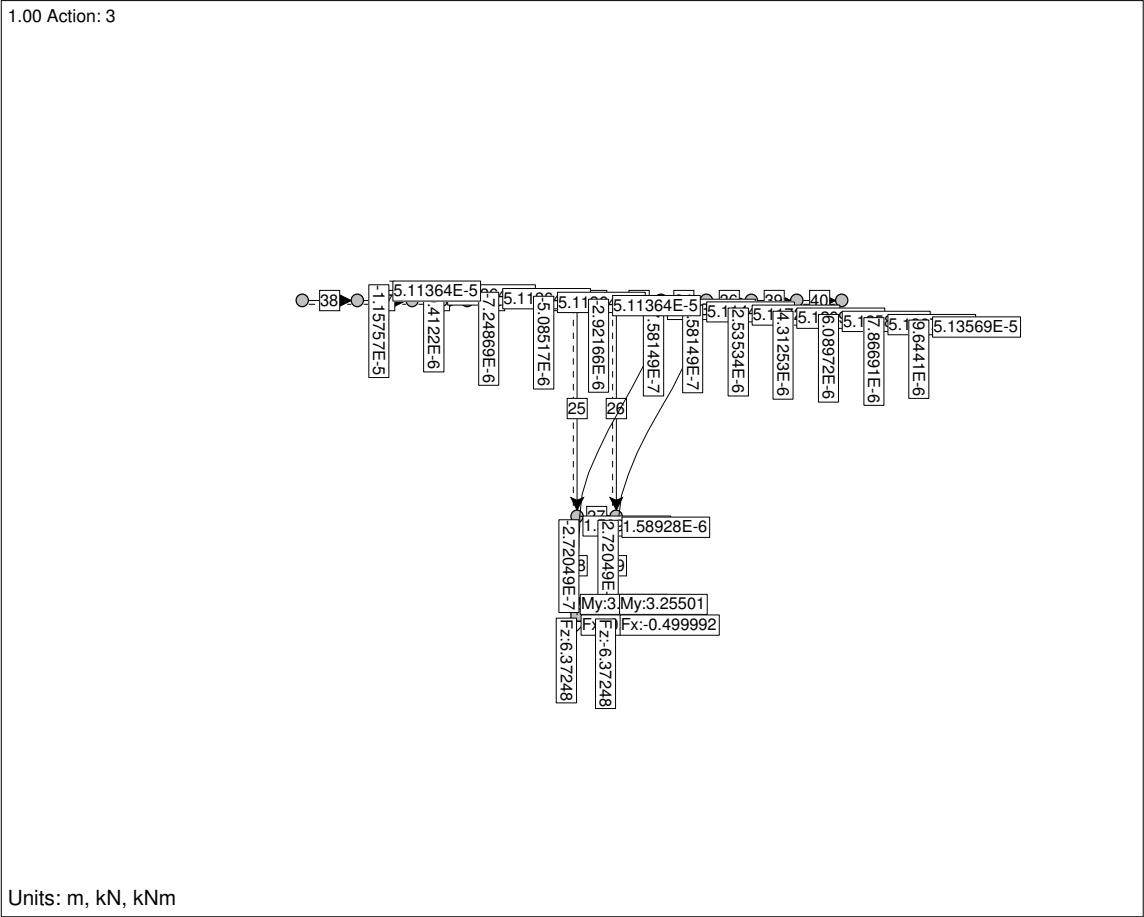
LC3: Proetensão: Shear Forces Fz

1.00 Action: 3

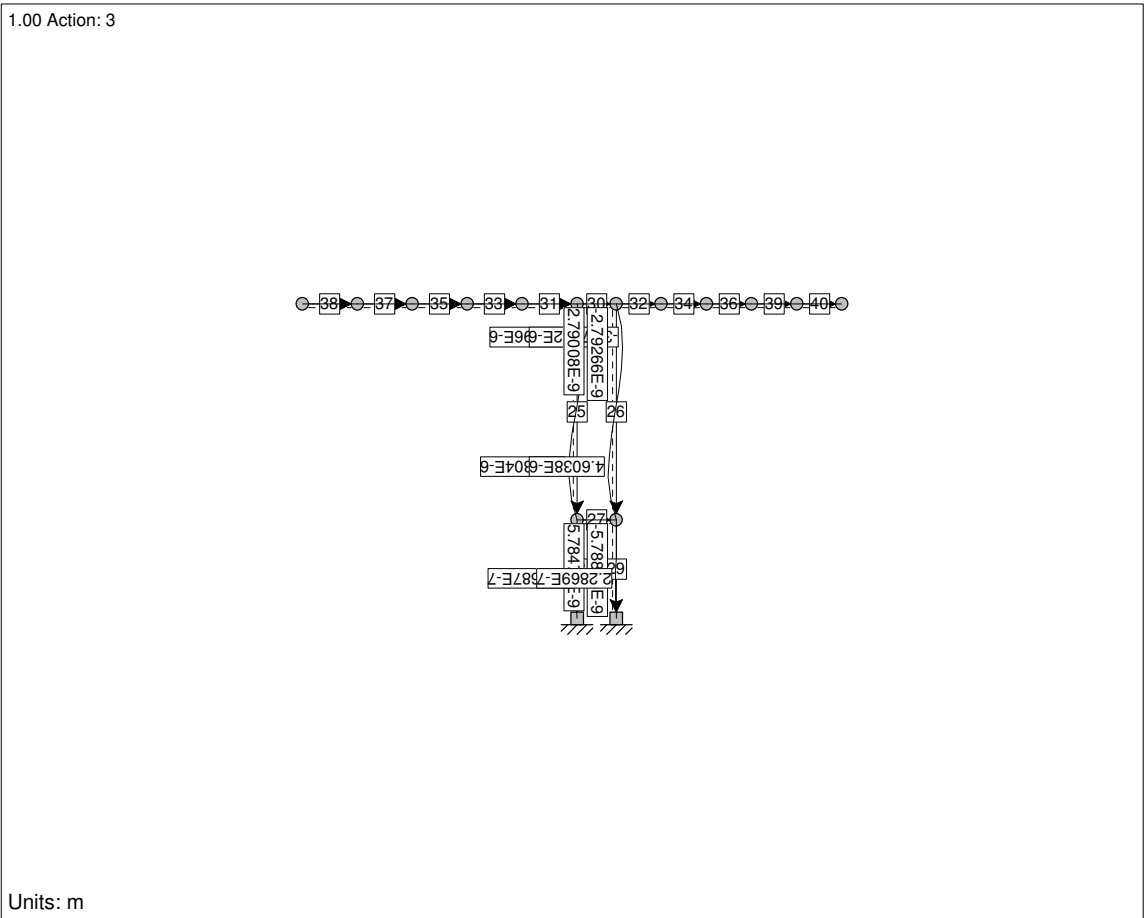


Units: kN

LC3: Proetensão: Displacements and Reactions

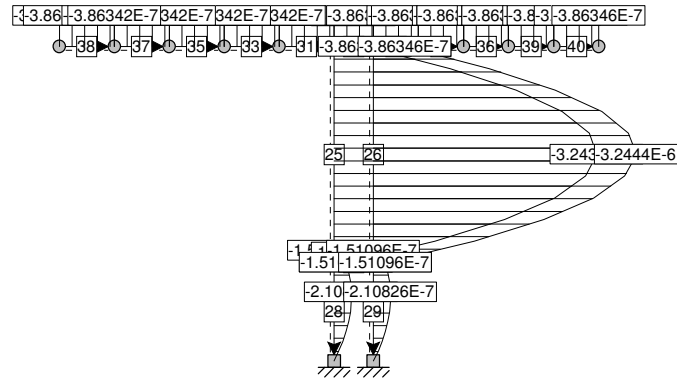


LC3: Proetensão: Local Displacements



LC3: Proetensão: Rotations

1.00 Action: 3



Units: rad

LC3: Proetensão: Nodal Displacements

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|------------|-------------|--------------|
| 3: | 5.11364E-5 | -7.58149E-7 | -3.86342E-7 |
| 4: | 5.11445E-5 | 7.58149E-7 | -3.86346E-7 |
| 7: | 5.11364E-5 | -9.4122E-6 | -3.86342E-7 |
| 8: | 5.11364E-5 | -7.24869E-6 | -3.86342E-7 |
| 9: | 5.11364E-5 | -5.08517E-6 | -3.86342E-7 |
| 10: | 5.11364E-5 | -2.92166E-6 | -3.86342E-7 |
| 11: | 5.11726E-5 | 2.53534E-6 | -3.86346E-7 |

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|------------|-------------|--------------|
| 12: | 5.12096E-5 | 4.31253E-6 | -3.86346E-7 |
| 13: | 5.12587E-5 | 6.08972E-6 | -3.86346E-7 |
| 24: | 5.11364E-5 | -1.15757E-5 | -3.86342E-7 |
| 25: | 1.58928E-6 | -2.72049E-7 | -1.51091E-7 |
| 26: | 1.58928E-6 | 2.72049E-7 | -1.51096E-7 |
| 29: | 5.13078E-5 | 7.86691E-6 | -3.86346E-7 |
| 30: | 5.13569E-5 | 9.6441E-6 | -3.86346E-7 |

LC3: Proetensão: Reactions

| Node | F _x [kN] | F _z [kN] | M _y [kNm] |
|------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 27: | -0.500008 | 6.37248 | 3.25506 |
| 28: | -0.4999992 | -6.37248 | 3.25501 |

LC3: Proetensão: Element 25:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 2.69564 | 0.499955 | -5.39079 |
| 0.10 | 2.69564 | 0.499955 | -4.29089 |
| 0.20 | 2.69564 | 0.499955 | -3.19099 |
| 0.30 | 2.69564 | 0.499955 | -2.09109 |
| 0.40 | 2.69564 | 0.499955 | -0.991186 |
| 0.50 | 2.69564 | 0.499955 | 0.108714 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 2.69564 | 0.499955 | 1.20861 |
| 0.70 | 2.69564 | 0.499955 | 2.30851 |
| 0.80 | 2.69564 | 0.499955 | 3.40841 |
| 0.90 | 2.69564 | 0.499955 | 4.50831 |
| 1.00 | 2.69564 | 0.499955 | 5.60821 |

LC3: Proetensão: Element 26:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -2.69564 | 0.500045 | -5.39179 |
| 0.10 | -2.69564 | 0.500045 | -4.29169 |
| 0.20 | -2.69564 | 0.500045 | -3.19159 |
| 0.30 | -2.69564 | 0.500045 | -2.09149 |
| 0.40 | -2.69564 | 0.500045 | -0.991386 |
| 0.50 | -2.69564 | 0.500045 | 0.108714 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -2.69564 | 0.500045 | 1.20881 |
| 0.70 | -2.69564 | 0.500045 | 2.30891 |
| 0.80 | -2.69564 | 0.500045 | 3.40901 |
| 0.90 | -2.69564 | 0.500045 | 4.50911 |
| 1.00 | -2.69564 | 0.500045 | 5.60921 |

LC3: Proetensão: Element 27:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|--------------|
| 0.00 | 5.3383E-5 | -3.67684 | 7.35323 |
| 0.10 | 5.3383E-5 | -3.67684 | 5.8825 |
| 0.20 | 5.3383E-5 | -3.67684 | 4.41176 |
| 0.30 | 5.3383E-5 | -3.67684 | 2.94103 |
| 0.40 | 5.3383E-5 | -3.67684 | 1.47029 |
| 0.50 | 5.3383E-5 | -3.67684 | -0.000445885 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 5.3383E-5 | -3.67684 | -1.47118 |
| 0.70 | 5.3383E-5 | -3.67684 | -2.94192 |
| 0.80 | 5.3383E-5 | -3.67684 | -4.41265 |
| 0.90 | 5.3383E-5 | -3.67684 | -5.88339 |
| 1.00 | 5.3383E-5 | -3.67684 | -7.35413 |

LC3: Proetensão: Element 28:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 6.37248 | 0.500008 | -1.74502 |
| 0.10 | 6.37248 | 0.500008 | -1.24501 |
| 0.20 | 6.37248 | 0.500008 | -0.745004 |
| 0.30 | 6.37248 | 0.500008 | -0.244996 |
| 0.40 | 6.37248 | 0.500008 | 0.255012 |
| 0.50 | 6.37248 | 0.500008 | 0.75502 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 6.37248 | 0.500008 | 1.25503 |
| 0.70 | 6.37248 | 0.500008 | 1.75504 |
| 0.80 | 6.37248 | 0.500008 | 2.25504 |
| 0.90 | 6.37248 | 0.500008 | 2.75505 |
| 1.00 | 6.37248 | 0.500008 | 3.25506 |

LC3: Proetensão: Element 29:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -6.37248 | 0.499992 | -1.74491 |
| 0.10 | -6.37248 | 0.499992 | -1.24492 |
| 0.20 | -6.37248 | 0.499992 | -0.744929 |
| 0.30 | -6.37248 | 0.499992 | -0.244937 |
| 0.40 | -6.37248 | 0.499992 | 0.255055 |
| 0.50 | -6.37248 | 0.499992 | 0.755047 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -6.37248 | 0.499992 | 1.25504 |
| 0.70 | -6.37248 | 0.499992 | 1.75503 |
| 0.80 | -6.37248 | 0.499992 | 2.25502 |
| 0.90 | -6.37248 | 0.499992 | 2.75502 |
| 1.00 | -6.37248 | 0.499992 | 3.25501 |

LC3: Proetensão: Element 30:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|--------------|
| 0.00 | 0.499955 | -2.69564 | 5.39079 |
| 0.10 | 0.499955 | -2.69564 | 4.31253 |
| 0.20 | 0.499955 | -2.69564 | 3.23427 |
| 0.30 | 0.499955 | -2.69564 | 2.15601 |
| 0.40 | 0.499955 | -2.69564 | 1.07776 |
| 0.50 | 0.499955 | -2.69564 | -0.000500028 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0.499955 | -2.69564 | -1.07876 |
| 0.70 | 0.499955 | -2.69564 | -2.15701 |
| 0.80 | 0.499955 | -2.69564 | -3.23527 |
| 0.90 | 0.499955 | -2.69564 | -4.31353 |
| 1.00 | 0.499955 | -2.69564 | -5.39179 |

LC3: Proetensão: Element 31:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 31:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 32:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1 | 0 | 0 |
| 0.10 | 1 | 0 | 0 |
| 0.20 | 1 | 0 | 0 |
| 0.30 | 1 | 0 | 0 |
| 0.40 | 1 | 0 | 0 |
| 0.50 | 1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1 | 0 | 0 |
| 0.70 | 1 | 0 | 0 |
| 0.80 | 1 | 0 | 0 |
| 0.90 | 1 | 0 | 0 |
| 1.00 | 1 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 33:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 34:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1 | 0 | 0 |
| 0.10 | 1 | 0 | 0 |
| 0.20 | 1 | 0 | 0 |
| 0.30 | 1 | 0 | 0 |
| 0.40 | 1 | 0 | 0 |
| 0.50 | 1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1 | 0 | 0 |
| 0.70 | 1 | 0 | 0 |
| 0.80 | 1 | 0 | 0 |
| 0.90 | 1 | 0 | 0 |
| 1.00 | 1 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 35:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 36:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1 | 0 | 0 |
| 0.10 | 1 | 0 | 0 |
| 0.20 | 1 | 0 | 0 |
| 0.30 | 1 | 0 | 0 |
| 0.40 | 1 | 0 | 0 |
| 0.50 | 1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1 | 0 | 0 |
| 0.70 | 1 | 0 | 0 |
| 0.80 | 1 | 0 | 0 |
| 0.90 | 1 | 0 | 0 |
| 1.00 | 1 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 37:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 38:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC3: Proetensão: Element 39:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1 | 0 | 0 |
| 0.10 | 1 | 0 | 0 |
| 0.20 | 1 | 0 | 0 |
| 0.30 | 1 | 0 | 0 |
| 0.40 | 1 | 0 | 0 |
| 0.50 | 1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1 | 0 | 0 |
| 0.70 | 1 | 0 | 0 |
| 0.80 | 1 | 0 | 0 |
| 0.90 | 1 | 0 | 0 |
| 1.00 | 1 | 0 | 0 |

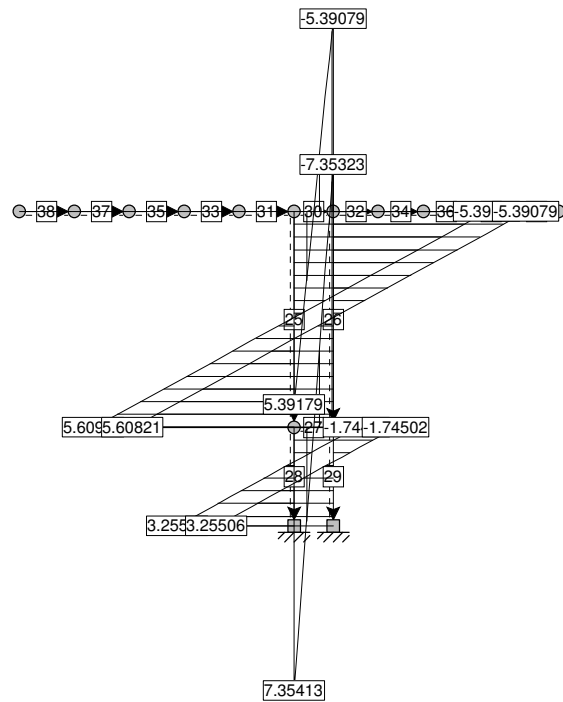
LC3: Proetensão: Element 40:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 1 | 0 | 0 |
| 0.10 | 1 | 0 | 0 |
| 0.20 | 1 | 0 | 0 |
| 0.30 | 1 | 0 | 0 |
| 0.40 | 1 | 0 | 0 |
| 0.50 | 1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 1 | 0 | 0 |
| 0.70 | 1 | 0 | 0 |
| 0.80 | 1 | 0 | 0 |
| 0.90 | 1 | 0 | 0 |
| 1.00 | 1 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Bending Moments My

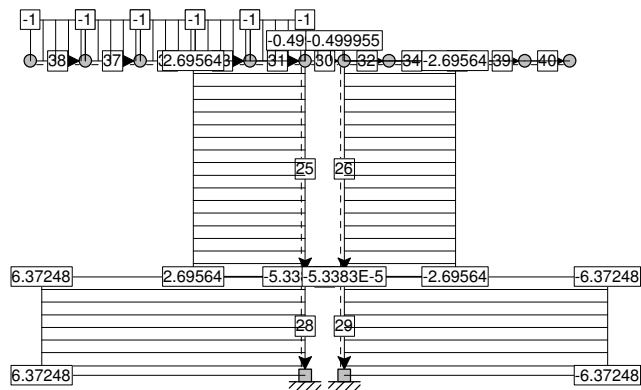
1.00 Action: 4



Units: kNm

LC4: Rigidez Horizontal: Axial Forces Fx

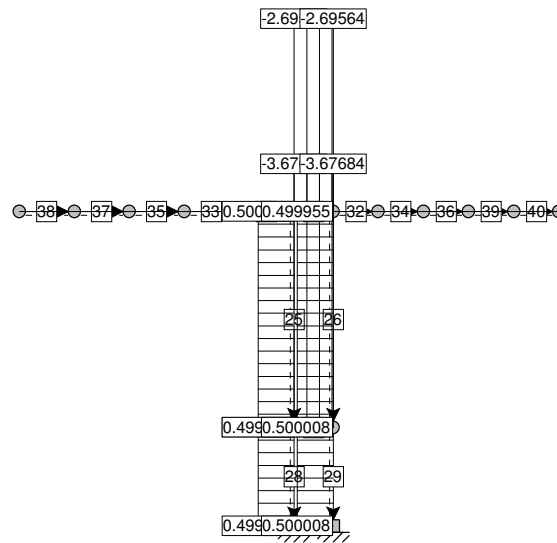
1.00 Action: 4



Units: kN

LC4: Rigidez Horizontal: Shear Forces F_z

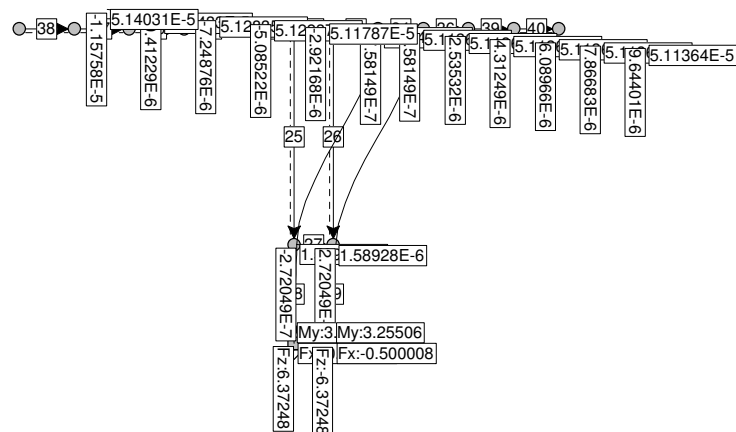
1.00 Action: 4



Units: kN

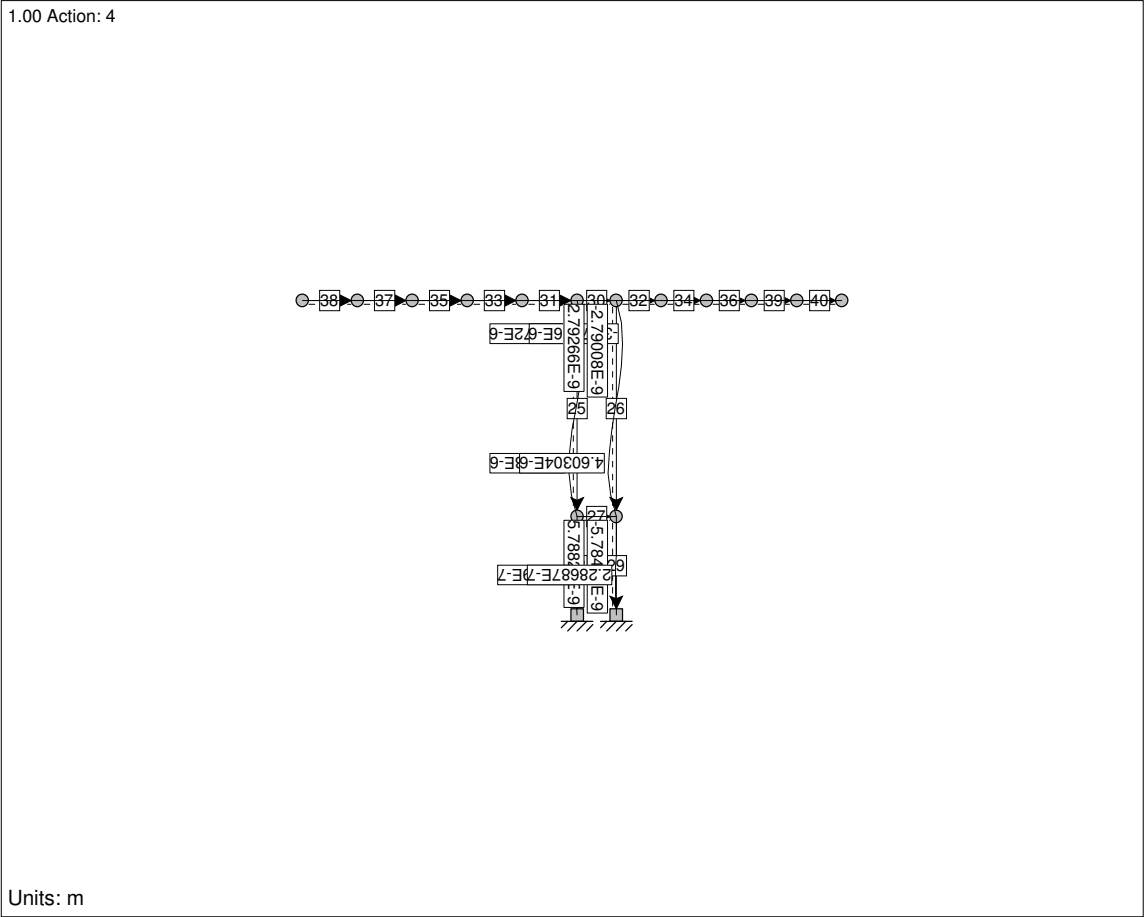
LC4: Rigidez Horizontal: Displacements and Reactions

1.00 Action: 4

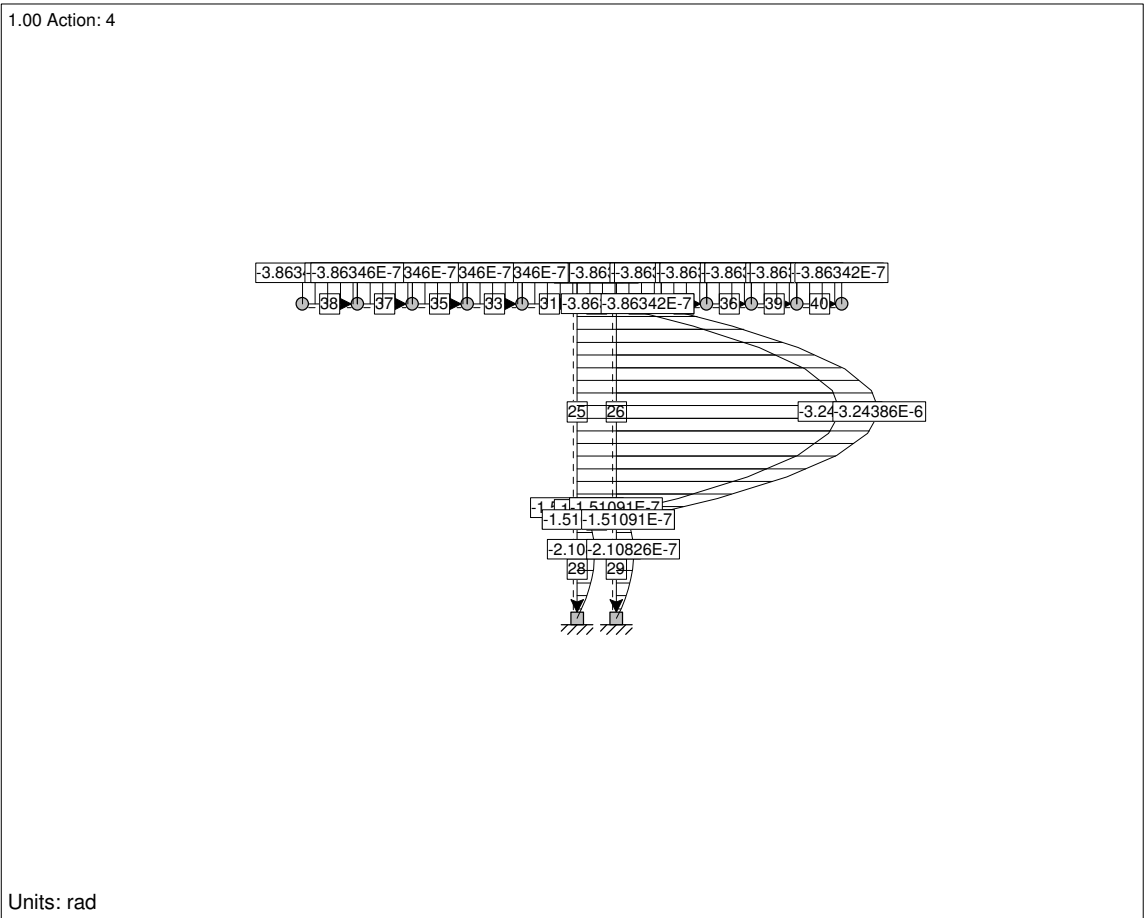


Units: m, kN, kNm

LC4: Rigidez Horizontal: Local Displacements



LC4: Rigidez Horizontal: Rotations



LC4: Rigidez Horizontal: Nodal Displacements

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|------------|-------------|--------------|
| 3: | 5.11445E-5 | -7.58149E-7 | -3.86346E-7 |
| 4: | 5.11364E-5 | 7.58149E-7 | -3.86342E-7 |
| 7: | 5.13433E-5 | -9.41229E-6 | -3.86346E-7 |
| 8: | 5.12835E-5 | -7.24876E-6 | -3.86346E-7 |
| 9: | 5.12237E-5 | -5.08522E-6 | -3.86346E-7 |
| 10: | 5.11787E-5 | -2.92168E-6 | -3.86346E-7 |
| 11: | 5.11364E-5 | 2.53532E-6 | -3.86342E-7 |

| Node | ux [m] | uz [m] | fiy [rad] |
|------|------------|-------------|--------------|
| 12: | 5.11364E-5 | 4.31249E-6 | -3.86342E-7 |
| 13: | 5.11364E-5 | 6.08966E-6 | -3.86342E-7 |
| 24: | 5.14031E-5 | -1.15758E-5 | -3.86346E-7 |
| 25: | 1.58928E-6 | -2.72049E-7 | -1.51096E-7 |
| 26: | 1.58928E-6 | 2.72049E-7 | -1.51091E-7 |
| 29: | 5.11364E-5 | 7.86683E-6 | -3.86342E-7 |
| 30: | 5.11364E-5 | 9.64401E-6 | -3.86342E-7 |

LC4: Rigidez Horizontal: Reactions

| Node | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 27: | -0.499992 | 6.37248 | 3.25501 |
| 28: | -0.500008 | -6.37248 | 3.25506 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 25:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 2.69564 | 0.500045 | -5.39179 |
| 0.10 | 2.69564 | 0.500045 | -4.29169 |
| 0.20 | 2.69564 | 0.500045 | -3.19159 |
| 0.30 | 2.69564 | 0.500045 | -2.09149 |
| 0.40 | 2.69564 | 0.500045 | -0.991386 |
| 0.50 | 2.69564 | 0.500045 | 0.108714 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 2.69564 | 0.500045 | 1.20881 |
| 0.70 | 2.69564 | 0.500045 | 2.30891 |
| 0.80 | 2.69564 | 0.500045 | 3.40901 |
| 0.90 | 2.69564 | 0.500045 | 4.50911 |
| 1.00 | 2.69564 | 0.500045 | 5.60921 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 26:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -2.69564 | 0.499955 | -5.39079 |
| 0.10 | -2.69564 | 0.499955 | -4.29089 |
| 0.20 | -2.69564 | 0.499955 | -3.19099 |
| 0.30 | -2.69564 | 0.499955 | -2.09109 |
| 0.40 | -2.69564 | 0.499955 | -0.991186 |
| 0.50 | -2.69564 | 0.499955 | 0.108714 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -2.69564 | 0.499955 | 1.20861 |
| 0.70 | -2.69564 | 0.499955 | 2.30851 |
| 0.80 | -2.69564 | 0.499955 | 3.40841 |
| 0.90 | -2.69564 | 0.499955 | 4.50831 |
| 1.00 | -2.69564 | 0.499955 | 5.60821 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 27:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -5.3383E-5 | -3.67684 | 7.35413 |
| 0.10 | -5.3383E-5 | -3.67684 | 5.88339 |
| 0.20 | -5.3383E-5 | -3.67684 | 4.41265 |
| 0.30 | -5.3383E-5 | -3.67684 | 2.94192 |
| 0.40 | -5.3383E-5 | -3.67684 | 1.47118 |
| 0.50 | -5.3383E-5 | -3.67684 | 0.000445885 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -5.3383E-5 | -3.67684 | -1.47029 |
| 0.70 | -5.3383E-5 | -3.67684 | -2.94103 |
| 0.80 | -5.3383E-5 | -3.67684 | -4.41176 |
| 0.90 | -5.3383E-5 | -3.67684 | -5.8825 |
| 1.00 | -5.3383E-5 | -3.67684 | -7.35323 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 28:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 6.37248 | 0.499992 | -1.74491 |
| 0.10 | 6.37248 | 0.499992 | -1.24492 |
| 0.20 | 6.37248 | 0.499992 | -0.744929 |
| 0.30 | 6.37248 | 0.499992 | -0.244937 |
| 0.40 | 6.37248 | 0.499992 | 0.255055 |
| 0.50 | 6.37248 | 0.499992 | 0.755047 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 6.37248 | 0.499992 | 1.25504 |
| 0.70 | 6.37248 | 0.499992 | 1.75503 |
| 0.80 | 6.37248 | 0.499992 | 2.25502 |
| 0.90 | 6.37248 | 0.499992 | 2.75502 |
| 1.00 | 6.37248 | 0.499992 | 3.25501 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 29:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -6.37248 | 0.500008 | -1.74502 |
| 0.10 | -6.37248 | 0.500008 | -1.24501 |
| 0.20 | -6.37248 | 0.500008 | -0.745004 |
| 0.30 | -6.37248 | 0.500008 | -0.244996 |
| 0.40 | -6.37248 | 0.500008 | 0.255012 |
| 0.50 | -6.37248 | 0.500008 | 0.75502 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -6.37248 | 0.500008 | 1.25503 |
| 0.70 | -6.37248 | 0.500008 | 1.75504 |
| 0.80 | -6.37248 | 0.500008 | 2.25504 |
| 0.90 | -6.37248 | 0.500008 | 2.75505 |
| 1.00 | -6.37248 | 0.500008 | 3.25506 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 30:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -0.499955 | -2.69564 | 5.39179 |
| 0.10 | -0.499955 | -2.69564 | 4.31353 |
| 0.20 | -0.499955 | -2.69564 | 3.23527 |
| 0.30 | -0.499955 | -2.69564 | 2.15701 |
| 0.40 | -0.499955 | -2.69564 | 1.07876 |
| 0.50 | -0.499955 | -2.69564 | 0.000500028 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -0.499955 | -2.69564 | -1.07776 |
| 0.70 | -0.499955 | -2.69564 | -2.15601 |
| 0.80 | -0.499955 | -2.69564 | -3.23427 |
| 0.90 | -0.499955 | -2.69564 | -4.31253 |
| 1.00 | -0.499955 | -2.69564 | -5.39079 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 31:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1 | 0 | 0 |
| 0.10 | -1 | 0 | 0 |
| 0.20 | -1 | 0 | 0 |
| 0.30 | -1 | 0 | 0 |
| 0.40 | -1 | 0 | 0 |
| 0.50 | -1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1 | 0 | 0 |
| 0.70 | -1 | 0 | 0 |
| 0.80 | -1 | 0 | 0 |
| 0.90 | -1 | 0 | 0 |
| 1.00 | -1 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 32:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 33:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1 | 0 | 0 |
| 0.10 | -1 | 0 | 0 |
| 0.20 | -1 | 0 | 0 |
| 0.30 | -1 | 0 | 0 |
| 0.40 | -1 | 0 | 0 |
| 0.50 | -1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1 | 0 | 0 |
| 0.70 | -1 | 0 | 0 |
| 0.80 | -1 | 0 | 0 |
| 0.90 | -1 | 0 | 0 |
| 1.00 | -1 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 34:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 34:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 35:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1 | 0 | 0 |
| 0.10 | -1 | 0 | 0 |
| 0.20 | -1 | 0 | 0 |
| 0.30 | -1 | 0 | 0 |
| 0.40 | -1 | 0 | 0 |
| 0.50 | -1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1 | 0 | 0 |
| 0.70 | -1 | 0 | 0 |
| 0.80 | -1 | 0 | 0 |
| 0.90 | -1 | 0 | 0 |
| 1.00 | -1 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 36:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 37:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1 | 0 | 0 |
| 0.10 | -1 | 0 | 0 |
| 0.20 | -1 | 0 | 0 |
| 0.30 | -1 | 0 | 0 |
| 0.40 | -1 | 0 | 0 |
| 0.50 | -1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1 | 0 | 0 |
| 0.70 | -1 | 0 | 0 |
| 0.80 | -1 | 0 | 0 |
| 0.90 | -1 | 0 | 0 |
| 1.00 | -1 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 38:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | -1 | 0 | 0 |
| 0.10 | -1 | 0 | 0 |
| 0.20 | -1 | 0 | 0 |
| 0.30 | -1 | 0 | 0 |
| 0.40 | -1 | 0 | 0 |
| 0.50 | -1 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | -1 | 0 | 0 |
| 0.70 | -1 | 0 | 0 |
| 0.80 | -1 | 0 | 0 |
| 0.90 | -1 | 0 | 0 |
| 1.00 | -1 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 39:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

LC4: Rigidez Horizontal: Element 40:

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.00 | 0 | 0 | 0 |
| 0.10 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50 | 0 | 0 | 0 |

| Pos | Fx [kN] | Fz [kN] | My [kNm] |
|------|------------|------------|-------------|
| 0.60 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80 | 0 | 0 | 0 |
| 0.90 | 0 | 0 | 0 |
| 1.00 | 0 | 0 | 0 |

Element 25 design results (Building code - EC2):

Cross-section [m]

[Pilar]

h = 1.00

b = 4.00

Element supports width:

left = 0.00 m,


right = 0.00 m

Concrete: C 25/30

Reinforcement: Not defined!

The design of this element is not possible due to the following reason(s):

- 1 - Reinforcement material is either not selected or it is wrong.
- 2 - Bottom reinforcement is not defined. There are uncovered areas:
[0.00-1.00]%
- 3 - Bottom reinforcement is not defined. There are uncovered areas:
[0.00-1.00]%
- 4 - Stirrups are not defined. There are uncovered areas:
[0.00-1.00]%

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 57 | 3 | |

3.2.6.2. Memória de Cálculo dos Acessos

A seguir, apresenta-se a memória de cálculo.

3 - CARACTERÍSTICAS GEOMÉRICAS DA SUPER-ESTRUTURA

| | |
|--|---------|
| Comprimento do vao | 29,80 m |
| Largura da supe-estrutura | 5,85 m |
| Altura da super-estrutura | 3,10 m |
| Afastamento das longarinas | 2,50 m |
| Espessura da laje do tabuleiro | 0,25 m |
| Altura inicial das longarinas | 2,85 m |
| Espessura da alma das longarinas | 0,25 m |
| Largura da mesa superior | 0,90 m |
| Espessura equivalente da mesa superior | 0,23 m |
| Largura da mesa inferior | 0,90 m |
| Espessura equivalente da mesa inferior | 0,48 m |
| Espessura da laje de fundo (formas) | 0,05 m |
| Altura das transversinas | 2,15 m |
| Espressoara das transversinas | 0,30 m |
| Largura do passeio | 0,60 m |
| Espessura da laje do passeio | 0,05 m |
| Altura das muretas | 0,52 m |
| Espessura das muretas do passeio | 0,15 m |
| Espessura equivalente do lastro | 0,58 m |

4 - CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS LONGARINAS

Fase inicial - sem laje

| Seção | Altura | Área | CGi | CGs | J | Wi | Ws |
|---------|--------|----------------|------|------|----------------|----------------|----------------|
| | m | m ² | m | m | m ⁴ | m ³ | m ³ |
| Vao 285 | 2,85 | 1,05 | 1,35 | 1,50 | 1,05 | 0,78 | 0,70 |

simplificadas

Fase final - com laje

| Seção | Altura | Área | CGi | CGs | J | Wi | Ws |
|---------|--------|----------------|------|------|----------------|----------------|----------------|
| | m | m ² | m | m | m ⁴ | m ³ | m ³ |
| Vao 310 | 3,10 | 1,65 | 2,15 | 0,95 | 2,35 | 1,09 | 2,47 |

simplificadas

5 - SEÇÕES DE ANÁLISE

| Seção | Abcissa |
|-------|---------|
| | m |
| 0 | 0,000 |
| 1 | 2,980 |
| 2 | 5,960 |
| 3 | 8,940 |
| 4 | 11,920 |
| 5 | 14,900 |

6 - CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Concreto Estrutural

| | | | | |
|---------------------|--------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Classe | C35 | | | |
| Massa específica | $\rho_c =$ | 2.500 | kgf/m ³ | |
| Coef Dilat Térmica | $\Delta t =$ | 1x10 ⁻⁵ | /°C | |
| Resist compressão | $f_{ck} =$ | 35 MPa | 3,5 kgf/mm ² | 350 kgf/cm ² |
| Resist tração | $f_{ct} =$ | 2 MPa | 0,2 kgf/mm ² | 20 kgf/cm ² |
| Mód elasticidade | $E_c =$ | 28.161 MPa | 2.816 kgf/mm ² | 281.605 kgf/cm ² |
| Fluência e retração | | | | |

Tabela 8.1 - Valores característicos superiores da deformação específica de retração $\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ e do coeficiente de fluência $\varphi(t_{\infty}, t_0)$

| Umidade ambiente % | | | 40 | | 55 | | 75 | | 90 | |
|--|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Espessura fictícia $2A_c/u$ cm | | | 20 | 60 | 20 | 60 | 20 | 60 | 20 | 60 |
| $\varphi(t_{\infty}, t_0)$ | t_0 | 5 | 4,4 | 3,9 | 3,8 | 3,3 | 3,0 | 2,6 | 2,3 | 2,1 |
| | | 30 | 3,0 | 2,9 | 2,6 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,6 | 1,6 |
| | | 60 | 3,0 | 2,6 | 2,2 | 2,2 | 1,7 | 1,8 | 1,4 | 1,4 |
| $\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ $\sigma_{f_{\infty}}$ | dias | 5 | -0,44 | -0,39 | -0,37 | -0,33 | -0,23 | -0,21 | -0,10 | -0,09 |
| | | 30 | -0,37 | -0,38 | -0,31 | -0,31 | -0,20 | -0,20 | -0,09 | -0,09 |
| | | 60 | -0,32 | -0,36 | -0,27 | -0,30 | -0,17 | -0,19 | -0,08 | -0,09 |

Aço

| | | | | | |
|-----------------|--------|-------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| Amadura passiva | | CA 50 | | | |
| | | $f_{yk} =$ | 500 MPa | 50 kgf/mm ² | 5.000 kgf/cm ² |
| | | $E_s =$ | 210.000 MPa | 21.000 kgf/mm ² | 2.100.000 kgf/cm ² |
| Armadura ativa | | CP 190 RB | | | |
| | | $f_{ptk} =$ | 1.900 MPa | 190 kgf/mm ² | 19.000 kgf/cm ² |
| | 0,77 x | $f_{fptk} =$ | 1.463 MPa | 146 kgf/mm ² | 14.600 kgf/cm ² |
| | | $f_{ptk} (1\%) =$ | 1.708 MPa | 170 kgf/mm ² | 17.000 kgf/cm ² |
| $f_{pi} =$ | 0,85 x | $f_{ptk} (1\%) =$ | 1.451 MPa | 145 kgf/mm ² | 14.500 kgf/cm ² |
| | | $E_p =$ | 200.000 MPa | 20.000 kgf/mm ² | 2.000.000 kgf/cm ² |

Carregamento permanente inicial (por longarina)

8 - SOLICITAÇÕES DA CARGA PERMANENTE

Momento Fletor

| Seção | Abcissa | Inicial | Final | Total |
|-------|---------|---------|--------|--------|
| | | Mgi | Mgf | Mg |
| | | tfm | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 2,980 | 126,61 | 219,84 | 346,46 |
| 2 | 5,960 | 225,09 | 390,83 | 615,92 |
| 3 | 8,940 | 295,43 | 512,97 | 808,40 |
| 4 | 11,920 | 337,64 | 586,25 | 923,88 |
| 5 | 14,900 | 351,71 | 610,67 | 962,38 |

Esforço Cortante

| Seção | Abcissa | Inicial | Final | Total |
|-------|---------|---------|--------|--------|
| | | Vgi | Vgf | Vg |
| | | tf | tf | tf |
| 0 | 0,000 | 47,209 | 81,969 | 129,18 |
| 1 | 2,980 | 37,767 | 65,576 | 103,34 |
| 2 | 5,960 | 28,325 | 49,182 | 77,51 |
| 3 | 8,940 | 18,884 | 32,788 | 51,67 |
| 4 | 11,920 | 9,442 | 16,394 | 25,84 |
| 5 | 14,900 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |

Reação de Apoio

| Seção | Abcissa | Inicial | Final | Total |
|-------|---------|---------|--------|---------|
| | | Rgi | Rgf | Rg |
| | | tf | tf | tf |
| 0 | 0,000 | 47,209 | 81,969 | 129,178 |

9 - CARREGAMENTO MÓVEL

Trem-tipo:

NBR 7189 - TB 360

$$\begin{aligned} Q &= 360 \text{ kN} \\ q &= 120 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Impacto -

NBR 7187 - item 7.2.1.2

$$\varphi = 0,001 \times (1\,600 - 60 \times l^{1/2} + 2,25 \times l) \geq 1,20$$

$$\begin{aligned} l &= 29,80 \text{ m} \\ \varphi &= 1,34 \end{aligned}$$

Trem-tipo total

$$\begin{aligned} P_t &= Q \times \varphi = 48,22 \text{ tf} \\ p_t &= q \times \varphi = 16,07 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

Choque lateral

NBR 7187 - item 7.2.1.4

$$\begin{aligned} CI\,P &= 0,20 \times P_t = 9,64 \text{ tf} && (\text{aplicado no topo dos trilhos}) \\ CI\,p &= 0,20 \times p_t = 3,21 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{altura do trilho} + \text{espessura do lastro} + \text{espessura laje} \\ h &= 1,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Força centrífuga

NBR 7187 - item 7.2.1.3

$$\begin{aligned} \text{Raio} &= 0 \text{ m} \\ C_{\text{cent}} &= 0,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_c &= C_{\text{cent}} \times P_t = 0,00 \text{ tf} && (\text{aplicado a } 1,60 \text{ m acima do topo dos trilhos}) \\ f_c &= C_{\text{cent}} \times p_t = 0,00 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{altura cg trem} + \text{altura do trilho} + \text{espessura do lastro} + \text{espessura laje} \\ h &= 2,39 \text{ m} \end{aligned}$$

Trem-tipo final (por longarina)

$$\text{afast longarinas} = 2,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} P &= 28,03 \text{ tf} \\ p &= 9,34 \text{ tf/m} \end{aligned}$$

10 - SOLICITAÇÕES DA CARGA MÓVEL

Momento Fletor

| Seção | Abcissa | Mp | |
|-------|---------|----------|------|
| | | Max | Min |
| | m | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 2,980 | 420,10 | 0,00 |
| 2 | 5,960 | 745,30 | 0,00 |
| 3 | 8,940 | 975,60 | 0,00 |
| 4 | 11,920 | 1.115,64 | 0,00 |
| 5 | 14,900 | 1.163,09 | 0,00 |

| |
|----------|
| 0,00 |
| 509,21 |
| 903,39 |
| 1.182,55 |
| 1.352,29 |
| 1.409,80 |

Esforço Cortante

| Seção | Abcissa | Vp | |
|-------|---------|--------|--------|
| | | Max | Min |
| | m | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 159,42 | 0,00 |
| 1 | 2,980 | 131,66 | -3,43 |
| 2 | 5,960 | 107,65 | -11,47 |
| 3 | 8,940 | 85,92 | -21,80 |
| 4 | 11,920 | 66,47 | -34,41 |
| 5 | 14,900 | 47,02 | -49,49 |

| | |
|--------|--------|
| 193,24 | 0,00 |
| 159,59 | -4,15 |
| 130,49 | -13,91 |
| 104,15 | -26,42 |
| 80,57 | -41,71 |
| 56,99 | -59,99 |

Reação de Apoio

| Seção | Abcissa | Rp | |
|-------|---------|--------|------|
| | | Max | Min |
| | m | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 193,24 | 0,00 |

11 - SOLICITAÇÕES DA CARGA MÓVEL

Momento Fletor

| Seção | Abcissa | M | |
|-------|---------|----------|--------|
| | | Max | Min |
| | m | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 2,980 | 766,55 | 346,46 |
| 2 | 5,960 | 1.361,22 | 615,92 |
| 3 | 8,940 | 1.784,00 | 808,40 |
| 4 | 11,920 | 2.039,52 | 923,88 |
| 5 | 14,900 | 2.125,46 | 962,38 |

Esforço Cortante

| Seção | Abcissa | V | |
|-------|---------|--------|--------|
| | | Max | Min |
| | m | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 322,42 | 129,18 |
| 1 | 2,980 | 262,94 | 99,92 |
| 2 | 5,960 | 207,99 | 66,03 |
| 3 | 8,940 | 155,82 | 29,87 |
| 4 | 11,920 | 106,40 | -8,57 |
| 5 | 14,900 | 56,99 | -49,49 |

Reação de Apoio

| Seção | Abcissa | R | |
|-------|---------|--------|--------|
| | | Max | Min |
| | m | tfm | tfm |
| 0 | 0,000 | 322,42 | 129,18 |

12 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO PROTENSÃO - FLEXÃO

$$\sigma = N / A \pm M / W \pm N \times e / W$$
$$\sigma = N / A \pm M / W \pm N \times e / W$$
$$N = (M / W) / (1 / A + e / W)$$
$$\sigma_c = 0 \text{ Mpa}$$
$$\sigma_t = 2/3 \times f_{ck} + 23,31 \text{ Mpa} = 2.331 \text{ tf/m}^2$$
$$f_{pi} = 1.451 \text{ Mpa} = 14.510 \text{ kgf/cm}^2$$


| Seção | Abcissa | M | Altura | Área | CGi | CGs | J | Wi | Ws | e | 1/A + e/W |
|-------|---------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----------|
| | m | tfm | m | m2 | m | m | m4 | m3 | m3 | m | 1/m2 |
| 0 | 0,000 | 0,000 | 3,10 | 1,650 | 2,150 | 0,950 | 2,350 | 1,093 | 2,474 | 2,05 | 1,43 |
| 1 | 2,980 | 766,555 | 5,70 | 1,650 | 2,150 | 0,950 | 2,350 | 1,093 | 2,474 | 2,05 | 1,43 |
| 2 | 5,960 | 1.361,222 | 3,10 | 1,650 | 2,150 | 0,950 | 2,350 | 1,093 | 2,474 | 2,05 | 1,43 |
| 3 | 8,940 | 1.784,003 | 3,75 | 1,650 | 2,150 | 0,950 | 2,350 | 1,093 | 2,474 | 2,05 | 1,43 |
| 4 | 11,920 | 2.039,520 | 3,08 | 1,650 | 2,150 | 0,950 | 2,350 | 1,093 | 2,474 | 2,05 | 1,43 |
| 5 | 14,900 | 2.125,465 | 3,75 | 1,650 | 2,150 | 0,950 | 2,350 | 1,093 | 2,474 | 2,05 | 1,43 |

e = excentricidade da N em relação ao CGs

Força de protensão

| Φ Cord | Sec Cord | fpi | Perd Prot | Fp Cord | Cabo | Fp Cabo |
|--------|----------|---------|-----------|---------|------|---------|
| mm | mm2 | kgf/mm2 | kgf/mm2 | tf | und | tf |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12.754 | 6 | 76.521 |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12.754 | 12 | 153.042 |
| 15,2 | 143,4 | 145 | 30 | 16.491 | 12 | 197.892 |

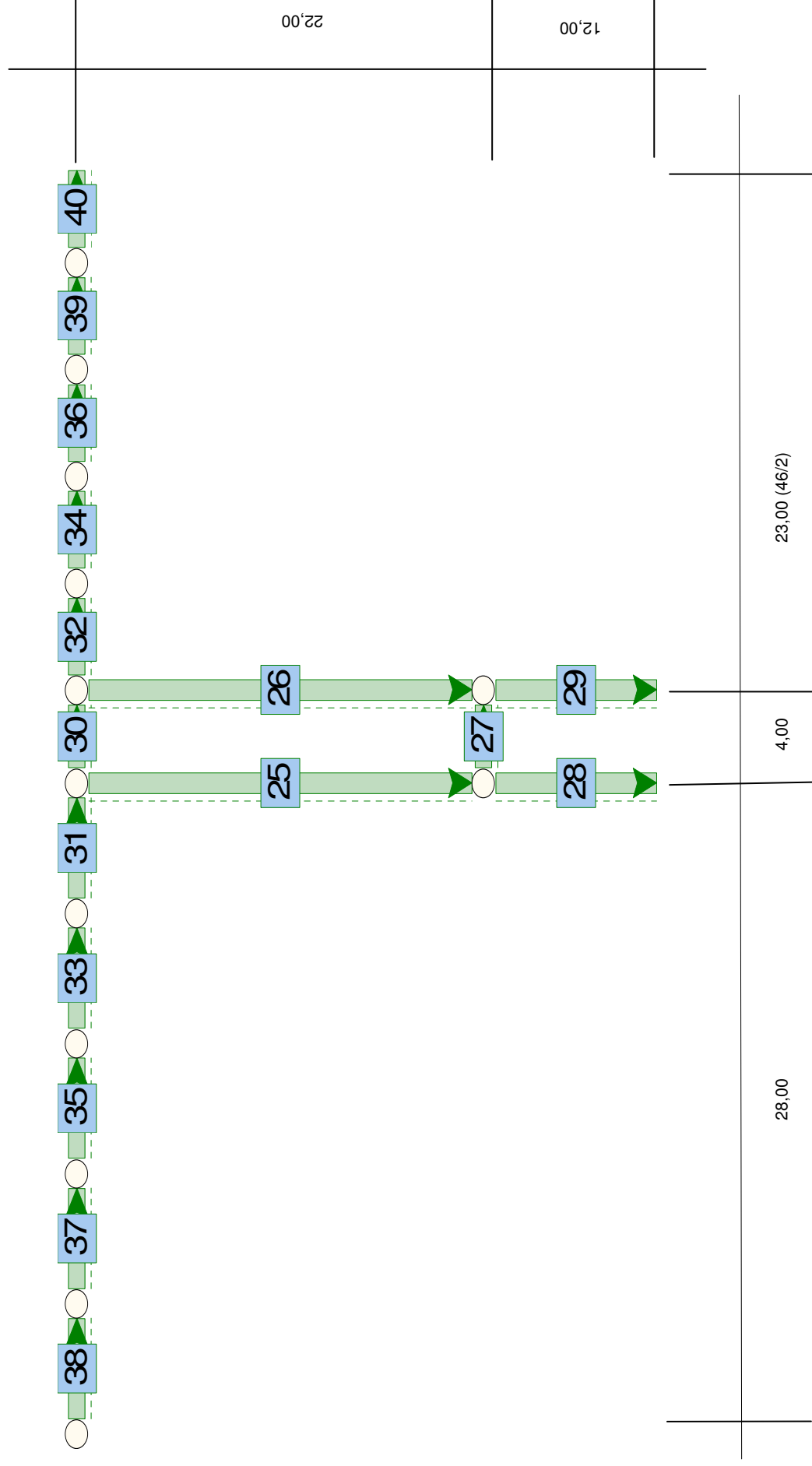
| Elemento | Carreg Inicial | | Final | | | | Num de Cabos | | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|-----|
| | Abcissa | σ _i | σ _s | N | σ _N | σ _{iNe} | σ _{sNe} | σ _i | σ _s | |
| | m | tf/m2 | tf/m2 | tf | tf/m2 | tf/m2 | tf/m2 | tf/m2 | tf/m2 | und |
| 0 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2,980 | -701,32 | 309,88 | 488,80 | 296 | -917 | 405 | -1.322 | 1.011 | 3 |
| 2 | 5,960 | -1.245,37 | 550,28 | 867,99 | 526 | -1.628 | 719 | -2.347 | 1.796 | 5 |
| 3 | 8,940 | -1.632,17 | 721,19 | 1.137,57 | 689 | -2.134 | 943 | -3.076 | 2.353 | 7 |
| 4 | 11,920 | -1.865,94 | 824,49 | 1.300,51 | 788 | -2.439 | 1.078 | -3.517 | 2.690 | 8 |
| 5 | 14,900 | -1.944,57 | 859,23 | 1.355,31 | 821 | -2.542 | 1.123 | -3.665 | 2.804 | 8 |

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 67 | 3 | |

3.2.6.3. Memória de Cálculo do Segmento Central

A seguir, apresenta-se a memória de cálculo.

1 - ESQUEMA LONGITUDINAL DA OBRA - FASE INICIAL



2 - CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Concreto Estrutural

| | | | | |
|---------------------|--------------|------------|---------------------------|-----------------------------|
| Classe | C35 | | | |
| Massa específica | $\rho_c =$ | 2.500 | kgf/m ³ | |
| Coef Dilat Térmica | $\Delta t =$ | 1x10-5 | /°C | |
| Resist compressão | $f_{ck} =$ | 35 MPa | 3,5 kgf/mm ² | 350 kgf/cm ² |
| Resit tração | $f_{ct} =$ | 2 MPa | 0,2 kgf/mm ² | 20 kgf/cm ² |
| Mód elasticidade | $E_c =$ | 28.161 MPa | 2.816 kgf/mm ² | 281.605 kgf/cm ² |
| Fluência e retração | | | | |

Tabela 8.1 - Valores característicos superiores da deformação específica de retração $\varepsilon_{cs}(t_m, t_0)$ e do coeficiente de fluência $\varphi(t_m, t_0)$

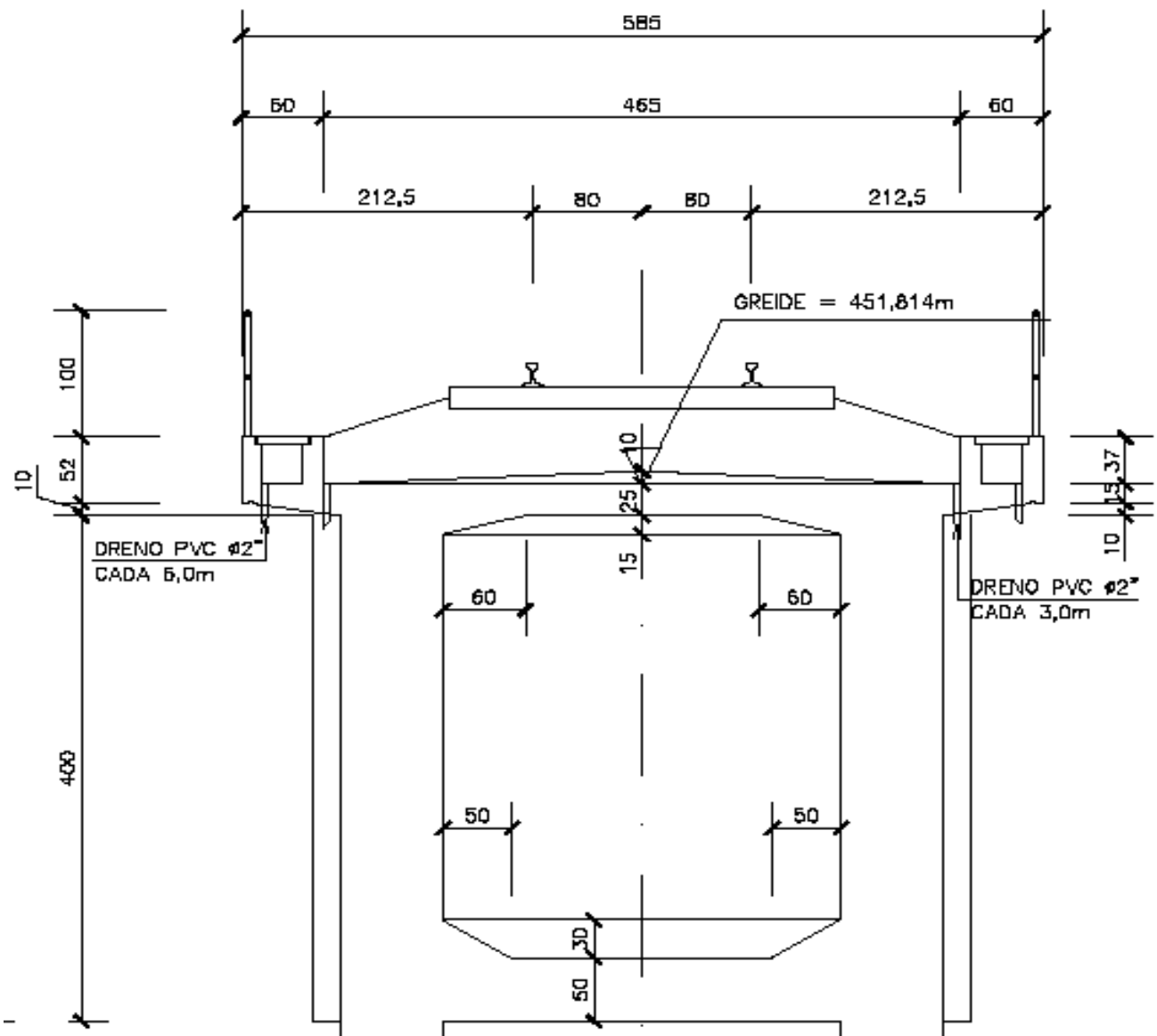
| Umidade ambiente % | | 40 | | 55 | | 75 | | 90 | |
|---|------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|----|----|----|
| Espessura fictícia $2A_c/u$ cm | | 20 | 60 | 20 | 60 | 20 | 60 | 20 | 60 |
| $\varphi(t_m, t_0)$ | t_0 dias | 5 | 4,4 3,9 | 3,8 3,3 | 3,0 2,6 | 2,3 2,1 | | | |
| | | 30 | 3,0 2,9 | 2,6 2,5 | 2,0 2,0 | 1,6 1,6 | | | |
| | | 60 | 3,0 2,6 | 2,2 2,2 | 1,7 1,8 | 1,4 1,4 | | | |
| $\varepsilon_{cs}(t_m, t_0)$ a_{100} | t_0 dias | 5 | -0,44 -0,39 | -0,37 -0,33 | -0,23 -0,21 | -0,10 -0,09 | | | |
| | | 30 | -0,37 -0,38 | -0,31 -0,31 | -0,20 -0,20 | -0,09 -0,09 | | | |
| | | 60 | -0,32 -0,36 | -0,27 -0,30 | -0,17 -0,19 | -0,08 -0,09 | | | |

Aço

| | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| Amadura passiva | CA 50 | | | |
| | $f_{yk} =$ | 500 MPa | 50 kgf/mm ² | 5.000 kgf/cm ² |
| | $E_s =$ | 210.000 MPa | 21.000 kgf/mm ² | 2.100.000 kgf/cm ² |
| Armadura ativa | CP 190 RB | | | |
| | $f_{ptk} =$ | 1.900 MPa | 190 kgf/mm ² | 19.000 kgf/cm ² |
| 0,77 x | $f_{fptk} =$ | 1.463 MPa | 146 kgf/mm ² | 14.600 kgf/cm ² |
| | $f_{ptk} (1\%) =$ | 1.708 MPa | 170 kgf/mm ² | 17.000 kgf/cm ² |
| $f_{pi} = 0,85 x$ | $f_{ptk} (1\%) =$ | 1.451 MPa | 145 kgf/mm ² | 14.500 kgf/cm ² |
| | $E_p =$ | 200.000 MPa | 20.000 kgf/mm ² | 2.000.000 kgf/cm ² |

3 - SEÇÃO TRANSVERSAL DA SUPER-ESTRUTURA

Seção transversal no apoio



5 - CARREGAMENTOS FASE INICIAL

Peso próprio

| Seção Super | Altura m | Largura m | A Seção m2 | A Bal m2 | A Total m2 | P próprio kN/m |
|----------------|-------------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------------|
| Vao 250 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 0,29 | 3,36 | 84,00 |
| Vao 300 | 3,00 | 4,00 | 4,08 | 0,29 | 4,37 | 109,25 |
| Vao 350 | 3,50 | 4,00 | 5,20 | 0,29 | 5,49 | 137,25 |
| Apoio 400 | 4,00 | 4,00 | 8,16 | 0,29 | 8,45 | 211,25 |
| Pilar | 1,20 | 4,00 | | | 5,20 | 130,00 |
| Bloco | 2,00 | 4,00 | | | 6,00 | 150,00 |
| Tubulão | 1,60 | 6,00 | | | 7,60 | 190,00 |

Carregamento de construção

$$q_t = 10,00 \times 5,85 = 58,50 \text{ kN/m}$$

6 - RESULTADOS FASE INICIAL

Super-estrutura

| Peso próprio | | | | |
|--------------|---------|------------|-----------|------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | 5,60 | -1.317,12 | -470,00 | 0,00 |
| 37 | 11,20 | -5.268,00 | -941,00 | 0,00 |
| 35 | 16,80 | -11.854,00 | -1.411,00 | 0,00 |
| 33 | 22,40 | -21.469,00 | -2.023,00 | 0,00 |
| 31 | 28,00 | -34.951,00 | -2.792,00 | 0,00 |
| 30 | 28,00 | -34.607,00 | 3.200,00 | 0,00 |
| 30 | 32,00 | -23.499,00 | 2.355,00 | 0,00 |
| 32 | 32,00 | -23.583,00 | 2.293,00 | 0,00 |
| 34 | 36,60 | -14.487,00 | 1.662,00 | 0,00 |
| 36 | 41,20 | -7.998,00 | 1.159,00 | 0,00 |
| 39 | 45,80 | -3.555,00 | 773,00 | 0,00 |
| 40 | 50,40 | -889,00 | 386,00 | 0,00 |
| 40 | 55,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Carregamento de construção | | | | |
|----------------------------|---------|------------|-----------|------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | 5,60 | -417,00 | -328,00 | 0,00 |
| 37 | 11,20 | -3.669,00 | -655,00 | 0,00 |
| 35 | 16,80 | -8.256,00 | -983,00 | 0,00 |
| 33 | 22,40 | -14.637,00 | -1.310,00 | 0,00 |
| 31 | 28,00 | -22.932,00 | -1.638,00 | 0,00 |
| 30 | 28,00 | -22.706,00 | 1.940,00 | 0,00 |
| 30 | 32,00 | -15.416,00 | 1.706,00 | 0,00 |
| 32 | 32,00 | -15.473,00 | 1.346,00 | 0,00 |
| 34 | 36,60 | -9.903,00 | 1.076,00 | 0,00 |
| 36 | 41,20 | -5.571,00 | 807,00 | 0,00 |
| 39 | 45,80 | -2.476,00 | 538,00 | 0,00 |
| 40 | 50,40 | -619,00 | 269,00 | 0,00 |
| 40 | 55,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Envoltória | | | | |
|------------|---------|------------|-----------|------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | 5,60 | -1.734,12 | -798,00 | 0,00 |
| 37 | 11,20 | -8.937,00 | -1.596,00 | 0,00 |
| 35 | 16,80 | -20.110,00 | -2.394,00 | 0,00 |
| 33 | 22,40 | -36.106,00 | -3.333,00 | 0,00 |
| 31 | 28,00 | -57.883,00 | -4.430,00 | 0,00 |
| 30 | 28,00 | -57.313,00 | 5.140,00 | 0,00 |
| 30 | 32,00 | -38.915,00 | 4.061,00 | 0,00 |
| 32 | 32,00 | -39.056,00 | 3.639,00 | 0,00 |
| 34 | 36,60 | -24.390,00 | 2.738,00 | 0,00 |
| 36 | 41,20 | -13.569,00 | 1.966,00 | 0,00 |
| 39 | 45,80 | -6.031,00 | 1.311,00 | 0,00 |
| 40 | 50,40 | -1.508,00 | 655,00 | 0,00 |
| 40 | 55,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Meso-estrutura

| Peso próprio | | | | |
|--------------|---------|---------|--------|-----------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 25 | 22,00 | -343,00 | 15,00 | -5.991,00 |
| 25 | 0,00 | -25,00 | 15,00 | -8.851,00 |
| 26 | 22,00 | 84,00 | -15,00 | 62,00 |
| 26 | 0,00 | -234,00 | -15,00 | -2.798,00 |

| Carregamento de construção | | | | |
|----------------------------|---------|---------|--------|-----------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 25 | 22,00 | -226,00 | 10,00 | -3.578,00 |
| 25 | 0,00 | -14,00 | 10,00 | -3.578,00 |
| 26 | 22,00 | 57,00 | -10,00 | 360,00 |
| 26 | 0,00 | -155,00 | -10,00 | 360,00 |

| Envoltória | | | | |
|------------|---------|---------|--------|------------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 25 | 22,00 | -569,00 | 25,00 | -9.569,00 |
| 25 | 0,00 | -39,00 | 25,00 | -12.429,00 |
| 26 | 22,00 | 141,00 | -25,00 | 422,00 |
| 26 | 0,00 | -389,00 | -25,00 | -2.438,00 |

Infra-estrutura

| Peso próprio Fase Inicial | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|------------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 27 | 28,00 | 253,00 | 209,23 | -19,36 |
| 27 | 32,00 | -109,98 | -390,77 | -19,36 |
| 28 | 22,00 | -278,38 | -4,91 | -9.060,44 |
| 28 | 34,00 | -327,48 | -4,91 | -10.960,40 |
| 29 | 22,00 | -344,16 | 4,91 | -3.189,26 |
| 29 | 34,00 | -295,06 | 4,91 | -5.089,26 |

| Carregamento de construção | | | | |
|----------------------------|---------|---------|--------|-----------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 27 | 28,00 | 180,86 | -59,04 | -10,73 |
| 27 | 32,00 | -55,29 | -59,04 | -10,73 |
| 28 | 22,00 | -195,04 | -1,10 | -3.518,14 |
| 28 | 0,00 | -206,09 | -1,10 | -3.518,14 |
| 29 | 22,00 | -209,94 | 1,10 | 300,94 |
| 29 | 0,00 | -198,90 | 1,10 | 300,94 |

| Envoltória | | | | |
|------------|---------|---------|---------|------------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 27 | 28,00 | 433,86 | 150,19 | -30,09 |
| 27 | 32,00 | -165,27 | -449,81 | -30,09 |
| 28 | 22,00 | -473,42 | -6,01 | -12.578,58 |
| 28 | 0,00 | -533,57 | -6,01 | -14.478,54 |
| 29 | 22,00 | -554,10 | 6,01 | -2.888,32 |
| 29 | 0,00 | -493,96 | 6,01 | -4.788,32 |

7 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO PROTENSÃO - FLEXÃO

$$\sigma = N / A \pm M / W \pm N x e / W$$
$$\sigma = N / A \pm M / W \pm N x e / W$$
$$N = (M / W) / (1 / A + e / W)$$
$$\sigma_c = 0 \text{ Mpa}$$
$$\sigma_t = 2/3 \times f_{ck} + 23,31 \text{ Mpa}$$
$$f_{pi} = 1.451 \text{ Mpa}$$

$$= 0 \text{ tf/m}^2$$
$$= 2331 \text{ tf/m}^2$$
$$= 14510 \text{ kgf/cm}^2$$

| Elemento | Abcissa | M | Altura | Largura | Área | CGi | CGs | J | Wi | Ws | e | 1/A + e/W |
|----------|---------|--------|--------|---------|------|------|------|-------|------|------|------|-----------|
| | m | tfm | m | m | m2 | m | m | m4 | m3 | m3 | m | 1/m2 |
| 38 | 0,00 | 0 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 38 | 5,60 | -173 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 37 | 11,20 | -894 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 35 | 16,80 | -2.011 | 3,00 | 4,00 | 4,08 | 1,50 | 1,50 | 5,20 | 3,47 | 3,47 | 1,40 | 0,65 |
| 33 | 22,40 | -3.611 | 3,50 | 4,00 | 5,20 | 1,75 | 1,75 | 9,04 | 5,17 | 5,17 | 1,65 | 0,51 |
| 31 | 28,00 | -5.788 | 4,00 | 4,00 | 8,15 | 2,00 | 2,00 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 0,36 |
| 30 | 28,00 | -5.731 | 4,00 | 4,00 | 8,15 | 2,00 | 2,00 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 0,36 |
| 30 | 32,00 | -3.892 | 4,00 | 4,00 | 8,15 | 2,00 | 2,00 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 0,36 |
| 32 | 32,00 | -3.906 | 3,50 | 4,00 | 5,20 | 1,75 | 1,75 | 9,04 | 5,17 | 5,17 | 1,65 | 0,51 |
| 34 | 36,60 | -2.439 | 3,00 | 4,00 | 4,08 | 1,50 | 1,50 | 5,20 | 3,47 | 3,47 | 1,40 | 0,65 |
| 36 | 41,20 | -1.357 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 39 | 45,80 | -603 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 40 | 50,40 | -151 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 40 | 55,00 | 0 | 2,50 | 4,00 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |

e = excentricidade da N em relação ao CGs

Força de proteção

| Φ Cord | Sec Cord | fpi | Perd Prot | Fp Cord | Cabo | Fp Cabo |
|--------|----------|---------|-----------|---------|------|---------|
| mm | mm2 | kgf/mm2 | kgf/mm2 | tf | und | tf |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12,754 | 6 | 76,521 |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12,754 | 12 | 153,042 |
| 15,2 | 143,4 | 145 | 30 | 16,491 | 12 | 197,892 |

| Elemento | Abcissa m | Carreg Inicial | | | | | | | Final | | Num de Cabos | | | |
|----------|--------------|-------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------|--|--|
| | | σ _i tf/m2 | σ _s tf/m2 | N tf | σ _N tf/m2 | σ _{iNe} tf/m2 | σ _{sNe} tf/m2 | σ _i tf/m2 | σ _s tf/m2 | 6 φ 12,7 und | 12 φ 12,7 und | 12 φ 15,2 und | | |
| 38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 38 | 5,60 | 81,41 | -81,41 | 94 | 31 | -51 | 51 | 61 | 0 | 2 | 1 | 1 | | |
| 37 | 11,20 | 419,58 | -419,58 | 484 | 158 | -262 | 262 | 316 | 0 | 7 | 4 | 3 | | |
| 35 | 16,80 | 579,54 | -579,54 | 893 | 219 | -361 | 361 | 438 | 0 | 12 | 6 | 5 | | |
| 33 | 22,40 | 698,38 | -698,38 | 1.365 | 262 | -436 | 436 | 525 | 0 | 18 | 9 | 7 | | |
| 31 | 28,00 | 713,72 | -713,72 | 1.998 | 245 | -469 | 469 | 490 | 0 | 27 | 14 | 11 | | |
| 30 | 28,00 | 706,70 | -706,70 | 1.978 | 243 | -464 | 464 | 485 | 0 | 26 | 13 | 10 | | |
| 30 | 32,00 | 479,84 | -479,84 | 1.343 | 165 | -315 | 315 | 330 | 0 | 18 | 9 | 7 | | |
| 32 | 32,00 | 755,44 | -755,44 | 1.476 | 284 | -472 | 472 | 568 | 0 | 20 | 10 | 8 | | |
| 34 | 36,60 | 702,88 | -702,88 | 1.083 | 265 | -437 | 437 | 531 | 0 | 15 | 8 | 6 | | |
| 36 | 41,20 | 637,04 | -637,04 | 735 | 240 | -397 | 397 | 479 | 0 | 10 | 5 | 4 | | |
| 39 | 45,80 | 283,15 | -283,15 | 327 | 106 | -177 | 177 | 213 | 0 | 5 | 3 | 2 | | |
| 40 | 50,40 | 70,80 | -70,80 | 82 | 27 | -44 | 44 | 53 | 0 | 2 | 1 | 1 | | |
| 40 | 55,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

8 - CARRREGAMENTO PROTENSÃO

| Φ Cord | Sec Cord | fpi | Perd Prot | Fp Cord | Cabo | Fp Cabo |
|--------|----------|---------|-----------|---------|------|---------|
| mm | mm2 | kgf/mm2 | kgf/mm2 | tf | und | tf |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12,754 | 6 | 76,521 |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12,754 | 12 | 153,042 |
| 15,2 | 143,4 | 145 | 30 | 16,491 | 12 | 197,892 |

| Elemento | Abcissa | 12 Φ 12,7 | Nprot | os inicial | Área | J | Wi | Ws | e inicial | e teorico | e adotado | Mprot |
|----------|---------|-----------|-----------|------------|------|-------|------|------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | m | und | tf | tf/m2 | m2 | m4 | m3 | m3 | m | m | m | tfm |
| 38 | 0,00 | 2 | 306,084 | 0,00 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | -0,69 | -0,50 | -153,04 |
| 38 | 5,60 | 2 | 306,084 | -81,41 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | -0,13 | -0,10 | -30,61 |
| 37 | 11,20 | 4 | 612,168 | -419,58 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,77 | 0,50 | 306,08 |
| 35 | 16,80 | 6 | 918,252 | -579,54 | 4,08 | 5,20 | 3,47 | 3,47 | 1,40 | 1,34 | 1,10 | 1.010,08 |
| 33 | 22,40 | 10 | 1.530,420 | -698,38 | 5,20 | 9,04 | 5,17 | 5,17 | 1,65 | 1,36 | 1,40 | 2.142,59 |
| 31 | 28,00 | 14 | 2.142,588 | -713,72 | 8,15 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 1,71 | 1,90 | 4.070,92 |
| 30 | 28,00 | 14 | 2.142,588 | -706,70 | 8,15 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 1,68 | 1,90 | 4.070,92 |
| 30 | 32,00 | 10 | 1.530,420 | -479,84 | 8,15 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 1,55 | 1,90 | 2.907,80 |
| 32 | 32,00 | 10 | 1.530,420 | -755,44 | 5,20 | 9,04 | 5,17 | 5,17 | 1,65 | 1,56 | 1,90 | 2.907,80 |
| 34 | 36,60 | 8 | 1.224,336 | -702,88 | 4,08 | 5,20 | 3,47 | 3,47 | 1,40 | 1,14 | 1,40 | 1.714,07 |
| 36 | 41,20 | 6 | 918,252 | -637,04 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,78 | 0,50 | 459,13 |
| 39 | 45,80 | 4 | 612,168 | -283,15 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,29 | 0,20 | 122,43 |
| 40 | 50,40 | 2 | 306,084 | -70,80 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | -0,20 | -0,10 | -30,61 |
| 40 | 55,00 | 2 | 306,084 | 0,00 | 3,07 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | -0,69 | -0,50 | -153,04 |

e = excentricidade da N em relação ao CGs

9 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO MESO-ESTRUTURA - FASE INICIAL

Reação da Super-estrutura

N max = 956,90 tf
 M max = 56,90 tfm
 H max = 2,50 tf
 altura = 22,00 m

N min = -699,10 tf
 M min = -34,30 tfm
 H max = -1,50 tf

Ação do Vento

$W = 0,15 \times 40,00 \times (3,25 + 2,00) / 2 = 15,75 \text{ tf}$
 $M_w = 15,75 \times (3,25 + 2,00) / 2 = 42,80 \text{ tfm}$

Empuxo Hidrodinamico

$eh = 1,33 \times 1000 \times 2,5^2 / 2 \times 9,81 = 0,42 \text{ tf/m}^2$
 $Eh = 0,42 \times 0,90 \times 10,00 = 3,72 \text{ tf}$ (5,00 m da base)
 altura = $10,00 / 2 = 5,00 \text{ m}$

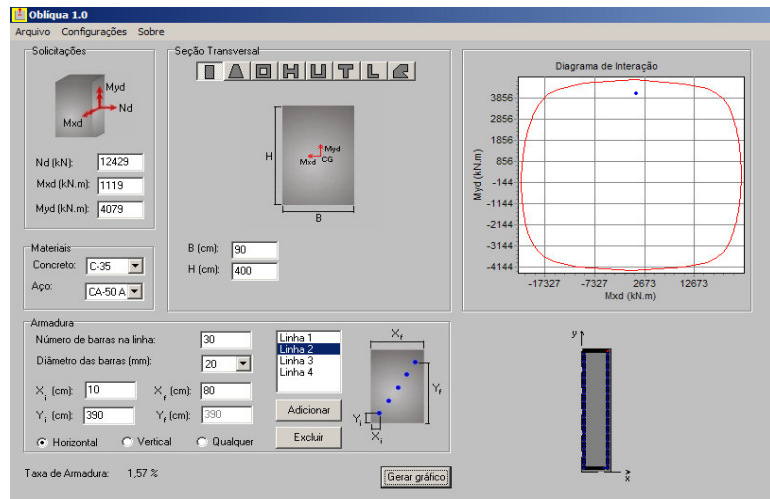
Solicitações na base dos pilares

N max = 1.242,90 tf
 M max = 111,90 tfm
 H max = 2,50 tf
 Ht = 19,47 tf
 Mt = 407,90 tfm

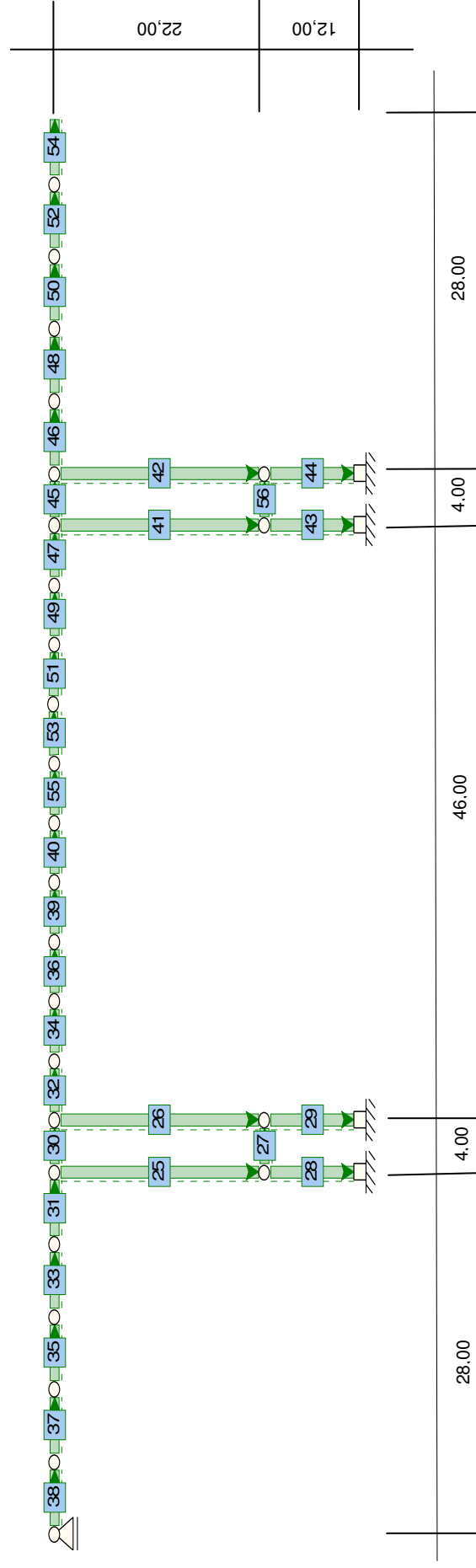
N min = -885,10 tf
 M min = -67,30 tfm
 H min = -1,50 tf
 Ht = 19,47 tf
 Mt = 407,90 tfm

Dimensinamento

Tx prin = 106,94 kg/m³
 Tx sec = 4,43 kg/m³
 Tx aço = 111,38 kg/m³



11 - ESQUEMA LONGITUDINAL DA OBRA - FASE FINAL



12 - CARREGAMENTOS FASE FINAL

Peso próprio

| | | | |
|--------------|---|---------------|------------------|
| Laje balanço | $2 \times 0,925 \times (0,25 + 0,15) / 2 \times 2,50$ | $\times 10 =$ | 9,25 kN/m |
| Muretas | $4 \times 0,37 \times 0,15 \times 2,50$ | $\times 10 =$ | 5,55 kN/m |
| Lastro | $4,65 \times 0,60 \times 2,20$ | $\times 10 =$ | 61,38 kN/m |
| Garda-corpo | $2 \times 0,08$ | $\times 10 =$ | 1,60 kN/m |
| | | | <hr/> 77,78 kN/m |

Carregamento móvel

Trem-tipo - NBR 7189 - TB 360

$$Q = 360 \text{ kN}$$

$$q = 120 \text{ kN}$$

Impacto - NBR 7187 - item 7.2.1.2

$$\varphi = 0,001 \times (1\,600 - 60 \times l^{1/2} + 2,25 \times l) \geq 1,20$$

$$\varphi = 0,001 \times (1\,600 - 60 \times 30^{1/2} + 2,25 \times 30) = 1,34$$

Trem-tipo final

$$P = Q \times \varphi = 482,40 \text{ kN}$$

$$p = q \times \varphi = 160,80 \text{ kN/m}$$

Choque lateral NBR 7187 - item 7.2.1.4

$$Cl = 0,20 \times Q = 72 \text{ kN}$$

$$h = 0,186 + 0,60 + (4,00 + 2,50) / 2 / 2 = 2,41 \text{ m}$$

13 - RESULTADOS FASE FINAL

Super-estrutura

| Peso próprio Fase Final | | | | |
|-------------------------|---------|------------|-----------|------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 38 | 0,00 | 0,00 | 692,38 | 0,00 |
| 38 | 5,60 | 2.601,71 | 246,81 | 0,00 |
| 37 | 11,20 | 2.761,24 | -188,76 | 0,00 |
| 35 | 16,80 | 487,59 | -624,33 | 0,00 |
| 33 | 22,40 | -4.228,25 | -1.053,90 | 0,00 |
| 31 | 28,00 | -11.383,30 | -1.495,47 | 0,00 |
| 30 | 28,00 | -11.554,80 | -707,13 | 0,00 |
| 30 | 32,00 | -15.005,50 | -1.018,25 | 0,00 |
| 32 | 32,00 | -15.737,60 | 1.797,85 | 0,00 |
| 34 | 36,60 | -7.926,40 | 1.440,06 | 0,00 |
| 36 | 41,20 | -2.125,03 | 1.082,27 | 0,00 |
| 39 | 45,80 | 2.030,50 | 724,48 | 0,00 |
| 40 | 50,40 | 4.540,21 | 366,70 | 0,00 |
| 40 | 55,00 | 5.404,01 | 8,91 | 0,00 |

| Carregamento Móvel | | | | | | |
|--------------------|---------|-----------|------------|----------|-----------|------|
| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Vmax | Vmin | N |
| | m | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| 38 | 0,00 | 0,00 | -34,09 | 2.415,27 | -2,66 | 0,00 |
| 38 | 5,60 | 9.994,62 | -32,03 | 1.463,30 | -264,45 | 0,00 |
| 37 | 11,20 | 13.263,43 | -30,63 | 776,40 | -814,85 | 0,00 |
| 35 | 16,80 | 10.112,72 | -44,98 | 339,64 | -1.561,03 | 0,00 |
| 33 | 22,40 | 3.313,88 | -2.766,09 | 119,05 | -2.441,88 | 0,00 |
| 31 | 28,00 | 1.947,61 | -16.771,39 | 69,63 | -3.377,23 | 0,00 |
| 30 | 28,00 | 1.947,61 | -16.771,39 | 4.725,20 | -8.215,07 | 0,00 |
| 30 | 32,00 | 873,59 | -30.943,27 | 4.401,75 | -8.534,83 | 0,00 |
| 32 | 32,00 | 873,59 | -30.943,27 | 4.357,12 | -28,34 | 0,00 |
| 34 | 36,60 | 1.826,49 | -14.347,65 | 3.598,40 | -53,80 | 0,00 |
| 36 | 41,20 | 5.296,58 | -3.409,33 | 2.858,50 | -153,39 | 0,00 |
| 39 | 45,80 | 12.110,47 | -57,19 | 2.170,92 | -345,29 | 0,00 |
| 40 | 50,40 | 17.953,65 | -28,31 | 1.561,48 | -641,99 | 0,00 |
| 40 | 55,00 | 19.930,11 | -24,10 | 1.048,35 | -1.048,32 | 0,00 |

| Envoltória Fase Final | | | | | | |
|-----------------------|---------|------------|------------|-----------|-----------|------|
| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Vmax | Vmin | N |
| | m | kNm | kNm | kN | kN | kN |
| 38 | 0,00 | 0,00 | -34,09 | 3.107,65 | 689,72 | 0,00 |
| 38 | 5,60 | 12.596,33 | 2.569,68 | 1.710,11 | -17,64 | 0,00 |
| 37 | 11,20 | 16.024,67 | 2.730,61 | 587,64 | -1.003,61 | 0,00 |
| 35 | 16,80 | 10.600,31 | 442,61 | -284,69 | -2.185,36 | 0,00 |
| 33 | 22,40 | -914,37 | -6.994,34 | -934,86 | -3.495,78 | 0,00 |
| 31 | 28,00 | -9.435,69 | -28.154,69 | -1.425,84 | -4.872,70 | 0,00 |
| 30 | 28,00 | -9.607,19 | -28.326,19 | 4.018,07 | -8.922,20 | 0,00 |
| 30 | 32,00 | -14.131,91 | -45.948,77 | 3.383,50 | -9.553,08 | 0,00 |
| 32 | 32,00 | -7.052,81 | -38.869,67 | 6.154,97 | 1.769,52 | 0,00 |
| 34 | 36,60 | -298,54 | -16.472,68 | 5.038,46 | 1.386,26 | 0,00 |
| 36 | 41,20 | 7.327,08 | -1.378,83 | 3.940,77 | 928,88 | 0,00 |
| 39 | 45,80 | 16.650,68 | 4.483,03 | 2.895,40 | 379,19 | 0,00 |
| 40 | 50,40 | 23.357,66 | 5.375,70 | 1.928,18 | -275,29 | 0,00 |
| 40 | 55,00 | 19.930,11 | -24,10 | 1.057,26 | -1.039,41 | 0,00 |

Meso-estrutura

| Peso próprio Fase Final | | | | |
|-------------------------|---------|---------|--------|-----------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 25 | 22,00 | 175,50 | -13,87 | -788,33 |
| 25 | 0,00 | -133,66 | -13,87 | -788,33 |
| 26 | 22,00 | 368,06 | -27,24 | -2.816,10 |
| 26 | 0,00 | -231,21 | -27,24 | -2.816,10 |

| Carregamento Móvel | | | | | | | |
|--------------------|---------|------|------|------|------|-----------|----------|
| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Vmax | Vmin | Nmax | Nmin |
| | m | kNm | kNm | kN | kN | kN | kN |
| 25 | 22,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2.444,31 | 2,66 |
| 25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2.444,31 | 2,66 |
| 26 | 22,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -7.971,40 | 8.224,70 |
| 26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -7.971,40 | 8.224,70 |

| Envoltória Fase Final | | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|--------|--------|------------|----------|
| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Vmax | Vmin | Nmax | Nmin |
| | m | kNm | kNm | kN | kN | kN | kN |
| 25 | 22,00 | 175,50 | 175,50 | -13,87 | -13,87 | -3.232,64 | -785,67 |
| 25 | 0,00 | -133,66 | -133,66 | -13,87 | -13,87 | -3.232,64 | -785,67 |
| 26 | 22,00 | 368,06 | 368,06 | -27,24 | -27,24 | -10.787,50 | 5.408,60 |
| 26 | 0,00 | -231,21 | -231,21 | -27,24 | -27,24 | -10.787,50 | 5.408,60 |

Infra-estrutura

| Peso próprio Fase Final | | | | |
|-------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Elemento | Abcissa | M | V | N |
| | m | kNm | kN | kN |
| 27 | 28,00 | -326,25 | -745,11 | 184,92 |
| 27 | 32,00 | 413,45 | -745,11 | 184,92 |
| 28 | 22,00 | 192,58 | -21,32 | -973,25 |
| 28 | 34,00 | -20,63 | -21,32 | -973,25 |
| 29 | 22,00 | 182,24 | -19,79 | -2.631,18 |
| 29 | 34,00 | -15,64 | -19,79 | -2.631,18 |

| Carregamento Móvel | | | | | | | |
|--------------------|---------|------|------|------|------|-----------|----------|
| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Vmax | Vmin | Nmax | Nmin |
| | m | kNm | kNm | kN | kN | kN | kN |
| 27 | 28,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | 32,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28 | 22,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2.444,31 | 2,66 |
| 28 | 34,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2.444,31 | 2,66 |
| 29 | 22,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -7.971,40 | 8.224,70 |
| 29 | 34,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -7.971,40 | 8.224,70 |

| Envoltória Fase Final | | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|--------|--------|------------|----------|
| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Vmax | Vmin | Nmax | Nmin |
| | m | kNm | kNm | kN | kN | kN | kN |
| 27 | 28,00 | -326,25 | -326,25 | 184,92 | 184,92 | -745,11 | -745,11 |
| 27 | 32,00 | 413,45 | 413,45 | 184,92 | 184,92 | -745,11 | -745,11 |
| 28 | 22,00 | 192,58 | 192,58 | -21,32 | -21,32 | -3.417,56 | -970,59 |
| 28 | 34,00 | -20,63 | -20,63 | -21,32 | -21,32 | -3.417,56 | -970,59 |
| 29 | 22,00 | 182,24 | 182,24 | -19,79 | -19,79 | -10.602,58 | 5.593,52 |
| 29 | 34,00 | -15,64 | -15,64 | -19,79 | -19,79 | -10.602,58 | 5.593,52 |

14 - RESULTADOS FASE INICIAL + FASE FINAL

Super-estrutura

| Envolvória Momentos Flettores | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Elemento | Abcissa | N | Mprot i | Mmax | Mmin | Mmax | Mmin |
| | m | tf | tfm | tfm | tfm | tfm | tfm |
| 38 | 0,00 | 306,08 | -153,04 | 0,00 | -3,41 | -153,04 | -156,45 |
| 38 | 5,60 | 306,08 | -30,61 | 826,05 | -176,61 | 795,44 | -207,22 |
| 37 | 11,20 | 612,17 | 306,08 | 432,64 | -896,76 | 738,73 | -590,68 |
| 35 | 16,80 | 918,25 | 1.010,08 | -999,73 | -2.015,50 | 10,35 | -1.005,42 |
| 33 | 22,40 | 1.530,42 | 2.142,59 | -3.279,21 | -3.887,21 | -1.136,62 | -1.744,62 |
| 31 | 28,00 | 2.142,59 | 4.070,92 | -5.593,54 | -7.465,44 | -1.522,62 | -3.394,52 |
| 30 | 28,00 | 2.142,59 | 4.070,92 | -5.536,54 | -7.408,44 | -1.465,62 | -3.337,52 |
| 30 | 32,00 | 1.530,42 | 2.907,80 | -3.804,14 | -6.985,83 | -896,34 | -4.078,03 |
| 32 | 32,00 | 1.530,42 | 2.907,80 | -3.818,24 | -6.999,93 | -910,44 | -4.092,13 |
| 34 | 36,60 | 1.224,34 | 1.714,07 | -2.256,35 | -3.873,77 | -542,28 | -2.159,69 |
| 36 | 41,20 | 918,25 | 459,13 | -827,24 | -1.697,83 | -368,12 | -1.238,71 |
| 39 | 45,80 | 612,17 | 122,43 | 607,95 | -608,82 | 730,38 | -486,38 |
| 40 | 50,40 | 306,08 | -30,61 | 1.644,56 | -153,63 | 1.613,96 | -184,24 |
| 40 | 55,00 | 306,08 | -153,04 | 1.993,01 | -2,41 | 1.839,97 | -155,45 |

15 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO PROTENSÃO - FLEXÃO

| Φ Cord | Sec Cord | fpi | Perd Prot | Fp Cord | Cabo | Fp Cabo |
|--------|----------|---------|-----------|---------|------|---------|
| mm | mm2 | kgf/mm2 | kgf/mm2 | tf | und | tf |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12,754 | 6 | 76,521 |
| 12,7 | 110,9 | 145 | 30 | 12,754 | 12 | 153,042 |
| 15,2 | 143,4 | 145 | 30 | 16,491 | 12 | 197,892 |

$$\sigma = N / A \pm M / W \pm N x e / W$$
$$\sigma = N / A \pm M / W \pm N x e / W$$
$$N = (M / W) / (1 / A + e / W)$$
$$\sigma c = 0 \text{ Mpa}$$
$$\sigma t = 2/3 \times fck + 23,31 \text{ Mpa}$$
$$fpi = 1.451 \text{ Mpa}$$

$$0 \text{ tf/m2}$$
$$2331 \text{ tf/m2}$$
$$14510 \text{ kgf/cm2}$$

$$=$$
$$=$$

| Elemento | Abcissa | Mmax | Mmin | Altura | Área | CGi | CGs | J | Wi | Ws | e | 1/A + e/W |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|------|------|------|-------|------|------|------|-----------|
| | m | tfm | tfm | m | m2 | m | m | m4 | m3 | m3 | m | 1/m2 |
| 38 | 0,00 | -153,04 | -156,45 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 38 | 5,60 | 795,44 | -207,22 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 37 | 11,20 | 738,73 | -590,68 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 35 | 16,80 | 10,35 | -1.005,42 | 3,00 | 4,08 | 1,50 | 1,50 | 5,20 | 3,47 | 3,47 | 1,40 | 0,65 |
| 33 | 22,40 | -1.136,62 | -1.744,62 | 3,50 | 5,20 | 1,75 | 1,75 | 9,04 | 5,17 | 5,17 | 1,65 | 0,51 |
| 31 | 28,00 | -1.522,62 | -3.394,52 | 4,00 | 8,15 | 2,00 | 2,00 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 0,36 |
| 30 | 28,00 | -1.465,62 | -3.337,52 | 4,00 | 8,15 | 2,00 | 2,00 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 0,36 |
| 30 | 32,00 | -896,34 | -4.078,03 | 4,00 | 8,15 | 2,00 | 2,00 | 16,20 | 8,11 | 8,11 | 1,90 | 0,36 |
| 32 | 32,00 | -910,44 | -4.092,13 | 3,50 | 5,20 | 1,75 | 1,75 | 9,04 | 5,17 | 5,17 | 1,65 | 0,51 |
| 34 | 36,60 | -542,28 | -2.159,69 | 3,00 | 4,08 | 1,50 | 1,50 | 5,20 | 3,47 | 3,47 | 1,40 | 0,65 |
| 36 | 41,20 | -368,12 | -1.238,71 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 39 | 45,80 | 730,38 | -486,38 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 40 | 50,40 | 1.613,96 | -184,24 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |
| 40 | 55,00 | 1.839,97 | -155,45 | 2,50 | 3,07 | 1,25 | 1,25 | 2,66 | 2,13 | 2,13 | 1,15 | 0,87 |

e = excentricidade da N em relação ao CGs

Força de protensão

| Elemento | Carreg Fin Max | | | | Final | | | | Num de Cabos | | | |
|----------|----------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Abcissa m | σ_i tf/m2 | σ_s tf/m2 | N tf | σ_N tf/m2 | σ_{iNe} tf/m2 | σ_{sNe} tf/m2 | σ_i tf/m2 | σ_s tf/m2 | 6 Φ 12,7 und | 12 Φ 12,7 und | 12 Φ 15,2 und |
| 38 | 0,00 | 71,85 | -71,85 | 83 | 27 | -45 | 45 | 54 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 38 | 5,60 | -373,45 | 373,45 | 431 | 140 | -233 | 233 | -466 | 747 | 6 | 3 | 3 |
| 37 | 11,20 | -346,82 | 346,82 | 400 | 130 | -216 | 216 | -433 | 694 | 6 | 3 | 3 |
| 35 | 16,80 | -2,98 | 2,98 | 5 | 1 | -2 | 2 | -4 | 6 | 1 | 1 | 1 |
| 33 | 22,40 | 219,85 | -219,85 | 430 | 83 | -137 | 137 | 165 | 0 | 6 | 3 | 3 |
| 31 | 28,00 | 187,75 | -187,75 | 525 | 64 | -123 | 123 | 129 | 0 | 7 | 4 | 3 |
| 30 | 28,00 | 180,72 | -180,72 | 506 | 62 | -119 | 119 | 124 | 0 | 7 | 4 | 3 |
| 30 | 32,00 | 110,52 | -110,52 | 309 | 38 | -73 | 73 | 76 | 0 | 5 | 3 | 2 |
| 32 | 32,00 | 176,10 | -176,10 | 344 | 66 | -110 | 110 | 132 | 0 | 5 | 3 | 2 |
| 34 | 36,60 | 156,28 | -156,28 | 241 | 59 | -97 | 97 | 118 | 0 | 4 | 2 | 2 |
| 36 | 41,20 | 172,82 | -172,82 | 200 | 65 | -108 | 108 | 130 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| 39 | 45,80 | -342,90 | 342,90 | 396 | 129 | -214 | 214 | -428 | 686 | 6 | 3 | 3 |
| 40 | 50,40 | -757,73 | 757,73 | 875 | 285 | -473 | 473 | -946 | 1.515 | 12 | 6 | 5 |
| 40 | 55,00 | -863,84 | 863,84 | 997 | 325 | -539 | 539 | -1.078 | 1.728 | 14 | 7 | 6 |

| Elemento | Carreg Fin Min | | | | Final | | | | Num de Cabos | | | |
|----------|----------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Abcissa m | σ_i tf/m2 | σ_s tf/m2 | N tf | σ_N tf/m2 | σ_{iNe} tf/m2 | σ_{sNe} tf/m2 | σ_i tf/m2 | σ_s tf/m2 | 6 Φ 12,7 und | 12 Φ 12,7 und | 12 Φ 15,2 und |
| 38 | 0,00 | 73,45 | -73,45 | 85 | 28 | -46 | 46 | 55 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 38 | 5,60 | 97,29 | -97,29 | 112 | 37 | -61 | 61 | 73 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 37 | 11,20 | 277,31 | -277,31 | 320 | 104 | -173 | 173 | 209 | 0 | 5 | 3 | 2 |
| 35 | 16,80 | 289,75 | -289,75 | 446 | 109 | -180 | 180 | 219 | 0 | 6 | 3 | 3 |
| 33 | 22,40 | 337,45 | -337,45 | 659 | 127 | -211 | 211 | 254 | 0 | 9 | 5 | 4 |
| 31 | 28,00 | 418,56 | -418,56 | 1.172 | 144 | -275 | 275 | 287 | 0 | 16 | 8 | 6 |
| 30 | 28,00 | 411,53 | -411,53 | 1.152 | 141 | -270 | 270 | 283 | 0 | 16 | 8 | 6 |
| 30 | 32,00 | 502,84 | -502,84 | 1.407 | 173 | -330 | 330 | 345 | 0 | 19 | 10 | 8 |
| 32 | 32,00 | 791,51 | -791,51 | 1.547 | 297 | -494 | 494 | 595 | 0 | 21 | 11 | 8 |
| 34 | 36,60 | 622,39 | -622,39 | 959 | 235 | -387 | 387 | 470 | 0 | 13 | 7 | 5 |
| 36 | 41,20 | 581,55 | -581,55 | 671 | 219 | -363 | 363 | 437 | 0 | 9 | 5 | 4 |
| 39 | 45,80 | 228,35 | -228,35 | 264 | 86 | -142 | 142 | 172 | 0 | 4 | 2 | 2 |
| 40 | 50,40 | 86,50 | -86,50 | 100 | 33 | -54 | 54 | 65 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 40 | 55,00 | 72,98 | -72,98 | 84 | 27 | -46 | 46 | 55 | 0 | 2 | 1 | 1 |

| Posicionamiento de Cabos (N>0 S>1) | | | | | | |
|------------------------------------|--------------|------------|-----|------------|-----|--|
| Elemento | Abcissa m | Cabos Mmax | | Cabos Mmin | | |
| | | inf | sup | inf | sup | |
| 38 | 0,00 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 38 | 5,60 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 37 | 11,20 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 35 | 16,80 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 33 | 22,40 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 31 | 28,00 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 30 | 28,00 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 30 | 32,00 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 32 | 32,00 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 34 | 36,60 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 36 | 41,20 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 39 | 45,80 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 40 | 50,40 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 40 | 55,00 | 1 | 0 | 0 | 1 | |

| Elemento | Abcissa m | Num de Cabos ini | | Num de Cabos Mmax | | Num de Cabos Mmin | | Num de Cabos fin | | Num de Cabos total | |
|----------|--------------|------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|------------------|-----|--------------------|-----|
| | | inf | sup | inf | sup | inf | sup | inf | sup | inf | sup |
| 38 | 0,00 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 38 | 5,60 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 |
| 37 | 11,20 | 0 | 4 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 4 |
| 35 | 16,80 | 0 | 6 | 1 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 6 |
| 33 | 22,40 | 0 | 10 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 15 |
| 31 | 28,00 | 0 | 14 | 0 | 4 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 22 |
| 30 | 28,00 | 0 | 14 | 0 | 4 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 22 |
| 30 | 32,00 | 0 | 10 | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 20 |
| 32 | 32,00 | 0 | 10 | 0 | 3 | 0 | 11 | 0 | 11 | 0 | 21 |
| 34 | 36,60 | 0 | 8 | 0 | 2 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | 15 |
| 36 | 41,20 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 11 |
| 39 | 45,80 | 0 | 4 | 3 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 3 | 4 |
| 40 | 50,40 | 0 | 2 | 6 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 | 6 | 2 |
| 40 | 55,00 | 0 | 2 | 7 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 7 | 2 |

16 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO MESO-ESTRUTURA - FASE INICIAL

Reação da Super-estrutura

N max = 1.280,16 tf
M max = 232,40 tfm
H max = 3,89 tf
altura = 22,00 m

N min = -777,37 tf
M min = -47,67 tfm
H max = -4,22 tf

Ação do Vento

$W = 0,15 \times 40,00 \times (3,25 + 2,00) / 2 = 15,75 \text{ tf}$
 $M_w = 15,75 \times (3,25 + 2,00) / 2 = 42,80 \text{ tfm}$

Frenagem

$Fr = 797,14 \times 0,05 = 39,86 \text{ tf}$

Retração, Variação de Temperatura e Protensão

$kl = 1.957 \text{ tf/m}$
 $\Delta r = 0,00375 \text{ m}$ (equivalente a 15°C)
 $\Delta t = 0,00375 \text{ m}$ (equivalente a 15°C)
 $\Delta p = 0,00509 \text{ m}$
 $\Delta = 0,01259 \text{ m}$
 $Hrtp = 24,65 \text{ tf}$

Empuxo Hidrodinamico

$eh = 1,33 \times 1000 \times 2,5^2 / 2 \times 9,81 = 0,42 \text{ tf/m}^2$
 $Eh = 0,42 \times 0,90 \times 10,00 = 3,72 \text{ tf}$ (5,00 m da base)
altura = 10,00 / 2 = 5,00 m

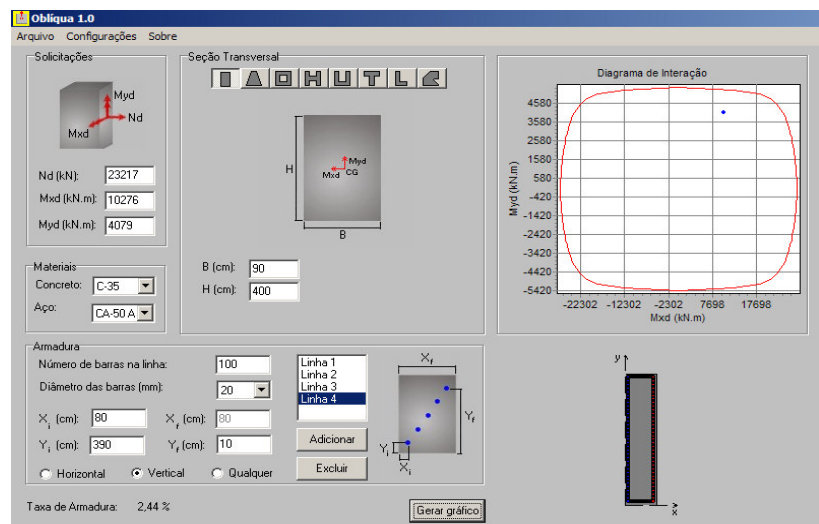
Solicitações na base dos pilares

N max = 2.321,65 tf
M max = 1.027,57 tfm
H max = 78,57 tf
Ht = 19,47 tf
Mt = 407,90 tfm

N min = -901,04 tf
M min = -584,89 tfm
H min = -21,70 tf
Ht = 19,47 tf
Mt = 407,90 tfm

Dimensinamento

Tx prin = 152,78 kg/m³
Tx sec = 4,43 kg/m³
Tx aço = 157,21 kg/m³



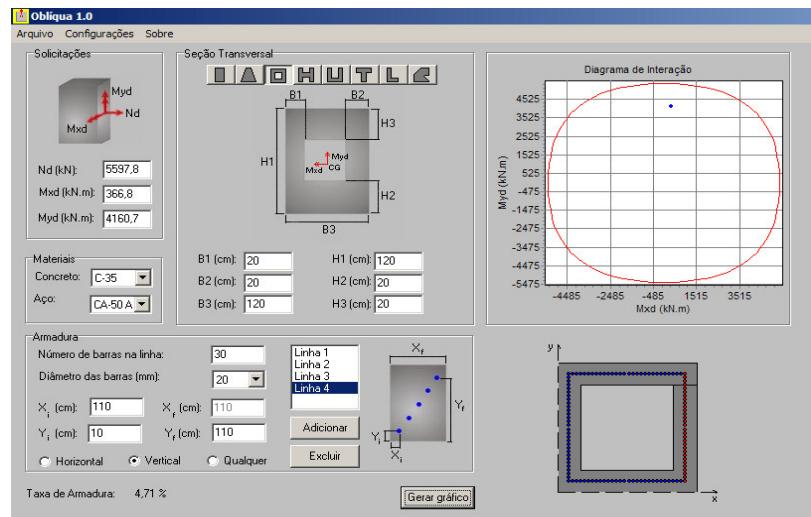
17 - PRÉ-DIMENSIONAMENTO INFRA-ESTRUTURA - FASE INICIAL


Sollicitações nos tubulões

$N = 559,78 \text{ tf}$
 $Hl = 26,19 \text{ tf}$
 $Ht = 10,81 \text{ tf}$
 $MI = 366,68 \text{ tfm}$
 $Mt = 196,63 \text{ tfm}$
 $Mr = 416,07 \text{ tfm}$

Dimensinamento (aprx retangurlar 120x120)

$Tx \text{ prin} = 229,17 \text{ kg/m}^3$
 $Tx \text{ sec} = 9,17 \text{ kg/m}^3$
 $Tx \text{ aço} = 238,33 \text{ kg/m}^3$



| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 92 | 3 | |

3.2.6.4. Memória de Cálculo Fundações

A seguir, apresenta-se a memória de cálculo.

Escavação para blocos e sapatas:

Será considerada uma escavação de 2,5m de profundidade e 0,5m além das dimensões dos blocos para as cavas dos blocos de P1, P6 ao P13, P16 ao P35, P54 ao P69, P71, P72, P75 ao P77, P79 ao P83, e P95, totalizando 56 cavas.

$$V = (6,3 \times 6,3 \times 2,5) \times 56 = 5556,6 \, m^3$$

Devido à falta de informações geológicas confiáveis para todas as linhas de apoio, a escavação para blocos e sapatas será dividida em percentuais referentes a cada categoria de escavação, a saber:

$$1^a \, categoria = 80\% \times 5556,6 \cong 4445 \, m^3$$

$$2^a \, categoria = 15\% \times 5556,6 \cong 834 \, m^3$$

$$3^a \, categoria = 5\% \times 5556,6 \cong 278 \, m^3$$

Tubulões:

A tabela a seguir resume os comprimentos totais presumidos dos tubulões, comprimentos das camisas de concreto e volumes das bases alargadas.

| | H _{tub} (m) | H _{base} (m) | n _{tubulões} | L _{camisa} (m) | V _{1 base} (m ³) | V _{n bases} (m ³) |
|-----|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| E1 | 18,60 | 1,60 | 4 | 68,00 | 7,59 | 30,36 |
| P1 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P2 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P3 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P4 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P5 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P6 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P7 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P8 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P9 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P10 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P11 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P12 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P13 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P14 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P15 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P16 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P17 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P18 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P19 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P20 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P21 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P22 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P23 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P24 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P25 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P26 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P27 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P28 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P29 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P30 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P31 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P32 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P33 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P34 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P55 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P56 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P57 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P58 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |

| | H _{tub} (m) | H _{base} (m) | n _{tubulões} | L _{camisa} (m) | V _{1 base} (m ³) | V _{n bases} (m ³) |
|-----|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|
| P59 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P60 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P61 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P62 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P63 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P64 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P65 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P66 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P67 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P68 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P69 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P70 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P71 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P72 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P73 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P74 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P75 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P76 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P77 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P78 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P79 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P80 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P81 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P82 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P83 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P84 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P85 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P86 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P87 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P88 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P89 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P90 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P91 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P92 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P93 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P94 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| P95 | 11,80 | 1,60 | 4 | 40,80 | 7,59 | 30,36 |
| E2 | 14,60 | 1,60 | 4 | 52,00 | 7,59 | 30,36 |
| | | | | 3180,00 | | 2337,72 |

Devido às incertezas das características geotécnicas e do nível d'água para todas as linhas de apoio, a escavação para o corpo dos tubulões será dividida em percentuais entre 1ª e 2ª categorias a céu aberto e ar comprimido e as bases alargadas serão consideradas abertas em 3ª categoria a ar comprimido. Desta forma temos:

Volume total a ser escavado para as camisas:

$$V = 3180 \times 1,54 = 4897,2 \text{ m}^3$$

Divididos em:

$$\text{Céu aberto } 1^{\text{a}} \text{ categoria} = 4897,2 \times 15\% \cong 735 \text{ m}^3$$

$$\text{Céu aberto } 2^{\text{a}} \text{ categoria} = 4897,2 \times 10\% \cong 490 \text{ m}^3$$

$$\text{Ar comprimido } 1^{\text{a}} \text{ categoria} = 4897,2 \times 30\% \cong 1469 \text{ m}^3$$

$$\text{Ar comprimido } 2^{\text{a}} \text{ categoria} = 4897,2 \times 45\% \cong 2204 \text{ m}^3$$

E para 3ª categoria a ar comprimido (bases alargadas):

$$\text{Ar comprimido } 3^{\text{a}} \text{ categoria} \cong 2338 \text{ m}^3$$

Comprimento total de corpo de tubulão (camisa + núcleo) = 3180m

Aço CA-50:

$$= 3180 \text{ m} \times 160 \text{ kg/m} = 508800 \text{ kg}$$

Estacas escavadas:

A tabela a seguir resume os comprimentos totais presumidos das estacas escavadas, comprimentos das camisas metálicas e engastamento na rocha.

| | L _{estaca} (m) | L _{água} (m) | L _{rocha} (m) | n _{estacas} | L _{camisa} (m) | V _{conc} (m ³) | L _{1a/2a} (m) | L _{3a} (m) |
|-----|-------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------|
| P35 | 20,00 | 4,50 | 10,00 | 4 | 40,00 | 27,72 | 22,00 | 40,00 |
| P36 | 20,00 | 5,00 | 10,00 | 6 | 60,00 | 46,20 | 30,00 | 60,00 |
| P37 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 6 | 60,00 | 36,96 | 36,00 | 60,00 |
| P38 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P39 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P40 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P41 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P42 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P43 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P44 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P45 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P46 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P47 | 20,00 | 4,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 24,64 | 24,00 | 40,00 |
| P48 | 20,00 | 4,50 | 10,00 | 4 | 40,00 | 27,72 | 22,00 | 40,00 |
| P49 | 20,00 | 4,50 | 10,00 | 4 | 40,00 | 27,72 | 22,00 | 40,00 |
| P50 | 20,00 | 4,50 | 10,00 | 4 | 40,00 | 27,72 | 22,00 | 40,00 |
| P51 | 20,00 | 5,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 30,80 | 20,00 | 40,00 |
| P52 | 20,00 | 5,00 | 10,00 | 4 | 40,00 | 30,80 | 20,00 | 40,00 |
| P53 | 20,00 | 4,50 | 10,00 | 4 | 40,00 | 27,72 | 22,00 | 40,00 |
| | | | | 80 | 800,00 | 529,76 | 456,00 | 800,00 |

O volume de concreto corresponde ao trecho da estaca escavada na lâmina d'água, e a camisa metálica será considerada em todo o comprimento da estaca com exceção do embutimento na rocha.

Aço CA-50 (apenas para o trecho em lâmina d'água):

$$= \frac{530 \text{ m}^3}{1,54 \text{ m}^2} \times 110 \text{ kg/m} \cong 37860 \text{ kg}$$

Apoio náutico para a infraestrutura:

O apoio náutico para a infraestrutura será dimensionado para a execução das fundações e blocos de coroamento na caixa principal do Rio São Francisco (P35 a P53).

Considerando uma produtividade média de um metro de estaca por hora:

$$\frac{1600 \text{ m de estacas}}{1 \text{ m/hora}} = 1600 \text{ horas}$$

Considerando uma produtividade média de 3 dias por bloco (1 dia para execução do barroteamento, um dia para montagem da forma e armação e um dia para concretagem):

$$19 \text{ blocos} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{bloco}} = 456 \text{ horas}$$

Considerando apenas um turno de 8 horas de trabalho e 24 dias trabalhados no mês:

$$\frac{(1600 + 456)}{8 \times 24} \approx 10,7 \text{ meses}$$

O apoio náutico para a infraestrutura consistirá de:

- 1 balsa de trabalho estacionária – Equipamentos necessários para execução das fundações;
- 1 balsa de material escavado – Material retirado das fundações;
- 2 balsas de concreto – Transporte dos caminhões betoneira para concretagem das fundações/blocos;
- 1 balsa para lançamento do concreto – Bomba de concreto;
- 3 rebocadores – Deslocamento das balsas;
- 0,5 balsas cábrea – para apoitamento das balsas estacionárias;
- 2 lanchas – Transporte do pessoal para execução dos serviços.

Blocos:

Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para um bloco do trecho isostático:

$$V = 5,3 \times 5,3 \times 2 = 56,18 \text{ m}^3$$

Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa para um bloco do trecho em balanços sucessivos:

$$V = 5,8 \times 9,8 \times 2 = 113,68 \text{ m}^3$$

Volume total de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa:

$$56,18 \times 93 + 113,68 \times 2 = 5452 \text{ m}^3$$

Volume de concreto $f_{ck} \geq 15$ MPa para um bloco do trecho isostático:

$$V = 5,4 \times 5,4 \times 0,1 = 2,92 \text{ m}^3$$

Volume total de concreto $f_{ck} \geq 15$ MPa para blocos:

$$2,92 \times 77 = 225 \text{ m}^3$$

Forma lateral para um bloco do trecho isostático:

$$A = 5,3 \times 2 \times 4 = 42,4 \text{ m}^2$$

Forma de fundo para um bloco do trecho isostático suspenso:

$$A = 5,3 \times 5,3 = 28,09 \text{ m}^2$$

Forma total (lateral e fundo) para um bloco do trecho em balanços sucessivos:

$$A = (5,8 + 9,8) \times 2 \times 2 + 5,8 \times 9,8 = 119,24 \text{ m}^2$$

Forma total para blocos:

$$A = 42,4 \times 77 + (42,4 + 28,09) \times 16 + 119,24 \times 2 \cong 4631 \text{ m}^2$$

Aço CA-50:

$$= 5452 \text{ m}^3 \times 60 \text{ kg/m}^3 = 327120 \text{ kg}$$

A planilha a seguir resume o escoramento para os blocos:

| | L _{água} (m) | A _{bloco} (m ²) | V _{esc} (m ³) |
|---------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| P35 | 4,50 | 28,09 | 126,41 |
| P36 | 5,00 | 56,84 | 284,20 |
| P37 | 4,00 | 56,84 | 227,36 |
| P38 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P39 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P40 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P41 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P42 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P43 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P44 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P45 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P46 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P47 | 4,00 | 28,09 | 112,36 |
| P48 | 4,50 | 28,09 | 126,41 |
| P49 | 4,50 | 28,09 | 126,41 |
| P50 | 4,50 | 28,09 | 126,41 |
| P51 | 5,00 | 28,09 | 140,45 |
| P52 | 5,00 | 28,09 | 140,45 |
| P53 | 4,50 | 28,09 | 126,41 |
| Total = | | | 2548,09 |

Encontros e lajes de transição:

Volume de concreto $f_{ck} \geq 15$ MPa:

$$V = 3,2 \times 3,0 \times 0,1 \times 2 + 2,0 \times 5,85 \times 2 \times 2 = 48,72 \text{ m}^3$$

Volume de concreto $f_{ck} \geq 25$ MPa:

$$V = 3,2 \times 3,0 \times 0,3 \times 2 = 5,76 \text{ m}^3 - \text{lajes de transição}$$

$$V = 2 \times 2 \times 2,0 \times 2,0 \times 5,85 = 93,6 \text{ m}^3 - \text{blocos}$$

$$V = 10,6 \times 0,3 \times 8,1 \times 4 = 103,03 \text{ m}^3 - \text{paredes laterais}$$

$$V = 6,10 \times 0,3 \times 5,25 \times 2 = 21,41 \text{ m}^3 - \text{paredes traseiras}$$

$$V = \left[3,10 \times 0,5 \times 4,0 + 3 \times 1 \times 4,0 + \frac{(0,5 + 2,0)}{2} \times 1,0 \times 4,0 \right] \times 2$$

$$= 46,4 \text{ m}^3 - \text{paredes frontais}$$

$$V = 0,25 \times 5,85 \times 10,55 \times 2 = 30,86 \text{ m}^3 - \text{lajes}$$

$$V = 0,40 \times 3,40 \times 1,00 \times 4 = 5,44 \text{ m}^3 - \text{vigas transversais}$$

$$V = 0,50 \times 0,70 \times 6,10 \times 4 = 8,54 \text{ m}^3 - \text{pilares}$$

$$V = \frac{(0,5 + 2,00)}{2} \times 3,30 \times 0,3 \times 4 = 4,95 \text{ m}^3 - \text{ alas}$$

$$V_{total} \cong 320 \text{ m}^3$$

Forma:

$$A = (3,2 + 3,0) \times 0,3 \times 2 \times 2 = 7,44 \text{ m}^2 - \text{ lajes de transição}$$

$$A = 2 \times 2 \times 2,0 \times (2,0 + 5,85) = 62,8 \text{ m}^2 - \text{ blocos}$$

$$A = 10,6 \times 8,1 \times 2 \times 4 = 686,88 \text{ m}^2 - \text{ paredes laterais}$$

$$A = 6,10 \times 5,25 \times 2 \times 2 = 128,1 \text{ m}^2 - \text{ paredes traseiras}$$

$$A \cong [3,10 \times 4,0 + 3 \times 4,0] \times 2 \times 2 \cong 97,6 \text{ m}^2 - \text{ paredes frontais}$$

$$A = 5,85 \times 10,55 \times 2 = 123,44 \text{ m}^2 - \text{ lajes}$$

$$A = 3,40 \times 1,00 \times 4 \times 2 = 27,20 \text{ m}^2 - \text{ vigas transversais}$$

$$A = (0,50 + 0,70) \times 6,10 \times 4 = 29,28 \text{ m}^2 - \text{ pilares}$$

$$A \cong \frac{(0,5 + 2,00)}{2} \times 3,30 \times 2 \times 4 \cong 33 \text{ m}^2 - \text{ alas}$$

$$A_{total} \cong 1200 \text{ m}^2$$

Volume de escoramento:

$$V = 5,85 \times 10,55 \times 8,10 \times 2 \cong 1000 \text{ m}^3$$

Aço CA-50:

$$= 320 \text{ m}^3 \times 120 \text{ kg/m}^3 = 38400 \text{ kg}$$

Mesoestrutura:

Volume de concreto por metro para o pilar do trecho isostático:

$$V = 3,8 \times 2,6 - 3,2 \times 2,0 = 3,48 \text{ m}^3/\text{m}$$

Volume de concreto por metro para o pilar do trecho em balanços sucessivos:

$$V = 4,4 \times 4,0 - 2,9 \times 2,5 = 10,35 \text{ m}^3/\text{m}$$

Área de forma por metro para o pilar do trecho isostático:

$$A = (3,8 + 2,6 + 3,2 + 2,0) \times 2 = 23,2 \text{ m}^2/\text{m}$$

Área de forma por metro para o pilar do trecho em balanços sucessivos:

$$V = (4,4 + 4,0 + 2,9 + 2,5) \times 2 = 27,6 \text{ m}^2/\text{m}$$

A tabela a seguir resume o volume de concreto e as formas para os pilares e maciços:

| | $h_{\text{pilar}} \text{ (m)}$ | $h_{\text{maciço}} \text{ (m)}$ | $V_{\text{pilar}} \text{ (m}^3\text{)}$ | $V_{\text{maciço}} \text{ (m}^3\text{)}$ | $A_{\text{pilar}} \text{ (m}^2\text{)}$ | $A_{\text{maciço}} \text{ (m}^2\text{)}$ |
|-----|--------------------------------|---------------------------------|---|--|---|--|
| P1 | 16,17 | 1,50 | 51,05 | 14,82 | 340,34 | 25,60 |
| P2 | 16,35 | 1,50 | 51,68 | 14,82 | 344,52 | 25,60 |
| P3 | 16,53 | 1,50 | 52,30 | 14,82 | 348,70 | 25,60 |
| P4 | 16,71 | 1,50 | 52,93 | 14,82 | 352,87 | 25,60 |
| P5 | 16,89 | 1,50 | 53,56 | 14,82 | 357,05 | 25,60 |
| P6 | 17,06 | 1,50 | 54,15 | 14,82 | 360,99 | 25,60 |
| P7 | 17,25 | 1,50 | 54,81 | 14,82 | 365,40 | 25,60 |
| P8 | 17,43 | 1,50 | 55,44 | 14,82 | 369,58 | 25,60 |
| P9 | 17,61 | 1,50 | 56,06 | 14,82 | 373,75 | 25,60 |
| P10 | 17,79 | 1,50 | 56,69 | 14,82 | 377,93 | 25,60 |
| P11 | 17,95 | 1,50 | 57,25 | 14,82 | 381,64 | 25,60 |
| P12 | 18,15 | 1,50 | 57,94 | 14,82 | 386,28 | 25,60 |
| P13 | 18,33 | 1,50 | 58,57 | 14,82 | 390,46 | 25,60 |
| P14 | 18,51 | 1,50 | 59,19 | 14,82 | 394,63 | 25,60 |
| P15 | 18,67 | 1,50 | 59,75 | 14,82 | 398,34 | 25,60 |
| P16 | 18,25 | 1,50 | 58,29 | 14,82 | 388,60 | 25,60 |
| P17 | 18,43 | 1,50 | 58,92 | 14,82 | 392,78 | 25,60 |
| P18 | 18,61 | 1,50 | 59,54 | 14,82 | 396,95 | 25,60 |
| P19 | 18,97 | 1,50 | 60,80 | 14,82 | 405,30 | 25,60 |
| P20 | 19,15 | 1,50 | 61,42 | 14,82 | 409,48 | 25,60 |
| P21 | 19,33 | 1,50 | 62,05 | 14,82 | 413,66 | 25,60 |
| P22 | 18,51 | 1,50 | 59,19 | 14,82 | 394,63 | 25,60 |
| P23 | 18,69 | 1,50 | 59,82 | 14,82 | 398,81 | 25,60 |
| P24 | 18,87 | 1,50 | 60,45 | 14,82 | 402,98 | 25,60 |
| P25 | 19,05 | 1,50 | 61,07 | 14,82 | 407,16 | 25,60 |
| P26 | 19,21 | 1,50 | 61,63 | 14,82 | 410,87 | 25,60 |
| P27 | 19,37 | 1,50 | 62,19 | 14,82 | 414,58 | 25,60 |
| P28 | 19,50 | 1,50 | 62,64 | 14,82 | 417,60 | 25,60 |
| P29 | 19,63 | 1,50 | 63,09 | 14,82 | 420,62 | 25,60 |
| P30 | 19,73 | 1,50 | 63,44 | 14,82 | 422,94 | 25,60 |
| P31 | 19,83 | 1,50 | 63,79 | 14,82 | 425,26 | 25,60 |
| P32 | 19,90 | 1,50 | 64,03 | 14,82 | 426,88 | 25,60 |
| P33 | 19,97 | 1,50 | 64,28 | 14,82 | 428,50 | 25,60 |
| P34 | 22,45 | 1,50 | 72,91 | 14,82 | 486,04 | 25,60 |
| P35 | 22,50 | Var. | 73,08 | 19,27 | 487,20 | 37,12 |
| P36 | 22,00 | - | 227,70 | - | 607,20 | - |
| P37 | 22,00 | - | 227,70 | - | 607,20 | - |
| P38 | 22,69 | Var. | 78,96 | 19,27 | 526,41 | 37,12 |
| P39 | 22,63 | 1,50 | 73,53 | 14,82 | 490,22 | 25,60 |
| P40 | 22,45 | 1,50 | 72,91 | 14,82 | 486,04 | 25,60 |
| P41 | 22,37 | 1,50 | 72,63 | 14,82 | 484,18 | 25,60 |
| P42 | 22,30 | 1,50 | 72,38 | 14,82 | 482,56 | 25,60 |
| P43 | 22,20 | 1,50 | 72,04 | 14,82 | 480,24 | 25,60 |
| P44 | 22,10 | 1,50 | 71,69 | 14,82 | 477,92 | 25,60 |
| P45 | 21,97 | 1,50 | 71,24 | 14,82 | 474,90 | 25,60 |
| P46 | 21,84 | 1,50 | 70,78 | 14,82 | 471,89 | 25,60 |
| P47 | 21,68 | 1,50 | 70,23 | 14,82 | 468,18 | 25,60 |
| P48 | 21,52 | 1,50 | 69,67 | 14,82 | 464,46 | 25,60 |

| | $h_{\text{pilar}} \text{ (m)}$ | $h_{\text{maciço}} \text{ (m)}$ | $V_{\text{pilar}} \text{ (m}^3\text{)}$ | $V_{\text{maciço}} \text{ (m}^3\text{)}$ | $A_{\text{pilar}} \text{ (m}^2\text{)}$ | $A_{\text{maciço}} \text{ (m}^2\text{)}$ |
|-----|--------------------------------|---------------------------------|---|--|---|--|
| P49 | 21,34 | 1,50 | 69,04 | 14,82 | 460,29 | 25,60 |
| P50 | 21,16 | 1,50 | 68,42 | 14,82 | 456,11 | 25,60 |
| P51 | 20,98 | 1,50 | 67,79 | 14,82 | 451,94 | 25,60 |
| P52 | 20,80 | 1,50 | 67,16 | 14,82 | 447,76 | 25,60 |
| P53 | 20,62 | 1,50 | 66,54 | 14,82 | 443,58 | 25,60 |
| P54 | 20,44 | 1,50 | 65,91 | 14,82 | 439,41 | 25,60 |
| P55 | 17,79 | 1,50 | 56,69 | 14,82 | 377,93 | 25,60 |
| P56 | 17,61 | 1,50 | 56,06 | 14,82 | 373,75 | 25,60 |
| P57 | 17,43 | 1,50 | 55,44 | 14,82 | 369,58 | 25,60 |
| P58 | 17,25 | 1,50 | 54,81 | 14,82 | 365,40 | 25,60 |
| P59 | 17,09 | 1,50 | 54,25 | 14,82 | 361,69 | 25,60 |
| P60 | 16,91 | 1,50 | 53,63 | 14,82 | 357,51 | 25,60 |
| P61 | 16,71 | 1,50 | 52,93 | 14,82 | 352,87 | 25,60 |
| P62 | 16,51 | 1,50 | 52,23 | 14,82 | 348,23 | 25,60 |
| P63 | 16,35 | 1,50 | 51,68 | 14,82 | 344,52 | 25,60 |
| P64 | 16,17 | 1,50 | 51,05 | 14,82 | 340,34 | 25,60 |
| P65 | 15,99 | 1,50 | 50,43 | 14,82 | 336,17 | 25,60 |
| P66 | 15,81 | 1,50 | 49,80 | 14,82 | 331,99 | 25,60 |
| P67 | 15,63 | 1,50 | 49,17 | 14,82 | 327,82 | 25,60 |
| P68 | 15,47 | 1,50 | 48,62 | 14,82 | 324,10 | 25,60 |
| P69 | 15,29 | 1,50 | 47,99 | 14,82 | 319,93 | 25,60 |
| P70 | 15,09 | 1,50 | 47,29 | 14,82 | 315,29 | 25,60 |
| P71 | 14,91 | 1,50 | 46,67 | 14,82 | 311,11 | 25,60 |
| P72 | 14,73 | 1,50 | 46,04 | 14,82 | 306,94 | 25,60 |
| P73 | 14,37 | 1,50 | 44,79 | 14,82 | 298,58 | 25,60 |
| P74 | 14,37 | 1,50 | 44,79 | 14,82 | 298,58 | 25,60 |
| P75 | 14,37 | 1,50 | 44,79 | 14,82 | 298,58 | 25,60 |
| P76 | 14,01 | 1,50 | 43,53 | 14,82 | 290,23 | 25,60 |
| P77 | 14,01 | 1,50 | 43,53 | 14,82 | 290,23 | 25,60 |
| P78 | 14,01 | 1,50 | 43,53 | 14,82 | 290,23 | 25,60 |
| P79 | 13,47 | 1,50 | 41,66 | 14,82 | 277,70 | 25,60 |
| P80 | 13,47 | 1,50 | 41,66 | 14,82 | 277,70 | 25,60 |
| P81 | 13,47 | 1,50 | 41,66 | 14,82 | 277,70 | 25,60 |
| P82 | 12,93 | 1,50 | 39,78 | 14,82 | 265,18 | 25,60 |
| P83 | 12,93 | 1,50 | 39,78 | 14,82 | 265,18 | 25,60 |
| P84 | 12,93 | 1,50 | 39,78 | 14,82 | 265,18 | 25,60 |
| P85 | 12,39 | 1,50 | 37,90 | 14,82 | 252,65 | 25,60 |
| P86 | 12,39 | 1,50 | 37,90 | 14,82 | 252,65 | 25,60 |
| P87 | 12,39 | 1,50 | 37,90 | 14,82 | 252,65 | 25,60 |
| P88 | 11,85 | 1,50 | 36,02 | 14,82 | 240,12 | 25,60 |
| P89 | 12,00 | 1,50 | 36,54 | 14,82 | 243,60 | 25,60 |
| P90 | 12,00 | 1,50 | 36,54 | 14,82 | 243,60 | 25,60 |
| P91 | 12,00 | 1,50 | 36,54 | 14,82 | 243,60 | 25,60 |
| P92 | 12,00 | 1,50 | 36,54 | 14,82 | 243,60 | 25,60 |
| P93 | 12,28 | 1,50 | 37,51 | 14,82 | 250,10 | 25,60 |
| P94 | 12,28 | 1,50 | 37,51 | 14,82 | 250,10 | 25,60 |
| P95 | 12,28 | 1,50 | 37,51 | 14,82 | 250,10 | 25,60 |
| | 1655,38 | | 5582,76 | 1387,16 | 35396,82 | 2403,84 |

Aço CA-50:

$$= 6970 \, m^3 \times 140 \, kg/m^3 = 975800 \, kg$$

Apoio náutico para a mesoestrutura:

O apoio náutico para a mesoestrutura será dimensionado para a execução de 50% dos pilares, uma vez que os estudos hidrológicos mostraram que para pelo menos uma vez ao ano o rio enche além da calha principal os dois braços laterais.

Considerando uma produtividade média de 0,15m de pilar por hora, utilizando formas deslizantes:

$$\frac{50\% \times 1655,38}{0,15m/hora} = 5518 \, horas$$

Considerando turno de 24 horas de trabalho e 30 dias trabalhados no mês, pois uma vez iniciado o trabalho com as formas deslizantes este não pode ser interrompido até o término do pilar:

$$\frac{5518}{24 \times 30} \approx 7,7 \, meses$$

O apoio náutico para a mesoestrutura consistirá de:

- 2 balsas de trabalho estacionárias – Equipamentos necessários para confecção do concreto, e para equipamentos da forma deslizante;
- 1 balsa de transporte de materiais;
- 1 rebocador – Deslocamento das balsas;
- 0,5 balsas cábrea – para apoitamento das balsas estacionárias;
- 2 lanchas – Transporte do pessoal para execução dos serviços.

Superestrutura isostática:

Viga pré-moldada (1 viga):

$$S_{corrente} = 1,151 \, m^2$$

$$S_{apoio} = 2,565 \, m^2$$

$$U_{corrente} = 7,209 \, m$$

$$U_{apoio} = 6,600 \, m$$

$$V = \left[1,151 \times 7,025 + 2,565 \times \left(1,05 + \frac{0,3}{2} \right) + \frac{1,151 + 2,565}{2} \times 6,55 \right] \times 2 = 46,67 \, m^3$$

$$A = \left[7,209 \times 7,025 + 6,600 \times \left(1,05 + \frac{0,3}{2} \right) + \frac{7,209 + 6,600}{2} \times 6,55 + 2,565 + (2,565 - 1,151) \right] \times 2 = 215,53 \text{ m}^2$$

Laje (1 vão):

$$S = 5,85 \times 0,15 + \frac{(5,85 + 3,4) \times 0,1}{2} + \frac{4,65 \times 0,10}{2} + 0,37 \times 0,15 \times 4 = 1,795 \text{ m}^2$$

$$V = 1,795 \times 29,95 = 53,76 \text{ m}^3$$

$$A = \left[\left(0,15 + \sqrt{1,225^2 + 0,1^2} \right) \times 2 + (3,4 - 2 \times 0,9) + 0,37 \times 4 \right] \times 29,95 + 1,795 \times 2 = 173,95 \text{ m}^2$$

Transversinas de apoio (1 vão):

$$V = (0,5 \times 2,2 \times 1,6) \times 2 = 3,52 \text{ m}^3$$

$$A = 1,6 \times (0,5 + 2,2 \times 2) = 7,84 \text{ m}^2$$

Transversina de vão (1 vão):

$$V = 0,3 \times 2,65 \times 1,6 = 1,272 \text{ m}^3$$

$$A = 1,6 \times (0,3 + 2,65 \times 2) = 8,96 \text{ m}^2$$

Volume de concreto $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$ total para um vão isostático:

$$V = 2 \times 46,67 + 53,76 + 3,52 + 1,272 = 151,89 \text{ m}^3$$

Área de forma total para um vão isostático:

$$A = 2 \times 215,53 + 173,95 + 7,84 + 8,96 = 621,81 \text{ m}^2$$

Para 93 vãos:

$$V = 93 \times 151,89 = 14125,77 \text{ m}^3$$

$$A = 93 \times 621,81 = 57828,33 \text{ m}^2$$

Aço CA-50:

$$= 14125,77 \text{ m}^3 \times 110 \text{ kg/m}^3 \cong 1553835 \text{ kg}$$

Aço CP-190:

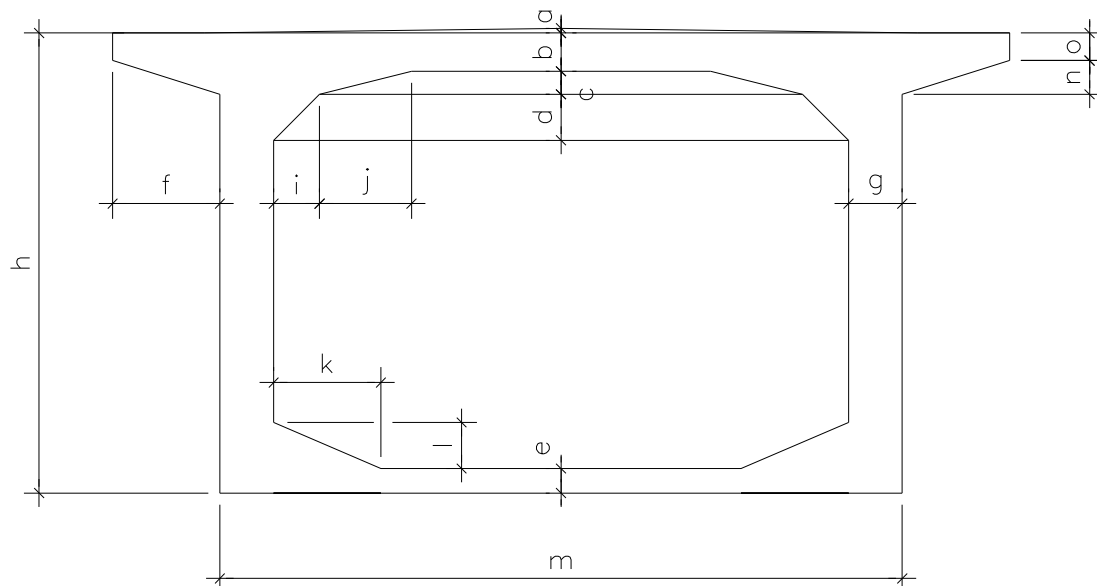
$$= 14125,77 \text{ m}^3 \times 30 \text{ kg/m}^3 \cong 423773 \text{ kg}$$

Ancoragens ativas 12Ø12,7mm:

$$n = 14 \frac{\text{ancoragens}}{\text{viga}} \times 93 \text{ vãos} \times 2 \text{ vigas} = 2604 \text{ unidades}$$

Trecho em balanços sucessivos:

A planilha a seguir resume o cálculo das quantidades para o trecho em balanços sucessivos:



| Seção | a | b | c | d | e | f | g | h |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sext | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,200 | 0,925 | 0,600 | 2,200 |
| fech. lat | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,150 | 0,925 | 0,350 | 2,200 |
| 4a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,216 | 0,925 | 0,350 | 2,264 |
| 3a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,282 | 0,925 | 0,350 | 2,456 |
| 2a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,348 | 0,925 | 0,350 | 2,776 |
| 1a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,414 | 0,925 | 0,350 | 3,224 |
| Arranque | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,500 | 0,925 | 0,600 | 4,000 |
| Arranque | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,500 | 0,925 | 0,600 | 4,000 |
| 1a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,414 | 0,925 | 0,350 | 3,224 |
| 2a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,348 | 0,925 | 0,350 | 2,776 |
| 3a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,282 | 0,925 | 0,350 | 2,456 |
| 4a aduela | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,216 | 0,925 | 0,350 | 2,264 |
| fech. cent | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,150 | 0,925 | 0,350 | 2,200 |
| Smv | 0,030 | 0,250 | 0,150 | 0,000 | 0,150 | 0,925 | 0,350 | 2,200 |

| Seção | i | j | k | l | m | n | o | L |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sext | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | |
| fech. lat | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 5,65 |
| 4a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| 3a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| 2a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| 1a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| Arranque | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 5,48 |
| Arranque | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 3,95 |
| 1a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 5,48 |
| 2a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| 3a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| 4a aduela | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| fech. cent | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 4,20 |
| Smv | 0,000 | 0,600 | 0,500 | 0,300 | 4,000 | 0,100 | 0,150 | 0,75 |

| Seção | A (m ²) | U _{forma} ^E (m) | U _{forma} ^I (m) | V _{conc} (m ³) | A _{formas} ^E (m) | A _{formas} ^I (m) | U _{cimb} (m) | A _{cimb} (m ²) |
|------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Sext | 4,570 | 10,061 | 5,437 | 22,88 | 56,84 | 32,41 | 5,85 | 33,05 |
| fech. lat | 3,530 | 10,061 | 6,037 | 15,38 | 42,52 | 25,35 | 5,85 | 24,57 |
| 4a aduela | 3,793 | 10,189 | 6,033 | 16,67 | 43,60 | 25,87 | 5,85 | 24,57 |
| 3a aduela | 4,145 | 10,573 | 6,285 | 18,34 | 45,75 | 27,46 | 5,85 | 24,57 |
| 2a aduela | 4,587 | 11,213 | 6,793 | 20,38 | 48,98 | 30,13 | 5,85 | 24,57 |
| 1a aduela | 5,118 | 12,109 | 7,557 | 34,73 | 70,54 | 43,78 | 5,85 | 32,03 |
| Arranque | 7,570 | 13,661 | 8,437 | 29,90 | 53,96 | 33,33 | 5,85 | 23,11 |
| Arranque | 7,570 | 13,661 | 8,437 | 34,73 | 70,54 | 43,78 | 5,85 | 32,03 |
| 1a aduela | 5,118 | 12,109 | 7,557 | 20,38 | 48,98 | 30,13 | 5,85 | 24,57 |
| 2a aduela | 4,587 | 11,213 | 6,793 | 18,34 | 45,75 | 27,46 | 5,85 | 24,57 |
| 3a aduela | 4,145 | 10,573 | 6,285 | 16,67 | 43,60 | 25,87 | 5,85 | 24,57 |
| 4a aduela | 3,793 | 10,189 | 6,033 | 15,38 | 42,52 | 25,35 | 5,85 | 24,57 |
| fech. cent | 3,530 | 10,061 | 6,037 | 2,65 | 7,55 | 4,53 | 5,85 | 4,39 |
| Smv | 3,530 | 10,061 | 6,037 | | | | 5,85 | |

Volume de concreto para o caixão:

$$V = 532,84 \text{ m}^3$$

Volume de concreto para as transversinas extremas:

$$V = 3,73 \text{ m}^3 \text{ por transversina}$$

Volume de concreto para as transversinas nos pilares:

$$V = 6,65 \text{ m}^3 \text{ por transversina}$$

Volume de concreto para a transversina de meio de vão:

$$V = 1,14 \text{ m}^3$$

Volume total de concreto fck ≥ 35 MPa para o trecho em balanços sucessivos:

$$V = 532,84 + 2 \times 3,73 + 4 \times 6,65 + 1,14 = 568,04 \text{ m}^3$$

Área de forma para o caixão:

$$V = 1993,18 \text{ m}^2$$

Área de forma para as transversinas extremas:

$$V = 9,32 \text{ m}^2 \text{ por transversina}$$

Área de forma para as transversinas nos pilares:

$$V = 17,72 \text{ m}^2 \text{ por transversina}$$

Área de forma para a transversina de meio de vão:

$$V = 11,40 \text{ m}^2$$

Área total de forma para o trecho em balanços sucessivos:

$$V = 1993,18 + 2 \times 9,32 + 4 \times 17,72 + 11,4 = 2094,1 \text{ m}^2$$

Aço CA-50:

$$= 568,04 \text{ m}^3 \times 130 \text{ kg/m}^3 \cong 73845 \text{ kg}$$

Aço CP-190:

$$= 568,04 \text{ m}^3 \times 50 \text{ kg/m}^3 \cong 28402 \text{ kg}$$

Ancoragens ativas 12Ø12,7mm:

$$n = 140 \text{ unidades}$$

Ancoragens ativas 6Ø12,7mm:

$$n = 28 \text{ unidades}$$

Ancoragens passivas 12Ø12,7mm:

$$n = 32 \text{ unidades}$$

Cimbramento para aduelas em balanços sucessivos:

$$A = 5,85 \times 4 \times 4,2 \times 4 = 393,12 \text{ m}^2$$

Cimbramento para arranques e fechamentos:

$$A = 5,85 \times [(5,85 \times 2 + 1,6 \times 2 + 5,75) \times 2 + 1,5] = 250,38 \text{ m}^2$$

Refúgios:

Volume de concreto $f_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$:

$$V = \frac{2900}{10} \times 2 \times 0,58 \text{ m}^3 / \text{refúgio} \cong 336 \text{ m}^3$$

Área de formas:

$$A = \frac{2900}{10} \times 2 \times 7,48 \text{ m}^2 / \text{refúgio} \cong 4338 \text{ m}^2$$

Aço CA-50:

$$= 336 \text{ m}^3 \times 35 \text{ kg/m}^3 \cong 11760 \text{ kg}$$

Escoramento suspenso:

Será considerado o escoramento suspenso para a execução das lajes e transversinas no trecho isostático na largura do tabuleiro mais um metro para cada lado, de acordo com a recomendação do DNIT.

$$A = (2900 - 110) \times (5,85 + 2) \cong 21902 \text{ m}^2$$

Andaime suspenso:

Será considerado, apenas no trecho isostático, o andaime com 2,5m de largura para movimentação dos operários e transporte de materiais, de acordo com a recomendação do DNIT.

$$A = (2900 - 110) \times 2,5 \cong 6975 \text{ m}^2$$

Aparelho de apoio de borracha neoprene fretada:

$$V = 7 \times 3,5 \times 0,9 \times 4 \times 93 = 9114 \text{ dm}^3$$

Junta elástica:

$$L = 95 \times 5,85 \cong 556 \text{ m}$$

Guarda corpo metálico:

$$L = [2900 + 2 \times (10,575 + 3,25)] \times 2 \cong 5855 \text{ m}$$

Drenos 2”:

Na caixa de brita (a cada 3m):

$$n = \frac{2900}{3} \times 2 \cong 1934 \text{ unidades}$$

Na caixa de cabos (a cada 6m):

$$n = \frac{2900}{6} \times 2 \cong 968 \text{ unidades}$$

Nos refúgios (a cada 10m):

$$n = \frac{2900}{10} \times 2 \cong 580 \text{ unidades}$$

Placas pré-moldadas de passeio:

Volume de concreto $f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$:


$$V = 0,38 \times 0,05 \times 2900 \times 2 \cong 110 \, m^3$$

Área de formas:

$$A = (0,38 + 0,05 \times 2) \times 2900 \times 2 = 2784 \, m^2$$

Aço CA-50:

$$= 110 \, m^3 \times 35 \, kg/m^3 \cong 3850 \, kg$$

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 110 | 3 | |

3.2.6.5. Materiais

Por se tratar de um lote singular, contemplando apenas a ponte sobre o Rio São Francisco, os recursos naturais deverão ser oriundos de jazidas comerciais da região, como já é prática comum em OAE's que não estão inseridas em grandes lotes de pavimentação.

Com base na composição 1 A 01 200 01 – Brita produzida em central de britagem, será demonstrada a inviabilidade da utilização de brita produzida. No lote 5FA – Ponte sobre o Rio São Francisco, o volume total de brita estimado é de cerca de 27 mil m³, e o britador considerado foi o E225 – Conjunto de Britagem.

Produção = 66 m³/h

Volume do projeto = 27000 m³

Horas necessárias para concluir a britagem = $27000/66 = 409,1$ horas


= $409,1 / 8$ horas por dia = 51,1 dias

= $51,1 / 22$ dias úteis no mês = 2,32 meses

Sendo assim temos que o tempo produtivo do britador para esta obra é baixo, apenas 51,1 dias, ou seja, o custo de manutenção deste britador para este volume de brita é o fator que torna a utilização de brita produzida inviável para o projeto.

Neste caso, o custo final total para montar o britador e colocá-lo em condições de produção envolve: mobilização e desmobilização 3 a 4 viagens de carreta prancha com origem em uma grande cidade, pois o equipamento não é encontrado em pequenas cidades; montagem e desmontagem do britador; licenças ambientais; preparação do terreno; recuperação de passivo ambiental, além da necessidade da empreiteira vencedora do certame ter disponibilidade do britador, o que pode ser fator limitador da concorrência, uma vez que nem todas as empreiteiras possuem britador. A aquisição de um conjunto de britagem, baseado no SICROII para a Bahia é de cerca de 2,7 milhões de reais, exclusivos seguro e juros.

Foram localizadas 3 pedreiras comerciais na região. Uma em Santa Maria da Vitória, a cerca de 90km da margem oeste da travessia. Uma em Guanambi, a aproximadamente 105km da

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 111 | 3 | |

margem leste do rio. A pedreira mais adequada foi a Mineração São Jorge, localizada entre Bom Jesus da Lapa e Riacho de Santana.




Localização da pedreira.



Detalhe da pedreira.

O transporte da brita oriunda da Mineração São Jorge até a o canteiro do lote 5FA – Ponte sobre o Rio São Francisco pode ser feito de três maneiras: 80km em vias parcialmente pavimentadas até a margem oeste; 65km em vias parcialmente pavimentadas até a margem leste; ou 32km em vias vicinais não pavimentadas até a margem leste. Assim, optou-se por localizar o canteiro principal na margem leste, uma vez que os demais insumos também apresentam distâncias de transporte menores até a margem leste.

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 112 | 3 |




Trajeto 1.



Trajeto 2.




Trajeto 3 - escolhido.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 113 | 3 | |

O cimento deverá se adquirido em Brumado, com distância de transporte de 120km em vias não pavimentadas, mais 140km em vias pavimentadas. A madeira em Guanambi, sendo transportada por 120km em vias não pavimentadas, o aço em Salvador, localizado a 830km em vias pavimentadas somados a 120km em vias não pavimentadas. O único areal comercial localizado situa-se me Santa Maria da Vitória, e tem uma distância de transporte de 90km em vias não pavimentadas.


| MATERIAL | PERCURSO | | DT (km) | | |
|--------------------|------------------------|----------|---------|-----|-------|
| | ORIGEM | DESTINO | NP | P | TOTAL |
| Cimento | Brumado | Canteiro | 120 | 140 | 260 |
| Madeira | Guanambi | Canteiro | 120 | | 120 |
| Aço | Salvador | Canteiro | 120 | 830 | 950 |
| Pedreira Comercial | Mineração São Jorge | Canteiro | 32 | | 32 |
| Areal Comercial | Santa Maria da Vitória | Canteiro | 90 | | 90 |

Canteiro localizado na margem leste (km 806+605)


| | | | | |
|---|--------------|--|--------------|------------|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 114 | 3 |

3.3. Planilha de Quantidades

| PLANILHA DE QUANTITATIVOS | | | | |
|---------------------------|--|--------------------|---------|------------|
| ITEM | DESCRIÇÃO DO SERVIÇO | ESPECIFICAÇÃO | UNIDADE | QUANTIDADE |
| II | OBRAS DE ARTE ESPECIAIS | | | |
| 10 | OBRAS DE ARTE ESPECIAIS | | | |
| 10.1 | Ponte sobre o Rio São Francisco | | | |
| 10.1.1 | Infraestrutura | | | |
| 10.1.1.1 | Escavação para blocos e sapatas | | | |
| 10.1.1.1.1 | Em material de 1ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 4.445,00 |
| 10.1.1.1.2 | Em material de 2ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 834,00 |
| 10.1.1.1.3 | Em material de 3ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 278,00 |
| 10.1.1.2 | Tubulões | | | |
| 10.1.1.2.1 | Escavação | | | |
| 10.1.1.2.1.1 | Céu aberto material de 1ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 735,00 |
| 10.1.1.2.1.2 | Céu aberto material de 2ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 490,00 |
| 10.1.1.2.1.3 | Ar comprimido material de 1ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 1.469,00 |
| 10.1.1.2.1.4 | Ar comprimido material de 2ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 2.204,00 |
| 10.1.1.2.1.5 | Ar comprimido material de 3ª categoria | 80-ES-028A-11-8010 | m3 | 2.338,00 |
| 10.1.1.2.3 | Corpo de tubulão (camisa+fust)D=1,40m | 80-ES-028A-11-8010 | m | 3.180,00 |
| 10.1.1.2.4 | Concreto Fck 25 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 2.338,00 |
| 10.1.1.2.5 | Armadura de aço CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 508.800,00 |
| 10.1.1.3 | Estacas escavadas | | | |
| 10.1.1.3.2 | Estaca escavada em material de 2ª categoria com lama bentonítica D=1,40m | 80-ES-028A-11-8010 | m | 456,00 |
| 10.1.1.3.3 | Estaca escavada em material de 3ª categoria D=1,40m | 80-ES-028A-11-8010 | m | 800,00 |
| 10.1.1.3.4 | Fornecimento e cravação de tubo metálico D = 1,40 m espessura =12,5 mm | 80-ES-028A-11-8010 | m | 800,00 |
| 10.1.1.3.5 | Fixação de camisa metálica no leito do rio | 80-ES-028A-11-8010 | unid | 80,00 |
| 10.1.1.3.6 | Concreto Fck = 20 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 530,00 |
| 10.1.1.3.7 | Armadura de aço CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 37.860,00 |
| 10.1.1.3.8 | Apoio Náutico para infraestrutura | | mês | 10,70 |
| 10.1.1.4 | Blocos e Sapatas | | | |
| 10.1.1.4.1 | Concreto Fck = 15 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 225,00 |
| 10.1.1.4.2 | Concreto Fck = 25 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 5.452,10 |
| 10.1.1.4.3 | Formas | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 4.631,00 |
| 10.1.1.4.4 | Armadura de aço CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 327.120,00 |
| 10.1.1.4.7 | Escoramento | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 2.550,00 |
| 10.1.2 | Encontros e lajes de transição | | | |
| 10.1.2.1 | Concreto Fck = 15 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 49,00 |

| | | | | |
|---|---------------------------------------|--|------------|--|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 115 | 3 | |

| PLANILHA DE QUANTITATIVOS | | | | |
|---------------------------|---|--------------------|---------|--------------|
| ITEM | DESCRIÇÃO DO SERVIÇO | ESPECIFICAÇÃO | UNIDADE | QUANTIDADE |
| 10.1.2.2 | Concreto Fck = 25 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 320,00 |
| 10.1.2.3 | Formas | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 1.200,00 |
| 10.1.2.4 | Escoramento | | m3 | 1.000,00 |
| 10.1.2.5 | Armadura de aço CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 38.400,00 |
| 10.1.3 | Mesoestrutura | | | |
| 10.1.3.1 | Concreto Fck = 25 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 6.970,00 |
| 10.1.3.2 | Formas Convencionais | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 2.404,00 |
| 10.1.3.3 | Formas deslizantes | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 35.397,00 |
| 10.1.3.4 | Armadura de aço CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 975.800,00 |
| 10.1.3.6 | Apoio Náutico para Mesoestrutura | | mês | 7,70 |
| 10.1.4 | Superestrutura | | | |
| 10.1.4.1 | Concreto Fck = 35 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 15.030,00 |
| 10.1.4.2 | Formas | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 64.261,00 |
| 10.1.4.3 | Armadura de aço CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 1.639.440,00 |
| 10.1.4.4 | CP 190 RB 12,7 mm | 80-ES-028A-11-8005 | kg | 452.175,00 |
| 10.1.4.5 | Cone de ancoragem 12 D = 12,7mm | 80-ES-028A-11-8005 | unid | 2.744,00 |
| 10.1.4.6 | Cone de ancoragem 6 D = 12,7mm | 80-ES-028A-11-8005 | unid | 28,00 |
| 10.1.4.7 | Ancoragem passiva | 80-ES-028A-11-8005 | unid | 32,00 |
| 10.1.4.9 | Cimbramento para balanço sucessivo | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 394,00 |
| 10.1.4.10 | Cimbramento dos arranques e fechamentos | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 251,00 |
| 10.1.4.11 | Lançamento de vigas pré-moldadas de até 120 toneladas com treliça do tipo aspen/sicet | | unid | 186,00 |
| 10.1.4.12 | Escoramento suspenso para balanços de laje e transversinas | | m2 | 21.902,00 |
| 10.1.4.13 | Andaime suspenso | | m2 | 6.975,00 |
| 10.1.5 | Serviços Complementares | | | |
| 10.1.5.1 | Aparelho de apoio Neoprene | 80-ES-028A-11-8007 | dm3 | 9.114,00 |
| 10.1.5.2 | Aparelho de apoio Cernoflon 350/50 | 80-ES-028A-11-8007 | unid | 2,00 |
| 10.1.5.3 | Aparelho de apoio Cernoflon 350/50/20 | 80-ES-028A-11-8007 | unid | 2,00 |
| 10.1.5.4 | Junta elástica | 80-ES-028A-11-8007 | m | 556,00 |
| 10.1.5.5 | Guarda corpo metálico | 80-ES-028A-14-8002 | m | 5.855,00 |
| 10.1.5.6 | Drenos 2" | | unid | 3.482,00 |
| 10.1.5.7 | Placas pré moldadas passeio | | | |
| 10.1.5.7.1 | Concreto Fck = 25 MPa | 80-ES-028A-11-8007 | m3 | 110,00 |
| 10.1.5.7.2 | Formas | 80-ES-028A-11-8007 | m2 | 2.784,00 |
| 10.1.5.7.3 | Armadura CA 50/60 | 80-ES-028A-11-8007 | kg | 3.850,00 |

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 116 | 3 | |

4- BOLETINS DE SONDAGEM

TÍTULO:

Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I –
Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA.
Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) –
Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3.

NºVALEC:
80-RL-300G-11-7000

FOLHA

REV

NºPROJ:
80-RL-300G-11-0001

117

3

4.1. Anotações de Campo

| BOLETIM DE SONDAGEM À PERCUSSÃO | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|-------------------|-------|------------------|
| CLIENTE - 28/04 | | | | | OBRA - F.O.L. | | PROF (m) | DATA | HORA |
| LOCAL - 62 525 FRANCISCO | | | | | FURO - 98 794 | | N.A. - INICIAL | | |
| EMP - | | | | | COTA - | | N.A. - APÓS | | |
| INÍCIO - 27/09/2009 13:00 HS | | | | | | | N.A. - APOSDR | 4.40 | 27/09/2009 17:40 |
| TERMINO - 28/09/2009 13:00 HS | | | | | | | ESCOOTAMENTO | | |
| | | | | | | | SEM | NÃO | |
| DADOS PIVRECHER | | | | | | | INTERVALO | | |
| FOI UTILIZADO BENTONITA? | | | | | | | DE | PARA | |
| HOUVE PERDA D'ÁGUA? | | | | | | | | | |
| MOTIVO DA CONCLUSÃO DO FURO: | | | | | | | IMPERMEABILIZANTE | NORMA | LIMITE |
| PROFUNDIDADE DO FURO | | | | | | | 1"CM | 2"CM | 3"CM |
| TEMPO DE LAVAGEM (SEG) | | | | | | | | | |
| MATERIAL | | | | | | | | | |
| 1 100 150 15 13 15 | | | | | SILTI ARGILOSO FIBROSO DE COR MARROM | | | | |
| 2 100 135 16 13 15 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 3 100 226 19 32/11 | | | | | ARGILA CONSISTENTE DE COR MARROM | | | | |
| 4 100 323 19 31/04 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 5 100 421 20 30/06 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 6 100 534 15 25 10/04 | | | | | SILTI ARGILOSO FIBROSO DE COR VARIADA MARROM | | | | |
| 7 100 636 17 25 10/06 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 8 100 733 15 23 12/06 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 9 100 833 16 25 09/09 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 10 100 933 18 20 20/08 | | | | | ARGILA | | | | |
| 11 100 1034 19 24 21/04 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| 12 100 1121 20 30/04 | | | | | 15CM 15CM 15CM | | | | |
| ESTACIA 903+675 | | | | | | | | | |
| COORDENADAS | | | | | | | | | |
| ESTE 667 345 185 | | | | | | | | | |
| NORTE 756 9 229.2 | | | | | | | | | |

ELABORADO: [Assinatura]

AJUDANTE: [Assinatura]

Eng. Celso Marques Pereira
CREA - RJ 75 1 DIR 87 1 - D
1a RESIDÊNCIA - RJ - 2ª MARI - RJ
Ferrovia de Integ. Oeste/Leste
Consultoria e Engenharia Ltda
05/10/07

TÍTULO:

Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I –
Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA.
Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) –
Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3.

NºVALEC:

80-RL-300G-11-7000

FOLHA

REV

NºPROJ:

80-RL-300G-11-0001

120

3

TOPSOND
Projetos & Sondagens LTDA

BOLÉTIM DE SONDAGEM À PERCUSSÃO

| | | | | | | |
|--|--|-----------------------|--|----------------|-------------|---------------|
| CLIENTE: ECOPLAN | | OBRA: FERROVIA | | COORD. UTM | DATA | LSV |
| LOCAL: CAPO DE AREIA B. JESUS | | FURO: SPT000 | | N.A. - INICIAL | 5.40 | 27.933 |
| SÍTIO: DR. CARCIO | | COTA: | | N.A. - APOS 2m | 8.89 | 27.933 |
| INÍCIO: 21/09/2009 - 5:20 CHS | | | | N.A. - APOS 2m | 8.89 | 27.933 |
| TERMINO: 21/09/2009 - 11:38 CHS | | | | SEGOTAMENTO | 6.38 | 27.933 |

| REVESTIMENTO | Nº DA ANOTAÇÃO | PROFUNDIDADE | | | PENETRAÇÃO | | | TORQUE | | ALICATA | COMENTÁRIOS |
|--------------|----------------|--------------|-------|-------|------------|----|----|--------|--|---------|--|
| | | DE | PARA | PO | PS | PE | Tm | Tr | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | 01 | 0.00 | 1.00 | 1.45 | 9 | 11 | 12 | | | | SILT ARGILOSO DE COR MARROM |
| | 02 | 1.00 | 2.00 | 2.45 | 4 | 4 | 5 | | | | AREIA FINA DE COR LARANJA |
| | 03 | 2.00 | 3.00 | 3.45 | 5 | 6 | 3 | | | | AMOSTRA NAO RECUPERADA |
| | 04 | 3.00 | 4.00 | 4.45 | 3 | 4 | 3 | | | | AMOSTRA NAO RECUPERADA |
| | 05 | 4.00 | 5.00 | 5.45 | 3 | 4 | 3 | | | | AMOSTRA NAO RECUPERADA |
| | 06 | 5.00 | 6.00 | 6.45 | 3 | 3 | 2 | | | | AMOSTRA NAO RECUPERADA |
| | 07 | 6.00 | 7.00 | 7.45 | 3 | 3 | 2 | | | | ARGILA ORGANICA DE COR MARROM |
| | 08 | 7.00 | 8.00 | 8.45 | 3 | 3 | 2 | | | | " |
| | 09 | 8.00 | 9.00 | 9.45 | 3 | 3 | 2 | | | | AREIA FINA DE COR MARROM |
| | 10 | 9.00 | 10.00 | 10.45 | 3 | 3 | 2 | | | | " |
| | 11 | 10.00 | 11.00 | 11.45 | 3 | 3 | 2 | | | | " |
| | 12 | 11.00 | 12.00 | 12.45 | 3 | 3 | 2 | | | | ARGILA ORGANICA COMPRETIDA COM ATERRO DE RECOMPOZICAO DE VAZEA |

COORDENADAS

ESTACA + 805 + 355

ELE + 669002.332

NORTE + 8508991.899

CONTRATANTE:

ecoplan


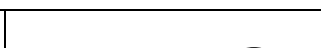
AJUDANTE:

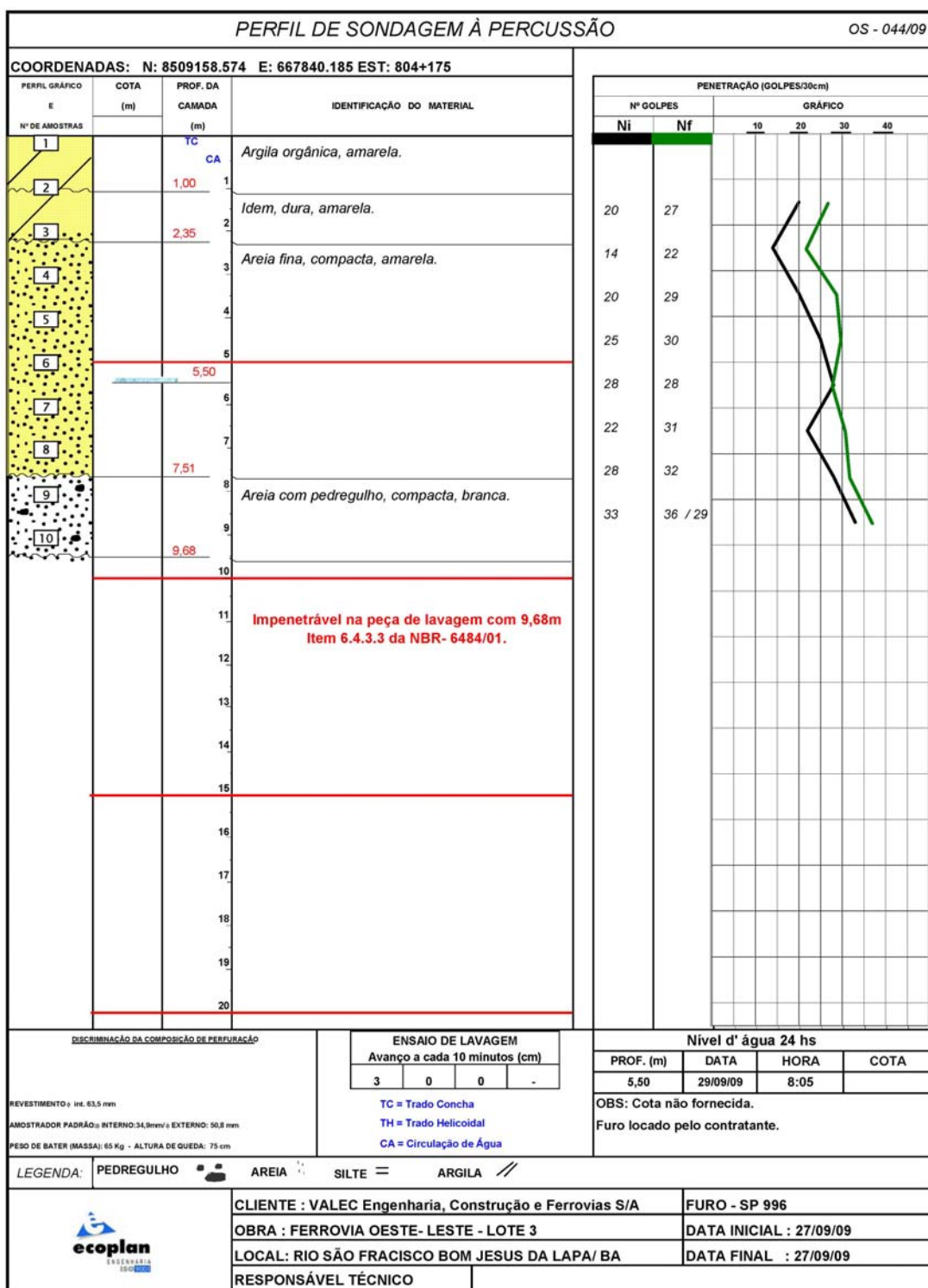
MARCO F. A. OLIVEIRA


Patricia W. F.

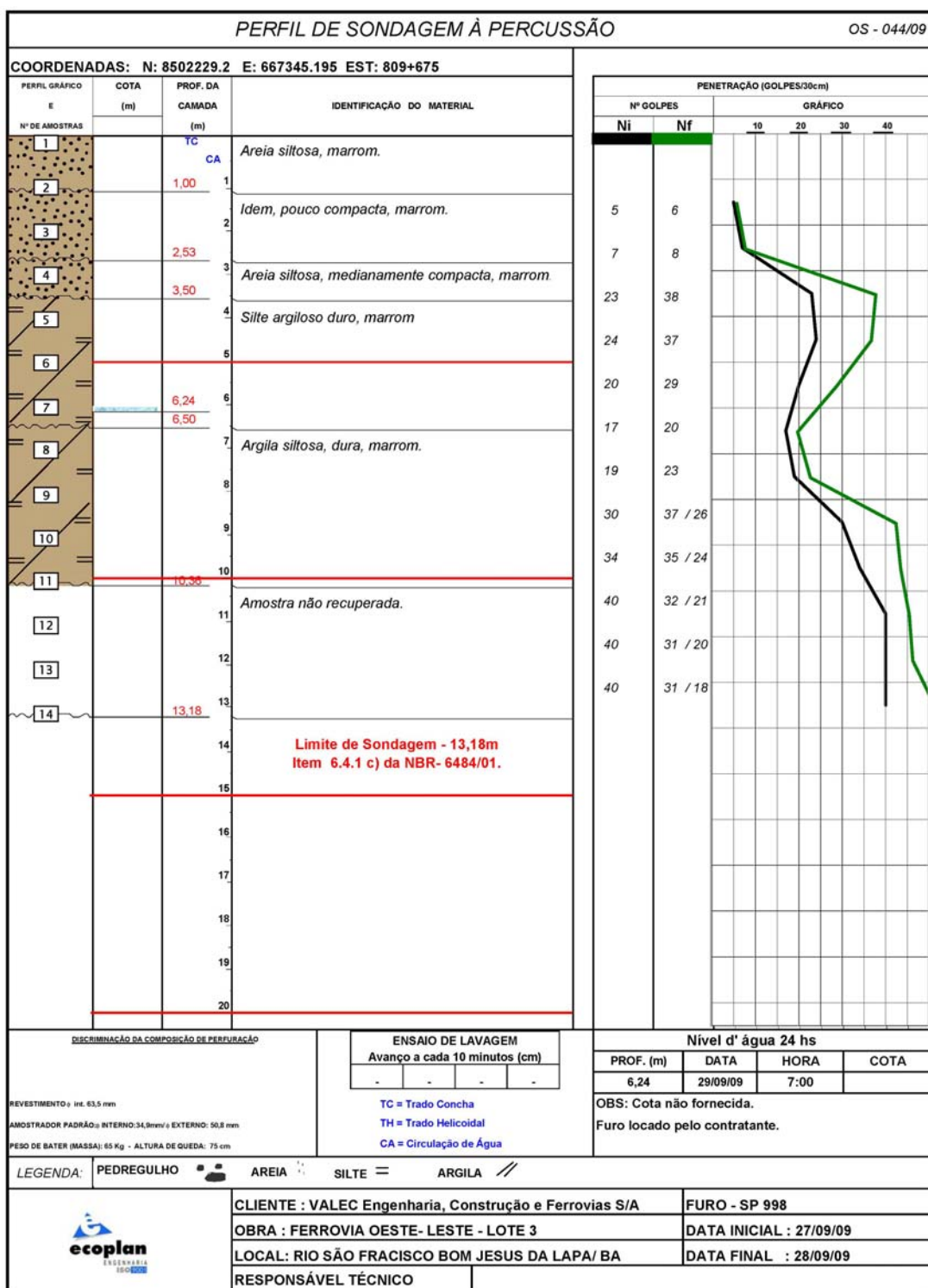
Eng. Patricia Marques Pereira
CREA - RJ 71.1.00187-1-0
3a RESIDÊNCIA: OLIVEIRA MARCO F. A.
Ferrovia de Integração Oeste Leste
Consultoria Técnica Ltda


08/10/09

| | | | | |
|---|---|---|-------|-----|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 125 | 3 |







| | | | | |
|---|--------------|---|-------------------------|---------------------|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | FOLHA 126 | REV 3 |


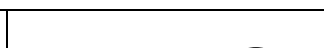


| | | | | |
|---|----------------|---|-------------------------|---------------------|
|  | <h1>VALEC</h1> | <h2>EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE</h2> | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | FOLHA 127 | REV 3 |

| PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO | | | | OS - 044/09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------------------|---|--|--------------------------|--|---------|--|--|--|-----------|--|--|--|--|--|----|----|----|----|----|----|
| COORDENADAS: N: 850.991.899 E: 669.008.352 ESTACA: 805+355 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERFIL GRÁFICO E Nº DE AMOSTRAS | COTA (m) | PROF. DA CAMADA (m) | IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL | <table border="1"> <tr> <th colspan="2">PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm)</th> <th colspan="4">GRÁFICO</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Nº GOLPES</th> <th colspan="4"></th> </tr> <tr> <th>Ni</th> <th>Nf</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>30</th> <th>40</th> </tr> </table> | PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm) | | GRÁFICO | | | | Nº GOLPES | | | | | | Ni | Nf | 10 | 20 | 30 | 40 |
| PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm) | | GRÁFICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº GOLPES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ni | Nf | 10 | 20 | 30 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | TC | Silte argiloso, marrom. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1,00 | CA | Areia fina, compacta, marrom claro. | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,38 | | | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | Amostra não recuperada. | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2,84 | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | 2 / 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 5,45 | | Argila orgânica, mole, marrom. | 2 / 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 7,50 | | Areia fina medianamente compacta a compacta, marrom. | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 10,46 | | Argila orgânica, dura, variegada (amarela). (Alteração de Rocha). | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 11,49 | | Impenetrável na peça de lavagem com 11,49m Item 6.4.3.3 da NBR- 6484/01. | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | 50 / 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|--------------------|---|------------------|-------------------------------|----------|-------|------|
| DISCRIMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE PERFURAÇÃO | | ENSAIO DE LAVAGEM Avanço a cada 10 minutos (cm) | | Nível d' água 24 hs | | | |
| 1 | 0 | 0 | - | PROF. (m) | DATA | HORA | COTA |
| TC | Trado Concha | TH | Trado Helicoidal | 2,84 | 24/09/09 | 11:48 | |
| CA | Circulação de Água | OBS: Cota não fornecida. | | | | | |
| | | | | Furo locado pelo contratante. | | | |

| | | |
|--|--|--|
| LEGENDA: PEDREGULHO  AREIA  SILTE  ARGILA  | CLIENTE : VALEC Engenharia, Construção e Ferrovias S/A OBRA : FERROVIA OESTE- LESTE - LOTE 3 LOCAL: BOM JESUS DA LAPA/ BA RESPONSÁVEL TÉCNICO | FURO - SP 1000 DATA INICIAL : 22/09/09 DATA FINAL : 23/09/09 |
|--|--|--|

| | | | | |
|---|---|---|-------|-----|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 129 | 3 |

| PERFIL DE SONDAGEM À PERCUSSÃO | | | | OS - 044/09 | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|---------------------------|--|---|---------|---|---|--|--|-----------|------|------|------|----|----------|--|--|
| COORDENADAS: N: 8508850.640 E: 669998.325 ESTACA: 805+855 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FERRIL GRÁFICO E Nº DE AMOSTRAS | COTA (m) | PROF. DA CAMADA (m) | IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL | PENETRAÇÃO (GOLPES/30cm) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Nº GOLPES | GRÁFICO | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ni | Nf | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 10 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 30 | 40 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | TC | Areia siltosa com pedregulho, branca. | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1,00 | CA | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | Amostra não recuperada. | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | Argila siltosa com pouca areia, com pedregulho, dura, cor de cinza. | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 5,50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | Impenetrável na peça de lavagem com 7,21m Item 6.4.3.3 da NBR- 6484/01. | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 7,21 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DISCRIMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE PERCUSSÃO | | | | Nível d' água 24 hs | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> REVESTIMENTO: int. 63,5 mm AMOSTRADOR PADRÃO: interno: 34,9mm / externo: 50,8 mm PESO DE BATER (MASSA): 65 Kg - ALTURA DE QUEDA: 75 cm </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> ENSAIO DE LAVAGEM Avanço a cada 10 minutos (cm) </div> <table border="1" style="margin: 5px auto; text-align: center;"> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> </table> <p>TC = Trado Concha TH = Trado Helicoidal CA = Circulação de Água</p> </div> </div> | | | | 3 | 4 | 0 | - | <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>PROF. (m)</th> <th>DATA</th> <th>HORA</th> <th>COTA</th> </tr> <tr> <td>NE</td> <td>07/06/09</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>OBS: Cota não fornecida. Furo locado pelo contratante.</p> | | PROF. (m) | DATA | HORA | COTA | NE | 07/06/09 | | |
| 3 | 4 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | |
| PROF. (m) | DATA | HORA | COTA | | | | | | | | | | | | | | |
| NE | 07/06/09 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> LEGENDA: PEDREGULHO AREIA SILTE ARGILA </div> <div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> ENSAIO DE LAVAGEM Avanço a cada 10 minutos (cm) </div> <table border="1" style="margin: 5px auto; text-align: center;"> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>-</td> </tr> </table> <p>TC = Trado Concha TH = Trado Helicoidal CA = Circulação de Água</p> </div> </div> | | | | 3 | 4 | 0 | - | <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>PROF. (m)</th> <th>DATA</th> <th>HORA</th> <th>COTA</th> </tr> <tr> <td>NE</td> <td>07/06/09</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>OBS: Cota não fornecida. Furo locado pelo contratante.</p> | | PROF. (m) | DATA | HORA | COTA | NE | 07/06/09 | | |
| 3 | 4 | 0 | - | | | | | | | | | | | | | | |
| PROF. (m) | DATA | HORA | COTA | | | | | | | | | | | | | | |
| NE | 07/06/09 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> </div> <div> CLIENTE : VALEC Engenharia, Construção e Ferrovias S/A OBRA : FERROVIA OESTE- LESTE - LOTE 3 LOCAL: BOM JESUS DA LAPA/ BA RESPONSÁVEL TÉCNICO </div> </div> | | | | FURO - SP 1008 DATA INICIAL : 12/09/09 DATA FINAL : 16/09/09 | | | | | | | | | | | | | |

TÍTULO:

Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I –
Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA.
Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) –
Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3.

NºVALEC:
80-RL-300G-11-7000

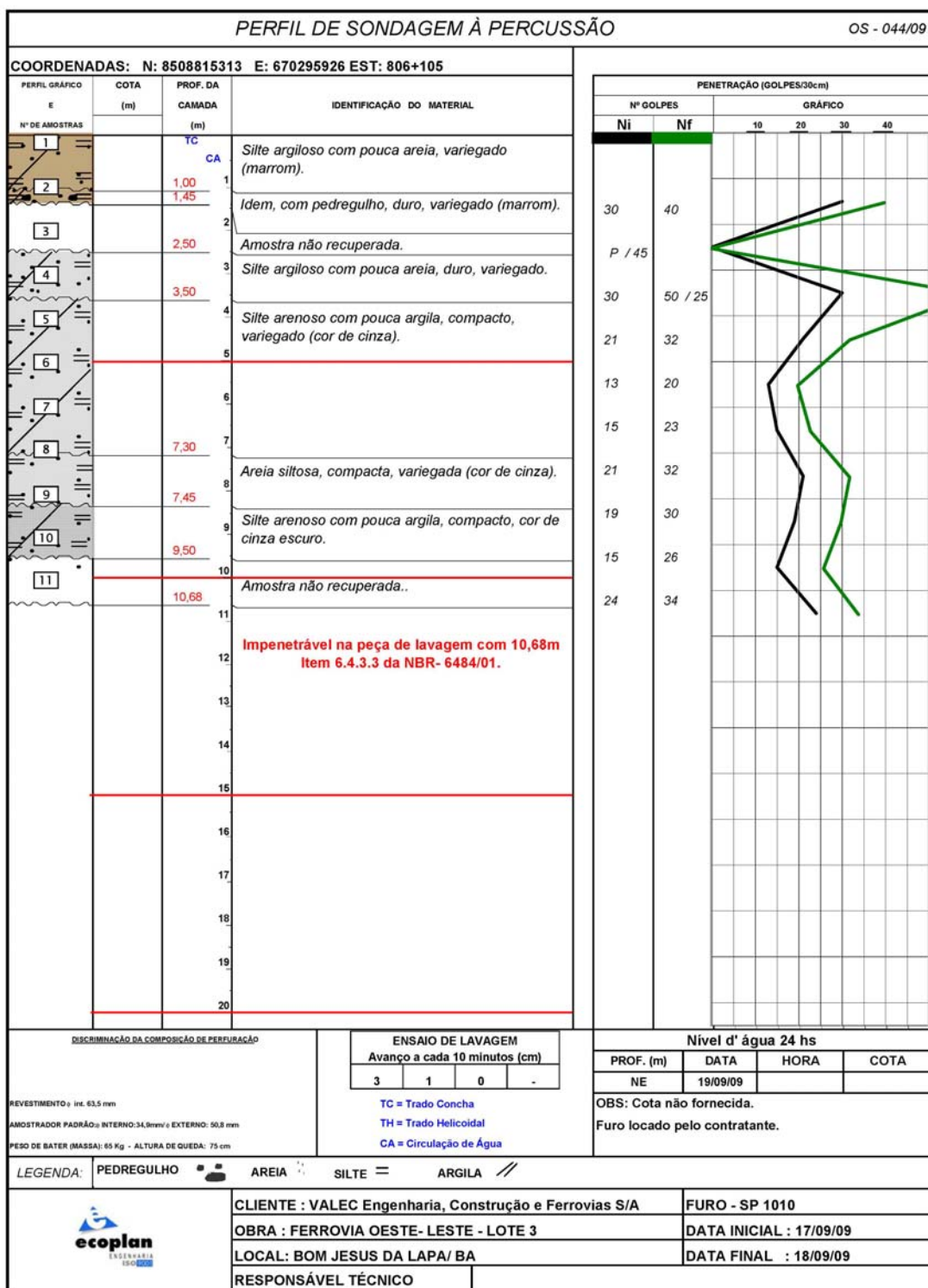
FOLHA


REV

Nº PROJ:
80-RL-300G-11-0001



130

3



| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 131 | 3 | |

5- ESTUDOS HIDROLÓGICOS

| | | | | |
|--|---|---|-----|--|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 132 | 3 | |

5. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

O rio São Francisco é o terceiro maior rio do Brasil, com aproximadamente 2.700km de extensão e descarrega uma média de 2.810m³/s no Oceano Atlântico. Sua bacia hidrográfica possui uma área de 639.219km², onde habitam cerca de 13 milhões de pessoas, que correspondem a 8% da população do país. A bacia é abrangida pelos seguintes estados: Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Alagoas, Goiás e do Distrito Federal.

5.1. Características da Bacia do Rio São Francisco


Sobre o assunto em tela, característica da bacia do Rio São Francisco, existe ampla bibliografia, tais como, estudos técnicos e artigos publicados pelos mais diversos órgãos de estudo e controle dos governos de âmbito estadual e federal, tais como FUNDESPA, CODEVASF, ANA e outros. Desta maneira, para explanação das características, foram utilizadas as informações contidas no Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF, N. 10, de Gondim Filho, et. al. (2004) ¹.

5.1.1. Regiões Fisiográficas

A bacia do São Francisco é dividida em quatro trechos, denominados regiões fisiográficas, classificados de montante para jusante:

- Alto São Francisco: Corresponde à região compreendida entre a nascente do rio principal, na serra da Canastra, Estado de Minas Gerais, e a confluência com o rio Jequitaiá, ainda no mesmo estado. É uma região onde predomina o clima úmido, havendo trechos de clima subúmido úmido e subúmido seco,

¹ J.G.C. Gondim Filho; M.R.B. Sugai; V.V.R. Medeiros; K.T.M. Formiga; N.A. Murtha; R.X.M.Duarte (2004). Subprojeto 4.5.C – CONTROLE DE CHEIAS. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco - ANA/GEF/PNUMA/OEA; Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF (2004-2013); Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 10; 55pp.


| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 133 | 3 | |

sendo, portanto, uma importante região geradora de vazões. Nesta região está localizado o reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias.

- **Médio São Francisco:** É o trecho de maior extensão, com 1.152km, entre a confluência do rio Jequitai com o São Francisco e a barragem da usina hidrelétrica de Sobradinho, na divisa entre os Estados de Pernambuco e Bahia. Possui regiões de clima subúmido seco e semiárido. A vazão neste trecho sofre a influência da regularização causada pelo reservatório de Três Marias.
- **Submédio São Francisco:** Com 568km, corresponde ao trecho entre a barragem de Sobradinho e a cidade de Belo Monte, em Alagoas. Caracteriza-se por ser uma região de clima árido a semi-árido, pela vazão regularizada pelos reservatórios das usinas de Sobradinho e Itaparica e pela maior declividade do leito original do rio, o que resultou na construção de uma cascata de usinas hidrelétricas no trecho, que ainda é estudado para construção de novas usinas.
- **Baixo São Francisco:** Corresponde ao trecho a jusante de Belo Monte, até a foz no oceano Atlântico, na divisa dos Estados de Sergipe e Alagoas. Caracteriza-se por ser um trecho de rio encaixado e de vazões regularizadas pelos reservatórios das usinas de Sobradinho e Itaparica.

5.1.2. Geologia

Pode-se dividir a geologia da bacia do São Francisco, de maneira simplificada, em terrenos cristalinos e sedimentares. Nesta divisão, os terrenos sedimentares incluem as bacias sedimentares, coberturas detrito-lateríticas, depósitos colúvio-eluviais e aluviões. As áreas ocupadas pelo embasamento cristalino localizam-se, predominantemente, na margem direita do rio São Francisco, no Alto e Médio São Francisco e, em ambas as margens, na região do Baixo São Francisco.

| | | | | |
|---|---------------------------------------|--|------------|--|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 134 | 3 | |

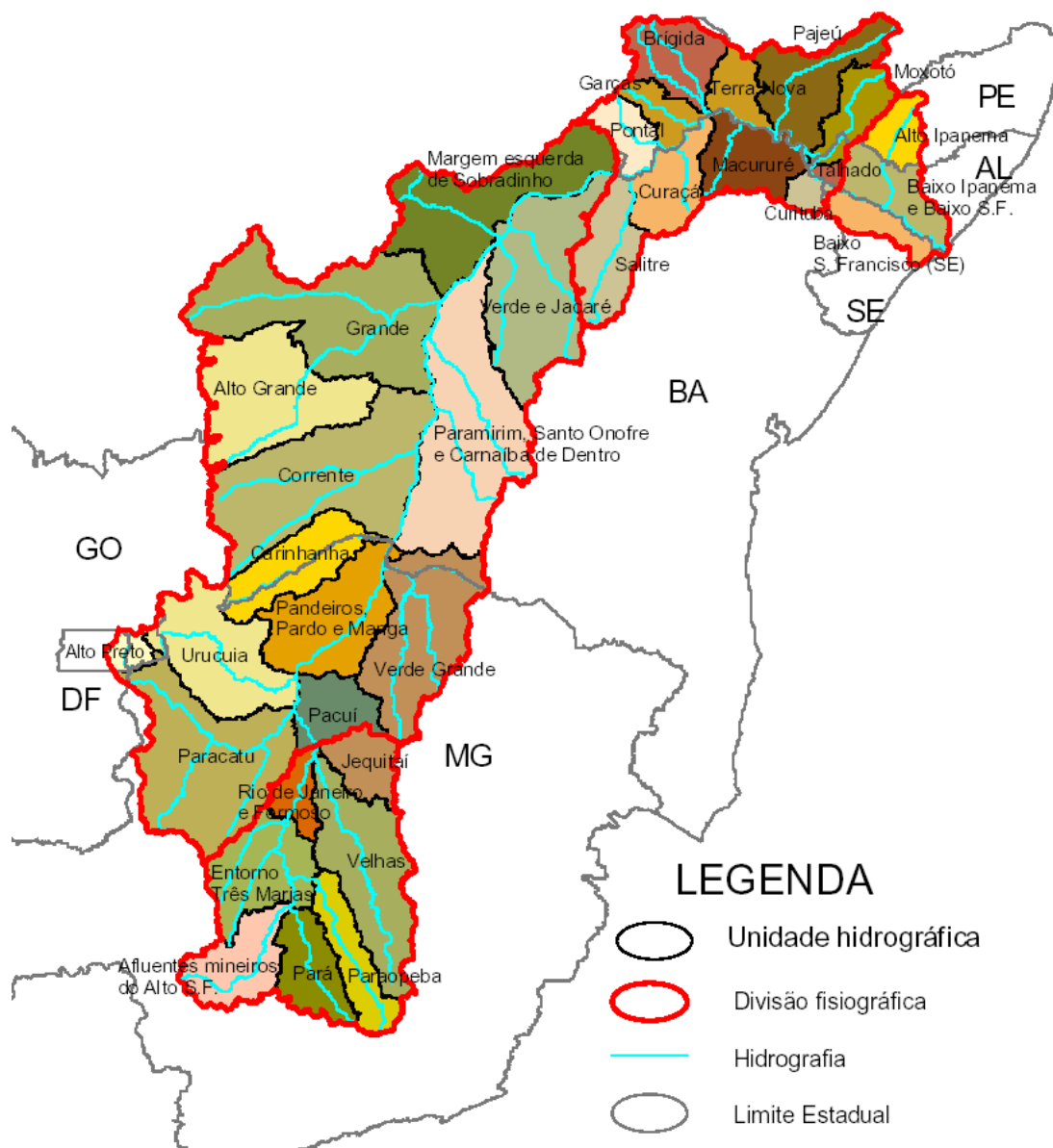



Figura 9 – Divisões hidrográficas das sub-bacias do rio São Francisco (Matos e Zoby, 2004)²

² B. A. Matos; J.L.G. Zoby (2004). Subprojeto 4.5.C – DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUANTITATIVA E USOS CONSUNTIVOS. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco - ANA/GEF/PNUMA/OEA; Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF (2004-2013); Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 01; 63pp.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 135 | 3 | |

Os terrenos cristalinos perfazem aproximadamente 57% da área da bacia do São Francisco, enquanto os terrenos sedimentares representam aproximadamente 43%.

Os terrenos sedimentares, via de regra, possuem boa capacidade de armazenamento de água. Favorecem a infiltração da água e reduzem vazões máximas nas calhas dos cursos de água devido à boa permeabilidade e porosidade das rochas.


Os terrenos cristalinos, ao contrário, possuem pouca capacidade de acumulação e favorecem a rápida saturação e o incremento do escoamento superficial, o que contribui para maiores vazões de pico.

5.1.3. Caracterização do regime pluviométrico e hidrológico do rio São Francisco

A Figura 18 mostra dados de precipitação e clima na bacia do rio São Francisco, conforme apresentado no Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na bacia do São Francisco. Pode-se observar que a porção mineira da bacia, particularmente as áreas mais próximas à cabeceira, apresenta maior pluviosidade, com total anual da ordem de 1.500 mm, destoando do restante da bacia.

Do escoamento total do rio São Francisco, 70% têm origem na precipitação ocorrida no Estado de Minas Gerais, que ocupa apenas 37% da área da bacia. Mesmo sendo abastecida pela região úmida de Minas Gerais, a bacia do rio São Francisco apresenta um problema crônico de secas, principalmente nas sub-bacias de seu trecho semi-árido. Muitas destas sub-bacias são compostas por rios intermitentes, que têm seus vales utilizados por pequenos agricultores. Grandes períodos sem ocorrência de enchentes são suficientes para encorajar a ocupação das várzeas de inundação, com cultivos ou mesmo habitações, o que ocasiona prejuízos e impactos sobre seus moradores por ocasião de cheias.

Com exceção do Baixo São Francisco, as chuvas se concentram mais fortemente no período entre novembro e março. Apesar de as chuvas no Baixo São Francisco apresentarem comportamento diferente, concentrando-se de abril a junho, sua influência não se verifica nas vazões ocorridas. Portanto, o período de dezembro a março é o mais crítico em relação à ocorrência de enchentes na bacia do São Francisco. É nesta época que se intensificam os

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 136 | 3 |

procedimentos que visam ao controle de cheias, em particular à operação dos reservatórios e aos sistemas de alerta.

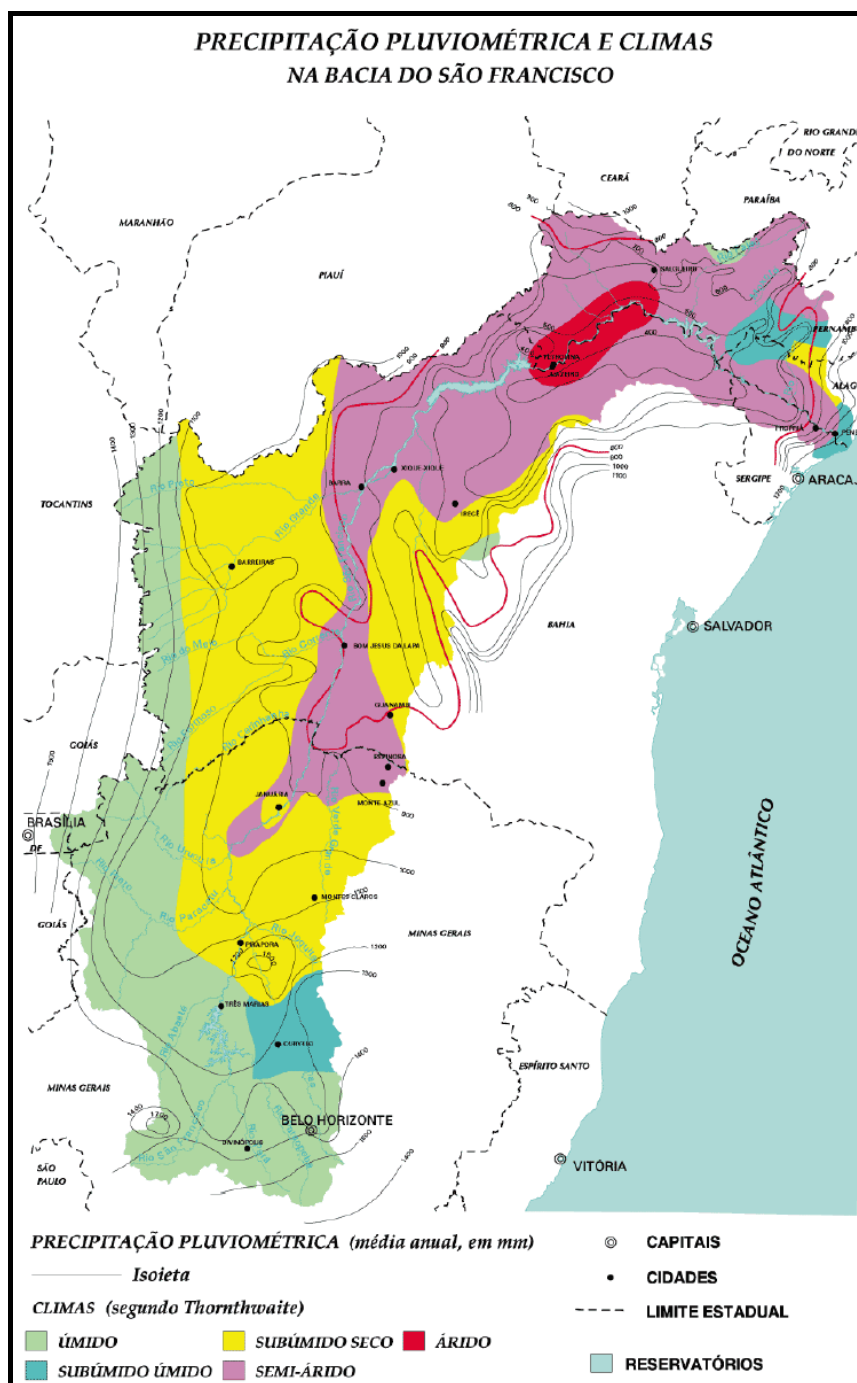



Figura 10 - Dados de precipitação e clima na bacia do rio São Francisco (Gondim Filho, et. al. 2004)

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 137 | 3 | |

Algumas das características fisiográficas da bacia do São Francisco contribuem para a ocorrência de inundações, como a forma da bacia e sua dimensão. Em relação à forma e à dimensão, pode-se perceber que se trata de uma bacia alongada e com grande área, o que torna pouco provável a ocorrência de precipitações intensas simultâneas em toda a sua extensão. Sua forma confere tempos de concentração superiores em relação aos verificados em bacias mais compactas e picos de vazões inferiores nos seus hidrogramas.

5.1.4. Cheias no Rio São Francisco


Pelo critério de maiores picos, com base nas informações das estações fluviométricas, as principais cheias ocorridas na bacia do rio São Francisco, são as de 1943, 1946, 1949, 1979, 1983, 1992 e 2004. Nos anos de 1919 e 1925 ocorreram eventos de cheias que merecem destaque conforme citado pela Comissão Interministerial de Estudos para Controle das Enchentes do Rio São Francisco.

Cheia de 1979

A cheia de 1979, na bacia do rio São Francisco, foi das mais severas que se tem notícia, causando fortes repercussões sociais e econômicas. Todo tipo de atividade ao longo do vale foi atingido.

A cheia de 1979 foi causada por três séries intensas de precipitações que ocorreram entre os meses de janeiro e fevereiro no Alto e no Médio São Francisco. As duas primeiras aconteceram entre os dias 6 e 21 de janeiro e entre 25 de janeiro e 8 de fevereiro. Foram chuvas bastante críticas, pois os solos da bacia já se encontravam umedecidos pelas chuvas de dezembro, que também foram abundantes. A terceira ocorreu entre os dias 14 e 22 de fevereiro.

No dia 16 de janeiro, a cidade de São Francisco foi atingida pelas primeiras ondas de cheia, devido às contribuições dos tributários Paracatu, rio das Velhas e Urucuia, localizados a jusante da Usina de Três Marias. As cidades do Médio São Francisco, como São Romão, São Francisco e Januária, em Minas Gerais, começavam a ter sua situação agravada, enquanto a situação a montante de Três Marias mantinha-se dentro dos valores normais para a época do ano. Esta situação perdurou até 30 de janeiro.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 138 | 3 | |

Para contribuir com a mitigação do efeito das cheias a jusante e considerando as afluições normais e o nível do reservatório abaixo do volume de espera, o início da operação das comportas da Usina de Três Marias foi retardado de forma a possibilitar operações da Defesa Civil para remoção de pessoas e bens. A partir de 31 de janeiro, a situação a montante de Três Marias muda bruscamente para uma forte situação de cheia, havendo a necessidade de operar vertimentos com aumento gradual de vazão. No dia 5 de fevereiro, depois de uma leve recessão de 5 dias, as vazões afluentes a Três Marias voltam a subir. Desta vez, com o volume de espera do reservatório já praticamente esgotado, a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, operadora de Três Marias, teve a necessidade de praticar descargas superiores à restrição de vazão máxima a jusante de 3.000m³/s.


A região formadora da cheia foi aquela entre Pirapora e São Francisco, em Minas Gerais, principalmente devido às contribuições dos afluentes a jusante da Usina de Três Marias, fato que caracteriza as principais cheias da bacia do rio São Francisco. Na estação fluviométrica de São Francisco a vazão atingiu o valor máximo de 18.210m³/s. Mais a jusante, na estação de Juazeiro, na Bahia, as vazões se mantiveram acima dos 12.000m³/s por quase um mês, situação que se repete em Pão de Açúcar, no Estado de Alagoas, em função do amortecimento ocasionado pelo reservatório de Sobradinho.

Foram registradas afluições médias diárias a Sobradinho de 17.800m³/s. A operação de controle de cheias efetuada em Sobradinho, pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF, possibilitou a redução deste pico para um patamar máximo de 13.700m³/s, que foi a maior vazão observada no posto de Juazeiro, cidade a 42km a jusante da barragem.

Apesar do controle efetuado pela operação dos reservatórios do setor elétrico, considerando a utilização de volume de espera e indução de sobrecarga para o controle de enchentes, com base em regras e diretrizes estabelecidas pelo Grupo Coordenador para Operação Interligada - GCOI, contribuíram significativamente para a redução das vazões no vale.

5.2. Estudo Hidrológico na Passagem da Linha Férrea

A estação fluviométrica mais próxima do ponto de passagem do Rio São Francisco está situada na cidade de Bom Jesus da Lapa.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 139 | 3 | |

A estação está situada, aproximadamente, a 27,8km à jusante da passagem da linha ferroviária. A régua é monitorada pela ANA – Agência Nacional de Águas e as informações foram obtidas no site da ANA, através do Banco de Dados “Hidroweb”. As características da estação de Bom Jesus da Lapa podem ser vistas na Tabela a seguir.


| | |
|------------------------|------------------------------------|
| Código | 45480000 |
| Nome | BOM JESUS DA LAPA |
| Código Adicional | RESOLUÇÃO/396 |
| Bacia | RIO SÃO FRANCISCO (4) |
| Sub-bacia | RIOS SÃO FRANCISCO,CARINHANHA (45) |
| Rio | RIO SÃO FRANCISCO |
| Estado | BAHIA |
| Município | SERRA DO RAMALHO |
| Responsável | ANA |
| Operadora | CPRM |
| Latitude | -13°15'25" |
| Longitude | -43°26'21" |
| Altitude (m) | 420 |
| Área de Drenagem (km²) | 272600 |

5.2.1. Cotas

O banco de dados Hidroweb, da Agência Nacional de Águas fornece informações de levantamentos de cotas na seção junto à Estação Fluviométrica de Bom Jesus da Lapa. O levantamento de cotas ocorre desde o ano de 1940 até o momento, através da medição de cotas diárias na régua linimétrica. As cotas máximas anuais, para referida estação, encontram-se na Figura 20 – apresentada a seguir.

Ajuste para a seção de Interesse

Os resultados, conforme mencionado anteriormente, foram obtidos para o Posto de Bom Jesus da Lapa sendo necessário, portanto, efetuar a correção dos dados seção batimétrica do local para o local da passagem da linha férrea. Para o ajuste da referidas cotas foi adotada a seguinte metodologia:

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 140 | 3 | |

- Levantamento topográfico da cheia máxima de vestígio na seção da travessia: de acordo com a informação dos moradores, a maior cheia ocorrida na região foi no ano de 1979 e a cota apontada está situada na altitude 432,885.
- Levantamento nos dados da estação de Bom Jesus da Lapa da maior cota ocorrida no posto: de acordo com os dados, a maior cheia foi em 1979 e atingiu a altitude de 430,20.
- A diferença entre as cotas das diferentes seções de estudo é de 2,685m. Este valor foi adotado para o ajuste das cotas do Posto de Bom Jesus da Lapa para a seção de interesse.

No gráfico da Figura 12 se encontra as cotas máximas já ajustadas para a seção da passagem da linha férrea.

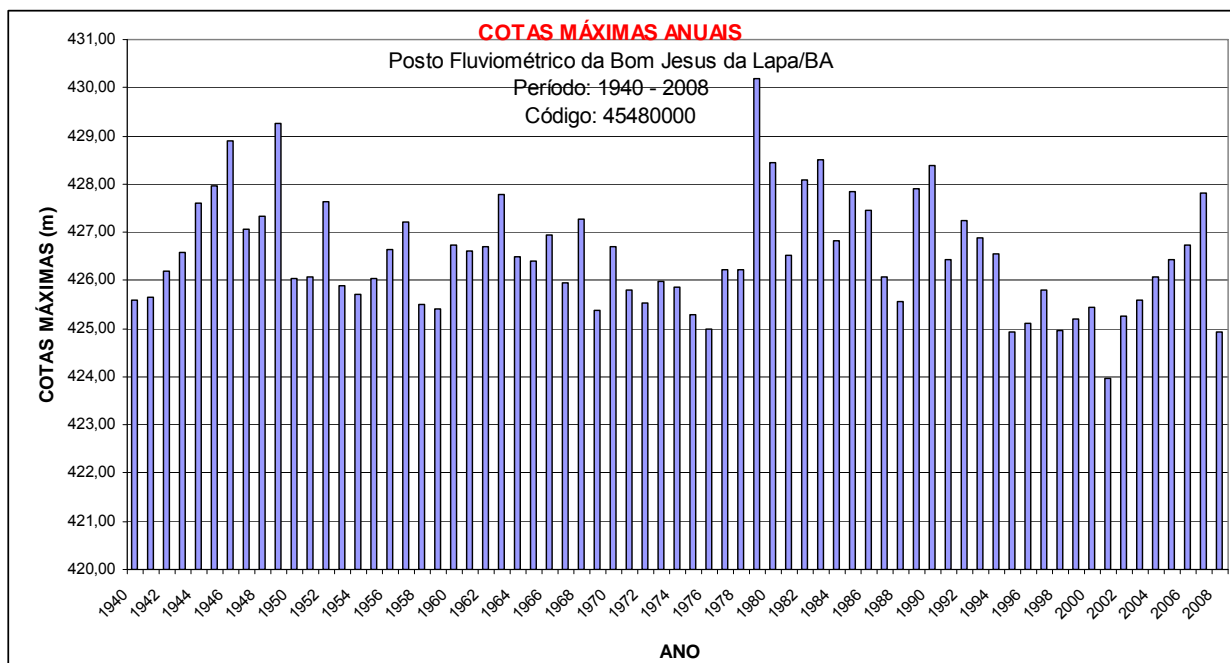



Figura 11 – Cotas Máximas anuais para o Posto de Bom Jesus da Lapa

| | | | | |
|---|---------------------|--|-------|-----|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 141 | 3 |

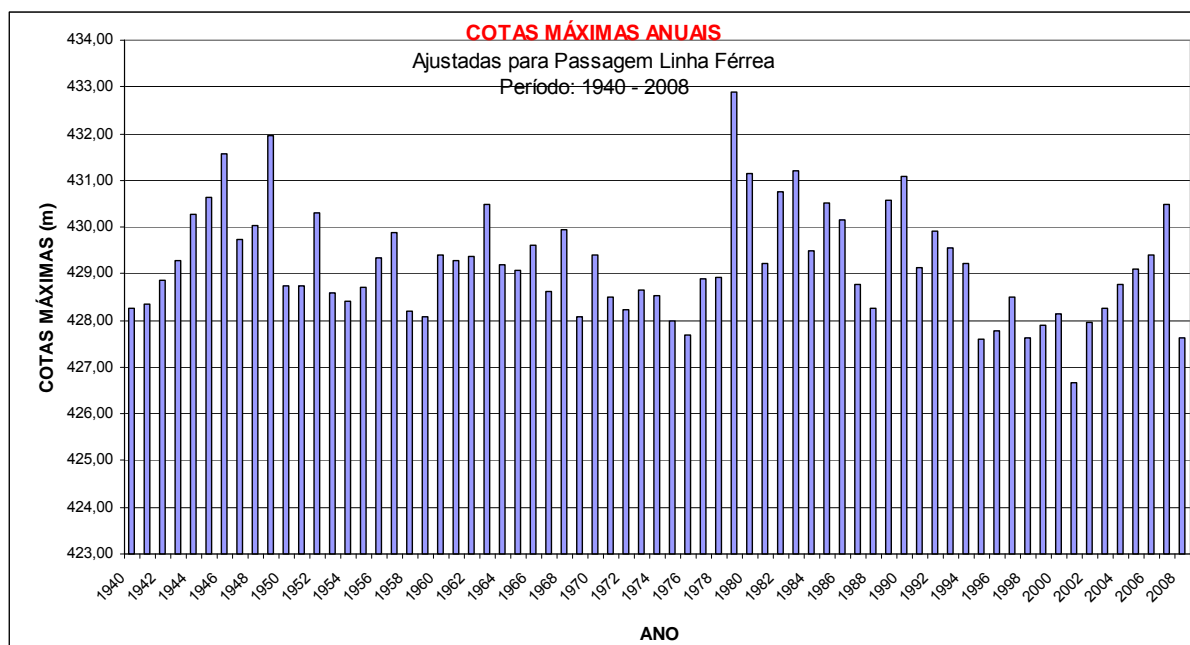


Figura 12 – Cotas Máximas anuais ajustadas para a Passagem da Linha Férrea

Metodologia

O método utilizado no equacionamento das cotas foi o da Distribuição de Valores Extremos - Tipo 1, também chamado de Distribuição de Gumbel.

Esta distribuição, para o caso específico de cotas, afirma que se $Y_{j,j} = 1, 2, \dots, n$, são cotas entre n cotas ocorridas em um ano e X_n a cota máxima ocorrida em um ano, ou seja: $X_n = \max(y_1, y_2, \dots, y_n)$, a probabilidade de qualquer um dos elementos da série ser menor que um dado.


$P(X < x)$ é dada pela Função de Distribuição de Probabilidade (FDP):

$F_x(X)$ = função de distribuição de valores extremos

e = base do logaritmo natural;

α = parâmetro de escala;

m = parâmetro de locação (moda da distribuição)

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 142 | 3 | |

x = variável.

A média \bar{x} , a variância Sx^2 e o fator de frequência k desta distribuição são dados respectivamente por:

$$\bar{x} = \mu + \frac{\delta}{\alpha} \quad Sx^2 = \frac{\pi^2}{6\alpha^2} \quad k = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ \delta + \ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right] \right\}$$

Sendo:

Tr = tempo de recorrência, em anos;

$\delta = 0,57725...$ (constante de Euler).

α = parâmetro de escala;

μ = parâmetro de locação;

Os parâmetros α e μ são os parâmetros da Distribuição de Gumbel a ajustar.

Resultados

Os resultados do ajuste pela metodologia de extremos de Gumbel podem ser vista na Figura 13 e nas tabelas a seguir.


A média \bar{x} , a variância Sx^2 e o fator de frequência k desta distribuição são dados respectivamente por:

$$\bar{x} = \mu + \frac{\delta}{\alpha} \quad Sx^2 = \frac{\pi^2}{6\alpha^2} \quad k = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ \delta + \ln \left[\ln \left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right] \right\}$$

Sendo:

Tr = tempo de recorrência, em anos;

$\delta = 0,57725...$ (constante de Euler).

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 143 | 3 | |


α = parâmetro de escala;

μ = parâmetro de locação.

Os parâmetros α e μ são os parâmetros da Distribuição de Gumbel a ajustar.

Resultados

Os resultados do ajuste pela metodologia de extremos de Gumbel podem ser vista na Figura 12 e nas tabelas a seguir.

| | | | | |
|---|--------------------------------------|--|-------|-----|
|  | <h1>VALEC</h1> | <h2>EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE</h2> | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 144 | | 3 |

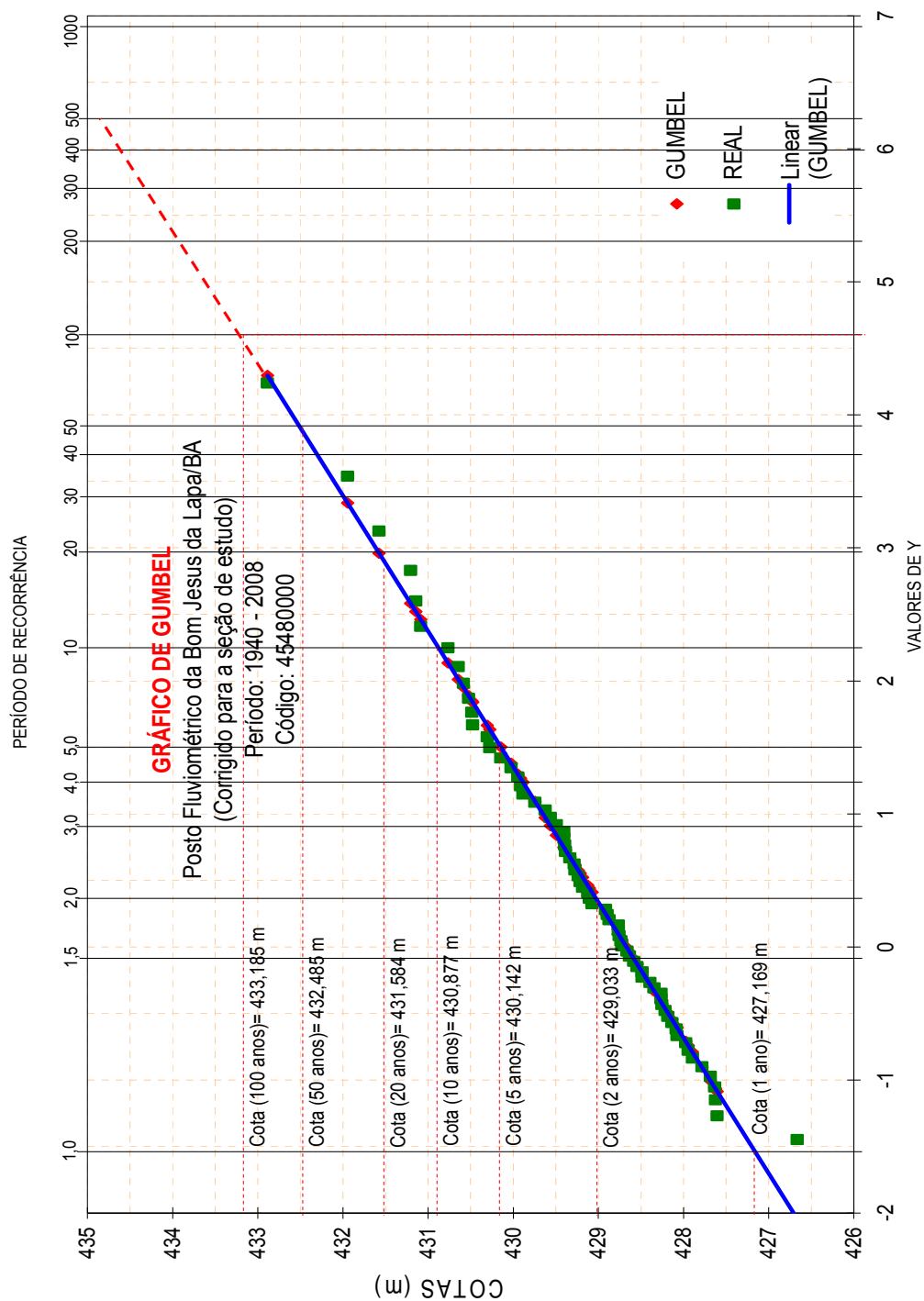



Figura 13 – Ajuste de Gumbel para as cotas Máximas do Posto de Bom Jesus da Lapa ajustado para a seção da travessia da ferrovia

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 145 | 3 |

PLANILHA DE GUMBEL

PROJETO: Ferrovia Leste-Oeste

TRECHO: Ponte s/ o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte s/ o Rio de Contas (km 1138,0)

ESTAÇÃO: Posto Fluviométrico de Bom Jesus da Lapa/BA corrigido para a seção de interesse

CÓDIGO: 45480000

N= 69

| ORDEM | Cotas (m) | ANO | PROBABILIDADES | | | | TEMPO DE RETORNO | |
|-------|--------------|------|----------------|--------|-------|--------|------------------|--------|
| | | | YR | YG | REAL | GUMBEL | REAL | GUMBEL |
| 31 | 429,235 | 1994 | 0,536 | 0,575 | 0,443 | 0,430 | 2,258 | 2,323 |
| 32 | 429,215 | 1981 | 0,493 | 0,554 | 0,457 | 0,437 | 2,188 | 2,289 |
| 33 | 429,185 | 1964 | 0,450 | 0,524 | 0,471 | 0,447 | 2,121 | 2,238 |
| 34 | 429,125 | 1991 | 0,408 | 0,463 | 0,486 | 0,467 | 2,059 | 2,140 |
| 35 | 429,105 | 2005 | 0,367 | 0,442 | 0,500 | 0,474 | 2,000 | 2,109 |
| 36 | 429,075 | 1965 | 0,326 | 0,412 | 0,514 | 0,484 | 1,944 | 2,064 |
| 37 | 428,915 | 1978 | 0,285 | 0,249 | 0,529 | 0,542 | 1,892 | 1,847 |
| 38 | 428,895 | 1977 | 0,245 | 0,228 | 0,543 | 0,549 | 1,842 | 1,822 |
| 39 | 428,875 | 1942 | 0,205 | 0,208 | 0,557 | 0,556 | 1,795 | 1,798 |
| 40 | 428,765 | 1987 | 0,166 | 0,096 | 0,571 | 0,597 | 1,750 | 1,675 |
| 41 | 428,765 | 2004 | 0,126 | 0,096 | 0,586 | 0,597 | 1,707 | 1,675 |
| 42 | 428,755 | 1951 | 0,087 | 0,086 | 0,600 | 0,601 | 1,667 | 1,665 |
| 43 | 428,735 | 1950 | 0,048 | 0,065 | 0,614 | 0,608 | 1,628 | 1,644 |
| 44 | 428,725 | 1955 | 0,010 | 0,055 | 0,629 | 0,612 | 1,591 | 1,634 |
| 45 | 428,665 | 1973 | -0,029 | -0,006 | 0,643 | 0,634 | 1,556 | 1,576 |
| 46 | 428,635 | 1967 | -0,068 | -0,037 | 0,657 | 0,646 | 1,522 | 1,549 |
| 47 | 428,585 | 1953 | -0,107 | -0,088 | 0,671 | 0,664 | 1,489 | 1,505 |
| 48 | 428,545 | 1974 | -0,146 | -0,129 | 0,686 | 0,679 | 1,458 | 1,472 |
| 49 | 428,485 | 1971 | -0,186 | -0,190 | 0,700 | 0,701 | 1,429 | 1,426 |
| 50 | 428,485 | 1997 | -0,225 | -0,190 | 0,714 | 0,701 | 1,400 | 1,426 |
| 51 | 428,395 | 1954 | -0,265 | -0,281 | 0,729 | 0,734 | 1,373 | 1,362 |
| 52 | 428,345 | 1941 | -0,306 | -0,332 | 0,743 | 0,752 | 1,346 | 1,330 |
| 53 | 428,265 | 1940 | -0,347 | -0,414 | 0,757 | 0,780 | 1,321 | 1,283 |
| 54 | 428,265 | 2003 | -0,389 | -0,414 | 0,771 | 0,780 | 1,296 | 1,283 |
| 55 | 428,255 | 1988 | -0,432 | -0,424 | 0,786 | 0,783 | 1,273 | 1,277 |
| 56 | 428,215 | 1972 | -0,476 | -0,465 | 0,800 | 0,796 | 1,250 | 1,256 |
| 57 | 428,185 | 1958 | -0,521 | -0,495 | 0,814 | 0,806 | 1,228 | 1,240 |
| 58 | 428,135 | 2000 | -0,567 | -0,546 | 0,829 | 0,822 | 1,207 | 1,216 |
| 59 | 428,085 | 1959 | -0,616 | -0,597 | 0,843 | 0,838 | 1,186 | 1,194 |
| 60 | 428,075 | 1969 | -0,666 | -0,608 | 0,857 | 0,841 | 1,167 | 1,190 |

| | | | |
|---|---------------------------------------|-------|-----|
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 146 | 3 |

PLANILHA DE GUMBEL

PROGETTO: Ferrovia Leste-Oeste


TRECHO: Ponte s/ o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte s/ o Rio de Contas (km 1138,0)

ESTAÇÃO: Posto Fluviométrico de Bom Jesus da Lapa/BA corrigido para a seção de interesse

CÓDIGO: 45480000

N= 69

[illegible]

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 147 | 3 |

5.2.2. Vazão

Os dados de vazões foram obtidos também no banco de dados da ANA. Os dados fornecidos foram medidos de 1940 a 2008. Na Figura 14 encontram-se as vazões máximas anuais extraídas dos dados fornecidos.

Podemos observar que a maior vazão registrada no posto foi no ano de 1979 e, portanto, posterior a construção da Barragem de Três Marias. Como explicado anteriormente, o reservatório, para o evento ocorrido na época, não foi capaz de evitar a cheia ocorrida, mas atenuou de maneira significativa.

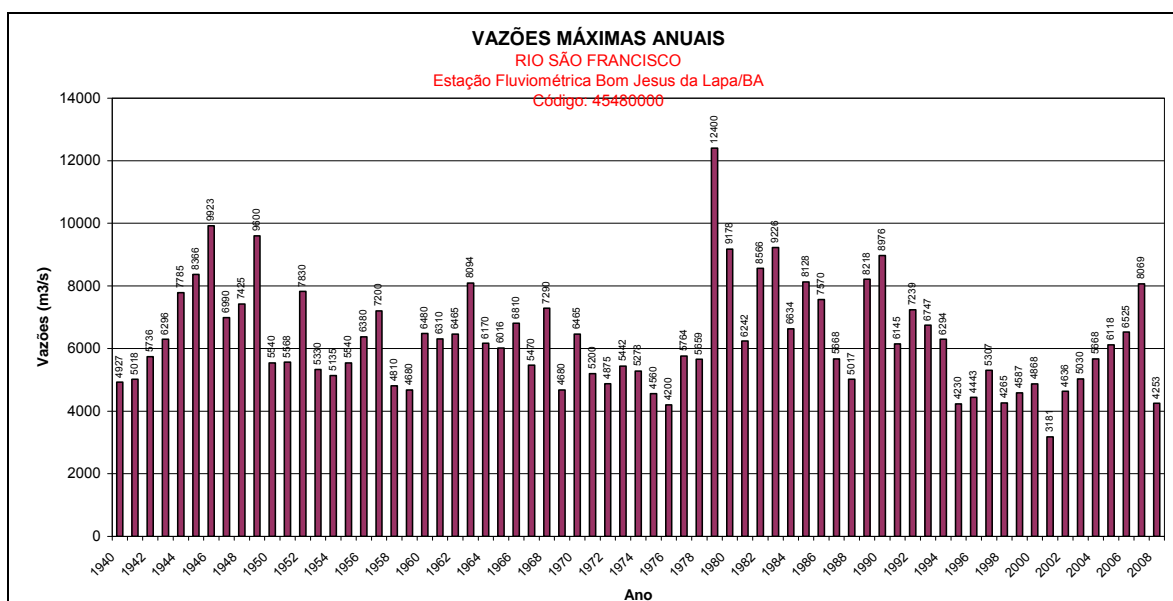




Figura 14 – Vazões Máximas anuais para o Posto de Bom Jesus da Lapa


O método utilizado no equacionamento das vazões foi o da Distribuição de Valores Extremos - Tipo 1, Distribuição de Gumbel, como explicado anteriormente.

Os resultados do ajuste pela metodologia de extremos de Gumbel podem ser vista na Figura 15 e nas tabelas a seguir.

Para as vazões não foi efetuado nenhum ajuste, haja vista que o erro gerado na extrapolação da curva-chave para obtenção das vazões é muito mais significativo do que o ajuste na

| | | | | |
|--|---|---|-----|--|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 148 | 3 | |

distância. E também por a estação estar situada a jusante da passagem, garantirá, por consequência, uma segurança a mais nos resultados obtidos.

| | | | | |
|---|--------------|---|-------------------------|---------------------|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | FOLHA 149 | REV 3 |

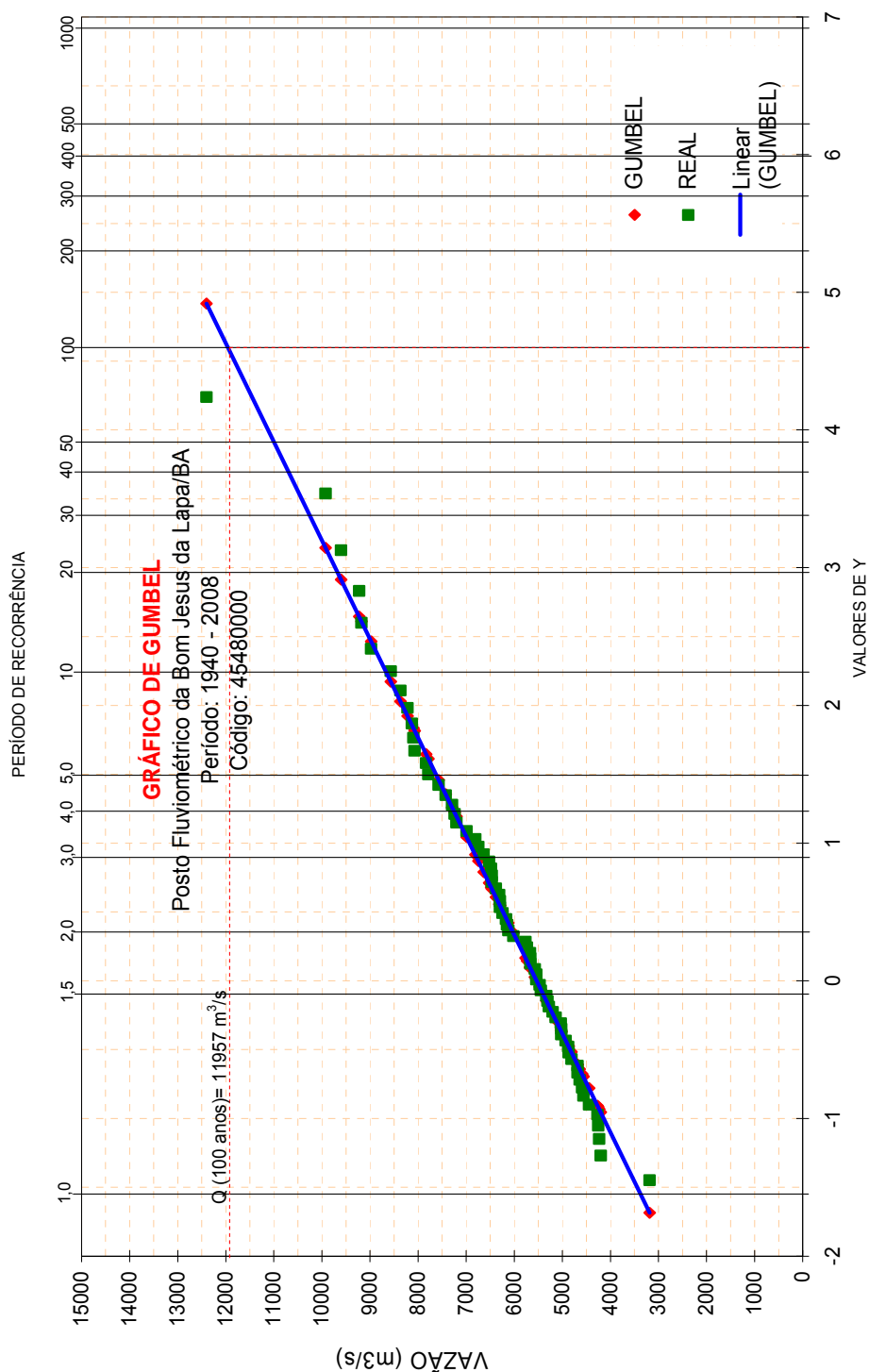



Figura 15 – Ajuste de Gumbel para as Vazões Máximas do Posto de Bom Jesus da Lapa


| | | | | |
|---|--------------|--|--------------|------------|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 150 | 3 |

| |
|---------------------------|
| PLANILHA DE GUMBEL |
|---------------------------|

| |
|--|
| PROJETO: Ferrovia Leste-Oeste TRECHO: Ponte s/ o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte s/ o Rio de Contas (km 1138,0) ESTAÇÃO: Posto Fluiométrico de Bom Jesus da Lapa/BA CÓDIGO: 45480000 |
|--|

| |
|--------------|
| N= 69 |
|--------------|

| ORDEM | VAZÃO (m³/S) | ANO | PROBABILIDADES | | | | TEMPO DE RETORNO | |
|-------|-----------------|------|----------------|-------|-------|--------|------------------|---------|
| | | | YR | YG | REAL | GUMBEL | REAL | GUMBEL |
| 1 | 12400 | 1979 | 4,241 | 4,917 | 0,014 | 0,007 | 70,000 | 137,147 |
| 2 | 9923 | 1946 | 3,541 | 3,144 | 0,029 | 0,042 | 35,000 | 23,695 |
| 3 | 9600 | 1949 | 3,128 | 2,913 | 0,043 | 0,053 | 23,333 | 18,908 |
| 4 | 9226 | 1983 | 2,833 | 2,645 | 0,057 | 0,069 | 17,500 | 14,586 |
| 5 | 9178 | 1980 | 2,602 | 2,610 | 0,071 | 0,071 | 14,000 | 14,110 |
| 6 | 8976 | 1990 | 2,412 | 2,466 | 0,086 | 0,081 | 11,667 | 12,279 |
| 7 | 8566 | 1982 | 2,250 | 2,172 | 0,100 | 0,108 | 10,000 | 9,287 |
| 8 | 8366 | 1945 | 2,109 | 2,029 | 0,114 | 0,123 | 8,750 | 8,117 |
| 9 | 8218 | 1989 | 1,983 | 1,923 | 0,129 | 0,136 | 7,778 | 7,353 |
| 10 | 8128 | 1985 | 1,870 | 1,859 | 0,143 | 0,144 | 7,000 | 6,927 |
| 11 | 8094 | 1963 | 1,766 | 1,834 | 0,157 | 0,148 | 6,364 | 6,773 |
| 12 | 8069 | 2007 | 1,671 | 1,816 | 0,171 | 0,150 | 5,833 | 6,661 |
| 13 | 7830 | 1952 | 1,583 | 1,645 | 0,186 | 0,176 | 5,385 | 5,698 |
| 14 | 7785 | 1944 | 1,500 | 1,613 | 0,200 | 0,181 | 5,000 | 5,534 |
| 15 | 7570 | 1986 | 1,422 | 1,459 | 0,214 | 0,207 | 4,667 | 4,821 |
| 16 | 7425 | 1948 | 1,349 | 1,355 | 0,229 | 0,227 | 4,375 | 4,399 |
| 17 | 7290 | 1968 | 1,279 | 1,259 | 0,243 | 0,247 | 4,118 | 4,044 |
| 18 | 7239 | 1992 | 1,213 | 1,222 | 0,257 | 0,255 | 3,889 | 3,918 |
| 19 | 7200 | 1957 | 1,150 | 1,194 | 0,271 | 0,261 | 3,684 | 3,826 |
| 20 | 6990 | 1947 | 1,089 | 1,044 | 0,286 | 0,297 | 3,500 | 3,369 |
| 21 | 6810 | 1966 | 1,031 | 0,915 | 0,300 | 0,330 | 3,333 | 3,030 |
| 22 | 6747 | 1993 | 0,975 | 0,870 | 0,314 | 0,342 | 3,182 | 2,921 |
| 23 | 6634 | 1984 | 0,920 | 0,789 | 0,329 | 0,365 | 3,043 | 2,738 |
| 24 | 6525 | 2006 | 0,868 | 0,711 | 0,343 | 0,388 | 2,917 | 2,576 |
| 25 | 6480 | 1960 | 0,817 | 0,679 | 0,357 | 0,398 | 2,800 | 2,513 |
| 26 | 6465 | 1962 | 0,767 | 0,668 | 0,371 | 0,401 | 2,692 | 2,492 |
| 27 | 6465 | 1970 | 0,719 | 0,668 | 0,386 | 0,401 | 2,593 | 2,492 |
| 28 | 6380 | 1956 | 0,672 | 0,607 | 0,400 | 0,420 | 2,500 | 2,380 |
| 29 | 6310 | 1961 | 0,626 | 0,557 | 0,414 | 0,436 | 2,414 | 2,293 |
| 30 | 6296 | 1943 | 0,581 | 0,547 | 0,429 | 0,439 | 2,333 | 2,276 |

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 151 | 3 |

PLANILHA DE GUMBEL

PROJETO: Ferrovia Leste-Oeste

TRECHO: Ponte s/ o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte s/ o Rio de Contas (km 1138,0)

ESTAÇÃO: Posto Fluiométrico de Bom Jesus da Lapa/BA

CÓDIGO: 45480000

N= 69


| ORDEM | VAZÃO (m³/S) | ANO | PROBABILIDADES | | | | TEMPO DE RETORNO | |
|-------|-----------------|------|----------------|--------|-------|--------|------------------|--------|
| | | | YR | YG | REAL | GUMBEL | REAL | GUMBEL |
| 31 | 6294 | 1994 | 0,536 | 0,545 | 0,443 | 0,440 | 2,258 | 2,273 |
| 32 | 6242 | 1981 | 0,493 | 0,508 | 0,457 | 0,452 | 2,188 | 2,212 |
| 33 | 6170 | 1964 | 0,450 | 0,457 | 0,471 | 0,469 | 2,121 | 2,131 |
| 34 | 6145 | 1991 | 0,408 | 0,439 | 0,486 | 0,475 | 2,059 | 2,104 |
| 35 | 6118 | 2005 | 0,367 | 0,419 | 0,500 | 0,482 | 2,000 | 2,076 |
| 36 | 6016 | 1965 | 0,326 | 0,346 | 0,514 | 0,507 | 1,944 | 1,972 |
| 37 | 5764 | 1977 | 0,285 | 0,166 | 0,529 | 0,571 | 1,892 | 1,750 |
| 38 | 5736 | 1942 | 0,245 | 0,146 | 0,543 | 0,579 | 1,842 | 1,728 |
| 39 | 5668 | 2004 | 0,205 | 0,097 | 0,557 | 0,596 | 1,795 | 1,677 |
| 40 | 5668 | 1987 | 0,166 | 0,097 | 0,571 | 0,596 | 1,750 | 1,677 |
| 41 | 5659 | 1978 | 0,126 | 0,091 | 0,586 | 0,599 | 1,707 | 1,670 |
| 42 | 5568 | 1951 | 0,087 | 0,026 | 0,600 | 0,623 | 1,667 | 1,606 |
| 43 | 5540 | 1950 | 0,048 | 0,005 | 0,614 | 0,630 | 1,628 | 1,587 |
| 44 | 5540 | 1955 | 0,010 | 0,005 | 0,629 | 0,630 | 1,591 | 1,587 |
| 45 | 5470 | 1967 | -0,029 | -0,045 | 0,643 | 0,649 | 1,556 | 1,542 |
| 46 | 5442 | 1973 | -0,068 | -0,065 | 0,657 | 0,656 | 1,522 | 1,525 |
| 47 | 5330 | 1953 | -0,107 | -0,145 | 0,671 | 0,685 | 1,489 | 1,459 |
| 48 | 5307 | 1997 | -0,146 | -0,161 | 0,686 | 0,691 | 1,458 | 1,447 |
| 49 | 5278 | 1974 | -0,186 | -0,182 | 0,700 | 0,699 | 1,429 | 1,431 |
| 50 | 5200 | 1971 | -0,225 | -0,238 | 0,714 | 0,719 | 1,400 | 1,391 |
| 51 | 5135 | 1954 | -0,265 | -0,285 | 0,729 | 0,735 | 1,373 | 1,360 |
| 52 | 5030 | 2003 | -0,306 | -0,360 | 0,743 | 0,761 | 1,346 | 1,313 |
| 53 | 5018 | 1941 | -0,347 | -0,368 | 0,757 | 0,764 | 1,321 | 1,308 |
| 54 | 5017 | 1988 | -0,389 | -0,369 | 0,771 | 0,765 | 1,296 | 1,308 |
| 55 | 4927 | 1940 | -0,432 | -0,433 | 0,786 | 0,786 | 1,273 | 1,272 |
| 56 | 4875 | 1972 | -0,476 | -0,471 | 0,800 | 0,798 | 1,250 | 1,253 |
| 57 | 4868 | 2000 | -0,521 | -0,476 | 0,814 | 0,800 | 1,228 | 1,250 |
| 58 | 4810 | 1958 | -0,567 | -0,517 | 0,829 | 0,813 | 1,207 | 1,230 |
| 59 | 4680 | 1959 | -0,616 | -0,610 | 0,843 | 0,841 | 1,186 | 1,189 |
| 60 | 4680 | 1969 | -0,666 | -0,610 | 0,857 | 0,841 | 1,167 | 1,189 |



3

N= 69

[illegible]

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 153 | 3 | |

5.3. Estudo Hidráulico Rio São Francisco

Para a realização do estudo hidráulico na passagem do Rio São Francisco foi considerado como Vazão de Projeto a máxima vazão registrada no Posto de Bom Jesus da Lapa que foi de 12400,00 m³/s. Este pico de vazão, de acordo com os dados fornecidos pelo Posto, ocorreu em 20 de fevereiro de 1979 e, de acordo com os estudos estatísticos superou a vazão calculada para a recorrência de 100 anos, conforme podemos ver nos estudos hidrológicos.

Podemos observar ainda, que existe uma incoerência no estudo estatístico para valores máximos, isto é, para o estudo de cotas, o nível máximo de projeto para recorrência de 100 anos, superou em 30cm a cota de cheia máxima de vestígio ocorrida em 1979 e, nos estudo de vazões, a vazão de 1979 superou a vazão máxima de projeto para recorrência de 100 anos. De qualquer forma, será utilizada sempre a pior situação, tanto para as cotas como para as vazões no presente estudo.

5.3.1. Estudo Hidráulico da Ponte

A ponte projetada para Rio São Francisco não foi determinada pelos Estudos Hidrológicos, mas sim pela geometria e pelas alturas de aterro. A ponte projetada tem 2900,0m de comprimento com início no quilômetro 803+645 e término no quilômetro 806+545.

A caixa do Rio, como pode se ver nas figuras 08 e 09 a seguir, encontram-se bem definida, com aproximadamente, 600,00m de largura, e uma profundidade média de 10,00 medidas em relação às barrancas do rio.

Na margem direita do rio, sob a ponte projetada, existe um braço com, aproximadamente, 55,00m de largura que, mesmo em épocas de estiagem, contribui no aporte das águas do Rio São Francisco. No estudo hidráulico, foi considerada uma rugosidade menor para esta passagem.

As barrancas e o fundo apresentam solos com características arenosas. Observaram-se, em vários segmentos do rio, erosões causadas pelas águas nas épocas de cheias, ver figuras 08 e 09. As margens, fora da caixa do rio, apresentam uma vegetação densa.



| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 154 | 3 | |



Figura 16 – Margem direita Rio São Francisco



Figura 17 – Margem esquerda Rio São Francisco

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 155 | 3 |

A declividade da linha da água foi obtida através da medição das cotas da linha da água em 11 (onze) pontos em 1000m de distância, sendo 500m para montante e 500m para jusante, e ajustada a declividade média da linha da água. A declividade média na passagem foi de 0,00004m/m, isto é 4cm/km. Na Figura 18, a seguir, encontra-se o ajuste da declividade média da linha da água.

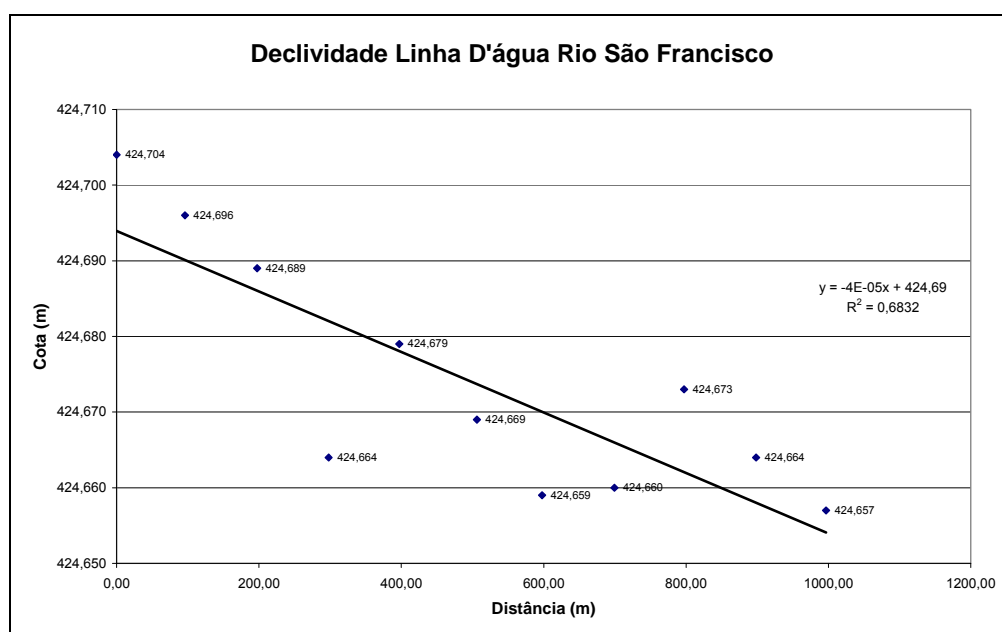




Figura 18 – Declividade Média da linha da água – Rio São Francisco

As características da seção transversal com o estudo hidráulica da referida obra de arte especial lançada pode ser vista na figura 11 a seguir. Esta seção foi dividida nos seguintes segmentos:

- Margem direita – 145,0m;
- Braço do Rio – 55,0m;
- Margem direita – 1062,9m;
- Caixa do Rio – 594,1m;
- Margem esquerda – 1043,0m.

| | | | | |
|---|---|--|-------|-----|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 156 | 3 |

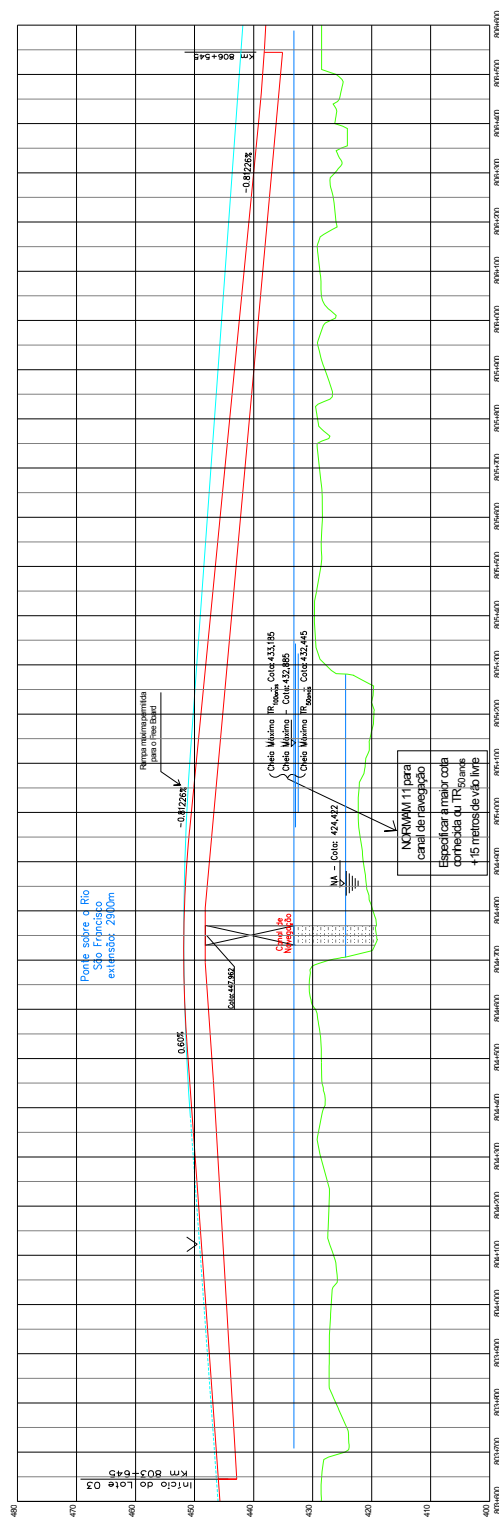





Figura 19: Seção Transversal do Rio São Francisco

| | | | | |
|---|---|--|-------|-----|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 157 | 3 |

| ESTUDO HIDRÁULICO RIO SÃO FRANCISCO (l= linha d'água medida em campo) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------------------|--|
| PARÂMETROS | | ÁREA MOLHADA (m²) | PERÍMETRO MOLHADO (m) | RAIO HIDRÁULICO (m) | COEFICIENTE RUGOSIDADE | DECLIVIDADE (m/m) | VELOCIDADE (m/s) | VAZÃO (m³/s) | VAZÃO TOTAL PONTE (m³/s) | |
| NA=432,885 m | ME - ATERRO | TAL - ATERRO (5197,43 m) | 5213,59 | 6,80 | VÁRZEA ESQUERDA | | | | 10404,06 | |
| | ME - PONTE | ME (1043,0 m) | 1035,46 | 5,28 | 0,060 | 0,00004 | 0,32 | 1750,11 | | |
| | CAIXA - PONTE (594,1 m) | | 597,64 | 11,76 | 0,035 | 0,00004 | 0,93 | 6567,95 | | |
| | MD - PONTE | MD (L=1062,9 m) | 1064,23 | 4,66 | 0,060 | 0,00004 | 0,29 | 1459,28 | | |
| | | BRAÇO (55,00 m) | 463,04 | 8,36 | 0,040 | 0,00004 | 0,65 | 301,45 | | |
| | | MD (L=145,0 m) | 900,91 | 6,34 | 0,060 | 0,00004 | 0,36 | 325,27 | | |
| | MD - ATERRO | TAL - ATERRO (2917,7 m) | 2924,25 | 3,24 | VÁRZEA DIREITA | | | | | |
| | ME - ATERRO | TAL - ATERRO (5197,43 m) | 5215,65 | 7,09 | VÁRZEA ESQUERDA | | | | | |
| | ME - PONTE | ME (1043,0 m) | 1036,00 | 5,58 | 0,060 | 0,00004 | 0,33 | 1917,83 | | |
| | CAIXA - PONTE (594,1 m) | | 597,64 | 12,06 | 0,035 | 0,00004 | 0,95 | 6847,86 | | |
| NA=433,185 m | | MD (L=1062,9 m) | 1064,23 | 4,96 | 0,060 | 0,00004 | 0,31 | 1618,93 | | |
| | | BRAÇO (55,00 m) | 479,54 | 8,65 | 0,040 | 0,00004 | 0,67 | 319,57 | | |
| | | MD (L=145,0 m) | 943,08 | 6,61 | 0,060 | 0,00004 | 0,37 | 350,15 | | |
| | | TAL - ATERRO (2917,7 m) | 2929,32 | 3,54 | VÁRZEA DIREITA | | | | 11054,34 | |

Figura 20 – Seção Transversal e Estudo da capacidade Hidráulica da Ponte do Rio São Francisco

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 158 | 3 | |

Os estudos hidráulicos para a seção projetada foram executados para a cheia máxima de vestígio e para a cheia máxima de 100 anos de recorrência, conforme pode ser visto na Figura 20.

Pelos estudos hidráulicos podemos concluir que a ponte terá uma capacidade hidráulica de vazão, considerando a cota de 100 anos de recorrência, de 11.054,34 m³/s.

Considerando a vazão máxima de projeto calculada nos estudos hidrológicos, 12400,0 m³/s, somente na ponte passará 89,15% da vazão de projeto, restando, consequentemente, 10,85% para distribuir ao longo das várzeas, isto é, 1345,66 m³/s.

As velocidades sob a ponte não ultrapassaram a velocidade máxima admissível para taludes em terreno natural, não sendo necessário, portanto, nenhum tipo de proteção nos taludes da ferrovia.


5.3.2. Estudo Hidráulico das Várzeas

Não existe uma metodologia consagrada para o dimensionamento hidrológico de vazão em várzeas, isto é, não existe formulação matemática para tal estimativa da vazão para cada várzea. Em função destas incertezas, foi considerada uma folga no dimensionamento das vazões nas várzeas na ordem de 30%, com o objetivo de evitar, nas grandes cheias, o colapso do aterro.

Além disto, a bibliografia na área alerta para cuidados nas condições de rios espaiados, tais como: i) inconvenientes de erosão junto aos aterros, quando do abaixamento rápido das águas, e; ii) da pressão provável das águas sobre os aterros, utilizando-se, para minimização destes efeitos, bueiros de alívio ou viadutos de várzea.

Na estimativa da vazão para cada várzea, adotou-se a seguinte metodologia;

- Calculou-se a área molhada transversal para cada várzea (direita e esquerda);
- Adotou-se o pressuposto que a vazão na várzea é proporcional a área molhada para uma determinada cheia;

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 159 | 3 | |

- E, por fim, a soma da vazão da várzea esquerda e direita tem de ser igual a vazão resultante ou necessária para toda a várzea.

Esta metodologia resulta em duas equações e foi efetuada para a CMV (cheia máxima de vestígio) e para cheia máxima calculada para a recorrência de 100 anos. As equações obtidas são as seguintes:

| | | | |
|---------------------------------------|------------|-----------------------|------------|
| $\frac{Q_E}{AM_E} = \frac{Q_D}{AM_D}$ | (1) | $Q_E + Q_D = 1345,66$ | (2) |
|---------------------------------------|------------|-----------------------|------------|

Os resultados calculados para a CMV e para Cheia Máxima de 100 anos podem ser vistos abaixo:

| | CM Vestígio | CM 100 anos |
|-----------------|--------------|--------------|
| Várzea Esquerda | 1061,45 m³/s | 1051,19 m³/s |
| Várzea Direita | 284,21 m³/s | 294,47 m³/s |

Desta forma, adotou-se a pior situação de cálculo para a várzea.

Podemos observar que a várzea esquerda apresenta uma contribuição muito maior quando comparada com a várzea direita. Isto pode ser claramente observado nas figuras 12 e 13 apresentadas a seguir.



| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 160 | 3 | |



Figura 21 – Vista aérea da várzea do Rio São Francisco



Figura 22 – Vista aérea da passagem da linha férrea do Rio São Francisco

| | | | | |
|---|---------------------------------------|--|------------|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 161 | 3 | |

Podemos observar nas figuras 21 e 22 que, embora muito longa, a ponte do Rio São Francisco se encontra em uma curva e, em épocas de cheia há grande fluxo de água na margem esquerda.


Esta afirmação fica bastante evidente quando analisamos o perfil de toda a várzea do Rio na figura 23. A margem esquerda apresenta cotas muito inferiores as da margem direita, indicando grande fluxo de água, até mesmo nas cheias recorrentes.

Por esta razão foram inseridas 3 (três) viadutos de várzea de 120,0m de comprimento na várzea esquerda.

No estudo hidráulico dos viadutos de várzea esquerda foram consideradas as mesmas condições utilizadas no estudo hidráulico da ponte, isto é, adotou-se a mesma declividade da linha da água e coeficiente de Manning de 0,06.

As obras projetadas para a várzea podem ser vistas na tabela abaixo:

| KM | OBRA | SEÇÃO | VAZÃO |
|-------------------|-------------------|-----------|--------|
| Margem Direita | | | |
| 806+660 | BTCC | 3,50x3,50 | 105,50 |
| 807+836 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |
| 808+205 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |
| 809+335 | BTCC | 3,50x3,50 | 105,50 |
| Margem Esquerda | | | |
| 803+021 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |
| 803+685 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |
| 804+070 a 804+190 | VIADUTO DE VÁRZEA | 120,00 m | 304,14 |
| 804+785 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |


| | | | | |
|---|---------------------|---|------------------|--------------|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | FOLHA 162 | REV 3 |

| | | | |
|-------------------|-------------------|-----------|--------|
| 805+090 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |
| 805+440 a 805+560 | VIADUTO DE VÁRZEA | 120,00 m | 321,51 |
| 805+900 | BDCC | 3,50x3,50 | 74,24 |
| 806+380 a 806+500 | VIADUTO DE VÁRZEA | 120,00 m | 294,39 |
| 807+400 | BTCC | 3,50x3,50 | 105,50 |

Na tabela abaixo está apresentado o cálculo hidráulico dos viadutos da margem esquerda:

| PARÂMETROS | ÁREA MOLHADA (m²) | PERÍMETRO MOLHADO (m) | RAIO HIDRÁULICO (m) | COEFICIENTE RUGOSIDADE | DECLIVIDADE (m/m) | VELOCIDADE (m/s) | VAZÃO (m³/s) |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------|------------------|--------------|
| VIADUTO DE VÁRZEA I - 805+440 a 805+560 | 835,09 | 119,64 | 6,98 | 0,060 | 0,00004 | 0,38 | 321,51 |
| VIADUTO DE VÁRZEA II- 806+380 a 806+500 | 791,47 | 119,41 | 6,63 | 0,060 | 0,00004 | 0,37 | 294,39 |
| VIADUTO DE VÁRZEA III- 804+070 a 804+190 | 807,27 | 119,47 | 6,76 | 0,060 | 0,00004 | 0,38 | 304,14 |

Nas figuras 24 e 25, apresentadas a seguir, podemos ver o funcionamento das obras projetadas para inundações de diferentes períodos de retorno.

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 163 | 3 |

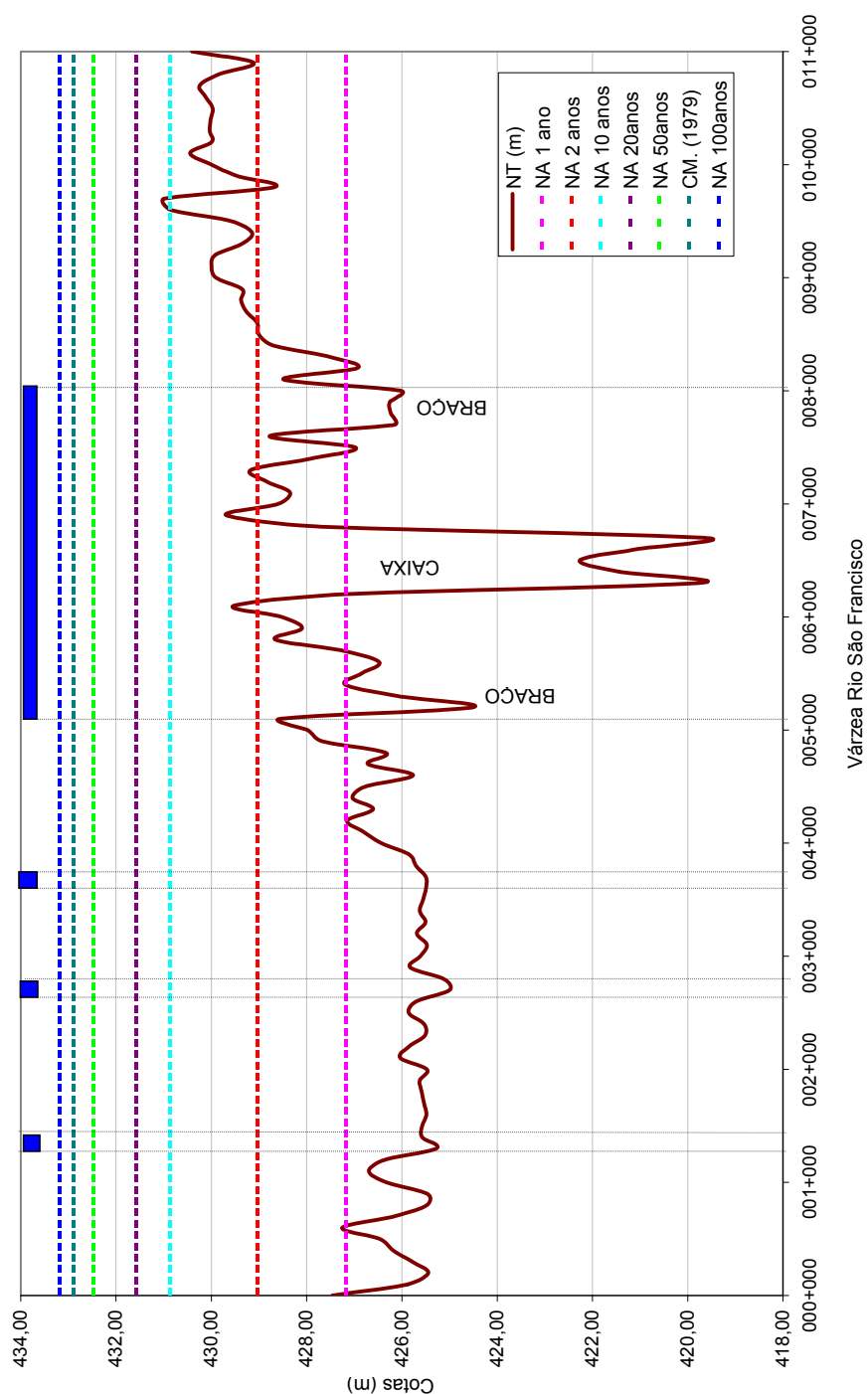



Figura 23 – Várzea do Rio São Francisco

| | | | | |
|---|---------------------|---|-------|-----|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 164 | 3 |

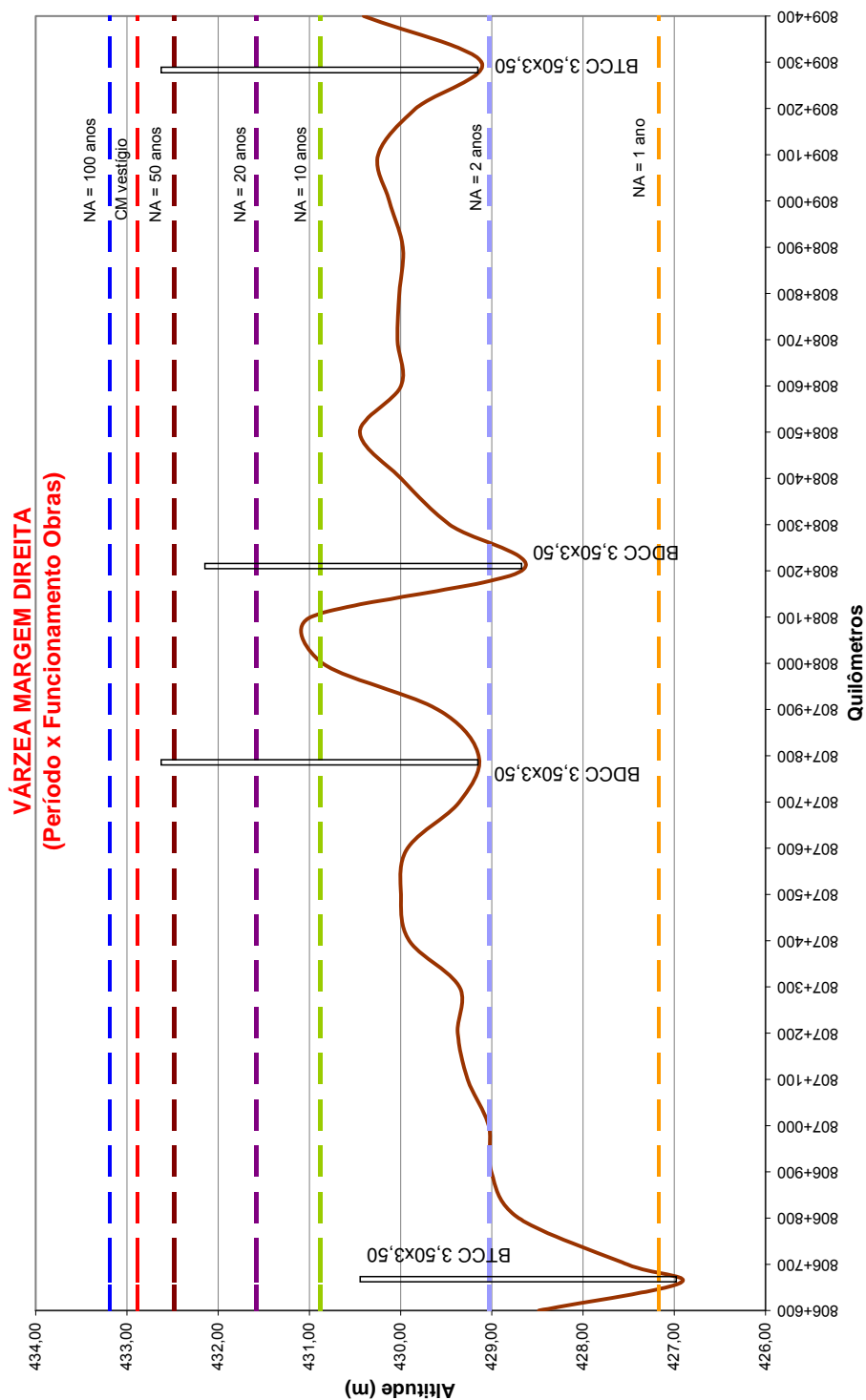



Figura 24a – Obras Projetadas na Várzea Direita

| | | | | |
|---|--------------|--|-------|-----|
|  | VALEC | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV |
| | | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 165 | 3 |

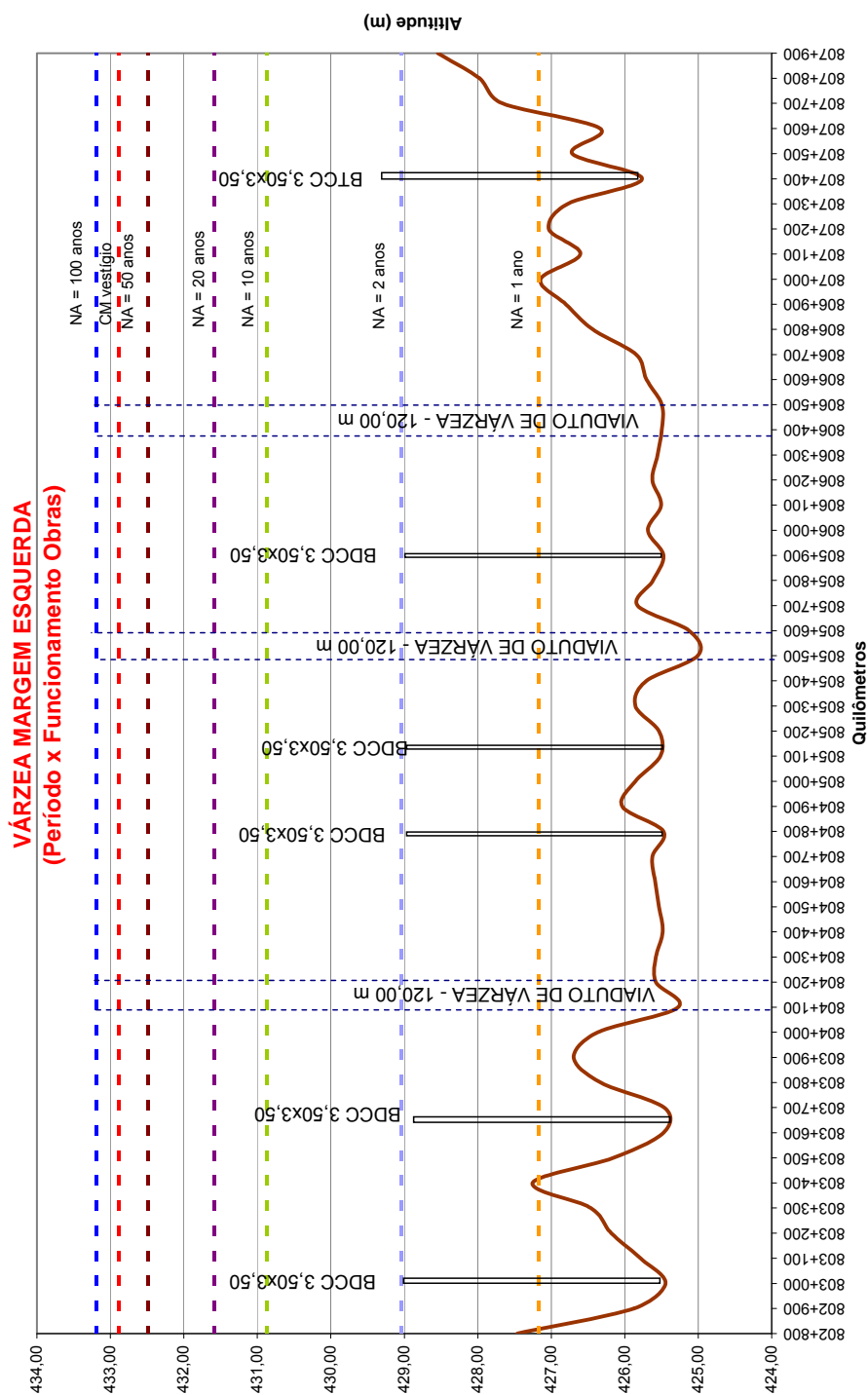





Figura 24b – Obras Projetadas na Várzea Esquerda

| | | | | |
|--|---|---|-----|--|
|  |  | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 166 | 3 | |

Podemos observar, pelos estudos da várzea, que 80% da vazão estimada para a várzea está passando pela várzea esquerda, que possui, uma maior área de passagem de água. Isto fica bem evidenciado nos gráficos anteriormente apresentados, de onde podemos concluir o seguinte:

- O terreno na margem esquerda está, em média, abaixo do terreno da margem direita;
- Os bueiros e viadutos de várzea inseridos na margem esquerda trabalharão praticamente todos os anos, como podemos observar na linha indicativa de cheia para recorrência de 1 ano, enquanto que na margem direita, os bueiros só trabalharão para as cheias com período de retorno mais elevado;
- Considerando os bueiros trabalhando como canal, fato este que dependerá da cheia máxima, podemos verificar que a folga dada na vazão hidráulica foi de aproximadamente 31%, enquanto que na margem direita foi de aproximadamente 22%;
- Podemos concluir que a folga não foi exagerada quando comparamos a vazão total das várzeas e da ponte (12810,56 m³/s) com a vazão de projeto dos estudos hidrológicos (12400,00 m³/s), o que perfaz uma folga de, aproximadamente, 3,31%;
- Está folga poderá um pouco maior, dependendo do nível da água a montante e a jusante da obra, pois, dependendo, os bueiros poderão trabalhar como orifício.

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 167 | 3 | |

6- REGISTRO FOTOGRÁFICO


| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  ecoplan ENGENHARIA ISO 9001 | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 168 | 3 | |



Figura 25: Encontro da Ponte na Margem Esquerda



Figura 26: Barranca do Rio na Margem Esquerda


| | | | | |
|--|--------------------------------|---|-----|--|
|  | <u>VALEC</u> | EF-334 - FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE LESTE | | |
| TÍTULO: Volume II – Relatório de Projeto Básico OAE's – Tomo I – Lote 5FA - Trecho: Figueirópolis/TO – Ilhéus/BA. Subtrecho: Ponte sobre o Rio São Francisco (km 805,0) – Ponte sobre o Rio de Contas (km 1138,0). Lote 3. | NºVALEC: 80-RL-300G-11-7000 | FOLHA | REV | |
| | NºPROJ: 80-RL-300G-11-0001 | 169 | 3 | |



Figura 27: Barranca do Rio na Margem Direita



Figura 28: Encontro da Ponte na Margem Direita