



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil

ISEL



Concessão Douro Litoral A32/IC2:

- **Passagens inferiores pré-fabricadas no sistema arco “Techspan” e muros ala de suporte de terras no sistema “Terra Armada”**
- **Ponte sobre o rio Antuã – Aplicação da tecnologia “Freyssinet”**

DAVID GONÇALVES CORTES
(Licenciado em Engenharia Civil)

Relatório de estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização em Estruturas

Versão definitiva

Co-Orientador (ISEL):

Eng.º Civil grau Mestre – João Carlos dos Santos Barata

Co-Orientador (ISEL):

Eng.º Civil grau Licenciado – Hemesh Chotalal

Júri:

Presidente: Eng.ª Civil grau Mestre - Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado

Arguente: Eng.º Civil grau Mestre – José Matos e Silva

Co-Orientador (ISEL): Eng.º Civil grau Mestre – João Carlos dos Santos Barata

Co-Orientador (ISEL): Eng.º Civil grau Licenciado – Hemesh Chotalal

Dezembro de 2011



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Resumo

O presente relatório visa apresentar o trabalho desenvolvido pelo estagiário na empresa Freyssinet – Terra Armada, S.A. (FTA). O relatório traduz o acompanhamento do estagiário na construção e aplicação da tecnologia Terra Armada em duas passagens inferiores, bem como o acompanhamento dos trabalhos efectuados pela empresa FTA no que diz respeito à aplicação da tecnologia Freyssinet na ponte sobre o rio Antuã, estando ambas as obras abordadas inseridas no Lote 8 – “A32/IC2 Oliveira de Azeméis/IP1 (S. Lourenço) trecho 2 e 3 – a cargo da empresa Alves Ribeiro S.A..

Com a construção dos trechos 2 e 3 da A32 surgiu a necessidade de se restabelecerem algumas ligações, o que fez com que após estudadas as soluções passíveis de serem utilizadas, se tivesse optado pela construção de túneis a céu aberto na execução dos restabelecimentos. Descreve-se neste documento a metodologia utilizada e as tecnologias patenteadas pela empresa Terra Armada, sendo estas compostas pelos Arcos “Techspan” e muros de ala executados com recurso à tecnologia “Terra Armada”.

Em relação à ponte sobre o rio Antuã inserida no trecho 2 da empreitada de construção da A32, foi construída com recurso a cimbra auto-lançável e betonada in situ, havendo a necessidade de aplicação de tecnologias patenteadas pela Freyssinet no que diz respeito às actividades de pré-esforço, aparelhos de apoio nas ligações entre o tabuleiro e os pilares e juntas de dilatação na ligação do tabuleiro aos encontros. Apresentam-se os procedimentos de montagem e aplicação das tecnologias anteriormente referidas.

No presente relatório estão descritos e explicados detalhadamente os trabalhos executados pela FTA, nomeadamente a aplicação da tecnologia “Terra Armada” no que diz respeito à construção das passagens inferiores, e a aplicação da tecnologia “Freyssinet” aplicada aquando da construção da ponte sobre o rio Antuã.

Palavras-chave:

- **Tecnologia - “Terra Armada”** : Abóbadas, Arco “Techspan”, Muros, Montagem, Pré-fabricados.
- **Tecnologia - “Freyssinet”** : Pré-esforço, Aparelhos de Apoio, Juntas de dilatação, Ponte, Bainhas, Aço.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Abstract

The aim of this report is to present the work of the trainee at the company Freyssinet - Terra Armada, SA (FTA). Two distinct scenarios were experienced: manufacture and applicability of “Reinforced Earth” Technology in two underpasses, and applicability of “Freyssinet” Technology on a bridge over Antua river, being both constructions included in Lote 8 – “A32/IC2 Oliveira de Azeméis/IP1 (S. Lourenço) trecho 2 e 3” - construction undertaken by Alves Ribeiro S.A..

With the construction of A32 motorway, it was needed to reestablish some connections. Thus, and after being studied many solutions for those resettlements, false tunnels were chosen as the best option. The methodologies and the technologies patented by “Reinforced Earth” used in the construction of both underpasses, which are “Techspan” Arches and wing walls performed on “Reinforced Earth”, are described on this document.

The bridge over Antuã river, which is inserted in section 2 of the contract for A32 construction, was built using self-releasable trusses and was concreted *in situ*. The application of technologies patented by Freyssinet, concerning prestress, bearings on the deck-columns connections and expansion joints in the deck-abutments connections, were implemented. In this report are showed assembly procedures on the application of the technologies mentioned above.

In the report are described and explained in detail the works usually performed by FTA, including the application of “Reinforced Earth” technology regarding the construction of underpasses, and application of “Freyssinet” technology applied on the bridge over Antuã River.

Keywords:

- **Reinforced earth technology:** Precast arches, “Techspan” arch, Walls, Assembly, Prefabricated
- **Freyssinet technology:** Prestressing, Pot bearings, Expansion joints, Bridge, Sheath, Steel



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Eng.º François Bignon, director da empresa Freyssinet – Terra Armada, S.A., a oportunidade que me foi dada de estagiar numa empresa de renome internacional, líder em Engenharia especializada como é a Freyssinet – Terra Armada.

Gostaria igualmente de agradecer ao meu Co-orientador Eng.º Santos Barata pela oportunidade que me proporcionou, pelo apoio e total disponibilidade em todos os assuntos relacionados com o estágio e também pelos ensinamentos que me transmitiu.

Ao meu co-orientador Eng.º Hemesh Chotalal e ao Eng.º João Cavaco gostaria também de expressar um agradecimento pela partilha do saber e as valiosas contribuições que me deram.

Gostaria também de agradecer a todos os elementos da Freyssinet – Terra Armada S.A. por me terem acolhido, ajudado e ensinado a vários níveis, nesta que foi a minha primeira abordagem ao universo laboral.

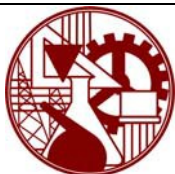
Um forte e sentido obrigado aos meus pais, avós, irmão e família por todo o apoio dado no percorrer desta etapa da minha vida.

Por último gostaria de agradecer aos meus colegas de curso pela entreadjudada por eles demonstrada, ao meu unido grupo de amigos que me acompanhou e ajudou em todas as alturas da minha vida e à Carolina pela ajuda no decorrer desta etapa.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

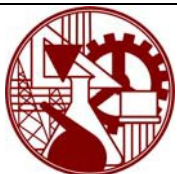
- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Índice

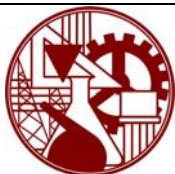
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Grupo FREYSSINET	1
1.2 - Objectivos do relatório	3
1.3 - Estrutura do relatório	3
Capítulo 2 – PASSAGENS INFERIORES PRÉ-FABRICADAS NO SISTEMA ARCO “TECHSPAN” E MUROS ALA DE SUPORTE DE TERRAS NO SISTEMA “TERRA ARMADA”	5
2.1 - Considerações Iniciais	5
2.2 - Abóbadas	5
2.2.1 - PI3	7
2.2.2 - PI5	7
2.2.3 - Definição geométrica.....	8
2.2.4 - Fundações.....	10
2.2.5 - Fabrico	11
2.2.6 - Transporte	13
2.2.7 - Condições necessárias para se iniciar a montagem	15
2.2.7.1 - Ferramentas necessárias em obra.....	16
2.2.7.2 - Riscos e equipamentos de protecção	18
2.2.8 - Fases de Montagem.....	19
2.2.8.1 - Descarga e armazenamento	19
2.2.8.2 - Rotação da peça	19
2.2.8.3 - Içar a peça	21
2.2.8.4 - Transporte até à zona da montagem	23
2.2.8.5 - Montagem das peças.....	25
2.2.8.6 - Encaixe das peças	27
2.2.8.7 - Ajuste das peças	28
2.2.8.8 - Desencaixe das correntes	29
2.2.8.9 - Enchimento com argamassa da base das peças.....	29
2.2.9 - Tímpanos pré-fabricados	30
2.2.10 - Impermeabilização dos túneis.....	32
2.2.11 - Aterro técnico e compactação.....	33



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

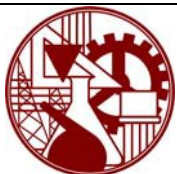
2.2.12 - Drenagem	34
2.2.13 - Fecho do túnel	34
2.3 - Muros de Ala.....	35
2.3.1 - Introdução	35
2.3.2 - Muros Ala.....	36
2.3.3 - Componentes do muro.....	37
2.3.3.1 - Lintel	37
2.3.3.2 - Escamas pré-fabricadas de betão:.....	38
2.3.3.3 - Juntas.....	39
2.3.3.4 - Armaduras “Geostrap”	39
2.3.3.5 - Conexão “Omega”	40
2.3.3.6 - Material de Preenchimento.....	40
2.3.3.6.1 - Condições mecânicas.....	40
2.3.3.6.2 - Condições electroquímicas.....	41
2.3.3.6.3 - Durante a execução	41
2.3.4 - Material necessário em obra para a montagem	41
2.3.5 - Descarga e número dos elementos pré-fabricados.....	42
2.3.6 - Escamas	42
2.3.7 - Armaduras “GEOSTRAP”	42
2.3.8 - Operações de montagem	45
2.3.8.1 - Escavação.....	45
2.3.8.2 - Lintéis.....	46
2.3.8.3 - Colocação da primeira fila de escamas.....	48
2.3.8.4 - Terraplenagem e colocação de armaduras	51
2.3.8.5 - Colocação da segunda e sucessivas filas de escamas.....	55
2.3.8.6 - Cunhas	57
2.3.8.7 - Escoramento da estrutura	57
2.3.9 - Conclusão.....	58
Capítulo 3 – PONTE SOBRE O RIO ANTUÃ – APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA “FREYSSINET”	59
3.1 - Considerações Iniciais.....	59
3.2 - Introdução – História do pré-esforço	59
3.3 - Enquadramento	61



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

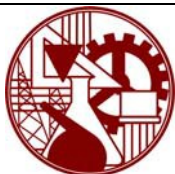
3.3.1 - Tabuleiro	62
3.3.2 - Ligação tabuleiro-pilares	62
3.3.3 - Pilares	63
3.3.4 - Ligação tabuleiro-encontros	64
3.3.5 - Encontros	64
3.3.6 - Fundações	64
3.3.7 - Materiais	64
3.4 - Intervenções a realizar pela Freyssinet – Terra Armada	65
3.4.1 - Objectivo e procedimentos do pré-esforço	65
3.4.2 - Montagem de bainhas e ancoragens	65
3.4.3 - Enfiamento do aço	67
3.4.4 - Tensionamento	69
3.4.5 - Injecção dos cabos de pré-esforço	72
3.5 - Considerações gerais	72
3.6 - Descrição sumária do pré-esforço	73
3.6.1 - Faseamento construtivo da obra	73
3.6.2 - Pré-esforço dos capitéis dos pilares	74
3.6.3 - Pré-esforço dos tabuleiros	74
3.6.4 - Disposições construtivas do pré-esforço	75
3.6.5 - Instalação do sistema de pré-esforço	76
3.6.6 - Tensionamento	77
3.6.7 - Alongamentos dos cabos	78
3.6.8 - Injecção dos cabos de pré-esforço	79
3.7 - Aparelhos de apoio	82
3.7.1 - Montagem	83
3.7.1.1 - Armazenamento	83
3.7.1.2 - Manuseamento	84
3.7.1.3 - Identificação	84
3.7.1.4 - Instalação do aparelho de apoio	84
3.7.1.5 - Injecção de argamassa por gravidade	85
3.7.1.6 - Instalação da estrutura no sistema de apoio	86
3.8 - Juntas de dilatação	86



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

3.8.1 - Generalidades.....	86
3.8.2 - Montagem	87
3.8.2.1 - Tensionamento das ancoragens.....	89
3.8.2.2 - Tratamento dos passeios.....	89
3.8.3 - Conclusão.....	90
Capítulo 4 - Conclusões.....	91
Capítulo 5 - Referências Bibliográficas	93
Anexos	i
A1. Peças desenhadas – tecnologia “Terra Armada”	i
A2. Peças desenhadas – tecnologia “Freyssinet”.....	i
A3. Fichas de controlo – tecnologia “Terra Armada”	i
A4. Fichas de controlo – tecnologia “Freyssinet”.....	i
A1. Peças desenhadas – tecnologia “Terra Armada”	iii
A2. Peças desenhadas – tecnologia “Freyssinet”.....	v
A3. Fichas de controlo – tecnologia “Terra Armada”	vii
A4. Fichas de controlo – tecnologia “Freyssinet”	ix



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

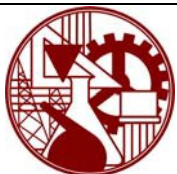
Índice de figuras

Figura 2.1 – Gráfico representativo da equação da abóbada.....	9
Figura 2.2 – Geometria da soleira - caixa.....	15
Figura 2.3 – Geometria da soleira – camada de argamassa	16
Figura 2.4 – Pormenor de amarração para a descarga.....	19
Figura 2.5 – Amarração da peça	20
Figura 2.6 – Encaixes das peças	23
Figura 2.7 – Colocação da primeira peça	25
Figura 2.8 – Colocação da segunda peça	25
Figura 2.9 – Colocação da peça.....	26
Figura 2.10 – Colocação da meia peça.....	26
Figura 2.11 – Encaixe das peças.....	27
Figura 2.12 – Pormenor de enchimento dos vazios.....	30
Figura 2.13 – Pormenor das juntas impermeabilizadas.....	33
Figura 2.14 – Secção B-B	33
Figura 2.15 – Diferentes zonas de aterro.....	34
Figura 2.16 – Diferentes zonas de aterro.....	35
Figura 2.17 – Pormenor lintel	38
Figura 2.18 – Pormenor das juntas	39
Figura 2.19 – Pormenor lintéis com diferentes níveis	47
Figura 2.20 – Sequência de montagem	48
Figura 2.21 – Montagem da segunda fila de escamas.....	50
Figura 2.22 – Nivelamento das escamas.....	51
Figura 2.23 – Nivelamento das escamas.....	52
Figura 2.24 – Opções 1 e 2.....	52
Figura 2.25 – Colocação da segunda fila de escamas	56
Figura 2.26 – Pormenor Cunhas	57
Figura 3.27 – Sequência de montagem do aparelho de apoio	85
Figura 3.28 – Pormenor das ancoragens previamente à betonagem	89



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Índice de fotografias

Fotografia 2.1 – PI3.....	7
Fotografia 2.2– PI5.....	8
Fotografia 2.3 – Fundações PI3.....	11
Fotografia 2.4– Laje de fundação PI5.	11
Fotografia 2.5– Dimensões das semi-secções.	13
Fotografia 2.6– Disposição da carga	14
Fotografia 2.7 – Pormenor de saliência da peça em relação à galera.....	14
Fotografia 2.8 – Sequência da descarga	19
Fotografia 2.9 – Pormenor de apoio da peça no chão	20
Fotografia 2.10 – Pormenor de apoio da peça no chão	21
Fotografia 2.11 – Sequência de rotação	21
Fotografia 2.12 – Amarração da peça.....	22
Fotografia 2.13 – Colocação da peça em suspensão	22
Fotografia 2.14 – Colocação da peça	24
Fotografia 2.15 – Ligação das peças	27
Fotografia 2.16 – Ajuste da peça	28
Fotografia 2.17 – Desencaixe das correntes.....	29
Fotografia 2.18 – Tímpano.....	31
Fotografia 2.19 – Primeira peça do tímpano	31
Fotografia 2.20 – Colocação da tela impermeabilizante	32
Fotografia 2.21 – Muro de ala PI5	36
Fotografia 2.22 – Escama cruciforme	38
Fotografia 2.23 – Pormenor conexões	40
Fotografia 2.24 – Pormenor conexões tapadas.....	43
Fotografia 2.25 – Guia utilizada para a inserção de armaduras	43
Fotografia 2.26 – Inserção de armaduras.....	44
Fotografia 2.27 – Armaduras “Geostrap” parcialmente instaladas.....	44
Fotografia 2.28– Escamas em stock munidas de armaduras.....	45
Fotografia 2.29 – Vala com geotêxtil	46
Fotografia 2.30 – Lintéis PI3	47
Fotografia 2.31 – Primeira fila de escamas.....	50
Fotografia 2.32 – Pormenor da vala – opção 2.....	53
Fotografia 2.33 – Estacas de madeira	53
Fotografia 2.34 – Aterro	54
Fotografia 3.1 –Ponte sobre o rio Antuã	61
Fotografia 3.2 – Pormenor aparelho de apoio	63
Fotografia 3.3 – Pilar.....	63
Fotografia 3.4 – Pormenor de bainhas e ancoragens.....	66
Fotografia 3.5 –Pormenor de bainhas evidenciando o traçado dos cabos	67



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Fotografia 3.6 – Máquina de enfiar aço.....	68
Fotografia 3.7 – Enfiamento do aço	68
Fotografia 3.8 – Macaco hidráulico K500C	69
Fotografia 3.9 – Macaco hidráulico CC500 e bomba P6M	70
Fotografia 3.10 – Tensionamento dos cabos (Pilar)	71
Fotografia 3.11 – Ponte sobre o rio Antuã	74
Fotografia 3.12 – Pormenor do “Capot”	75
Fotografia 3.13 – Pormenor traçado dos cabos	76
Fotografia 3.14 – Enfiamento do aço e cunhas	77
Fotografia 3.15 – Tensionamento dos cabos (Pilar)	78
Fotografia 3.16 – Fabrico da calda de injeção	80
Fotografia 3.17 – Enchimento de provetes	81
Fotografia 3.18 – Injeção da calda	82
Fotografia 3.19 – Aparelho TETRON CD.....	82
Fotografia 3.20 – Aparelho colocado.....	83
Fotografia 3.21 – Junta WP.....	87
Fotografia 3.22 – Montagem das armaduras	88



- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Peças M e H	12
Quadro 2.2 - Peças M e H	12
Quadro 2.3 – Ferramentas necessárias em obra.....	17
Quadro 2.4 – Área dos muros.....	37
Quadro 2.5 – Área dos muros.....	37



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

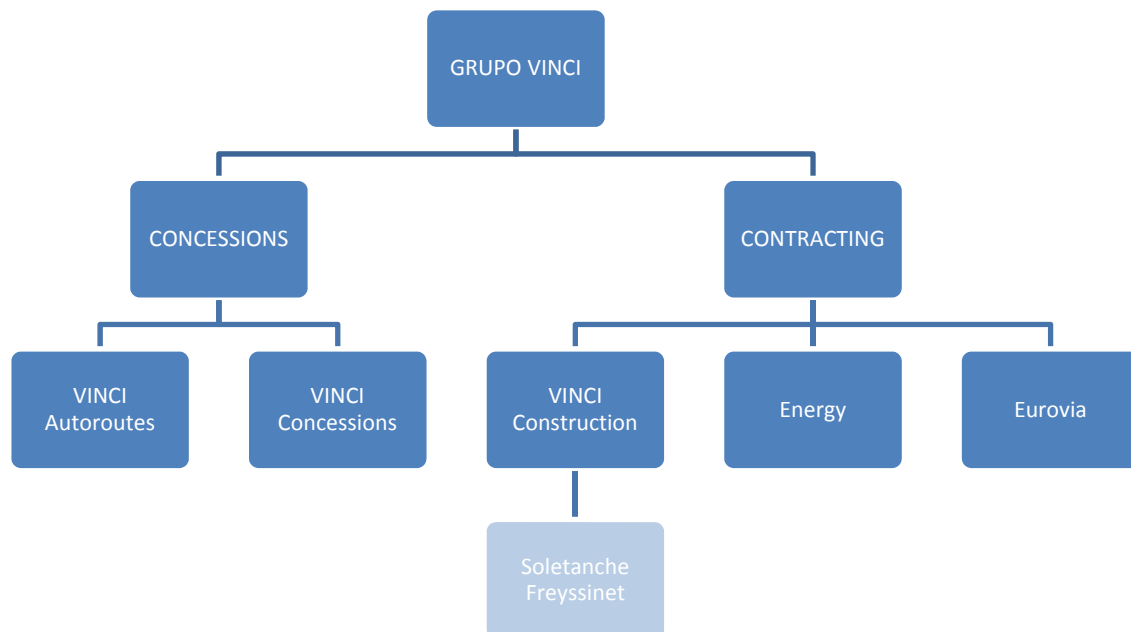
- Tecnologia “Terra Armada”
- Tecnologia “Freyssinet”



Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Grupo FREYSSINET

O grupo VINCI está dividido em dois, Concession e Contracting. O grupo Contracting é composto por três departamentos, Energy, Eurovia e VINCI Construction sendo que a Soletanche- Freyssinet pertence a este último.

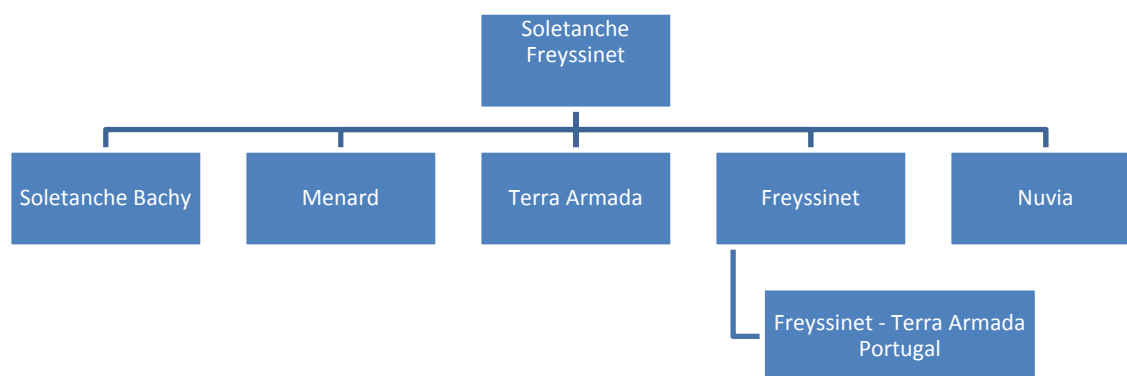


Do grupo Soletanche-Freyssinet derivam outros cinco, sendo estes grupos de empresas especializadas em solos, estruturas e construções nucleares. O volume de negócio da Soletanche-Freyssinet representa cerca de 15.2% do volume de negócio do grupo VINCI ultrapassando os 2,2 biliões de euros e emprega cerca de 17000 pessoas estando presente em cerca de 100 países nos 5 continentes.

O grupo Freyssinet emprega cerca de 8000 trabalhadores e desenvolve tecnologias aplicadas em engenharia civil actuando ao nível de especialidades como o pré-esforço e o reforço de solos. Todas as pesquisas e estudos realizados pelo grupo são realizados pelo departamento técnico do mesmo, constituído por técnicos de excelência que baseando-se no vasto “know-how” do grupo, desenvolvem tecnologias únicas e passíveis de patenteamento



mundial. A aplicação destas tecnologias é feita por profissionais com formação de alto nível e altamente qualificados para tal, sendo que, muitas das obras realizadas pela empresa são designadas por obras especiais e muitas delas requerem estudos específicos e técnicas inovadoras e únicas. Para além de obras especiais, aplicação de pré-esforço e construções tendo por base o reforço de solos a reparação e manutenção de estruturas são também um dos alvos do grupo.



Solos:

Soletanche – Bachy: especialista em geotecnia, fundações especiais e construções no subsolo;

Menard: especialista em reforço e melhoramento de solos;

Terra Armada: especialista em reforço de solos e estruturas de contenção de terras;

Estruturas:

Terra Armada: Especialista em estruturas de suporte de terras e estruturas pré-fabricadas;

Freyssinet: Especialista em pré-esforço e em projectos, construção, reparação, reforço e manutenção de estruturas.

Nuclear:

Nuvia: especialista em tecnologias de protecção contra radiações nucleares.



A empresa Freyssinet Terra-Armada Portugal, pertence ao grupo Freyssinet e coloca à disposição dos seus clientes toda a sua tecnologia para que se consigam atingir os objectivos e necessidades dos mesmos combinando aspectos técnicos com aspectos económicos.

1.2 - Objectivos do relatório

O relatório de estágio tem como objectivo relatar o contacto do estagiário com diferentes tecnologias desenvolvidas e aplicadas pela empresa Freyssinet-Terra Armada, S.A. na concessão do Douro Litoral:

a) Passagens inferiores PI3 E PI5:

- "Arco- Techspan"- fornecimento e assistência técnica na montagem;
- Muros em "Terra armada"- fornecimento e assistência técnica na montagem;
- Tímpanos Pré Fabricados- fornecimento e assistência técnica na montagem.

b) Ponte sobre o Rio Antuã, inserida na concessão do Douro Litoral, nomeadamente:

- Aparelhos de Apoio - fornecimento e assistência técnica na montagem;
- Pré -esforço aderente - fornecimento e aplicação;
- Juntas de dilatação - fornecimento e aplicação;

1.3 - Estrutura do relatório

O texto deste relatório foi dividido em quatro capítulos e no quinto capítulo apresentam-se as referências bibliográficas.

O presente capítulo descreve a história do grupo Soletanche Freyssinet bem como os objectivos do presente documento.

O capítulo 2 relata a construção de duas passagens inferiores e a aplicação da tecnologia “Terra Armada” nessa actividade.

No capítulo 3 é descrita a tipologia da ponte sobre o rio Antuã e a aplicação da tecnologia Freyssinet na construção da mesma, descrevendo os trabalhos relacionados com o

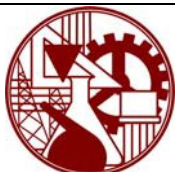


INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”

pré-esforço em toda a obra, bem como o fornecimento e montagem dos aparelhos de apoio e das juntas de dilatação da ponte referida em epígrafe.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões.



Capítulo 2 – PASSAGENS INFERIORES PRÉ-FABRICADAS NO SISTEMA ARCO “TECHSPAN” E MUROS ALA DE SUPORTE DE TERRAS NO SISTEMA “TERRA ARMADA”

2.1 - Considerações Iniciais

Com a construção dos trechos 2 e 3 da auto-estrada A32, houve a necessidade de se estudarem soluções para restabelecer as ligações nas vias que seriam cruzadas pelo eixo da nova via, resultando desse estudo soluções tanto inferiores como superiores à via principal.

O presente capítulo deste documento, visa apresentar o trabalho do estagiário no que diz respeito ao acompanhamento da construção de duas passagens inferiores à auto-estrada A32.

Após estudadas várias soluções, o Dono de obra (BRISA) optou pela construção de falsos túneis, construídos *à priori* da via principal (A32). Os falsos túneis foram construídos na tecnologia “Terra Armada”, que consiste em executar uma abóbada, denominada por Arco “Techspan”, composta por peças pré-fabricadas em betão armado, aterradas com terreno natural até à cota da via principal.

Depois da montagem das peças constituintes da abóbada, iniciou-se o processo de aterro, havendo a necessidade de conter as terras, recorrendo assim, a tímpanos e muros ala em “Terra Armada”. As soluções adoptadas para a contenção das terras, foram executadas nas extremidades das abobadas e ambas são compostas também por peças de betão armado e não armado, e por armaduras que funcionam por atrito com o solo, sendo tanto as peças como as armaduras colocadas à medida que o aterro vai aumentando a sua cota.

2.2 - Abóbadas

Arco “Techspan” é o nome com que foram registadas as abóbadas tri-articuladas concebidas pela Terra-Armada, sendo estas estruturas curvas de betão armado pré-fabricado, de fácil montagem e ideais para obras:

- Rodoviárias;
- Hidráulicas;
- Ferroviárias;



As dimensões das abobadas são variáveis consoante as necessidades da obra, podendo variar não só em largura mas também em altura, entre os 2 e 20 metros no que diz respeito à largura e 1,5 e 10 metros de altura.

Na obra abordada neste trabalho foram montados dois “Arcos Techspan” denominados por passagem inferior 3 e passagem inferior 5 localizados na Concessão Douro Litoral, de agora em diante neste documento denominadas por PI3 e PI5 respectivamente, arcos estes que têm uma função ao nível rodoviário e são constituídos por elementos (aduelas) com 2,5m e 2,0m de largura e com alturas de 6,55 e 6,7 metros respectivamente.

A montagem deste sistema é bastante simples, o que torna este tipo de estrutura bastante vantajoso. Toda a estrutura é composta por semi-secções prefabricadas de betão armado que são montadas sobre uma fundação executada previamente “in situ”, sendo que as semi-secções se apoiam entre si pelo diferente tipo de encaixe, “macho” e “fêmea”, sendo montadas alternadamente e apenas recorrendo a mão de obra e meios reduzidos tais como, uma ou no máximo duas guas telescópicas.

A forma e geometria de estruturas deste tipo, é definida consoante o tipo de obra a efectuar e tendo por base critérios económicos, técnicos e derivados da envolvente da obra.

A empresa “Terra Armada” intervém em diferentes fases do projecto tais como:

- Estudo prévio incidindo na viabilidade da estrutura a projectar;
- Concepção do projecto e dos elementos pré-fabricados pelos quais são constituídas estas estruturas;
- Fornecimento dos elementos pré-fabricados à obra;
- Assistência técnica durante a montagem.

O fabrico das peças de betão constituintes da abobada é efectuado numa das fábricas da “Tierra Armada” sita nas proximidades de Madrid, sendo que esta é uma empresa do grupo Vinci no qual está também inserida a empresa Freyssinet – Terra Armada, S. A., havendo estritas e saudáveis relações entre as duas empresas, o que proporciona troca de conhecimentos a nível técnico e de produção das estruturas comercializadas por ambas as empresas, o que permite uma fiabilidade e grande qualidade das estruturas em questão.

Este tipo de estruturas são calculadas através de um modelo de cálculo concebido e desenvolvido pela empresa em conjunto com organismos e universidades internacionais e visa uma optimização das estruturas para satisfazer as necessidades requeridas pela envolvente à obra, o que faz com que cada estrutura seja uma estrutura única. Com base neste cálculo são posteriormente optimizadas as dimensões dos moldes para betonar as semi-secções pelas quais é constituída a abobada, e como cada estrutura requer uma geometria diferente, os moldes em



questão apresentam geometrias variáveis pois cada obra é única e assim sendo estes podem adaptar-se a qualquer obra.

Os modelos de cálculo bem como a concepção e tecnologia dos moldes são patenteados pela empresa internacionalmente, garantindo assim um produto de máxima fiabilidade tanto estrutural como estética.

2.2.1 - PI3

A passagem Inferior PI3 (fotografia 2.1) está situada na Concessão do Douro Litoral, A32/IC2 - Oliveira de Azeméis/IP1 (S. Lourenço) - Trecho 2 Nogueira do Cravo/Louredo. A obra permite efectuar o Restabelecimento 3 – C.M.. A intersecção dos eixos das duas vias faz-se ao km 5 + 918,127, com viés $\alpha=100.0$ gr..

A abóbada desta estrutura apresenta um desenvolvimento segundo a directriz longitudinal de 46,342 m sendo recta em toda a sua extensão e verifica-se um desnível altimétrico entre os extremos do túnel de cerca de 28 cm.



Fotografia 2.1 – PI3.

2.2.2 - PI5

A Passagem Inferior PI5 (fotografia 2.2) está situada na Concessão do Douro Litoral, A32/IC2 - Oliveira de Azeméis/IP1 (S. Lourenço) - Trecho 2 Nogueira do Cravo/Louredo. A obra permite efectuar o Restabelecimento 5 - Ligação ao IC2. A intersecção dos eixos das duas vias faz-se ao km 0 + 925,603, com viés $\alpha=98,829$ gr..



A abóbada desta estrutura apresenta um desenvolvimento segundo a directriz longitudinal de 39,78 m sendo recta em toda a sua extensão e verifica-se um desnível altimétrico de cerca de 1,2 m.



Fotografia 2.2– P15.

2.2.3 - Definição geométrica

O cálculo de ambas as abobadas levou a obtenção de duas equações de 4º grau, uma para cada estrutura, que traduzem os traçados das directrizes, permitindo a determinação de todos os pontos requeridos da directriz. (figura 2.1)



Equação geral:

$$x^4 + Px^2 + Qy^3 + Ry^2 + Sy + T = 0$$

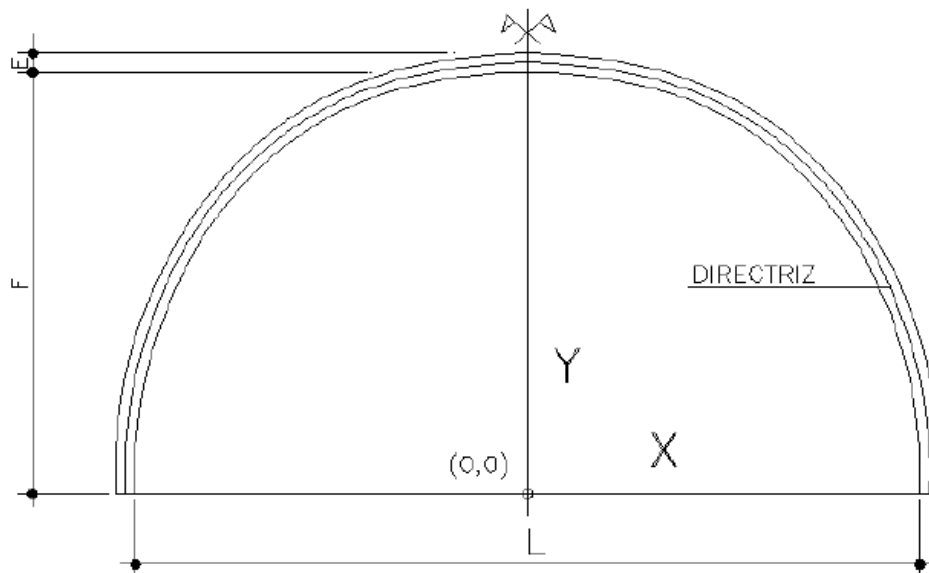


Figura 2.1 – Gráfico representativo da equação da abóbada

As equações são dependentes de alguns coeficientes sendo os coeficientes das estruturas abobadas os seguintes:

PI3:

$$x^4 + 38,701x^2 + (-5,160)y^3 + 114,554y^2 + (-5,900)y + (-3301,674) = 0$$

- P=38,701
- Q=-5,160
- R=114,554
- S=-5,900
- T=-3301,674

PI5:

$$x^4 + 88,901x^2 + (-3,647)y^3 + 107,502y^2 + (-7,191)y + (-3563,404) = 0$$

- P=88,901
- Q=-3,647
- R=107,502
- S=-7,191



- $T = -3563,404$

Estas equações e respectivos coeficientes são revelados à fábrica pois só na posse dos mesmos a fábrica pode dar início ao fabrico dos moldes e por sua vez à execução das semi-secções das abobadas.

As dimensões dos túneis são as seguintes:

PI3

- Vão L – 12,85 m
- Flecha interior F – 6,40 m
- Espessura – 0,3 m
- Desenvolvimento da directriz – 20,53 m

PI5

- Vão L – 10,95 m
- Flecha interior F – 6,575 m
- Espessura – 0,25 m
- Desenvolvimento da directriz – 19,08 m

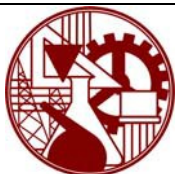
2.2.4 - Fundações

A estrutura denominada por PI3 (fotografia 2.3) foi fundada em duas sapatas corridas no sentido longitudinal. No que diz respeito à estrutura denominada por PI5 (fotografia 2.4) optou-se por se fundar em ensoleiramento geral.

Foram tidos em conta os seguintes itens para a determinação da geometria da fundação:

- Tensão admissível do terreno;
- Altura das terras;
- Sobrecargas rodoviárias previstas na estrada a construir sobre a estrutura.

Nas sapatas de fundação bem como nos lintéis construídos nos extremos da laje, foram construídas ainda calhas com 10cm de profundidade para que nelas encaixassem a base das semi-secções pré-fabricadas conforme ilustram as fotografias 2.3 e 2.4:



Fotografia 2.3 – Fundações PI3.



Fotografia 2.4– Laje de fundação PI5.

2.2.5 - Fabrico

A fábrica onde são produzidas as peças pré-fabricadas constituintes das abobadas está situada nos arredores de Madrid (Loeches), e o facto de se recorrer a uma empresa regida pela mesma administração e pertencente ao mesmo grupo faz com que todo o processo seja simplificado e haja uma enorme cooperação no que diz respeito a possíveis problemas que



surjam no decorrer de todo este processo, sendo a ordem de fabrico, dada imediatamente após a aprovação do projecto, a fim de se cumprirem os prazos impostos pelo dono de obra.

Os moldes utilizados para a produção das peças são metálicos e apresentam geometria variável e dependente do que está especificado no projecto.

Assim sendo há peças variadas e com diferentes tipologias como se pode verificar nos seguintes quadros:

PI3:

M	17
M1	1
M2	1
Mm	1
H	17
H1	1
H2	1

Quadro 2.1 – Peças M e H

PI5:

M	18
M1	1
M2	1
H	19
H1	1
H2	1

Quadro 2.2 - Peças M e H

As peças são denominadas de Macho (M) e Fêmea (H) pois os encaixes na zona da directriz diferem, ou seja, de um dos lados da estrutura serão montadas peças indicadas como macho e do outro lado as indicadas como fêmea para que o encaixe das mesmas seja possível ao longo da directriz.

As peças inicial e final de cada tipo são de diferente geometria, sendo a principal diferença, em relação às peças normais, a largura por elas apresentada (fotografia 2.5).



Fotografia 2.5– Dimensões das semi-seções.

Ambas as estruturas necessitavam de estruturas adicionais por forma a conter as terras utilizadas na execução do aterro, sendo ambas as estruturas compostas nas suas extremidades por Tímpanos e muros de Ala.

2.2.6 - Transporte

Após ter sido agendado o início da montagem da primeira estrutura – PI3 - era imprescindível a marcação de transportes de peças da fábrica para o local da obra, e assim sendo, foram feitos pedidos de orçamento a várias empresas de transportes tendo como exigência boas condições económicas e a cadência de transportes corresponder ao que a média diária de peças montadas exigia, sendo que o departamento de produção da Freyssinet – Terra Armada previa em media a montagem de 14 peças por dia, que seria igual ao numero de transportes necessários por dia.

Com as propostas já recebidas e após uma análise de todos os prós e contras destas propostas, foram adjudicados os transportes a duas empresas para que os prazos de transportes requeridos, não só na fase de montagem das abobadas como também nas seguintes fases de construção, nomeadamente dos tímpanos e muros de ala, fossem garantidos.



As peças foram transportadas uma a uma em camiões em cargas de grande tonelagem (25 ton.), sendo necessário que os camiões que transportam as peças sejam passíveis de serem abertos lateralmente para efeitos de carga e descarga.

As peças foram colocadas de forma a ficarem apoiadas numa das suas faces laterais, conforme ilustra a fotografia 2.6:



Fotografia 2.6– Disposição da carga

Por vezes, as peças ficam fora da plataforma de carga, pois só assim é possível alinhar os centros de gravidade (da peça e do camião) para que o camião não circule em desequilíbrio, sendo neste caso necessário recorrer a transportes com apoio de carro piloto. (fotografia 2.7)



Fotografia 2.7 – Pormenor de saliência da peça em relação à galera.

Em algumas ocasiões específicas e com uma aprovação do departamento técnico as peças podem ser carregadas em forma de arco apoiadas sobre os ganchos de amarração.



2.2.7 - Condições necessárias para se iniciar a montagem

O grupo de trabalho necessário, deve ser composto por um mínimo de 3 trabalhadores, sendo que dois deles trabalham ao nível do solo e o outro fica no topo da abóbada.

A zona de montagem deve estar perfeitamente compactada e deve ser efectuada uma soleira de regularização com betão de limpeza e esta deve estar perfeitamente nivelada e regular na zona de apoio das semi-seções.

Ponto de implantação: $\pm 1\text{cm}$. Em planta
 $\pm 0,5\text{cm}$. Em alçado

A geometria dessa soleira para o apoio das peças pode apresentar duas configurações distintas:

- Caixa
- Camada de argamassa

Ambas as configurações necessitam de um enchimento com argamassa conforme se pode constatar nas seguintes figuras 2.2 e 2.3:

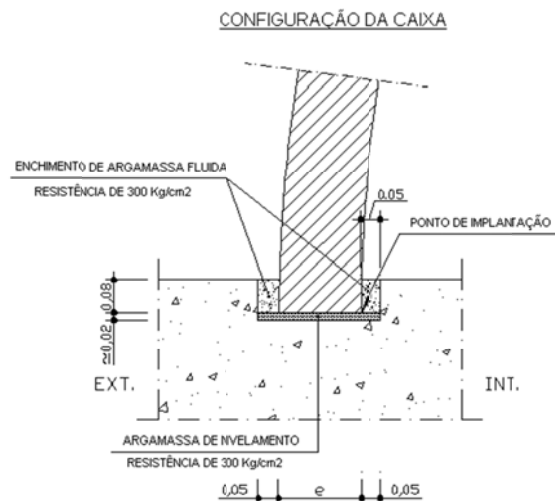


Figura 2.2 – Geometria da soleira - caixa



CONFIGURAÇÃO DA CAMADA DE ARGAMASSA

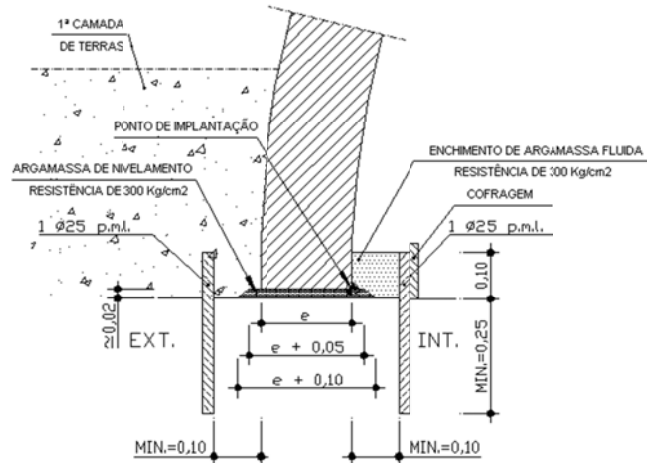


Figura 2.3 – Geometria da soleira – camada de argamassa

A montagem e colocação das peças será efectuada colocando as peças na caixa executada previamente no lintel e nesta deve ser marcada com recurso a equipamentos topográficos, a linha de paramento da abóbada e a indicação do ponto de início de montagem previamente definido nos desenhos de montagem.

Deve existir espaço livre em redor da obra suficientemente amplo para e com boas condições para armazenamento das semi-secções.

A grua deve estar distanciada da zona de montagem conforme for estabelecido no plano de segurança e saúde da obra, sendo normalmente esta distância o dobro da altura da abóbada. Deve comprovar-se que não há linhas eléctricas na zona de montagem e caso aconteça deve ser solicitada a sua desactivação à empresa responsável pelas mesmas.

Caso a montagem seja efectuada sobre vias férreas, devem ser coordenados os trabalhos com a empresa responsável pela mesma e cortar a circulação dos comboios. Se a montagem for realizada sobre vias de circulação devem ser adoptadas medidas preventivas conforme o plano de segurança.

2.2.7.1 - Ferramentas necessárias em obra

Para uma correcta montagem das semi-secções das abóbadas são necessárias em obra as seguintes ferramentas e utensílios:



Ferramentas:



Alavanca ou “pé de cabra”



Fita métrica



Martelo



Fio de prumo



Maceta



Prumos telescópicos



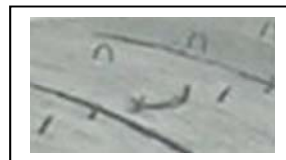
Escada ou plataforma elevatória (obrigatória a partir dos 6 metros de altura)



Cunhas de madeira



Marcadores
Topográficos



Arames



Alavancas



Chapa ou placa



Ganchos



Correntes e cabos de aço



Corda guia

Quadro 2.3 – Ferramentas necessárias em obra

Correntes, fitas, ganchos, parafusos e outros itens deverão ser apropriados para o peso a elevar e devem ter etiqueta ou indicação da capacidade máxima de elevação.



Todos os equipamentos devem ser revistos todos os dias, antes de serem usados e descartados aqueles que estejam danificados.

Todos os ganchos têm um perno de segurança.

A grua deve ser adequada para efectuar a descarga, armazenamento e posterior montagem, devendo satisfazer as condições técnicas para a manipulação mecânica das semi-seções, sendo que a tonelagem e comprimento do braço desta, devem ter força suficiente para que tal aconteça em segurança.

2.2.7.2 - Riscos e equipamentos de protecção

Os riscos existentes aquando da montagem são:

- Quedas ao mesmo nível
- Quedas em altura;
- Choques entre as peças;
- Entalamento entre as peças;
- Condições termohigrométricas.

Os equipamentos de protecção individual necessários para os trabalhadores são:

- Capacete;
- Sapatos com biqueira de aço e sola reforçada;
- Luvas;
- Colete reflector;
- Arnês de segurança munido de mosquetões

Os equipamentos de protecção colectiva necessários são:

- Plataforma elevatória articulada para aceder ao topo da abóbada;
- Linha de vida montada ao longo da abóbada.



2.2.8 - Fases de Montagem

2.2.8.1 - Descarga e armazenamento

O trabalhador ou trabalhadores devem aceder à peça e colocar as correntes que devem estar previamente amarradas ao cabo da grua, prendendo-as aos ganchos incorporados na face da peça conforme se pode verificar nas figura (2.4) e fotografia (2.8):

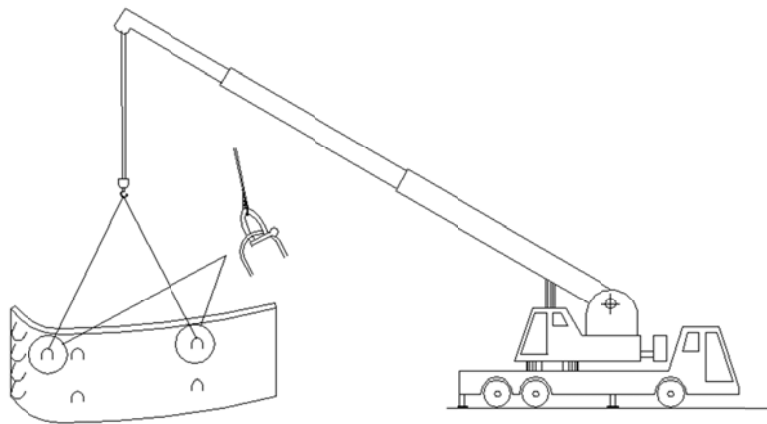


Figura 2.4 – Pormenor de amarração para a descarga



Fotografia 2.8 – Sequência da descarga

Após estar pronta para a descarga, a peça deve ser elevada pela grua, retirada do camião e colocada no solo de uma forma apropriada para que seja possível o seu posterior manuseamento aquando da montagem da mesma.

2.2.8.2 - Rotação da peça

As peças devem ser armazenadas e posteriormente manuseadas numa camada de terras soltas ou areia, para evitar que se danifiquem caso haja uma queda brusca das mesmas ou um choque com o solo (fotografia 2.9).



As peças devem estar apoiadas em forma de arco o menor tempo possível e nunca devem ser armazenadas peças desta forma, sendo que só se devem colocar assim quando for para serem montadas de seguida.



Fotografia 2.9 – Pormenor de apoio da peça no chão

Neste processo amarram-se as correntes no tardez da peça conforme se pode verificar na figura (2.5):

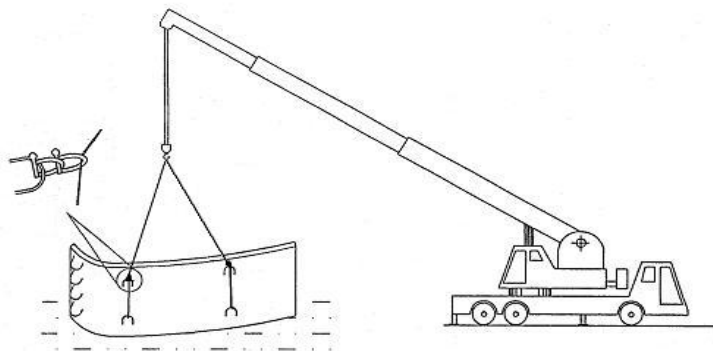


Figura 2.5 – Amarração da peça

Devem colocar-se dois ganchos para que seja facilitada a rotação da peça e evitar que a corrente danifique o cabo de aço ao qual está ligada directamente a peça (fotografia 2.10).



Fotografia 2.10 – Pormenor de apoio da peça no chão

Eleva-se a peça com a grua e esta sofre uma rotação. (fotografia 2.11)



Fotografia 2.11 – Sequência de rotação

Nota Importante:

Os trabalhadores nunca devem permanecer nem sequer passar por baixo da carga e devem indicar ao gruista como deve ser efectuada a manobra da peça, afastados da mesma.

2.2.8.3 - Içar a peça

Na peça voltada com o seu tardo para cima devem amarrar-se:

- Duas correntes curtas nos encaixes superiores;
- Nos encaixes inferiores serão as mesmas correntes utilizadas na descarga (maiores).

É importante que as correntes e os cabos utilizados apresentem as medidas correctas pois a verticalidade e inclinação das peças durante o transporte e colocação das mesmas, depende fortemente desta medida.



Devem ser verificados todos os elementos utilizados para içar as peças e verificado se os pontos de amarração são independentes entre si. (fotografia 2.12)



Fotografia 2.12 – Amarração da peça

As peças devem ser içadas lentamente para que o aumento da tensão nas correntes seja progressivo e para que a peça fique na posição adequada à montagem, antes que fique completamente suspensa. (fotografia 2.13)



Fotografia 2.13 – Colocação da peça em suspensão



2.2.8.4 - Transporte até à zona da montagem

Coloca-se a peça próxima da zona onde vai ser colocada.

NOTA: Para que a montagem seja efectuada correctamente é imprescindível a classificação das peças, sendo estas designadas por M ou H, macho ou fêmea, consoante o encaixe que têm na zona de coroação (figura 2.6). A montagem deve ser feita alternando o tipo de peça sendo que cada tipo será colocado apenas de um dos lados da abóbada.

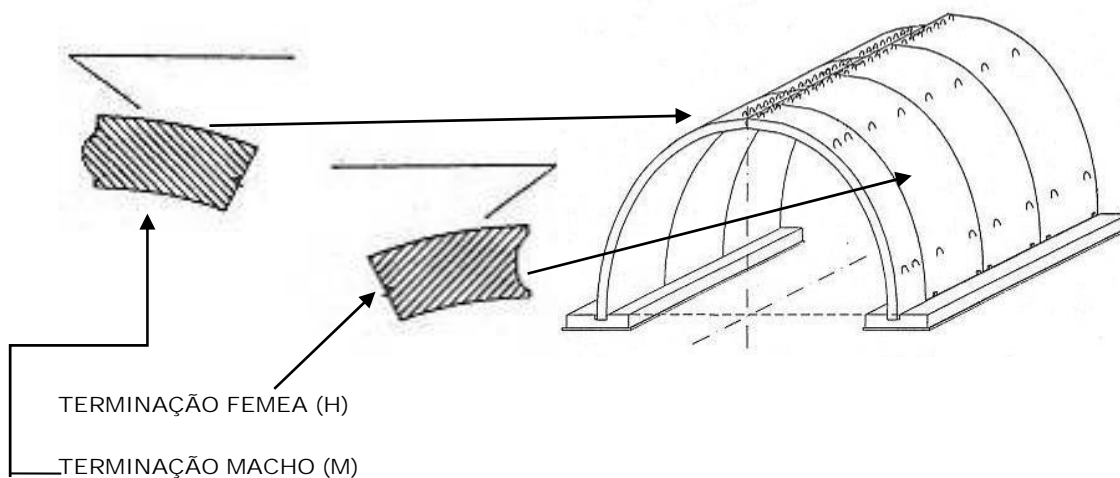


Figura 2.6 – Encaixes das peças

Caso seja içada a peça errada, esta deve ser colocada juntamente à zona de montagem e montada posteriormente, devendo-se montar a peça correcta de seguida.



Fotografia 2.14 – Colocação da peça

Os trabalhadores devem aguardar que a peça seja colocada na zona de montagem sem nunca se colocarem sob a mesma.

Através da corda guia é ajustada a peça para que a sua colocação seja efectuada de forma correcta.

Os trabalhadores não devem parar as peças em suspensão directamente com as mãos, mas sim com a ajuda das cordas guias que estão amarradas às peças.

Os trabalhadores devem utilizar luvas durante todo o processo e estar habilitados para levar a peça até ao local correcto, recorrendo à ajuda da corda guia.

A corda guia deve estar amarrada também a um ponto resistente e que não seja passível de ser movimentado e deve ser segura pela extremidade.

Os trabalhadores devem estar num local seguro.

Após tudo a postos para montar a peça, deve ser dada indicação ao gruísta para proceder ao início do manuseamento da peça.

Caso seja necessário, deve ser agarrada a corda guia para que a peça não balance.

Os trabalhadores não devem nunca colocar as mãos nem na parte lateral das peças nem na parte de baixo, a fim de evitar que sejam entalados nas juntas da mesma com a peça do lado ou com a zona de apoio da peça.



2.2.8.5 - Montagem das peças

O início da montagem é efectuado com duas guas, colocando primeiro uma peça macho (M) na caixa da sapata conforme descrito anteriormente neste documento a uma distância de meia peça desde o início do lintel ficando a peça suspensa pela grua (figura 2.7).

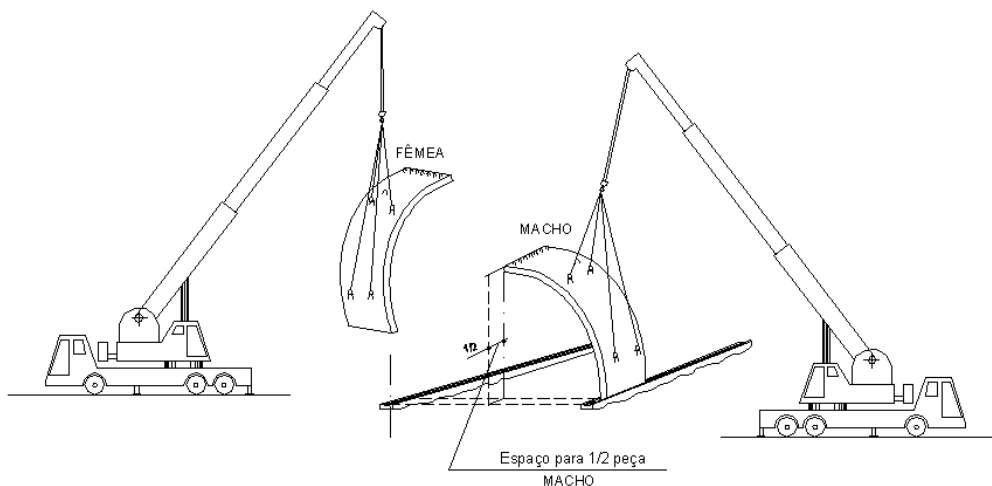


Figura 2.7 – Colocação da primeira peça

Com a ajuda da segunda grua coloca-se a primeira peça fêmea (H) mas agora colocada no início do lintel, manipulando a peça da mesma maneira que a anterior (figura 2.8).

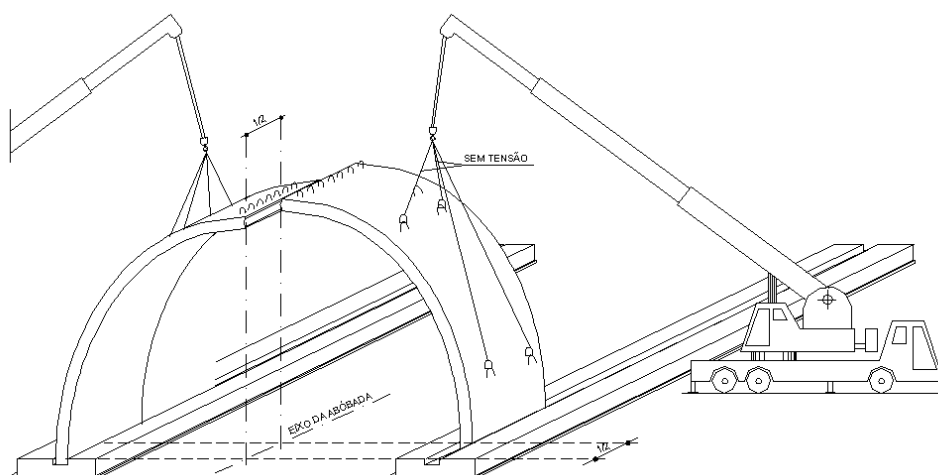


Figura 2.8 – Colocação da segunda peça

Após a colocação das duas primeiras peças, verifica-se se estas estão apuradas com o eixo da abóbada e unem-se ambas as peças nas armaduras de espera da viga de coroamento



através de arames, devendo continuar a montar-se com duas guias até que o comprimento de abóbada montado seja superior à sua largura. (figura 2.9)

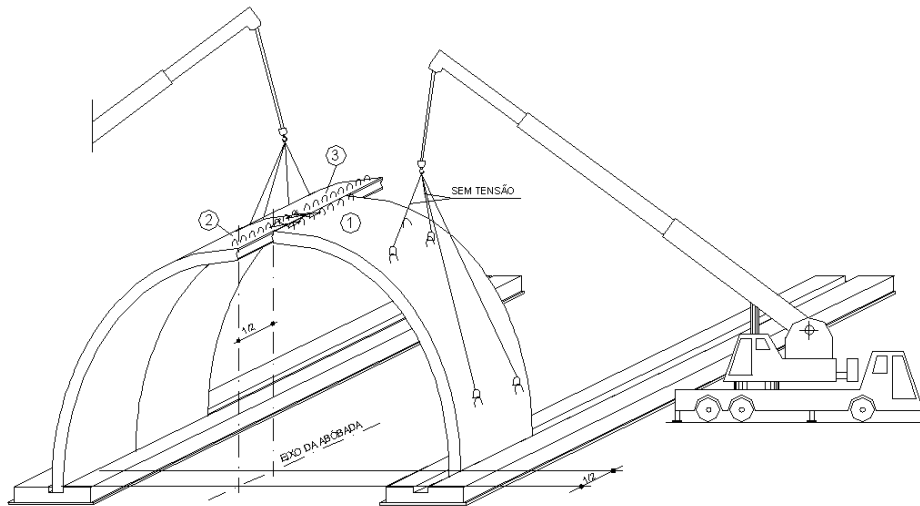


Figura 2.9 – Colocação da peça

Após ser ultrapassada em comprimento o valor da largura da abóbada deve ser colocada a meia peça macho no início e a partir deste momento pode laborar-se com apenas uma grua (figura 2.10).

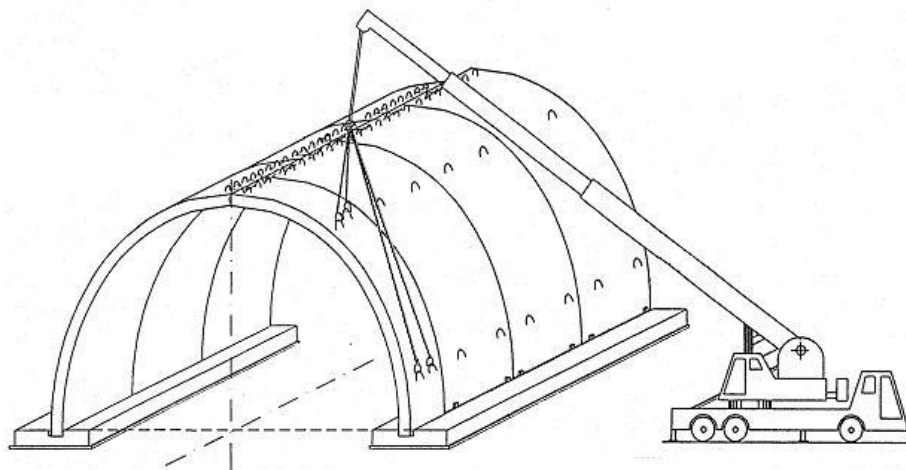
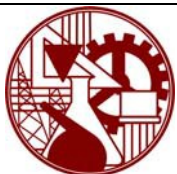


Figura 2.10 – Colocação da meia peça



2.2.8.6 - Encaixe das peças

O trabalhador presente no topo da abóbada deve amarrar as peças através de arames como é demonstrado na figura 2.11.

O trabalhador deve estar amarrado com arnês à linha de vida aquando deste trabalho.

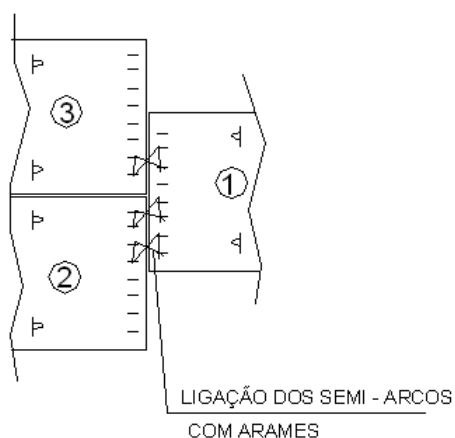


Figura 2.11 – Encaixe das peças

Até que seja possível retirar uma das guias, e a estrutura não apresente uma confiável estabilidade, o trabalhador deve colocar os arames a partir da cesta da plataforma.



Fotografia 2.15 – Ligação das peças



2.2.8.7 - Ajuste das peças

As peças devem ajustar-se com a ajuda de alavancas tanto ao nível do solo como na parte superior, sendo que a grua deverá ir libertando a peça lentamente para que a colocação final da peça seja efectuada com sucesso (fotografia 2.16).



Fotografia 2.16 – Ajuste da peça

Podem colocar-se chapas de alumínio no pé da peça para que seja mais fácil inserir as alavancas para ajustar as peças e seja facilitada a sua colocação.

No ajuste das peças devem ser respeitadas as seguintes tolerâncias:

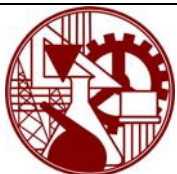
Montagem da peça no ponto de implantação: $\pm 2\text{cm}$.

Vão interior: $\pm 4\text{cm}$.

Altura interior: 1 % da teórica

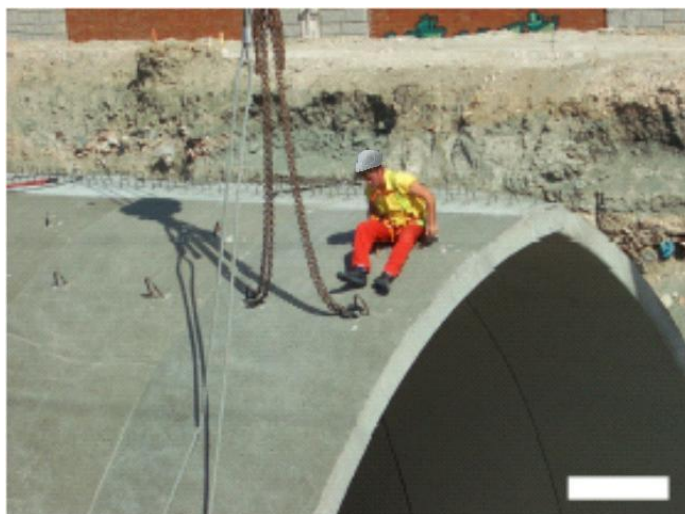
Saliências interiores entre peças: 3cm.

Abertura das juntas interiormente: 4cm.



2.2.8.8 - Desencaixe das correntes

O trabalhador que se encontra no topo da abóbada deve desamarrar as correntes dos ganchos da abóbada, sempre amarrado à linha de vida através do arnês (fotografia 2.17).



Fotografia 2.17 – Desencaixe das correntes

Os trabalhadores que estão ao nível do solo devem desamarrar as correntes dos ganchos inferiores das peças.

2.2.8.9 - Enchimento com argamassa da base das peças

Previamente ao trabalho de aterro, devem ser preenchidos os vazios da caixa do lintel com argamassa fluida, que penetre bem nos vazios entre a caixa e as peças conforme ilustra a figura 2.12.

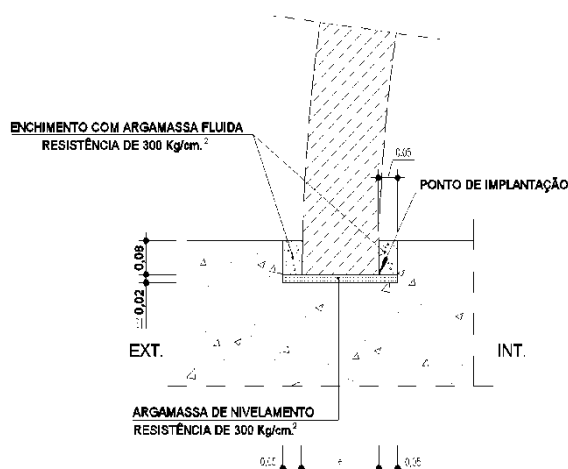


Figura 2.12 – Pormenor de enchimento dos vazios

2.2.9 - Tímpanos pré-fabricados

A montagem dos tímpanos teve início após a montagem completa da abobada, sendo os tímpanos de ambas as estruturas compostos por sete peças de betão armado pré-fabricadas. A montagem dos tímpanos é efectuada numa forma sequencial que depende do aterro, visto que, os tímpanos são fixos, no seu tardo, ao solo através de armaduras “geostrip” fixas em arranques existentes nas peças constituintes do tímpano e ao solo, funcionando por atrito solo-armadura. As semi-secções H1, M1, H2 e M2 de ambas as estruturas (semi-secções extremas) foram aumentadas cerca de 30 cm, aumento esse que é denominado de colarinho e funciona como batente para que não ocorram deslocamentos longitudinais das peças até que estas sejam sustentadas pelas armaduras e subsequente colocação de terras.

As peças de topo do tímpano (fotografia 2.18) foram colocadas somente depois da execução da viga de coroamento no topo da abobada.



Fotografia 2.18 – Tímpano



Fotografia 2.19 – Primeira peça do tímpano



2.2.10 - Impermeabilização dos túneis

A impermeabilização do túnel é imprescindível para um bom funcionamento das estruturas e para garantir que não serão necessárias intervenções futuras durante o prazo de garantia das estruturas, bem como durante toda a sua vida útil prevista no projecto.

Esta impermeabilização tem como principais objectivos estancar a passagem de água pelas juntas das semi-secções e evitar fenómenos de escorrência que podem levar à fuga de finos do solo, provocando vazios na camada de aterro, o que seria catastrófico, pois estas estruturas são passagens inferiores a um troço de auto-estrada e seria indesejável a ocorrência de assentamentos no pavimento.



Fotografia 2.20 – Colocação da tela impermeabilizante

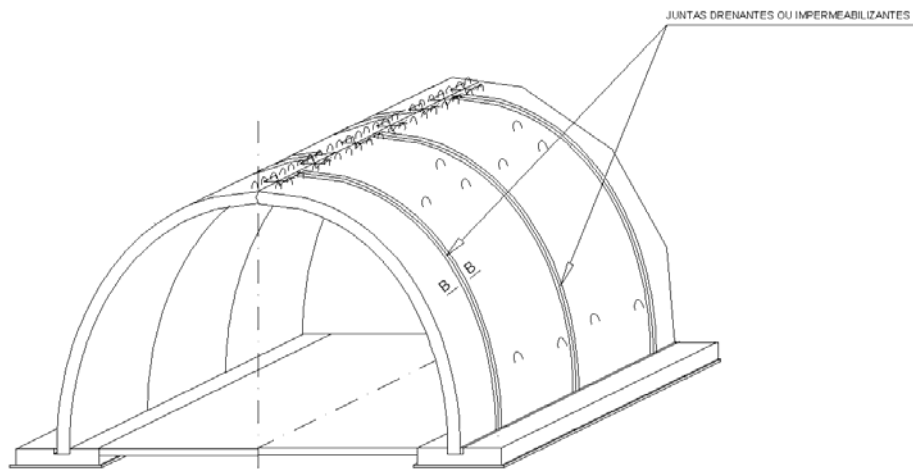


Figura 2.13 – Pormenor das juntas impermeabilizadas



NOTA: AS CONDIÇÕES DE DRENAGEM E/OU IMPERMEABILIZAÇÃO SERÃO DEFINIDAS EM OBRA.

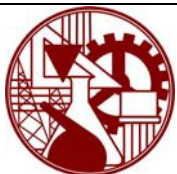
Figura 2.14 – Secção B-B

2.2.11 - Aterro técnico e compactação

O aterro é uma das principais e mais importantes fases de execução das estruturas.

O aterro deve ser efectuado uniformemente, subindo de cota em ambos os lados do túnel sem que haja uma diferença superior a 50 cm entre os níveis de aterro de ambos os lados, pois poderia causar-se uma instabilidade lateral devido ao facto de estarmos perante estruturas isostáticas e simplesmente apoiadas, e assim sendo a deformação das estruturas é uniforme e transversalmente à directriz do túnel.

Na execução do projecto foi tida em conta a compactação dos aterros técnicos e após estudadas as soluções obtidas foram delineadas regiões e respectivos graus de compactação e tipo de solo, originando assim os seguintes tipos de compactação e exigindo materiais de aterro específicos:



Condições de compactação:

Entre 0 e 40 cm (primeiros 40 cm): Zona sem compactação;

Entre 40 cm e 1 m (60 cm de espessura): Zona de compactação ligeira

Entre 1 m e a vertical a 1 m de distância da base de abóbada (espessura variável): Zona de compactação estática sem cilindro vibratório.

Mais acima: Zona de compactação normal com cilindro vibratório.

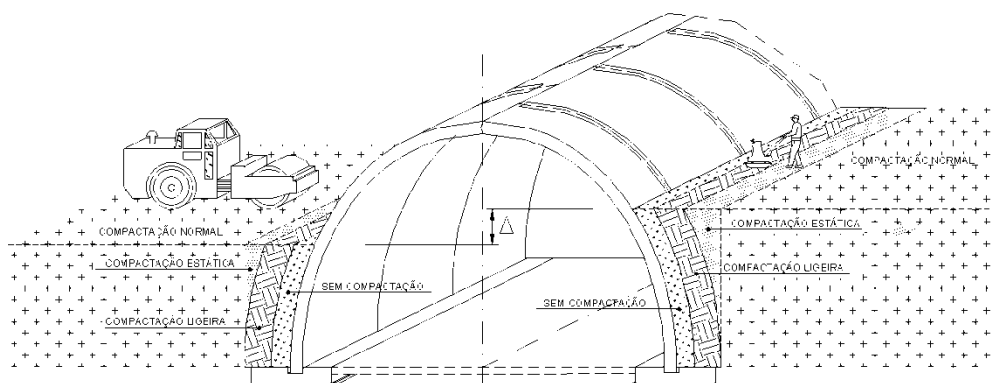


Figura 2.15 – Diferentes zonas de aterro

2.2.12 - Drenagem

A drenagem do túnel é efectuada junto aos muretes das sapatas e foi efectuada devido ao facto de não terem sido considerados em projecto impulsos hidrostáticos.

2.2.13 - Fecho do túnel

O fecho do túnel não deve ser efectuada para que este fique encastrado no seu topo, pois toda a estrutura foi calculada por forma a ter como produto final uma estrutura isostática tri-articulada. Este fecho é feito por uma viga de coroamento que tem como principal função a impermeabilização do túnel servindo assim de base para a colocação da tela impermeabilizante.

Esta viga de coroamento é betonada “*in situ*” sobre a junta entre as peças H e M e apenas deve ser efectuada após o corte dos arames colocados durante a montagem para evitar



o escorregamento das peças, e após a colocação de tiras de porexpan (esferovite) que têm como função, não permitir que aquando da betonagem a estrutura seja rigidificada no seu topo, o que a faria perder um grau de liberdade, garantindo assim as especificações de projecto como sendo uma estrutura tri-articulada.

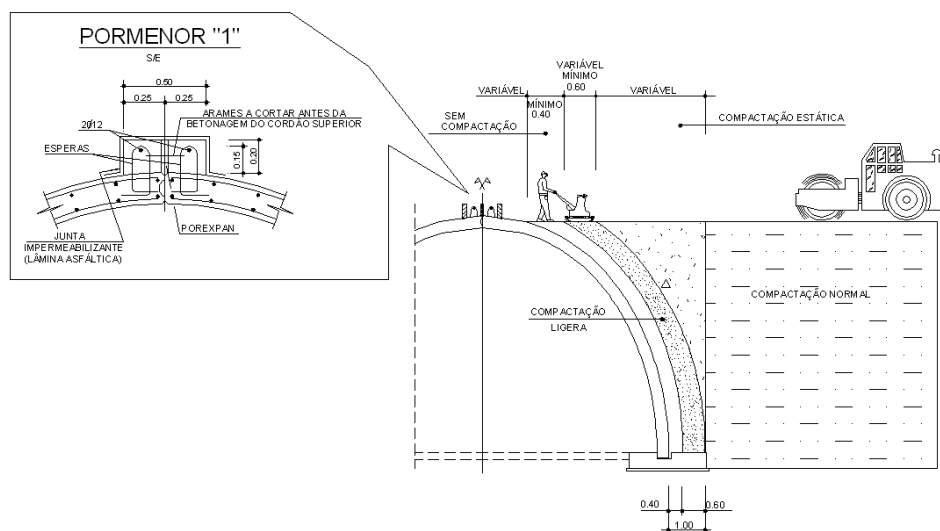


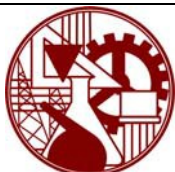
Figura 2.16 – Diferentes zonas de aterro

Conforme foi referido anteriormente, após a execução da viga de coroamento colocam-se as peças do tímpano e o aterro é então efectuado até à cota definida no projecto.

2.3 - Muros de Ala

2.3.1 - Introdução

Os muros em “terra armada” são estruturas que têm como finalidade a contenção de terras, função atribuída às escamas pré-fabricadas em betão, armadas ou não, sendo a estabilidade estrutural destas assegurada por armaduras que funcionam por atrito das mesmas com o solo. Neste tipo de estruturas podem ser aplicados dois tipos de armaduras, as armaduras convencionais em aço galvanizado de alta aderência (reforçadas ou não) ou então outro tipo de armaduras sintéticas denominadas de armaduras “geotrap” com diferentes tipos de resistência (37,5 kN ou 50 kN).



As ligações das escamas com as armaduras podem ser de dois tipos consoante o tipo de armaduras e são denominadas por arranques quando utilizadas armaduras em aço galvanizado e conexões “ómega” aquando da utilização de armaduras “geostrap”, sendo ambas resultantes de estudos e cálculos efectuados pela “Terra Armada” e exclusivas desta marca.

O conceito de “Terra armada”, e a tecnologia deste sistema, foi inventado por Henry Vidal, arquitecto e engenheiro que patenteou este sistema internacionalmente.

A tecnologia “Terra armada” consiste em aliar a resistência ao corte apresentada pelos solos em geral, à resistência à tracção das armaduras e à resistência à compressão do solo. Terra Armada é, nada mais que um solo reforçado com armaduras, sendo que estas estão ligadas às peças de betão que têm como tarefa principal a contenção das terras do maciço terroso.

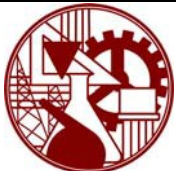
2.3.2 - Muros Ala

Os muros de ala de ambas as estruturas, PI3 e PI5, foram executados utilizando a tecnologia “Terra Armada” na sua vertente em que são utilizadas armaduras sintéticas “geostrap” e conexões “ómega”.

O projecto desenvolvido nas instalações da Freyssinet-Terra Armada Portugal deu origem a quatro muros ala por estrutura denominados por Muros 1, 2, 3 e 4 em ambas as estruturas.



Fotografia 2.21 – Muro de ala PI5



As áreas dos muros de ala são as seguintes:

PI3:

Muro	Área(m ²)
1	60
2	60
3	65
4	65
Total	250

Quadro 2.4 – Área dos muros

PI5:

Muro	Área(m ²)
1	94
2	94
3	97
4	94
Total	379

Quadro 2.5 – Área dos muros

2.3.3 - Componentes do muro

2.3.3.1 - Lintel

Os lintéis têm como objectivo obter uma superfície lisa e nivelada, para que fique facilitado o apoio e a montagem da primeira fila de escamas. Geralmente os lintéis têm uma espessura de 15 cm e uma largura mínima de 35 cm.

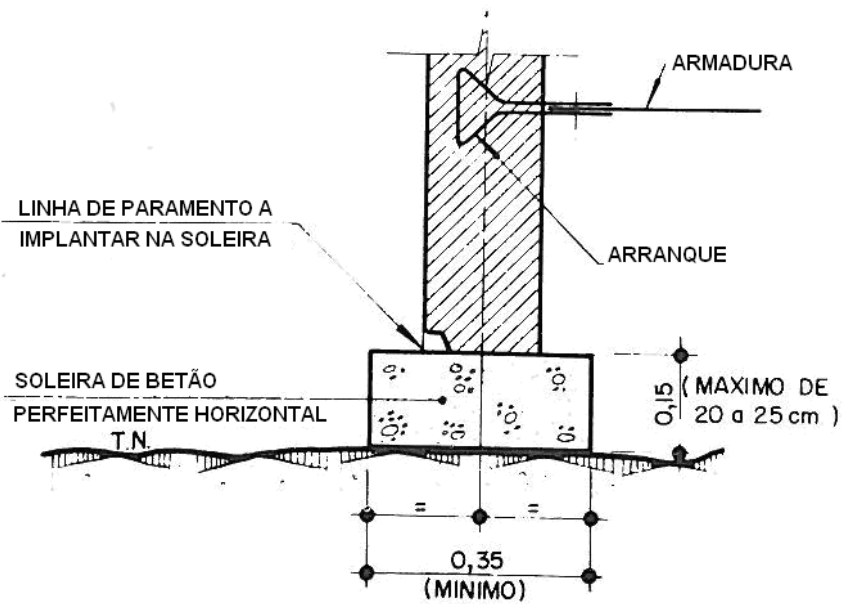


Figura 2.17 – Pormenor lintel

2.3.3.2 - Escamas pré-fabricadas de betão:

Escamas inteiras, utilizadas na maior parte da estrutura.

Meias escamas, usam-se alternadamente com escamas inteiras na primeira fila.



Fotografia 2.22 – Escama cruciforme



2.3.3.3 - Juntas

As juntas verticais são preenchidas com espuma de poliuretano de células abertas e estas têm como função permitir a passagem de água e impedir a passagem de finos do solo. A secção das juntas é de 4x4cm e cada tira tem 2m de comprimento.

Nos casos em que a estrutura de terra armada possa ficar submersa a curto ou longo prazo serão aplicadas juntas verticais e horizontais do tipo “têxtil – tela”, coladas às escamas, sendo que deverá estar definida a sua disposição no projecto.

Nas juntas horizontais colocam-se entre as escamas, tiras de cortiça aglomerada com resina para evitar o contacto betão-betão.

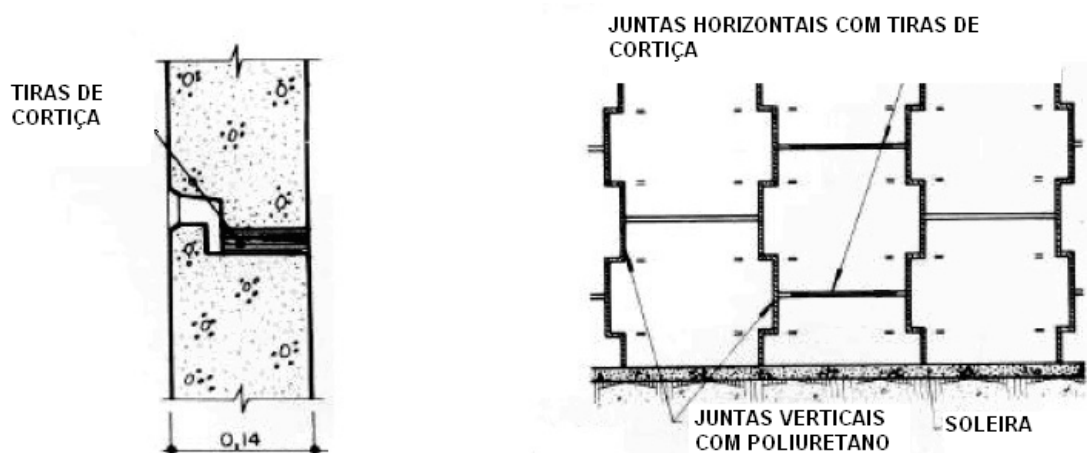


Figura 2.18 – Pormenor das juntas

2.3.3.4 - Armaduras “Geostrap”

As armaduras “Geostrap” de 37,5 kN e 50 kN são fornecidas em bobines. As armaduras têm 50 mm de largura.



2.3.3.5 - Conexão “Omega”

A conexão prevê uma superfície lisa para a colocação das armaduras “Geostrap”.



Fotografia 2.23 – Pormenor conexões

2.3.3.6 - Material de Preenchimento

2.3.3.6.1 - Condições mecânicas

O terreno do aterro é válido quando a percentagem da granulometria da amostra ensaiada que passa aos 80 microns (0,08 mm.), é inferior a 15%.

Os Terrenos com uma percentagem mais elevada que 15% a 80 microns são igualmente válidos quando:

- a) A percentagem de amostra ensaiada por sedimentometria seja inferior a 10% da amostra original a 15 microns (0,0015 mm).
- b) A percentagem de amostra ensaiada por sedimentometria está compreendida entre 10% e 20% da amostra original a 15 microns e o ângulo de atrito interno seja igual ou superior a 36°.

O terreno de preenchimento não deverá conter nenhum elemento com dimensões superiores a 100mm.

Não será válido o material moído com arestas angulosas.



2.3.3.6.2 - Condições electroquímicas

Não há limite no que diz respeito aos sais minerais constituintes do solo nem em relação à resistência do terreno, contudo o pH deve estar compreendido entre 4 e 9.

2.3.3.6.3 - Durante a execução

Os lotes do material de aterro serão examinados no momento da descarga, sendo rejeitados aqueles que apresentem na sua composição restos vegetais, matéria orgânica ou aqueles em que os inertes apresentem dimensões superiores às máximas permitidas.

Se alguns dos lotes de terras apresentarem anomalias no que diz respeito a aspecto, diferente coloração ou excesso de plasticidade, devem ser retiradas amostras para novos ensaios.

O material de preenchimento deve estar em concordância com as especificações locais para estruturas de terra armada, com a condição de que nenhum elemento deve ter tamanho superior a 100mm.

Os reforços de “Geostrap” são muito resistentes e sofrem pouco com matérias de preenchimento comuns.

Se o agregado tiver arestas afiadas superiores a 50 mm, deve ser feito um estudo específico para determinar o factor de instalação adequado.

2.3.4 - Material necessário em obra para a montagem

- Uma pequena grua móvel de 2 toneladas de potência (manitou);
- “Gatos” para aplicação das escamas;
- Cunhas de madeira;
- Chaves fixas de 20;
- Pregos;
- Régua metálica de 4 m;
- Nível e prumo;
- Madeira para suportar a primeira fila de escamas;
- Vigas de madeira para a colocação das escamas.



2.3.5 - Descarga e número dos elementos pré-fabricados

É aconselhável dispor de um número de elementos pré-fabricados no mínimo para oito ou dez dias de montagem, prevendo possíveis inconvenientes derivados fundamentalmente do transporte.

2.3.6 - Escamas

As escamas prefabricadas de betão chegarão à obra em camiões de grande tonelagem (25 ton), o que requer um adequado acesso à obra.

Tanto o transporte como o armazenamento fazem-se com a ajuda de cabos especiais de descarga, tendo atenção para que não se danifique o material.

Os painéis devem ser empilhados com os arranques para cima e separados por tacos de madeira. As pilhas de material não deverão exceder uma altura superior a 5 escamas de betão. Nunca devem ser colocadas directamente sobre o solo.

A superfície de uma escama tipo é de 2,25m² e pesa aproximadamente 800Kg. As escamas tipo 14 (não armadas) e 14f (armadas) distinguem-se, pela cor dos “ferros” ou guias de encaixe, vermelho e preto respectivamente.

2.3.7 - Armaduras “GEOSTRAP”

Visto que nas armaduras “Geostrap” de cada conexão saem duas tiras paralelas, a distância requerida por conexão é 2 vezes a distância do desenho, mais 0,7 m para ter em conta o comprimento da conexão.

Os factores de degradação química e biológica foram tidos em conta com fibras expostas pelo que não devem ser tidos em conta cálculos adicionais para armaduras “Geostrap”, cortadas ou perfuradas no extremo para poder prendê-las ao terreno. Se as armaduras ficarem armazenadas mais que um mês devem ser protegidas da luz solar.

Para a instalação “*in situ*” das armaduras “Geostrap” devem retirar-se as tampas de plástico que cobrem o arranque e em seguida inserir as guias para que sejam inseridas as armaduras no arranque.



Fotografia 2.24 – Pormenor conexões tapadas



Fotografia 2.25 – Guia utilizada para a inserção de armaduras



Fotografia 2.26 – Inserção de armaduras



Fotografia 2.27 – Armaduras “Geotrap” parcialmente instaladas



Fotografia 2.28– Escamas em stock munidas de armaduras

2.3.8 - Operações de montagem

As operações de montagem que foram cumpridas aquando da montagem dos muros em terra armada com conexão ómega foram:

2.3.8.1 - Escavação

Em primeiro lugar, e consoante o projecto, foi necessário proceder à escavação da vala necessária para colocar as armaduras em todo o seu comprimento e ainda instalando os sistemas de drenagem.



Fotografia 2.29 – Vala com geotêxtil

2.3.8.2 - Lintéis

Os lintéis têm como missão exclusiva o nivelamento e alisamentos da superfície que vai suportar a primeira fila de escamas, facilitando a sua montagem, não sendo nenhum tipo de fundação.

É fundamental que a sua execução seja extremamente cuidadosa e com horizontalidade nos sentidos longitudinal e transversal. É a base de uma boa montagem posterior. Sobre o lintel devem ser marcados os limites exteriores do paramento, pintando-se o alinhamento sobre o lintel, não deixando nunca uma corda como referência.

Quando em projecto apareçam mais que um nível de lintéis conforme aconteceu nos muros de ala da PI3, estes devem ser construídos conforme a figura:

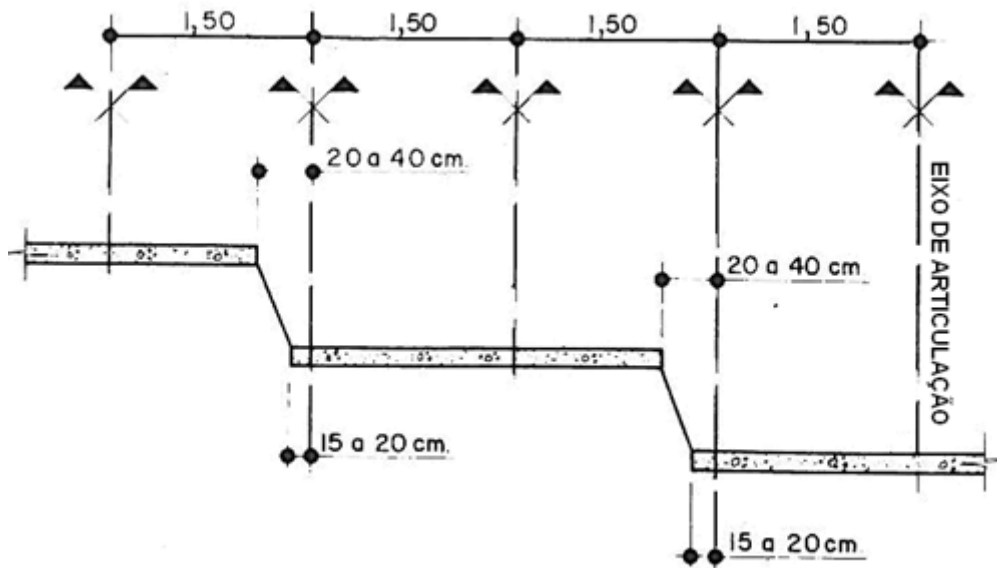


Figura 2.19 – Pormenor lintéis com diferentes níveis



Fotografia 2.30 – Lintéis PI3



2.3.8.3 - Colocação da primeira fila de escamas

Uma vez marcado sobre o lintel, o ponto inicial de colocação longitudinal, que normalmente vem definido no projecto, procedeu-se à montagem das primeiras meias escamas.

A ordem da operação foi:

- Colocação da escama 1
- Colocação da escama 2.
- Comprovação com a régua de gabarit.
- Verificação da horizontalidade com a régua metálica.
- Aprumar as escamas (com prumo, nunca com nível)
- Escoramento.

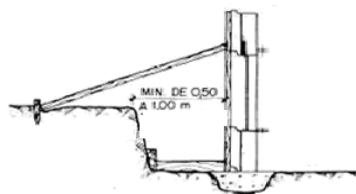
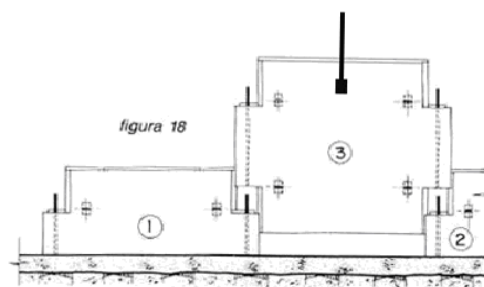
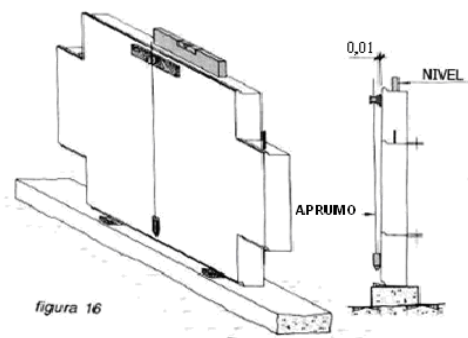
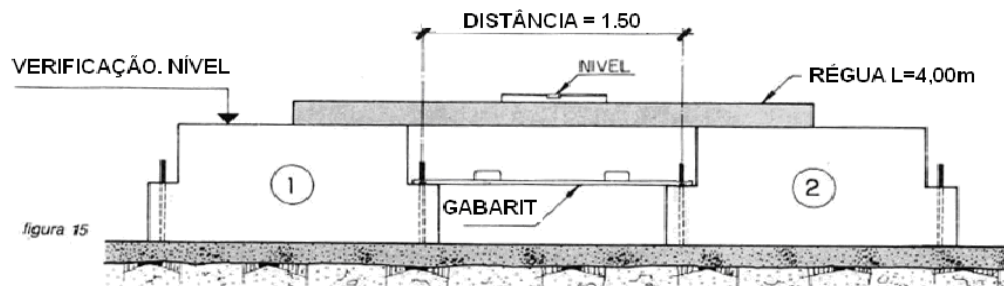


figura 17

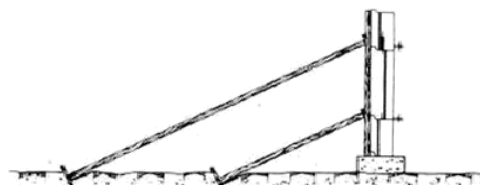


Figura 2.20 – Sequência de montagem



Seguidamente continuou-se a montagem pela seguinte ordem:

- Colocação da escama inteira 3;
- Horizontalidade e aprumo da escama 3 e imediata colocação dos “gatos”;
- Verificação das juntas horizontais que devem ter 2 cm;
- Colocação da escama média 4 com os critérios expostos na ordem anterior;
- Colocação da escama 5;
- Verificação do gabarit entre as escamas 3 e 5;
- Horizontalidade e aprumo da escama 5;
- Verificação das juntas horizontais (2 cm);
- Verificação com régua e nível da horizontalidade das escamas 3 e 5;
- Colocação pelo tardez das juntas verticais e horizontais;
- Colocação dos gatos na escama;
- Repetição das operações com as escamas sucessivas até completar a primeira fila das mesmas;
- Comprovação de que o alinhamento é correcto;
- Colocação das armaduras “Geostrap” através da conexão da escama. Uma vez inseridas as “Geostrap” deixam-se estendidas pela parte à vista do muro.

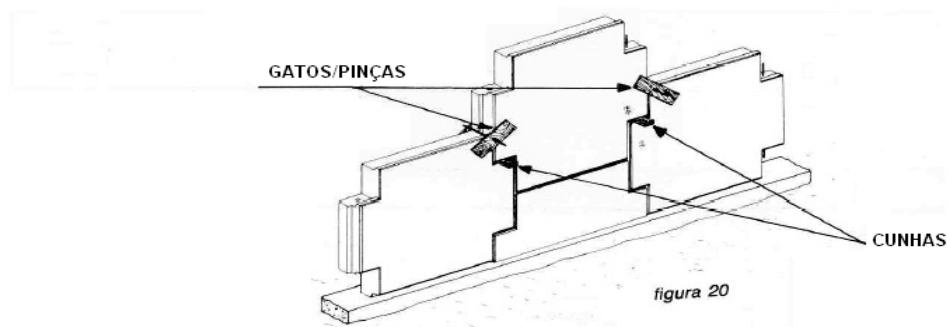
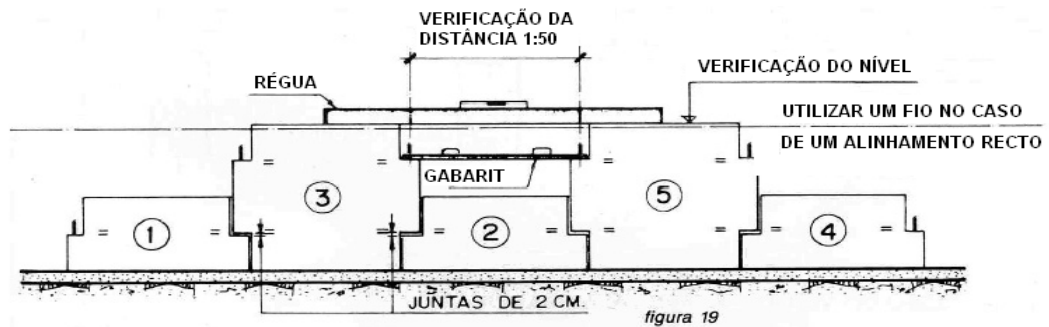


Figura 2.21 – Montagem da segunda fila de escamas



Fotografia 2.31 – Primeira fila de escamas

O aprumo das escamas foi sempre feito com prumo, nunca com nível, tendo o objectivo de não deixar aprumada a peça, deixando uma inclinação para o interior de 3 cm nas escamas



inteiras e 1,5 cm nas escamas médias, sendo que este espaço será recuperado quando for colocado o aterro.

Em alguns casos e dependendo do terreno de aterro, o desaprumo inicial deverá corrigir-se até as primeiras comprovações de verticalidade.

As correcções da horizontalidade e a junta de 2cm entre as escamas, serão realizadas mediante o emprego de cunhas de madeira.

Pequenos movimentos necessários para a correcta colocação das escamas sobre o lintel ou sobre as outras escamas devem ser realizados com um “pé de cabra”.

A aplicação do “pé de cabra” não deve fazer-se sobre as articulações dos cantos da escama mas sim na base da mesma.

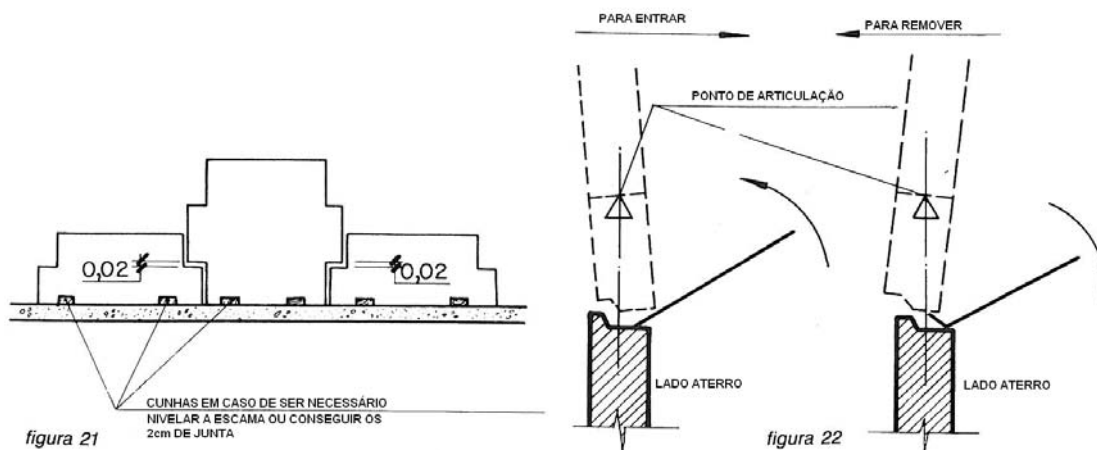


Figura 2.22 – Nivelamento das escamas

2.3.8.4 - Terraplenagem e colocação de armaduras

Uma vez colocadas e fixas as escamas da primeira fila, e colocados as armaduras necessárias, deve proceder-se à terraplenagem e à compactação de acordo com os níveis indicados na figura 2.23.

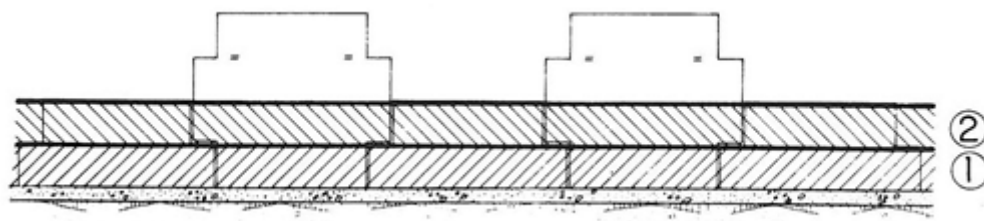


Figura 2.23 – Nivelamento das escamas

Após a execução do espalhamento de terras correspondente ao nível 1, deve proceder-se à compactação deste nível. Deve ser efectuada uma compactação normal para que as armaduras se apoiem completamente sobre o terreno, verificando que o mesmo acontece na zona de união do arranque com a armadura. Ao mesmo tempo deve ser realizada uma vala segundo uma das seguintes opções:

Opção 1: a vala deverá ser realizada nos últimos 50cm da armadura, e com uma profundidade de 0,15m.

Opção 2: Uma vala de 10 a 15 cm de profundidade e 50cm de largura a uma distância de 50 cm do final das armaduras.

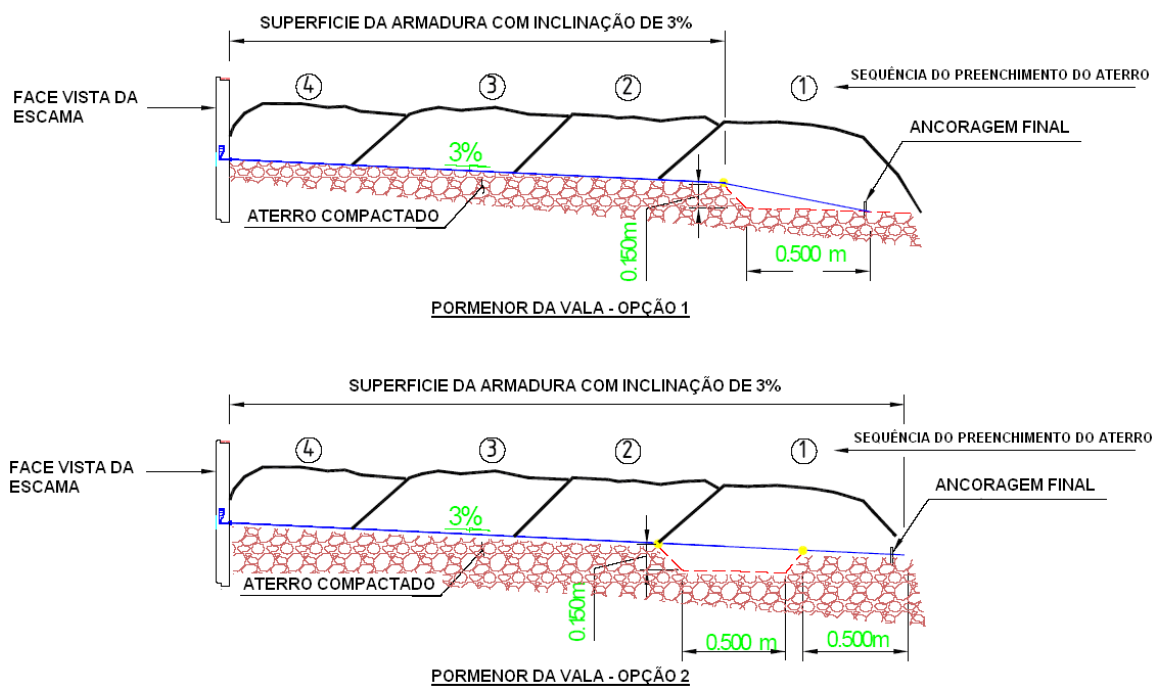
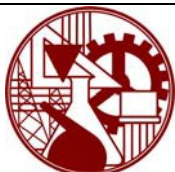


Figura 2.24 – Opções 1 e 2



Fotografia 2.32 – Pormenor da vala – opção 2

Optou-se pela opção 2 e procedeu-se à colocação das armaduras correspondente a este nível, fixando o extremo com estacas de madeira.

Após a colocação deste primeiro nível de armaduras deverá efectuar-se o segundo nível de aterro.



Fotografia 2.33 – Estacas de madeira



Para facilitar a realização da terraplenagem dos maciços de terra armada e com o objectivo de que a sua execução não interfira com a qualidade da montagem do muro, as armaduras não devem estar torcidas e devem ser estendidas e ficar paralelas entre si e perpendiculares ao muro, logo, a forma usualmente utilizada para a colocação das terras é a seguinte:

Espalhar, em primeiro lugar a terra na zona do maciço armado mais afastada do paramento do muro e ir em direcção ao paramento deste sem que nenhum veiculo ou maquinaria se apoie directamente sobre as armaduras.



Fotografia 2.34 – Aterro

O terreno a compactar, no que diz respeito a sua qualidade, não é uma exigência intrínseca da terra armada e é determinado pela utilização da superestrutura que estará sobre o maciço armado, cujas exigências de limitação dos assentamentos são sempre superiores às necessárias para o funcionamento mecânico da terra armada.

A única limitação que se impõe à terra armada é relativamente ao compactador a utilizar até um 1,5m de distância a contar do paramento do muro. Neste local não se devem utilizar grandes compactadores dinâmicos que podem provocar danos nas escamas, fundamentalmente a alteração da sua disposição (verticalidade/alinhamento). Nesta zona é aconselhável utilizar placas vibrantes ou cilindros vibrantes com a capacidade de 7Kg/cm² de carga estática. Em nenhum caso se devem utilizar equipamentos com mais de uma tonelada de peso a distâncias inferiores a 2 metros do paramento do muro.



A humidade das terras, sobretudo em solos finos, não deve ser superior à optimizada pelo Proctor, já que durante a compactação pode causar alterações indesejadas na disposição das escamas.

Espalhar e compactar o terreno em camadas até 75 ou 125 mm da parte superior das escamas médias.

A camada que se deixa no final do aterro é fundamental para um bom escoamento de água, devendo assim ter as inclinações desejadas, tendo a pendente para a parte posterior do maciço. Se apesar de todas as precauções, se verificar a saturação da última camada, esta deverá escarificar-se ou iniciar-se o trabalho com uma camada de material drenante.

2.3.8.5 - Colocação da segunda e sucessivas filas de escamas

Uma vez compactadas as terras do nível 2, deverá verificar-se de novo a verticalidade das escamas inteiras, comprovando se terá havido alterações na sua disposição e medindo-as, como consequência da compactação das terras.

A segunda fila de escamas deverá ser montada tendo em conta as alterações de disposição ocorridas.

O aprumo das escamas desta segunda fila foi igualmente efectuado com prumo, desde a parte superior até a inferior da fila precedente.

As fases de montagem na colocação da segunda fila de escamas foram as que se seguem:

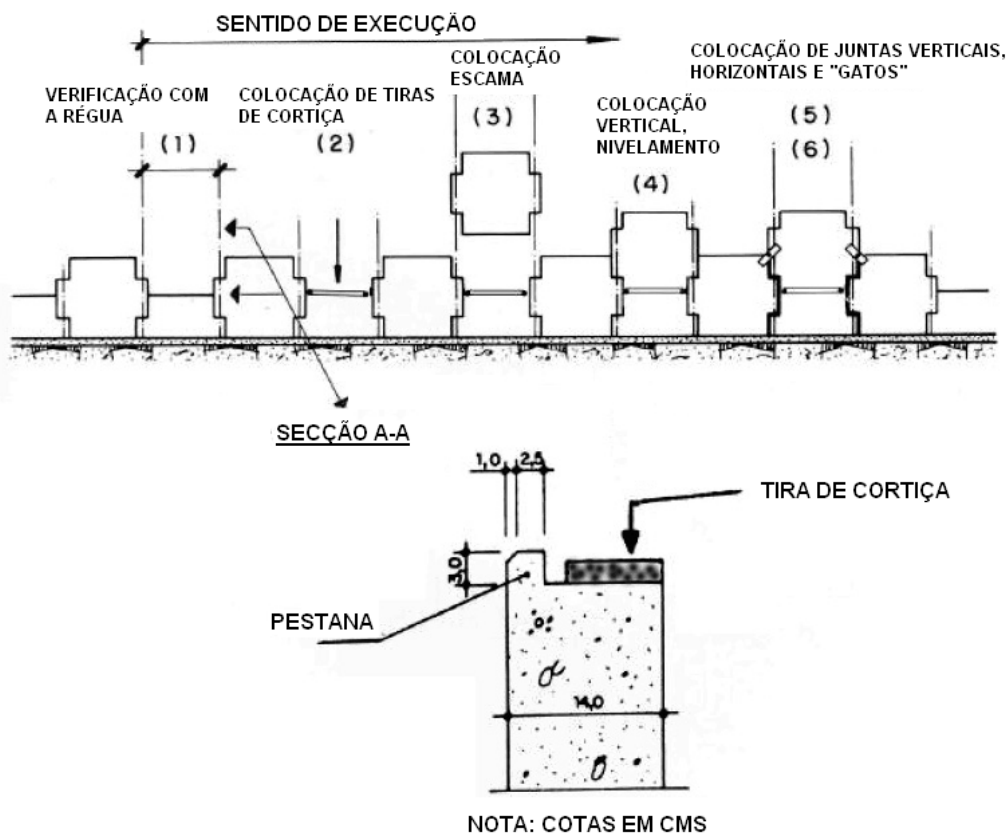
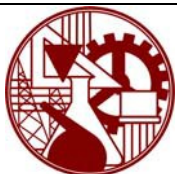


Figura 2.25 – Colocação da segunda fila de escamas

- Verificou-se gabarit entre as escamas já colocadas com a régua de gabarit;
- Colocaram-se as tiras de cortiça:
- Colocou-se a escama seguinte;
- Nivelou-se e aprumou-se, utilizando cunhas quando necessário, e em seguida colocaram-se as juntas verticais de poliuretano pelo interior do muro e colocaram-se os “gatos”;
- Comprovou-se de que o alinhamento era o correcto continuando-se posteriormente o aterro e compactação das sucessivas camadas e colocando as armaduras nos níveis correspondentes;
- O resto da montagem foi efectuada com as prescrições descritas para a colocação da segunda fila de escamas, verificando sempre a prumada até à parte visível mais baixa do muro (no máximo 3 metros).



2.3.8.6 - Cunhas

Nos casos necessários para nivelar e aprumar as escamas, foram utilizadas cunhas de madeira, colocadas nas junções da parte exterior do muro (cruzetas) (figura 2.26) .

Durante a montagem do muro as cunhas não devem permanecer em mais de três filas, retirando-as sistematicamente das filas anteriores.

Após a conclusão da montagem do muro não deve permanecer nenhuma cunha no muro, contudo a extracção das cunhas deve ser feita cautelosamente pois pode ocasionar, em caso de assentamento do muro, a rotura das esquinas das escamas.

As únicas cunhas que se podem colocar no interior do muro são as cunhas que se colocam no lintel.

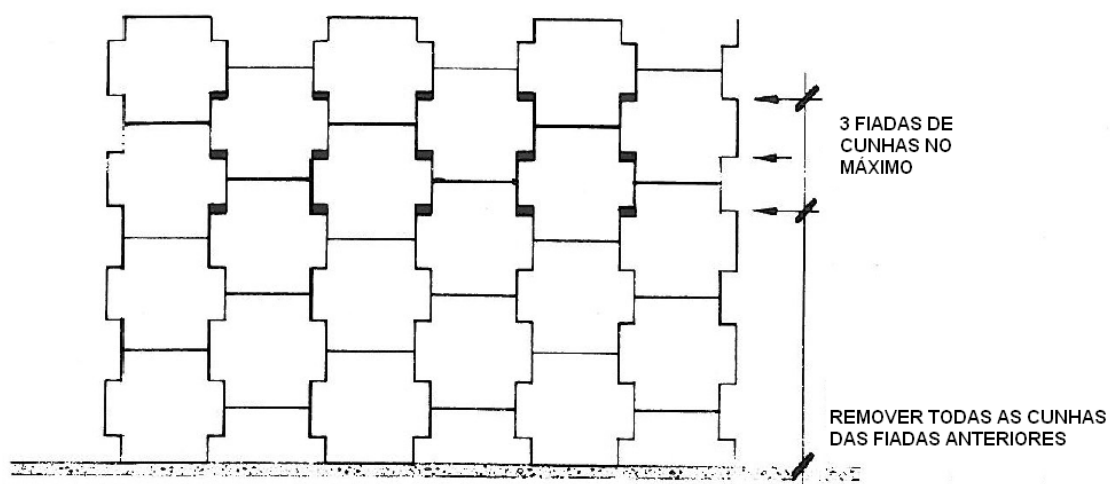


Figura 2.26 – Pormenor Cunhas

2.3.8.7 - Escoramento da estrutura

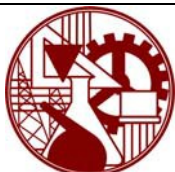
O escoramento das escamas inferiores pela parte exterior, pode eliminar-se quando as camadas compactadas alcancem uma altura de 1,5m, ou quando a compactação tiver passado já toda a escama de arranque.

O preenchimento da escavação na parte frontal do muro, deve fazer-se quando o muro atingir uma altura de 3m com o objectivo de aprumar a escama superior com o seu correspondente inferior.



2.3.9 - Conclusão

Com a conclusão da estrutura anteriormente referida, foi garantido o restabelecimento necessário e garantida a circulação nas vias existentes, resultando desta obra dois falsos túneis inferiores à via principal (A32).



Capítulo 3 – PONTE SOBRE O RIO ANTUÃ – APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA “FREYSSINET”

3.1 - Considerações Iniciais

Depois de delineado o traçado para a construção da A32, foi necessário projectar e executar soluções para que o mesmo fosse cumprido. Após análise do projecto, verificou-se que neste traçado se teria que transpor o Rio Antuã, e a única solução para que tal fosse efectuado, foi a construção de uma ponte sobre o mesmo, composta por dois tabuleiros independentes.

Por forma, a contrariar os esforços devidos a peso próprio e todas as cargas e sobrecargas a que estariam sujeitos os tabuleiros, pilares e encontros da ponte, foi necessário recorrer a uma tecnologia de pré-esforço, nomeadamente o “sistema C” patenteado pela Freyssinet.

No que diz respeito a restrições de movimento e apoio dos tabuleiros, foram também colocados aparelhos de apoio nos pilares e juntas de dilatação entre o tabuleiro e os encontros da ponte.

3.2 - Introdução – História do pré-esforço

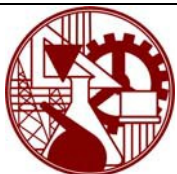
No ano de 1824 em Inglaterra, através da criação do cimento Portland, iniciou-se o desenvolvimento do betão pré-esforçado.

Posteriormente, foram os franceses e alemães que com a produção de cimento, obtiveram novas formas de aperfeiçoar a capacidade do esforço do betão. O efeito da junção entre o betão e a armadura, foi reconhecida em 1887 pelo americano Hyatt. A armadura passou a colocar-se somente do lado traccionado das peças após alguns ensaios de construções de betão.

O pré-tensionamento do betão foi estudado e anunciado por P.H. Jackson, de São Francisco dos Estados Unidos da América em 1886. Em finais do séc. XIX foram patenteados vários métodos de pré-esforço e ensaios, que não obtiveram êxito, pela perda de pré-esforço, devido a retracção e fluência do betão, características desconhecidas naquele período.

Koeman e Morsch, em 1912, observaram que pela retracção e deformação lenta do betão, o efeito do pré-esforço reduzido desaparecia ao longo do tempo.

K. Wettein iniciou na Alemanha em 1919, o fabrico de painéis de betão pré esforçado com cordas de alta resistência, (em aço), facto associado ao desenvolvimento de aços de alta resistência, por volta de 1923, época em que o americano R.H. Dill admitiu que se deveriam usar fios de alta resistência sob elevadas tensões para vencer as perdas de pré-esforço.



Coube ao engenheiro francês E. Freyssinet, em 1928, a teorização e apresentação por patente do primeiro trabalho consistente de pré-esforço tornando-o uma realidade. O processo pré-esforçado também chamado por fios aderentes apresenta vantagens no tipo de dimensionamento, sobre o do betão armado já que permitem peças de igual resistência com menores secções, resultando a possibilidade de se vencerem maiores vãos com menos material, conseqüentemente com menos peso e custo. À Freyssinet foi atribuído o desenvolvimento no domínio da concepção das ancoragens e sistema dos macacos hidráulicos de aplicação do pré-esforço, bem como a aplicação da técnica de vibração mecânica do betão (que até então era aplicada a maço). Apesar de ter sido Freyssinet a utilizar pela primeira vez o pré-esforço por aderência (sem ancoragens nas extremidades), foi o alemão E. Hoyer que pôs em prática a teoria que Freyssinet tinha preconizado.

O francês Freyssinet e o belga G. Magnel deram o seu contributo para o desenvolvimento de novas técnicas de pré-esforço, tornando assim mais económicos e credíveis os processos de tracção e ancoragem das armaduras.

A primeira obra realizada em Portugal em betão pré esforçado, foi a construção da nova ponte da Vala Nova na E.N. 118, entre Benavente e Salvaterra de Magos, em 1953/54. Esta ponte é uma estrutura formada por três tramos isostáticos simplesmente apoiados com vãos de 33,80m.

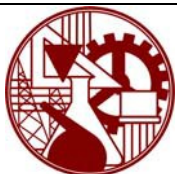
Face à credibilidade, economia e desenvolvimento das aplicações do betão pré-esforçado originou o aparecimento das primeiras associações neste domínio, que destaco:

- De origem europeia a FIP – (Fédération de la Précontrainte);
- Dos Estados Unidos (1954) a PCI (Prestressed Concrete Institute).

Actualmente, o betão armado pré-esforçado encontra-se presente em inúmeras obras mundiais, com as mais diversas aplicações, nomeadamente em coberturas, pontes, condutas, barragens, e outros tipos de estruturas.

Não esqueçamos de salientar algumas estruturas de grande porte, como é o caso de plataformas marítimas de exploração de petróleo ou gás, invólucros de protecção de centrais atómicas, entre outras.

É também comum a utilização de tirantes de ancoragem pré-esforçados em obras de terra, nomeadamente estruturas de contenção lateral de solos e barragens.



3.3 - Enquadramento

A segunda parte do estágio consistiu no acompanhamento da construção de uma obra de arte especial, nomeadamente a construção da ponte sobre o rio Antuã sendo que envolveu a assistência técnica, fornecimento e aplicação das tecnologias Freyssinet no que diz respeito a pré-esforço, aparelhos de apoio e juntas de dilatação.



Fotografia 3.1 –Ponte sobre o rio Antuã

Com uma rasante da altura inferior a 50 metros, optou-se por uma construção tramo-a-tramo recorrendo a cimbra autolançável inferior, sendo a ponte constituída por dois tabuleiros independentes construídos em duas fases distintas.

A ponte sobre o rio Antuã é constituída por dois tabuleiros paralelos e independentes afastados entre si 3,00 m, formando duas estruturas do tipo viga contínua cada uma com seis tramos. A modelação de vãos, na directriz da A32 é de $35,0 + 6 \times 44,0 + 35,0$ m perfazendo um comprimento total para a ponte, entre eixos dos encontros, de 334,0 metros.

Ambos os tabuleiros são constituídos por duas vigas longitudinais, de altura constante, mas cuja largura aumenta sobre os apoios. Os tabuleiros encontram-se apoiados nos pilares e encontros, através de aparelhos de apoio.



Os pilares, um por eixo de apoio de cada tabuleiro, são em betão armado com alturas que variam entre os 11 e os 35 metros, transmitindo os esforços aos terrenos através de fundações superficiais ou profundas, consoante as condições dos terrenos de fundação.

Os tramos do tabuleiro foram executados com recurso a cimbra autolançável a partir do Encontro E1.

3.3.1 - Tabuleiro

Os tabuleiros são em betão armado e pré-esforçado longitudinalmente, constituídos por uma plataforma com 16,85 metros de largura, com uma secção transversal do tipo vigado e uma altura constante de 3,40 metros. A secção transversal do tabuleiro é composta por duas vigas cuja largura varia entre 0,60 e 1,00 metros no vão, e entre 1,40 e 1,80 metros nos apoios.

A laje superior entre vigas possui uma espessura de 0,30 m que ao longo de 2,60 m varia até 0,50 m, junto à ligação com as vigas. A laje superior em consola, possui uma espessura de 0,25 m na sua ponta, que varia até 0,50 m, junto à ligação com as vigas no vão.

3.3.2 - Ligação tabuleiro-pilares

A ligação tabuleiro-pilar é feita através de aparelhos de apoio do tipo “pot-bearing”. Nos pilares P6 e P7 são permitidos deslocamentos na direcção longitudinal enquanto nos restantes pilares os aparelhos de apoio são fixos. Transversalmente, todos os aparelhos são fixos. Todos os aparelhos permitem rotações em todas as direcções.



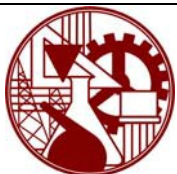
Fotografia 3.2 – Pormenor aparelho de apoio

3.3.3 - Pilares

Os pilares, um por eixo de apoio de cada tabuleiro, são em betão armado e são formados por uma secção transversal derivada de um “I” com $5,00 \times 2,40$ m e almas de 0,60 m. A secção é constante ao longo do fuste existindo no coroamento do pilar uma travessa que permite acomodar os aparelhos de apoio onde se apoiam as vigas do tabuleiro. O coroamento dos pilares é pré-esforçado na direcção transversal.



Fotografia 3.3 – Pilar



3.3.4 - Ligação tabuleiro-encontros

Cada encontro recebe os tabuleiros através de dois aparelhos de apoio do tipo “pot-bearing”, um por alma, sendo ambos fixos na direcção transversal e livres na direcção longitudinal. Todos os aparelhos permitem rotações em ambas as direcções.

3.3.5 - Encontros

Ambos os encontros são em betão armado, do tipo cofre fechado.

O encontro E1 apresenta uma forma em “U”, é constituído por montantes ligados superiormente pela viga de estribo e inferiormente pela sapata de fundação, dispõe lateralmente de muros de avenida com acrotérios, e um muro que faz a ligação entre os dois corpos do encontro. Devido à sua elevada altura, os muros são constituídos por gigantes e por uma sapata de dimensões constantes.

O encontro E2 é essencialmente maciço e dispõe lateralmente de muros de avenida com acrotérios, e um muro que faz a ligação entre os dois corpos do encontro, constituído por gigantes e por uma sapata de dimensões constantes.

3.3.6 - Fundações

Os pilares P1 a P4, P5D, P6E e P7 têm fundações superficiais por intermédio de sapatas com $10,0 \times 7,0 \times 2,4$, enquanto os pilares P5E e P6D têm fundações profundas por intermédio de 9 estacas com 1,20 m de diâmetro.

3.3.7 - Materiais

Os betões usados foram:

- Tabuleiros: C40/50
- Pilares: Elevação C35/45
- Encontros: Elevação C30/37
- Fundações: Pilares e Encontros C30/37



O aço usado é o A500 NR e o aço de pré-esforço é da classe Y1860S7.

O acompanhamento da obra fez-se ao nível da produção, tendo o estagiário contribuído com o controlo e gestão da obra quer em visitas periódicas ao local da obra quer a partir da sede sita em Lisboa.

3.4 - Intervenções a realizar pela Freyssinet – Terra Armada

3.4.1 - Objectivo e procedimentos do pré-esforço

A palavra pré-esforço é a intenção de criar um estado permanente de tensões em estruturas, e materiais de construção, de forma a melhorar o seu comportamento em serviço e aumentar a sua capacidade de resistência, às cargas sobre elas aplicadas. Tendo em conta o caminhar dos tempos, poderá ser uma forma alternativa ao betão armado, mesmo em estruturas relativamente correntes, dado o superior desempenho mecânico.

A aplicação de pré-esforço segue normalmente a seguinte sequência de operações:

- Montagem das bainhas e ancoragens em conjunto com as armaduras passivas;
- Enfiamento do aço;
- Betonagem;
- Aplicação de pré-esforço logo que o betão ganhe a resistência suficiente;
- Desmoldagem;
- Injecção das bainhas e selagem dos nichos de ancoragem.

3.4.2 - Montagem de bainhas e ancoragens

São normalmente denominadas de bainhas, os tubos dentro dos quais a armadura de pré-esforço, por pós-tensão, deve ser colocada de forma a ficar protegida. A função das bainhas é de isolar o aço enfiado nas mesmas posteriormente à sua montagem, de forma a permitir o seu



alongamento durante a fase de tensionamento, e posteriormente, uma vez que são nervuradas têm o objectivo de com o cabo, depois de injectado, funcionar como um elemento estrutural único.

As bainhas utilizadas no caso do pré-esforço com aderência posterior, em regra são fabricadas em chapas de aço laminadas a frio, com espessura de 0,1 a 0,35 mm, com costura helicoidal e ondulações transversais em hélice. Essas ondulações apresentam algumas vantagens, tais como:

- Conferir rigidez à secção da bainha sem prejudicar a flexibilidade longitudinal, permitindo curvaturas com raios relativamente pequenos, o que possibilita enrolar cabos de grande comprimento, que podem ser transportados em rolos;
- Facilitam a utilização de luvas rosqueadas nas emendas;
- Melhoram a aderência entre o betão e a calda de injeção, devido às saliências e reentrâncias.



Fotografia 3.4 – Pormenor de bainhas e ancoragens



Fotografia 3.5 –Pormenor de bainhas evidenciando o traçado dos cabos

Os principais riscos a que os trabalhadores estão expostos durante esta actividade são:

- Pancadas e cortes por objectos ou ferramentas;
- Projecção de fragmentos ou partículas;
- Queda de pessoas a nível diferente;
- Queda de pessoas ao mesmo nível;
- Entaladela ou esmagamento por ou entre objectos;
- Contactos eléctricos.

3.4.3 - Enfiamento do aço

O enfiamento dos cordões foi realizado com o auxílio de equipamento próprio para o efeito (máquina de enfiar aço). Contudo, em diversas ocasiões o enfiamento é feito manualmente, o que requer um nível de esforço do trabalhador muito elevado.



Fotografia 3.6 – Máquina de enfiar aço

Os principais riscos a que os trabalhadores estão expostos durante esta actividade são:

- Pancadas e cortes por objectos ou ferramentas;
- Perfurações;
- Queda de pessoas a nível diferente;
- Queda de pessoas ao mesmo nível;
- Entaladela ou esmagamento por ou entre objectos;
- Contactos eléctricos.



Fotografia 3.7 – Enfiamento do aço



3.4.4 - Tensionamento

Antes de iniciar uma operação de tensionamento, devem ser tomadas algumas precauções de forma a garantir que a operação, decorrerá dentro da normalidade:

- Verificar a resistência do betão, à data da aplicação do pré-esforço, através de rebentamento de provetes de betonagem.
- Verificação visual do aspecto geral do betão, na zona das cabeças das ancoragens, no que se refere a segregação, falta de recobrimento das armaduras, coloração diferente do habitual;
- Afastar devidamente as armaduras ordinárias da zona das cabeças de ancoragem, para permitir a introdução dos macacos hidráulicos que irão esticar os cabos;
- Verificar se os blocos das ancoragens estão devidamente colocados e orientados segundo a matriz interna do macaco;



Fotografia 3.8 – Macaco hidráulico K500C



O equipamento necessário para a operação de tensionamento tem de estar em boas condições de funcionamento:

- Verificar o bom funcionamento da bomba de tensão, incluindo o funcionamento do manómetro de pressão, é fundamental que este contenha glicerina;
- Verificação do estado do macaco;
- Verificação da existência de corrente eléctrica necessária ao funcionamento da bomba (13kVA) e ligações eléctricas executadas correctamente;
- Existência de grua para suspensão do macaco hidráulico.



Fotografia 3.9 – Macaco hidráulico CC500 e bomba P6M

Durante as operações de tensionamento, são recolhidas as informações segundo os procedimentos estabelecidos para esta operação e com o faseamento descrito no projecto de Pré-esforço. Os resultados obtidos são apontados nas fichas de registo de tensionamento próprias da Freyssinet.

As operações de tensionamento seguem a seguinte ordem:

- a) Início da pressão no êmbolo do macaco até ao patamar P1 (100bar). Nesta fase são retiradas todas as folgas e é efectuada uma marcação de referência;
- b) Incremento da pressão da bomba até à pressão P2;
- c) Leitura do alongamento;
- d) Incremento da pressão da bomba até à pressão P3;
- e) Leitura do alongamento;
- f) Incremento da pressão da bomba até à pressão P4 (caso exista);



- g) Leitura do alongamento;
- h) Cálculo da correcção do alongamento entre a pressão 0 e P1 ($K=P3/2$);
- i) Incremento da pressão da bomba até à pressão de alerta (P_a);
- j) Leitura do alongamento e comparação com os valores de referência (A_a);
- k) Incremento da pressão da bomba até à pressão final (P_o);
- l) Leitura final do alongamento e comparação com os valores de referência (A_0);

O patamar de alerta é aquele em que, após tensionado o cabo a 95% da pressão final, mencionada no projecto, é lido o alongamento do cabo e verificado se este se encontra dentro dos limites estabelecidos pela Freyssinet – Terra Armada, S.A..



Fotografia 3.10 – Tensionamento dos cabos (Pilar)

Os principais riscos a que os trabalhadores estão expostos durante esta actividade são:

- Pancadas e cortes por objectos ou ferramentas;
- Perfurações;
- Projecção de fragmentos ou partículas;
- Projecção de óleo sob pressão;
- Ruptura de cordão de pré-esforço;
- Queda de pessoas a nível diferente;
- Queda de pessoas ao mesmo nível;
- Entaladela ou esmagamento por ou entre objectos;
- Contactos eléctricos.



3.4.5 - Injecção dos cabos de pré-esforço

A calda de cimento para injecção tem como função proporcionar a aderência posterior da armadura de pré-esforço com o betão e a protecção da armadura contra a corrosão. Ela é um importante componente de todas as estruturas de betão pré-esforçado com aderência à posterior.

As caldas de injecção devem satisfazer as seguintes exigências:

- Dentro do possível, a sedimentação e a retracção devem ser pequenas, devendo ser a contracção volumétrica no máximo de 2%;
- Deve ter boa fluidez, até à conclusão da injecção;
- Resistência à compressão da ordem de 20 MPa, aos 7 dias, e 30 MPa aos 28 dias, determinada a partir de provetes cilíndricos com 10 a 12 cm de diâmetro;
- Não deve sofrer variações de volume devido à temperatura;
- A relação água - cimento deve ser tão pequena quanto possível, definido pela fluidez mínima necessária. ($0,36 < A/C < 0,4$)

Os principais riscos a que os trabalhadores estão expostos durante esta actividade são:

- Projecção de fragmentos ou partículas;
- Projecção de óleo sob pressão;
- Queda de pessoas a nível diferente;
- Queda de pessoas ao mesmo nível;
- Contactos eléctricos.

3.5 - Considerações gerais

Foi com base no projecto de execução elaborado pelo gabinete do Eng.º Armando Rito que foi desenvolvido pela Freyssinet o projecto de aplicação de pré-esforço, projecto este que visa a aplicação do sistema C, patenteado pela Freyssinet, tanto no tabuleiro como nos capitéis dos pilares na ponte sobre o rio Antuã, do trecho 2 – Nogueira do Cravo – Louredo da A32/IC2 – Oliveira de Azeméis – IP1 (S. Lourenço).



O projecto de aplicação do pré-esforço é constituído por:

a) Peças escritas:

Memória e cálculos.

b) Peças desenhadas:

Definição do traçado dos cabos, dados para o plano de tensão, dimensionamento das caixas para alojamento das ancoragens e pormenorização das armaduras de reforço nas zonas de ancoragem.

A elaboração do projecto de aplicação de pré-esforço foi efectuada respeitando a actual regulamentação, para tal adoptaram-se as disposições do eurocódigo 2 (EC2) e recorreu-se em alguns casos particulares ao regulamento de betão armado pré-esforçado (REBAP)

Respeitaram-se as exigências de projecto, nomeadamente os eixos teóricos do projecto da obra, no que diz respeito ao traçado dos cabos, sofrendo este algumas alterações nas zonas de ancoragem dos cabos de pré-esforço quando necessário.

No que diz respeito aos cálculos foram tidas em conta no projecto de pré-esforço as perdas de tensão, para efeitos de cálculo de pré-esforço útil bem como de alongamentos dos cabos, dimensionamentos de armaduras de reforço envolventes às zonas de amarração e desvio das armaduras tensionadas.

3.6 - Descrição sumária do pré-esforço

3.6.1 - Faseamento construtivo da obra

A superestrutura da obra de arte é constituída por dois tabuleiros geminados em laje vigada. Cada tabuleiro é dotado de duas vigas principais contínuas, com vãos extremos de 35,00 m e vãos intermédios de 44,00 m. Foram construídos tramo a tramo, utilizando para tal o processo habitual de execução, em cada fase, de um troço do próprio tramo e de uma consola de 9,00 m do vão seguinte. Os trabalhos tiveram início a partir do encontro E1 em ambos os tabuleiros.



Fotografia 3.11 – Ponte sobre o rio Antuã

3.6.2 - Pré-esforço dos capitéis dos pilares

O pré-esforço dos capitéis dos pilares foi concretizado por 5 cabos por capitel, todos formados por 12 cordões de 15,7 mm de diâmetro (secção transversal de 1,5 cm²), ficando os cabos alojados em bainhas metálicas ϕ 80 mm e têm ancoragens activas 13C15 em ambas as extremidades, mas foram tensionados apenas a partir de uma delas.

3.6.3 - Pré-esforço dos tabuleiros

O pré-esforço de cada viga do tabuleiro realizou-se recorrendo a 4 cabos, todos formados por cordões de 15,7 mm (5/8”) de diâmetro, sendo os cabos 1 e 2 de 25 cordões (cabos 25T15), ao passo que os cabos 3 e 4 utilizados eram compostos por 19 cordões (cabos 19T15).

Os cabos 1 e 2 ficaram alojados em bainhas ϕ 110 mm e foram ancorados a ancoragens activas 25C15 nas extremidades sobre os encontros e ancoragens activas e acopladores 25C15 / 25C15P nas juntas de betonagem.

Os cabos 3 e 4 ficaram alojados em bainhas ϕ 100 mm e têm ancoragens activas 19C15 em ambas as extremidades. Estes cabos estão sobrepostos num trecho de 3 m anterior às juntas de betonagem, iniciando-se essa sobreposição em nichos de ancoragem, dotados de



“capots de protecção”, dispostos junto à face superior do tabuleiro, e o seu tensionamento foi realizado apenas a partir das juntas de betonagem.



Fotografia 3.12 – Pormenor do “Capot”

3.6.4 - Disposições construtivas do pré-esforço

A instalação das bainhas foi efectuada sobre travincas (varões de montagem) com um espaçamento corrente de 1,00 m e máximo de 1,50 m, tendo estas sido montadas conforme o posicionamento altimétrico definido em projecto e conforme o desenho de traçado dos cabos e posteriormente foram amarradas a estas as bainhas de pré-esforço para que não se altere o traçado dos cabos aquando da betonagem, e durante a instalação das bainhas foram colocados tubos de purga e ventilação nas extremidades passivas e em todos os pontos altos do traçado dos cabos.



Fotografia 3.13 – Pormenor traçado dos cabos

O pré-esforço foi aplicado segundo o faseamento descrito para os tabuleiros. Nos planos de tensão, segundo os quais se orientaram todos os trabalhos de aplicação do pré-esforço, estava indicada a ordem pela qual os trabalhos de tensionamento dos cabos foram efectuados bem como as forças de tensionamento de cada um deles.

Em cada fase, após a conclusão das operações de tensão foi efectuada a injeção da argamassa de preenchimento do espaço remanescente no interior das bainhas, sendo esta operação precedida de lavagem por jacto de ar, em ambas as extremidades dos cabos, a fim de proceder à sua limpeza.

3.6.5 - Instalação do sistema de pré-esforço

Após a instalação das bainhas e das ancoragens, fez-se uma verificação específica da qualidade da montagem dos constituintes do sistema, registando-se as informações resultantes desta numa ficha de montagem. Em seguida procedeu-se ao enfiamento do aço nas bainhas e à verificação desta actividade, e à *posteriori* o encarregado preencheu a ficha de enfiamento



respectiva, onde foram registados os números das bobinas de aço que serviram de base para a elaboração das fichas de tensionamento, essencialmente ao nível da previsão do alongamento dos cordões, efectuando-se a correcção do módulo de elasticidade (E) teórico adoptado, para efeitos de projecto, para o E real utilizado no elemento a pré-esforçar.



Fotografia 3.14 – Enfiamento do aço e cunhas

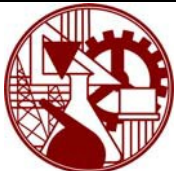
As ancoragens utilizadas foram do tipo:

- Pilares – 13C15 (em que 13 é o número de furos na ancoragem, C indica que são ancoragens do “sistema C” da Freyssinet e o 15 refere-se ao diâmetro dos cordões);
- Tabuleiro – 19C15;
- Tabuleiro – 25C15.

3.6.6 - Tensionamento

O pré-esforço foi aplicado simultaneamente a todos os cordões de cada cabo e as forças aplicadas pelo macaco foram:

- Cabos 12T15: $F_{p0} = 12 \times 150,0 \times 1,395 = 2511 \text{ kN}$
- Cabos 19T15: $F_{p0} = 19 \times 150,0 \times 1,395 = 3976 \text{ kN}$



- Cabos 25T15: $F_{p0} = 25 \times 150,0 \times 1,395 = 5231 \text{ kN}$

Para a secção do êmbolo dos macacos utilizados, foram também fornecidas pelo projectista as pressões a praticar na bomba de óleo, considerando 2% para as perdas devidas ao atrito interno.

Os macacos e bombas de óleo utilizados nas operações de tensionamento foram:

- Cabos 12T15: Macaco CC350 e bomba de óleo P5M;
- Cabos 19T15: Macaco K500C e bomba de óleo P5M;
- Cabos 25T15: Macaco CC1000 e bomba de óleo PZ10.



Fotografia 3.15 – Tensionamento dos cabos (Pilar)

3.6.7 - Alongamentos dos cabos

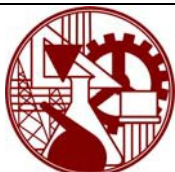
De acordo com os dados de projecto os alongamentos teóricos finais calculados foram os seguintes:

Pilares

- Cabos 1-2-3-4-5 (12T15) $\Delta l = 74 \text{ mm}$

Tabuleiros - Fases 1

- Cabos 1 (25T15) $\Delta l = 267 \text{ mm}$



- Cabos 2 (25T15) $\Delta l = 277$ mm
- Cabos 3 (19T15) $\Delta l = 282$ mm
- Cabos 4 (19T15) $\Delta l = 295$ mm

Tabuleiros - Fases intermédias 2 a 6

- Cabos 1 ou 1' (25T15) $\Delta l = 264$ mm
- Cabos 2 ou 2' (25T15) $\Delta l = 272$ mm
- Cabos 3 ou 3' (19T15) $\Delta l = 293$ mm
- Cabos 4 ou 4' (19T15) $\Delta l = 306$ mm

Tabuleiros - Fases 7 (penúltimas)

- Cabos 1 ou 1' (25T15) $\Delta l = 262$ mm
- Cabos 2 ou 2' (25T15) $\Delta l = 272$ mm
- Cabos 3 ou 3' (19T15) $\Delta l = 293$ mm
- Cabos 4 ou 4' (19T15) $\Delta l = 306$ mm

Tabuleiros - Fases 8 (últimas)

- Cabos 1 ou 1' (25T15) $\Delta l = 188$ mm
- Cabos 2 ou 2' (25T15) $\Delta l = 187$ mm
- Cabos 3 ou 3' (19T15) $\Delta l = 205$ mm
- Cabos 4 ou 4' (19T15) $\Delta l = 205$ mm

Após o tensionamento dos cabos o alongamento dos mesmos foi medido e tendo este apresentado variações dentro das tolerâncias admissíveis.

3.6.8 - Injecção dos cabos de pré-esforço

Após o devido tensionamento dos cabos, procedeu-se à elaboração da calda de injecção tendo esta sido alvo de ensaios, por forma a verificar a sua conformidade e ser assim aprovada pela fiscalização.



Fotografia 3.16 – Fabrico da calda de injeção

Os ensaios realizados tiveram como base os seguintes documentos:

- Cláusulas Técnicas Especiais do Caderno de Encargos da Empreitada;
- NP EN 445 2008;
- NP EN 446 2008;
- NP EN 447 2008;
- NP EN 196-1 2006;
- Procedimento de Pré-Esforço – Sistema C da FREYSSINET.

A calda de injeção utilizada foi constituída pelos seguintes componentes e respectivas dosagens:

- Cimento Tipo I – Classe 42,5R – 80 Kg;
- Betoflow 4 da BETEC – 1,4 litros;
- Cablegrout EH da BETEC – 1,0 Kg;
- Água – 31 litros.



E foi preparada de acordo com o definido no Procedimento de Pré-Esforço da FREYSSINET– Sistema C:

- 1.º Introdução da totalidade da água;
- 2.º Adição da totalidade do aditivo Betoflow 4;
- 3.º Misturar durante 10 a 20 segundos;
- 4.º Introdução do Cimento Tipo I . Classe 42,5R;
- 5.º Adição da totalidade do aditivo Cablegrout EH;
- 6.º Misturar durante 4 a 5 minutos;

Após a preparação da calda foram realizados, de acordo com o estipulado na NP EN 445 2008, os ensaios para verificação de conformidade:

- Ensaio de peneiração;
- Ensaio de fluidez pelo método do cone;
- Ensaio de mecha para medição da exsudação e variação de volume;
- Ensaio de resistência à compressão;
- Ensaio de massa volúmica.



Fotografia 3.17 – Enchimento de provetes



Depois de ser aprovada a calda de injeção, com base nos ensaios efectuados, procedeu-se à injeção da mesma por meio de uma bomba de injeção, até que os vazios entre os cabos e as respectivas bainhas fossem preenchidos, e a calda começasse a sair pelas purgas existentes nas bainhas.



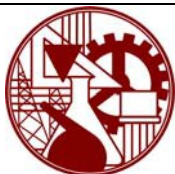
Fotografia 3.18 – Injeção da calda

3.7 - Aparelhos de apoio

Os aparelhos de apoio montados na Ponte sobre o rio Antuã são aparelhos patenteados pela Freyssinet e são do tipo pot ou panela, sendo o modelo utilizado o TETRON CD.



Fotografia 3.19 – Aparelho TETRON CD



3.7.1 - Montagem

O aparelho de apoio TETRON CD requer uma meticulosa e rigorosa montagem, visto que qualquer erro ou falta de precisão ao nível do posicionamento do apoio pode originar inúmeros e graves problemas ao nível do próprio sistema de apoio e em casos mais gravosos pode até originar problemas a nível estrutural.



Fotografia 3.20 – Aparelho colocado

3.7.1.1 - Armazenamento

No que diz respeito ao armazenamento em obra dos aparelhos de apoio, estes devem ser colocados em locais limpos e secos, com o objectivo de que as faces funcionais dos aparelhos de apoio não sofram danos que venham a ser prejudiciais ao bom funcionamento dos mesmos, de acordo com as Especificações Gerais Técnicas Francesas (C.G.T.G). Os aparelhos de apoio TETRON CD estão protegidos contra a corrosão em condições de uso normais.



3.7.1.2 - Manuseamento

Para o manuseamento dos aparelhos de apoio, estes estão munidos com correias laterais ou parafusos que fixam a chapa superior à base de assentamento durante o manuseamento, transporte e instalação. Os objectos para manuseamento anteriormente referidos são de carácter temporário e têm a finalidade de evitar que as distintas partes do sistema se separem, que se alterem os ajustamentos de fábrica feitos conforme o projecto e evitar que os aparelhos sejam penetrados pela sujidade em especial nos órgãos funcionais do aparelho.

3.7.1.3 - Identificação

Para uma correcta identificação de cada aparelho de apoio estes vêm identificados de fábrica no que diz respeito ao seu tipo, em função da sua direcção de deslocamento principal, pela sua capacidade e pela sua localização em relação à estrutura.

3.7.1.4 - Instalação do aparelho de apoio

Aquando da instalação dos aparelhos de apoio foi utilizado um dispositivo de ajustamento adaptado às dimensões do sistema dos aparelhos de apoio. Depois de montados, os aparelhos de apoio não poderiam exceder uma tolerância horizontal superior a 0,3%, sendo a área de referência o topo da chapa superior ou a superfície deslizante do aparelho.

Os aparelhos de apoio foram instalados antes da execução do tabuleiro e assim sendo, os aparelhos de apoio foram assentes numa base contida num quadrado com lados de 600 mm. A colocação dos mesmos, bem como o seu manuseamento foram efectuados com recurso a cavilhas com olhal ou grampos. Após a fixação preliminar, a instalação foi levada a cabo numa camada de argamassa com uma espessura mínima de 30mm e verificada a espessura da base de assentamento que deve ser superior no centro da mesma para que se reduza a deformação na envolvente ao aparelho de apoio e a formação de bolhas de ar que são à *posteriori* retiradas com água. Após terminada a operação de instalação dos aparelhos de apoio, devem executar-se uma verificação externa e sistemática da superfície de contacto.

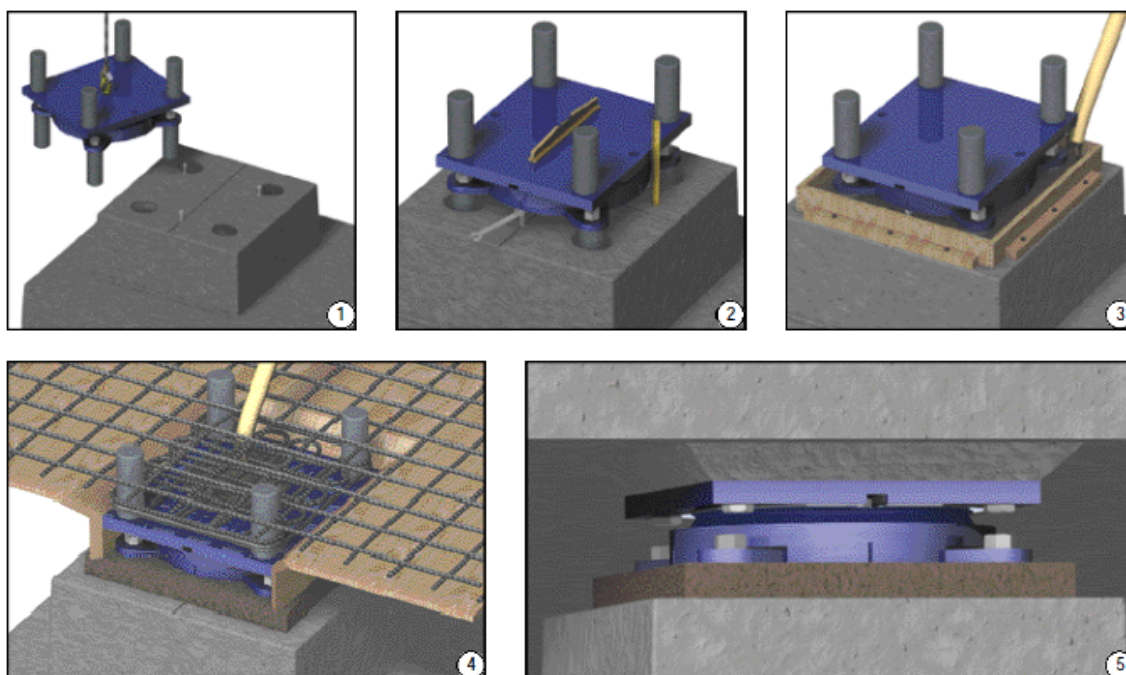


Figura 3.27 – Sequência de montagem do aparelho de apoio

3.7.1.5 - Injecção de argamassa por gravidade

Os aparelhos de apoio foram, após devidamente instalados, selados através de injecção de argamassa por gravidade, sendo este o meio mais adequado a este tipo de superfícies.

Antes de ser injectada a argamassa, o aparelho foi suspenso sobre quatro calços de altura mínima de 30mm e pequenas dimensões no plano do apoio, tendo sido as dimensões destes antecipadamente determinadas de acordo com as especificações do produto. Os calços foram instalados nos bordos da base do apoio, tendo o objectivo de garantir a horizontalidade do apoio, não devendo os calços formar pontos rígidos por forma a não originarem pontos de concentração de tensões elevadas.

Após a colocação dos calços montou-se uma cofragem lateral e impermeável nas faces da base de assentamento, cofragem esta resistente aos fenómenos de dilatação do material de selagem, e concluída a sua montagem foi então derramada a argamassa conforme as especificações e realizados ensaios comprovantes da eficácia da base de assentamento.

Aquando da existência de forças horizontais que não possam ser compensadas através das forças de atrito entre os materiais os sistemas de apoio devem ser fixos com dispositivos de amarração que neste caso não se verificou vir a ser necessário.



3.7.1.6 - Instalação da estrutura no sistema de apoio

No que diz respeito à instalação da estrutura sobre os sistemas de apoio definitivos, visto ser uma estrutura betonada *in situ*, procedeu-se ao escoramento da placa deslizante antes da betonagem, para evitar empenamentos e instalou-se uma junta impermeável tendo como função impossibilitar que houvesse perdas de betão sobre os órgãos funcionais dos aparelhos de apoio. Imediatamente após a betonagem foram retirados os parafusos temporários de fixação.

3.8 - Juntas de dilatação

3.8.1- Generalidades

As juntas de dilatação têm como função acomodar os movimentos entre o tabuleiro e o encontro da obra de arte, para que seja garantido o conforto dos utentes. Estas juntas funcionam com a compressão e dilatação das mesmas (neoprene). Estes movimentos no tabuleiro são principalmente devidos aos efeitos reológicos do betão e das acções de frenagem, sismo e variação de temperatura.

Visto que existem diferentes tipos de juntas de dilatação para o mesmo tipo de movimentos, a escolha do tipo de junta a aplicar recai sobre os aspectos económicos e de durabilidade do sistema aplicado e por vezes das condicionantes da própria estrutura.

As juntas de dilatação utilizadas na ligação Encontro – Tabuleiro foram juntas WP 400, sendo esta a nomenclatura dada pela Freyssinet às juntas de dilatação de grande movimento da gama de juntas CIPEC.

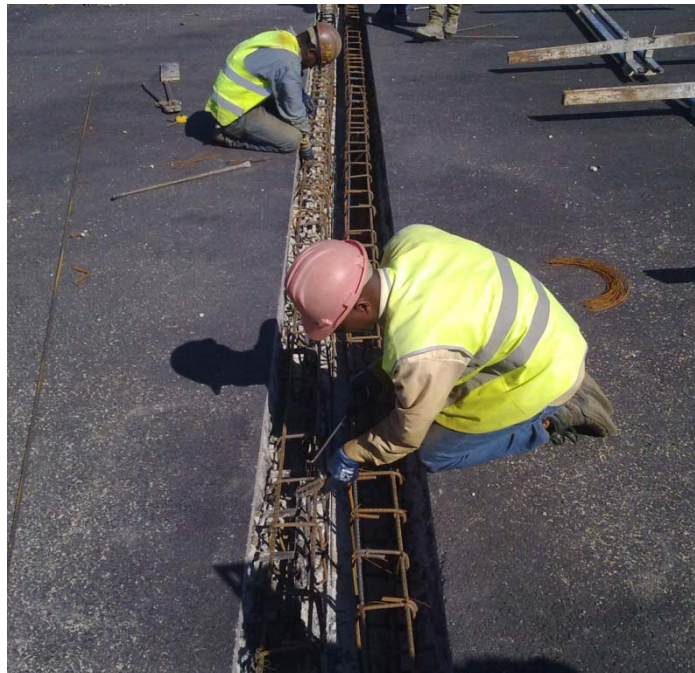


Fotografia 3.21 – Junta WP

Estas juntas são da família das juntas tipo pente em consola e são compostas por pares de elementos independentes (pentes) com dentes paralelos produzidos em peças de um metro e dispostos frente a frente. Estes pentes são produzidos numa placa em aço, ou então moldados em liga de alumínio e após ser instalada uma sucessão de pares de elementos frente a frente é formada a linha de junta. A junta tem fixações de aperto controlado que asseguram a ancoragem dos elementos metálicos às estruturas. É possível associar a este tipo de juntas um sistema de recolha de águas de escoamento, sendo este constituído por uma membrana de elastómero contínua sobre todo o comprimento da linha de junta.

3.8.2 - Montagem

Após a recepção do material, este deve ser armazenado em ambientes que não sejam corrosivos pois este tipo de ambientes pode prejudicar o bom funcionamento do sistema. No momento em que foram betonados os cachorros do tabuleiro e do encontro, foi deixado um negativo de acordo com o tipo de junta a aplicar, negativo este que deve estar sempre completamente desimpedido na altura de início de montagem da junta. De seguida foi marcado e efectuado um corte no betuminoso com largura a depender da junta aplicada. Depois montaram-se as armaduras necessárias para a fixação da junta.



Fotografia 3.22 – Montagem das armaduras

A junta foi colocada sobre os braços de apoio e foi efectuada nesta uma pré-abertura, de acordo com os dados fornecidos pelo projectista, estando esta directamente relacionada com os movimentos da estrutura. Em seguida, colocou-se a junta faseadamente (por módulos) e no sentido transversal para que após a operação de colocação da junta, esta fosse nivelada por forma a ficar à mesma cota que o betuminoso, recorrendo às porcas de afinação incorporadas nos braços de apoio da junta e recorrendo a uma régua de colocação para que fosse facilitada esta operação. Depois de colocados todos os elementos constituintes da junta e dos elementos de ancoragem pré-esforçados, procedeu-se à colocação da cofragem de topo para posteriormente se betonar a junta com o mesmo tipo de betão utilizado no tabuleiro. Após estar completa a montagem da junta, o betão foi polido com a ajuda de uma talocha para que a diferença entre a cota do betão e do elemento metálico da junta fosse no máximo cerca de 2 mm.

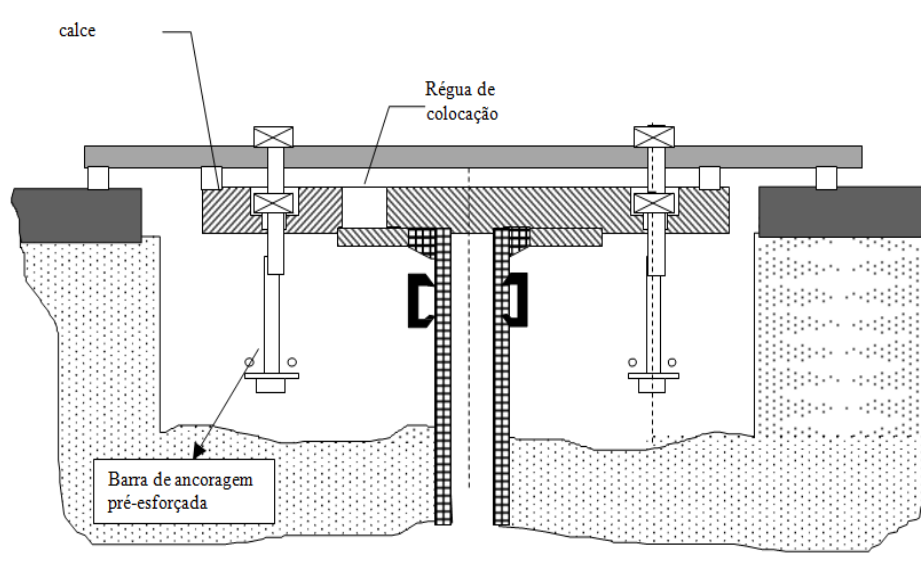


Figura 3.28 – Pormenor das ancoragens previamente à betonagem

3.8.2.1 - Tensionamento das ancoragens

O tensionamento dos elementos de ancoragem das juntas foi efectuado com recurso a um macaco hidráulico J30 preparado previamente a 550 bar.

Com o auxílio do macaco hidráulico, aplicou-se uma força no sentido ascendente de 450 bar no perno e à *posteriori* apertou-se a porca até tocar na junta, e após libertar a pressão exercida no macaco repetiram-se os passos realizados anteriormente e assim se atingiu o esforço desejado na ancoragem. Depois de executada a operação de ancoragem cortou-se o excedente das barras de ancoragem o mais junto possível dos elementos metálicos que constituem a junta, e foram cheios com betume puro, as reservas das cabeças de ancoragem.

3.8.2.2 - Tratamento dos passeios

A cada junta WP está associada uma junta de passeio, sendo esta elaborada usualmente recorrendo a chapas de alumínio amendoadas, sobrepostas que permitem uma liberdade de movimento similar ao da junta rodoviária aplicada.



3.8.3 - Conclusão

Com a execução desta obra, tornou-se exequível a auto-estrada (A32) sem que fosse necessário a alteração do traçado inicial, pois foi possível ultrapassar a barreira natural a transpor, o Rio Antuã.

O pré-esforço aplicado em toda a ponte, foi executado com recurso à tecnologia Freyssinet bem como as juntas e os aparelhos de apoio da mesma. Todas estas tecnologias foram aplicadas com o intuito de contrariar os efeitos reológicos do betão e todos os esforços e tensões de serviço, garantindo a estabilidade exigida na estrutura.



Capítulo 4 - Conclusões

O estágio que deu origem ao presente documento foi bastante enriquecedor, tornando possível uma abordagem mais pormenorizada a temas que são de elevado interesse a nível de engenharia civil, e proporcionou não só uma aprendizagem de qualidade mas também um aumento da capacidade de resolução de problemas.

A aplicação das tecnologias comercializadas e aplicadas pela Freyssinet – Terra Armada S.A. levou a um aumento do conhecimento no que diz respeito ao reforço de solos, a pré-esforço e todas as tecnologias inerentes a construção de uma ponte, permitindo um contacto com uma das técnicas mais céleres de construção das referidas obras de arte especiais que é a construção tramo a tramo com recurso a cimbra autolançável e betonagem *in situ*.

A solução utilizada na construção de túneis recorrendo a estruturas pré-fabricadas como são os Arcos “Techspan”, proporciona um óptimo aproveitamento das propriedades dos solos e proporciona a conclusão dessa tarefa com um custo bastante reduzido e com elevada qualidade e estabilidade estruturais, sendo também uma boa solução no que diz respeito aos aspectos estéticos da obra.

Aquando do acompanhamento da aplicação das tecnologias Freyssinet, revelou-se bastante produtivo o diálogo com a equipa de trabalhadores da obra, que com o seu “know-how” adquirido ao longo dos anos nas várias obras efectuadas, proporcionou uma resolução de problemas inesperados de uma forma rápida e eficaz e assim foram transmitidos ao estagiário muitos e bons ensinamentos ao nível da produção.

Em suma pode assim afirmar-se que a empresa Freyssinet-Terra Armada S.A., sendo uma empresa de excelência em todos os produtos e tecnologias que comercializa, proporcionou ao estagiário um crescimento tanto a nível pessoal, desenvolvendo o sentido de responsabilidade, como a nível profissional, permitindo ter contacto com o mundo laboral e alcançar todos os objectivos propostos inicialmente.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”



Capítulo 5 - Referências Bibliográficas

Mendoza, Juan Hurtado. 2005 "LA TIERRA ARMADA – Instrucciones de Montage - Bovedas"

Mendoza, Juan Hurtado. 2005 "LA TIERRA ARMADA – Instrucciones de Montage – Conexion Omega"

Tourneur, Stéphane. 2005 "Terre Armée – Reinforcer Earth"

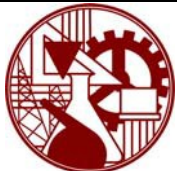
Freyssinet. 1999 "Le sistema C"

Freyssinet. 2006 "PT Concrete Slabs"

Freyssinet. 2004 "Dispositifs Parasismiques"

Freyssinet. 2002 "Appareils d'appui à pot"

Freyssinet. 2006 "Joints de Chaussée type CIPEC"



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”



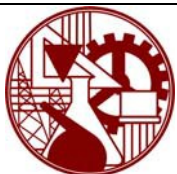
Anexos

A1. Peças desenhadas – tecnologia “Terra Armada”

A2. Peças desenhadas – tecnologia “Freyssinet”

A3. Fichas de controlo – tecnologia “Terra Armada”

A4. Fichas de controlo – tecnologia “Freyssinet”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

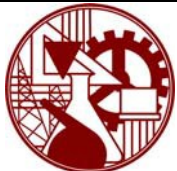
RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”

A1. Peças desenhadas – tecnologia “Terra Armada”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”

A2. Peças desenhadas – tecnologia “Freyssinet”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”

A3. Fichas de controlo – tecnologia “Terra Armada”



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”

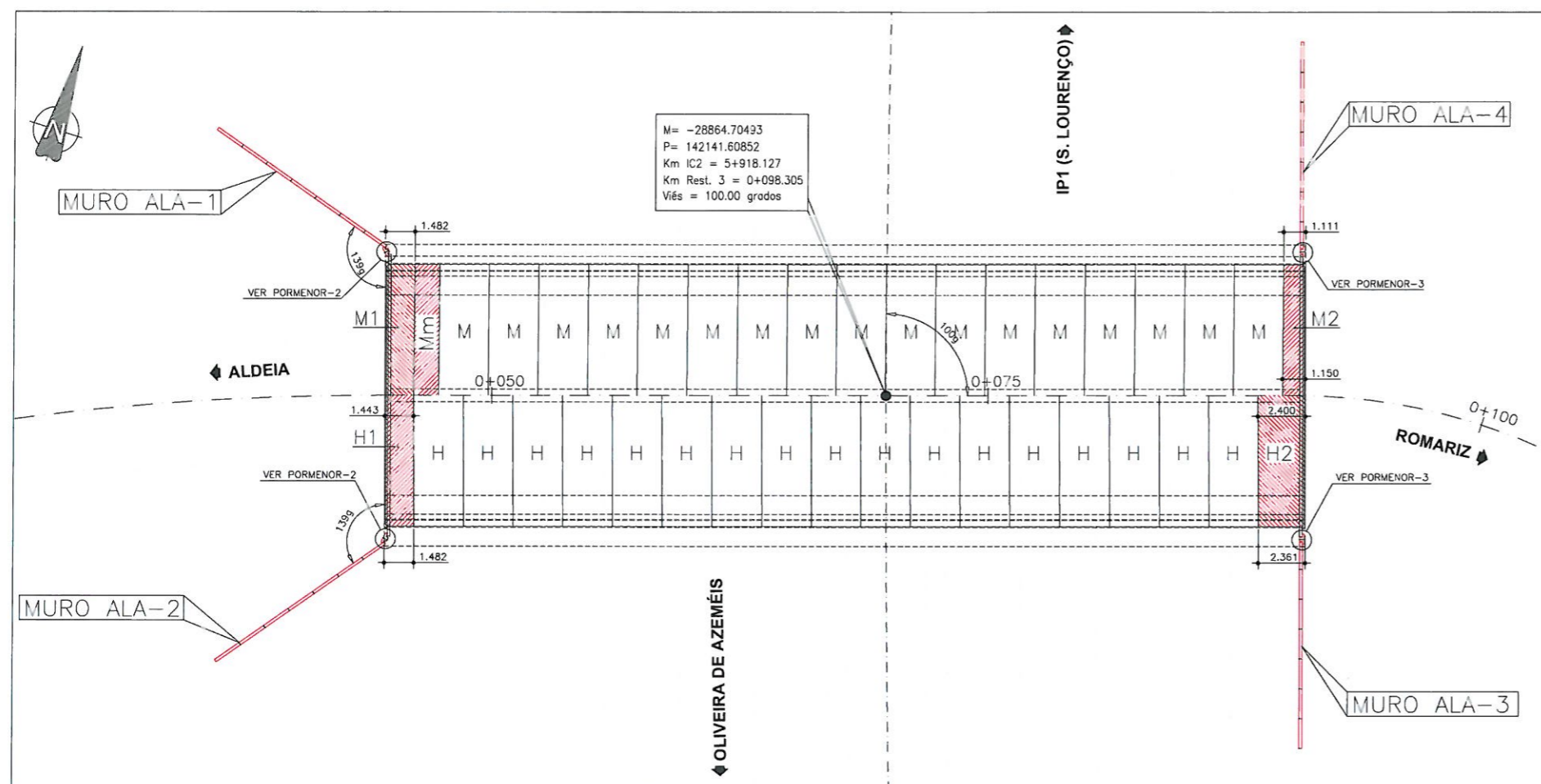


INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

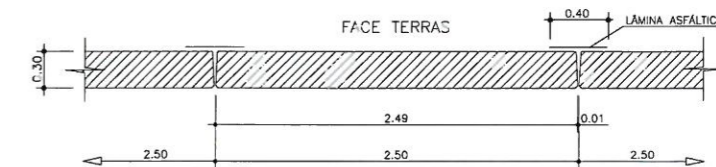
RELATÓRIO DE ESTÁGIO
Tecnologia “Terra Armada” e Tecnologia “Freyssinet”

A4. Fichas de controlo – tecnologia “Freyssinet”

PLANTA
ESCALA 1:150



SECÇÃO A-A
SEM ESCALA

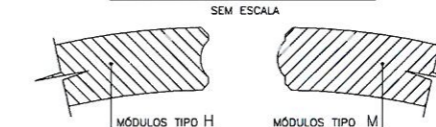


NOTA: AS CONDIÇÕES DE DRENAGEM E OU IMPERMEABILIZAÇÃO A DEFINIR EM OBRA.
- SE É POSSÍVEL A PRESENÇA DE ÁGUA OU FORTE HUMIDADE EM CONTACTO COM A ABÓBADA, E DEPENDENDO DO SEU USO PREVISTO, PODERÁ SER ACONSELHÁVEL A IMPERMEABILIZAÇÃO DA FACE EXTERIOR DA ABÓBADA, E NÃO SÓ DAS JUNTAS.

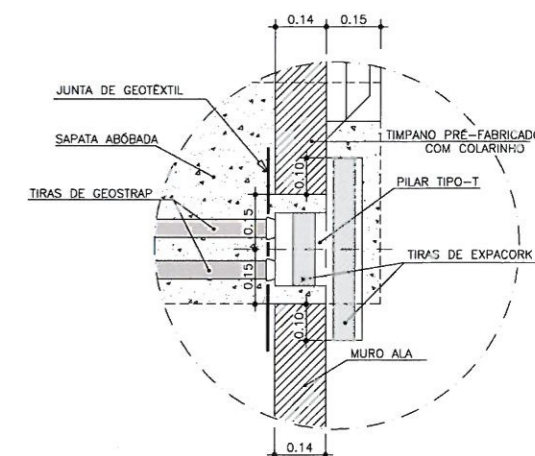
FASES DE CONSTRUÇÃO

- EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES DA ABÓBADA
- COLOCAÇÃO DA ARGAMASSA DE NIVELAMENTO (2 cm.)
- COLOCAÇÃO MÓDULOS ABÓBADA
- COLOCAÇÃO MÓDULOS TIMPANO PRÉ-FABRICADOS
- COLOCAÇÃO MÓDULOS MURO ALA EM TERRA ARMADA
- ENCHIMENTO DA CAIXA COM ARGAMASSA FLUÍDA
- ENCHIMENTO DAS TERRAS POR CAMADAS ATÉ AO COROAMENTO ($\Delta H \leq 0,50$ m.)
- EXECUÇÃO DO CORDÃO SUPERIOR

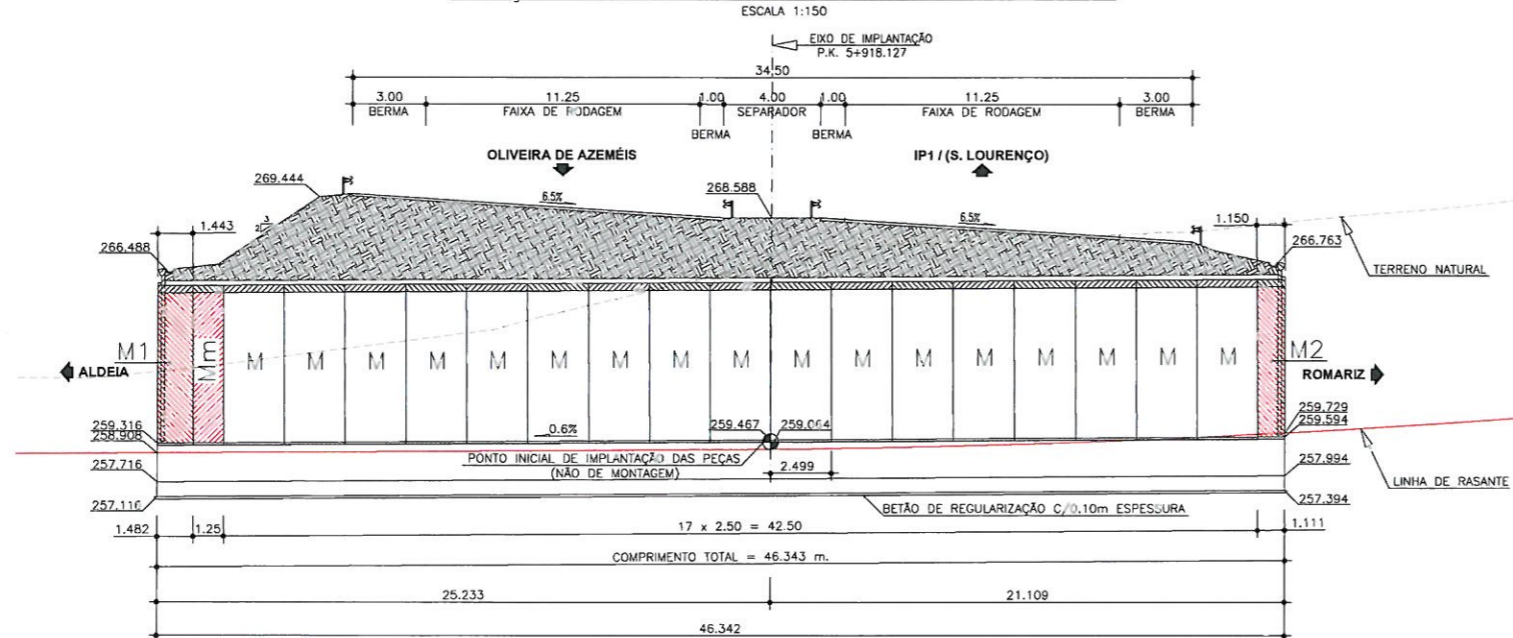
PORMENOR DE COROAMENTO
MÓDULOS ABÓBADA
SEM ESCALA



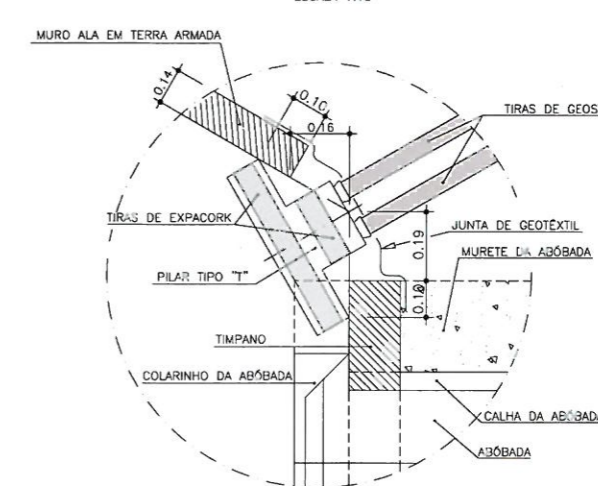
PORMENOR-3
SEM ESCALA



SECÇÃO LONGITUDINAL PELO EIXO DA ABÓBADA
ESCALA 1:150

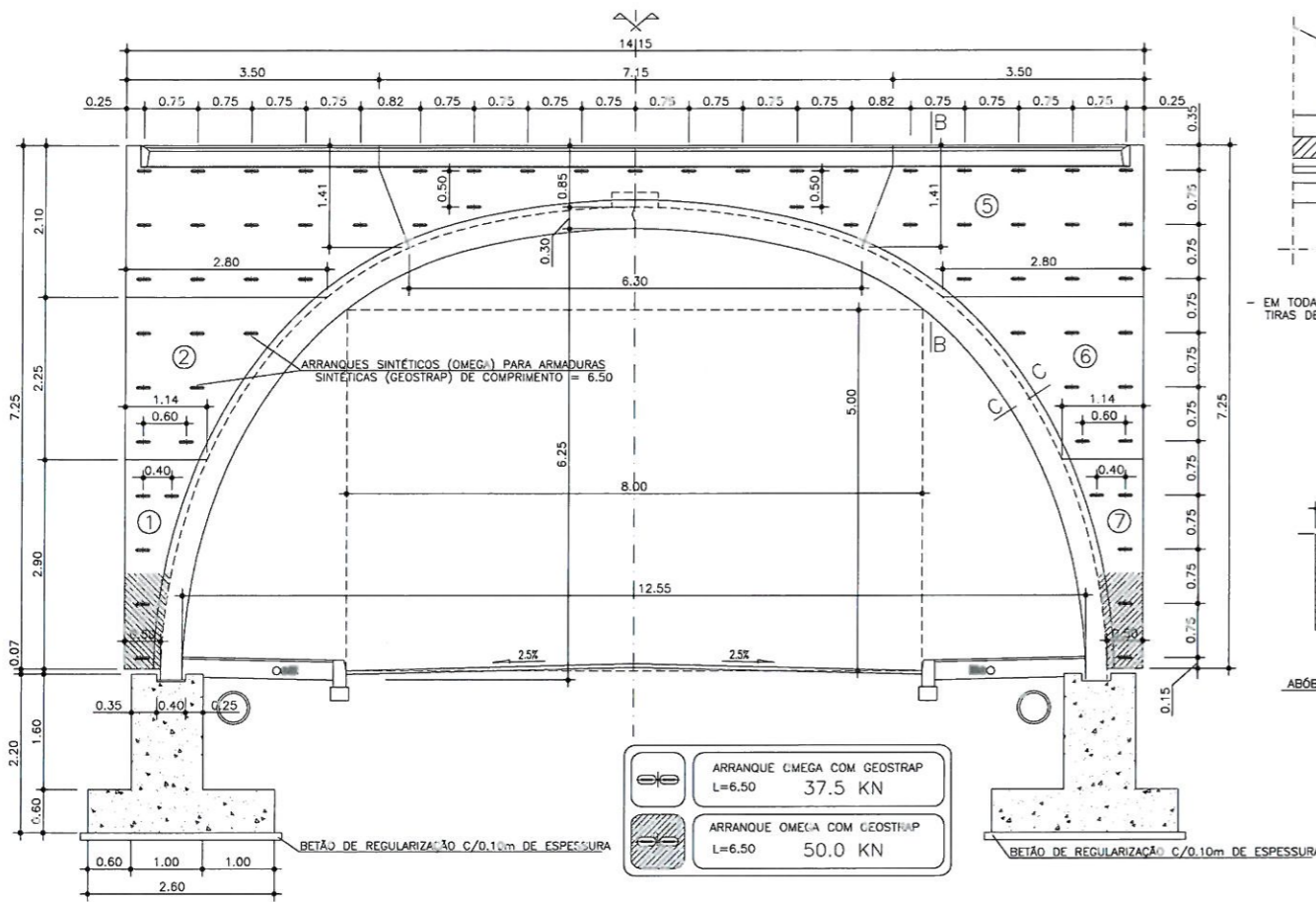


PORMENOR-2
ESCALA 1:10



A	11-10-2010	J.P.P.	MODIFICAÇÃO DA PENDENTE E COTA DA RASANTE E/OU RESTABELECIMENTO
PROJECTO DE EXECUÇÃO			Número
PASSAGEM INFERIOR P13			D1L2-E-151-003-03
PLANTA, SECÇÕES E PORMENORES			Data
			Folha
			N.º de Códem
			OUT 10
			01
			01/04

SECCÃO TIPO ABÓBADA
ALÇADO TIMPANO PRÉ-FABRICADO
ESCALA 1:50



	ARRANQUE OMEGA COM GEOSTRAP L=6.50 37.5 KN
	ARRANQUE OMEGA COM GEOSTRAP L=6.50 50.0 KN

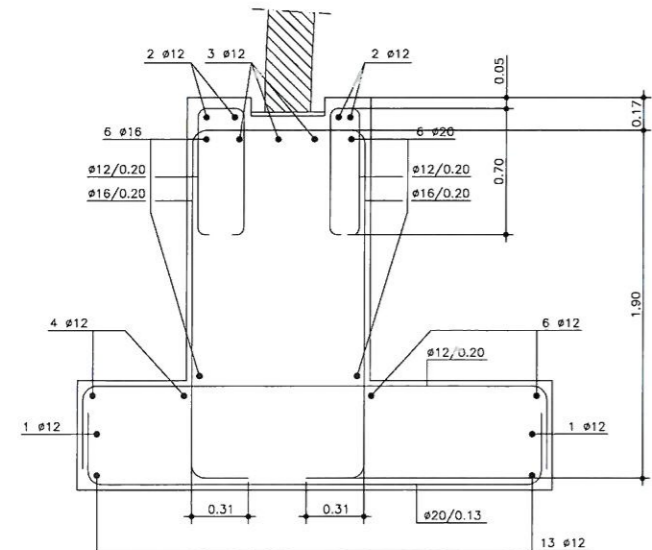
NOTA IMPORTANTE (Comprimento de Armaduras)

O COMPRIMENTO DE CORTE DAS ARMADURAS EM OBRA, SERÁ O DOBRO DO COMPRIMENTO NOMINAL QUE FIGURA NOS ALÇADOS CORRESPONDENTES, MAIS 0.70 m.
 $L_{corte} = 2L + 0.70$

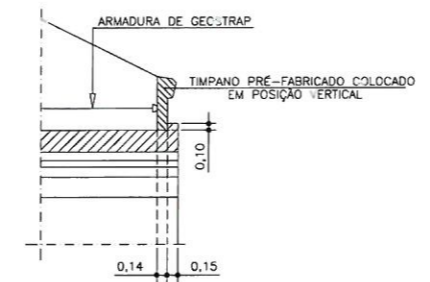
NOTA IMPORTANTE

TODAS AS ARMADURAS SÃO COLOCADAS PERPENDICULARES AO PARAMENTO DO MURO.

ARMADURAS SAPATA ABÓBADA
ESCALA 1:20

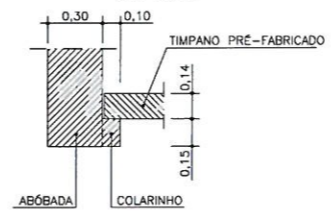


SECCÃO B-B
SEM ESCALA

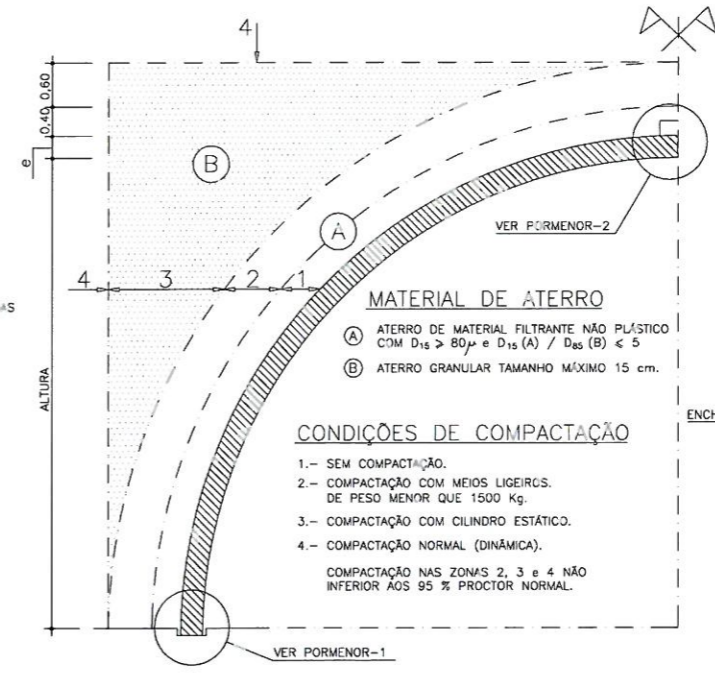


EM TODAS AS JUNTAS ENTRE MÓDULOS DE TIMPANO SÃO COLOCADAS TIRAS DE GEOTÊXIL DE 0,20 m. DE LARGURA.

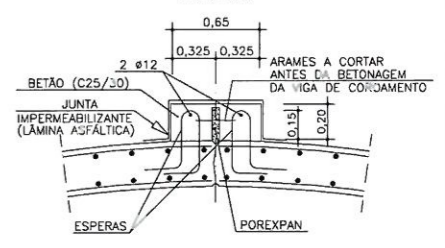
SECCÃO C-C
SEM ESCALA



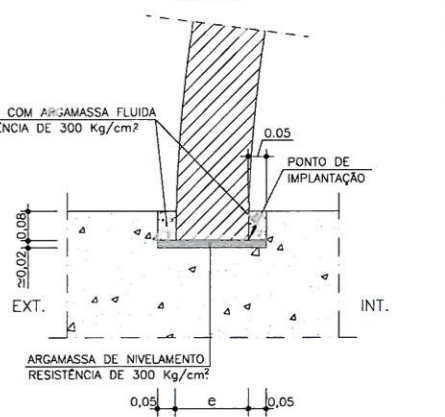
PORMENOR DO ATERRO SOBRE A ABÓBADA
SEM ESCALA



PORMENOR-2
SEM ESCALA



PORMENOR-1
SEM ESCALA



CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

ELEMENTO ESTRUTURAL	BETÃO	EXPOSIÇÃO	CLASSE ESTRUTURAL	ARMADURAS		MÁXIMO TEOR CLORETOS	DIÂMETRO MÁXIMO INERTE
	TIPO	TIPO		TIPO	f_{yk} (N/mm ²)		
ABÓBADA	C30/37 (B35.1)	XC4	S3	A500 NRSD	500	CL0,2	Dm _{6x} =20mm
TIMPANOS	C30/37 (B35.1)	XC4	S3	A500 NRSD	500	CL0,2	Dm _{6x} =20mm
MÓDULOS ALAS	C30/37 (B35.1)	XC4	S3	A500 NRSD	500	CL0,2	Dm _{6x} =20mm
FUNDAÇÕES	C25/30 (B30.1)	XC2	S4	A500 NRSD	500	CL0,4	Dm _{6x} =25mm
CORDÃO SUPERIOR	C25/30 (B30.1)	XC2	S4	A500 NRSD	500	CL0,4	Dm _{6x} =25mm

LARGURA DE FENDAS: 0.20 mm.

RECOBRIMENTO DAS ARMADURAS NAS PEÇAS PRÉ-FABRICADAS: 3.0 cm.

RECOBRIMENTO DAS ARMADURAS NAS SAPATAS: 5.0 cm.

TEMPO DE VIDA UTIL DE PROJECTO: 50 ANOS

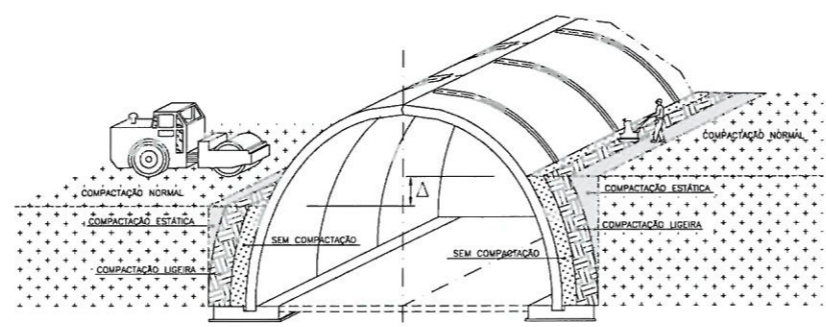
CLASSE DE INSPECÇÃO 2 DE ACORDO COM A EN13670-1

BETÃO DE REGULARIZAÇÃO C16/20 COM 0.10m DE ESPESSURA

TOLERÂNCIAS DE EXECUÇÃO
MEDIDAS NO INTERIOR DA ABÓBADA (FACE VISTA)

- PONTO DE IMPLANTAÇÃO: ±1cm. EM PLANTA ±0,5cm. EM ALÇADO
- MONTAGEM: ±2cm.
- VÃO INTERIOR: ±4cm.
- ALTURA INTERIOR: 1% DA TEORICA
- RESSALTES INTERIORES ENTRE PEÇAS: 3cm.
- SEPARAÇÃO INTERIOR: 4cm.

PORMENOR DO ATERRO SOBRE ABÓBADA
SEM ESCALA



NOTA IMPORTANTE:

DADO TRATAR-SE DE UMA ESTRUTURA ISOSTÁTICA (TRIARTICULADA) A SITUAÇÃO DOS IMPULSOS SERÁ O MAIS SIMÉTRICA POSSÍVEL EM QUALQUER SECCÃO TRANSVERSAL

DESNÍVEL MÁXIMO "Δ" NA EXECUÇÃO DO ATERRO = 0,50 m.

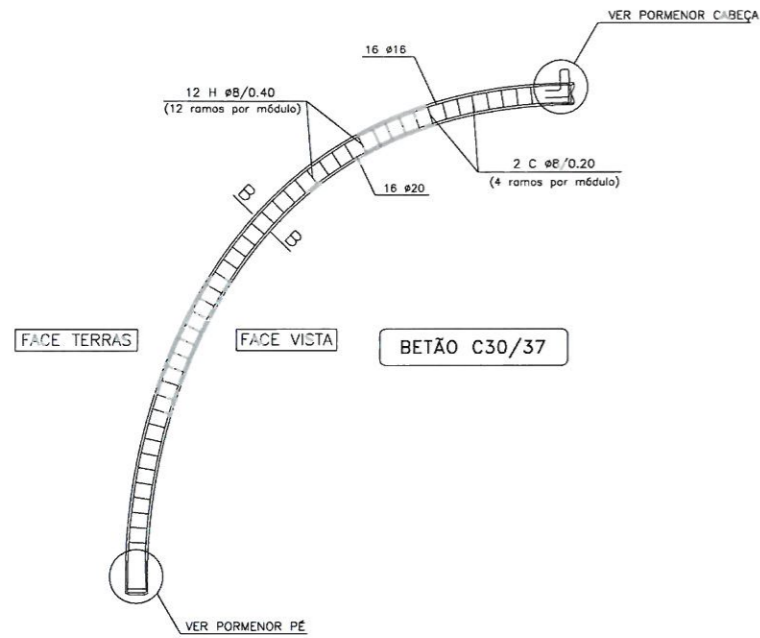
NOTAS

- NO CALCULO NÃO SE CONSIDERA A EXISTENCIA DE IMPULSOS HIDROSTÁTICOS.
- DESNÍVEL MÁXIMO DURANTE A EXECUÇÃO DO ATERRO = 0,50 m.
- AS CONDIÇÕES DE APOIO DA FUNDAÇÃO (TERRENO NATURAL OU ATERRO) DEVERÃO MANTER-SE CONSTANTES EM TODO O COMPRIMENTO E LARGURA DA ESTRUTURA PARA GARANTIR UM ASSENTAMENTO DIFERENCIAL MÁX. DE 0,25% TANTO LONGITUDINALMENTE COMO TRANSVERSALMENTE ENTRE OS PONTOS MEDIDOS.
- NAS JUNTAS DE FUNDAÇÃO NÃO PREVISTAS HAVERÁ CONTINUIDADE DE TODAS AS ARMADURAS.
- SE SE SUSPEITA DA POSSIBILIDADE DE PRESENCIA DE ÁGUA OU FORTE HUMIDADE EM CONTACTO COM A ABÓBADA, E DEPENDENDO DO TIPO DE USO PREVISTO, PODERÁ SER ACONSELHÁVEL A IMPERMEABILIZAÇÃO DA FACE EXTERIOR DA ABÓBADA, E NÃO APENAS DAS SUAS JUNTAS.

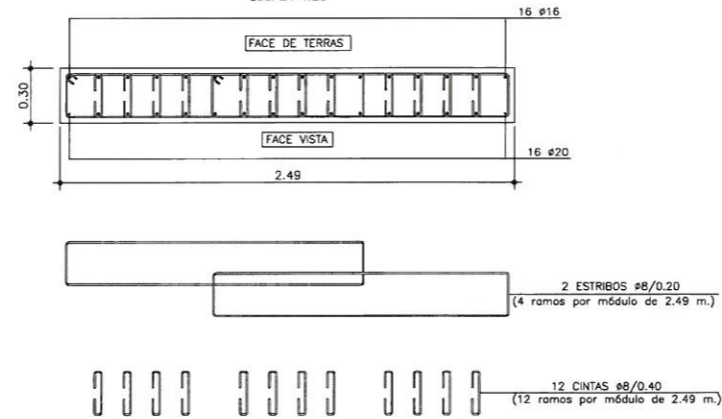
HIPÓTESES DE CÁLCULO

DENSIDADE DAS TERRAS $\gamma = 2,00 \text{ T./m}^3$
ÂNGULO DE ATRITO DO ATERRO $\phi = 30^\circ$
ALTURA MÁXIMA DAS TERRAS SOBRE CHAVE: $h_t = 3,40 \text{ m.}$
TENSÃO MÉDIA TRANSMITIDA ÀS SAPATAS DA ABÓBADA:
 $\sigma_{trans} = 4,00 \text{ Kp/cm}^2$

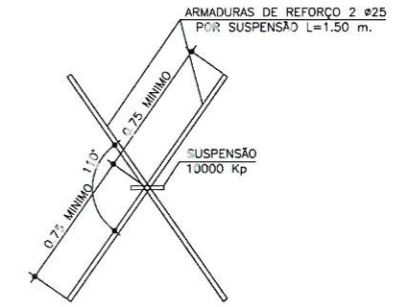
ARMADURA MÓDULOS ABÓBADA
SEM ESCALA



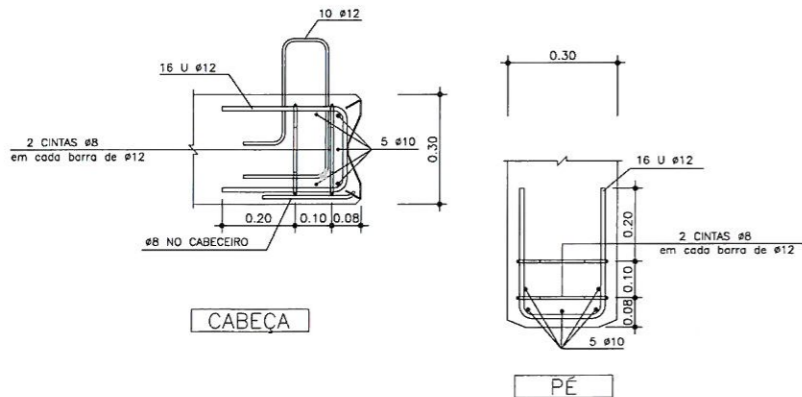
SECÇÃO B-B
ESCALA 1:20



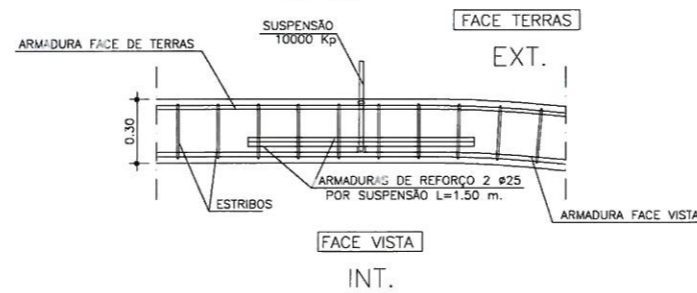
PORMENOR ARMADURA DE REFORÇO POR SUSPENSÃO
SEM ESCALA



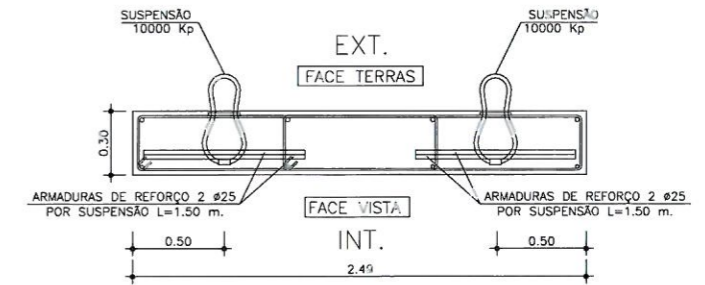
REFORÇO DA CABEÇA E PÉ MÓDULO
SEM ESCALA



COLOCAÇÃO DA SUSPENSÃO (SEGUNDO DESENVOLVIMENTO)
SEM ESCALA



COLOCAÇÃO DA SUSPENSÃO (LARGURA MÓDULO)
SEM ESCALA



NOTA

AS DUAS BARRAS DE REFORÇO ESTARÃO O MAIS PRÓXIMAS POSSÍVEL DA ARMADURA DA FACE VISTA (INFERIOR), POR CIMA DESTA.



Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP



CONCESSÃO DOURO LITORAL
A32/IC2 OLIVEIRA DE AZEMÉIS / IP1 (S. LOURENÇO)
TRECHO 2-NOGUEIRA DO CRAVO/LOUREDO

Elaborado: _____
Verificado: _____
Aprovado: _____

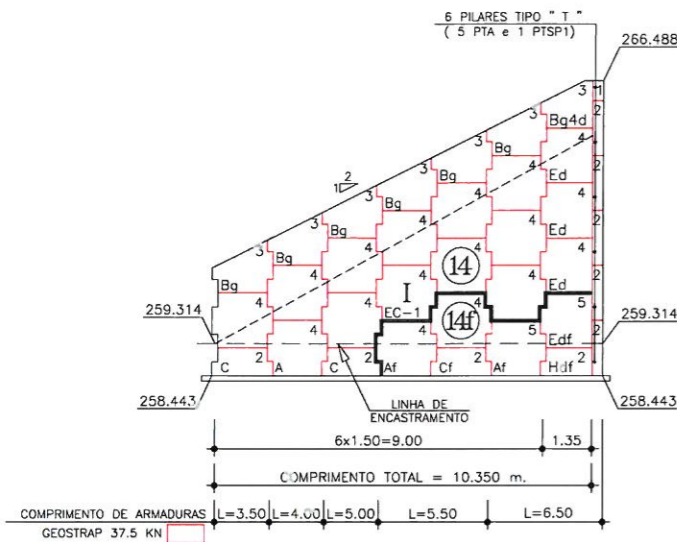
Substituído: _____

A	11-10-2010	J.P.P.	MODIFICAÇÃO DA PENDENTE E COTA DA RASANTE DO RESTABELECIMENTO
PROJECTO DE EXECUÇÃO			Número
PASSAGEM INFERIOR PI3			D1L2-E-151-003-05
ARMADURA DE MÓDULOS ABÓBADA			Data: OUT 10
			Folha: 03
			N.º de Ordem: 01/04

ALÇADO MURO ALA -1

Por Face Vista

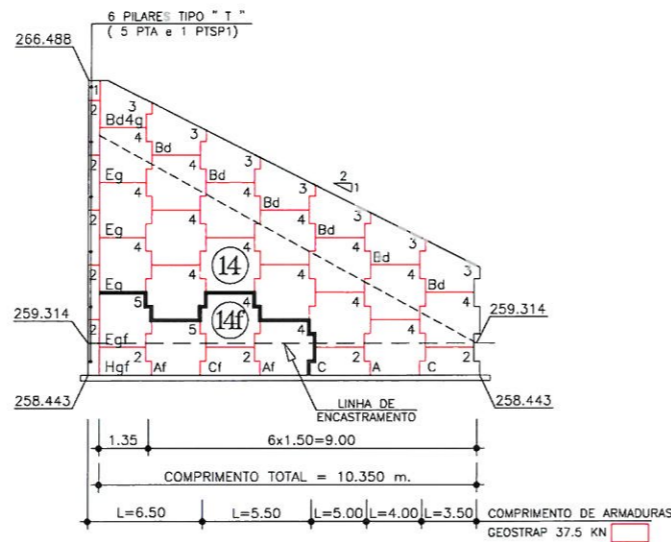
ESCALA 1:100



ALÇADO MURO ALA -2

Por Face Vista

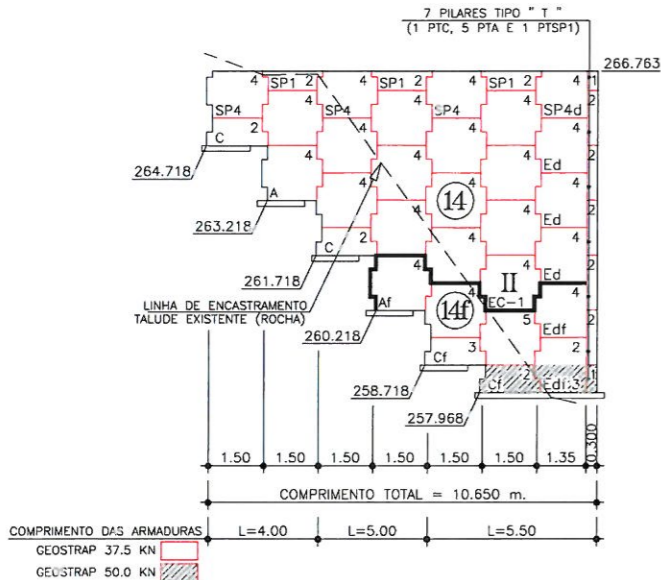
ESCALA 1:100



ALÇADO MURO ALA-3

Por Face Vista

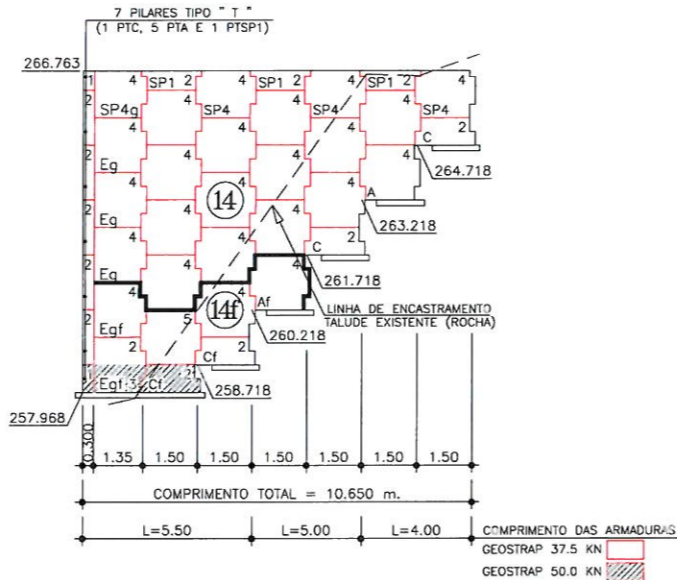
ESCALA 1:100



ALÇADO MURO ALA-4

Por Face Vista

ESCALA 1:100



ARMADURAS GEOSTRAP - 37.5 KN

Comprimento segundo plano (m)	Comprimento de corte (m)	Nº de Tiras (uds)
3.50	7.700	18
4.00	8.700	54
5.00	10.700	90
5.50	11.700	221
6.50	13.700	106

ARMADURAS GEOSTRAP - 50.0 KN

Comprimento segundo plano (m)	Comprimento de corte (m)	Nº de Tiras (uds)
5.50	11.700	12

NOTA IMPORTANTE

- TODAS AS ARMADURAS SERÃO COLOCADAS PERPENDICULARES AO PARAMENTO DO MURO.

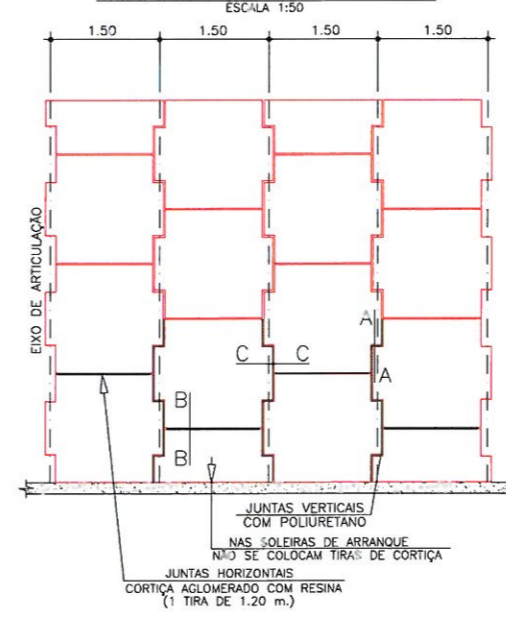
NOTA IMPORTANTE (Comprimento de Armaduras)

O COMPRIMENTO DE CORTE DAS ARMADURAS EM OBRA, SERÁ O DOBRO DO COMPRIMENTO NOMINAL QUE FIGURA NOS ALÇADOS CORRESPONDENTES, MAIS 0.70 m.
 $L_{corte} = 2L + 0.70$

HIPÓTESIS CONSIDERADAS PARA O ATERRO

ÂNGULO DE ATRITO INTERNO DO ATERRO ARMADO	36°
DENSIDADE	MAX. 2.00 / MIN. 1.80 t/m ³
COESÃO	0
ATERRO NÃO SATURADO	
NÃO EXISTÊNCIA DE IMPULSOS HIDROSTÁTICOS	

ESQUEMA DE MONTAGEM

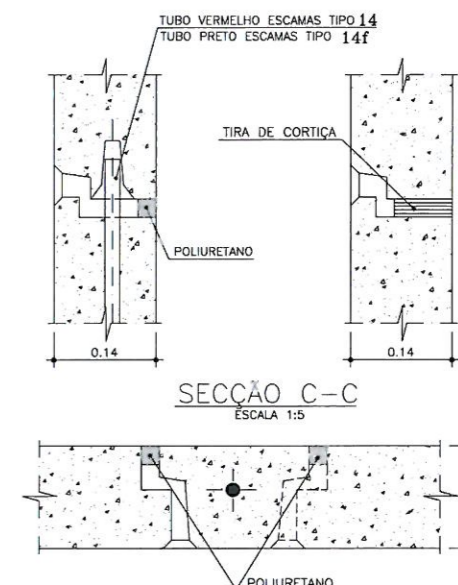


SECÇÃO A-A

ESCALA 1:5

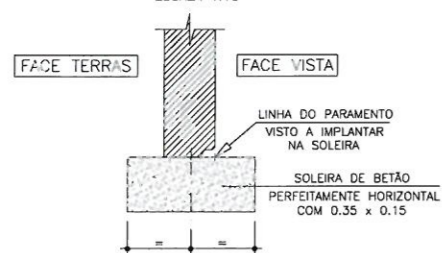
SECÇÃO B-B

ESCALA 1:5



PORMENOR "1"

ESCALA 1:10

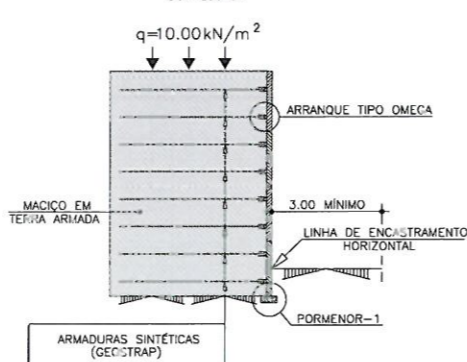


MUITO IMPORTANTE

PARA UM BOM RENDIMENTO DURANTE A MONTAGEM, É NECESSÁRIO QUE A SOLEIRA DE APOIO DAS ESCAMAS ESTEJA PERFEITAMENTE HORIZONTAL

SECÇÃO TIPO MURO ALA

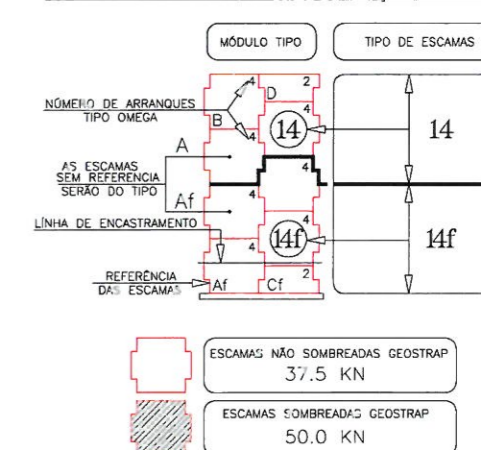
SEM ESCALA



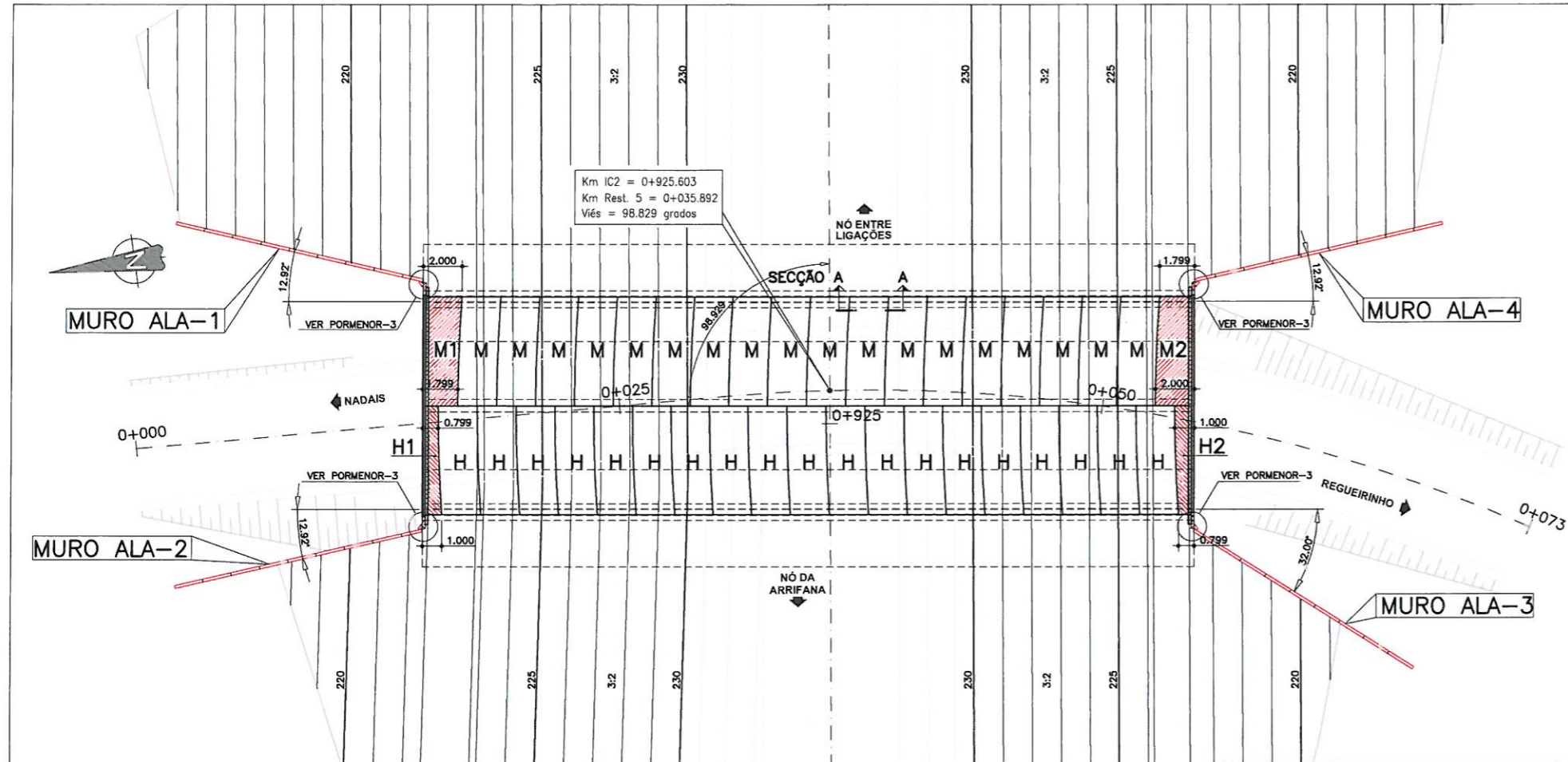
CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DE ATERRO

- CONDIÇÕES MECÂNICAS
 - O MATERIAL DE ATERRO SERÁ VÁLIDO QUANDO A PERCENTAGEM DA AMOSTRA ENSAIADA, POR PENEIRAÇÃO, QUE PASSA AOS 80 microns (0,08mm.) SEJA INFERIOR A 15%.
 - OS MATERIAIS COM UMA PERCENTAGEM MAIOR QUE 15% AOS 80 microns SERÃO IGUALMENTE VÁLIDOS QUANDO:
 - A PERCENTAGEM DE AMOSTRA ENSAIADA POR SEDIMENTAÇÃO FOR INFERIOR A 10% DA AMOSTRA ORIGINAL AOS 15 microns (0,015mm.).
 - A PERCENTAGEM DE AMOSTRA ENSAIADA POR SEDIMENTAÇÃO ESTÁ COMPREENDIDA ENTRE 10% E 20% DA AMOSTRA ORIGINAL AOS 15 microns E O ÂNGULO DE ATRITO INTERNO, FOR IGUAL OU SUPERIOR A 36°.
 - O MATERIAL DE ATERRO NÃO PODERÁ CONTER NENHUM ELEMENTO SUPERIOR A 100 mm., E EM NENHUM CASO O MATERIAL DE ATERRO PODERÁ SER EVOLUTIVO.
 - NÃO SERÁ VÁLIDO O MATERIAL PROCEDENTE DE BRITADEIRAS QUE POSSUA ARESTAS ÂNGULOSAS.
 - O VALOR DO P.H. ESTÁ COMPREENDIDO ENTRE 4 E 9.
- OS MATERIAIS DE ATERRO SERÃO VÁLIDOS PARA UTILIZAR NO ATERRO ARMADO QUANDO:
- ACTIVIDADE EM IÕES HIDRÓGENIO OU P.H.
 - O VALOR DO P.H. ESTÁ COMPREENDIDO ENTRE 4 E 9.

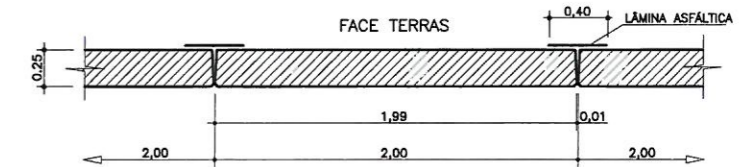
NOMENCLATURA PARA INTERPRETAÇÃO DOS ALÇADOS



PLANTA
ESCALA 1:150



SECÇÃO A-A
SEM ESCALA

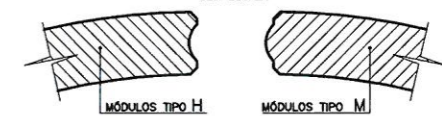


NOTA: AS CONDIÇÕES DE DRENAGEM E OU IMPERMEABILIZAÇÃO A DEFINIR EM OBRA.
- SE É PREVISÍVEL A PRESENÇA DE ÁGUA OU FORTE HUMIDADE EM CONTACTO COM A ABÓBADA, E DEPENDENDO DO USO PREVISTO, PODERÁ SER ACONSELHÁVEL A IMPERMEABILIZAÇÃO DA FACE EXTERIOR DA ABÓBADA, E NÃO SÓ DAS JUNTAS.

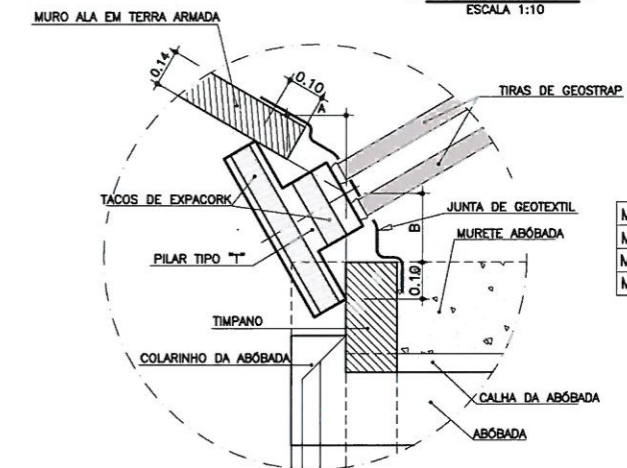
FASES DE CONSTRUÇÃO

- EXECUÇÃO DAS FUNDAÇÕES DA ABÓBADA
- COLOCAÇÃO DA ARGAMASSA DE NIVELAMENTO (2 cm.)
- COLOCAÇÃO MÓDULOS ABÓBADA
- COLOCAÇÃO MÓDULOS TIMPANO PRÉ-FABRICADO
- COLOCAÇÃO MÓDULOS MURO ALA EM TERRA ARMADA
- ENCHIMENTO DA CAIXA COM ARGAMASSA FLUIDA
- ENCHIMENTO DAS TERRAS POR CAMADAS ATÉ AO COROAMENTO ($\Delta H \leq 0,50$ m.)
- EXECUÇÃO DO CORDÃO SUPERIOR

PORMENOR DE COROAMENTO MÓDULOS ABÓBADA
SEM ESCALA

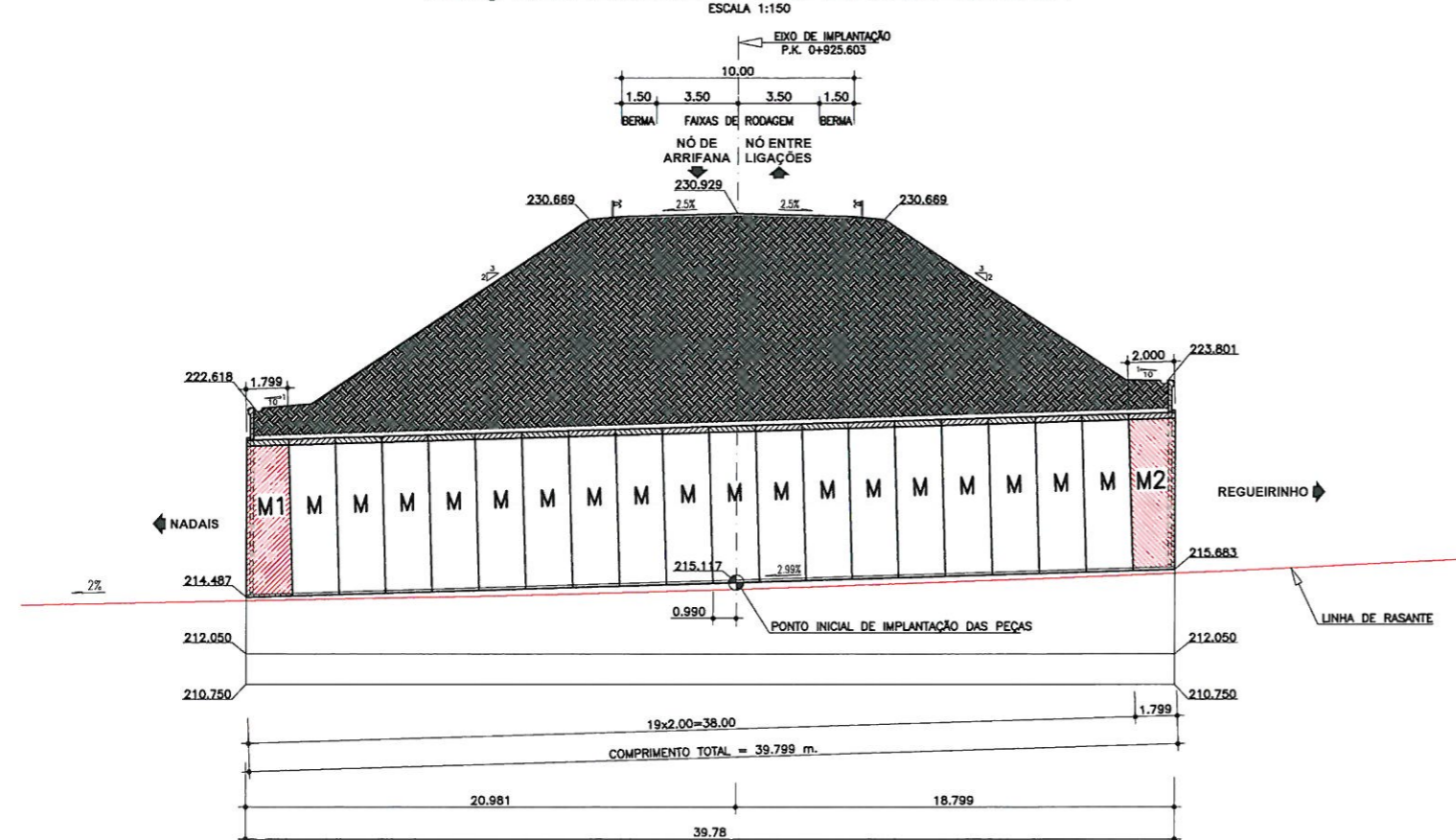


PORMENOR-3
ESCALA 1:10

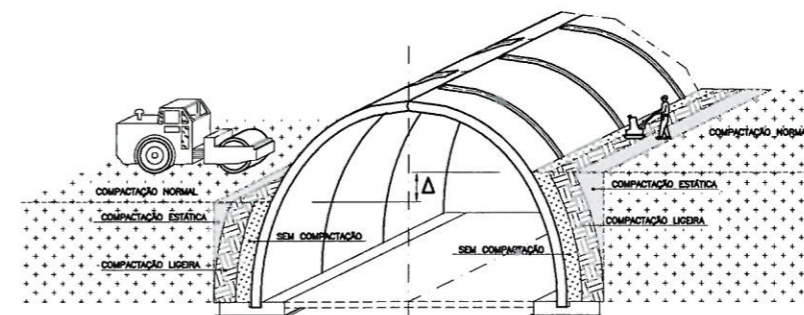


	A	B
MURO ALA-1	0.21	0.22
MURO ALA-2	0.21	0.22
MURO ALA-3	0.16	0.19
MURO ALA-4	0.21	0.22

SECÇÃO LONGITUDINAL PELO EIXO DA ABÓBADA
ESCALA 1:150



PORMENOR DO ATERRO SOBRE ABÓBADA
SEM ESCALA



NOTA IMPORTANTE:

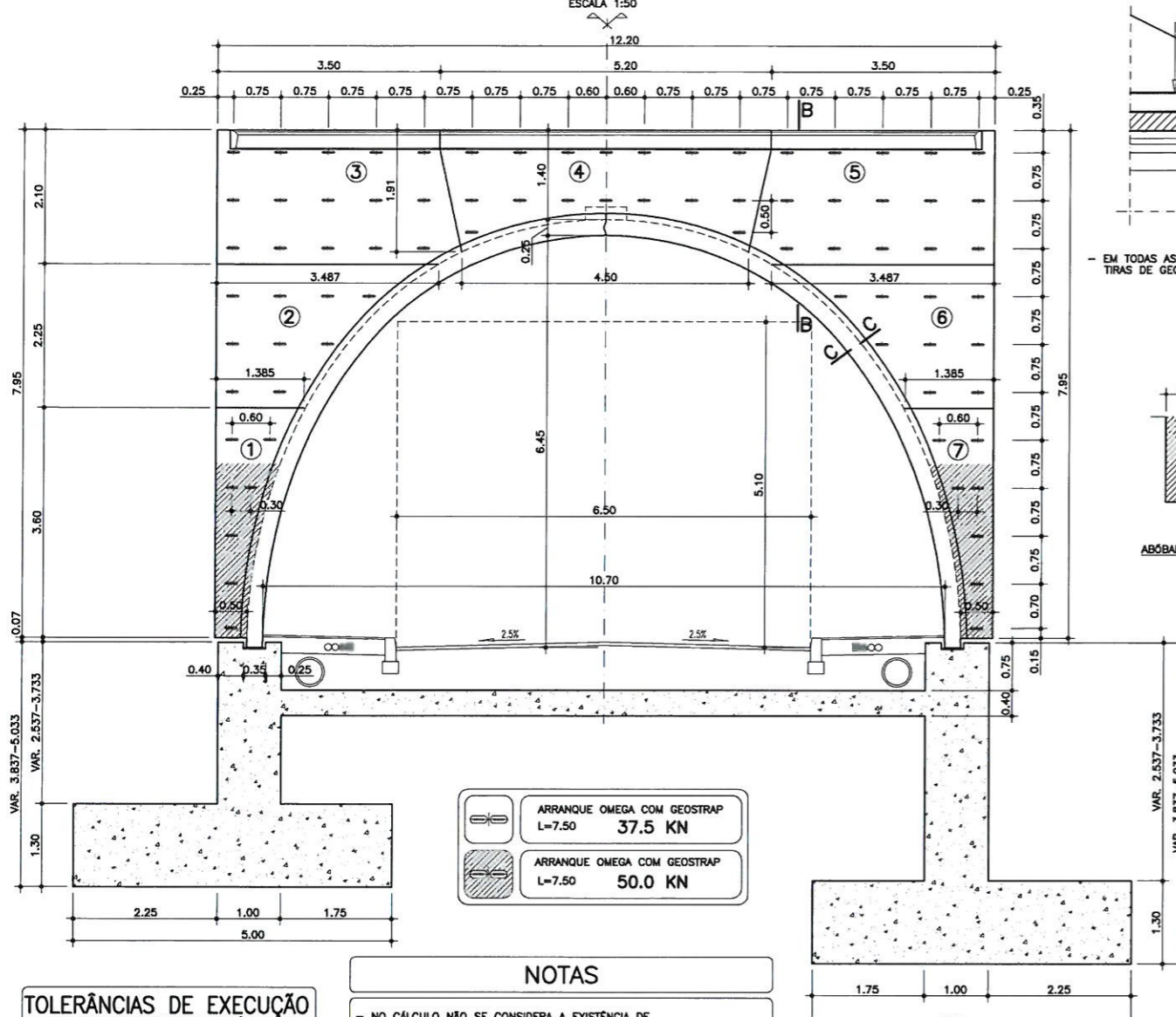
DADO TRATAR-SE DE UMA ESTRUTURA ISOSTÁTICA (TRIARTICULADA), A SITUAÇÃO DOS IMPULSOS SERÁ A MAIS SIMÉTRICA POSSÍVEL EM QUALQUER SECÇÃO TRANSVERSAL.

DESNÍVEL MÁXIMO "Δ" NA EXECUÇÃO DO ATERRO = 0,50 m.

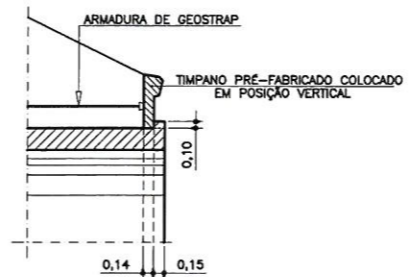
IND.	DATA	DESEN.	ALTERAÇÃO NA ALTURA DOS MURETES DAS SAPATAS DA ABÓBADA.	OBSERVAÇÕES
A	29-09-2010	J.P.P		

PROJECTO DE EXECUÇÃO		Número	
PASSAGEM INFERIOR P15		D1L2.L-E-151-005-03	
PLANTA, SECÇÕES E PORMENORES		Setor	Folha
		SET. 10	01
		IP. de Outubro	01/04

**SECÇÃO TIPO ABÓBADA
ALÇADO TIMPANO PRÉ-FABRICADO**



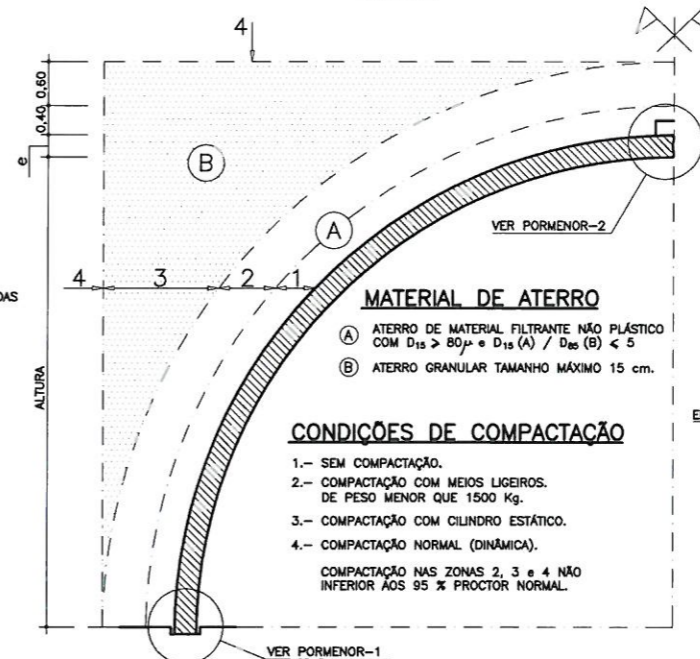
SECÇÃO B-B
SEM ESCALA



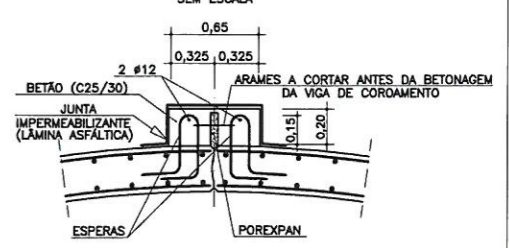
SECÇÃO C-C
SEM ESCALA



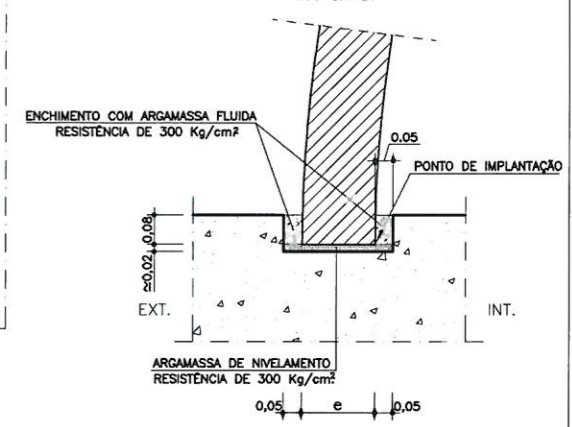
PORMENOR DO ATERRO SOBRE A ABÓBADA
SEM ESCALA



PORMENOR-2
SEM ESCALA



PORMENOR-1
SEM ESCALA



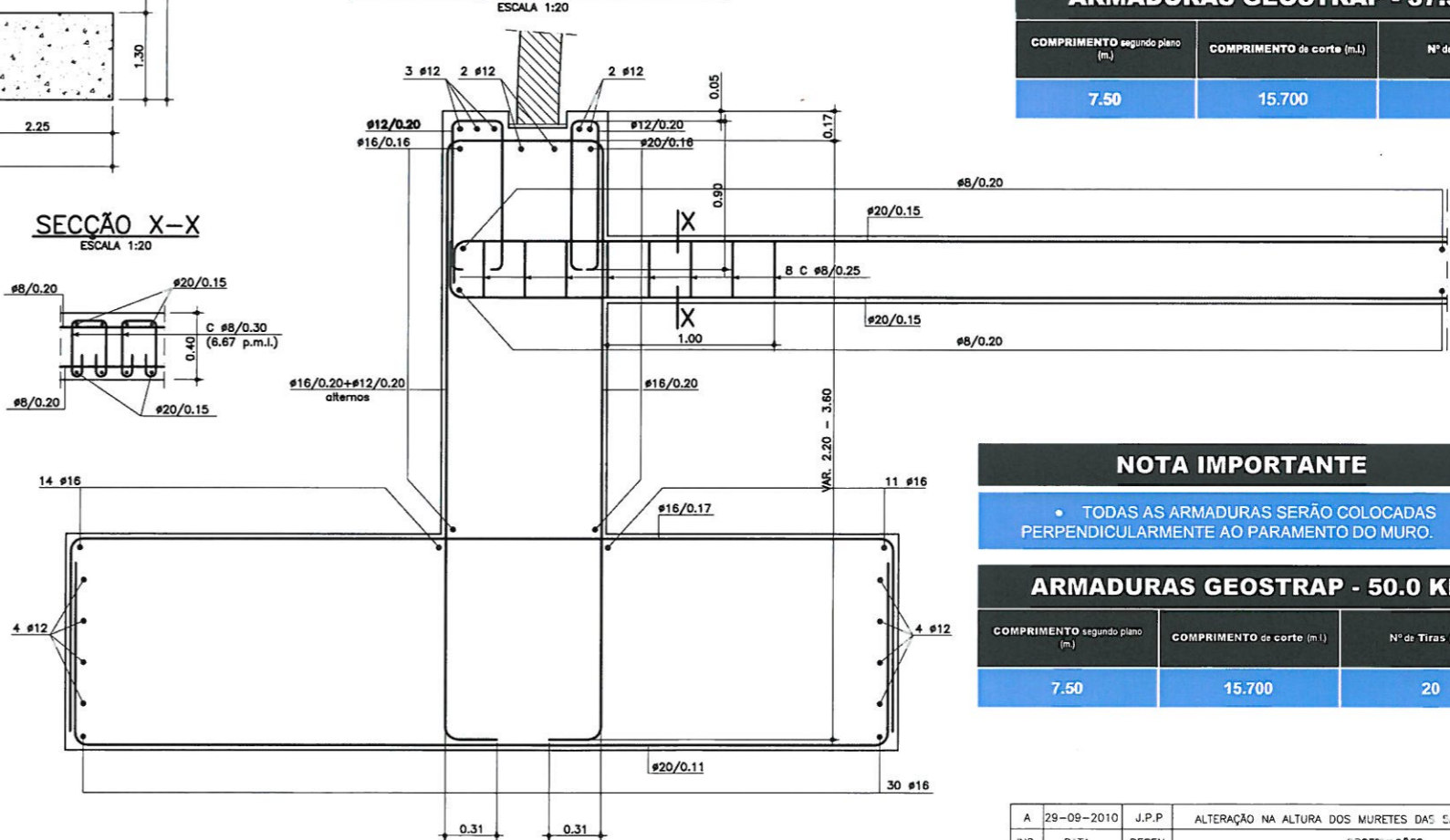
HIPÓTESES DE CÁLCULO

DENSIDADE DAS TERRAS $\bar{\sigma} = 2.00 \text{ T./m}^3$
 ÂNGULO DE ATRITO DO ATERRO $\varphi = 30^\circ$
 ALTURA MÁXIMA DAS TERRAS SOBRE CHAVE: $H_t = 9.09 \text{ m.}$
 TENSÃO MÉDIA TRANSMITIDA AS SAPATAS DA ABÓBADA:
 $\sigma_{trans.} = 6.00 \text{ Kp/cm}^2$

NOTA IMPORTANTE (Comp. das Armaduras)

O COMPRIMENTO DE CORTE DAS ARMADURAS EM OBRA, SERÁ O DOBRO DO COMPRIMENTO NOMINAL QUE FIGURA NOS ALÇADOS CORRESPONDENTES, MAIS 0.70 m.
 $L_{corte} = 2L + 0.70$

ARMADURAS SAPATA ABÓBADA
ESCALA 1:20



ARMADURAS GEOTRAP - 37.5 KN

COMPRIMENTO segundo plano (m.)	COMPRIMENTO de corte (m.l.)	Nº de Tiras (uds.)
7.50	15.700	136

NOTA IMPORTANTE

TODAS AS ARMADURAS SERÃO COLOCADAS PERPENDICULARMENTE AO PARAMENTO DO MURO.

ARMADURAS GEOTRAP - 50.0 KN

COMPRIMENTO segundo plano (m.)	COMPRIMENTO de corte (m.l.)	Nº de Tiras (uds.)
7.50	15.700	20

NOTAS

- NO CÁLCULO NÃO SE CONSIDERA A EXISTÊNCIA DE IMPULSOS HIDROSTÁTICOS.
- DESNIVEL MÁXIMO DURANTE A EXECUÇÃO DO ATERRO = 0.50 m.
- AS CONDIÇÕES DE APOIO DA FUNDAÇÃO (TERRENO NATURAL OU ATERRO) DEVERÃO MANter-SE CONSTANTES EM TODO O COMPRIMENTO E LARGURA DA ESTRUTURA PARA GARANTIR UM ASSENTAMENTO DIFERENCIAL MÁX. DE 0.25 % TANTO LONGITUDINALMENTE COMO TRANSVERSALMENTE ENTRE OS PONTOS MEDIDOS.
- NAS JUNTAS DAS FUNDAÇÕES NÃO PREVISTAS, HAVERÁ CONTINUIDADE DE TODAS AS ARMADURAS.
- SE SE SUSPEITA DA POSSIBILIDADE DE PRESENÇA DE ÁGUA OU FORTE HUMIDADE EM CONTACTO COM A ABÓBADA, E DEPENDENDO DO TIPO DE USO PREVISTO, PODERÁ SER RECOMENDÁVEL A IMPERMEABILIZAÇÃO DA FACE EXTERIOR DA ABÓBADA, E NÃO APENAS DAS SUAS JUNTAS.

TOLERÂNCIAS DE EXECUÇÃO
MEDIDAS NO INTERIOR DA ABÓBADA (FACE VISTA)

- PONTO DE IMPLANTAÇÃO: $\pm 1 \text{ cm.}$ EM PLANTA
- VARIAÇÃO: $\pm 0.5 \text{ cm.}$ EM ALÇADO
- MONTAGEM: $\pm 2 \text{ cm.}$
- VÃO INTERIOR: $\pm 4 \text{ cm.}$
- ALTURA INTERIOR: 1% DA TEÓRICA
- RESSALTES INTERIORES ENTRE PEÇAS: 3cm.
- SEPARAÇÃO INTERIOR: 4cm.

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

ELEMENTO ESTRUTURAL	BETÃO		EXPOSIÇÃO	CLASSE ESTRUTURAL	ARMADURAS		MÁXIMO TEOR CLORETOS	DIÂMETRO MÁXIMO INERTE
	TIPO	TIPO			TIPO	f_{yk} (N/mm ²)		
ABÓBADA E BICO	C30/37 (B35.1)	XC4	S3	A500 NRSD	500	CL0,2	Dm _{6x} =20mm	
FUNDAÇÕES	C25/30 (B30.1)	XC2	S4	A500 NRSD	500	CL0,4	Dm _{6x} =25mm	
CORDÃO SUPERIOR	C25/30 (B30.1)	XC2	S4	A500 NRSD	500	CL0,4	Dm _{6x} =25mm	

LARGURA DE FENDAS: 0.20 mm.

RECOBRIMENTO DAS ARMADURAS NAS PEÇAS PRÉ-FABRICADAS: 3.0 cm.

RECOBRIMENTO DAS ARMADURAS NAS SAPATAS: 5.0 cm.

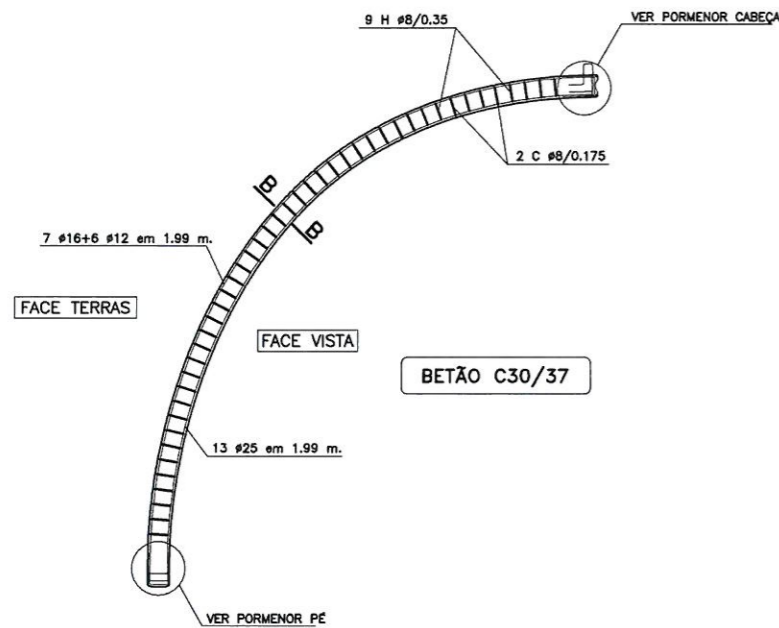
TEMPO DE VIDA UTIL DE PROJECTO: 50 ANOS

CLASSE DE INSPECÇÃO 2 DE ACORDO COM A EN13670-1

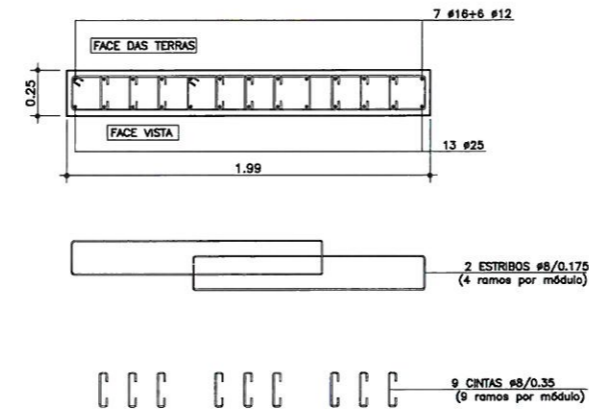
BETÃO DE REGULARIZAÇÃO C16/20 COM 0.10m DE ESPESURA

A	29-09-2010	J.P.P.	ALTERAÇÃO NA ALTURA DOS MURETES DAS SAPATAS DA ABÓBADA.
IND.	DATA	DESEN.	COSEPARAÇÕES
PROJECTO DE EXECUÇÃO PASSAGEM INFERIOR P15 ALÇADO TIMPANO, ARMADURA SAPATA, SECÇÕES E PORMENORES			
Número	D1L2.L-E-151-005-04		
Data	SET. 10	Folha	02
Nº. de Ordem			02/04

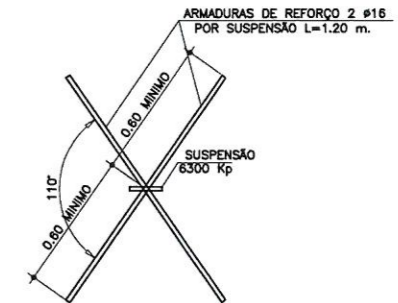
ARMADURA MÓDULOS ABÓBADA
SEM ESCALA



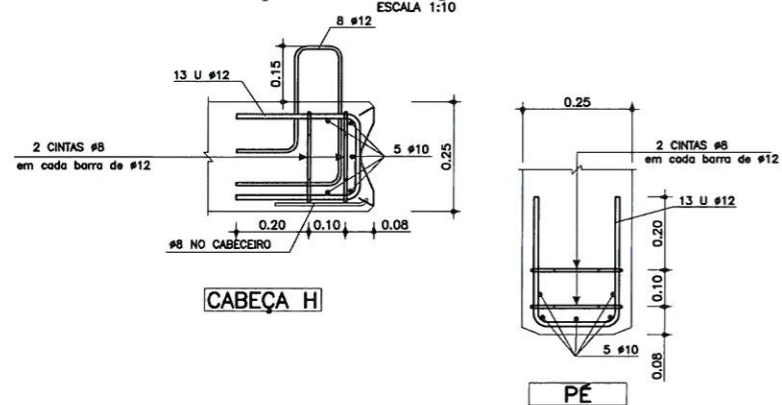
SECÇÃO B-B
ESCALA 1:20



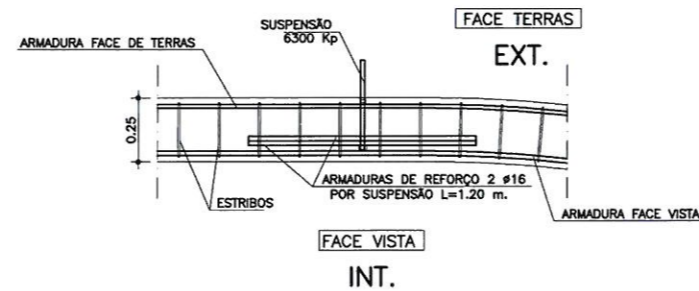
PORMENOR ARMADURA DE REFORÇO POR SUSPENSÃO EM MÓDULO
SEM ESCALA



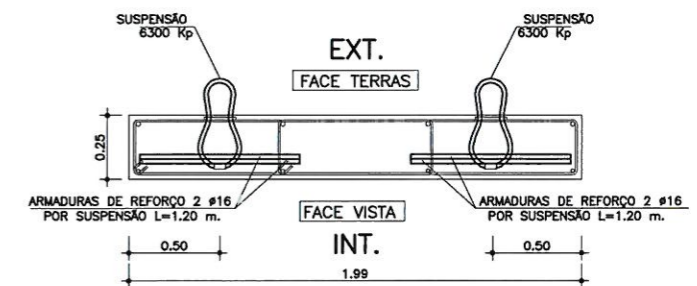
REFORÇO DA CABEÇA E PÉ MÓDULO
ESCALA 1:10



COLOCAÇÃO DA SUSPENSÃO EM MÓDULOS (SEGUNDO DESENVOLVIMENTO)
SEM ESCALA



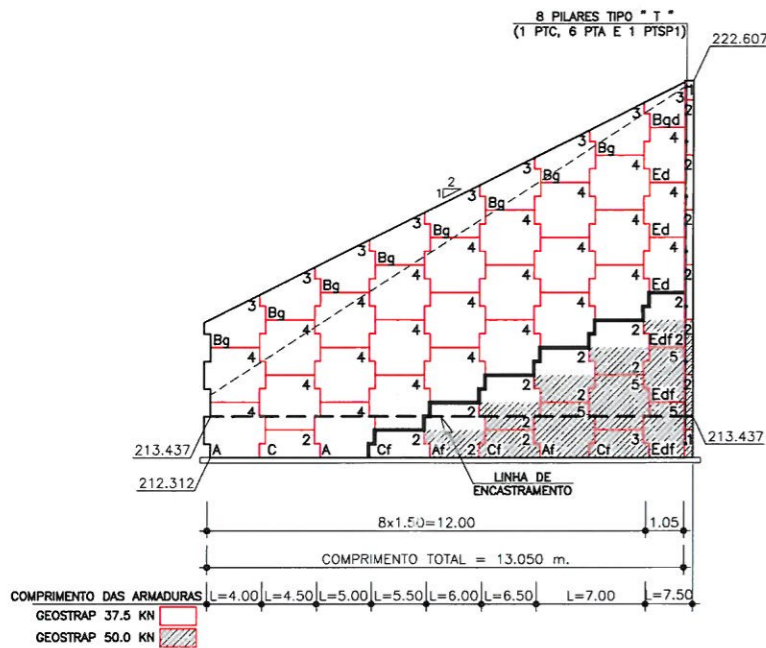
COLOCAÇÃO DA SUSPENSÃO EM MÓDULOS (LARGURA MÓDULO)
SEM ESCALA



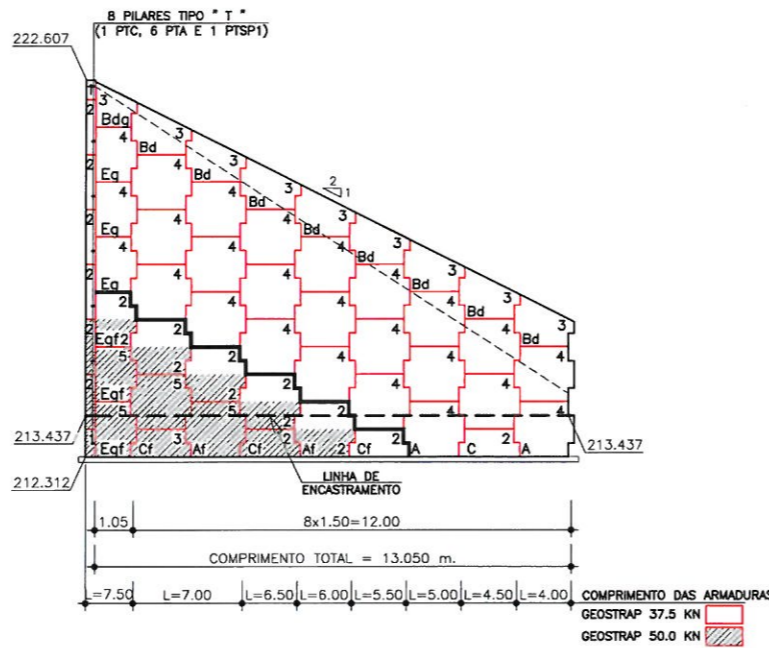
NOTA

AS DUAS BARRAS DE REFORÇO ESTARÃO O MAIS PRÓXIMAS POSSÍVEL DA ARMADURA DA FACE VISTA (INFERIOR), POR CIMA DESTA.

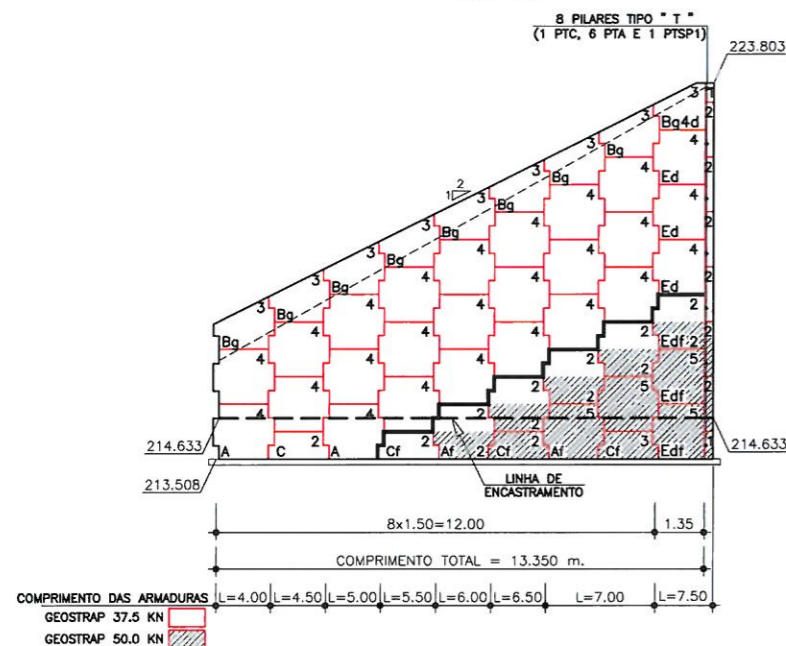
ALÇADO MURO ALA-1
Por Face Vista
ESCALA 1:100



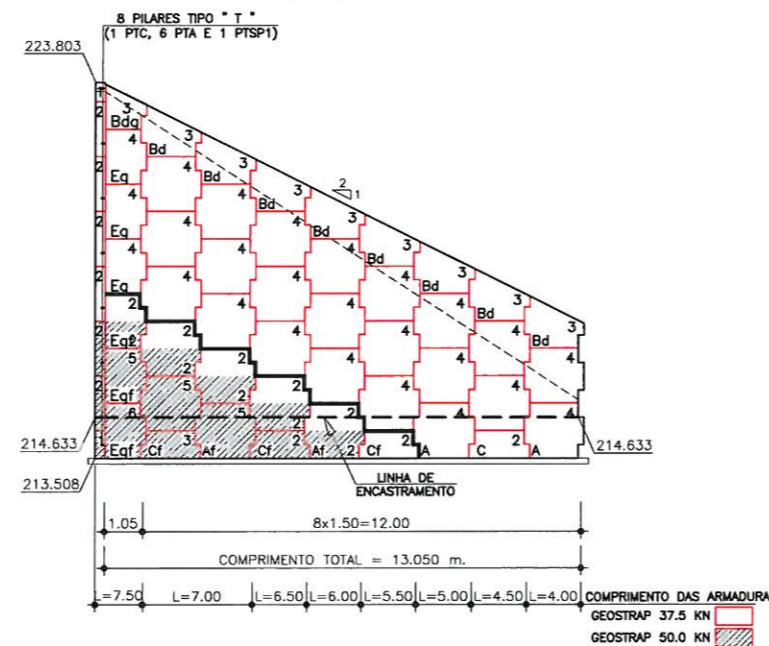
ALÇADO MURO ALA-2
Por Face Vista
ESCALA 1:100



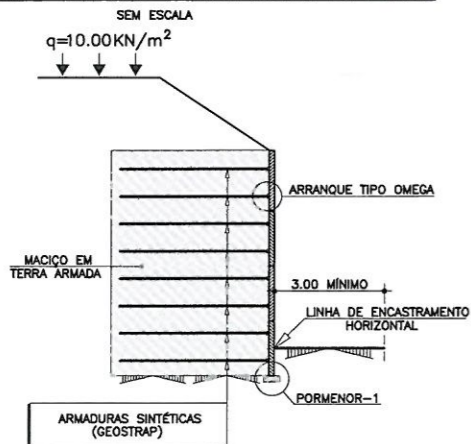
ALÇADO MURO ALA-3
Por Face Vista
ESCALA 1:100



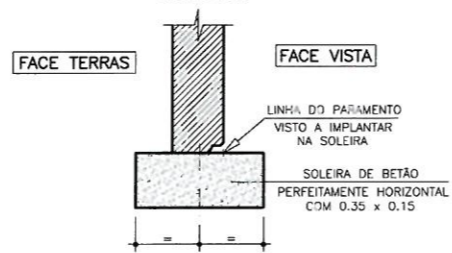
ALÇADO MURO ALA-4
Por Face Vista
ESCALA 1:100



SECÇÃO TIPO MURO ALA PÉ DO TALUDE



PORMENOR "1"
ESCALA 1:10



MUITO IMPORTANTE

PARA UM BOM RENDIMENTO DURANTE A MONTAGEM, É NECESSÁRIO QUE A SOLEIRA DE APOIO DAS ESCAMAS ESTEJA PERFEITAMENTE HORIZONTAL

NOTA IMPORTANTE (Comprimento de Armaduras)

O COMPRIMENTO DE CORTE DAS ARMADURAS EM OBRA, SERÁ O DOBRO DO COMPRIMENTO NOMINAL QUE FIGURA NOS ALÇADOS CORRESPONDENTES, MAIS 0.70 m.
 $L_{\text{corte}} = 2L + 0.70$

ARMADURAS GEOSTRAP - 37.5 KN

COMPRIMENTO segundo plano (m)	COMPRIMENTO de corte (m)	Nº de Tiras (uds)
4.00	8.700	44
4.50	9.700	52
5.00	10.700	60
5.50	11.700	68
6.00	12.700	68
6.50	13.700	68
7.00	14.700	136
7.50	15.700	104



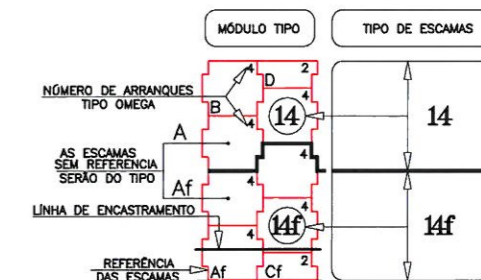
NOTA IMPORTANTE

TODAS AS ARMADURAS SERÃO COLOCADAS PERPENDICULARMENTE AO PARAMENTO DO MURO.

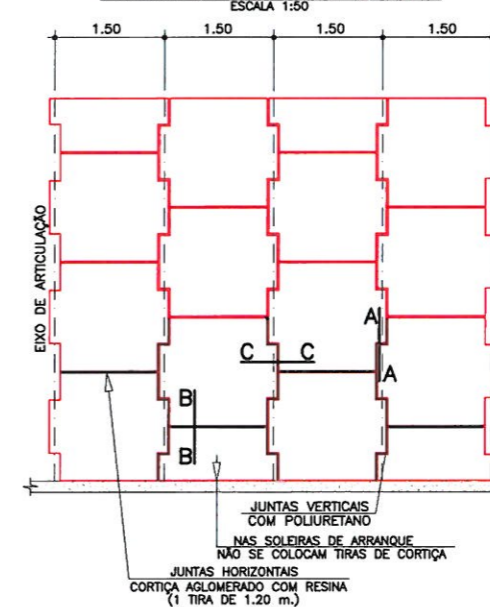
ARMADURAS GEOSTRAP - 50.0 KN

COMPRIMENTO segundo plano (m)	COMPRIMENTO de corte (m)	Nº de Tiras (uds)
6.00	12.700	8
6.50	13.700	16
7.00	14.700	68
7.50	15.700	69

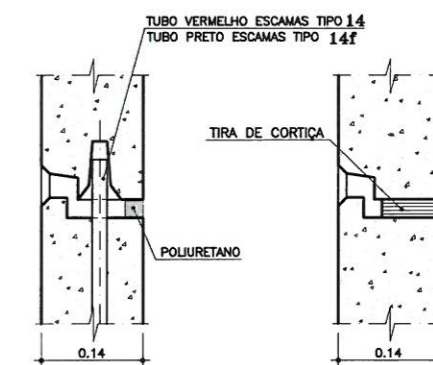
NOMENCLATURA PARA INTERPRETAÇÃO DOS ALÇADOS



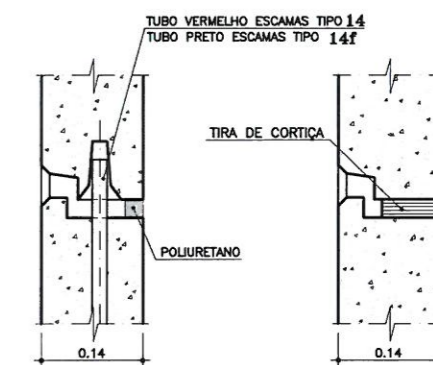
ESQUEMA DE MONTAGEM
ESCALA 1:50



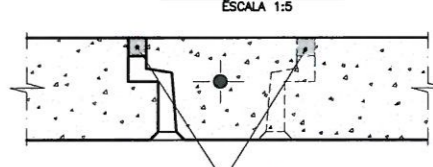
SECÇÃO A-A
ESCALA 1:5



SECÇÃO B-B
ESCALA 1:5



SECÇÃO C-C
ESCALA 1:5



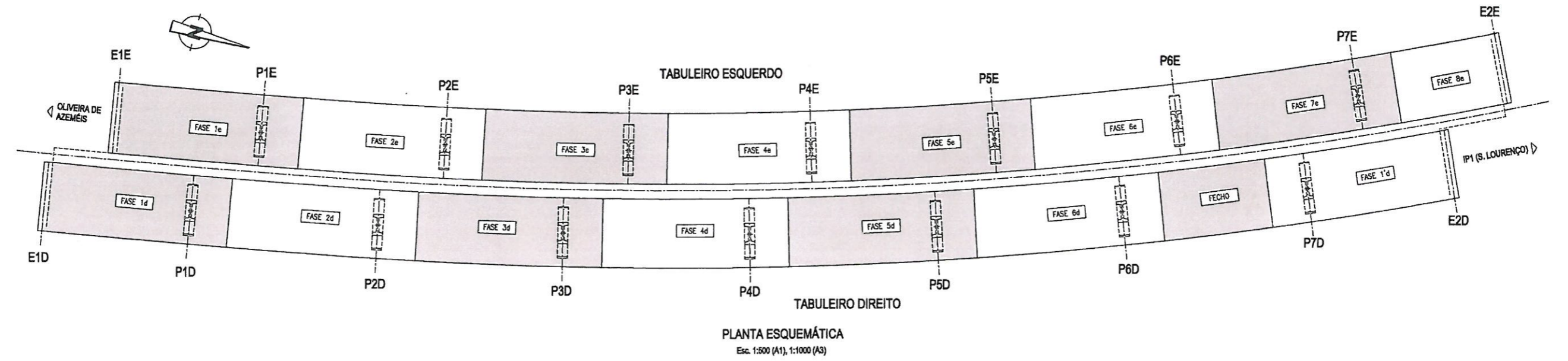
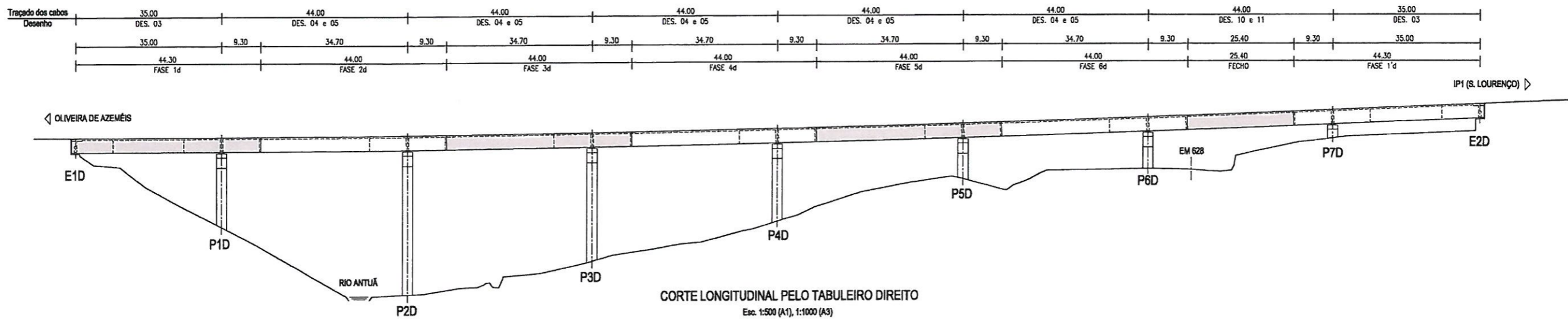
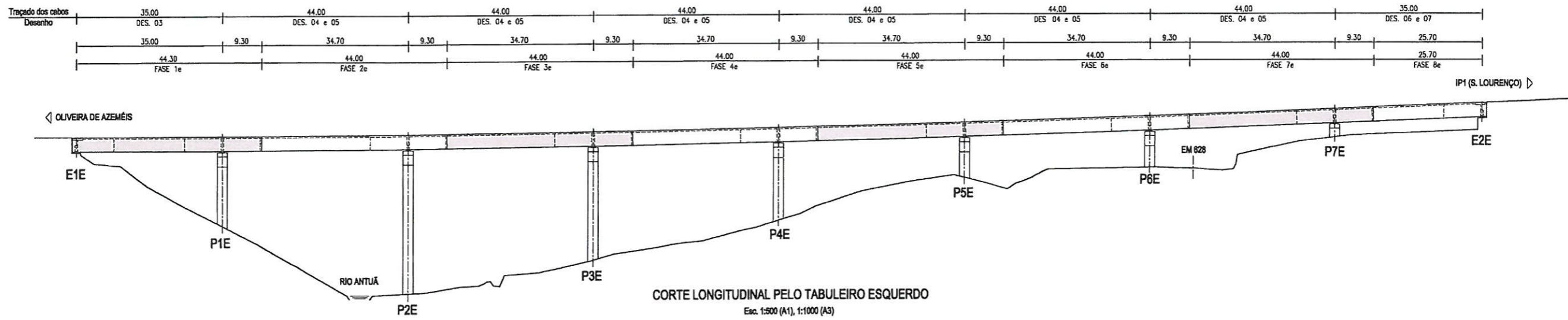
CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL DE ATERRO

- CONDIÇÕES MECÂNICAS
 - O MATERIAL DE ATERRO SERÁ VÁLIDO QUANDO A PERCENTAGEM DA AMOSTRA ENSAIADA, POR PENEIRAÇÃO, QUE PASSA AOS 80 MICRONS (0,08mm.) SEJA INFERIOR A 15%.
 - OS MATERIAIS COM UMA PERCENTAGEM MAIOR QUE 15% AOS 80 MICRONS SERÃO IGUALMENTE VÁLIDOS QUANDO:
 - A PERCENTAGEM DE AMOSTRA ENSAIADA POR SEDIMENTAÇÃO FOR INFERIOR A 10% DA AMOSTRA ORIGINAL AOS 15 MICRONS (0,015mm.).
 - A PERCENTAGEM DE AMOSTRA ENSAIADA POR SEDIMENTAÇÃO ESTÁ COMPREENDIDA ENTRE 10% E 20% DA AMOSTRA ORIGINAL AOS 15 MICRONS E O ÂNGULO DE ATRITO INTERNO, FOR IGUAL OU SUPERIOR A 36°.
 - O MATERIAL DE ATERRO NÃO PODERÁ CONTER NENHUM ELEMENTO SUPERIOR A 100 mm., E EM NENHUM CASO O MATERIAL DE ATERRO PODERÁ SER EVOLUTIVO.
 - NÃO SERÁ VÁLIDO O MATERIAL PROCEDENTE DE BRITADEIRAS QUE POSSUA ARESTAS ÂNGULOSAS.
- CONDIÇÕES ELECTROQUÍMICAS
 - OS MATERIAIS DE ATERRO SERÃO VÁLIDOS PARA UTILIZAR NO ATERRO ARMADO QUANDO:
 - ACTIVIDADE EM IÕES HIDRÓGENIO OU P.H.
 - O VALOR DO P.H. ESTÁ COMPREENDIDO ENTRE 4 E 9.

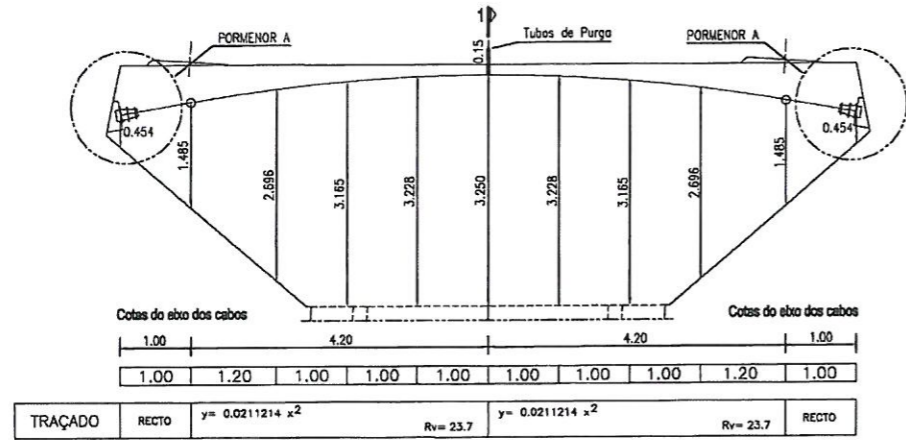
HIPÓTESIS CONSIDERADAS PARA O ATERRO

ÂNGULO DE ATRITO INTERNO DO ATERRO ARMADO	36°
DENSIDADE	MAX.2.00 T/m³ MIN.1.80 T/m³
COESÃO	0
ATERRO NÃO SATURADO	
NÃO EXISTÊNCIA DE IMPULSOS HIDROSTÁTICOS	

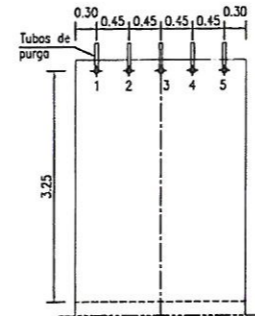
IND.	A	DATA	29-09-2010	DESEN.	J.P.P.	ALTERAÇÃO NA ALTURA DOS MURTEIS DAS SAPATAS DA ABCÉDA.
IND.		DATA		DESEN.		OBSERVAÇÕES
PROJECTO DE EXECUÇÃO PASSAGEM INFERIOR P15						
MUIROS-ALA - ALÇADOS, ARMADURAS						
SAPATAS, SECÇÕES E PORMENORES						
Número			DIL2.L-E-151-005-06			
Data:			Folha:			
SET. 10			04			
04/04						



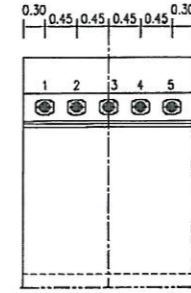
ANTUÁ-DOURO-01B.DWG



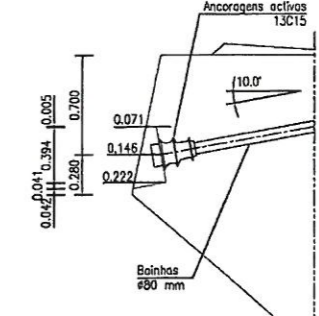
TRAÇADO ALTIMÉTRICO DOS CABOS
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)



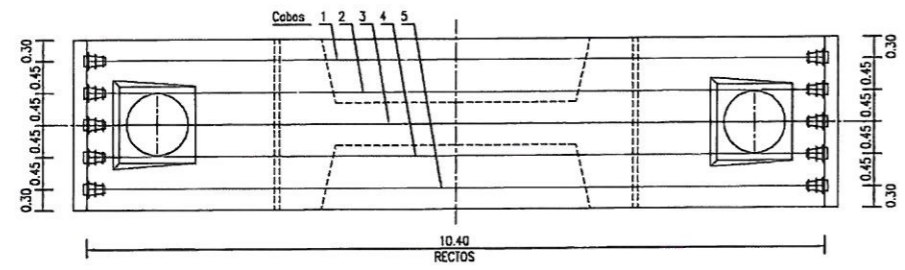
CORTE 1-1
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)



ALÇADO DA CAIXA DE ANCORAGEM
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)



PORMENOR A
Esc. 1:25 (A1), 1:50 (A3)

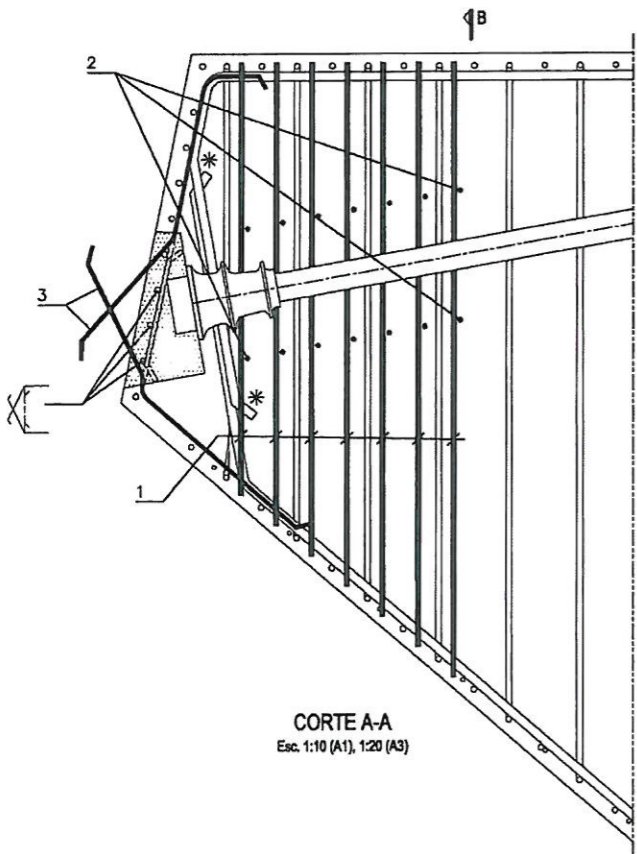


PLANTA
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)

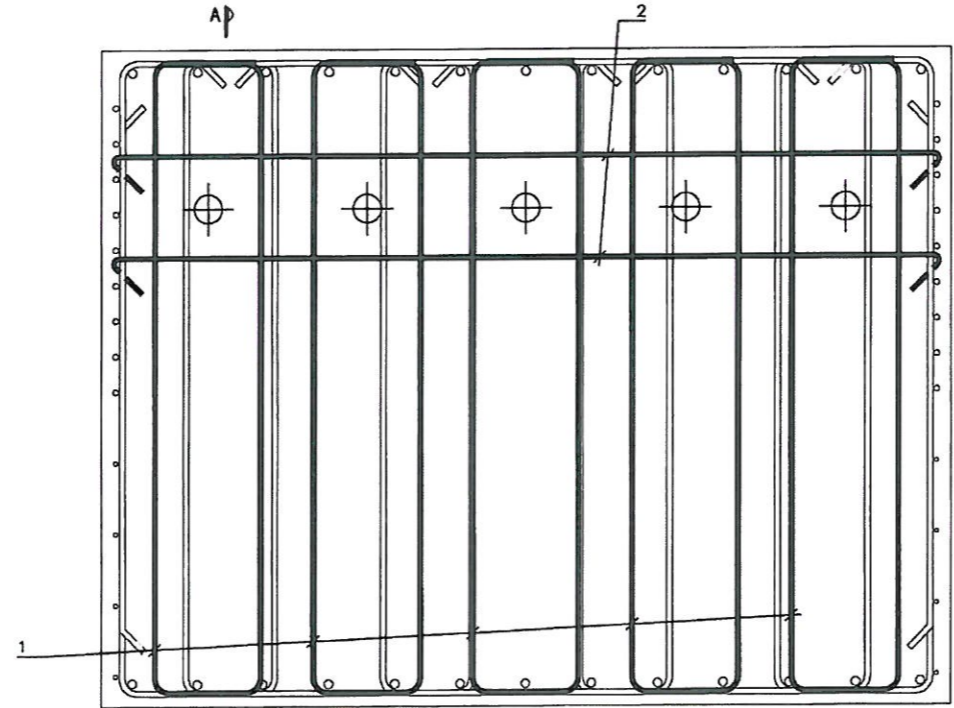
Cabo	Tipo	Ordem de tensionamento	Força de tensionamento
1	12T15	5ª	2678 kN
2		2ª	
3		1ª	
4		3ª	
5		4ª	

ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO:
Classe Y1860S7-15,7 (EN 10138-3)
Secção nominal dos cordões: 1.5 cm²

NOTA:
- As colas assinaladas no traçado altimétrico referem-se ao eixo dos cabos relativamente à face inferior do capitel.
- Serão colocados tubos de purga e ventilação nos pontos altos do traçado dos cabos.



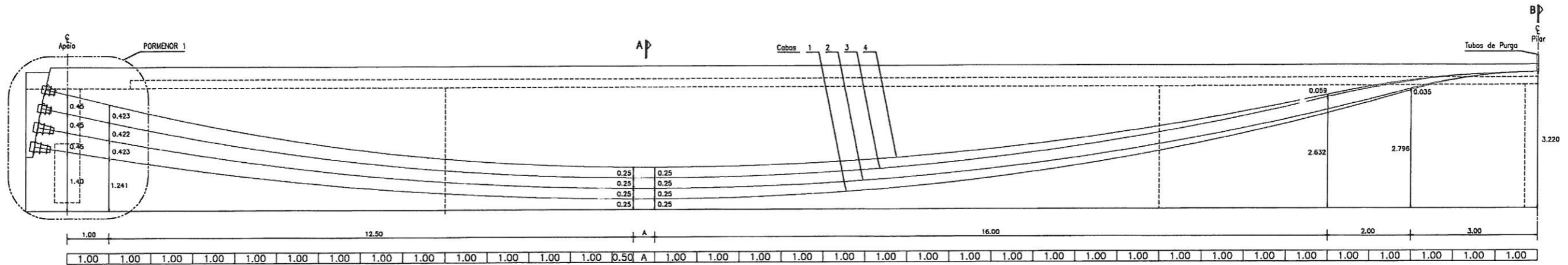
CORTE A-A
Esc. 1:10 (A1), 1:20 (A3)



CORTE B-B
Esc. 1:10 (A1), 1:20 (A3)

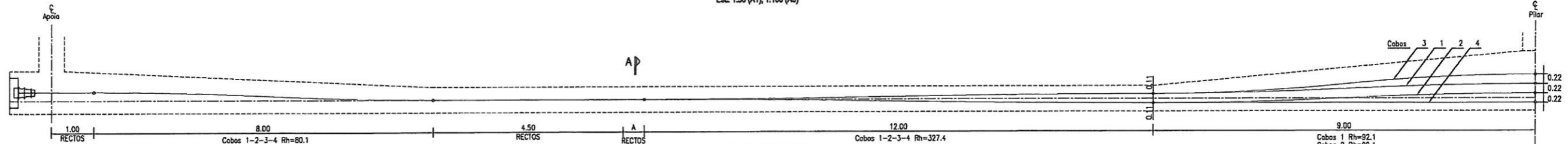
SIMBOLOGIA:
* - VARÕES DE PROJECTO A ALTERAR NA ZONA DAS CAIXAS
- SELAGEM COM BETÃO NÃO RETRÁCTIL
- ARMADURA DE PROJECTO
- ARMADURA DE REFORÇO

Ref.	Esquema	φ ³ (mm)
1	VAR. 0.30	7 #16/0.10 per ancoragem
2	0.10 2.30 0.10	2 x 7 #16/0.10
3	0.40 0.60	18 + 18 #12

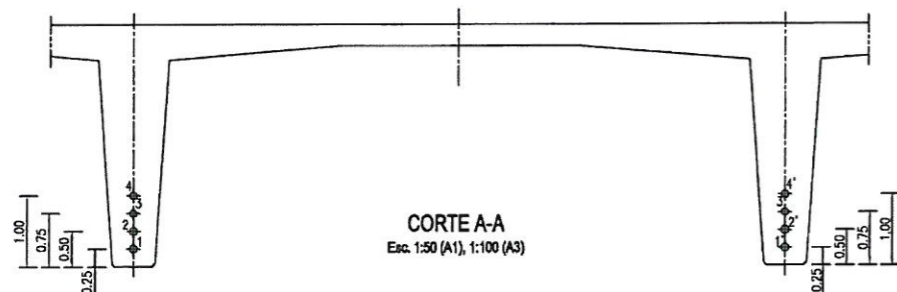


Cabo	TRAÇADO	RECTO	$y =$	$R_v =$	RECTO	$y =$	$R_v =$
Cabo 1	COTAS (*)	1.345	$0.0063448 x^2$	78.8	0.0078571 x^2	63.6	10.8
		1.186					
		1.034					
		0.885					
		0.768					
		0.653					
		0.552					
		0.463					
		0.387					
		0.323					
		0.273					
		0.235					
		0.209					
		0.197					
Cabo 2	COTAS (*)	1.785	$0.0074483 x^2$	57.1	$0.0071958 x^2$	68.5	11.6
		1.609					
		1.430					
		1.266					
		1.117					
		0.983					
		0.864					
		0.760					
		0.670					
		0.596					
		0.536					
		0.492					
		0.462					
		0.447					
Cabo 3	COTAS (*)	2.230	$0.0085517 x^2$	58.5	$0.0073512 x^2$	68.0	21.3
		2.036					
		1.831					
		1.643					
		1.472					
		1.316					
		1.181					
		1.061					
		0.959					
		0.873					
		0.805					
		0.753					
		0.719					
		0.702					
Cabo 4	COTAS (*)	2.700	$0.0086552 x^2$	51.8	$0.0066071 x^2$	75.7	23.6
		2.459					
		2.227					
		2.014					
		1.821					
		1.648					
		1.493					
		1.358					
		1.242					
		1.146					
		1.068					
		1.010					
		0.972					
		0.952					

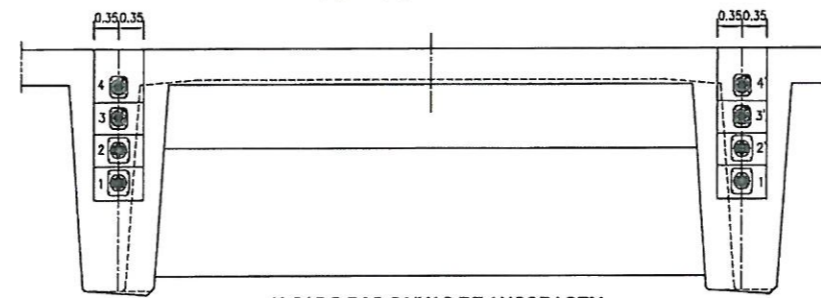
TRAÇADO ALTIMÉTRICO DOS CABOS
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)



PLANTA DOS CABOS
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)

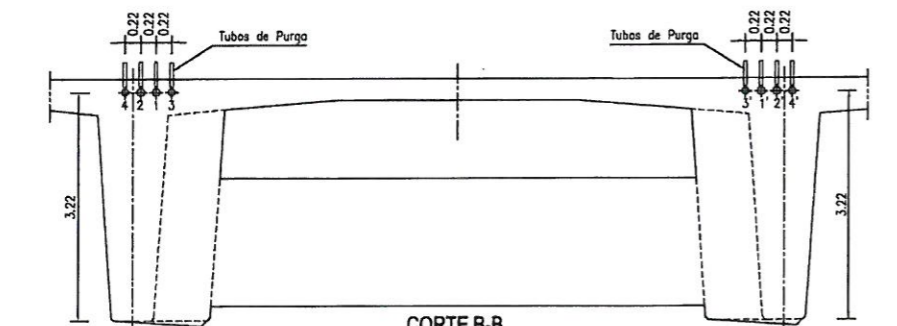


CORTE A-A
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)



ALÇADO DAS CAIXAS DE ANCORAGEM
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)

Tabuleiro	A (m)
Direito	0.587
Esquerdo	0.378

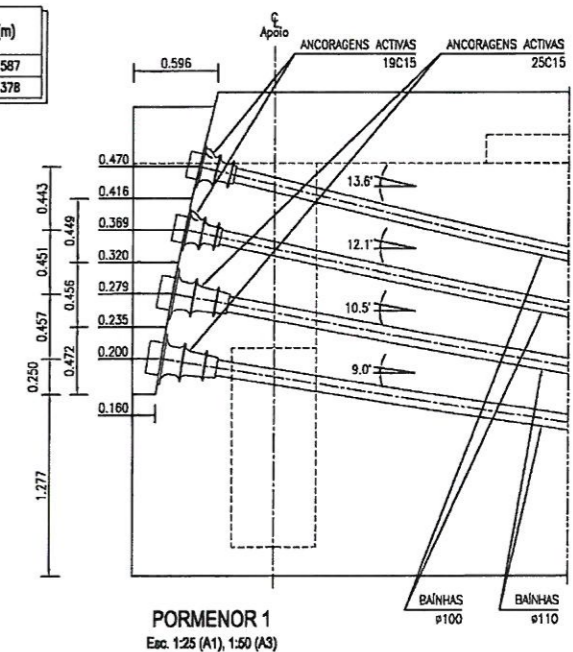


CORTE B-B
Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)

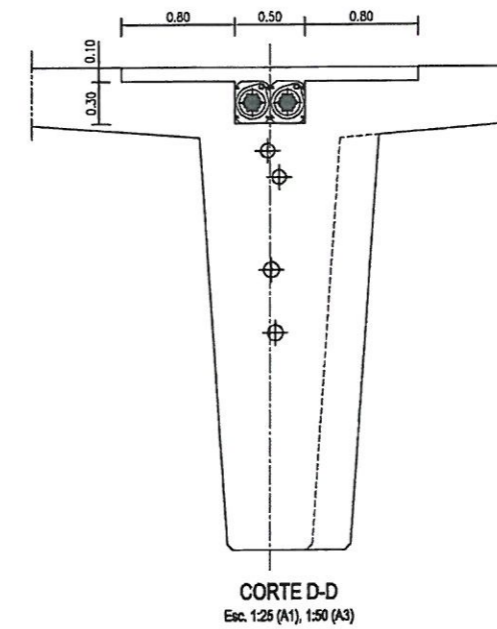
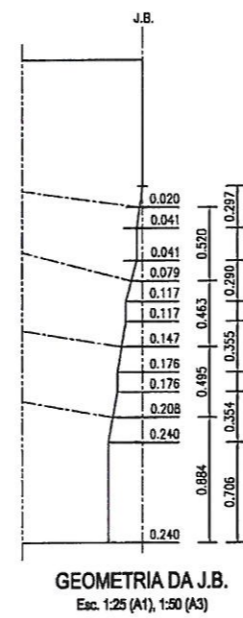
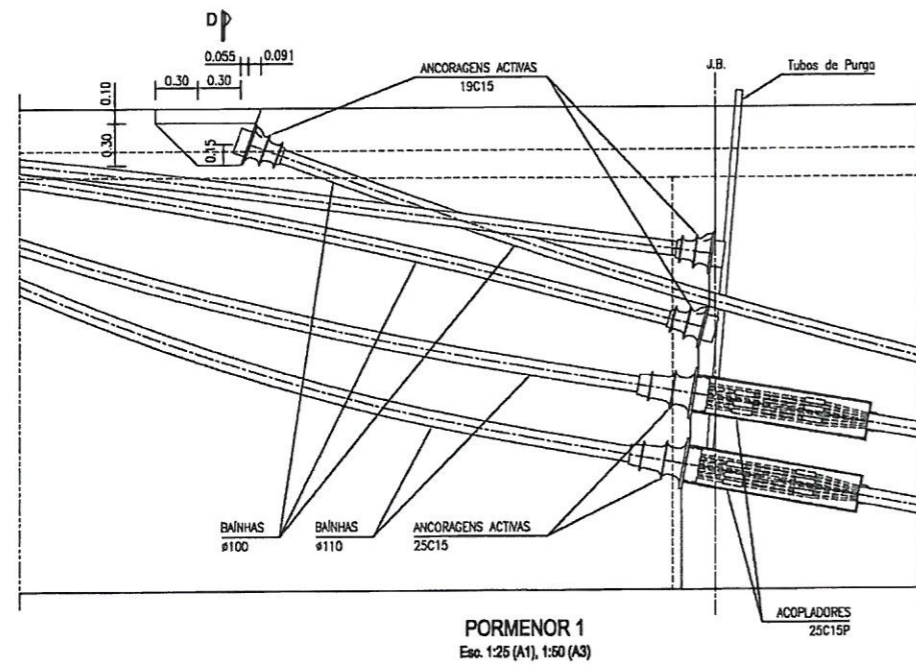
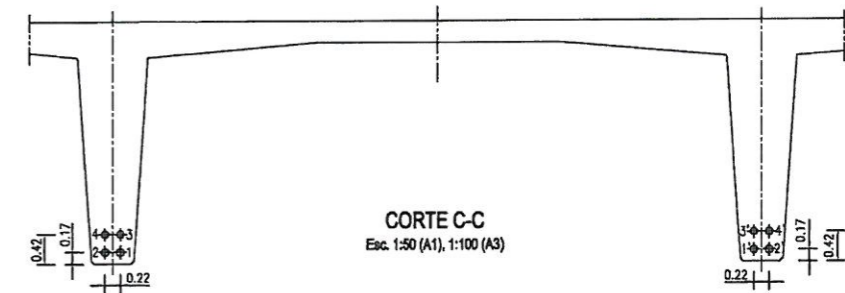
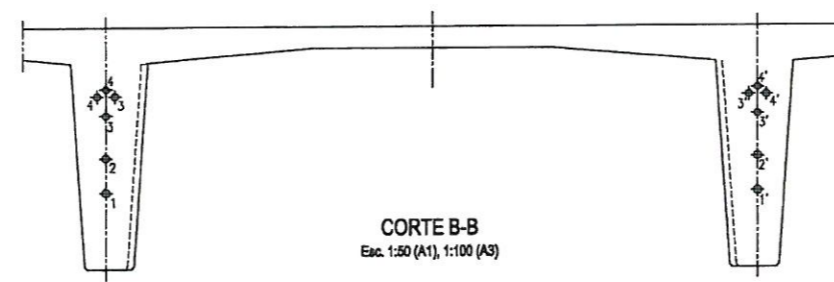
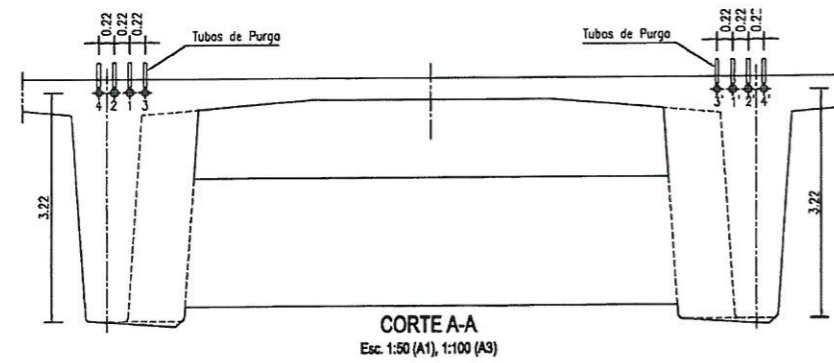
Cabos	Tipo	Bainha (mm)	Tipo de ancoragem	Ordem de tensionamento	Força de tensionamento
1	25T15	#110	25C15	4*	5580 kN
2	19T15	#100	19C15	1*	4241 kN
3	25T15	#110	25C15	5*	5580 kN
4	19T15	#100	19C15	8*	4241 kN
1'	25T15	#110	25C15	3*	5580 kN
2'	19T15	#100	19C15	2*	4241 kN
3'	25T15	#110	25C15	6*	5580 kN
4'	19T15	#100	19C15	7*	4241 kN

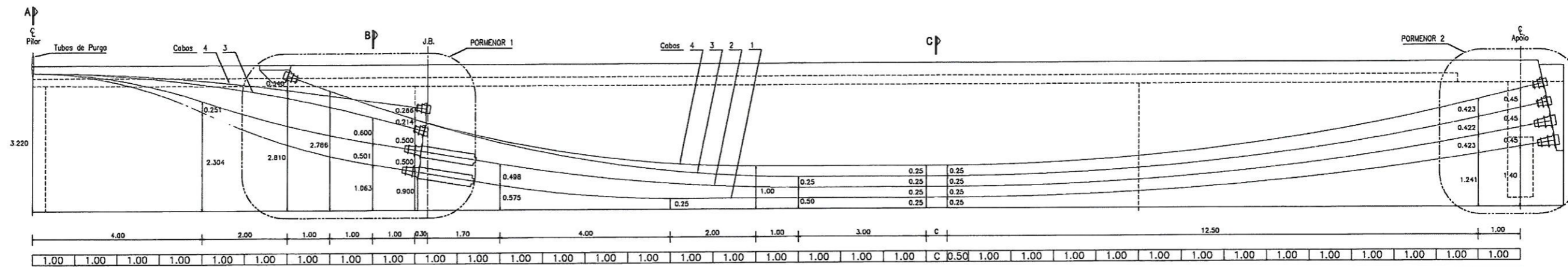
ARMADURAS DE PRÉ-EFORÇO:
Classe Y1860S7-15,7 (EN 10138-3)
Secção nominal dos cordões: 1.5 cm²

NOTAS:
- As cotas assinaladas com asterisco (*) referem-se ao fundo das bainhas relativamente à face inferior das vigas.
- Serão colocados tubos de purga e ventilação nos pontos altos do traçado dos cabos.



PORMENOR 1
Esc. 1:25 (A1), 1:50 (A3)

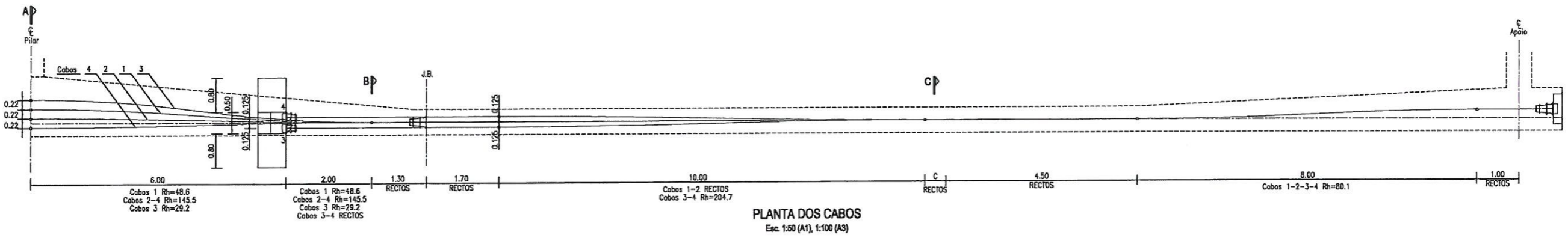




TRAÇADO ALTIMÉTRICO DOS CABOS

Esc. 1:50 (A1), 1:100 (A3)

Cabo	TRAÇADO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	RECTO	
Cabo 1	$y = 0.0572856 x^2$	$y = 0.0369531 x^2$																		
	Rv=8.7	Rv=13.5																		
Cabo 2	$y = 0.0415341 x^2$	$y = 0.0210795 x^2$																		
	Rv=12.0	Rv=23.7																		
Cabo 3	$y = 0.0165000 x^2$	$y = 0.0140000 x^2$	$y = 0.0166395 x^2$																	
	Rv=30.3	Rv=35.7	Rv=29.7																	
Cabo 4	$y = 0.0113889 x^2$	$y = 0.0140000 x^2$	$y = 0.0174063 x^2$																	
	Rv=43.9	Rv=35.7	Rv=28.7																	



Cabos	Tipo	Bainha (mm)	Tipo de ancoragem	Ordem de tensionamento	Força de tensionamento
1	25T15	#110	25C15/25C15P	4*	5580 kN
2	19T15	#100	19C15	1*	4241 kN
3	19T15	#100	19C15	5*	4241 kN
4	19T15	#100	19C15	8*	4241 kN
1'	25T15	#110	25C15/25C15P	3*	5580 kN
2'	19T15	#100	19C15	2*	4241 kN
3'	19T15	#100	19C15	6*	4241 kN
4'	19T15	#100	19C15	7*	4241 kN

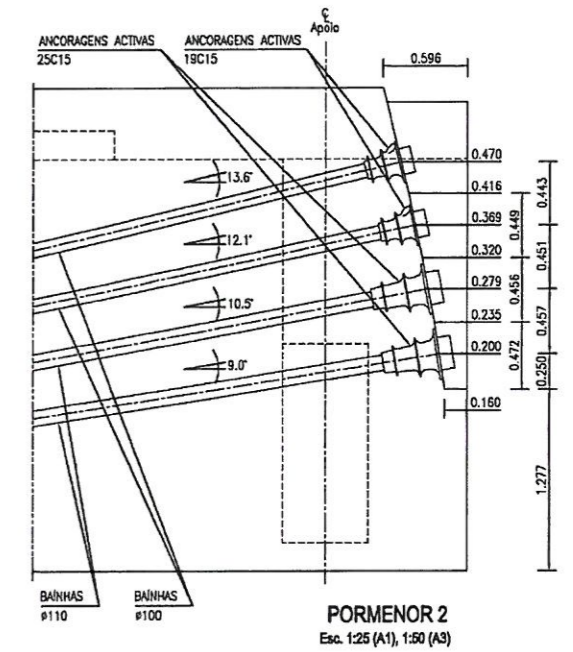
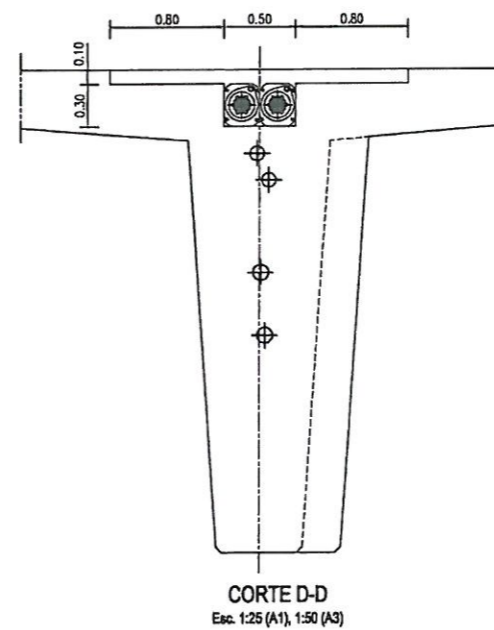
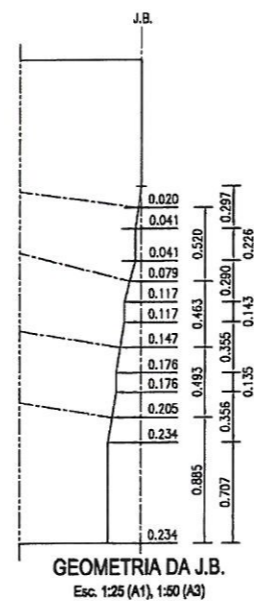
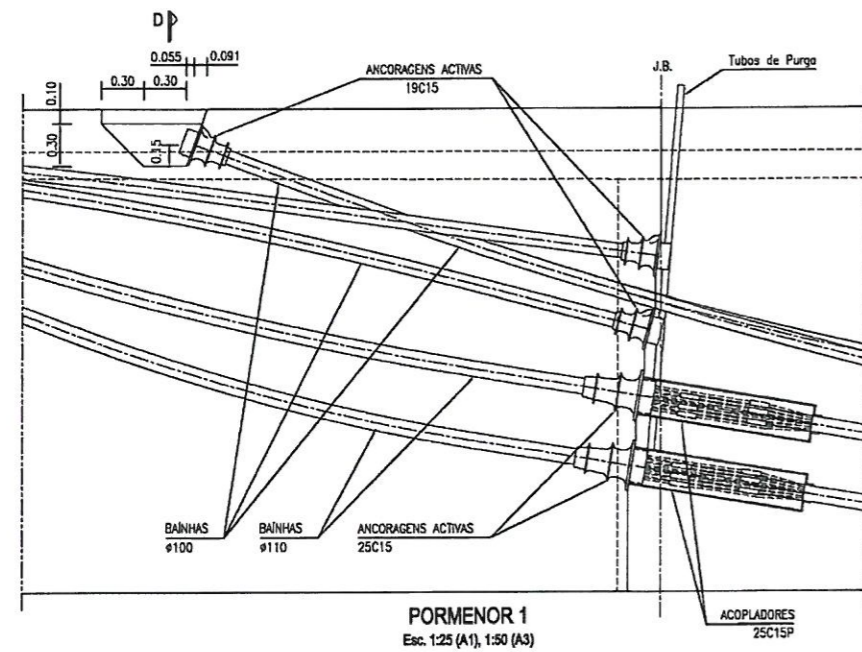
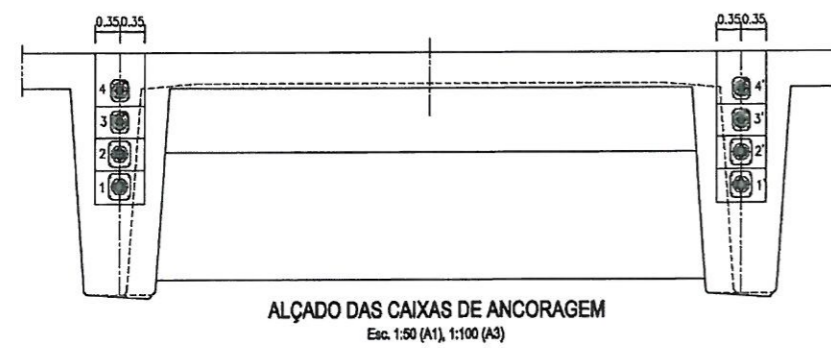
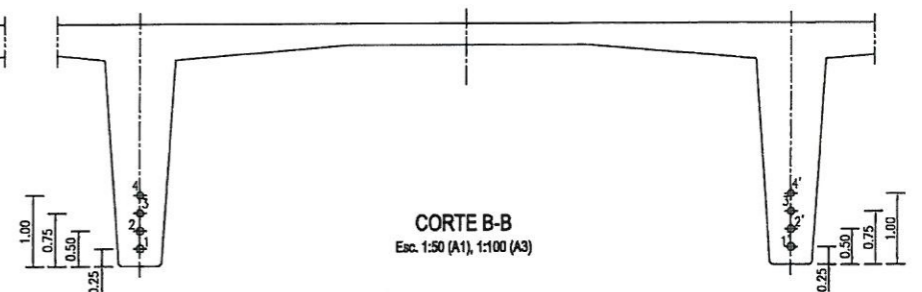
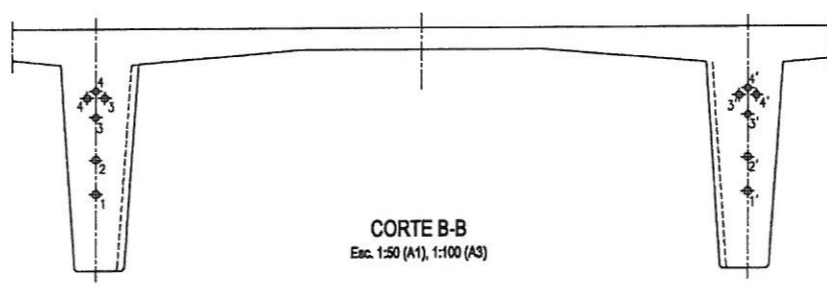
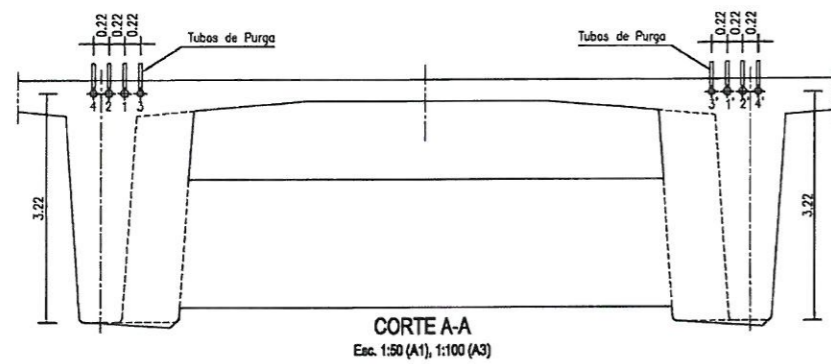
NOTAS:

- As cotas assinaladas com asterisco (*) referem-se ao fundo das bainhas relativamente à face inferior das vigas.
- Serão colocados tubos de purga e ventilação nos pontos altos do traçado dos cabos.

ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO:
 Classe Y1860S7-15,7 (EN 10138-3)
 Secção nominal das cordões: 1,5 cm²

Tabuleiro	C (m)
Direito	0,847
Esquerdo	0,176

ANTUA-DOURO-06C.DWG



ANTUA-DOURO-07B.DWG



CONCESSÃO DOURO LITORAL
A32 / IC2 - OLIVEIRA DE AZEMÉIS / IP1 (S. LOURENÇO)
TRECHO 2 - NOGUEIRA DO CRAVO / LOUREDO

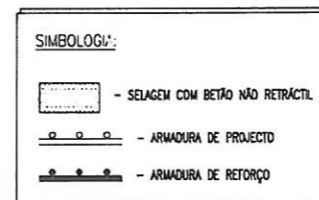
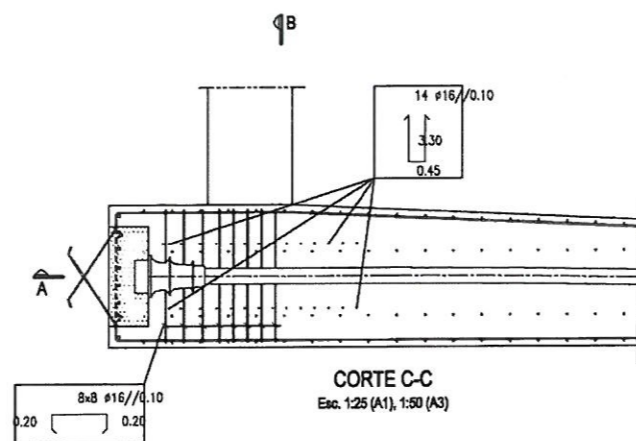
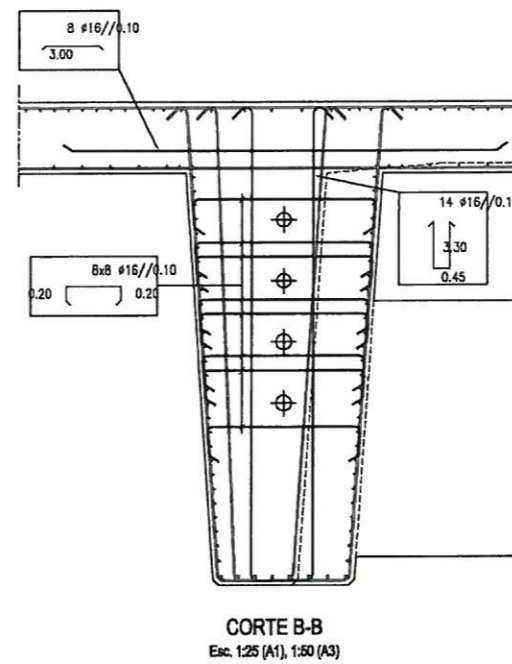
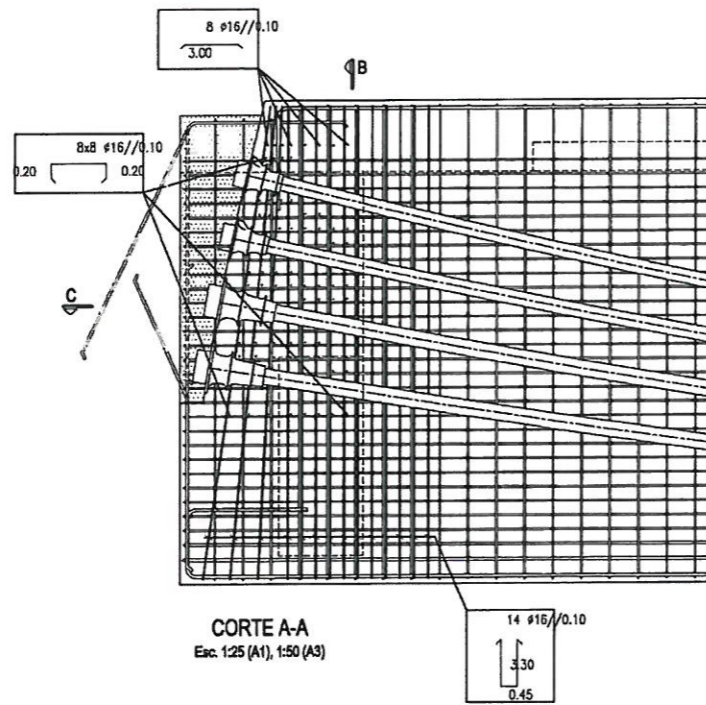
PROJECTO DE APLICAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO
Sistema C
Freyssinet

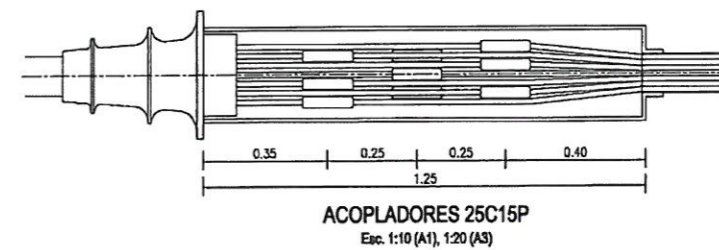
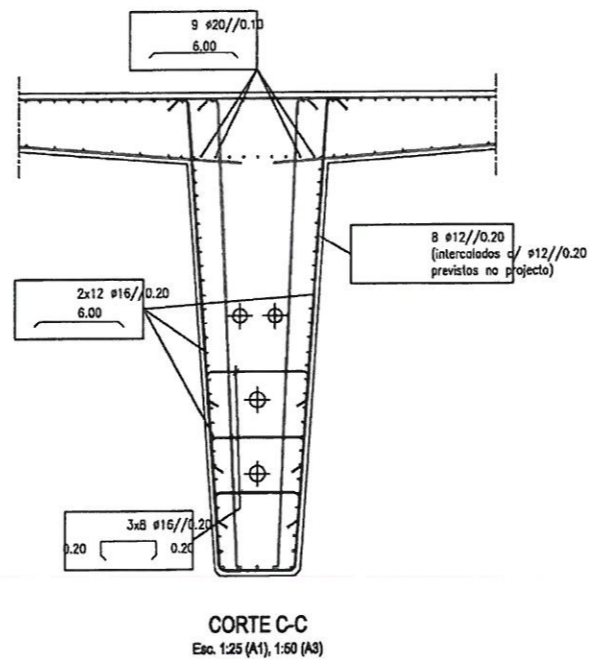
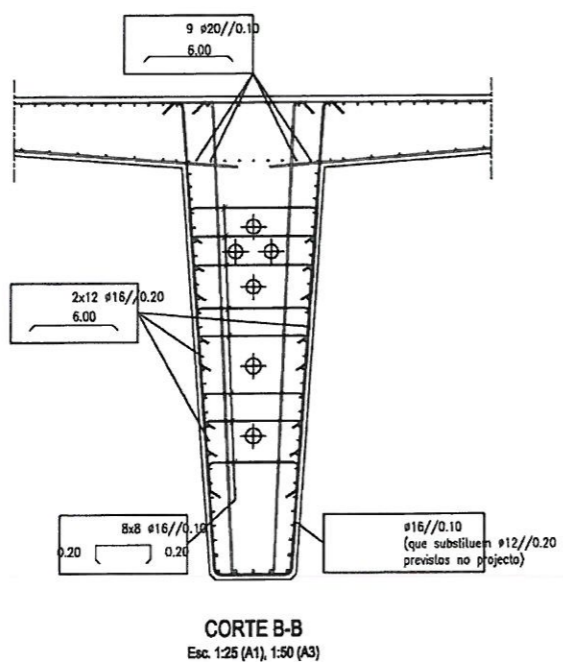
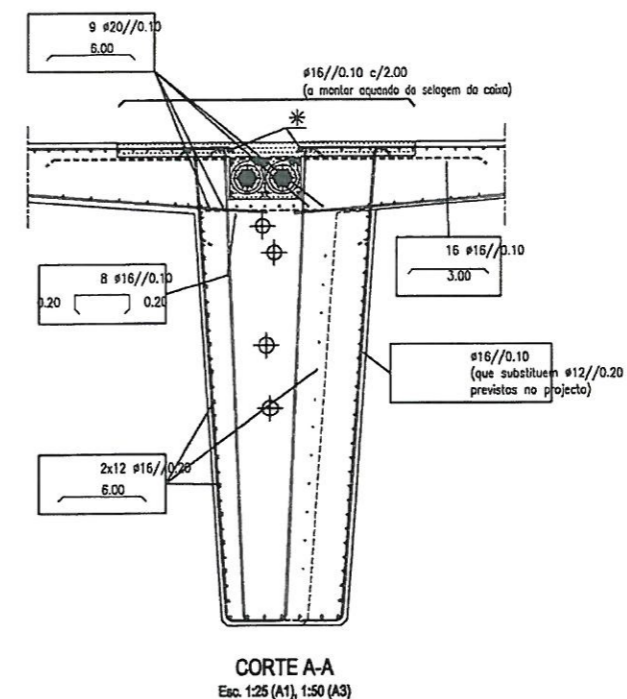
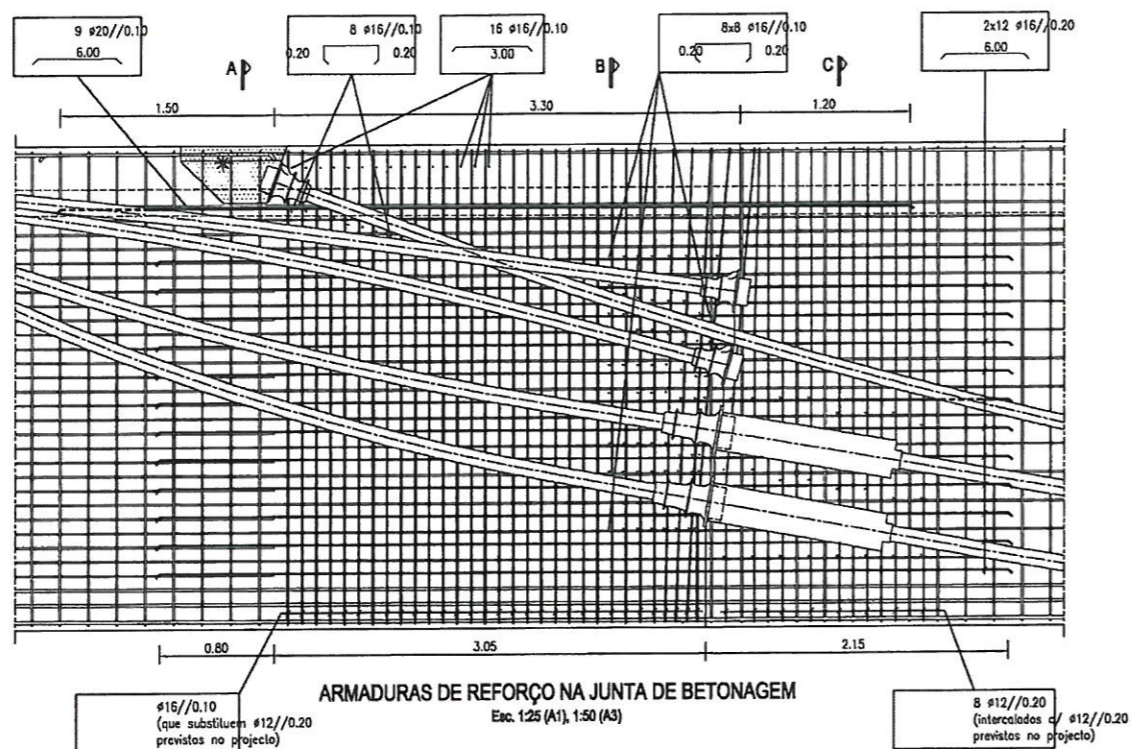
Projecto: *Adil R. P.*
Desenho: *AP*

Substituído por: **07A**

PONTE SOBRE O RIO ANTUA
TRAÇADO DOS CABOS NO ÚLTIMO TRAMO (2/2)

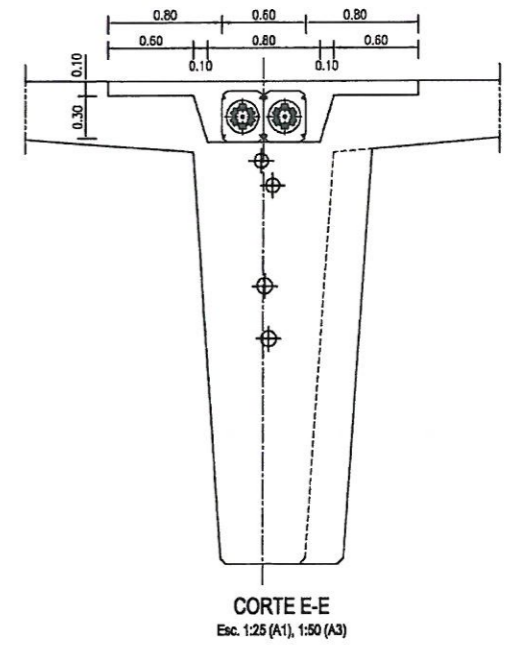
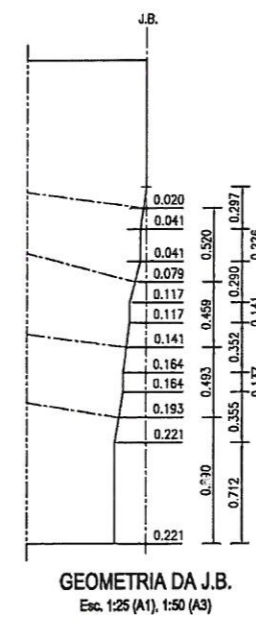
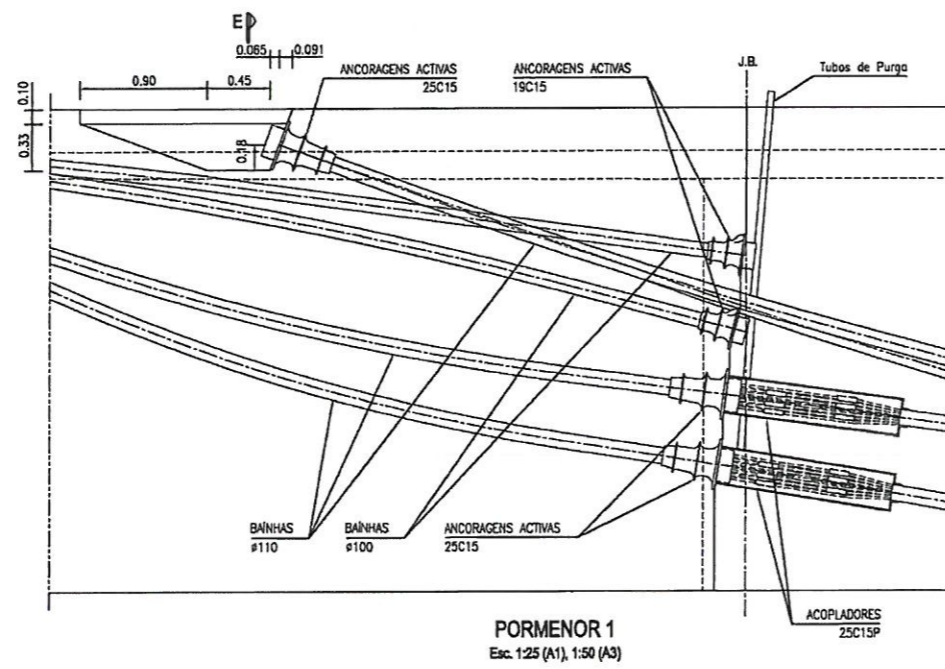
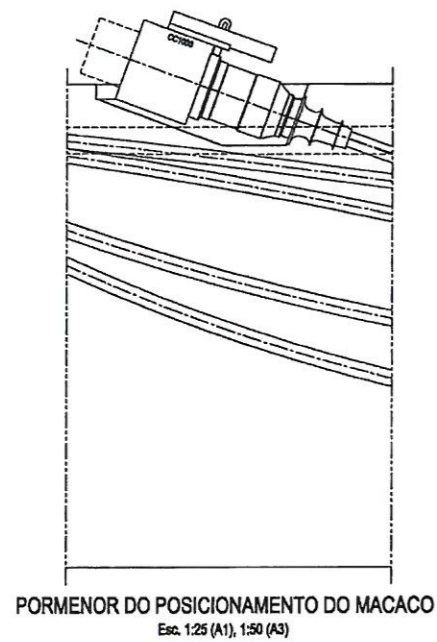
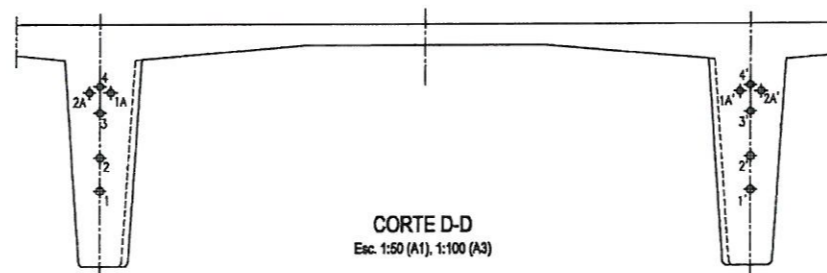
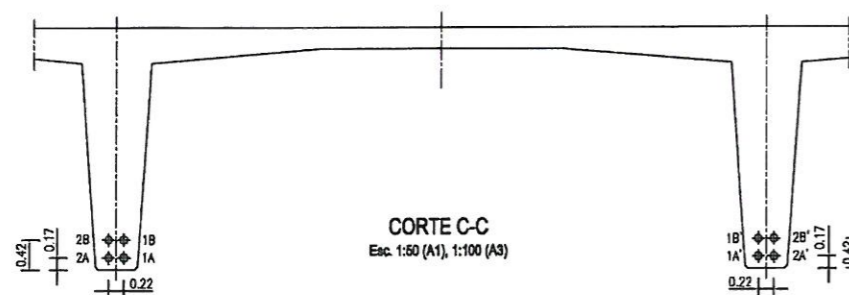
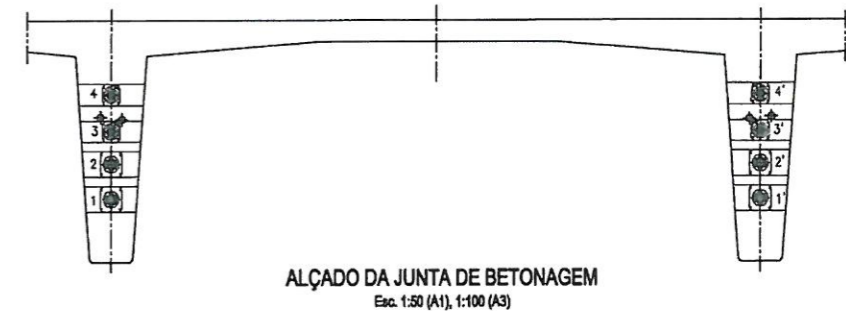
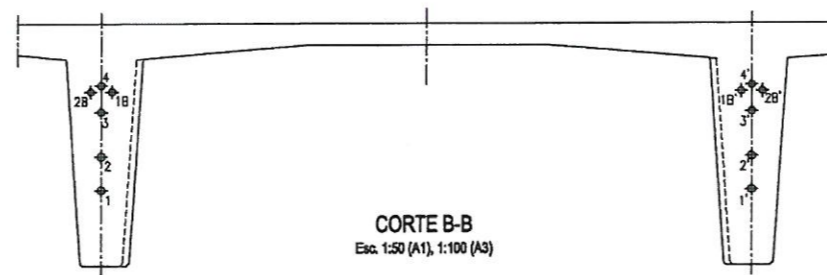
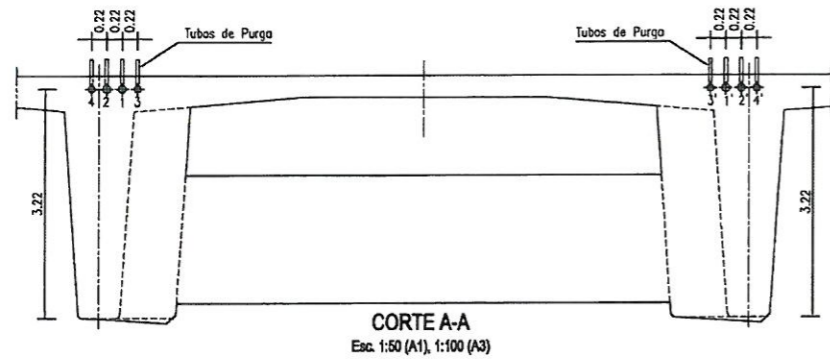
Número: **07B**
Data: Janeiro 2011





SIMBOLOGIA:

- * - VÁRIOS DE PROJECTO A DESMAR NA ZONA DAS CAIXAS PARA COLOCAÇÃO DAS CUNHAS
- SELAGEM COM BETÃO NÃO RETRÁCTIL
- ARMADURA DE PROJECTO
- ARMADURA DE REFORÇO



ANTUA-DOURO-11.DWG



CONCESSÃO DOURO LITORAL
A32 / IC2 - OLIVEIRA DE AZEMÉIS / IP1 (S.LOURENÇO)
TRECHO 2 - NOGUEIRA DO CRAVO / LOUREDO

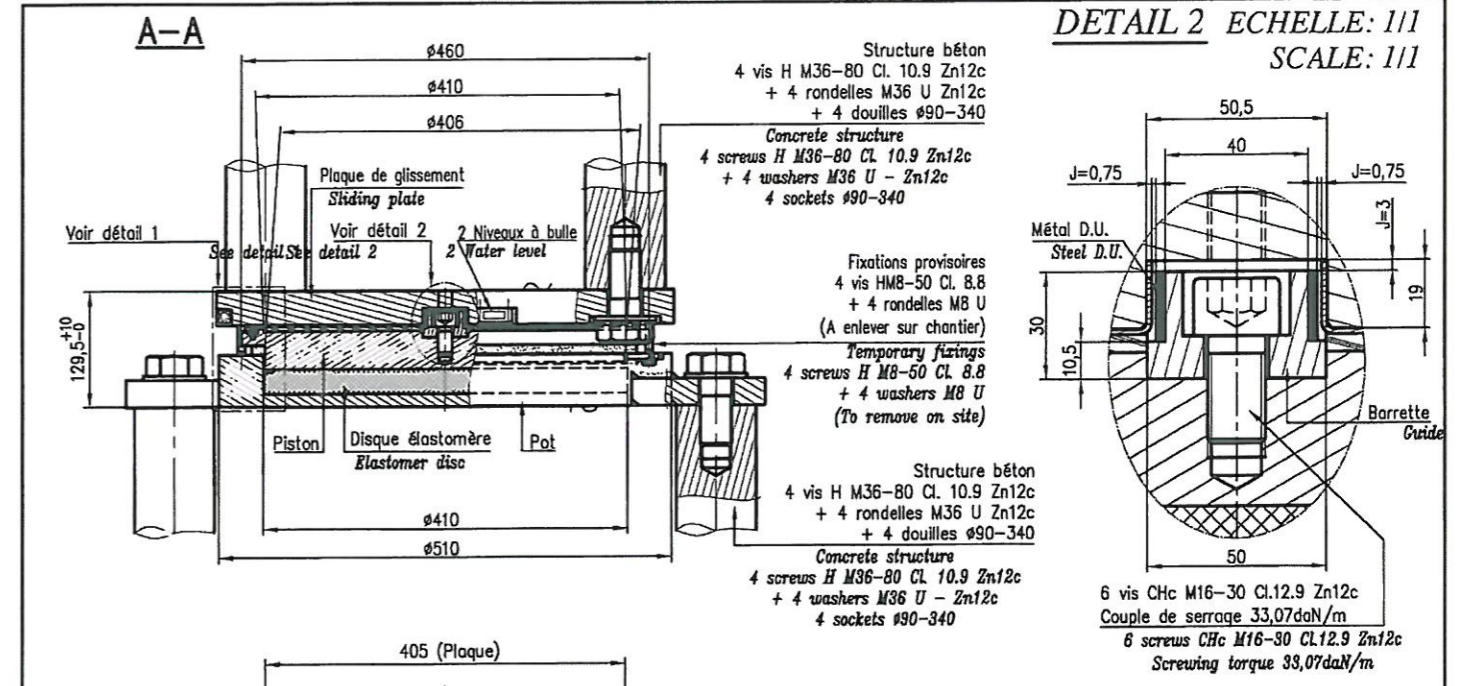
PROJECTO DE APLICAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO Sistema C Freyssinet

Projectista: *A.H.L.R.P.P.*
Desenhado: *AP*

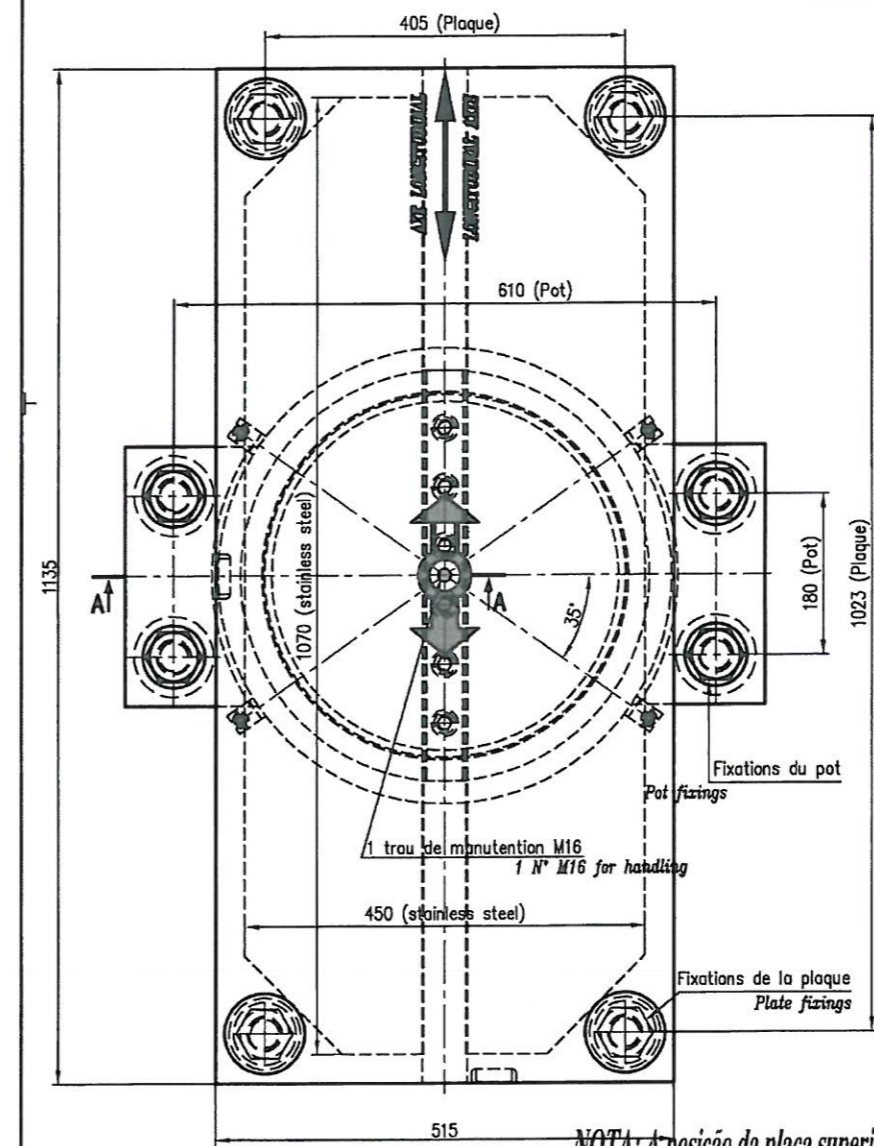
Substituto por:

PONTE SOBRE O RIO ANTUA
TRAÇADO DOS CABOS
NO TRAMO DE FECHO P6D-P7D (2,2)

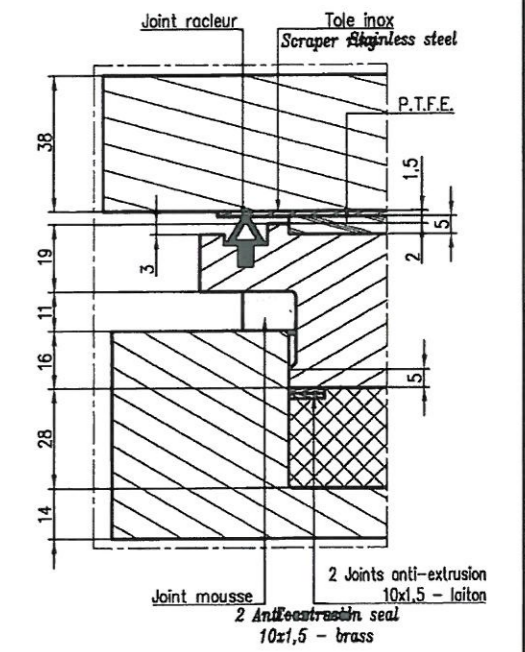
Número: **11**
Data: Abril 2011



DETAIL 2 ECHELLE: 1/11
SCALE: 1/11



DETAIL 1 ECHELLE: 1/11
SCALE: 1/11



PPC INTERNAL SPECIFICATION

- * Découpe élastomère: Ø410x28
- * Découpe P.T.F.E.: Ø410x180 Ep:5
- * Découpe inox:
- 2 tôles: 1070x219.3 Ep:1,5
- 2 chanfreins 110x110 par tôle
- * Découpe métal D.U.:
- 2 tôles: Ep:2,48

- Acier
Steel
- Acier inoxydable
Stainless Steel
- P.T.F.E. Pur
Pure P.T.F.E.
- Elastomère
Elastomer

NOTA: A posição da placa superior será definida pelo Projectista

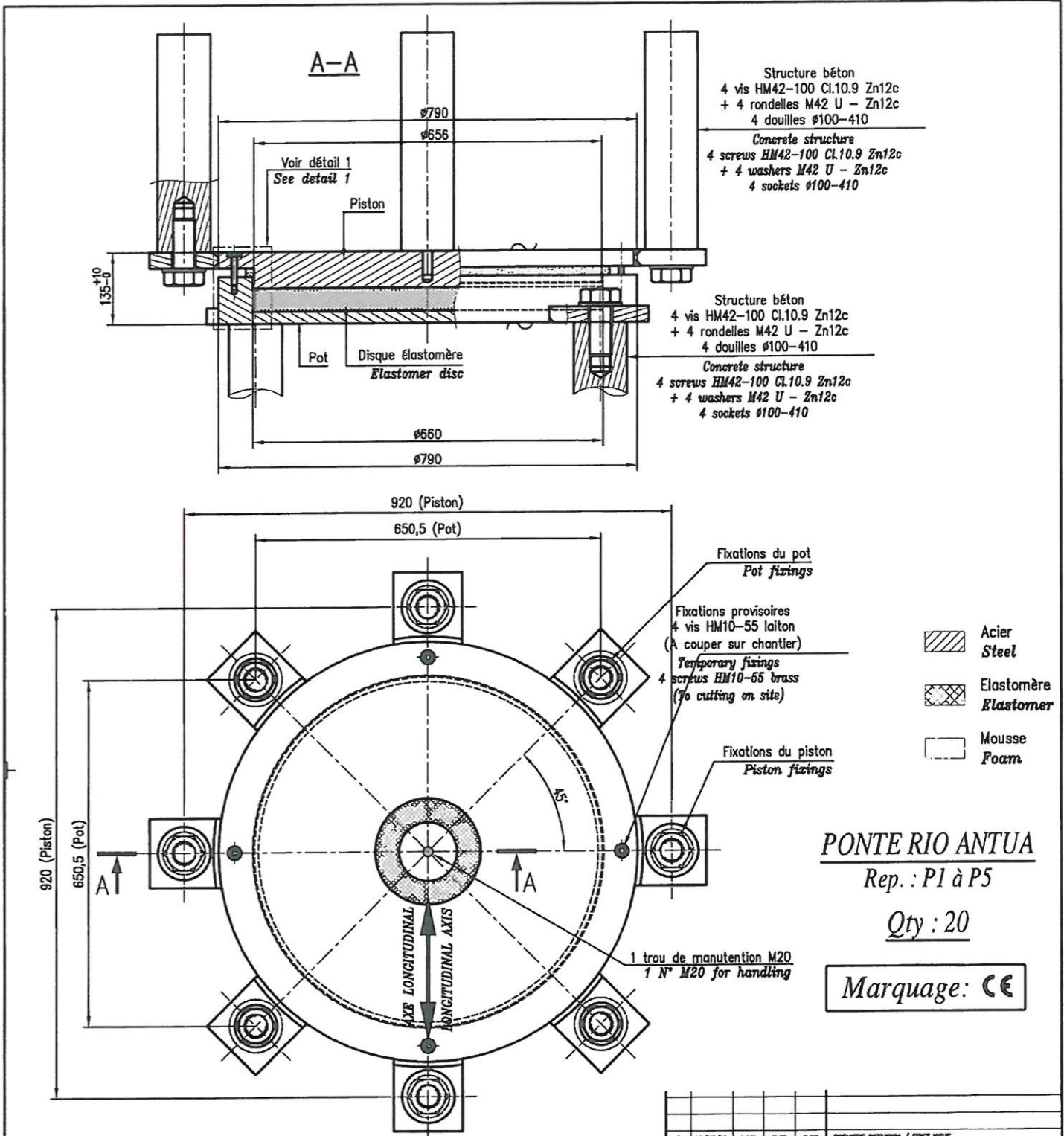
PONTE RIO ANTUA

Rep.: E1 & E2

Qty: 8

Marquage:

A		15/03/10		NAJH	NAJH	PARZ	PREMIERE DIFFUSION / FIRST ISSUE	
REVISION	DATE	DESIGN	VERIFIED	STATUS	MODIFICATIONS			
EUROFORM		S355 JO			Poids net 285 kg			
EN 1337-2 & 5		suivant EN 10025			Poids brut 175 kg			
AFFAIRE / PROJECT CONCESSAO DOURO LITORAL - ALVES RIBEIRO - A32								ADOUR
CLIENT / CUSTOMER								
PRODUCED		DESIGNATION DOSSIER / FILE DESIGNATION					Numero Dossier / File Number	
TETRON		APPUI TETRON CD® GG 4750 250 600 CD SERIES TETRON BEARINGS						
PROCESSED		DESIGNATION ARTICLE / REF. DESIGNATION					Code Article / Product Ref.	
		ENSEMBLE / ASSEMBLY						
APPUI GLISSANT GUIDE CENTRAL / CENTRAL SLIDING GUIDED BEARING								
Distributeur / Distributor:				FORMAT		ÉCHELLE		
FREYSSINET TERRA ARMADA		PLAN / DRAWING N°		A2		1/5		
				AS 12698		A		
Fournisseur / Supplier:		S.A. DU MOYAT 7120 - SAINT DENIS		REPRODUCTION ET MODIFICATION INTERDITES		COPYRIGHT & MODIFICATION FORBIDDEN		
		14 : (33) 03.03.73.00.00 - Fax : (33) 03.03.73.00.01						



Structure béton
 4 vis HM42-100 Cl.10.9 Zn12c
 + 4 rondelles M42 U - Zn12c
 4 douilles Ø100-410

Concrete structure
 4 screws HM42-100 Cl.10.9 Zn12c
 + 4 washers M42 U - Zn12c
 4 sockets Ø100-410

Structure béton
 4 vis HM42-100 Cl.10.9 Zn12c
 + 4 rondelles M42 U - Zn12c
 4 douilles Ø100-410

Concrete structure
 4 screws HM42-100 Cl.10.9 Zn12c
 + 4 washers M42 U - Zn12c
 4 sockets Ø100-410

Fixations du pot
 Pot fixings

Fixations provisoires
 4 vis HM10-55 laiton
 (A couper sur chantier)
 Temporary fixings
 screws HM10-55 brass
 (to cutting on site)

Acier
 Steel

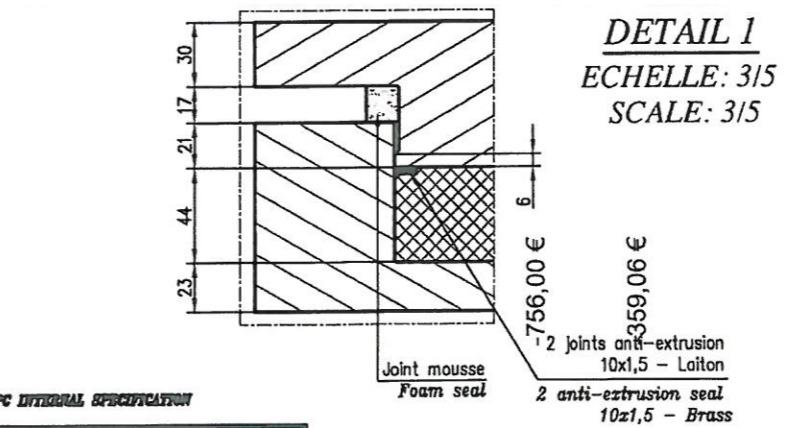
Elastomère
 Elastomer

Mousse
 Foam

PONTE RIO ANTUA
 Rep. : P1 à P5

Qty : 20

Marquage: CE



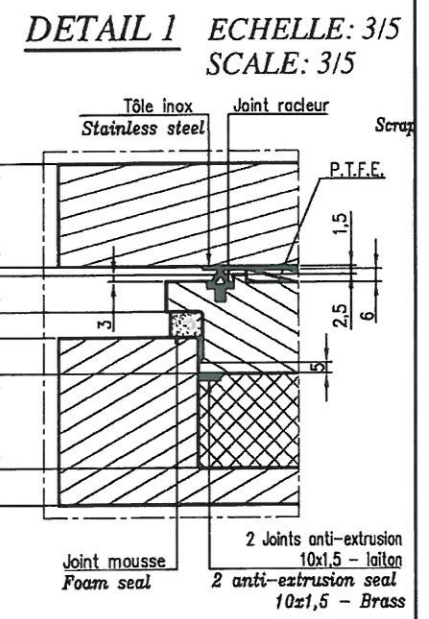
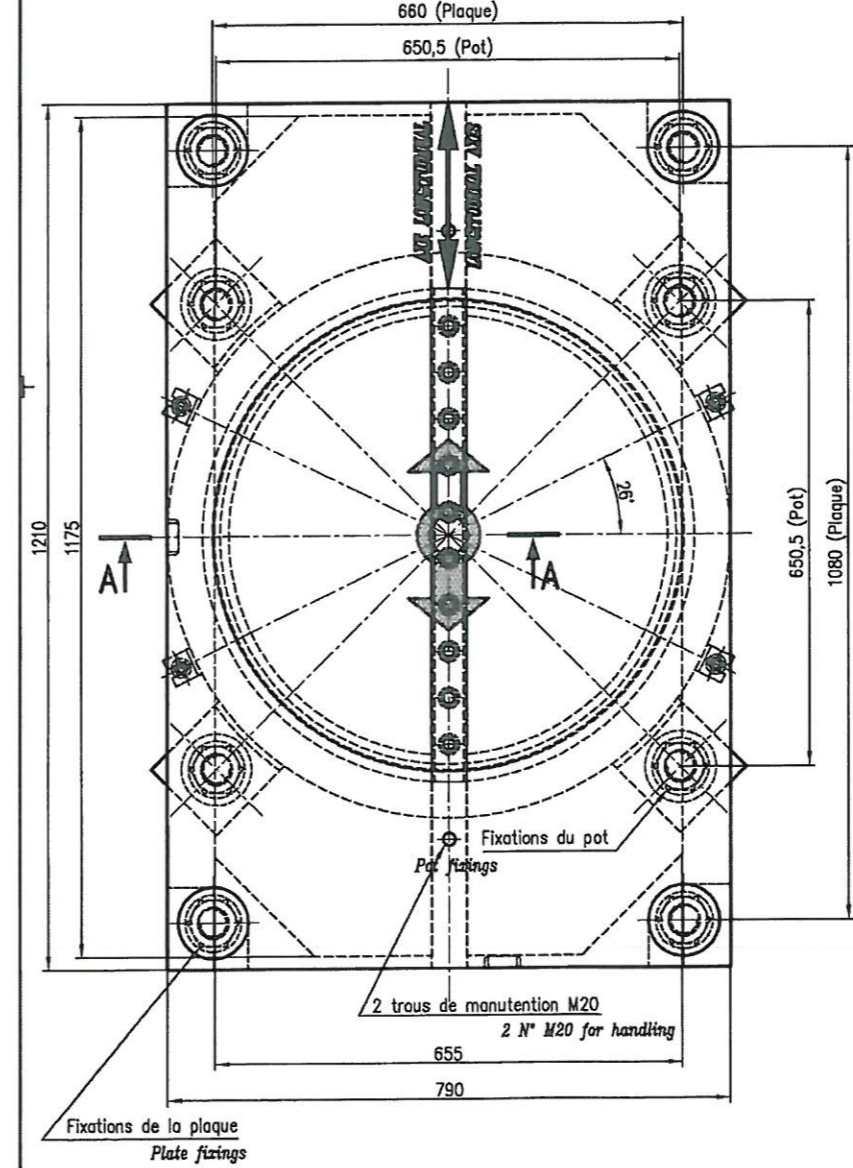
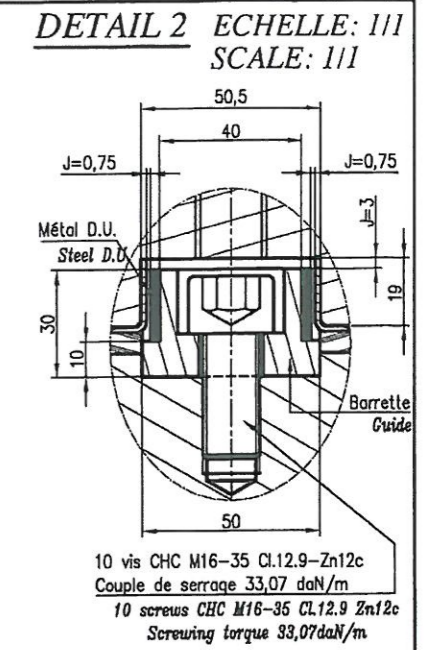
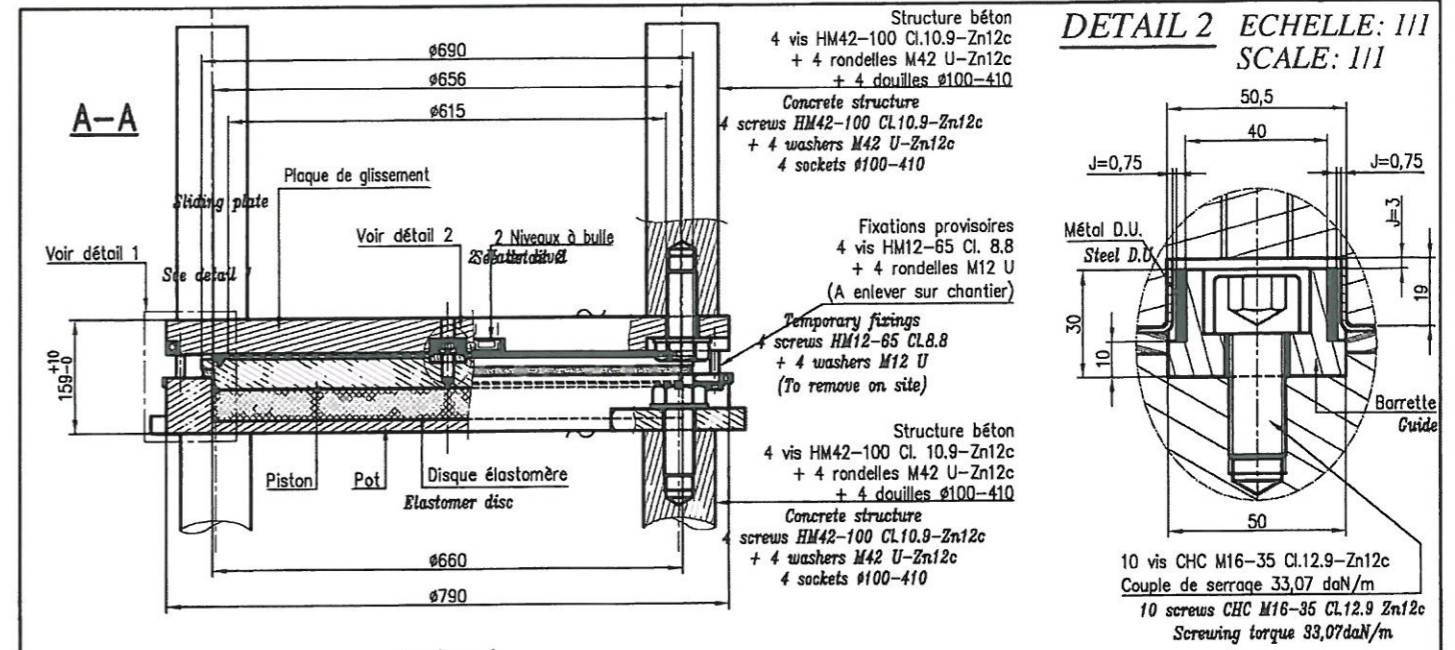
DETAIL 1
 ECHELLE: 3/5
 SCALE: 3/5

756,00 €
 359,06 €

PPC DIFFERENTIAL SPECIFICATION

* Découpe élastomère: Ø660x44

REV. A	12/03/16	L.M.R.	N.L.R.	P.A.Z.	PREMIERE DIFFUSION / FIRST ISSUE		
REVISION	DATE	DESIGNED (CHECKED)	DRAWN (CHECKED)	STATUS	MODIFICATIONS		
DESCRIPTION	MATIERE / MATERIAL	POIDS DE PRODUCTION / PRODUCTION WEIGHT	POIDS NET / NET WEIGHT				
EN 1337-2 & 5	S355 JO suivant EN 10025	C4A NV 695	435 kg 200 kg				
AFFAIRE / PROJECT CONCESSAO DOURO LITORAL - ALVES RIBEIRO A32							
CLIENT / CUSTOMER							
PROPOSANT	DESIGNATION DOSSIER / FILE DESIGNATION					Révision Dossier / File Number	
TETRON	APPUI TETRON CD® EX 12250_559						
	CD SERIES TETRON BEARINGS						
DESIGNATION ARTICLE / REF. DESIGNATION							
ENSEMBLE / ASSEMBLY							
APPUI FIXE / FIXED BEARING							
Distributeur / Distributor :						PROFIL / PROFILE	ECHELLE / SCALE
FREYSSINET TERRA ARMADA						A2	1/5
						PLAT / BEARING PLATE	REVISION
						AS12696	A
Fournisseur / Supplier: ZA, DU BOMAY - 7250 - SAINT DENIS							
Tél : (33) 03.83.73.80.00 - Fax : (33) 03.83.73.80.01							
REPRODUCTION ET MODIFICATION STRICTEMENT INTERDITES / COPYRIGHT & MODIFICATION STRICTLY FORBIDDEN							



NOTA: A posição da placa superior será definida pelo Projectista

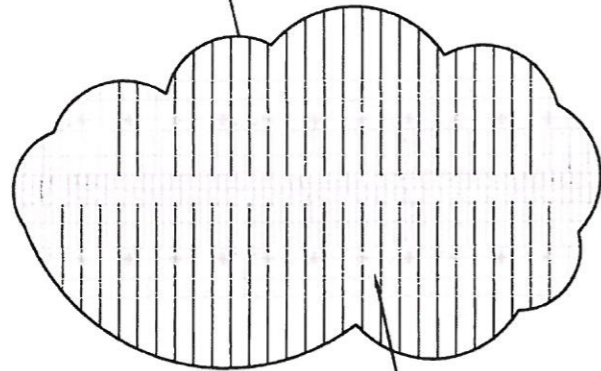
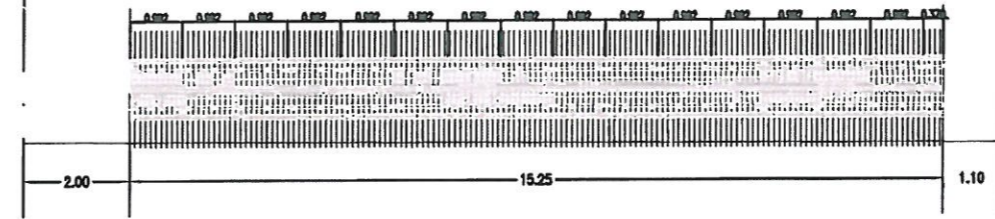
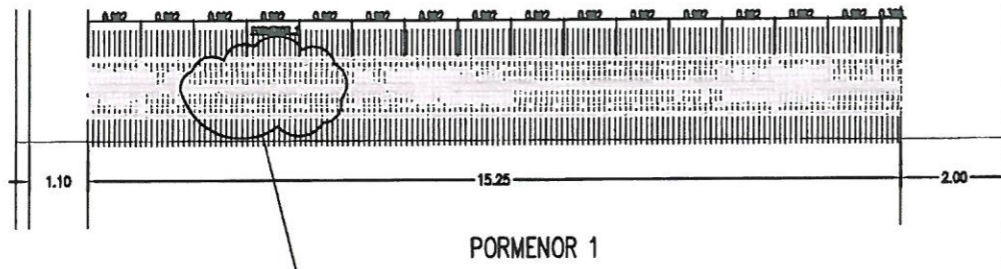
- PPC INTERNAL SPECIFICATION**
- * Découpe élastomère: ø660x44
 - * Découpe P.T.F.E.: ø615x282,5 Ep:6
 - * Découpe inox:
 - 2 tôles: 1175x321,8 Ep:1,5
 - 2 chanfreins 120x120 par tôle
 - * Découpe métal D.U.:
 - 2 tôles: Ep:2,48

- Acier Steel
- Acier inoxydable Stainless Steel
- P.T.F.E. Pur Pure P.T.F.E.
- Elastomère Elastomer

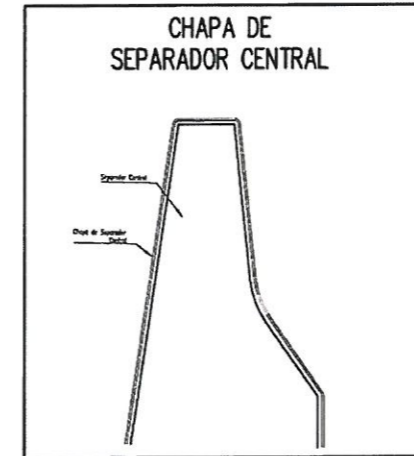
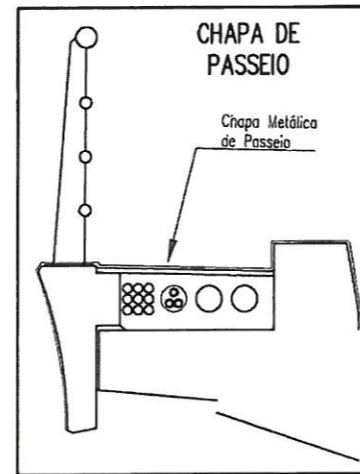
PONTE RIO ANTUA
 Rep.: P6 - P7
 Qty: 8
 Marquage:

A 12/03/10		LMR	MLR	PJZ	PREMIERE DIFFUSION / FIRST ISSUE
REVISION	DATE	DESIGN	VERIF	STATUS	MODIFICATIONS
EURONORM EN 1337-2 & 5	S355 JO	suivant EN 10025	C4A NV 695	2	670 kg 200 kg
AFFAIRE / PROJECT CONCESSAO DOURO LITORAL - ALVES RIBEIRO A32					
CLIENT / CUSTOMER ADOUR					
TETRON	DESIGNATION DOSSIER / FILE DESIGNATION				Numero Dossier / File Number
	APPLIS TETRON CD® GG 12250 612 500 CD SERIES TETRON BEARINGS				
DESIGNATION ARTICLE / REF. DESIGNATION					Date Article / Product Ref.
ENSEMBLE / ASSEMBLY					
APPLI GLISSANT GUIDE CENTRAL / CENTRAL SLIDING GUIDED BEARING					
Distributeur / Distributor:					FORMAT A2
FREYSSINET TERRA ARMADA					ECHELLE 1/5
AS 12697					CLASSEMENT A
Z.A. DU MOYAT 71210 - SAINT BASILE Tel : (33) 03.68.73.85.00 - Fax : (33) 03.68.73.85.01					

PLANTA - JUNTA DE DILATAÇÃO NO TABULEIRO

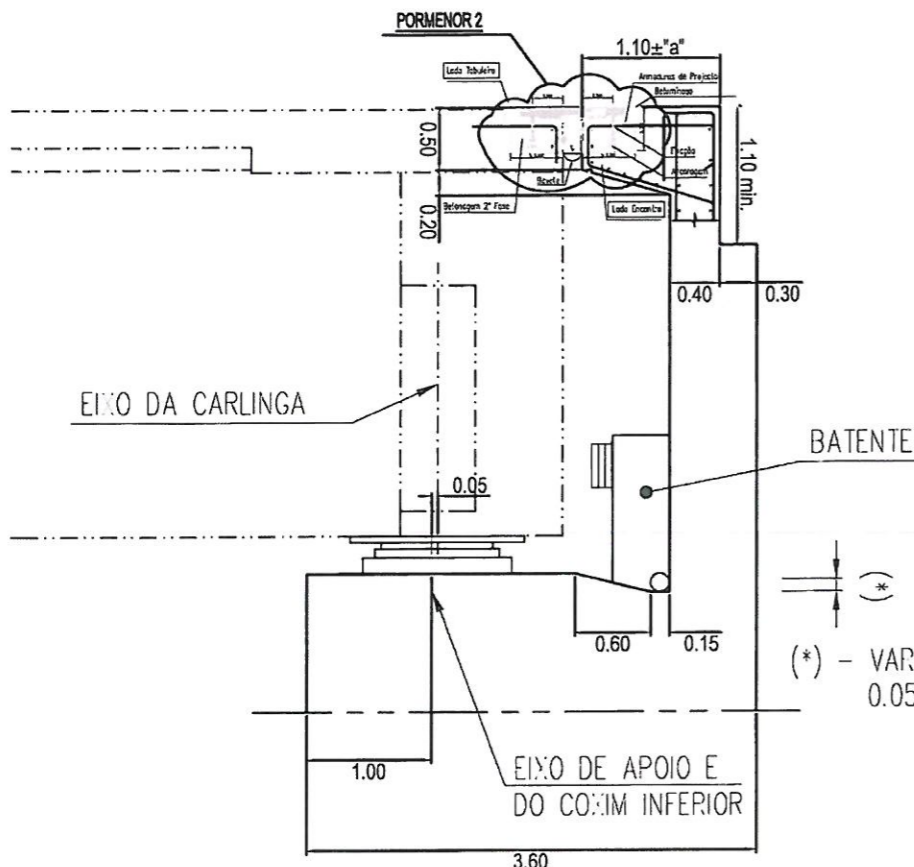


Nota: Nas zonas de conflito entre a fixação das juntas e a armadura do Tabuleiro a armadura do tabuleiro será desviada

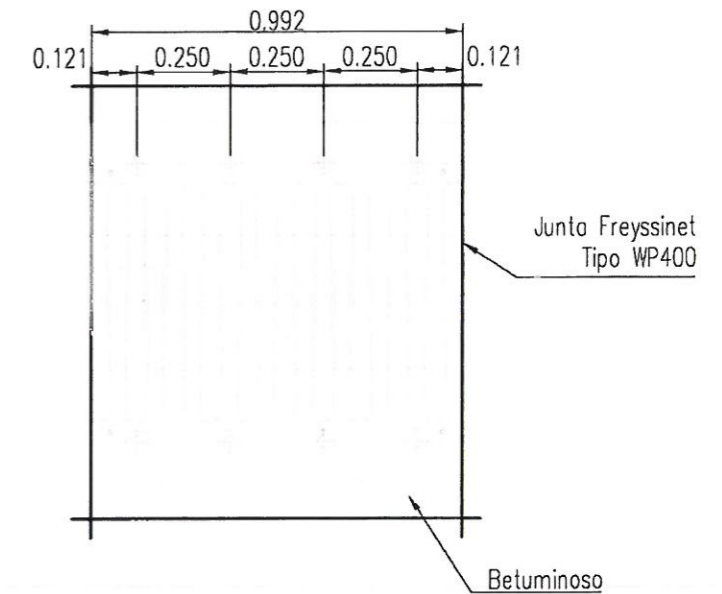
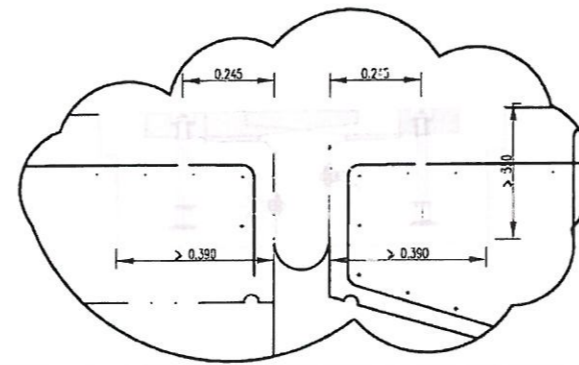


Chapa de Abastecimento	EP	Comprimento	Espessura	Peso	Quantidade e confirmar segundo condições de obra
Chapa de Passeio		850 mm	2.10 m	3 mm	
Chapa de Separador		850 mm	1.35 m	3 mm	28 kg

JUNTA DE DILATAÇÃO WP400
PLANTA



(*) - VARIÁVEL ENTRE 0.05 E 0.10



VERSÃO	DATA				
Morada do Estaleiro: Zona Industrial de Romariz, Rua dos Velos 3700-884 Romariz (Coordenadas N40.9428217; W8.4578464)					
EMPREITADA: CONCESSÃO DOURO LITORAL A32/IC2 - Oliveira de Azeméis / IP1 (S.Lourenço) Trecho 2 - Nogueira do Cravo / Louredo			ENTIDADE EXECUTANTE: ALVES RIBEIRO, S.A.		
DESIGNAÇÃO: PONTE SOBRE O RIO ANTUÃ JUNTAS DE DILATAÇÃO		VERIFICADO POR: <i>Hernesh Chotelal</i>	ESCALAS: 1 / 50	REF.º: Obras de ARTE	Preparação
PREPARAÇÃO: PLANTA / CORTES / PORMENORES		DESENHADO POR: <i>Katia Mendes</i>	DATA: 16-12-2010	DESENHO N.º: PIZA-PR013-00	

PORMENOR - JUNTA DE DILATAÇÃO NOS ENCONTROS

FICHA DE CONTROLO: N.º _____ Obra: _____			
Muro em Terra Armada:	<input type="checkbox"/>	Rede de protecção:	<input type="checkbox"/>
Muro em Gabiões:	<input type="checkbox"/>	Drenagem:	<input type="checkbox"/>
Colchões Reno:	<input type="checkbox"/>	Terratrel:	<input type="checkbox"/>
Tipo de controlo			
Base de Fundação			
Implantação	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/> <u>Observações:</u>
Escavação	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Drenagem	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Recepção Fundo de Caixa	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Outro	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Composição			
Montagem do Cesto/Painel	<input type="checkbox"/>	Amarração <input type="checkbox"/> Verticalidade <input type="checkbox"/> Diafragma alinhado <input type="checkbox"/>	
Enchimento com Rachão	<input type="checkbox"/>	Acondicionamento pedra <input type="checkbox"/> Esticadores <input type="checkbox"/>	
Fecho do Cesto	<input type="checkbox"/>	Tampa: bem esticada <input type="checkbox"/> Bem amarrada <input type="checkbox"/>	
Colocação do Geotêxtil	<input type="checkbox"/>		
Montag. Elementos pré-fabricados	<input type="checkbox"/>	Danos <input type="checkbox"/> Numeração sequencial <input type="checkbox"/>	
Juntas	<input type="checkbox"/>		
Colocação de Armaduras	<input type="checkbox"/>		<u>Oservações:</u>
Cortar rede	<input type="checkbox"/>		
Colocar rede	<input type="checkbox"/>	Bem esticada <input type="checkbox"/>	
Colocação cabo de aço	<input type="checkbox"/>	Bem preso <input type="checkbox"/>	
Pregagem	<input type="checkbox"/>	Profundidade <input type="checkbox"/> Firmeza <input type="checkbox"/>	
Cozer rede	<input type="checkbox"/>	Cosida toda a altura <input type="checkbox"/>	
Outro	<input type="checkbox"/>		
Geometria			
Horizontal	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/> <u>Observações:</u>
Vertical	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Alinhamento	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Posicionamento	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Aterro Técnico			
Geotêxtil	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/> <u>Observações:</u>
Aterro técnico	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Compactação	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Controle dos materiais	<input type="checkbox"/>	De acordo com projecto:	<input type="checkbox"/>
Observações Controlo Externo		Observações Controlo Interno	
Data	Assinatura:	Data	Assinatura:

FICHA DE ENSAIOS DE CALDA DE INJEÇÃO

EMPREITADA: Concessão Douro litoral- Ponte Antuã

COMPOSIÇÃO DA CALDA	QUANTIDADE
- CIMENTO (KG)	
- ÁGUA (L)	
- ADITIVOS:	
BETOFLOW 4 (L)	
CABLE GROUT (KG)	



ENSAIO CONFORME, CONTINUAR PARA OS ENSAIOS SEGUINTE





ENSAIO NÃO CONFORME, DEVE REPETIR A AMASSADURA E TODOS OS ENSAIOS



1) REGISTO DE TEMPERATURA

	Temperatura °C
0 min	
30 min	
1h	
1h 30m	
2h	



a) QUAL A TEMPERATURA DA AMASSADURA LOGO APÓS A SUA EXECUÇÃO? _____ °C

< 30 °C 
 ≥ 30 °C 



b) QUAL A TEMPERATURA DA AMASSADURA 30min APÓS A SUA EXECUÇÃO? _____ °C

< 30 °C 
 ≥ 30 °C 



c) QUAL A TEMPERATURA DA AMASSADURA 1h APÓS A SUA EXECUÇÃO? _____ °C

< 30 °C 
 ≥ 30 °C 

d) QUAL A TEMPERATURA DA AMASSADURA 1h30m APÓS A SUA EXECUÇÃO? _____ °C

< 30 °C 
 ≥ 30 °C 



e) QUAL A TEMPERATURA DA AMASSADURA 2hrs APÓS A SUA EXECUÇÃO? _____ °C

< 30 °C 
 ≥ 30 °C 

2) ENSAIO DE PENEIRAÇÃO

NOTAS:
 - Peneiro com 150mm de diâmetro e com abertura ≤ 2 mm;
 - Verter um mínimo de 1 L de calda fresca através de um peneiro, sendo que pode ser feito enquanto se enche o cone do ensaio de fluidez.



a) FICOU ALGUM AGREGADO RETIDO NO PENEIRO?

Não 
 Sim 



3) ENSAIO DE FLUIDEZ PELO MÉTODO DO CONE

NOTAS:
 - A fluidez não deverá variar mais do que 20% desde imediatamente após a amassadura até 30min após esta.

a) TEMPO NECESSÁRIO PARA QUE 1 L DE CALDA PASSE ATRAVÉS DO ORIFÍCIO DO CONE, IMEDIATAMENTE APÓS A AMASSADURA? $T_0 =$ _____ segs

≤ a 25 segundos 
 ≥ a 25 segundos 

b) TEMPO NECESSÁRIO PARA QUE 1 L DE CALDA PASSE ATRAVÉS DO ORIFÍCIO DO CONE, 30 MINUTOS APÓS A AMASSADURA? $T_{30} =$ _____ segs

$1,2T_0 \geq T_{30} \geq 0,80T_0$ e $T_{30} \leq 25$ seg 
 Fora do intervalo indicado 

FICHA DE ENSAIOS DE CALDA DE INJEÇÃO

4) **ENSAIO DE MECHA PARA MEDIÇÃO DA EXSUDAÇÃO E VARIAÇÃO DE VOLUME**

1 ° ENSAIO		
Tempo	Altura da calda h_o e h_g	Altura da água h_w
$t_o = 0$ min		
15 min		
30 min		
45 min		
60 min		
2 horas		
3 horas		
24 horas		
h_o = altura em t_o ; h_g = altura em t_g		

2 ° ENSAIO		
Tempo	Altura da calda h_o e h_g	Altura da água h_w
$T_o = 0$ min		
15 min		
30 min		
45 min		
60 min		
2 horas		
3 horas		
24 horas		
h_o = altura em t_o ; h_g = altura em t_g		

3 ° ENSAIO		
Tempo	Altura da calda h_o e h_g	Altura da água h_w
$T_o = 0$ min		
15 min		
30 min		
45 min		
60 min		
2 horas		
3 horas		
24 horas		
h_o = altura em t_o ; h_g = altura em t_g		

EXSUDAÇÃO - MÉDIA DOS 3 ENSAIOS				
Tempo	Altura da calda h_b	Altura da água h_w	Exsudação % $(h_w / h_o \times 100)$	
3 horas				

a) QUAL O VALOR MÉDIO DE EXSUDAÇÃO APÓS 3H EM REPOUSO? E = _____ %

$E \leq a 0,3\%$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
$E \geq a 0,3\%$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

VARIAÇÃO DE VOLUME - MÉDIA DOS 3 ENSAIOS				
Tempo	Altura da calda h_b	Altura da calda h_g	Var. Volume % $(h_g - h_o) / h_o \times 100$	
24 horas				

b) QUAL O VALOR MÉDIO VARIAÇÃO DE VOLUME APÓS 24H EM REPOUSO? Var V = _____ %

$-1\% \geq \text{Var v} \geq 5\%$	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Fora do intervalo indicado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

5) **MASSA VOLÚMICA**

a) QUAL A MASSA DE 1 LITRO DE CALDA? _____ Kg

NOTAS:
 - A massa volumica é medida como a relação entre a massa e o volume medidos no estado fluido.
 - O equipamento para medir pesos e volumes deve estar calibrado

6) **ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO**

a) QUAL O VALOR MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 7 DIAS? _____ Mpa

≥ 27 MPa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
< 27 MPa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

NOTAS:
 - Encher cada molde com a calda preparada, sem submeter os provetes a qualquer choque ou vibração.
 - Conservar os provetes em água a (20 ± 2) °C até ao momento do ensaio.
 - Uma vez verificada a conformidade na resistência à compressão aos 7 dias, pode-se dar início aos trabalhos de injeção. Caso contrário, aguardar pela resistência aos 28 dias.

	Provete 1	Provete 2	Valor médio (MPa)
Resistência à compressão aos 7 dias			
Resistência à compressão aos 28 dias			

b) QUAL O VALOR MÉDIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS? _____ Mpa

≥ 30 Mpa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
< 30 Mpa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES:

OS ENSAIOS REALIZADOS TÊM COMO BASE OS SEGUINTE DOCUMENTOS:

- Cláusulas Técnicas Especiais do Caderno de Encargos da Empreitada;
- NP EN 445 2008 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço - Métodos de ensaio;
- NP EN 446 2008 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço - Procedimentos de injeção;
- NP EN 447 2008 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço - Requisitos básicos;
- NP EN 196-1 2006 - Métodos de ensaio de cimentos - Parte 1: Determinação das resistências mecânicas;
- Catálogo de Pré-esforço - Sistema C da Freyssinet

FREYSSINET - TERRA ARMADA, S.A.: _____

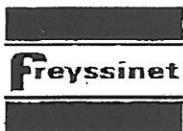
DATA: _____

EMPREITEIRO GERAL: _____

DATA: _____

ENTIDADE FISCALIZADORA: _____

DATA: _____



FICHA DE ENFIAMENTO

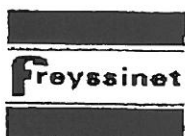


OBRA: PONTE DO ANTUÁ
 PEÇA: 3-TRAMO Directo
 DATA: 7-6-2011

CABO N.º	TIPO	BOBINE		NUMERO DE CORDÕES	OBSERVAÇÕES
		NUMERO	ORIGEM		
1	25715		FABRILELA		197
2		28221		25	
		28221		25	197
3	19T15	28240	- -	79	194
4		28240		76	194
		28221		3	197
1	25715	28218		25	198
2		28218	- -	25	198
3	19T15	28196		10	196
		27282		9	190
4		28240	- -	10	194
		28218		9	198

APROVAÇÃO DA FREYSSINET: Fernanda A

APROVAÇÃO DA FISCALIZAÇÃO: _____



FICHA DE MONTAGEM



OBRA: PONTE DO ANTUÁ

DATA: 7-6-2011

FASE: 3- TRAMO- RIDE

DESIGNAÇÃO DOS TRABALHOS	VISTO	RUBRICA
OS DESENHOS REFEREM-SE À FASE	<input checked="" type="checkbox"/>	
QUALIDADE DOS MATERIAIS		
BAINHAS	<input checked="" type="checkbox"/>	
UNIÕES	<input checked="" type="checkbox"/>	
ANCORAGENS	<input checked="" type="checkbox"/>	
POSICIONAMENTO		
BAINHAS	<input checked="" type="checkbox"/>	
ANCORAGENS	<input checked="" type="checkbox"/>	
ARMADURAS DE REFORÇO	<input checked="" type="checkbox"/>	
TRAÇADO DOS CABOS	<input checked="" type="checkbox"/>	
QUALIDADE GERAL DO TRABALHO	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVAÇÕES:

APROVAÇÃO DA FREYSSINET:

APROVAÇÃO DA FISCALIZAÇÃO:

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	1
Ordem de tens.	4º
Tipo	25T15
Módulo Teórico	197

Equipamento	Tipo	Nº
Macaco	CC1000	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	401	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	<p>Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$ → 282</p> <p>Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$ → 255</p>	<table border="1"> <tr> <td>com E te</td> <td>com E teórico</td> </tr> <tr> <td>272</td> <td>269</td> </tr> </table>	com E te	com E teórico	272	269
com E te	com E teórico							
272	269							
Pressão Final p_0 (bars)	422	Alongamento Teórico final A_o (mm)	<p>Alongamento máximo = $1.10 \times A_o$ → 311</p> <p>Alongamento mínimo = $0,95 \times A_o$ → 269</p>	<table border="1"> <tr> <td>com E te</td> <td>com E teórico</td> </tr> <tr> <td>286</td> <td>283</td> </tr> </table>	com E te	com E teórico	286	283
com E te	com E teórico							
286	283							
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$	67					
Pressão de blocagem (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)	6					

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
p_1	100					A_1
p_2	200					A_2
p_3	300					A_3
p_a	401					A_a
p_0	422					A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6+/-2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES

1. A pressão P_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

2. O alongamento A_o apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	1'
Ordem de tens.	3º
Tipo	25T15
Módulo Teórico	198

Equipamento	Tipo	Nº
Macaco	CC1000	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	401	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	com E te	com E teórico	281
		Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$		272	268	254
Pressão Final p_0 (bars)	422	Alongamento máximo = $1.10 \times A_0$	Alongamento Teórico final A_0 (mm)	com E te	com E teórico	310
		Alongamento mínimo = $0,95 \times A_0$		286	282	268
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$				67
Pressão de blocagem (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)				6

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
P_1 100						A_1
P_2 200						A_2
P_3 300						A_3
P_a 401						A_a
P_0 422						A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6+/-2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão P_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

2. O alongamento A_0 apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	2
Ordem de tens.	1º
Tipo	25T15
Módulo Teórico	197

Equipamento	Tipo	Nº
Macaco	CC1000	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	401	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	291
		Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$		264
Pressão Final p_0 (bars)	422	Alongamento máximo = $1.10 \times A_0$	Alongamento Teórico final A_0 (mm)	321
		Alongamento mínimo = $0,95 \times A_0$		277
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$		69
Pressão de blocagem (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)		6

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
P_1 100						A_1
P_2 200						A_2
P_3 300						A_3
P_a 401						A_a
P_0 422						A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6+/-2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão P_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

2. O alongamento A_0 apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	2º
Ordem de tens.	2º
Tipo	25T15
Módulo Teórico	198

Equipamento	Tipo	Nº
Macaco	CC1000	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	401	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$	290
			Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$	262
				com E te: 280
				com E teórico: 276
Pressão Final p_0 (bars)	422	Alongamento Teórico final A_0 (mm)	Alongamento máximo = $1.10 \times A_0$	320
			Alongamento mínimo = $0,95 \times A_0$	276
				com E te: 295
				com E teórico: 291
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$		69
Pressão de blocagem (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)		6

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
P_1 100						A_1
P_2 200						A_2
P_3 300						A_3
P_a 401						A_a
P_0 422						A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6+/-2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão P_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

2. O alongamento A_0 apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	3
Ordem de tens.	5°
Tipo	19T15
Módulo Teórico	194

Equipamento	Tipo	N°
Macaco	K500C	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	536	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$		318
			com E te	com E teórico	301
			Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$		288
Pressão Final p_o (bars)	565	Alongamento Teórico final A_o (mm)	Alongamento máximo = $1.10 \times A_o$		350
			com E te	com E teórico	317
			Alongamento mínimo = $0,95 \times A_o$		303
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_o \times p_1)/p_o$	56		
Pressão de blocagem (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)	6		

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
p_1 100						A_1
p_2 200						A_2
p_3 300						A_3
p_a 536						A_a
p_o 565						A_o
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)					6+/-2mm	h +
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão P_o apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado 2. O alongamento A_o apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	3'
Ordem de tens.	6°
Tipo	19T15
Módulo Teórico	193

Equipamento	Tipo	N°
Macaco	K500C	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	536	1	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$ Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm) Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$	com E te	com E teórico	319
				301	304	289
Pressão Final p_0 (bars)	565		Alongamento máximo = $1.10 \times A_0$ Alongamento Teórico final A_0 (mm) Alongamento mínimo = $0,95 \times A_0$	com E te	com E teórico	352
				317	320	304
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$				57
Pressão de bloqueio (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)				6

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
p_1 100						A_1
p_2 200						A_2
p_3 300						A_3
p_a 536						A_a
p_0 565						A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6+/-2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão p_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

 2. O alongamento A_0 apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	4
Ordem de tens.	8º
Tipo	19T15
Módulo Teórico	194

Equipamento	Tipo	Nº
Macaco	K500C	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	536	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$		332
			com E te	com E teórico	314
			Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$		300
Pressão Final p_0 (bars)	565	Alongamento Teórico final A_0 (mm)	Alongamento máximo = $1.10 \times A_0$		366
			com E te	com E teórico	331
			Alongamento mínimo = $0,95 \times A_0$		316
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$			59
Pressão de bloqueio (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)			6

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
p_1 100						A_1
p_2 200						A_2
p_3 300						A_3
p_a 536						A_a
p_0 565						A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6+/-2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão p_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

2. O alongamento A_0 apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			

ELEMENTO / FASE

TRAMO 3D

TIPOS DE CABOS E EQUIPAMENTOS

Cabo nº	4'
Ordem de tens.	7°
Tipo	19T15
Módulo Teórico	196

Equipamento	Tipo	N°
Macaco	K500C	
Bomba		
Manómetro		

VALORES DE PRESSÃO E ALONGAMENTOS

Pressão de alerta p_a (bars)	536	Alongamento Teórico de Alerta A_a (mm)	Alongamento máximo = $1.05 \times A_a$		328
			com E te	com E teórico	314
			Alongamento mínimo = $0.95 \times A_a$		297
Pressão Final p_0 (bars)	565	Alongamento Teórico final A_0 (mm)	Alongamento máximo = $1.10 \times A_0$		362
			com E te	com E teórico	331
			Alongamento mínimo = $0,95 \times A_0$		313
Pressão p_1 - patamar 1 - (bars)	100	Correcção do alongamento teórico à pressão $p_1 = (A_0 \times p_1)/p_0$	58		
Pressão de bloqueio (bars)	120	Correcção de reentrada das cunhas (mm)	6		

PRESSÃO (bars)	Lado A	Lado B	Total bruto/patamar (mm)	Correcção (mm)	Total Corrigido (mm)	A
	Alongamento medido (mm)	Alongamento medido (mm)				
p_1 100						A_1
p_2 200						A_2
p_3 300						A_3
p_a 536						A_a
p_0 565						A_0
V.V. 100bars				reentrada das cunhas teórica (mm)	Fim da betonagem (data e hora)	
Reentrada bruta (mm)				6 +/- 2mm	h +	Resistência
Reentrada Líquida (mm)					h +	Duração

NOTES 1. A pressão p_0 apresentada tem em conta as perdas do macaco utilizado

2. O alongamento A_0 apresentado tem em conta o sobrecomprimento do macaco utilizado.

CONTROLO

Designação	Nome	Assinatura	Data
FREYSSINET - Resp. pelo Tensionamento			
FREYSSINET - Enc. Geral			
CLIENTE			
FISCALIZAÇÃO			