



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Pré-esforço em Edifícios e Obras de Arte

LUÍS FILIPE DOS SANTOS HILÁRIO
(Licenciado em Engenharia Civil)

Relatório de Estágio - Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil - Área de Especialização de Edificações

Versão Definitiva

Orientadores:

Luciano Alberto do Carmo Jacinto, Eq. Ass. 2º triénio do ISEL, Doutor
José Galamba de Castro, Eng.º Civil na VSL Sistemas Portugal, Licenciado

Júri:

Presidente: Maria Ana Viana Baptista, Prof. Coord. c/Agregação do ISEL, Doutor

Vogais: Manuel Brazão de Castro Farinha, Prof. Adjunto do ISEL, Mestre
Luciano Alberto do Carmo Jacinto, Eq. Ass. 2º triénio do ISEL, Doutor
José Galamba de Castro, Eng.º Civil na VSL Sistemas Portugal, Licenciado

Maio de 2013

Avô, Avó, Pai e Mãe,

A vós dedico este "rabisco" de Engenharia.

Agradecimentos

Ao Professor Luciano Jacinto pela orientação, apoio e valiosas contribuições.

Ao Eng.º José Galamba de Castro pela orientação e apoio em estágio.

Ao Eng.º Carlos Moniz, director-geral da VSL Sistemas Portugal S.A., pela oportunidade de estagiar numa empresa líder em Engenharia e de renome mundial.

Aos restantes Engenheiros, Encarregados, Arvorados e Montadores da VSL Sistemas Portugal por me terem acolhido, ajudado e transmitido os conhecimentos acumulados ao longo de largos anos de experiência.

Aos meus amigos de sempre e para sempre!

Aos fantásticos colegas de Faculdade pela amizade, companheirismo, apoio, opiniões, sugestões, e pelos bons tempos passados ao longo de todo o nosso percurso universitário e que tantas saudades irão deixar.

À Ana, pelo estímulo permanente, pela coragem, crença e força para vencer. Características de uma "menina" lutadora que me dão motivação e me fazem acreditar.

Aos meus Avós e aos meus Pais por me proporcionarem todas as condições. Pelo apoio incondicional, paciência, carinho, por estarem sempre ao meu lado e sobretudo pela transmissão dos valores que hoje são um traço profundo na definição da pessoa que sou.

O meu eterno agradecimento, por tudo!

"During the span of a career, a Civil Engineer may build Bridges, plan Roads and Highways, Design and Develop Infrastructure, Manage construction of Ports and Seaways or even some day, help turn the tide..."

Department of Civil & Environmental Engineering, Faculty Of Engineering, The University of Auckland, New Zealand,
2010

Resumo

O presente relatório de estágio encontra-se inserido no âmbito do Trabalho Final de Mestrado, da área de especialização de Edificações, relativo ao curso de Engenharia Civil, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, sobre a execução de Pré-esforço em Edifícios e Obras de Arte.

O estágio foi desenvolvido na empresa VSL Sistemas Portugal S.A. - Pré-esforço, Equipamento e Montagens e teve como objectivo o acompanhamento da subempreitada de aplicação e execução de pré-esforço para três entidades:

- Agrupamento complementar de empresas Teixeira Duarte / Zagope - Viaduto de Coina 1;
- Lena Construções - Pontão de Coina;
- BRITALAR - Hotel Tryp Aeroporto Lisboa.

O estágio realizou-se junto do Departamento de Produção, ao nível do acompanhamento dos trabalhos em obra e trabalho administrativo inerente ao mesmo.

O objectivo inicial do estágio foi o de interpretar as peças escritas e desenhadas relacionando-as com a aplicação do pré-esforço em obra, conhecer as técnicas e materiais a aplicar nas diferentes fases, relacionando assim, a sua utilização com a prevenção de eventuais patologias.

Palavras-chave: Pré-esforço; Laje; Viga;

Abstract

The present report is the final assignment of the master degree in Civil Engineering, Buildings specialization, of ISEL - Lisbon Superior Engineering Institute, about prestressed concrete in bridges, viaducts and buildings.

The curricular internship was developed in the company VSL Sistemas Portugal S.A. - Prestressing, Equipment and Assembly, and had as object, the provision of services to:

- Teixeira Duarte / Zagope joint venture - Coina 1 Viaduct;
- Lena Construções - Coina bridge;
- BRITALAR - Tryp Airport Lisboa Hotel.

The curricular internship was held in the Production Department, monitoring the work on site and paper work inherent to it.

The original purpose of the internship was to interpret the written and drawn documents and survey its application on site, get acquainted with the techniques and materials to be used in the different phases, and correlating its application with the prevention of pathologies.

Keywords: Prestressing; Slab; Beam;

Índice de texto

1 - Introdução	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - Motivações	2
1.3 - Objectivos do estágio	2
1.4 - Estrutura do relatório	2
2 - Descrição da Empresa	5
2.1 - Grupo VSL.....	5
2.2 - Organização do Grupo	10
3 - A tecnologia do Pré-esforço	11
3.1 - Objectivo e procedimentos do Pré-esforço.....	11
3.2 - Referência histórica sobre o Pré-esforço.....	12
3.3 - Vantagens e desvantagens do Betão Pré-esforçado face ao Betão Armado convencional	13
3.4 - Aplicações do Pré-esforço.....	14
3.5 - Componentes de um sistema de Pré-esforço.....	16
3.5.1 - Armaduras de Pré-esforço	16
3.5.2 - Ancoragens de Pré-esforço	19
3.5.3 - Bainhas de Pré-esforço.....	22
3.6 - Projecto de Aplicação do Pré-esforço.....	23
4 - Descrição Geral das Obras	25
4.1 - Viaduto de Coima 1	25
4.1.1 - Considerações Iniciais	25
4.1.1.1 - Tabuleiro	27
4.1.1.2 - Ligações tabuleiro-pilares.....	28
4.1.1.3 - Pilares	29

4.1.1.4 - Ligação tabuleiro-encontro	29
4.1.1.5 - Encontros	30
4.1.1.6 - Fundações.....	30
4.1.1.7 - Processo construtivo	30
4.1.2 - Projecto de Aplicação de Pré-esforço VSL	31
4.1.2.1 - Materiais utilizados	31
4.1.2.2 - Faseamento construtivo	32
4.1.2.3 - Descrição dos cabos e ancoragens a utilizar	33
4.1.2.4 - Força de pré-esforço aplicada	36
4.1.2.5 - Plano genérico de puxe dos cabos.....	36
4.2 - Pontão sobre o Rio Coina.....	37
4.2.1 - Considerações Iniciais	37
4.2.2 - Projecto de Aplicação de Pré-esforço VSL	39
4.2.2.1 - Materiais utilizados	40
4.2.2.2 - Faseamento Construtivo	40
4.2.2.3 - Descrição dos cabos e ancoragens a utilizadas.....	41
4.2.2.4 - Força de pré-esforço aplicada	41
4.2.2.5 - Plano genérico de puxe dos cabos.....	42
4.3 - Hotel Tryp Aeroporto Lisboa.....	43
4.3.1 - Considerações Iniciais	43
4.3.2 - Projecto de Aplicação de Pré-esforço VSL	44
4.3.2.1 - Materiais Utilizados	44
4.3.2.2 - Faseamento construtivo	45
4.3.2.3 - Descrição dos cabos e ancoragens utilizados.....	45
4.3.2.4 - Força de pré-esforço aplicada	49
4.3.2.5 - Plano genérico de puxe dos cabos.....	51

4.4 - Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho.....	52
4.4.1 - Utilização de Equipamentos de Protecção Individual.....	54
4.4.2 - Utilização de Equipamentos de Protecção Colectiva.....	58
4.4.3 - Acções correctas	60
4.4.4 - Acções incorrectas e inseguras	64
4.4.5 - Transporte de cargas.....	68
4.4.6 - Condições de trabalho	70
4.4.6.1 - Condições de trabalho inseguras	71
4.4.7 - Considerações gerais sobre a Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho	73
4.5 - Recepção e Armazenamento de Material em Obra.....	74
4.6 - Fiscalização, Gestão e Coordenação de obra.....	76
5 - Actividades de execução do pré-esforço.....	79
5.1 - Montagem de bainhas e ancoragens.....	79
5.2 - Enfiamento do aço.....	83
5.3 - Betonagem	84
5.4 - Tensionamento.....	84
5.5 - Desmoldagem	88
5.6 - Injecção das bainhas e selagem dos nichos de ancoragem.....	88
5.6.1 - Composição e dosagem das caldas	89
5.6.2 - Operação de injecção	90
5.6.2.1 - Limpeza dos cabos.....	90
5.6.2.2 - Ordem de introdução dos componentes.....	91
5.6.2.3 - Execução dos ensaios das caldas.....	92
5.6.2.4 - Temperatura	94
5.6.2.5 - Injecção	95

5.7 - Trabalhos realizados ao longo do estágio	96
6 - Conclusões	97
7 - Referências Bibliográficas.....	99
8 - Anexos	I
Anexo A - Peças desenhadas Viaduto Coima 1	II
Anexo B - Peças desenhadas Pontão sobre o rio Coima	III
Anexo C - Peças desenhadas Hotel Tryp Aeroporto Lisboa.....	IV
Anexo D - Protocolos.....	V
Anexo E - Outras obras acompanhadas.....	VI

Índice de figuras

Figura 1 - Organização do Grupo Bouygues	5
Figura 2 - Organização do Grupo VSL	7
Figura 3 - Localização das várias delegações da VSL.....	10
Figura 4 - Pormenor de fios e cordões	16
Figura 5 - Características dos cordões.....	17
Figura 6 - Barra roscada e barra lisa	17
Figura 7 - Características das barras de pré-esforço	18
Figura 8 - Características dos cordões vs. Barras.....	18
Figura 9 - Exemplos de ancoragens activas.....	19
Figura 10 - Exemplos de ancoragens de continuidade ou acoplamento	20
Figura 11 - Exemplos de ancoragens passivas.....	21
Figura 12 - Bainha metálica e bainha plástica.....	22
Figura 13 - Evolução do processo comercial na VSL.....	23
Figura 14 - Localização do Viaduto Coina 1.....	25
Figura 15 - Entidades intervenientes na obra.....	26
Figura 16 - Viaduto Coina 1 evidenciando as nervuras.....	27
Figura 17 - Perfis <i>New Jersey</i>	28
Figura 18 - Viaduto Coina 1.....	29
Figura 19 - Aparelho de apoio tipo <i>pot-bearing</i>	29
Figura 20 - Tabuleiro Norte e Sul do Viaduto Coina 1	31
Figura 21 - Características do aço adoptado	32
Figura 22 - Localização do Pontão sobre o rio Coina.....	37
Figura 23 - Panorama sobre o Pontão de Coina.....	38
Figura 24 - Pontão de Coina evidenciando as duas faixas de rodagem	38

Figura 25 - Entidades envolvidas na obra	39
Figura 26 - Características do aço de pré-esforço adoptado	40
Figura 27 - Macaco monocórdão.....	42
Figura 28 - Localização do Hotel Tryp Aeroporto Lisboa	43
Figura 29 - Entidades intervenientes na obra.....	44
Figura 30 -- Características do aço de pré-esforço adoptado	45
Figura 31 - Força de pré-esforço aplicada nas lajes	49
Figura 32 - Força de pré-esforço aplicada nas vigas	50
Figura 33 - Manual de acolhimento	52
Figura 34 - Capacete de protecção e uso do mesmo.....	54
Figura 35 - Exemplo de óculos de protecção	55
Figura 36 - Luvas de protecção e uso das mesmas.....	55
Figura 37 - Exemplo de arnês e sua utilização.....	56
Figura 38 - Botas protectoras e sua utilização	56
Figura 39 - Colete reflector e sua utilização	57
Figura 40 - Utilização das guardas de segurança	58
Figura 41 - Utilização de andaimes	59
Figura 42 - Exemplo de acções correctas	60
Figura 43 - Uso correcto dos vários EPI aquando do fabrico da calda.....	61
Figura 44 - Resíduos de material devidamente acomodados	61
Figura 45 - Local devidamente limpo e arrumado	62
Figura 46 - Zona de armazenamento de resíduos	63
Figura 47 - Zona de resíduos devidamente sinalizada.....	63
Figura 48 - Trabalhador a fumar em obra	64
Figura 49 - Cerveja no local de refeições	65
Figura 50 - Sinalização no local de trabalho	65

Figura 51 - Capacete e arnês no chão	66
Figura 52 - Operação sem guarda corpos e deficiente plataforma de trabalho	66
Figura 53 - Falta do capacete e luvas de protecção.....	67
Figura 54 - Trabalhador efectua corte dos cabos sem óculos de protecção	68
Figura 55 - Grua a efectuar o levantamento do macaco	68
Figura 56 - Trabalhador ajuda na orientação do macaco	69
Figura 57 - Deslocamento do macaco por cavalete e por grua	69
Figura 58 - Acumulação de resíduos.....	71
Figura 59 - Pregos virados para cima	71
Figura 60 - Elevação de armadura de pilar	72
Figura 61 - Elevação dos cordões de pré-esforço e pontas sem protecção.....	72
Figura 62 - Cogumelos a proteger as pontas dos varões.....	73
Figura 63 - Panorama do armazém e disposição das bobines de aço.....	74
Figura 64 - Recepção dos pratos ou cabeças de ancoragem	75
Figura 65 - Desenrolador com a bobine de aço e acomodação das bainhas...	75
Figura 66 - Acomodação do cimento e da máquina de injeção	75
Figura 67 - Operação de tensionamento acompanhada pelos fiscais.....	77
Figura 68 - Colocação de travincas e bainhas	80
Figura 69 - Ligação entre bainhas.....	80
Figura 70 - Casting e trompette.....	81
Figura 71 - Colocação de caixa e armaduras de reforço.....	81
Figura 72 - Colocação da hélice.....	82
Figura 73 - Colocação dos tubos de purga	82
Figura 74 - Enfiamento com máquina vs. manual	83
Figura 75 - Betonagem.....	84
Figura 76 - Cunhas de tracção do macaco	85

Figura 77 - Macaco a efectuar o puxe do cabo	86
Figura 78 - Medição do alongamento.....	86
Figura 79 - Trabalhador a efectuar a descofragem	88
Figura 80 - Componentes e dosagem da calda de injeção	89
Figura 81 - Inserção dos componentes acompanhado por fiscal	91
Figura 82 - Ensaio de viscosidade	92
Figura 83 - Enchimento dos cubos com calda.....	93
Figura 84 - Medição da temperatura do cimento.....	94
Figura 85 - Calda a sair por tubo de purga.....	95

1 - Introdução

1.1 - Enquadramento

O presente documento enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado, inserido no Mestrado de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, relativo à área de especialização de Edificações. O trabalho foi desenvolvido na empresa VSL Sistemas Portugal, Pré-esforço, Equipamento e Montagem, S.A., com sede no concelho de Oeiras, sob a orientação do Eng.º José Galamba de Castro.

Foram propostas pela VSL duas alternativas, a de realizar o estágio junto do Departamento Técnico ou na Direcção de Produção. Dado pertencer à área de especialização de Edificações, intimamente ligada aos processos de construção e à gestão de obras e estaleiros, conclui-se que a melhor opção seria desenvolver o estágio junto da equipa de produção. Contudo, houve também uma formação junto do Departamento Técnico onde foram abordados aspectos relativos ao desenvolvimento do Projecto de Aplicação de Pré-esforço, daqui em diante designado por PAPe, que se revelaram imprescindíveis para o enquadramento das soluções executadas.

O estágio foi realizado tendo como base de trabalho o estudo e acompanhamento das várias actividades que dizem respeito à execução de pré-esforço, durante o período de 2 de Abril de 2012 a 14 de Agosto de 2012 (dezanove semanas).

Relativamente ao conteúdo do relatório de estágio, dado que se desenvolveu exclusivamente em obra, foi definido como objectivo primordial do mesmo o estudo dos recursos e da metodologia construtiva utilizada para a execução das várias actividades que compõem o pré-esforço, de forma a possibilitar o devido enquadramento e correcta compreensão dos processos acompanhados.

1.2 - Motivações

As motivações que levaram à escolha de um estágio para conclusão do Mestrado em Engenharia Civil foram as de poder aplicar muitos dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, poder trabalhar com uma equipa que me transmitisse experiência, conhecimento e conhecer as responsabilidades inerentes à profissão.

1.3 - Objectivos do estágio

O objectivo do estágio foi o de, primeiramente, interpretar as peças escritas e desenhadas e posteriormente assistir à sua aplicação em obra, conhecer as técnicas e materiais a aplicar nas diferentes fases do processo de execução do pré-esforço, relacionando assim, a sua aplicação como prevenção de possíveis patologias.

1.4 - Estrutura do relatório

A estrutura do relatório está dividida em seis capítulos, sendo o capítulo 1 a Introdução.

No capítulo 2 apresenta-se uma descrição da empresa onde o estágio decorreu.

No capítulo 3 aborda-se a tecnologia do pré-esforço.

No capítulo 4 é feita uma descrição geral das obras acompanhadas e dá-se atenção também ao tema da Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho e da Fiscalização, Gestão e Coordenação de Obra.

No capítulo 5 são descritas em pormenor as actividades de execução do pré-esforço.

Por fim, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões.

2 - Descrição da Empresa

2.1 - Grupo VSL

O grupo BOUYGUES está dividido em três grandes áreas: Construção, Telecomunicações & Media e Energia-Transporte.

A BOUYGUES CONSTRUCTION é composta por vários departamentos, entre eles, o SPECIALIST CIVIL WORK DIVISION, onde se insere o grupo VSL. Com um volume de negócio que ultrapassa os 9.8 biliões de euros, a BOUYGUES CONSTRUCTION emprega cerca de 52000 pessoas e está presente em 80 países nos 5 continentes, dados relativos ao ano de 2011.

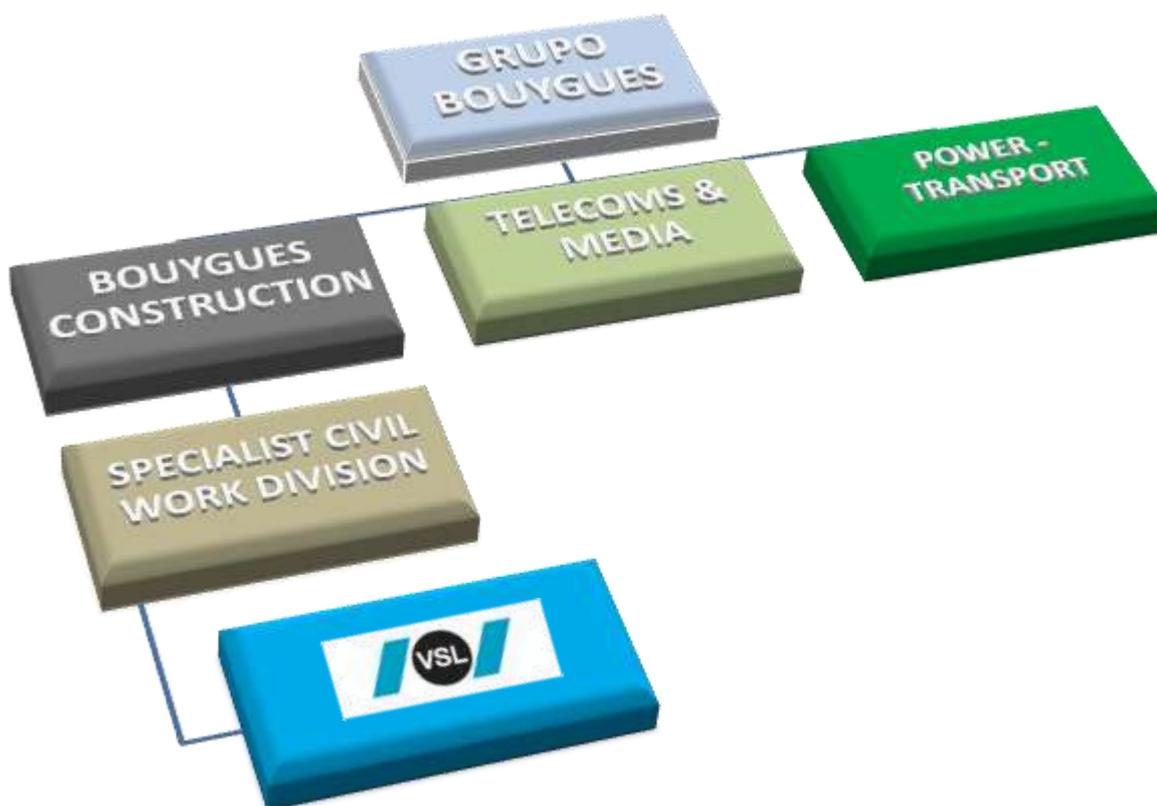


Figura 1 - Organização do Grupo Bouygues

Do grupo VSL derivam outros três, sendo estes grupos de empresas especializadas em:

- Engenharia de Solos;
- Construção e Estruturas;
- Reparação, Reforço e Manutenção.

O grupo VSL emprega cerca de 4100 funcionários, entre os quais 900 engenheiros e técnicos. O grupo dedica-se à prestação de serviços na área de estudos e execução de vários trabalhos e oferece igualmente produtos de alta tecnologia. As soluções e os sistemas comprovados e acreditados por várias instituições criaram a reputação do grupo com projectos inovadores e soluções de engenharia, com fiabilidade, qualidade e eficiência.

A VSL opera como uma rede mundial por meio de 35 subsidiárias. Possui unidades de produção em Espanha e na China e dois centros técnicos de formação, na Suíça e em Singapura. Actualmente possui 32 patentes em utilização e disponibiliza um orçamento de 3 milhões de euros para R&D¹. O valor de negócios relativos a 2011 foi de 338 milhões de euros.

A VSL foi pioneira ao criar, em 2008, a VSL Academy. O primeiro centro dedicado a fornecer aos funcionários treino teórico e prático em técnicas de pós-tensão, *stay cables*² e engenharia de solos. Tem a função adicional de ajudar a circular as técnicas mais recentes e toda a inovação, em qualquer escala, através das várias subsidiárias distribuídas pelo globo.

¹ Research and development

² Tirantes

O grupo intervêm na realização e melhoramento de estruturas, respondendo a variados tipos de aplicações:

- Infraestruturas colectivas (Pontes e Túneis);
- Estruturas industriais (LNG's¹, Centrais Nucleares, Digestores);
- Estruturas comerciais (Naves Logísticas, Armazéns e Hipermercados);
- Edifícios de grande porte (Bibliotecas, Hotéis, Escritórios, entre outros).

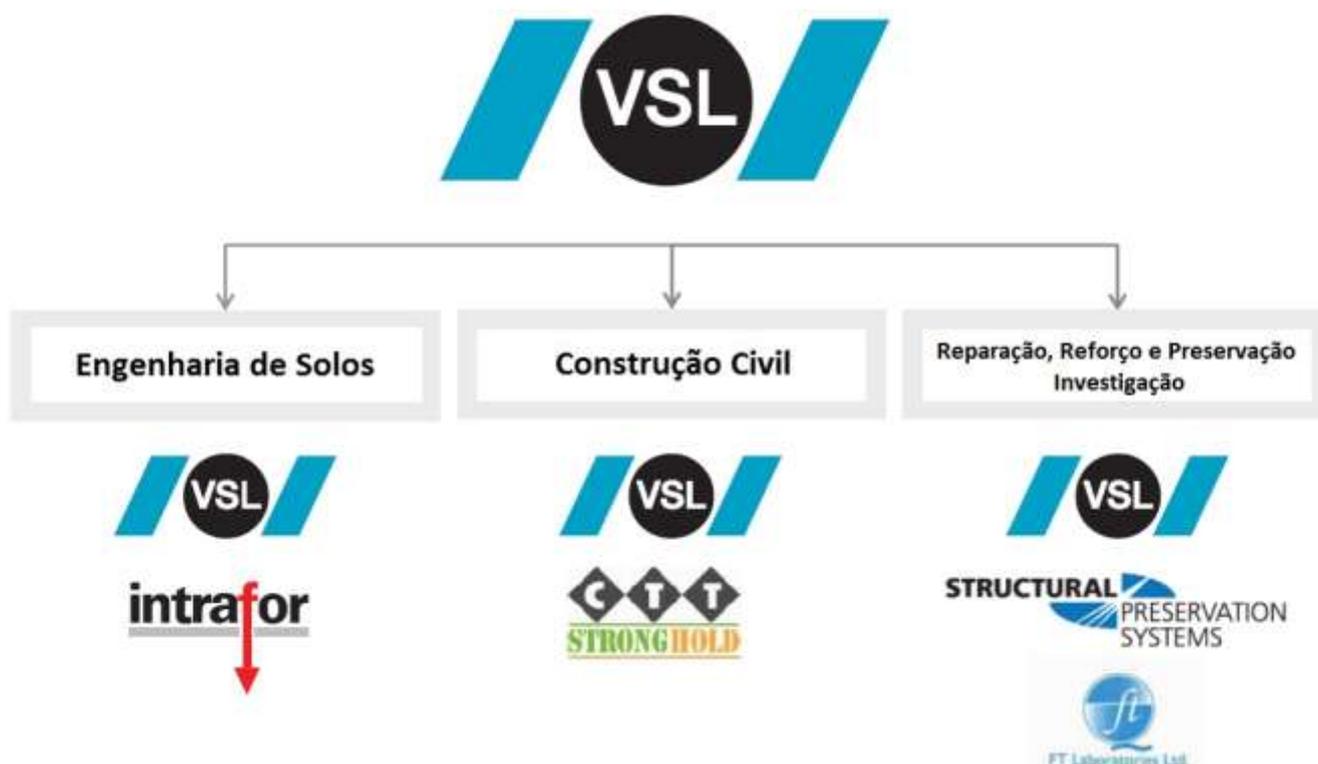


Figura 2 - Organização do Grupo VSL

- Solos

VSL Intrafor - Especialista em geotecnia, fundações especiais e construção no subsolo, reforço e melhoramento de solos e estruturas de contenção de terras.

¹ Liquid Natural Gas

- Estruturas

VSL CTT Stronghold - Especialista em pré-esforço, *stay cables* e *heavy lifting*¹.

- Reparação, reforço e preservação

VSL Structural Preservation Systems - Reforço, reparações e manutenção de estruturas.

FT Laboratories - Investigação e desenvolvimento de novas tecnologias para a Engenharia Civil.

O *know-how* atingido pela VSL é a consequência directa de uma política activa de investigação e desenvolvimento que mobiliza uma parte importante do seu volume de negócios. Este espírito vanguardista, que combina audácia e habilidade técnica, torna possível o que seria impossível. Realizações em todo o mundo elevam a marca VSL. O grupo cuja organização gira em torno das pessoas, está há muito consagrado a aplicar uma gestão activa, orientada na prevenção dos riscos e em mais e melhor segurança.

Para além da actividade do Pré-esforço e dos cabos de estruturas, o *know-how* do grupo engloba os métodos de construção, os equipamentos de obra, as realizações geotécnica adequadas, bem como um conjunto de prestações associadas à reparação, reforço e manutenção. Desde o aconselhamento na fase de projecto à instalação de dispositivos de vigilância, passando por todas as intervenções que pontuam a vida de uma obra, a VSL põe à disposição dos seus clientes um vasto e completo conjunto de soluções inovadoras.

¹ Levantamento e elevação de peças pesadas

A VSL Sistemas Portugal S.A., filial da VSL INTERNATIONAL Ltd. para Portugal Continental, Ilhas e Países da CPLP, coloca à disposição dos seus parceiros toda a tecnologia para que se conseguiram atingir os objectos e necessidades dos mesmos combinando aspectos técnicos com aspectos económicos.

De referir ainda que a VSL Sistemas Portugal - Pré-Esforço, Equipamento e Montagens, S.A., se encontra devidamente certificada pela APCER e garante a conformidade dos produtos fornecidos aos seus parceiros comerciais no âmbito da norma NP EN ISO 9001:2008 para as seguintes actividades:

- Fornecimento e aplicação de sistemas de pré-esforço VSL e CTT Stronghold;
- Fornecimento e aplicação de solos reforçados;
- Fornecimento e aplicação de juntas de dilatação;
- Fornecimento de aparelhos e apoios estruturais.

2.2 - Organização do Grupo

Como foi anteriormente referido, o grupo VSL encontra-se distribuído por todo o mundo através de delegações. No quadro seguinte apresenta-se sinteticamente as várias localizações do grupo.

Zona	Delegações
Europa	Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Alemanha, Suíça, Itália, Áustria, Holanda, Suécia, República Checa, Polónia, Turquia
África	África do Sul, Egipto
América	Canadá, Estados Unidos, México, Colômbia, Perú, Bolívia, Argentina, Uruguai
Ásia	Coreia do Sul, Japão, China, Hong Kong, Índia, Vietname, Tailândia, Malásia, Indonésia, Brunei, Singapura, Filipinas
Médio-Oriente	Emirados Árabes Unidos, Qatar, Síria
Oceânia	Austrália, Nova Zelândia

Figura 3 - Localização das várias delegações da VSL

3 - A tecnologia do Pré-esforço

3.1 - Objectivo e procedimentos do Pré-esforço

O pré-esforço tem por intenção criar um estado permanente de tensões em estruturas e/ou 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 a evolução das tecnologias na área da Engenharia Civil e que as características arquitectónicas das construções são cada vez mais exigentes, poderá ser uma alternativa ao betão armado convencional, mesmo em estruturas relativamente correntes, dado o superior desempenho mecânico.

Tem como principais objectivos o controlo da deformação e fendilhação, redução da área das armaduras beneficiando assim as condições de betonagem, possibilitar processos construtivos evolutivos, rapidez de execução e redução do consumo de materiais.

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

- Colocação de travincas respeitando as cotas altimétricas e planimétricas conforme definido no projecto de aplicação de pré-esforço;
- Montagem das bainhas, ancoragens e armaduras de reforço em conjunto com as armaduras passivas;
- Enfiamento do aço;
- Betonagem;
- Colocação dos pratos e cunhas;
- Tensionamento (aplicação do pré-esforço assim que o betão ganhe a resistência necessária);
- Descofragem das caixas junto aos nichos de ancoragem e corte dos cabos;
- Selagem dos nichos de ancoragem e injeção das bainhas.

3.2 - Referência histórica sobre o Pré-esforço

No final do século XIX, depois de se ter conseguido melhorar a capacidade de resistência do betão e de verificar a aderência entre o betão e as armaduras, P. Jackson, um engenheiro da Califórnia, teve a primeira intenção de pré-tensionar o betão e patenteou, em 1886, um sistema de pavimentos pré-comprimidos. Seguiram-se entretanto várias tentativas para pré-esforçar o betão mas sem êxito pois a retração e fluência, fenómenos desconhecidos na época, faziam com que o betão perde-se o pré-esforço instalado.

Em 1919, K. Wettstein, fabricou na Alemanha, painéis de betão pré-esforçado com cordas de aço e tal facto despertou para o desenvolvimento dos aços de alta resistência.

Foi necessário aguardar mais alguns anos para que a tecnologia do Pré-esforço se desenvolvesse e se tornasse aplicável nas construções.

Nas décadas 20 e 30 do século XX e graças à contribuição do engenheiro francês, Eugene Freyssinet, o pré-esforço teve a sua grande evolução. Freyssinet dedicou-se aos estudos experimentais e teóricos sobre a fluência e retração do betão. Foi ainda na década de 30 que o pré-esforço começou a ser uma realidade, construindo-se as primeiras pontes em betão pré-esforçado.

Graças ao trabalho de engenheiros como Gustave Magnel, Ulrich Finsterwalder, entre outros, o betão pré-esforçado deve o seu grande progresso entre a década de 30 e de 50. A Europa havia sido devastada pela 2ª Guerra Mundial e era imperativo adoptar novas tecnologias na construção que possibilitassem construções de grande porte. Nos anos 50 construíram-se pontes de betão armado pré-esforçado com vãos superiores a 100 metros.

A primeira obra realizada em Portugal com betão armado pré-esforçado foi a Ponte da Vala Nova, na estrada nacional 118 entre Benavente e Salvaterra de Magos, em 1953/54. Esta ponte é uma estrutura formada por três tramos, simplesmente apoiados, de aproximadamente 12 m cada tendo um comprimento total de 38 m.

A tecnologia do Betão Armado Pré-esforçado tornou-se credível, proporcionando ganhos económicos e possibilitando o faseamento de construções ímpares. Neste domínio surgiram várias associações onde se destacam a FIP - Fédération Internationale de la Précontrainte, de origem Suíça e a PCI - Prestressed Concrete Institute, nos EUA.

3.3 - Vantagens e desvantagens do Betão Pré-esforçado face ao Betão Armado convencional

As principais vantagens do betão pré-esforçado relativamente ao betão armado são:

- Vencer maiores vãos, pois a partir de uma determinada grandeza a solução em betão armado não seria viável;
- Obter maiores esbeltezas melhorando a estética e possibilitando uma maior economia no betão;
- Permitir pormenorizações de armaduras menos densas permitindo melhores condições de betonagem;
- Diminuir o peso próprio;
- Utilizar racionalmente o betão e aço de alta resistência.

Relativamente à questão económica, há a ideia que a utilização do pré-esforço encarece as obras. Mesmo para vãos em que a solução com betão armado seria viável, é possível que a solução pré-esforçada seja mais económica. Para pequenos vãos, o custo do material de pré-esforço, nomeadamente as ancoragens, é apreciável face ao custo unitário, tornando a solução mais dispendiosa. Para grandes vãos, acima de 10 metros, a solução pré-esforçada tende a ser a mais viável economicamente. Contudo, o custo final depende de outros factores transcendentais ao pré-esforço, tais como, o transporte e as acessibilidades ao local da obra.

No entanto, o betão pré-esforçado também tem desvantagens. Nomeadamente:

- O betão de maior resistência exige um cuidado redobrado aquando da sua aplicação;
- Os aços de pré-esforço necessitam de cuidados especiais contra a corrosão;
- As operações inerentes ao pré-esforço exigem mão-de-obra e equipamento especializado;
- As construções com betão pré-esforçado exigem uma monitorização e atenção superiores relativamente às construções de betão armado.

3.4 - Aplicações do Pré-esforço

O Pré-esforço tem variadíssimas aplicações.

Nas estruturas de edifícios, o pré-esforço tem inúmeras aplicações.

Pavimentos

- Lajes Fungiformes Pos-tensionadas
- Lajes Pré-Fabricadas
- Lajes Vigadas

Fundações

- Ensoleiramento Geral
- Maciços de Encabeçamento de Estacas
- Vigas de Fundação
- Ancoragens de Paredes de Caves
- Paredes de Cave (controlo das fendilhações)

Coberturas

- Asnas Pré-Fabricadas

Zonas de Grande Vão ou Grande Cargas

- Auditórios e salas de espectáculos

3.5 - Componentes de um sistema de Pré-esforço

O termo Sistema de Pré-esforço diz respeito a um conjunto de elementos compatíveis e coerentes entre si, formado por cabos, bainhas, ancoragens, pratos, cunhas, macacos, entre outros.

3.5.1 - Armaduras de Pré-esforço

As armaduras de pré-esforço são constituídas por aço de alta resistência, e podem ter as seguintes formas:

- Cordões (usualmente de 7 fios entrelaçados dispostos em forma sextavada com um fio no núcleo)



Figura 4 - Pormenor de fios e cordões

Os cordões assumem as seguintes características:

Designação	Secção Nominal [cm ²]	Diâmetro [mm]
0.6"N (15mm)	1.40	15.2
0.6"S (16mm)	1.50	15.7

Figura 5 - Características dos cordões

Um cabo de pré-esforço é um conjunto de cordões. Pode ser usado apenas um cordão, pré-esforço monocordão ou multicordão, de 2 até 55 cordões.

- Barras ou varões

Podem ser roscadas ou lisas.



Figura 6 - Barra rosca e barra lisa

A seguinte tabela resume as características das barras de pré-esforço mais comuns.

Diâmetro Nominal [mm]	Área [cm²]
32	8.04
36	10.18
40	12.57

Figura 7 - Características das barras de pré-esforço

Os cordões e barras de alta resistência usados para armaduras de pré-esforço tem características diferentes.

Tipo	$f_{p0.1k}$ [MPa]	f_{pk} [MPa]	E_p [GPa]
Cordões	1670	1860	195 ± 10
Barras	835	1030	170

Figura 8 - Características dos cordões vs. Barras

3.5.2 - Ancoragens de Pré-esforço

As ancoragens são peças metálicas onde os cabos de pré esforço ficam presos por meios de cunhas. Existem três tipos:

- Ancoragens activas

São aquelas por onde é realizado o tensionamento.

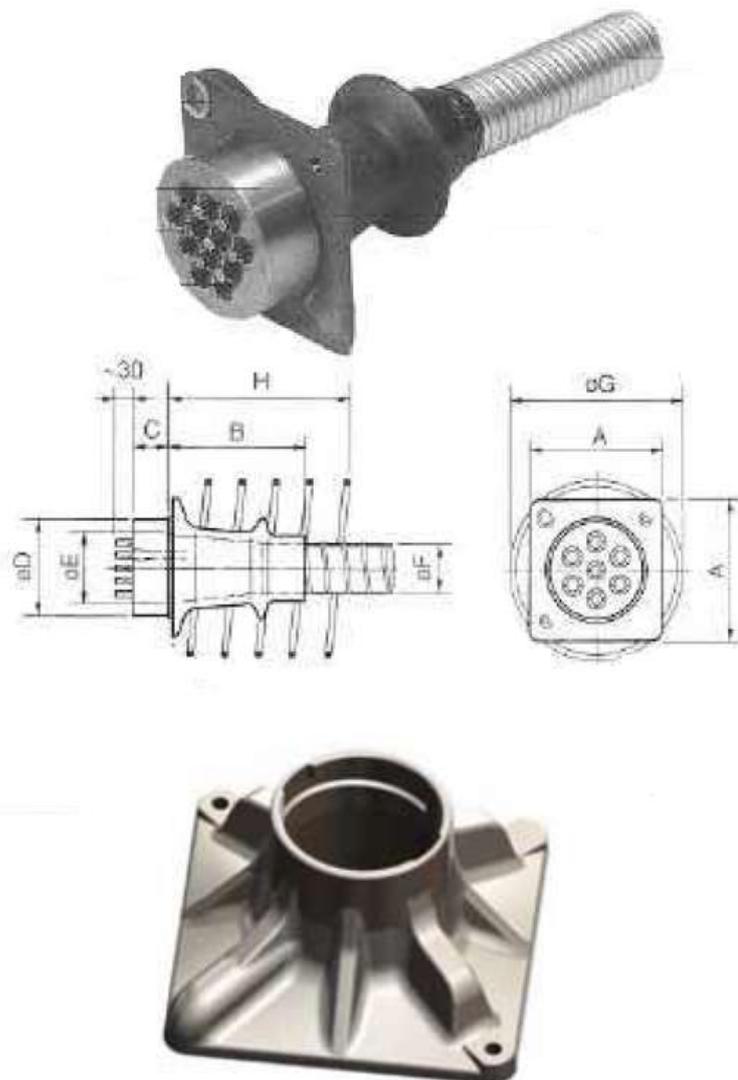


Figura 9 - Exemplos de ancoragens activas

- Ancoragens de continuidade ou acoplamentos

Estes dispositivos estabelecem a continuidade entre dois cabos esticados em fases consecutivas.

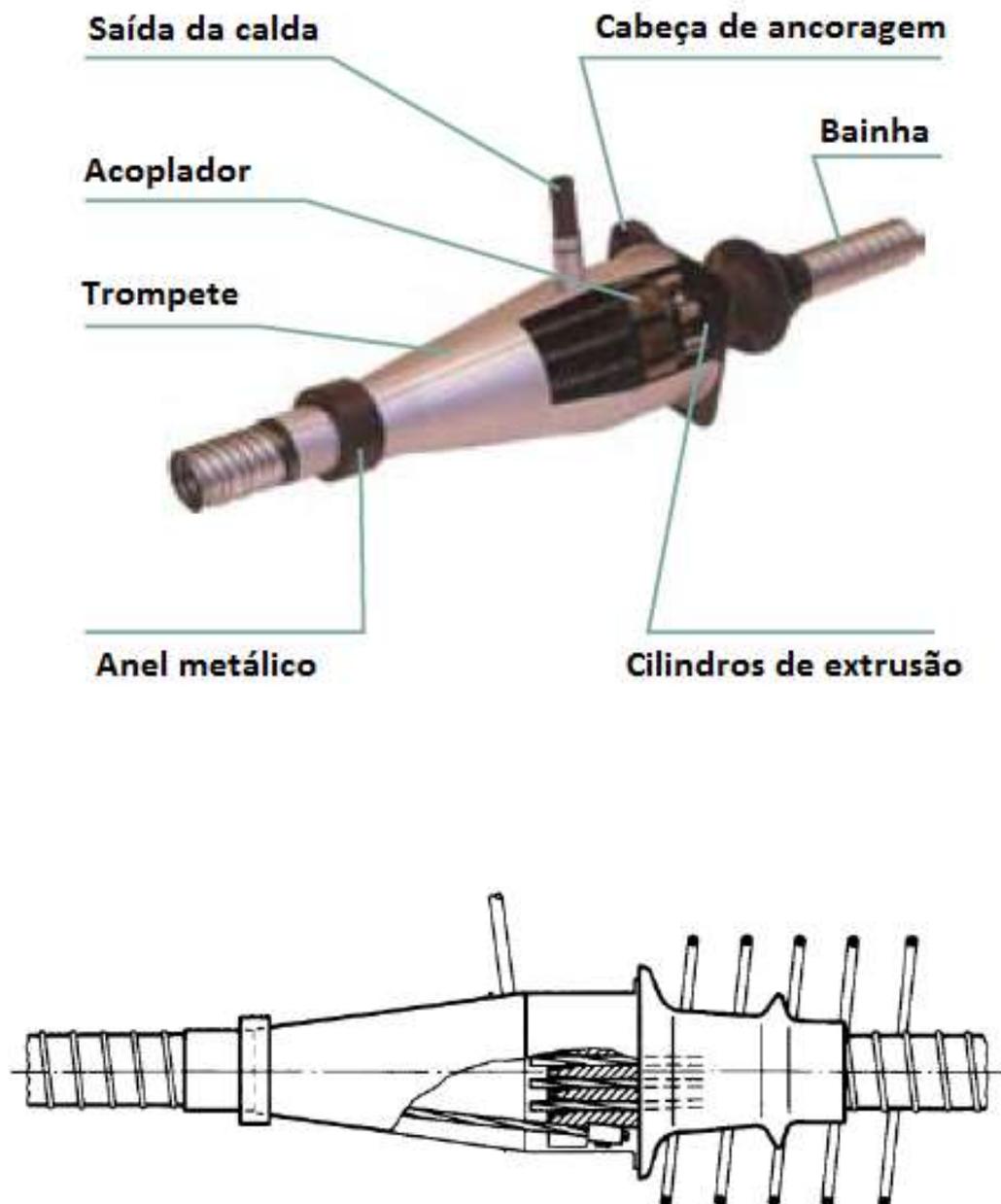


Figura 10 - Exemplos de ancoragens de continuidade ou acoplamento

- Ancoragens passivas

São ancoragens onde os cordões são fixos ao betão.

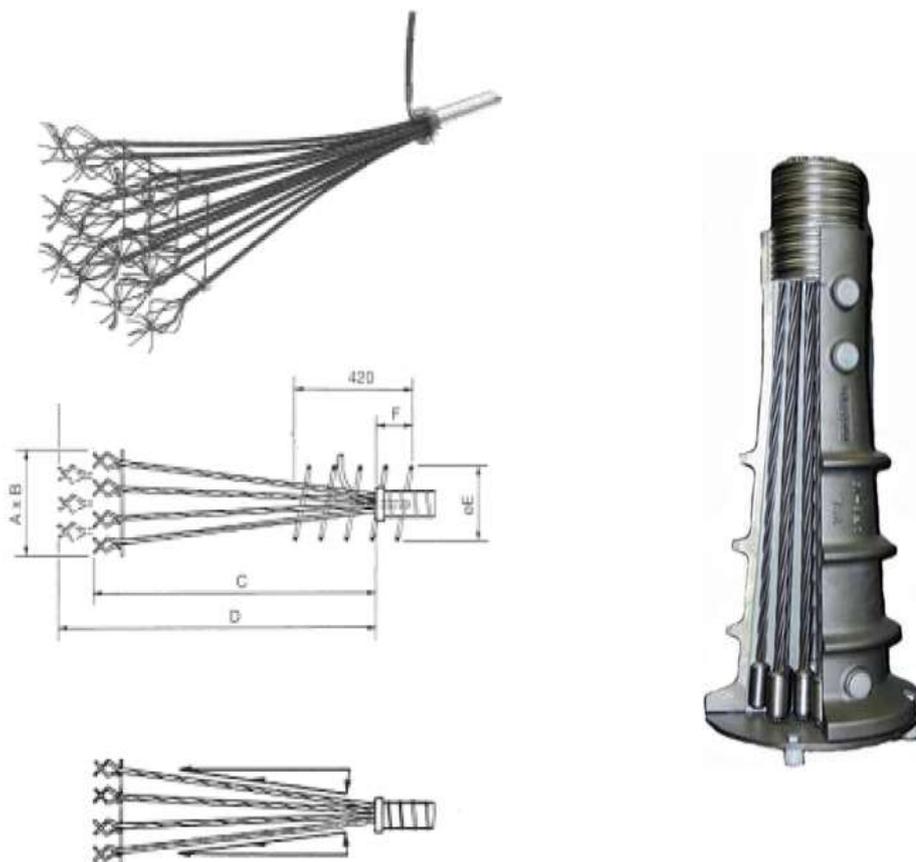


Figura 11 - Exemplos de ancoragens passivas

Por questões de economia, deve utilizar-se o número standard das ancoragens de pré-esforço, isto é, o número de cordões que preenchem na totalidade uma ancoragem.

3.5.3 - Bainhas de Pré-esforço

São elementos tubulares nos quais são enfiados os cabos de pré-esforço. Podem ser metálicas ou plásticas. A sua função é impedir que o betão entre em contacto com o aço aquando da betonagem. Após esta, a bainha é injectada com calda de cimento, tornando o cabo ou barra aderente ao betão.



Figura 12 - Bainha metálica e bainha plástica

3.6 - Projecto de Aplicação do Pré-esforço

Existem pormenores de execução do pré-esforço que dependem do sistema comercial de pré-esforço a adoptar. Este sistema é, normalmente, desconhecido aquando da elaboração do projecto de execução da obra, o que obriga a que, depois de adjudicada, se elabore um projecto de detalhe, conhecido como Projecto de Aplicação do Pré-esforço (PAPe).

Existem condicionantes do sistema de pré-esforço, tais como:

- Curvaturas mínimas dos cabos e troços rectos nas zonas de ancoragem;
- Recobrimento e afastamento mínimos entre ancoragens;
- Recobrimento e afastamento mínimos entre bainhas;
- Dimensionamento de nichos de ancoragem.

Apresenta-se abaixo a metodologia adoptada para processar a informação:

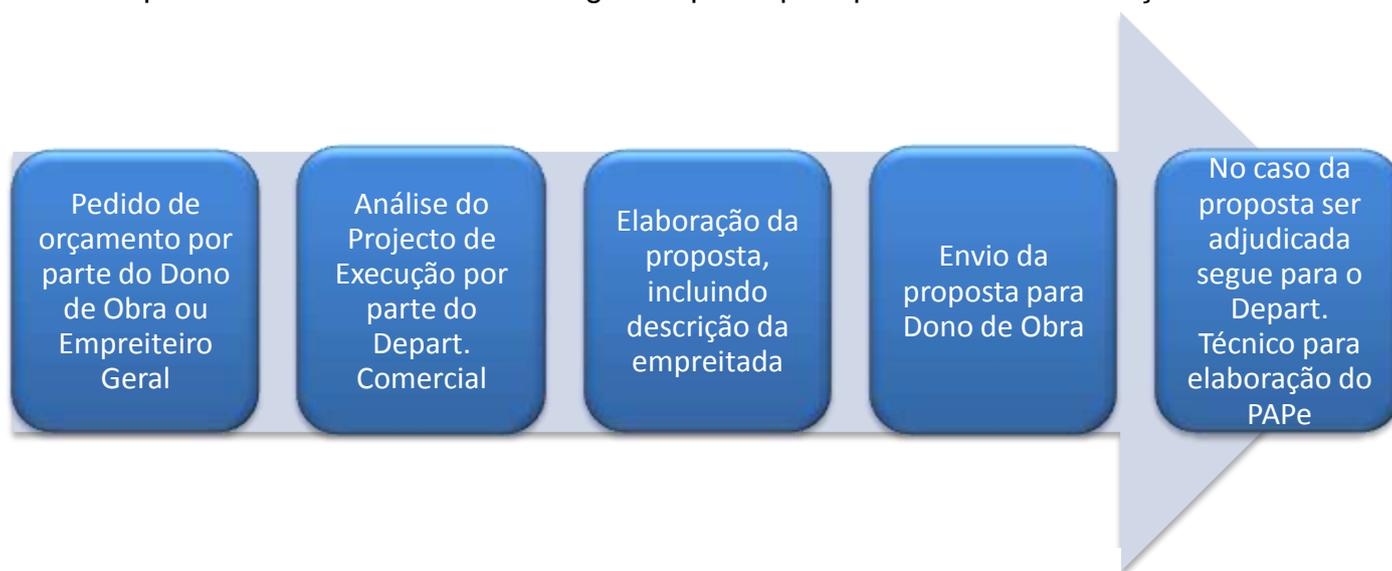


Figura 13 - Evolução do processo comercial na VSL

Cabe portanto, ao empreiteiro ou subempreiteiro a adaptação do projecto de execução da obra ao sistema de pré-esforço específico.

Para elaboração do Projecto de Aplicação do Pré-esforço utilizam-se os princípios indicados no REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado e são observadas as disposições construtivas e de cálculo

recomendadas pela VSL INTERNATIONAL, designadamente a *European Technical Approval, No ETA-06/0006*, do sistema de pré-esforço VSL.

O Projecto de Aplicação do Pré-esforço contempla detalhadamente a seguinte informação:

- Traçado dos cabos com definição das cotas altimétricas e planimétricas, geralmente, metro a metro;
- Identificação de todos os cabos de modo a tornar mais simples o seu registo;
- Pormenor da geometria dos nichos junto às ancoragens com vista a possibilitar o perfeito encaixe do macaco para posterior tensionamento;
- Cálculo de perdas e alongamentos teóricos dos cabos para futura comparação com os alongamentos reais;
- Pormenorização das armaduras de reforço, junto das ancoragens;
- Definição da resistência mínima do betão à data da aplicação do pré-esforço;
- Plano de tensionamento dos cabos (plano de puxe).

Em anexo apresentam-se exemplos dos projectos de aplicação do pré-esforço das várias obras acompanhadas.

4 - Descrição Geral das Obras

4.1 - Viaduto de Coina 1

4.1.1 - Considerações Iniciais

Depois de delineado o traçado para prolongamento do IC32, futura autoestrada A33, foi necessário projectar e executar soluções para que o mesmo fosse cumprido. Após a análise do projecto, verificou-se que no troço Laranjeiras - Coina teria que se transpor a A2 - Autoestrada do Sul, a linha férrea do Sul e o ramal de ligação à Siderurgia Nacional. Postos estes entraves optou-se pela construção de um viaduto, designado então por Viaduto de Coina 1. De modo a contrariar os esforços devidos ao peso próprio e todas as cargas e sobrecargas a que estariam sujeitos os tabuleiros, pilares e encontros do viaduto, foi necessário recorrer a uma solução de betão armado pré-esforçado.

O Viaduto de Coina 1 é integrado na subconcessão do Baixo Tejo trecho 4 - Laranjeiras / Coina do IC 32 - Palhais / Coina.



Figura 14 - Localização do Viaduto Coina 1

A obra de arte desenvolve-se, entre eixos de apoio nos encontros, entre os Km 3+818,000 e 4+717,000 do trecho 4 do IC 32 entre as Laranjeiras e o nó de Coina com a EN10.

É constituído por dois tabuleiros paralelos e independentes, afastados entre si 3 m. A modelação de vãos foi, para os dois tabuleiros a seguinte:

$$23 + 28.71 + 36.29 + 2 \times 36 + 6 \times 32 + 36 + 4 \times 33.5 + 35.4 + 7 \times 33.8 + 2 \times 37.5 + 30$$

o que perfaz um comprimento total para cada tabuleiro, entre eixos de apoio extremos, de 899 m.

Ambos os tabuleiros são constituídos por duas nervuras longitudinais, apoiados nos pilares e nos encontros. A plataforma de cada tabuleiro tem uma largura de 12.6 m, que em virtude da proximidade do viaduto com o nó de Coina com a EN10, aumenta para 15.6 m.

A figura seguinte, ilustra os vários intervenientes nesta obra segundo hierarquia.

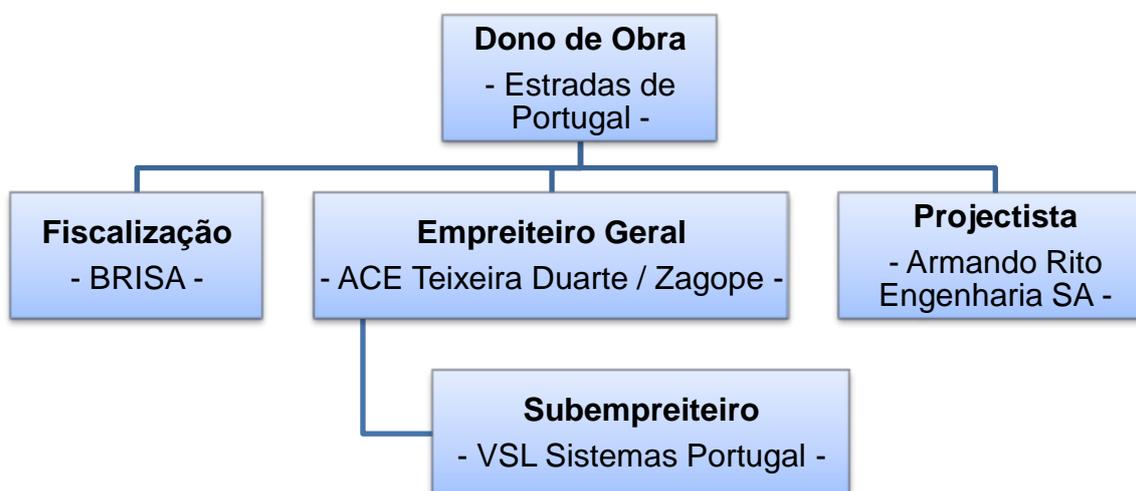


Figura 15 - Entidades intervenientes na obra

4.1.1.1 - Tabuleiro

Cada tabuleiro é constituído por duas nervuras longitudinais com um altura constante de 1.8 m, em betão armado pré-esforçado, ligadas por uma laje de espessura constante que se prolonga exteriormente em consolas de espessura variável. As nervuras são vazadas em todos os tramos com um furo de diâmetro igual de 1 m, de forma a cobrir, com a redução do peso morto, uma parte considerável da sobrecarga uniforme regulamentar e a minimizar o consumo de betão. Os tramos extremos são dotados de carlingas sobre os encontros.



Figura 16 - Viaduto Coima 1 evidenciando as nervuras

A variação de largura dos tabuleiros na zona final foi feita à custa do aumento da largura da laje entre nervuras, mantendo-se a restante geometria da secção.

A plataforma é constituída por dois tabuleiros independentes que asseguram uma largura total, na maior parte da extensão do viaduto, de 28.2 m. Cada

tabuleiro tem uma plataforma de 12.6 m de largura, tendo do interior para o exterior, 0.5 m de separador central, 1 m de berma esquerda, duas faixas de rodagem de 3.5 m cada uma, 3 m de berma direita e 1.1 m de perfil metálico de segurança, passadiço e viga de bordadura, dos quais 0.75 m estão disponíveis para a circulação do pessoal de manutenção.

Dada a proximidade do viaduto ao nó de Coina com a EN10, ambos os tabuleiros sofrem um alargamento, junto à parte final do viaduto, correspondente à inserção de uma via adicional de aceleração ou desaceleração com 3.5 m. Nesta zona as bermas direitas reduzem de 3 m para 2.5 m. Assim, nesta zona, os tabuleiros terão uma plataforma de largura variável entre 12.6 até um máximo de 15.6 m.

Os tabuleiros têm um afastamento entre si de 3 m, sendo por isso dotados de redes metálicas de protecção fixas aos perfis de segurança *New Jersey*.



Figura 17 - Perfis *New Jersey*

4.1.1.2 - Ligações tabuleiro-pilares

A ligação tabuleiro-pilares nos alinhamentos do P10 a P23 foi feita através de aparelhos de apoio fixos em ambas as direcções. Nos pilares P1 a P9 e P24 a P26 a ligação foi feita através de aparelhos de apoio que permitem deslocamentos na direcção longitudinal.

Todos os aparelhos permitem rotações em ambas as direcções e são fixos na direcção transversal.

4.1.1.3 - Pilares

Os pilares, dois por eixo de apoio de cada tabuleiro e dispostos directamente sob as nervuras, foram construídos em betão armado. A sua secção transversal é circular e constante com 1.5 m de diâmetro que dá a continuidade às estacas de fundação.

Os pilares apresentam uma altura máxima na ordem dos 20 m.



Figura 18 - Viaduto Coina 1

4.1.1.4 - Ligação tabuleiro-encontro

O encontro recebe os tabuleiros através de quatro aparelhos de apoio do tipo *pot-bearing* fixos na direcção transversal da obra e permitindo deslocamentos na direcção longitudinal. Todos os aparelhos permitem rotações em todas as direcções.



Figura 19 - Aparelho de apoio tipo *pot-bearing*

4.1.1.5 - Encontros

Os encontros, também em betão armado, são do tipo perdido, constituídos por montantes ligados pela viga de estribo e inferiormente por um maciço de encabeçamento de estacas. Ambos os encontros dispõem lateralmente de muros e de pequenos muretes em consola que se destinam a suportar os acrotérios e a dar contenção aos aterros de acesso à obra de arte.

4.1.1.6 - Fundações

- Pilares

As fundações dos pilares são indirectas e são constituídas, para cada um dos tabuleiros, por grupos de dois pilares-estaca com 1.5 m de diâmetro. A ponta da estaca foi injectada *in situ*.

- Encontros

A fundação dos encontros é indirecta por intermédio de quatro estacas verticais, com 1.5 m de diâmetro, encabeçadas por um maciço com dimensões 7.3 x 9.4 x 1.3 m.

4.1.1.7 - Processo construtivo

O processo teve início com a execução das fundações, pilares e encontros. Os tabuleiros foram construídos tramo a tramo, com recurso a cavaletes apoiados no solo, iniciando-se a construção nos encontros, sendo a continuidade efectuada aproximadamente a 7 m do vão seguinte.

Nos tramos que atravessam a autoestrada A2, no caminho municipal e nas linhas de caminho de ferro, houve um especial cuidado com as estruturas a utilizar para a construção desses tramos, de modo a que não ocorresse qualquer interferência com o normal funcionamento das vias, garantindo os

gabarits e larguras de circulação mínimos, a segurança dos utentes das vias inferiores e do pessoal da obra.

4.1.2 - Projecto de Aplicação de Pré-esforço VSL

Como já foi referido acima, a obra possui dois tabuleiros nervurados independentes - Tabuleiro Esquerdo (Norte) e Tabuleiro Direito (Sul) - ambos os tabuleiros desenvolvem-se em 27 tramos. Cada tabuleiro possui 2 nervuras longitudinais pré-esforçadas.



Figura 20 - Tabuleiro Norte e Sul do Viaduto Coina 1

O projecto foi efectuado de acordo com o projecto de execução do gabinete Armando Rito Engenharia, S.A..

4.1.2.1 - Materiais utilizados

O aço de pré-esforço utilizado foi o aço respeitante à norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 (Y 1860 S7 15.7).

O aço utilizado nas armaduras ordinárias e armaduras especiais de reforço foi o A500 NRSD.

O betão a utilizado no tabuleiro, conforme previsto no projecto de execução, foi o betão da classe C35/45.

Os capots de protecção das ancoragens das caixas são em aço.

De acordo com a especificação LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 em cordões Y 1860 S7 15.7, o aço de pré-esforço utilizado tem as seguintes características:

Diâmetro nominal	15.7 mm
Secção nominal	150 mm ²
Módulo de elasticidade	195 GPa
Tensão limite convencional de proporcionalidade a 0.1%	1600 MPa
Tensão de ruptura	1860 MPa
Relaxação às 1000h a 0.70 da Tr	2.5%
Alongamento mínimo após ruptura	3.5%

Figura 21 - Características do aço adoptado

4.1.2.2 - Faseamento construtivo

A construção de ambos os tabuleiros teve início no tramo P6-P7, sendo construído o tramo mais duas consolas de 7 m dos tramos adjacentes, o que permitiu desenvolver a construção em duas frentes.

Uma das frentes de construção desenvolveu-se a partir do tramo P6-P7 em direcção ao encontro E2, sequencialmente, sendo construído um tramo, mais uma consola de 7 m do vão seguinte, excepto no tramo P26-E2, em que foi construída a parte deste último tramo até ao Encontro E2, para além da consola.

A segunda frente de construção teve início no encontro E1 e desenvolveu-se sequencialmente até ao tramo P2-P3, sendo construído o tramo mais uma consola de 7 m do vão seguinte.

De seguida, foram executados os tramos P6-P5 e P5-P4 mais as consolas de 7 m respectivamente, no sentido Coina - Laranjeiras, antes do fecho dos tabuleiros.

Por último foi executado o fecho de ambos os tabuleiros no tramo P3-P4.

O faseamento construtivo descrito seguiu o preconizado no projecto de execução.

4.1.2.3 - Descrição dos cabos e ancoragens a utilizar

A escolha dos cabos utilizados na obra, bem como das respectivas ancoragens, foi feita com base nas peças desenhadas e cadernos de encargos do projecto que a Armando Rito Engenharia elaborou para a sua construção.

As bainhas dos cabos de 19 e 15 cordões utilizados ao longo dos tabuleiros, têm respectivamente um diâmetro interior e exterior de 100/107 mm e 90/97 mm.

Todas as ancoragens em caixa superior no tabuleiro, activa ou passiva, foram protegidas por capot *standard* VSL.

Segue-se a descrição das fases 26 e 27, fase de fecho do tabuleiro, pois foram estas as acompanhadas com maior pormenor. Porém, explicita-se também as fases 24 e 25 pois são essenciais para perceber o faseamento construtivo de fecho.

- Fase 24

Por nervura foi adoptado um total de 6 cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), quatro dos quais possuem 19 cordões - cabos 1 a 4 -, os dois cabos restantes possuem 15 cordões - cabos tipo 5.23 e 6.23.

Para além dos 6 cabos que se desenvolvem nesta fase, tiveram início em caixa activa, antes do pilar P3, mais quatro cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), dois dos cabos possuem 19 cordões - cabos 1' e 3' - e os restantes dois cabos possuem 15 cordões - cabos 5.24 e 6.24.

Os cabos 1 a 4 possuem ancoragens de continuidade, ou acopladores, na extremidade da junta de betonagem, onde foram tensionados.

Os cabos 5.23 e 6.23 que terminaram nesta fase, possuem ancoragens activas na extremidade da junta de betonagem, onde foram tensionados.

Os cabos 5.24 e 6.24 que nasceram em caixa, passam na junta de betonagem em bainha vazia. O aço foi enfiado e tensionado na fase seguinte.

A área total de aço de pré-esforço por nervura foi de 159 cm².

- Fase 25

A fase 25, tramo P6-P5 foi adjacente à fase 1.

Por nervura foi adoptado um total de 6 cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), quatro dos quais possuem 19 cordões - cabos 1, 2', 3 e 4' - os dois cabos restantes possuem 15 cordões - cabos 5 e 6.

Os cabos 1 e 3 possuem ancoragens activas em ambas as extremidades, tendo sido tensionados na extremidade da junta de betonagem 25.

Os cabos 2' e 4' tiveram início na fase anterior, a fase 1, em caixas superiores passivas, e foram tensionados na extremidade da junta de betonagem 25.

Os cabos 5 e 6 possuem ancoragem activa na extremidade da junta de betonagem 1, e ancoragem activa onde foram tensionados, na extremidade da junta de betonagem 25.

Para além dos seis cabos que se desenvolvem nesta fase, tiveram início em caixa passiva, antes do pilar P5, na consola, mais dois cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), que possuem 15 cordões - cabos 5.24 e 6.24. Estes cabos passam na junta de betonagem em bainha vazia, tendo sido o aço enfiado e tensionado na fase seguinte.

A área total de aço de pré-esforço por nervura foi de 159 cm².

- Fase 26

Por nervura foi adoptado um total de 6 cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), quatro dos quais possuem 19 cordões - cabos 1, 2', 3 e 4' - os dois cabos restantes possuem 15 cordões - cabos tipo 5.24 e 6.24.

Os cabos 1 e 3 possuem ancoragens activas em ambas as extremidades, tendo sido tensionados na extremidade da junta de betonagem 26.

Os cabos 2' e 4' possuem ancoragem de continuidade na extremidade da junta de betonagem 25 e ancoragem activa onde foram tensionados, na extremidade da junta de betonagem 26.

Os cabos 5.24 e 6.24 tiveram início na fase anterior, fase 25, em caixas superiores passivas, tendo sido tensionados na extremidade da junta de betonagem 26.

Para além dos 6 cabos que se desenvolvem na fase, tiveram início em caixa activa antes do pilar P4, na consola, mais dois cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), que possuem 19

cordões - cabos 2 e 4'. Estes cabos passam na junta de betonagem em bainha vazia, tendo sido feito o enfiamento do aço e o tensionamento na fase seguinte.

A área total de aço de pré-esforço por nervura foi de 159.0 cm².

- Fase 27

Por nervura foi adoptado um total de 6 cabos com cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7mm), quatro dos quais possuem 19 cordões - cabos 1' a 4' - os dois cabos restantes possuem 15 cordões - cabos tipo 5.24 e 6.24.

Os cabos 1' a 4', 5.24 e 6.24, que tiveram início nas fases adjacentes foram tensionados nas caixas activas respectivas.

A área total de aço de pré-esforço por nervura foi de 159.0 cm².

4.1.2.4 - Força de pré-esforço aplicada

A força de pré-esforço aplicada nos cabos de 19 e 15 cordões foi de, respectivamente, 3975.8 kN e 3138.8 kN, o que corresponde a 75% da sua força de ruptura.

4.1.2.5 - Plano genérico de puxe dos cabos

Relativamente ao puxe dos cabos, o plano estabelecido para a aplicação da força de pré-esforço é o indicado nas peças desenhadas que acompanham o projecto.

4.2 - Pontão sobre o Rio Coina

4.2.1 - Considerações Iniciais

Face ao elevado fluxo de trânsito que se registava e devido às novas acessibilidades da EN10 com a futura autoestrada A33, foi imperativo encontrar uma solução que, simultaneamente, permitisse escoar o trânsito da vila de Coina e oferecesse uma rápida e cómoda a acessibilidade à nova autoestrada.

A solução adoptada foi criar uma ligação entre a EN10 e a EN10-3. Esta nova ligação apresenta uma extensão de 395 metros, dos quais, 275 se desenvolvem em pontão sobre o rio Coina. A ligação tem início numa rotunda existente na EN10 e termina na EN10-3, onde foi construída uma outra rotunda. Esta solução permitiu uma melhoria significativa no fluir dos tráfegos que pretendem circundar Coina em direcção às autoestradas A2 e A33.



Figura 22 - Localização do Pontão sobre o rio Coina

O perfil transversal é do tipo 1+1 via, com uma faixa de rodagem de 7 m de largura e com bermas de 1 m.



Figura 23 - Panorama sobre o Pontão de Coina



Figura 24 - Pontão de Coina evidenciando as duas faixas de rodagem

O Pontão sobre o rio Coina é obra de arte integrada na empreitada da Subconcessão do Baixo Tejo - Lote 2 Norte - IC 32 Palhais - Coina / Trecho 4 - Laranjeiras - Coina.

A figura seguinte, ilustra os vários intervenientes nesta obra segundo hierarquia.

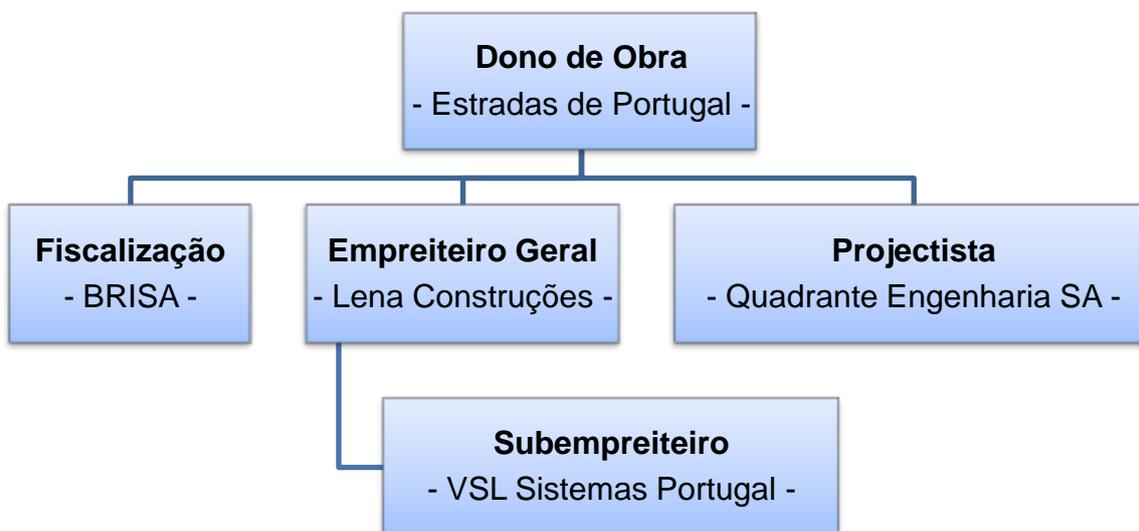


Figura 25 - Entidades envolvidas na obra

A obra possui um único tabuleiro com 4 fiadas de vigas I pré-fabricadas. Cada fiada de vigas desenvolve-se em onze tramos. As vigas apoiam-se nos vários alinhamentos de pilares e nos encontros.

Nas vigas pré-fabricadas do tabuleiro foi utilizada pré-tensão e, pós-tensão na laje betonada *in situ*, sobre os apoios. A VSL projectou e executou apenas a pós-tensão, a qual se designou genericamente por pré-esforço.

Esta aplicação de pré-esforço designa-se como pré-esforço de continuidade em laje. A sua função é fazer uma costura entre as várias pré-lajes, conferindo assim uma maior robustez e resistência à estrutura.

4.2.2 - Projecto de Aplicação de Pré-esforço VSL

O projecto foi efectuado de acordo com o projecto de execução da QUADRANTE Engenharia.

4.2.2.1 - Materiais utilizados

O aço de pré-esforço utilizado foi o aço respeitante à norma LNEC E 453-2002 / prEN 10138-3.

As bainhas metálicas empregadas foram do tipo EN 523; bainha de aço para armaduras de pré-esforço; (Classe 1); Aço ISO 6932. O aço utilizado nas armaduras ordinárias e especiais de reforço foi o A500 NRSD.

O betão utilizado na laje do tabuleiro betonado *in situ*, foi o betão da classe C30/37, conforme previsto no projecto de execução.

O aço de pré-esforço empregado, de acordo com a especificação LNEC E453-2002 e a prEN 10138-3 em cordões Y 1860 S7 15.2, tem as seguintes características:

Diâmetro nominal	15.2 mm
Secção nominal	140 mm ²
Módulo de elasticidade	195 GPa
Tensão limite convencional de proporcionalidade a 0.1%	1600 MPa
Tensão de ruptura	1860 MPa
Relaxação às 1000h a 0.70 da Tr	2.5%
Alongamento mínimo após ruptura	3.5%

Figura 26 - Características do aço de pré-esforço adoptado

4.2.2.2 - Faseamento Construtivo

O faseamento construtivo do tabuleiro relacionado com o pré-esforço, enquadrou-se no essencial, com o proposto no projecto de execução, ou seja:

i) Após montagem das vigas sobre os aparelhos provisórios e betonagem das carlingas, foram montadas as armaduras ordinárias e os cabos;

ii) Betonagem de toda a laje do tabuleiro, deixando os negativos especificados no projecto VSL para tensionamento dos cabos;

iii) Após o betão possuir a resistência mínima, foram esticados os cabos de acordo com a resistência mínima definida no projecto de aplicação de pré-esforço ;

iv) Betonagem da restante laje e acabamentos.

4.2.2.3 - Descrição dos cabos e ancoragens a utilizadas

A escolha dos cabos utilizados na obra em referência, bem como das respectivas ancoragens, foi feita com base nas peças desenhadas e caderno de encargos que a QUADRANTE Engenharia elaborou para a sua construção.

Por viga I e sobre cada um dos apoios foram adoptados 5 cabos com 4 cordões de 0.6" (norma E452-2002 / prEN10138-3 - Y 1860 S7 15.2).

Todos os cabos tem ancoragens planas VSL do tipo Si6-4 em ambas as extremidades, funcionando uma como activa e outra como passiva, alternadamente.

A área total de aço de pré-esforço por viga e pilar foi de 28.0 cm².

Foram utilizadas bainhas planas metálicas com diâmetro interior e exterior de 19 / 24 mm (em altura) e 72 / 75 (em largura), respectivamente.

4.2.2.4 - Força de pré-esforço aplicada

O tensionamento dos cabos foi efectuado com o macaco monocordão. A força de pré-esforço aplicada em cada cordão foi de 195.3 kN, o que corresponde a 75% da sua força de ruptura.

4.2.2.5 - Plano genérico de puxe dos cabos

Relativamente ao puxe dos cabos, o plano estabelecido para a aplicação da força de pré-esforço foi o indicado nas peças desenhadas que acompanham o projecto.



Figura 27 - Macaco monocordão

4.3 - Hotel Tryp Aeroporto Lisboa

4.3.1 - Considerações Iniciais

O Hotel Tryp Aeroporto Lisboa é um empreendimento hoteleiro localizado no terminal 1 do Aeroporto da Portela, junto à gare das chegadas . Fica junto da 2ª Circular, próximo do acesso à Autoestrada A1 e da Ponte Vasco da Gama, uma das principais vias de entrada e saída de Lisboa.



Figura 28 - Localização do Hotel Tryp Aeroporto Lisboa

A estrutura do Hotel é composta por uma torre de 9 andares, com cerca de 170 quartos, e por um outro edifício que se encontra adjacente à mesma.

Este edifício de 4 pisos tem um centro de congressos e escritórios.

Dado que o objectivo foi o de obter grandes vãos, para poder oferecer salas de conferência, palestras, exposições, etc. foi necessário recorrer à tecnologia de pré-esforço, aplicando-o em vigas e lajes.

A figura seguinte, ilustra os vários intervenientes nesta obra segundo hierarquia:

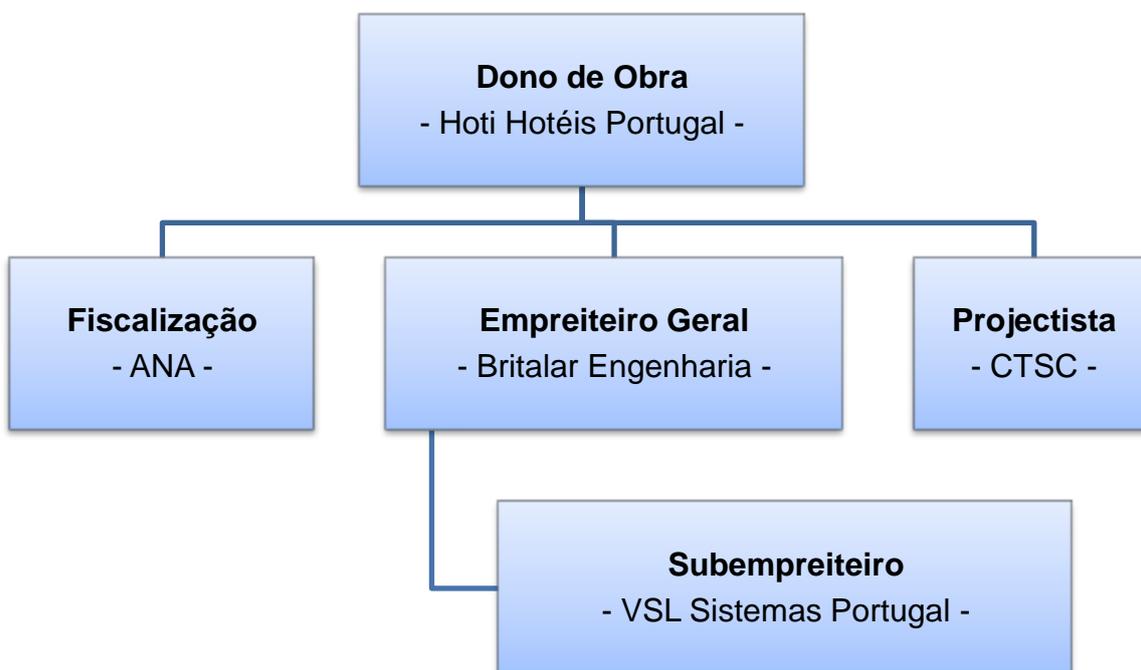


Figura 29 - Entidades intervenientes na obra

4.3.2 - Projecto de Aplicação de Pré-esforço VSL

O projecto de aplicação do pré-esforço foi efectuado de acordo com o projecto de execução do gabinete CTSC Consultores de Engenharia Lda.

4.3.2.1 - Materiais Utilizados

O aço de pré-esforço empregado foi o aço respeitante à norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3.

As bainhas metálicas empregadas foram do tipo: EN 523; bainha de aço para armaduras de pré-esforço; (Classe 1); Aço ISO 6932.

O aço empregado nas armaduras ordinárias e armaduras especiais de reforço foi o A500 NR.

O betão utilizado nas vigas foi o betão da classe C30/37, conforme previsto no projecto de execução.

O aço de pré-esforço empregado, de acordo com a especificação LNEC E453-2002/prEN 10138-3 em cordões Y 1860 S7 15.7, tem as seguintes características:

Diâmetro nominal	15.7 mm
Secção nominal	150 mm ²
Módulo de elasticidade	195 GPa
Tensão limite convencional de proporcionalidade a 0.1%	1600 MPa
Tensão de ruptura	1860 MPa
Relaxação às 1000h a 0.70 da Tr	2.5%
Alongamento mínimo após ruptura	3.5%

Figura 30 -- Características do aço de pré-esforço adoptado

4.3.2.2 - Faseamento construtivo

A betonagem e o pré-esforço foram executados numa única fase, conforme proposto no projecto de execução.

4.3.2.3 - Descrição dos cabos e ancoragens utilizados

A escolha dos cabos utilizados na obra em referência, bem como das respectivas ancoragens, foi feita com base nas peças desenhadas e cadernos de encargos do projecto que a CTSC Consultores de Engenharia Lda. elaborou para a sua construção.

- Pré-esforço em Lajes

Para as lajes dos pisos 1 a 4 foram adoptados cabos distribuídos com 4 cordões de 0.6" (E452-2002 / prEN 10138-3 - Y 1860 S7 15.7).

Todos os cabos têm ancoragens VSL do tipo GC 6-4 na extremidade activa e ancoragens passivas VSL H6-4 Tipo II na extremidade oposta.

Foram utilizadas bainhas circulares com diâmetro interior e exterior de 50/55 mm, respectivamente.

- Pré-Esforço em Vigas

Vigas VPE1.1 - VPE1.3

Nas vigas VPE1.1 - VPE1.3 foi adoptado 1 cabo com 16 cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7 mm).

O referido cabo possui duas ancoragens activas do tipo VSL GC6-19. Este facto prende-se com a necessidade de reaperto a que o cabo foi sujeito. A bainha para 16 cordões possui diâmetro interior e exterior de 100/107mm.

A área total de aço de pré-esforço por viga foi de 24 cm².

Vigas VPE1.4, VPE2.4, VPE5.4 e VPE 6.4

Nas vigas VPE1.4, VPE2.4, VPE5.4 e VPE 6.4 foi adoptado 1 cabo com 16 cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7 mm).

Na extremidade onde foi tensionado o referido cabo possui ancoragem activa do tipo VSL GC6-19, com 16 cordões.

Na extremidade passiva, a ancoragem é do tipo VSL H6-19 tipo II com 16 cordões.

A bainha do cabo de 16 cordões possui um diâmetro interior e exterior de 100/107 mm.

A área total de aço de pré-esforço por viga foi de 24 cm².

Vigas VPE2.1 - VPE2.3, VPE3.1 - VPE3.3 e VPE5.1-VPE5.3 a VPE7.1 - VPE 7.3

Nas vigas VPE2.1 - VPE2.3, VPE3.1 - VPE3.3 e VPE5.1-VPE5.3 a VPE7.1 - VPE 7.3 foi adoptado 1 cabo com 16 cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7 mm).

O referido cabo possui uma ancoragem do tipo VSL GC6-19 com 16 cordões na extremidade activa, onde foi tensionado.

Na extremidade passiva, a ancoragem é do tipo VSL H6-19 tipo II.

A bainha do cabo de 16 cordões possui um diâmetro interior e exterior de 100/107mm.

A área total de aço de pré-esforço por viga foi de 24 cm².

Vigas VPE4.1 a VPE4.3

Nas vigas VPE4.1 a VPE4.3 foram adoptados 2 cabos com 16 cordões de 0.6". (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7 mm).

Os referidos cabos possuem ancoragens do tipo VSL GC6-19 com 16 cordões na extremidade activa, onde foram tensionados.

Na extremidade passiva, as ancoragens são do tipo VSL H6-19 tipo II com 16 cordões.

As bainhas dos cabos de 16 cordões possuem diâmetro interior e exterior de 100/107mm.

A área total de aço de pré-esforço por viga foi de 48 cm².

Viga VPE 4.4

Na viga VPE4.4 foram adoptados 2 cabos com 16 cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7 mm).

Os referidos cabos possuem ancoragens do tipo VSL GC6-19 com 16 cordões na extremidade activa, onde foram tensionados.

Na extremidade passiva, as ancoragens são do tipo VSL H6-19 tipo II com de 16 cordões.

As bainhas dos cabos de 16 cordões possuem diâmetro interior e exterior de 100/107 mm.

A área total de aço de pré-esforço por viga foi de 48 cm².

Vigas VPE8.1 a VPE8.3

Nas vigas VPE8.1 a VPE8.3 foi adoptado 1 cabo com 16 cordões de 0.6" (norma LNEC E453-2002 / prEN 10138-3 S7 Ø15.7 mm).

O referido cabo possui ancoragens do tipo VSL GC6-19 com 16 cordões na extremidade activa, onde foi tensionado.

Na extremidade passiva, a ancoragem é do tipo VSL H6-19 tipo I com 16 cordões.

A bainha do cabo de 16 cordões possui diâmetro interior e exterior de 100/107mm.

A área total de aço de pré-esforço por viga foi de 24 cm².

4.3.2.4 - Força de pré-esforço aplicada

- Lajes

Piso	Força
1	803.5 kN correspondente a 72% da sua força de ruptura
2	837 kN correspondente a 72% da sua força de ruptura
3	803.5 kN correspondente a 72% da sua força de ruptura
4	736.3 kN correspondente a 66% da sua força de ruptura

Figura 31 - Força de pré-esforço aplicada nas lajes

- Vigas

Viga	Força
VPE 1.1	2946.2 kN correspondente a 66% da sua força de ruptura
VPE 1.2 e VPE 1.3	2901.6 kN correspondente a 65% da sua força de ruptura
VPE 1.4	3035.5 kN correspondente a 68% da sua força de ruptura
VPE 2.1 - VPE 2.3	2901.6 kN correspondente a 65% da sua força de ruptura
VPE 2.4	2901.6 kN correspondente a 65% da sua força de ruptura
VPE 3.1 - VPE 3.3	3214.1 kN correspondente a 72% da sua força de ruptura
VPE 4.1 - VPE 4.3	2857 kN correspondente a 64% da sua força de ruptura
VPE 4.4	2857 kN correspondente a 64% da sua força de ruptura
VPE 5.1 - VPE 5.3	2990.9 kN correspondente a 67% da sua força de ruptura
VPE 5.4	2990.9 kN correspondente a 67% da sua força de ruptura
VPE 6.1 - VPE 6.3	2946.2 kN correspondente a 66% da sua força de ruptura
VPE 6.4	2990.9 kN correspondente a 67% da sua força de ruptura
VPE 7.1 - VPE 7.3	2901.6 kN correspondente a 65% da sua força de ruptura
VPE 8.1 - VPE 8.3	2901.6 kN correspondente a 65% da sua força de ruptura

Figura 32 - Força de pré-esforço aplicada nas vigas

4.3.2.5 - Plano genérico de puxe dos cabos

Relativamente ao puxe dos cabos, o plano estabelecido para a aplicação da força de pré-esforço é o indicado nas peças desenhadas que acompanham o projecto.

4.4 - Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho

A Higiene, a Saúde e a Segurança são actividades que estão intimamente relacionadas. A sua boa interacção é imprescindível para garantir as condições de trabalho necessárias e capazes de manter um nível elevado de saúde para os colaboradores e trabalhadores de uma empresa.

Cabe ao director de obra e à responsável pela Higiene, Saúde e Segurança, ambos da VSL, efectuar um levantamento das necessidades de formação. Esta acção é feita no início de cada obra e o empreiteiro geral contribui para a sua realização. É fornecido um manual de acolhimento e um folheto sobre as regras de circulação, restrições e riscos inerentes à obra. Após averiguadas as condições e o tipo de trabalho é feita uma formação de acolhimento. O principal objectivo é o de incutir nos trabalhadores um comportamento correcto, preventivo e lembrar alguns aspectos, como por exemplo, as atitudes por forma a garantir a segurança aquando do uso dos vários equipamentos (macaco de tensionamento, bomba hidráulica, máquina de injeção, etc.).



Figura 33 - Manual de acolhimento

Os trabalhadores do sector da construção civil encontram-se entre os mais expostos aos riscos, revelando-se indiscutivelmente importante uma preocupação constante com a garantia da sua segurança. Para tal, é necessário que existam condições de Higiene, de Saúde e de Segurança no local de trabalho.

A Higiene no trabalho visa prevenir e combater as doenças profissionais, identificando os factores que podem afectar o ambiente do trabalho e do trabalhador, visando eliminar e reduzir os riscos profissionais e as condições inseguras de trabalho que possam afectar a saúde, a segurança e o bem estar do trabalhador.

A Segurança no trabalho tem como objectivo principal prevenir os acidentes de trabalho. Pretende eliminar as condições inseguras, quer no local de trabalho quer na sua envolvente, educando os trabalhadores a implementarem medidas preventivas.

Nas várias obras acompanhadas, os riscos mais susceptíveis de ocorrerem foram:

- Quedas em altura
- Esmagamento
- Atropelamento
- Electrocução
- Projecção de partículas
- Queda de materiais

Tendo em conta que a construção civil integra um conjunto muito variado de actividades e envolve riscos bastante significativos para os trabalhadores, a Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho é um tema que deve ser abordado constantemente durante a execução várias actividades.

Neste âmbito, foi-me conferida a tarefa de observar se as práticas de Higiene, Saúde e Segurança estavam a ser postas em prática e alertar sempre que se verificava o seu não cumprimento. Ainda neste contexto, salienta-se o facto de estar contemplado na legislação, a existência, em qualquer obra, de um Plano de Segurança e Saúde. Este contém todas as informações relevantes e descreve todos os aspectos importantes para a Higiene, Saúde e Segurança a ter em conta no decorrer da obra. Este plano constitui o principal instrumento de prevenção dos riscos inerentes às diferentes actividades, tanto de acidentes

como de incidentes, tendo o objectivo de os minimizar. A sua implementação deve ser acompanhada pelo Empreiteiro Geral, Subempreiteiros e Fiscalização, contribuindo assim para o aumento da segurança dos trabalhadores e também dos utentes na sua utilização.

4.4.1 - Utilização de Equipamentos de Protecção Individual

No âmbito da Higiene, Saúde e Segurança no trabalho, a utilização de Equipamentos de Protecção Individual e Colectiva é imprescindível. Contudo, por ignorância, esquecimento ou até mesmo por vontade própria, muitos trabalhadores agem contra os procedimentos correctos das boas regras de segurança no trabalho.

Entende-se por Equipamentos de Protecção Individual, os dispositivos ou meios a serem utilizados ou manuseados com o propósito de proteger o utilizador contra riscos susceptíveis de constituir uma ameaça à sua saúde e segurança.

Segue-se uma breve descrição dos EPI's utilizados nas várias obras ao longo do estágio.

- Capacete de Protecção



Figura 34 - Capacete de protecção e uso do mesmo

O capacete de protecção é utilizado para proteger, qualquer pessoa em obra, contra os efeitos da queda de objectos sobre a cabeça, do choque da cabeça contra qualquer objecto ou ainda da queda que provoque também um choque com a cabeça. Deve portanto ser usado, permanentemente, por todos os que se encontram dentro do estaleiro.

- Óculos de Protecção



Figura 35 - Exemplo de óculos de protecção

Os óculos de protecção deverão ser utilizados por todos aqueles que desempenham actividades que possam conter risco de libertação de partículas que possam atingir os olhos, nomeadamente a operação de corte dos cabos.

- Luvas de Protecção



Figura 36 - Luvas de protecção e uso das mesmas

As luvas de protecção diminuem os riscos de cortes, picadas, esfoladelas, choques, perfurações, esmagamentos e acções químicas sobre as mãos.

- Arneses de Segurança



Figura 37 - Exemplo de arnês e sua utilização

Os arneses de segurança têm como finalidade a protecção individual contra riscos de quedas em altura.

- Botas Protectoras



Figura 38 - Botas protectoras e sua utilização

As botas de protecção deverão estar munidas de palmilha e biqueira de aço e destinam-se a impedir o esmagamento dos pés, assim como a perfuração com objectos cortantes, queimaduras, escorregamentos, entorses, choque eléctrico, acções químicas, efeitos de pancadas violentas, estabilidade na

locomoção sobre superfícies muito irregulares, entradas de águas para os pés, entre outras.

- Colete Reflector



Figura 39 - Colete reflector e sua utilização

O colete reflector pretende prevenir atropelamentos, esmagamentos e permitir uma fácil visibilidade do trabalhador. Para este efeito convém que tenha faixas reflectoras.

4.4.2 - Utilização de Equipamentos de Protecção Colectiva

Os Equipamentos de Protecção Colectiva abrangem os dispositivos gerais de segurança tanto no que se refere às construções provisórias (andaimas, escadas, guardas de segurança, passadiços, escorregamentos, tapumes, etc.), como às fases de construção da obra.

- Guardas de Segurança



Figura 40 - Utilização das guardas de segurança

Permitem prevenir eventuais quedas em altura que podem ser provocadas por desequilíbrios ou pelo transporte de cargas abraço.

- Andaimés



Figura 41 - Utilização de andaimés

O andaime é uma estrutura, montada *in situ*, para dar acesso a partes da edificação mais elevadas.

4.4.3 - Acções correctas

As acções correctas desempenhadas pelos trabalhadores de uma obra referem-se ao cumprimento de regras e normas de forma a não correrem riscos. Seguem-se algumas fotografias tiradas durante a execução das várias obras acompanhadas ao longo do estágio e revelam acções seguras no que respeita a condições de Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho.

- Segurança no local de trabalho



Figura 42 - Exemplo de acções correctas

Na figura 42, um montador está a proceder correctamente no desempenho do seu trabalho, respeitando as normas de segurança, uma vez que usa capacete de protecção, luvas, colete e está seguro com cinto e arnês de segurança, que lhe garantem que não irá sofrer quedas livres superiores a 1 m de altura.

A operação de injeção é delicada e potencialmente perigosa para o trabalhador que procede à produção da calda. É por isso importante que haja uma adequada protecção como ilustra a figura abaixo.



Figura 43 - Uso correcto dos vários EPI aquando do fabrico da calda

- Higiene no local de trabalho



Figura 44 - Resíduos de material devidamente acomodados



Figura 45 - Local devidamente limpo e arrumado

A Higiene no local de trabalho é também um factor muito importante para os trabalhadores, pois, está directamente ligada à saúde e interfere com a vida de qualquer pessoa.



Figura 46 - Zona de armazenamento de resíduos



Figura 47 - Zona de resíduos devidamente sinalizada

4.4.4 - Acções incorrectas e inseguras

As acções considerados incorrectas e inseguras estão relacionados com o desempenho das tarefas do trabalhador, pois podem provocar acidentes de trabalho, isto é, todo e qualquer acto que resulte na sua própria insegurança, geralmente consciente, estará contra as regras de segurança.

É muito importante que o trabalhador compreenda quais são as regras de segurança estabelecidas para as suas instalações e se envolva nelas pelo desempenho das suas actividades laborais. O objectivo das regras de Higiene e Segurança passa precisamente pela prevenção de acidentes de trabalho e ainda pela redução das doenças profissionais.

- Proibição de fumar nos locais de trabalhos



Figura 48 - Trabalhador a fumar em obra

- Proibição de ingestão de bebidas alcoólicas no local de trabalho



Figura 49 - Cerveja no local de refeições

- Sinalização de segurança no local de trabalho



Figura 50 - Sinalização no local de trabalho

A sinalização de segurança tem como objectivo prevenir, reduzir e evitar acidentes possíveis, dando a conhecer os riscos possíveis e o procedimento a ter.

- Manuseamento, conservação e armazenamento dos equipamentos de protecção individual



Figura 51 - Capacete e arnês no chão

A figura 51 demonstra um manuseamento incorrecto dos equipamentos de protecção individual. Segundo as regras, estes equipamentos devem ser conservados e armazenados em locais próprios de forma a que não se degradem.

- Não utilização de equipamentos de protecção colectiva



Figura 52 - Operação sem guarda corpos e deficiente plataforma de trabalho

Nas figura anterior é visível a atitude errada dos trabalhadores relativamente à sua segurança.

Em ambas as situações, o procedimento correcto seria a utilização de um andaime com plataforma e guardas de segurança onde se pudessem mover sem necessidade de se ampararem com as mãos.

- Não utilização de equipamentos de protecção individual

As imagens 53 e 54 são exemplos do não cumprimento de regras de segurança. É importante referir que estas situações aconteciam frequentemente e apesar das chamadas de atenção serem constantes, rapidamente voltavam a proceder da mesma forma. Ressalta portanto que a disciplina/indisciplina individual de alguns trabalhadores, é constante em obra.

Existem no entanto alguns inconvenientes na utilização de equipamentos de protecção individual, pois estão relacionados com o peso, com o conforto, com a redução de sensibilidade no tacto e de visibilidade, etc. No entanto, mesmo encarados como alternativa última de protecção, estes equipamentos são de uso imprescindível.



Figura 53 - Falta do capacete e luvas de protecção



Figura 54 - Trabalhador efectua corte dos cabos sem óculos de protecção

4.4.5 - Transporte de cargas

Dos trabalhadores que efectuam transporte de cargas, os de maior risco são os que resultam de actividades que obrigam ao uso de todo o corpo humano. Deste modo, quando qualquer parte do corpo falha, o risco de acidente corporal e de lesões é bastante elevado. Por este motivo, existem equipamentos próprios para transportar os materiais, sobretudo os que são de maior peso.



Figura 55 - Grua a efectuar o levantamento do macaco



Figura 56 - Trabalhador ajuda na orientação do macaco

O macaco de tensionamento multicordão é um equipamento com dimensões e peso considerável. Por este motivo é utilizada a grua para o movimentar. No caso em que o local de trabalho não permite o uso de uma grua opta-se então por usar cavalete, cintas e diferencial manual ou tirfor. O mesmo procedimento é aplicável à bomba hidráulica.



Figura 57 - Deslocamento do macaco por cavalete e por grua

4.4.6 - Condições de trabalho

As condições de trabalho são o conjunto de circunstâncias que determinam a possibilidade de realização de tarefas que podem influir na segurança e na saúde das pessoas que as executam.

Tal como em todos os sectores de trabalho, também no da construção civil existem condições de trabalho adversas do desempenho do mesmo e expõem os trabalhadores a riscos de variadíssima ordem, nomeadamente, biológicos, químicos, ergonómicos, ruído intenso, vibrações, temperatura, electrocução, radiação, etc.

Também nestas obras, pode constatar algumas condições de trabalho adversas, umas criadas pelos próprios trabalhadores conducentes à insegurança e outras naturais como as más condições atmosféricas, muito embora não permanentes.

4.4.6.1 - Condições de trabalho inseguras

- Deficiente arrumação e limpeza do local de trabalho



Figura 58 - Acumulação de resíduos



Figura 59 - Prego virado para cima

- Condições atmosféricas perigosas



Figura 60 - Elevação de armadura de pilar

A figura 60 revela uma situação de condições atmosféricas desfavoráveis. Durante a elevação de algumas armaduras de pilares, o vento dificultou e por vezes interrompeu a operação

- Condições de insegurança criadas pelos trabalhadores

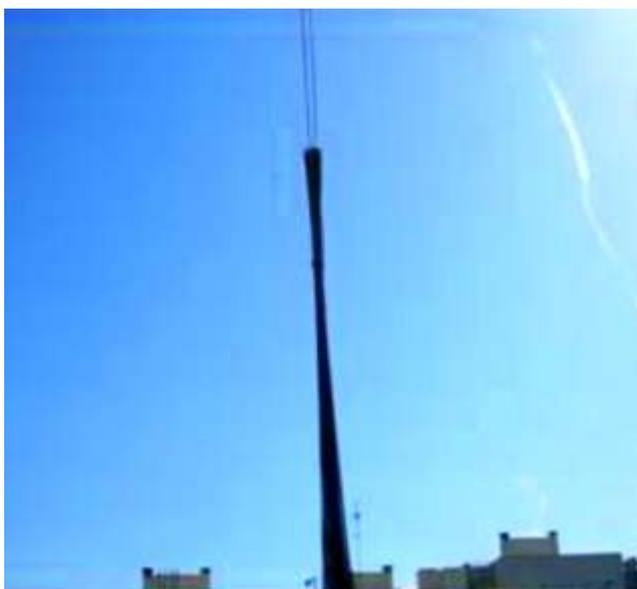


Figura 61 - Elevação dos cordões de pré-esforço e pontas sem protecção



Figura 62 - Cogumelos a proteger as pontas dos varões

4.4.7 - Considerações gerais sobre a Higiene, Saúde e Segurança no local de trabalho

Em termos práticos, o grande objectivo do cumprimento das regras de Higiene e Segurança, é precisamente a salvaguarda da vida humana de todos os intervenientes na indústria da construção, pois o panorama de sinistralidade que subsiste neste sector é grave e principalmente devido às quatro maiores causas de acidente de trabalho mortal, que são as quedas em altura, o esmagamento, a electrocução e soterramentos, em que três das quais ocorrem em obra com frequência.

As figuras anteriores são exemplos de bons e de maus procedimentos dos trabalhadores na construção. As várias obras acompanhadas decorreram sem acidentes de trabalho, apesar de se terem verificado algumas negligências. Neste sentido, através da experiência que adquiri ao longo do estágio e observando a área da Higiene, Saúde e Segurança no trabalho, pude constatar que há ainda um longo caminho a percorrer para que os trabalhadores

percebam que as regras têm que ser obrigatoriamente cumpridas e que o que se encontra em causa é a sua Saúde e Segurança e portanto o seu bem estar geral.

4.5 - Recepção e Armazenamento de Material em Obra

Um correcto armazenamento dos materiais de construção, ferramentas e equipamentos assegura a sua manutenção, limpeza e permite uma maior acessibilidade e movimentação. É portanto fundamental que exista um armazém bem organizado, com boa logística e que ofereça boas condições ambientais e de higiene aos trabalhadores que nele operam.



Figura 63 - Panorama do armazém e disposição das bobines de aço

Dadas as grandes dimensões e peso dos materiais, ferramentas e equipamentos, a descarga em obra é feita por um camião grua por forma a facilitar o manuseamento dos vários materiais e garantir que os trabalhadores não farão esforços desnecessários. É preciso que haja, à priori, um planeamento do espaço para recepção e acondicionamento.



Figura 64 - Recepção dos pratos ou cabeças de ancoragem



Figura 65 - Desenrolador com a bobine de aço e acomodação das bainhas



Figura 66 - Acomodação do cimento e da máquina de injeção

4.6 - Fiscalização, Gestão e Coordenação de obra

A Fiscalização, Gestão e Coordenação de obra é uma actividade imprescindível e preponderante. É o exercício que garante pelo projecto e como consequência assegura a qualidade de construção, o cumprimento dos prazos e custos na elaboração da proposta adjudicatória.

No decorrer do estágio, o relacionamento com os director gerais de obra e com os Fiscais foi bastante próximo já que todas as actividades desempenhadas pela VSL carecem de acompanhamento pelos mesmos. Existem termos de responsabilidade que são assinados pelos Directores de obra e pelo Fiscal, independentemente da dimensão e complexidade técnica da obra. O bom relacionamento entre o Director-geral de obra, o Director de obra por parte da VSL e a Fiscalização foi vital para que fosse possível obter ganhos na qualidade, custos, prazos e sobretudo para que não ocorresse interrupções devidos a desentendimentos.



Figura 67 - Operação de tensionamento acompanhada pelos fiscais

Dos parâmetros que a equipa de Gestão, Coordenação e Fiscalização deve assegurar o seu cumprimento, destaco os seguintes:

- Prazos de execução - Uma correcta monitorização da obra permite a detecção antecipada de eventuais problemas e a sua resolução atempadamente, assegurando o cumprimento do prazo global da empreitada.

- **Contratação** - A realização de uma revisão do projecto antes de qualquer tomada de posição assegura uma melhor contratação da obra. O processo de concurso e o método de contracto de empreitada devem ser elaborados de forma cuidadosa e detalhada, reduzindo assim os riscos de discórdia entre Dono de Obra e Empreiteiro. É fundamental que exista, um conhecimento profundo das condições comerciais, preços de mercado e a utilização de técnicas adequadas com vista à obtenção de custos sustentáveis.
- **Custos globais** - O ponto de vista do Dono de Obra tem como horizonte o médio e longo prazo e por isso, aos custos de empreitada deverão ser somados os custos de manutenção e exploração. A Gestão, Coordenação e Fiscalização permite uma minimização dos custos de construção, acréscimo de qualidade na execução e conseqüentemente a minimização dos custos futuros de exploração e manutenção.
- **Qualidade geral** - O constante controlo dos materiais de construção, dos processos construtivos e da coordenação das diversas actividades em obra assegura a obtenção de altos níveis de qualidade.

5 - Actividades de execução do pré-esforço

A aplicação do pré-esforço é feita através de um conjunto de operações que normalmente tem a seguinte sequência:

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

Neste capítulo são abordadas em pormenor estas operações.

De notar que, antes do início dos trabalhos é necessária uma análise profunda e cuidada das peças desenhadas, provenientes do projecto de aplicação de pré-esforço, com o objectivo de interpretar todas as indicações presentes nas mesmas.

5.1 - Montagem de bainhas e ancoragens

A montagem iniciou-se com a colocação das bainhas, trompetes e castings, segundo as cotas altimétricas e planimétricas previstas no projecto de aplicação de pré-esforço. De referir que, nesta fase já a armadura ordinária se encontrava montada.

As bainhas são fixas com suportes, denominados travincas, que são fixos à armadura ordinária por meio de arame e chave de atar. Estes suportes são espaçados de 1 m e as bainhas normalmente são em troços de 6 m.



Figura 68 - Colocação de travincas e bainhas

Para unir as bainhas, utilizam-se ligadores, que são troços de bainha com um diâmetro superior, e fita isoladora para garantir a sua estanquidade.



Figura 69 - Ligação entre bainhas

As trompetes e as castings são instaladas junto às zonas de ancoragem. Têm o aspecto de um funil, pois nessa posição os cordões terão uma forma piramidal, devido à configuração da cabeça de ancoragem ou prato. Juntos às trompetes é necessário garantir que a bainha tenha um troço recto de aproximadamente 1 m. É ainda posicionado um anel de aço junto da ligação bainha-trompeta para prevenir eventuais alargamentos dos cordões e que poderão ter como consequência o abrir e rasgar da bainha.



Figura 70 - Casting e trompete

Neste momento foram também colocadas as cofragens ou caixas de ancoragem. São feitas com tábuas de madeira e as suas dimensões respeitam as discriminadas nas peças desenhadas do projecto de aplicação de pré-esforço, por forma a garantirem que o macaco possa ter o posicionamento correcto aquando do tensionamento.



Figura 71 - Colocação de caixa e armaduras de reforço

As trompetes e as castings são fixas à cofragem de modo a realizarem um ângulo de 90° com o eixo do cabo e as hélices (armaduras helicoidais) de reforço são colocadas em posição com a ancoragem.



Figura 72 - Colocação da hélice

Ao longo do traçado do cabo, nos pontos máximos, e nos pontos previstos no projecto de aplicação de pré-esforço, foram colocados os tubos de purga.



Figura 73 - Colocação dos tubos de purga

Este procedimento é finalizado com o preenchimento do Relatório de Verificação Antes da Betonagem.

5.2 - Enfiamento do aço

A colocação das armaduras no interior das bainhas foi feita cordão a cordão, umas vezes por meio de equipamento mecânico apropriado, a máquina de enfiar aço, outras vezes à mão. A primeira solução assegura o mínimo de manipulação e risco de alteração da protecção do aço. Os cordões ora foram enviados directamente da bobine ora cortados na medida necessária e posteriormente enfiados. Estas duas opções prendem-se com a facilidade de acesso às vigas ou lajes e com a mobilidade que o local oferece.

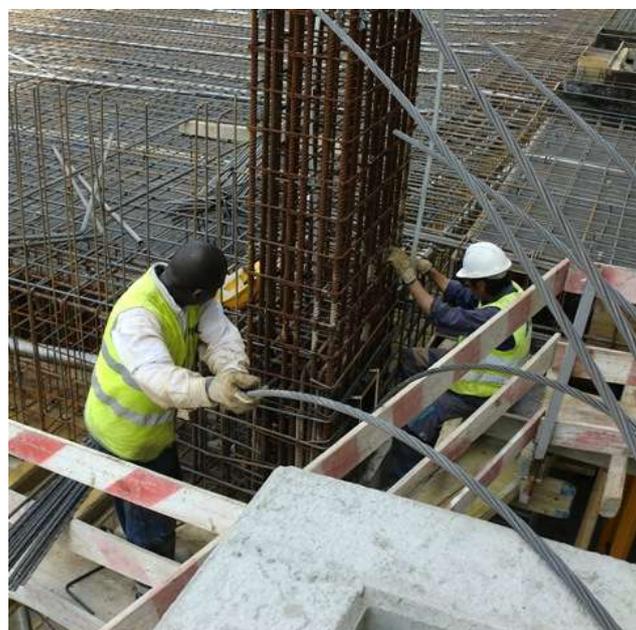


Figura 74 - Enfiamento com máquina vs. manual

O controlo do enfiamento do aço é feito através do preenchimento do Protocolo de Enfiamento do Aço, onde é registado o número do cabo, o número do rolo ou bobine, o módulo de elasticidade e o número de cordões.

5.3 - Betonagem

Ao longo da betonagem da viga e da laje é feita uma inspecção visual aos cabos de forma a verificar se não ocorreram anomalias, nomeadamente o desprendimento de travincas, trompetes, entre outros.



Figura 75 - Betonagem

5.4 - Tensionamento

A operação de tensionamento apenas pode ser efectuada após o betão ter ganho a resistência necessária.

O tensionamento é efectuada por patamares, registando-se no Protocolo de Tensionamento Geral as sucessivas posições da patilha, patamar a patamar. O tensionamento tem a seguinte ordem:

- Com a ajuda de uma grua, de um cavalete ou de um diferencial, dependendo do local onde se esteja a trabalhar, é posicionado o macaco hidráulico;
- Enfiamento dos cordões no macaco;
- Ajuste do macaco até estar correctamente posicionado e alinhado com a cabeça de ancoragem;

- Tensionamento propriamente dito. A prisão dos cordões é feita automaticamente através cunhas do macaco quando este começa o puxe;



Figura 76 - Cunhas de tracção do macaco

- Relaxação do macaco e consequente transferência da carga aos cabos e ancoragem;
- Abertura das cunhas de tracção do macaco e retirada do mesmo com o cuidado de verificar se as cunhas estão completas e bem posicionadas.

Como referido atrás, o tensionamento é efectuado por patamares, o que possibilita um controlo da força aplicada e dos alongamentos.

O controlo da força aplicada no cabo é efectuado pela leitura da pressão final no manómetro da bomba. O valor da pressão final a atingir no manómetro é pré-determinado a partir do certificado do conjunto macaco-bomba e consta no Relatório de Tensionamento Geral.

Ao longo das operações de tensionamento, são recolhidas as informações segundo os procedimentos estabelecidos para esta actividade e o faseamento do pré-esforço.



Figura 77 - Macaco a efectuar o puxe do cabo

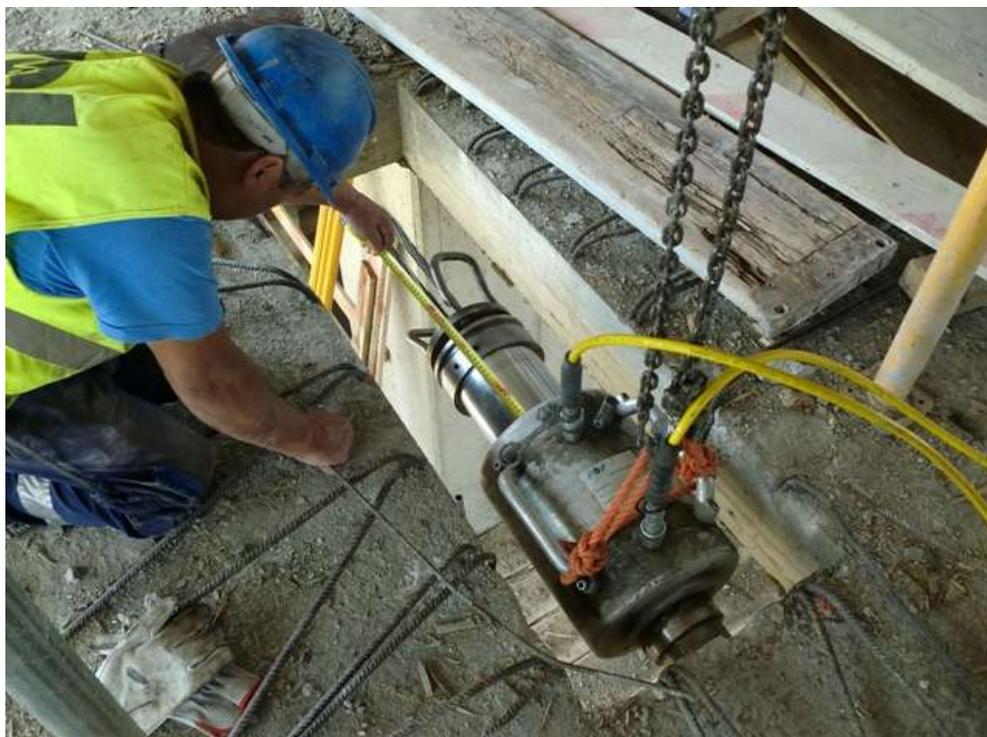


Figura 78 - Medição do alongamento

Os resultados são registados no Relatório de Tensionamento Geral. As operações de tensionamento seguem a seguinte ordem:

- Início da pressão no êmbolo do macaco até ao 1º patamar (100bar). Nesta fase são retiradas todas as folgas e com uma patilha, que encaixa num dos cordões, é efectuada uma marcação de referência;
- Incremento da pressão da bomba até à pressão do 2º patamar;
- Leitura do alongamento;
- Incremento da pressão da bomba até à pressão do 3º patamar;
- Leitura do alongamento;
- Incremento da pressão da bomba até à pressão do 4º patamar, caso exista;
- Leitura do alongamento;
- Incremento da pressão da bomba até à pressão final (P0);
- Leitura final do alongamento e comparação com os valores de referência presentes no projecto de aplicação de pré-esforço.

O Relatório de Tensionamento Geral é preenchido ao longo da operação. Este é usado, posteriormente, para elaborar o Relatório Final de Tensionamento.

No Relatório Final de Tensionamento são comparados os valores dos alongamentos teóricos e reais. Os desvios obtidos devem ser inferiores à tolerância permitida. Para esse efeito utiliza-se o critério de aceitação sugerido pelas normas internas para controlo da qualidade do sistema VSL INTERNATIONAL, segundo a qual os valores de tolerância indicados correspondem a 15% do alongamento teórico, no caso de se tratar de vários cabos na mesma secção transversal, sendo de 5%, no caso de se tratar de cabos isolados. É de notar que a tolerância para o valor médio de alongamento de todos os cabos da secção transversal deve ser de apenas 5%.

Este relatório é previamente analisado e aprovado pela fiscalização. No caso de tudo estar conforme previsto, e após o parecer da fiscalização, é dada a ordem para cortar o excedente dos cabos.

5.5 - Desmoldagem

Após o betão adquirir alguma resistência é efectuada a descofragem. De seguida são posicionadas as cabeças de ancoragem e colocadas as cunhas.



Figura 79 - Trabalhador a efectuar a descofragem

5.6 - Injecção das bainhas e selagem dos nichos de ancoragem

A calda de cimento para injeção tem como função proporcionar a aderência posterior da armadura de pré-esforço com o betão e a protecção da armadura contra a corrosão. É um importante componente de todas as estruturas de betão pré-esforçado com aderência. A actividade da injeção, os pormenores e parâmetros a ela associados são descritos nas normas NP EN 446 e 447.

5.6.1 - Composição e dosagem das caldas

Para cada empreitada a VSL propõe uma determinada composição de calda de injeção. Contudo existe uma composição genérica que tem a seguinte dosagem:

Material	Quantidade
Cimento tipo I classe 42.5R 	160 kg
Plastificante 	1.6 l
Água	52 l

Figura 80 - Componentes e dosagem da calda de injeção

Esta composição dá origem a uma calda que cumpre os parâmetros de aceitação decorrentes dos vários ensaios a que está sujeita. Os modos de execução dos ensaios das caldas são descritos abaixo. Caso o cliente solicite a elaboração de uma composição diferente da composição proposta, a VSL executará um ensaio de composição de caldas com o intuito de validar essa composição. Deste ensaio de composição resulta o preenchimento do Relatório de Ensaio de Composição de Caldas, que compreende as seguintes anotações e ensaios específicos:

- Ordem de introdução e quantidade de cada constituinte;
- Ensaio de Viscosidade;
- Ensaio de Exsudação;
- Ensaio de Retracção;
- Ensaio de Compressão, sendo que o tratamento e ensaios de compressão dos provetes será da responsabilidade do cliente.

5.6.2 - Operação de injeção

5.6.2.1 - Limpeza dos cabos

A injeção é uma operação delicada e que envolve algum conhecimento a nível técnico, para manuseamento da máquina, e para o fabrico da calda. Assim sendo, deve ser supervisionada por operários com formação interna em injeção e, com no mínimo, categoria de arvorado. Antes do início da operação de injeção o operário responsável pela execução deve garantir que:

- Foi efectuada a selagem das cabeças de ancoragem activas ou montados os capacetes de injeção;
- É insuflado ar comprimido nas bainhas para expulsar o excesso de água que possa existir no interior da bainha;
- Verificação da existência e integridade dos tubos de purga dispostos ao longo do traçado;
- Verificação de que possui os protocolos de injeção e instrumentos de medição e ensaio necessários para a realização dos ensaios de viscosidade, exsudação, retracção e compressão;

5.6.2.2 - Ordem de introdução dos componentes

O fabrico da calda é feito segundo a seguinte sequência:

1. Introdução de aproximadamente 80% da água;
2. Adição do cimento;
3. Adição dos plastificantes;
4. Adição do restante da água de amassadura.

Estes parâmetros estão identificados no Protocolo de Injecção, presente durante o decorrer da operação, devendo corresponder ao inscrito no Relatório de Ensaio de Composição de Caldas, se for o caso.



Figura 81 - Inserção dos componentes acompanhado por fiscal

5.6.2.3 - Execução dos ensaios das caldas

- Ensaio de Viscosidade

Para cada cabo, ou no caso de cabos curtos, por cada amassadura foi efectuado o ensaio de viscosidade ou ensaio de fluidez, utilizando o cone de Marsh. Este ensaio corresponde a verificar se a fluidez da amassadura presente na cuba, apresenta um tempo de escoamento entre os 12 e os 25 segundos.



Figura 82 - Ensaio de viscosidade

- Ensaio de Exsudação

Este ensaio foi realizado diariamente, utilizando uma proveta graduada de 500 ml e 50 mm de diâmetro. A exsudação foi verificada 3 horas depois da exsudação da amassadura, sendo confirmado se a mesma não excede 2% da altura inicial do provete. Após 24 horas toda a água foi absorvida.

- Ensaio de Retracção

Este ensaio foi efectuado diariamente, utilizando uma proveta graduada de 500 ml e 50 mm de diâmetro. A retracção foi verificada 24 horas depois da execução da amassadura, sendo confirmado que a mesma se situa entre -1% e 5% da altura inicial do provete.

- Ensaio de Compressão

Começou-se por encher os moldes, provetes cúbicos de 10x10 cm, retirando-se imediatamente a calda em excesso usando uma régua metálica em posição ligeiramente inclinada e com movimentos de serra. A superfície superior da calda deve ser alisada com a régua em posição horizontal. Por fim, os moldes foram cobertos com um vidro.



Figura 83 - Enchimento dos cubos com calda

O rebenamento destes cubos normalmente é feito no laboratório do cliente sendo da sua responsabilidade a guarda e preservação dos mesmos.

De acordo com a prática adoptada no país, a resistência à compressão da calda é medida pelo rebenamento de 3 provetes aos 28 dias de idade. A resistência média obtida nos 3 provetes deve ser superior ou igual a 30 MPa.

A resistência pode também ser aferida através do rebenamento de 3 provetes aos 7 dias, não devendo a média ser, neste caso, inferior a 27 MPa.

Perante estas duas possibilidades e para efeitos do ensaio de resistência das caldas foram preparados 6 provetes devidamente numerados, sendo que 3 foram rebenados aos 7 dias e outros 3, aos 28 dias.

No caso do Hotel Tryp Aeroporto e a pedido do cliente, este ensaio foi realizado por um laboratório independente, sendo que os parâmetros estavam conforme previsto.

5.6.2.4 - Temperatura

As normas da VSL INTERNATIONAL ditam que não se efectuem as operações de injeção sempre que se verifiquem uma das três situações seguintes:

- A temperatura da peça de betão seja inferior ou igual a 0°C ;
- A temperatura ambiente seja inferior ou igual a 5°C ;
- A temperatura de calda medida na cuba seja superior ou igual a 32°C .



Figura 84 - Medição da temperatura do cimento

Em nenhuma das obras acompanhadas ao longo do estágio se verificou alguma das situações.

5.6.2.5 - Injecção

A injecção é feita da seguinte forma:

- Os cabos foram injectados a partir da ancoragem situada no ponto mais baixo;
- Quando a calda atinge uma determinada purga, assegura-se a expulsão de todo o ar. A purga só é fechada quando se verifica a saída de calda de uma forma regular.



Figura 85 - Calda a sair por tubo de purga

- Quando a calda atinge a extremidade oposta do cabo, a purga só foi fechada quando se verificou a saída de calda de uma forma regular;
- Com todas as purgas fechadas é elevada e mantida a pressão de injecção a, no mínimo, 5 bar durante 1 minuto;
- A operação foi concluída com o fecho da purga de introdução de calda.

5.7 - Trabalhos realizados ao longo do estágio

Aquando do início do período de estágio, a obra do viaduto Coina 1 já se encontrava em pleno desenvolvimento construtivo, estando a estrutura organizacional totalmente completa e com as necessárias funções perfeitamente delineadas. Neste contexto, e dada a qualificação do estagiário, associada à reduzida experiência no actual mercado de trabalho e ao âmbito do próprio estágio, a integração em trabalhos de obra tornou-se algo condicionada.

Como tal, de forma a criar as condições necessárias para o cumprimento dos objectivos previamente definidos no estágio, foi feita por parte do Departamento Técnico e da Direcção de Produção uma exposição global e objectiva da obra em questão, nomeadamente ao nível das peças desenhadas por forma a interpretar a sua aplicação em obra.

Relativamente às restantes obras, todas foram acompanhadas do início até ao fim. Os trabalhos realizados durante todo o período de estágio incidiram sobretudo no acompanhamento e verificação das actividades executadas em obra, sendo proporcionada a consulta das peças escritas e desenhadas, assim como a consulta dos projectos oficiais e os documentos relativos aos trabalhos antecedentes ao período de estágio, com o objectivo de possibilitar o enquadramento e compreensão da evolução dos processos construtivos.

Houve a oportunidade e o privilégio de prestar um módico contributo, através da preparação dos documentos de planeamento semanal, do preenchimento dos protocolos das várias actividades a acompanhar e inspeccionar, assim como a elaboração dos relatórios finais de tensionamento.

6 - Conclusões

A estrutura e filosofia do curso de Engenharia Civil, proporciona a aprendizagem e o desenvolvimento de competências inseridas no âmbito técnico e científico da construção de projectos de Engenharia, conferindo ao estagiário uma base sólida de cálculo estrutural e de fundamentos relacionados com as metodologias construtivas. Contudo, o estudante finalista e estagiário, devido ao inexistente contacto com o mundo prático da obra ao longo do curso, não adquire noção do funcionamento do mercado da construção e das diversas áreas envolvidas.

O facto de pertencer à área de especialização de Edificações, estando este intimamente ligado aos processos construtivos e à gestão de obras e estaleiros, associada à motivação da escolha da vertente de relatório de estágio, no âmbito do trabalho final de mestrado, revelou-se determinante na necessidade do posicionamento do estagiário do Departamento de Produção de obra, de forma a alcançar os objectivos estabelecidos.

O plano de acompanhamento faseado das várias obras, justificado pela existência de diversas frentes de trabalho (aplicação de pré-esforço, betonagem, levantamento dos panos de alvenaria, corte e dobragem, armação e aplicação do aço, instalações especiais, etc.) e com características próprias, proporcionou uma percepção e um acompanhamento mais efectivo.

Relativamente à Gestão, Coordenação e Fiscalização, a contratação de uma equipa devidamente qualificada constitui não só uma vantagem para o Dono de Obra mas também para o Empreiteiro e Subempreiteiros. A existência de um relacionamento ético e cordial entre é imprescindível para que a obra seja um processo de aprendizagem para todos e não um gerador de conflitos.

Desta experiência, no seu todo, surgiu a possibilidade de proceder ao primeiro contacto com o desenvolvimento de projectos de Engenharia, no seu exacto local, proporcionando conseqüentemente o começo do conhecimento do

funcionamento e das características organizacionais implementadas nas empresas do sector.

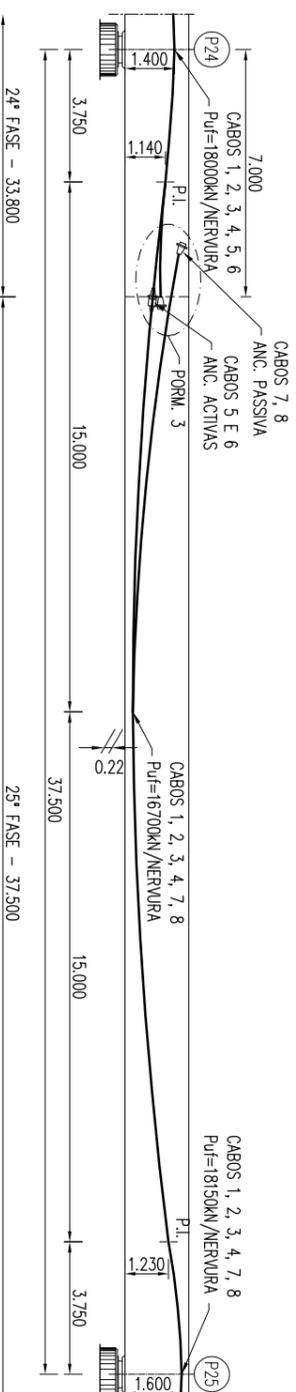
Em resumo, o estágio revelou-se uma mais valia em termos pessoais, dado o alargamento dos horizontes relacionados com o mundo prático da Engenharia, associado ao cumprimento dos objectivos propostos.

7 - Referências Bibliográficas

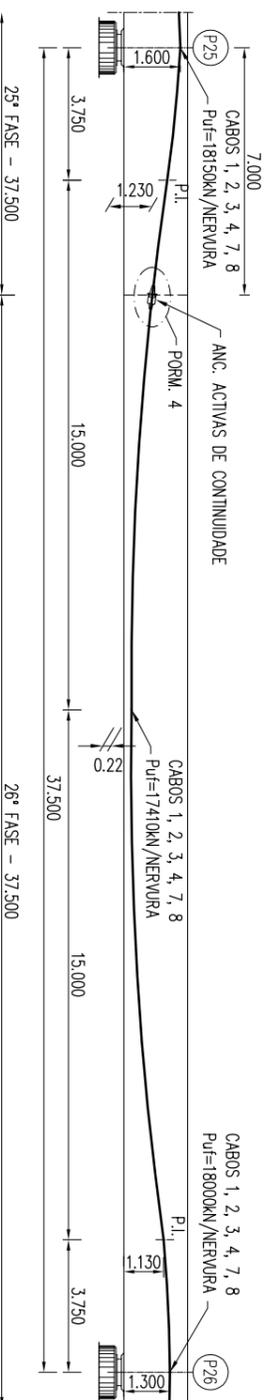
- VSL Field Manual 2011
- European Technical Approval VSL
- www.fiscalizaçãodeobras.com
- Jacinto, Luciano. - *Betão Estrutural III, Folhas da disciplina*. Setembro 2007. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- Elementos da disciplina "Qualidade, Saúde e Segurança" - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), Ano lectivo 2008/09

8 - Anexos

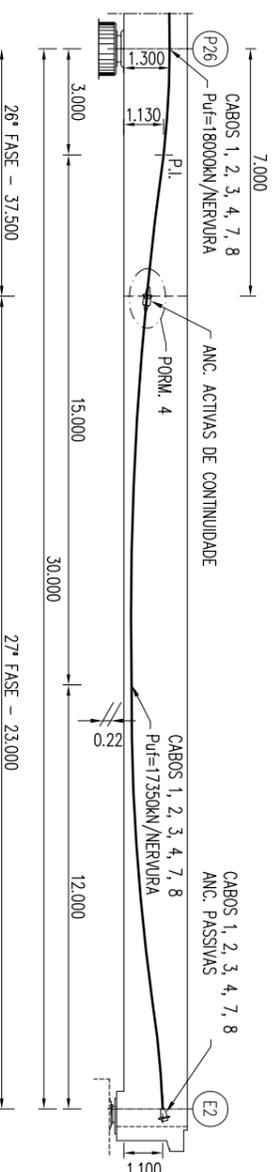
Anexo A - Peças desenhadas Viaduto Coina 1



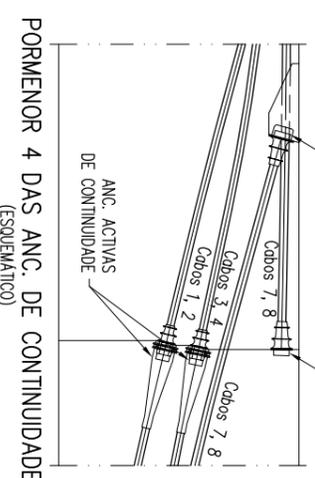
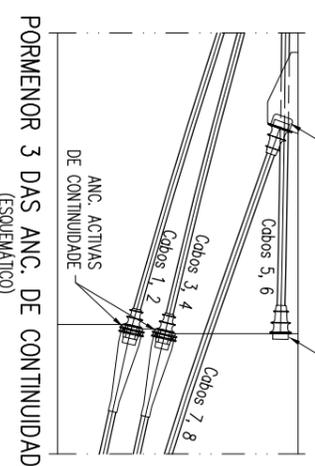
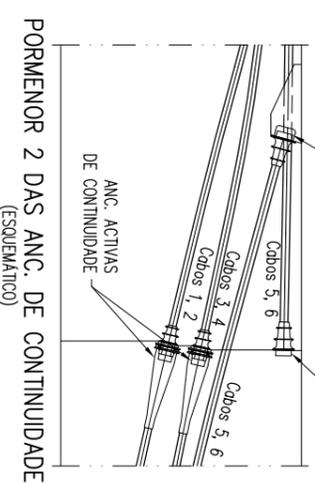
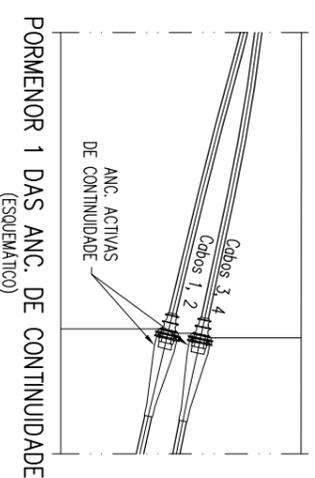
CORTE LONGITUDINAL – TRAMO P24 A P25
A1=1:100/A3=1:200



CORTE LONGITUDINAL – TRAMO P25 A P26
A1=1:100/A3=1:200



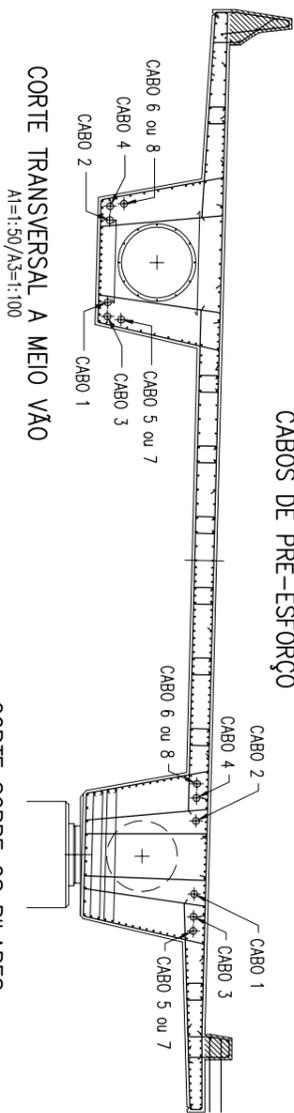
CORTE LONGITUDINAL – TRAMO P26 A E2
A1=1:100/A3=1:200



CABO	PRE-ESFORÇO P/ NERVURA	Área (cm²)
CABO 1	Ág = 28,5 cm²	Ág = 28,5 cm²
CABO 2	Ág = 28,5 cm²	Ág = 28,5 cm²
CABO 3	Ág = 28,5 cm²	Ág = 28,5 cm²
CABO 4	Ág = 28,5 cm²	Ág = 28,5 cm²
CABO 5	Ág = 22,5 cm²	Ág = 22,5 cm²
CABO 6	Ág = 22,5 cm²	Ág = 22,5 cm²
CABO 7	Ág = 28,5 cm²	Ág = 28,5 cm²
CABO 8	Ág = 28,5 cm²	Ág = 28,5 cm²

Ág – ÁREA MÍN. DE PRE-ESFORÇO (1,5 cm² / CORDÃO)

LOCALIZAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO



LEGENDA

- ↔ - ANCORAGEM
- ↔ - ANC. ACTIVA DE CONTINUIDADE
- P.1 - PONTO DE INFLExÃO
- Puf - PRÉ-ESFORÇO ÚTIL FINAL MÍNIMO PARA CADA NERVURA DO TABULEIRO.

MATERIAIS

- BETÃO: C35 / 45
- ARMADURAS PASSIVAS: A500 NR
- ARMADURAS ACTIVAS: EN10138-3 Y1860S7

NOTA:

- O TRAÇADO E QUANTIDADE DE PRÉ-ESFORÇO FORAM DIMENSIONADOS TENDO EM CONSIDERAÇÃO QUE OS TABULEIROS SERÃO CONSTRUÍDOS COM CAVALETE APOIADO NO SOLO, PODENDO HAVER NECESSIDADE DE ALGUMA REVISÃO EM FUNÇÃO DO PROCESSO CONSTRUCTIVO ADOPTADO.

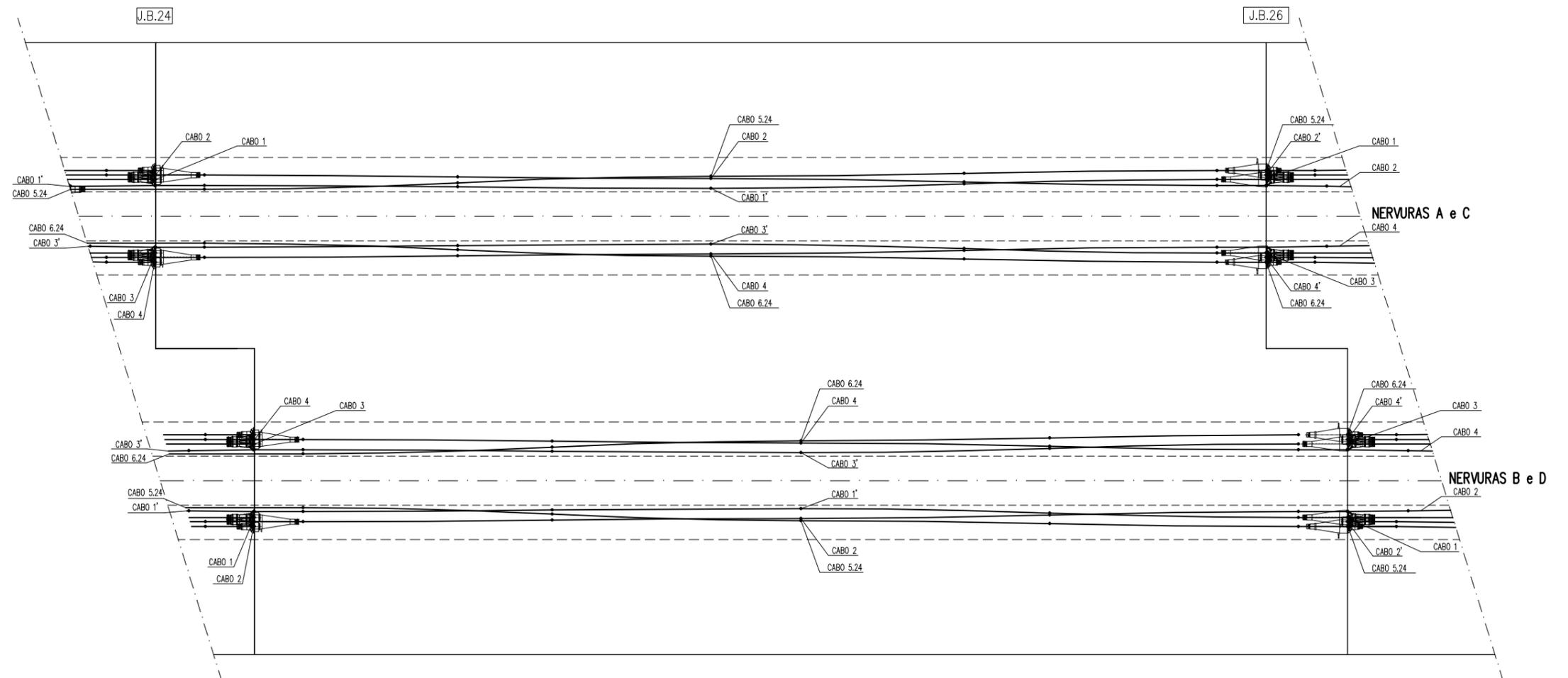
- A APRESENTAÇÃO DOS CABOS E SUA COTAGEM REFERE-SE A UM TRAÇADO TÉCNICO NO EIXO DE CADA NERVURA DO TABULEIRO DIREITO. O PROJECTO DE APLICAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO TERÁ ESSE FACTO EM CONSIDERAÇÃO NA APRESENTAÇÃO DOS TRAÇADOS DE TODOS OS CABOS DE CADA UMA DAS NERVURAS DE AMBOS OS TABULEIROS. O NÚMERO DE CABOS E O POSICIONAMENTO DOS PONTOS NOTIAIS DO TRAÇADO DO PRÉ-ESFORÇO PARA AS NERVURAS DO TABULEIRO ESQUERDO SEGUIRÁ A MESMA LÓGICA APRESENTADA PARA AS NERVURAS DO TABULEIRO DIREITO.

← LARANJEIRAS



FASE 27
PLANTA ESQUEMÁTICA

COINA →



NERVURAS A e B - TABULEIRO ESQUERDO (NORTE)
NERVURAS C e D - TABULEIRO DIREITO (SUL)

- NOTAS**
- 1 - AS COTAS INDICADAS REFEREM-SE A METROS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
 - 2 - AS COTAS INDICADAS NO TRAÇADO SÃO MEDIDAS NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO. AS COTAS TEM ORIGEM NO FUNDO DA VIGA.
 - 3 - SERÃO COLOCADAS TRAVINCAS m A m PARA POSICIONAMENTO DAS BAINHAS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
 - 4 - AS PLACAS DE ANCORAGEM DEVERÃO SER APARAFUSADAS À COFRAGEM
 - 5 - PARA FACILIDADE DE LEITURA NO DESENHO, NÃO FORAM REPRESENTADAS AS HÉLICES DAS CABEÇAS DE ANCORAGEM, A COLOCAR JUNTAMENTE COM AS CABEÇAS
 - 6 - A INJEÇÃO DOS CABOS DEVERÁ SER FEITA A PARTIR DA ANCORAGEM MAIS BAIXA
 - 7 - SERÃO COLOCADOS TUBOS DE PURGA EM TODOS OS PONTOS ALTOS DO TRAÇADO E EM TODAS AS ANCORAGENS INDICADAS

MATERIAIS

BETÃO	C35/45
ARMADURAS	(ORDENARIAS - REFORÇO) A 500 NR SD (PRÉ-ESFORÇO) LINEC E 453-2002/prEN 10138-3 SECÇÃO NOMINAL : 1.5 cm ²
BAINHAS	(METÁLICAS) EN 523, CLASSE 1, AÇO ISO 6932

VALOR MÉDIO DA RESISTÊNCIA DO BETÃO À COMPRESSÃO À DATA DE APLICAÇÃO DO P.E., $f_{cm}(t)$

28.0 MPa (PROVETES CILÍNDRICOS)	90	90	100
36.0 MPa (PROV. CÚBICOS 15cm ARESTA - EN 206-1)	97	97	107

QUADRO DE HÉLICES/BAINHAS

ANC. VAR.	H 6-15Tl 15 Card. 0.6"	Gc/KGc 6-15 15 Card. 0.6"	Gc/KGc 6-19 19 Card. 0.6"
A _g	300	370	410
B	420	360	480
C _g	16	16	20
D	60	45	60
n	9	9	9
L	---	390	510
M	155	---	---
n ^o int.	90	90	100
n ^o ext.	97	97	107

ANCORAGEM Gc/KGc VSL

ANCORAGEM PASSIVA V'S L - TIPO "H"

HÉLICES

VISTA POR "X"

n - número de estirões

01	REVISÃO GERAL	J.Pe	04-11-2011
ALTERAÇÃO	DESIGNAÇÃO	VERIFICOU	DATA

VSL
VSL Sistemas Portugal
Pré-Esforço, Equipamento e Montagens, S.A.

DONO DE OBRA: EP - ESTRADAS DE PORTUGAL, S.A. CLIENTE: ACE T. DUARTE / ZAGOPE

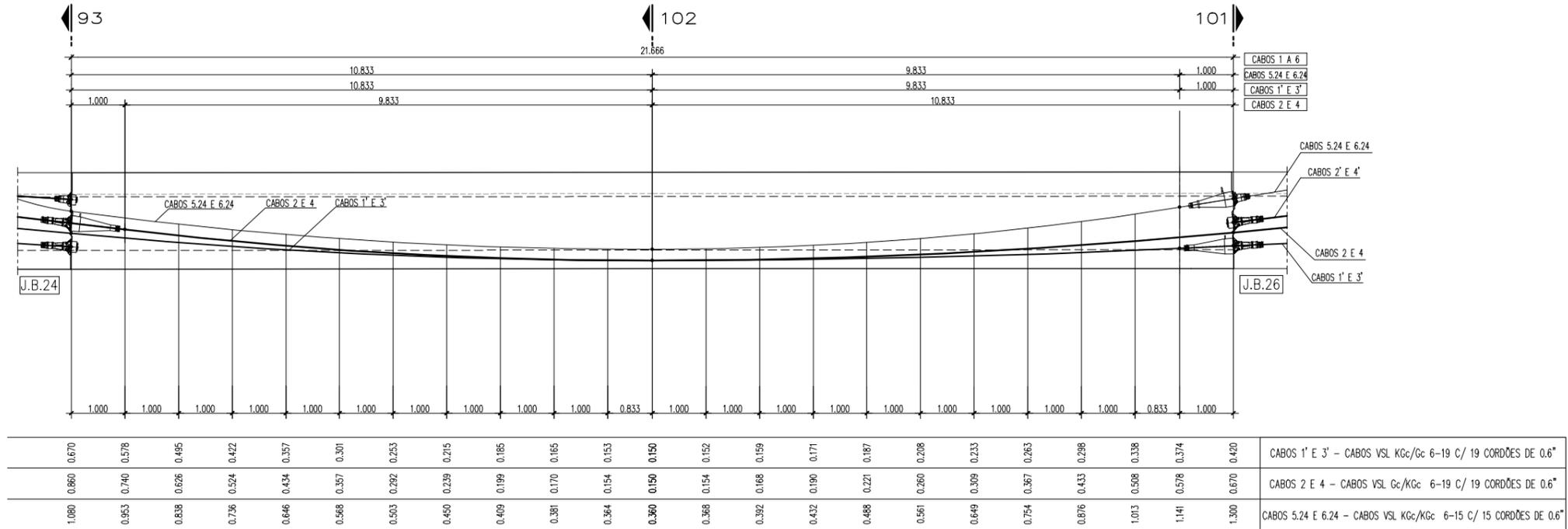
EMPRESA: SUBCONCESSÃO DO BAIXO TEJO IC32-PALHAIS-COINA TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COINA

OBRA: VIADUTO DE COINA 1 TABULEIROS ESQ. / DIR.

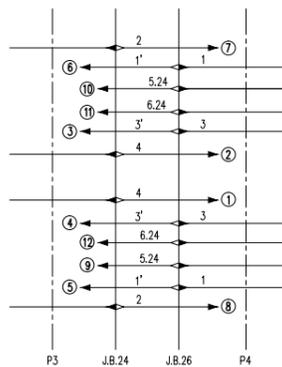
FASE 27 (NERVURAS A, B, C e D)
PLANTA ESQUEMÁTICA DO TRAÇADO DOS CABOS

DESENHO: RDi PROECTOU: CPe
DATA: ABRIL 2011 ESCALAS: 1:100
DESENHO: PE910-COI1-022-01

FASE 27
CORTE LONGITUDINAL



PLANO GENÉRICO DE PUXE



ORDEM DE PUXE

1 - DE 1 a 12 POR ORDEM NUMÉRICA.

NOTAS

- 1 - AS COTAS INDICADAS REFEREM-SE A METROS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 2 - AS COTAS INDICADAS NO TRAÇADO SÃO MEDIDAS NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO. AS COTAS TEM ORIGEM NO FUNDO DA VIGA.
- 3 - SERÃO COLOCADAS TRAVINCAS m A m PARA POSICIONAMENTO DAS BAINHAS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 4 - AS PLACAS DE ANCORAGEM DEVERÃO SER APARAFUSADAS À COFRAGEM
- 5 - PARA FACILIDADE DE LEITURA NO DESENHO, NÃO FORAM REPRESENTADAS AS HÉLICES DAS CABEÇAS DE ANCORAGEM, A COLOCAR JUNTAMENTE COM AS CABEÇAS
- 6 - A INJEÇÃO DOS CABOS DEVERÁ SER FEITA A PARTIR DA ANCORAGEM MAIS BAIXA
- 7 - SERÃO COLOCADOS TUBOS DE PURGA EM TODOS OS PONTOS ALTOS DO TRAÇADO E EM TODAS AS ANCORAGENS INDICADAS

MATERIAIS

BETÃO	C35/45
ARMADURAS	(ORDENARIAS - REFORÇO) A 500 NR SD (PRÉ-ESFORÇO) LINEC E 453-2002/prEN 10138-3 SECÇÃO NOMINAL : 1,5 cm ²
BAINHAS	(METÁLICAS) EN 523, CLASSE 1, AÇO ISO 6932

VALOR MÉDIO DA RESISTÊNCIA DO BETÃO À COMPRESSÃO À DATA DE APLICAÇÃO DO P.E. , f_{cm} (t)

28,0 MPa (PROVETES CILÍNDRICOS)
36,0 MPa (PROV. CÚBICOS 15cm ARESTA - EN 206-1)

QUADRO DE HÉLICES/BAINHAS

ANC. VAR.	H 6-15Tl 15 Cord. 0,6"	Gc/Kgc 6-15 15 Cord. 0,6"	Gc/Kgc 6-19 19 Cord. 0,6"
A ø	300	370	410
B	420	360	480
C ø	16	16	20
D	60	45	60
n	9	9	9
L	---	390	510
M	155	---	---
n ^o int.	90	90	100
n ^o ext.	97	97	107

ANCORAGEM Gc/Kgc VSL

ANCORAGEM PASSIVA V S L - TIPO "H"

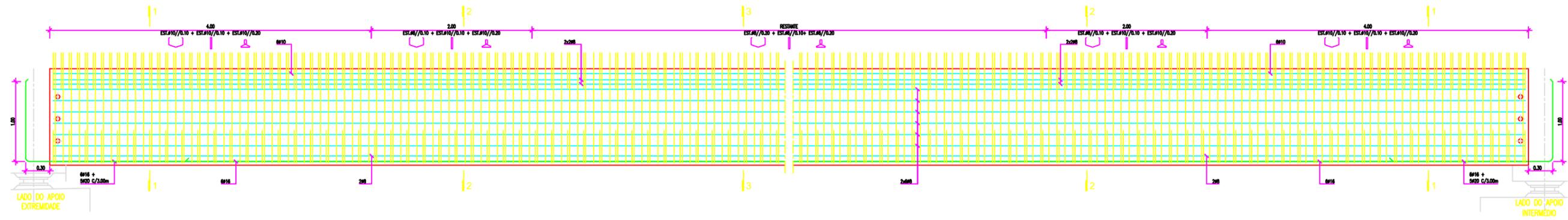
HÉLICES

VISTA POR "X"

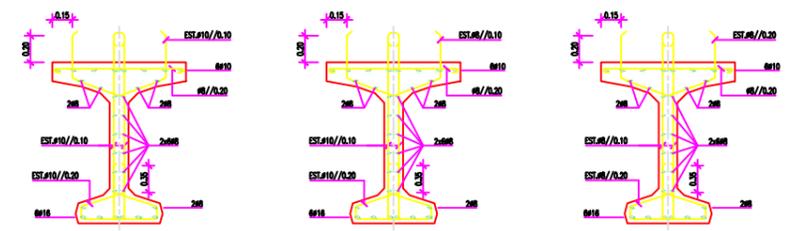
n - número de estírios

01	REVISÃO GERAL	J.Pe	04-11-2011
ALTERAÇÃO	DESIGNAÇÃO	VERIFICOU	DATA
VSL VSL Sistemas Portugal Pré-Esforço, Equipamento e Montagem, S.A.		PROJECTO DE APLICAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO SISTEMA VSL	
DOMO DE OBRA EP - ESTRADAS DE PORTUGAL, S.A	CLIENTE ACE T. DUARTE / ZAGOPE	OBRA VIADUTO DE COINA 1 TABULEIRO ESQUERDO	
EMPRESA SUBCONCESSÃO DO BAIXO TEJO IC32-PALHAIS-COINA TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COINA			
FASE 27 (NERVURA C)		DESENHO RDi	PROJECTO CPe
CORTE LONGITUDINAL TRAÇADO DOS CABOS m A m PLANO GENÉRICO DE PUXE		DATA ABRIL 2011	ESCALAS 1:100
DESENHO PE910-COI1-112-01			

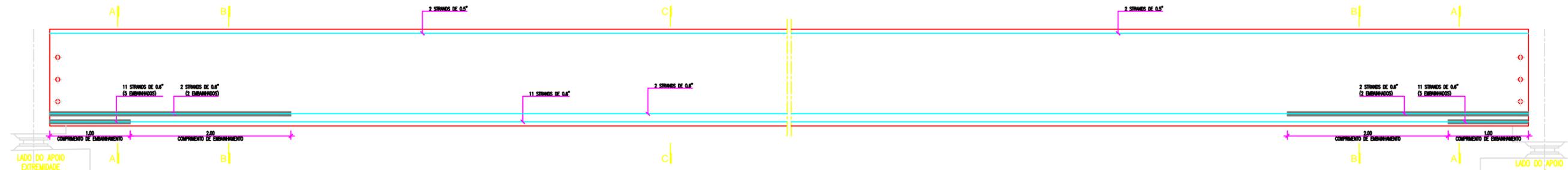
Anexo B - Peças desenhadas Pontão sobre o rio Coima



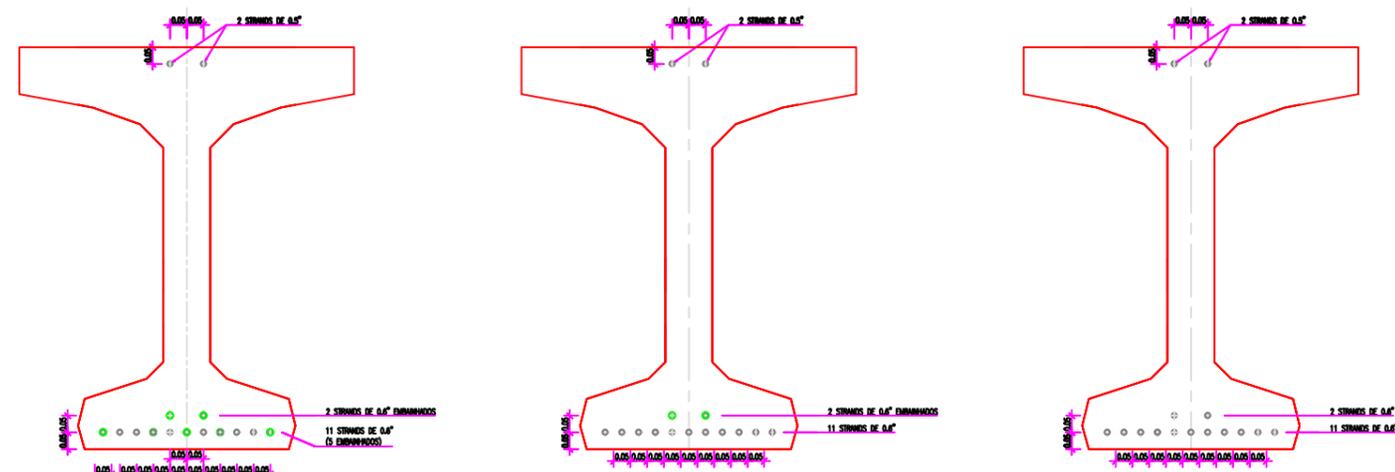
VIGA 19.60m - ARMADURAS PASSIVAS
 ESCALA 1:25 (A1)
 ESCALA 1:50 (A3)



CORTE 1-1 ESCALA 1:25 (A1) ESCALA 1:50 (A3)
 CORTE 2-2 ESCALA 1:25 (A1) ESCALA 1:50 (A3)
 CORTE 3-3 ESCALA 1:25 (A1) ESCALA 1:50 (A3)



VIGA 19.60m - ARMADURAS ACTIVAS
 ESCALA 1:25 (A1)
 ESCALA 1:50 (A3)



CORTE A-A PRÉ-ESFORÇO DAS VIGAS ESCALA 1:10 (A1) ESCALA 1:20 (A3)
 CORTE B-B PRÉ-ESFORÇO DAS VIGAS ESCALA 1:10 (A1) ESCALA 1:20 (A3)
 CORTE C-C PRÉ-ESFORÇO DAS VIGAS ESCALA 1:10 (A1) ESCALA 1:20 (A3)

$P_{\infty} = 100 \text{ kN/cordão } 0,5''$
 $P_{\infty} = 150 \text{ kN/cordão } 0,6''$
 Tensão de Puxe = 75% f_{pk}

NOTA:
 - COTAR A VERIFICAR EM OBRA.

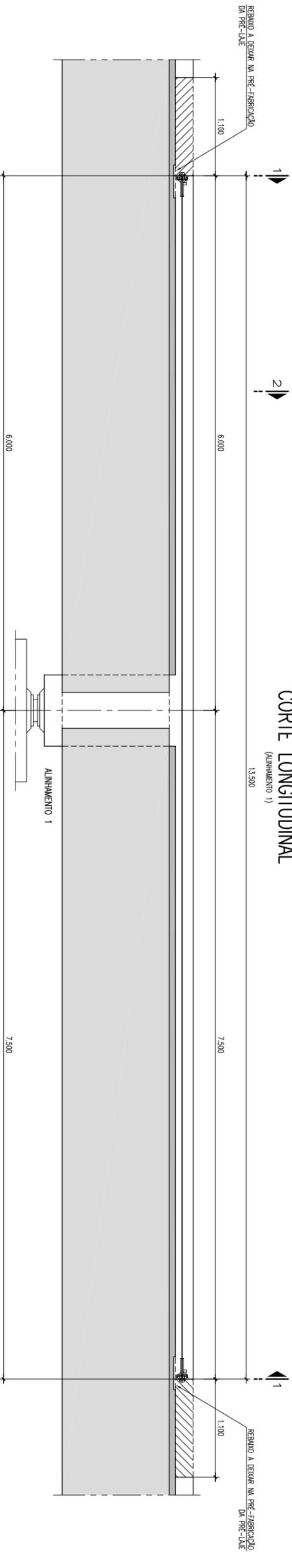
QUADRO DE MATERIAIS						
COMPONENTE CONSTRUTIVA	CLASSE DE RESISTÊNCIA	CLASSE DE ABAXAMENTO	CLASSE DE EXPOSIÇÃO AMBIENTAL	MÁXIMO TEOR DE CLORETO	DÍAMETRO MÁXIMO INERTE	RECOBRIMENTO NOMINAL (mm)
REGULARIZAÇÃO	C16/20 (B0.3)	S1/S2	---	---	---	---
FUNDAÇÕES	C30/37 (B35.1)	S2/S3	XC2	CL.0.4	22	50
ENCONTROS	C30/37 (B35.1)	S2/S3/S4	XC4	CL.0.4	22	40
LAJES DE TRANSIÇÃO	C30/37 (B35.1)	S2/S3	XC2	CL.0.4	22	50
PILARES / ESTACAS	C30/37 (B35.1)	S2/S3/S4	XC4	CL.0.4	22	40
TABULEIRO (LAJE E PRÉ-LAJE)	C30/37 (B35.1)	S2/S3/S4	XC4	CL.0.2	LAJE - 22 PRÉ-LAJE - 16	35
VIGAS PRÉ-FABRICADAS	C50/60 (B55.1)	S2/S3/S4	XC4	CL.0.2	22	35
VIGAS DE BORDADURA	C40/50 (B45.1)	S2/S3/S4	XC4	---	---	35
ARMADURAS PASSIVAS	AÇO A500NR S10					
ARMADURAS ACTIVAS	EM CORDÃO Y1860 S7 15.2 EM BARRAS Y1030 H 32 P					
GUARDA-CORPOS	S235 EN 10027.1					
ENCIMENTO DE PASSOS	BETÃO POBRE					

ITEM	ALTERAÇÃO	RUBRICA	DATA

CORTE LONGITUDINAL

(ALINHAMENTO 1)

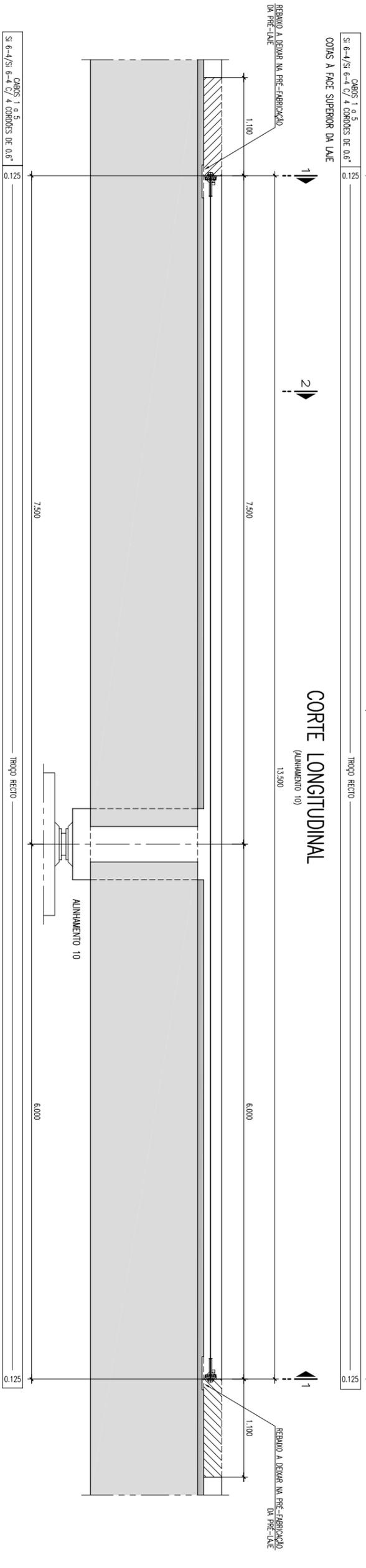
13.500



CORTE LONGITUDINAL

(ALINHAMENTO 10)

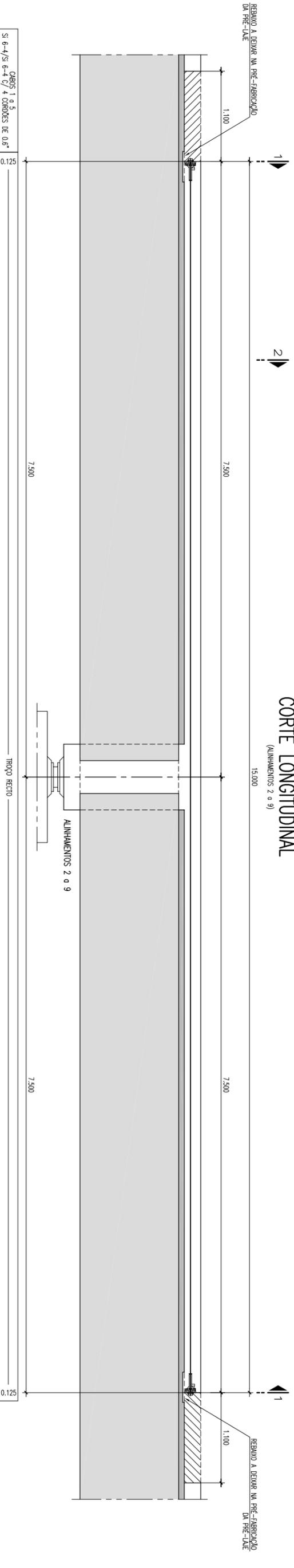
13.500



CORTE LONGITUDINAL

(ALINHAMENTOS 2 e 9)

15.000

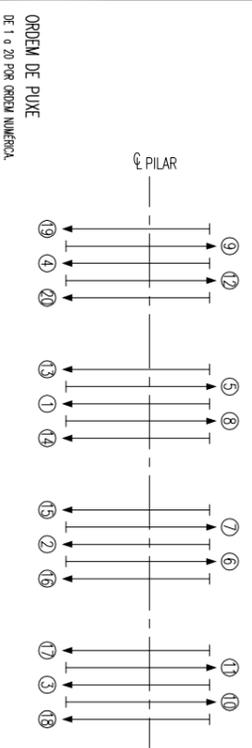


CABOS 1 a 5
SI 6-4/SI 6-4/C/4 COROSES DE 0,6"

COI TAS A FACE SUPERIOR DA LAJE

BAI HA AGRADUA METALICA Ø 72/75 x 19/24 (int./ext.)

PLANO GENÉRICO DE PUXE



NOTAS

- 1 - AS COI TAS INDICADAS REFEREM-SE A METROS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 2 - AS COI TAS INDICADAS NO TRAJA DO SÃO MEDIDAS NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO.
- 3 - SERA O COI TAGEM TRANSICOS n A m PARA POSICIONAMENTO DAS BANHAS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
- 4 - AS PLACAS DE ANCORAGEM DEVERA O SER APARATISADAS A CONTRAÇÃO
- 5 - A INJEÇÃO DOS CABOS DEVERA SER FEITA A PARTIR DA ANCORAGEM MAIS BAI VA
- 6 - SERA O COI TAGEM TUBOS DE PUXIDA EM TODOS OS PONTOS ALTOS DO TRAJA DO E EM TODAS AS ANCORAGENS INDICADAS

MATERIAIS

BEI TO	IC30/37
ANILADOURAS	A 500 NR S0
BANHAS	EN S21 CLASSE 1, AÇO ISO 6932

VSL Sistemas Portugal

Pré-Esforço, Equipamento e Montagens, S.A.

TRAÇA DO DE CABO

EP

LENAS CONSTRUCOES

OPERAÇÃO/CONCESSÃO DO BAIXO TIA DO - LOTE 2 NORTE - IC32

PALHAIS - COMA/TRECHO 4 - LARANHEIRAS - COMA

PROJETO DE APLICACAO DE PRE-ESFORÇO SISTEMA VSL

PONTÃO S/ RIO COINA (1 TR X 10 PLACES X 4 VIGAS)

RESUMO

PROJETO

DATA

15/01/2011

ESCALA

1:50

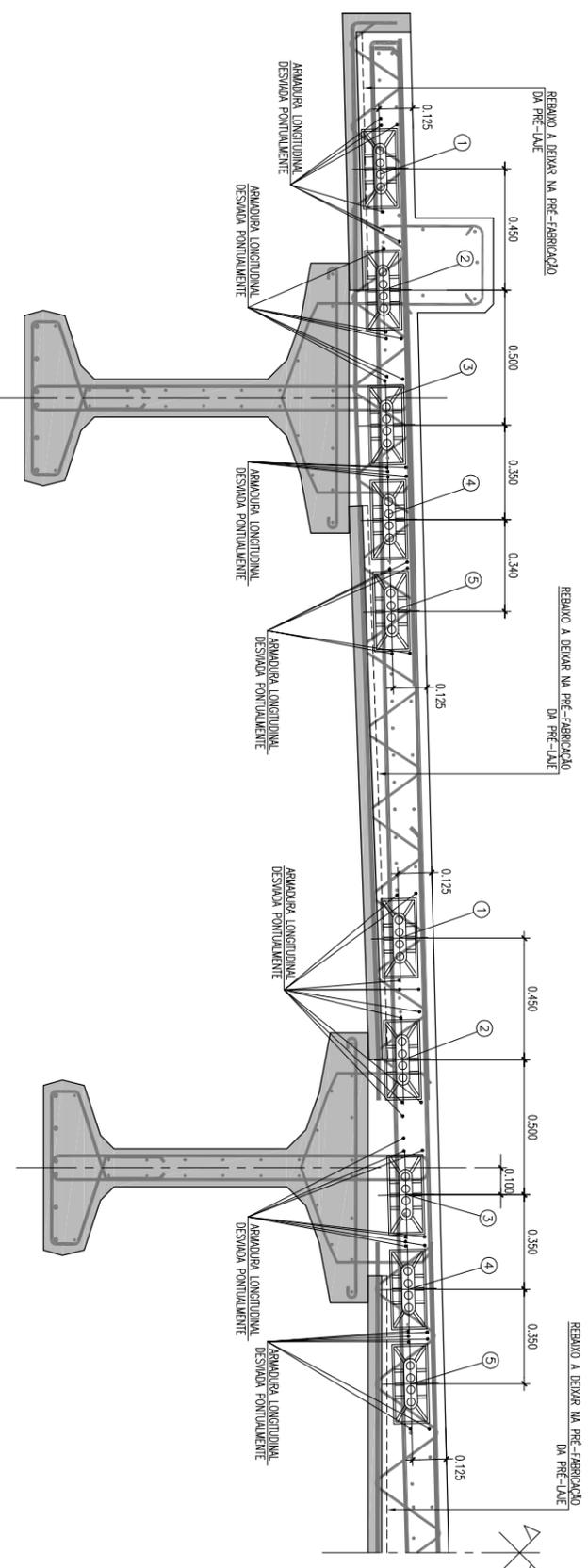
RESUMO

PE896T+PONTAO-002-00

Este documento constitui propriedade exclusiva da VSL Sistemas Portugal, não podendo ser reproduzido sem autorização por escrito.

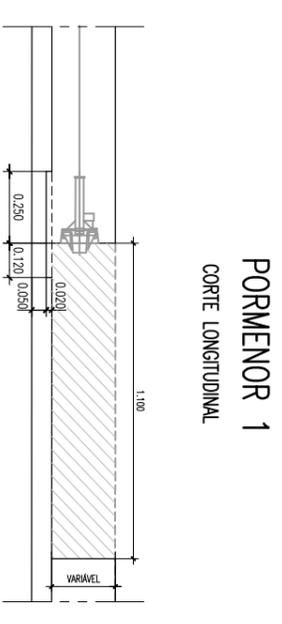
CORTE TRANSVERSAL 1

Esc. 1/25



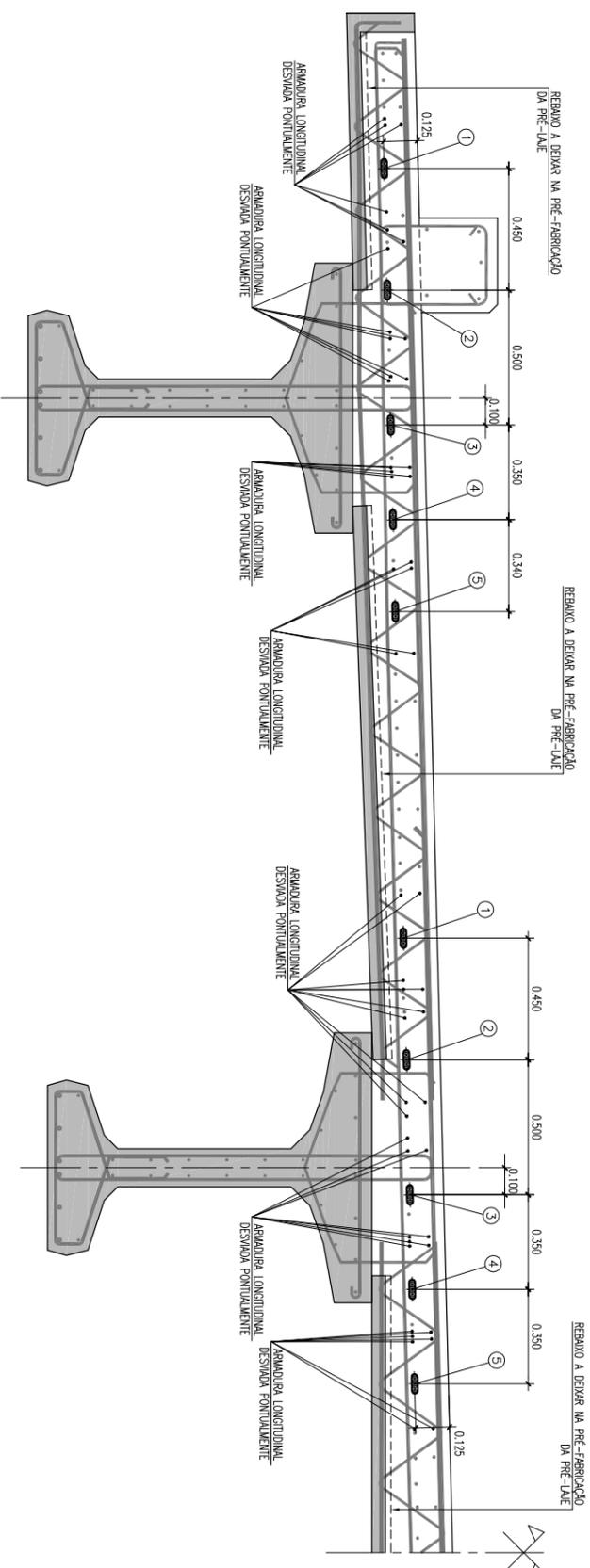
DEFINIÇÃO GEOMÉTRICA DOS REBAIXOS NAS PRÉ-LAJES

Esc. 1/25



CORTE TRANSVERSAL 2

Esc. 1/25



BAIHA ACHATA METÁLICA 8 72/75 x 19/24 (ml./ml.)

NOTAS

- 1 - AS COTAS INDICADAS REFEREM-SE A METROS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 2 - AS COTAS INDICADAS NO TRAJADO SÃO MEDIDAS NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO.
- 3 - SERÃO COLOCADOS TRANSVERSALMENTE NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO.
- 4 - AS PLACAS DE ANCORAGEM DEVERÃO SER APROPRIADAS À CONTRAÇÃO
- 5 - A INJEÇÃO DOS CABOS DEVERÁ SER FEITA A PARTIR DA ANCORAGEM NAS BAIHAS
- 6 - SERÃO COLOCADOS TUBOS DE PUNÇA EM TODOS OS PONTOS ALTOS DO TRAJADO E EM TODAS AS ANCORAGENS INDICADAS

MATERIAIS

BETÃO	IC30/37 (CONCRETO - RESERVO)
ARMADURAS	A 500 NR S3 (PRE-ESTRADO) LIME E 435-2002/PRN 10130-3 SEÇÃO NOMINAL : 1,4 cm ²
BAIHAS	(METÁLICAS) EN S23, CLASSE 1, AÇO ISO 6932

VALOR CARACTERÍSTICO DA RESISTÊNCIA DO BETÃO À COMPRESSÃO A DATA DE APLICAÇÃO DO P.C.: f_{cd} (I)
29,4 MPa (PROJETOS CLÁSSICOS)
36,3 MPa (PROJ. CABOS 15cm ARSITA - EN 206-1)

01	CORTE 1 - POSIÇÃO DAS ANCORAGENS	JPe	13.03.2012
01	REVISÃO GERAL	JPe	13.01.2012
ALTERAÇÃO		DESIGNADO	VERIFICADO

VSL Sistemas Portugal
Pré-Estrutura, Equipamento e Montagens, S.A.

OPERAÇÃO/CONCESSÃO DO BAIXO TÃO - LOTE 2 NORTE - IC32
PALHAIS - COMUNA/TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COMUNA

OPERAÇÃO/CONCESSÃO DO BAIXO TÃO - LOTE 2 NORTE - IC32
PALHAIS - COMUNA/TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COMUNA

OPERAÇÃO/CONCESSÃO DO BAIXO TÃO - LOTE 2 NORTE - IC32
PALHAIS - COMUNA/TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COMUNA

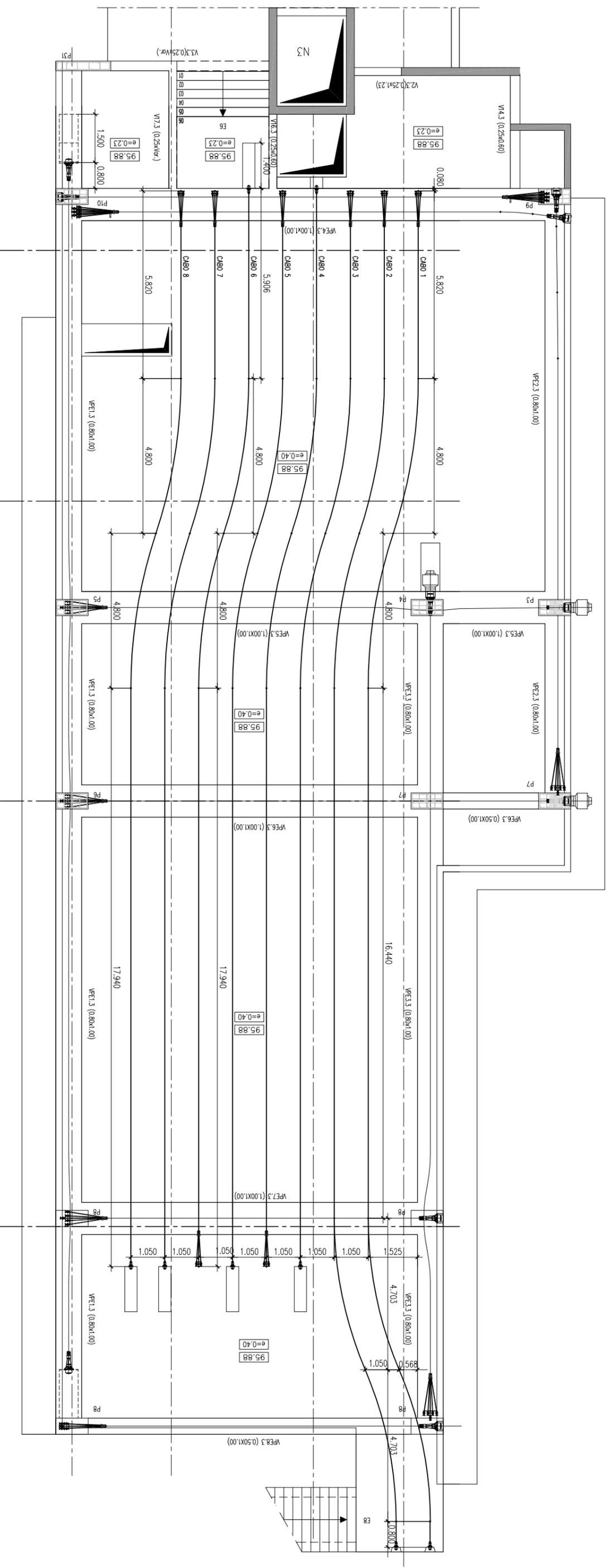
OPERAÇÃO/CONCESSÃO DO BAIXO TÃO - LOTE 2 NORTE - IC32
PALHAIS - COMUNA/TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COMUNA

OPERAÇÃO/CONCESSÃO DO BAIXO TÃO - LOTE 2 NORTE - IC32
PALHAIS - COMUNA/TRECHO 4 - LARANJEIRAS - COMUNA

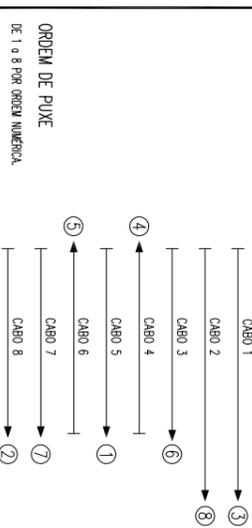
Este documento constitui propriedade exclusiva da VSL Sistemas Portugal, não podendo ser reproduzido sem autorização por escrito.

Anexo C - Peças desenhadas Hotel Tryp Aeroporto Lisboa

PISO 3 PLANTA - LAJE.3



PLANO GENÉRICO DE PUXE



NOTAS

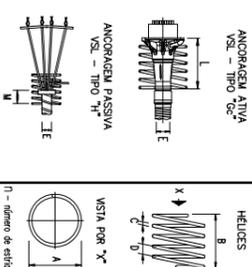
- 1 - AS CORTAS INDICADAS REFEREM-SE A METROS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 2 - AS CORTAS INDICADAS NO TRAÇADO SÃO MEDIDAS NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO. AS CORTAS SEM ORIGEM NO EIXO DA VIGA, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
- 3 - SERÃO COLOCADAS TRAVISSAS m a m PARA POSICIONAMENTO DAS BANHAS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
- 4 - AS PLACAS DE ANCORAGEM DEVERÃO SER APROPRIADAS À CATEGORIA
- 5 - A INJEÇÃO DOS CABOS DEVERÁ SER FEITA A PARTIR DA ANCORAGEM MAIS BAIXA
- 6 - SERÃO COLOCADOS TUBOS DE PULGA EM TODOS OS PONTOS ALTOS DO TRAÇADO E EM TODAS AS ANCORAGENS INDICADAS

MATERIAIS

BETÃO	C30/37 (ordenadas - artigo 9)
ARMADURAS	A 500 NR S0 (pre-estremo) LHEC E 453-2002/OPEN 10138-3 SECÇÃO NOMINAL : 1,5 cm ²
BANHAS	EM 523, CLASSE 1, AÇO ISO 6832
VALOR MÍNIMO DA RESISTÊNCIA DO BETÃO A COMPRESSÃO A DATA DE APLICAÇÃO DO P.E., f _{cm} (t)	
28.0 MPa (PROJETOS CILINDRICOS)	
34.5 MPa (PROV. CÍRCULOS 15cm ÁRESTA - EN 206-1)	

QUADRO DE HÉLICES/BANHAS

N.º	Gr. 5-4		Gr. 5-18		Gr. 10-18		Gr. 10-18	
	c/4 Cordões	c/16 Cordões						
A	170	410	300	420	300	420	300	420
B	180	350	16	16	16	16	16	16
C	12	16	50	60	60	60	60	60
D	60	50	9	8	8	8	8	8
L	230	420	--	--	--	--	--	--
M	50	100	155	155	155	155	155	155
N	57	107	107	107	107	107	107	107



03 - MONTAGEM DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
 02 - VIGA VPE1.3 (COMPLEMENTO DO CABO)
 01 - VIGA VPE1.3

DESIGNAÇÃO

RESUMO

DATA

09-05-2012
 12-01-2012
 02-02-2012

VSL
Sistemas Portugal
 Pré-Estrutura, Equipamento e Montagem, S.A.

CLIENTE: **BRITALAR**

OPERA: **PISOS 1, 2 e 3**

PROJETO: **P.E. EM VIGAS E LAJES**

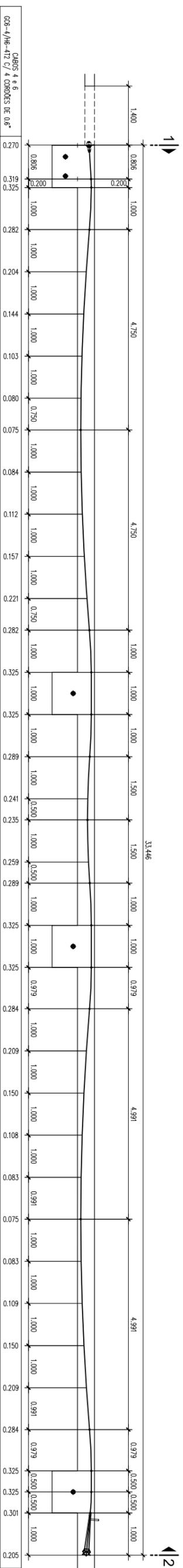
DATA: **JANEIRO 2012**

ESCALA: **1:125**

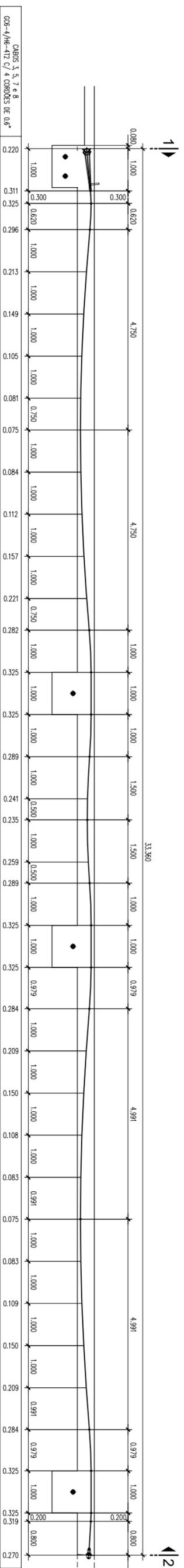
REVISÃO: **PE936-HTAL-019-03**

Este documento constitui propriedade exclusiva da VSL Sistemas Portugal, não podendo ser reproduzido sem autorização por escrito.

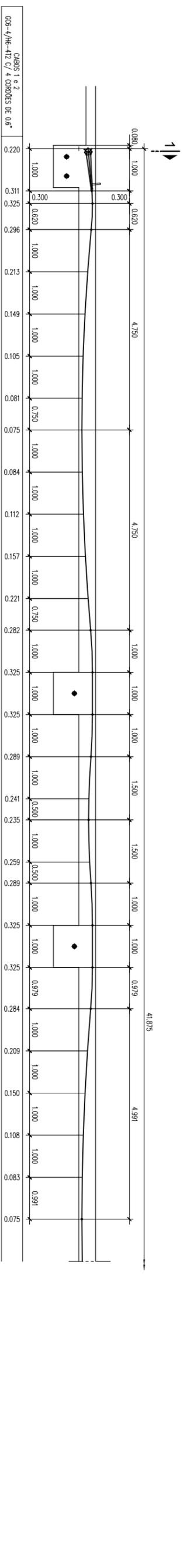
PISO 3 – CABOS 4 e 6
CORTE LONGITUDINAL – LAJE.3



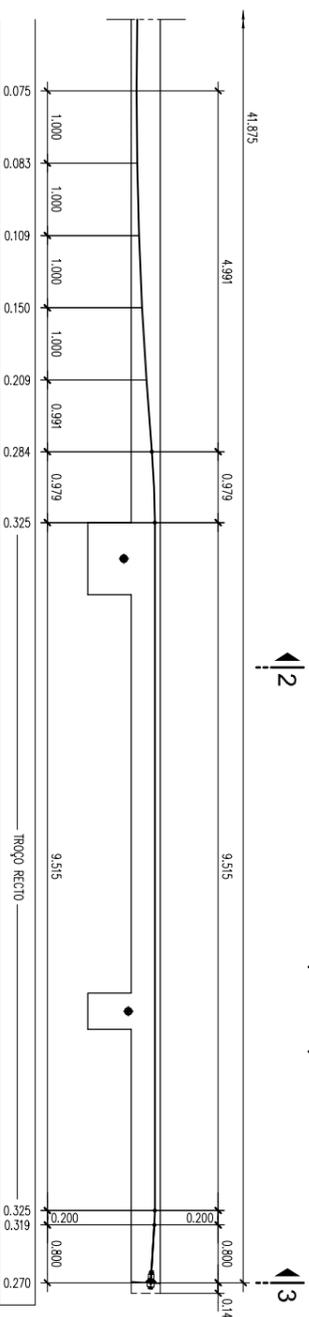
PISO 3 – CABOS 3, 5, 7 e 8
CORTE LONGITUDINAL – LAJE.3



PISO 3 – CABOS 1 e 2
CORTE LONGITUDINAL – LAJE.3



CORTE LONGITUDINAL – LAJE.3 (CONT.)



NOTAS

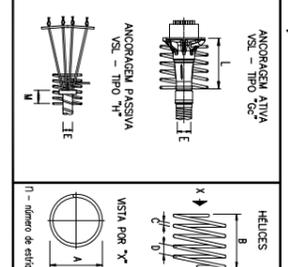
- 1 - AS CORTAS INDICADAS REFEREM-SE A METROS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 2 - AS CORTAS INDICADAS NO TRACÇAO SÃO MEDIDAS NA VERTICAL E REFEREM-SE AO EIXO DO CABO. AS CORTAS SEM ORIGEM NO FUND. DA VIGA, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
- 3 - SERÃO COLOCADAS TRAVISSAS m a m PARA POSICIONAMENTO DAS BANHAS, SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA.
- 4 - AS PLACAS DE ANCORAGEM DEVERÃO SER APROPRIADAS À CORREÇÃO
- 5 - A INJEÇÃO DOS CABOS DEVERÁ SER FEITA A PARTIR DA ANCORAGEM MAIS BAIXA
- 6 - SERÃO COLOCADOS TUBOS DE PIRGA EM TODOS OS PONTOS ALTOS DO TRACÇAO E EM TODAS AS ANCORAGENS INDICADAS

MATERIAIS

BETÃO	C30/37
ARMADURAS (pre-estricado)	A 500 NR S0
ARMADURAS (pre-estricado)	LMEC E 453-2002/OPEN 10138-3
SECÇÃO NOMINAL:	1,5 cm ²
BANHAS (METALOS)	EN 523, CLASSE 1, Aço ISO 6832
VALOR MÍNIMO DA RESISTÊNCIA DO BETÃO À COMPRESSÃO A DATA DE APLICAÇÃO DO P.E., f _{cm} (t)	
28.0 MPa (PROJETOS CILINDRICOS)	
34.5 MPa (PROV. CÍRCULOS 15cm DIÁM. - EN 206-1)	

QUADRO DE HÉLICES/BANHAS

NR	CS 5-4	CS 5-10	NR-10 TIPO 1	NR-10 TIPO 2
MR	c/4 Cordões	c/16 Cordões	c/16 Cordões	c/16 Cordões
A	170	410	300	300
B	180	350	420	420
C	12	16	16	16
D	60	50	60	60
n	6	9	8	8
L	250	420	--	--
M	--	--	155	155
e _{rel}	50	100	100	100
e _{rel}	57	107	107	107



01	IMPANTIAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	DESIGNAÇÃO	J.P.	09-05-2012
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				

Anexo D - Protocolos



VSL SISTEMAS PORTUGAL

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO ANTES DA BETONAGEM

PROCESSO Nº.: _____ OBRA: _____ FASE: _____ DATA: __/__/____

BAINHAS

		Sim	Não
Diâmetros	(Conforme Projecto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Posicionamento	(Conforme Projecto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Afast. Travincas	(Conforme Projecto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES

ANCORAGENS

		Sim	Não
Tipos	(Conforme Projecto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fixação	(correcta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES

COLOCAÇÃO DE PURGAS

		Sim	Não
Ancoragens passivas	(colocadas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anco. de continuidade	(colocadas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bainhas	(conf. Projecto)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES

VSL SISTEMAS PORTUGAL

EMPREITEIRO

FISCALIZAÇÃO

(Assinatura)

(Assinatura/Data)

(Assinatura/Data)

PROCESSO Nº.: _____ OBRA: _____ FASE: _____ DATA: ___/___/___

Autorização de tensionamento concedida **Sim** **Se a autorização for verbal indicar origem**

Fiscalização: _____

Empreiteiro Geral: _____

CABO Tipo _____ **CABO Nº** _____ **PUXE Nº** _____

P. Principal ⇒ Força de Puxe (KN / bar) _____ / _____ **Alongamento teórico (mm)** _____

Reaperto ⇒ Força de Puxe (KN / bar) _____ / _____ **Alongamento teórico (mm)** _____

Características do Aço	
Diâm. / Secção:	Nº do rolo:
Fornecedor:	

Características do Equipamento			
Macaco	Nº	Modelo:	Área (cm ²)
Manómetro	Nº		

OPERAÇÃO DE TENSIONAMENTO

Puxe		Patamares Pressão (bar)		Leitura (mm)	Al. Cabo (mm)	L. Anc. P. (mm)	Reaperto (mm)	Al. Total (mm)	Observações
%	KN	Calc.	Lidas						
		100							
		P1							
		P2							
		P3							
		P4							
100%		PF							

(1) ↑ (2) ↑ (4) ↑ (5) →

(3): Al. Total medido = (1) - (2)
 (4): Reaperto
 (5): Al. Interno do macaco
 Al. Total Real = (3) + (4) - (5)

RELATÓRIO

Módulo de elasticidade Teórico (1)	_____	Alongamento teórico Total (4)	_____	VARIÇÃO % _____
Módulo de elasticidade Real (2)	_____	Alongamento teórico Total Corrigido (5)=(3)x(4)	_____	
Coefficiente de correção (3)=(1)/(2)	_____			

VSL SISTEMAS PORTUGAL

EMPREITEIRO

FISCALIZAÇÃO

(Assinatura)

(Assinatura / Data)

(Assinatura / Data)



VSL SISTEMAS PORTUGAL

RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPOSIÇÃO DE CALDAS

PROCESSO Nº.: _____ OBRA: _____ DATA: ____ / ____ / ____

COMPOSIÇÃO			
	Ordem	Quantidade	Designação Comercial / Tipo
CIMENTO			
ÁGUA			
ADITIVO 1			
ADITIVO 2			

Razão Água/Cimento:

VISCOSIDADE (12 a 25 segundos)			
ENSAIOS	Seg.	Temp. da Calda	Temp. Ambiente
T. para encher um provete de 1 L. c/calda após a mistura			
T. para encher um provete de 1 L. c/calda _____ após a mistura.			
T. para encher um provete de 1 L. c/calda _____ após a mistura.			
T. para encher um provete de 1 L. c/calda _____ após a mistura.			
T. para encher um provete de 1 L. c/calda _____ após a mistura.			

EXSUDAÇÃO (≤ 2% após 3 horas - 0 após 24 horas)	
Provete c/ diâm. 50 mm graduado em mm	
Altura inicial da calda no provete (h) = _____ mm	$\frac{h_1}{h} \times 100 = \text{_____} \%$
Altura da água exsudada após 3 horas (h1) = _____ mm	

RETRACÇÃO (≥ -1% e ≤ 5%)	
Provete c/ diâm. 50 mm graduado em mm	
Altura inicial da calda no provete (h) = _____ mm	$\frac{h_2 - h}{h} \times 100 = \text{_____} \%$
Altura final da calda no provete após 24 horas (h2) = _____ mm	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO									
Provete Nº.	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	Observ.	Provete Nº.	3 dias (MPa)	7 dias (MPa)	28 dias (MPa)	Observ.

VSL SISTEMAS PORTUGAL

EMPREITEIRO

FISCALIZAÇÃO

(Assinatura)

(Assinatura/Data)

(Assinatura/Data)



VSL SISTEMAS PORTUGAL

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO ANTES DA BETONAGEM

PROCESSO Nº.: 336 OBRA: Hotel TRYP Aeroporto FASE: Piso-3 DATA: 25/06/12

BAINHAS

		Sim	Não
Diâmetros	(Conforme Projecto)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Posicionamento	(Conforme Projecto)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Afast. Travincas	(Conforme Projecto)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES

ANCORAGENS

		Sim	Não
Tipos	(Conforme Projecto)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fixação	(correcta)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES

COLOCAÇÃO DE PURGAS

		Sim	Não
Ancoragens passivas	(colocadas)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anco. de continuidade	(colocadas)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bainhas	(conf. Projecto)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVAÇÕES

VSL SISTEMAS PORTUGAL

[Handwritten signature]
(Assinatura)

EMPREITEIRO

(Assinatura/Data)

FISCALIZAÇÃO

(Assinatura/Data)



VSL SISTEMAS PORTUGAL

PROTOCOLO DE ENFIAMENTO DE AÇO

PROCESSO Nº.: 936 OBRA: Aeroporto Hotel TRYP FASE: Piso-3 DATA: 25/06/12

CARACTERÍSTICAS DO AÇO DE PRÉ-ESFORÇO

- 0,5" Normal (12,7 mm) 0,6" Normal (15,2 mm) Autoembainhado
0,5" Super (12,9 mm) [X] 0,6" Super (15,7 mm) Fornecedor FAPPICELA

Table with 4 columns: CABO Nº., Nº ROLO, MÓDULO ELASTICIDADE, Nº CORDÕES. Contains handwritten data for cables 1 through 8 and 4.1 through 4.2.

Table with 4 columns: CABO Nº., Nº ROLO, MÓDULO ELASTICIDADE, Nº CORDÕES. Includes handwritten note 'nony' in the first row.

VSL SISTEMAS PORTUGAL

EMPREITEIRO

FISCALIZAÇÃO

Handwritten signature of the contractor.

(Assinatura / Data)

(Assinatura / Data)



VSL SISTEMAS PORTUGAL

PROTOCOLO DE INJEÇÃO

PROCESSO N.º: PE 936 OBRA: Hotel TRYP FASE: PISO 3 DATA: 08/08/072
Aeroporto Lisboa LAGE 3

COMPOSIÇÃO DA CALDA

	Água	Cimento:	Aditivo 1:	Aditivo 2:
Ordem	1º	3º	2º	
Quantidade	52L	160 Kg	1.6 L	

OPERAÇÃO DE INJEÇÃO

CABO N.º	VISCOSIDADE (12 a 25 seg.)		TEMPERATURA (°C)				PRESSÃO		N.º dos provetes	Observações
	Entrada	Saída	Ambiente	Cimento	Água	Calda	de Injecção	Após 1 min.		
VPE 4.3	77		18	20	13	26		10	20	
VPE 4.3	77		18	20	13	26		10	21	
VPE 1.3	77		18	20	13	26		10	22	
VPE 5.3	77		18	20	13	26		10	23	
VPE 2.3	77		18	20	13	26		10	24	
VPE 3.3	77		18	20	13	26		10	25	
VPE 6.3	77		18	20	13	26		10	26	
VPE 7.3	77		18	20	13	26		10	27	
VPE 8.3	77		18	20	13	26		10	28	
									29	

EXSUDAÇÃO - 1 ENSAIO POR DIA

Critério de Aceitação: ≤ 2% após 3 horas / 0 após 24 horas

Provete c/ diâm. 50 mm graduado em mm

Altura inicial da calda no provete (h) = 500 mm

Altura da água exsudada após 3 horas (h1) = .1 mm

Altura da água exsudada após 24 horas = 0 mm

$\frac{h1}{h} \times 100 = 0,2 \%$

RETRACÇÃO - 1 ENSAIO POR DIA

Critério de Aceitação: ≥ -1% e ≤ 5% após 24 horas

Provete c/ diâm. 50 mm graduado em mm

Altura inicial da calda no provete (h) = 500 mm

Altura da calda no provete após 24 horas (h2) = 499 mm

$\frac{h2-h}{h} \times 100 = 0,2 \%$

VSL SISTEMAS PORTUGAL

EMPREITEIRO

FISCALIZAÇÃO

(Assinatura)

(Assinatura/Data)

(Assinatura/Data)



VSL SISTEMAS PORTUGAL

RELATÓRIO FINAL DE TENSIONAMENTO

PROCESSO Nº.: PE 936

OBRA: Hotel Tryp
Aeroporto de Lisboa

FASE: Piso 3
Vigas VPE e Laje 3

DATA: 27 / 07 / 2012

CABO Nº	PUXE Nº	Aço de Pré-Esforço		ALONGAMENTOS (mm)								Variação %	
		Nº Rolo	Elast. (GPa)	Obra			Teórico				Cabo	Média	
				P. Principal	Reaperto	Total	P. Principal	Reaperto	Total	Corrigido			
VPE 5.3	1	31786	191,00	91	0	91	88	0	88	90	1,3%		
VPE 6.3	2	31786	191,00	91	0	91	89	0	89	91	0,1%		
VPE 7.3	3	31786	191,00	71	0	71	67	0	67	68	3,8%		
VPE 4.3 C1	4	30921	197,00	89	0	89	87	0	87	86	3,3%		
VPE 4.3 C2	5	30921 - 11 31786 - 5	195,13	86	0	86	86	0	86	86	0,1%		
VPE 8.3	6	31786	191,00	69	0	69	67	0	67	68	0,9%		
VPE 3.3	7	31731	186,00	152	0	152	145	0	145	152	0,0%		
VPE 1.3	8	31786	191,00	192	19	211	179	26	205	209	0,8%		
VPE 2.3	9	31731	186,00	110	0	110	104	0	104	109	0,9%		
LAJE 3 C5	10	31786	191,00	203	0	203	197	0	197	201	0,9%		
LAJE 3 C8	11	31731	186,00	206	0	206	197	0	197	207	-0,3%		
LAJE 3 C1	12	31786	191,00	227	0	227	221	0	221	226	0,6%		
LAJE 3 C4	13	31786	191,00	195	0	195	191	0	191	195	0,0%		
LAJE 3 C6	14	31731	186,00	200	0	200	191	0	191	200	-0,1%		
LAJE 3 C3	15	31786	191,00	202	0	202	197	0	197	201	0,4%		
LAJE 3 C7	16	31731	186,00	208	0	208	197	0	197	207	0,7%		
LAJE 3 C2	17	31786	191,00	226	0	226	221	0	221	226	0,2%		

Média dos Cabos

0,8%

CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Variação máxima na secção: ± 5%

Variação máxima de cabos isolados: ± 15%

CONCLUSÕES / OBSERVAÇÕES

- As operações de tensionamento nos cabos acima referenciados, foram concluídas a 26-07-2012.
- As forças instaladas cumprem os valores especificados no projecto e os alongamentos obtidos estão no intervalo de tolerância do Sistema.
- Face aos resultados obtidos, a VSL, considera que os cabos em estudo estão em boas condições de funcionamento e solicita autorização para preparação da injeção.

VSL SISTEMAS PORTUGAL

EMPREITEIRO

FISCALIZAÇÃO


(Assinatura)

(Assinatura / Data)

(Assinatura / Data)



VSL SISTEMAS PORTUGAL

PROTOCOLO DE TENSIONAMENTO (Ancoragens Flat)

PROCESSO Nº.: PE 896 OBRA: Subconcessão Baixo Tejo FASE: PONTÃO DE COINA DATA: 18/04/2012 IC32 - Palhais-Coína ALINHAMENTO P6

Autorização de tensionamento concedida Sim Se a autorização for verbal indicar origem Fiscalização: BRISA Empreiteiro Geral: LENA CONSTRUÇÕES

CABO TIPO: Si6-4/Si6-4 PUXE: 195,3 KN 415 BAR Módulo de Elasticidade Teórico: 195 GPa

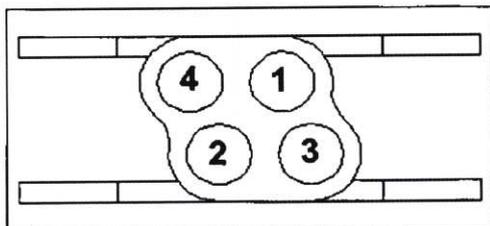
Table with 2 main sections: Características do Aço and Características do Equipamento. Includes details like Diâm. / Secção, Nº. do rolo, Macaco, and Manómetro.

OPERAÇÃO DE TENSIONAMENTO

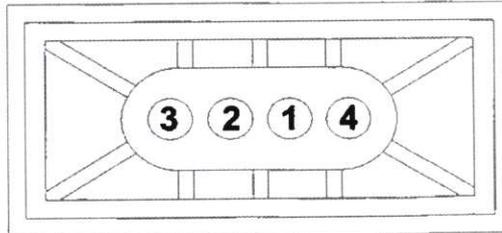
Main data table for tensioning operation. Columns include CABO Nº, PUXE Nº, ROLO Nº, Mod. Elast., Pressão Bar, ALONGAMENTOS (mm) (Obra and Teórico), and Variação %.

Observações

Ancoragem Flat Stronghold - Ordem de puxe dos cordões



Ancoragem Flat VSL - Ordem de puxe dos cordões



VSL SISTEMAS PORTUGAL

Handwritten signature of João Carlos

(Assinatura)

EMPREITEIRO

(Assinatura/Data)

FISCALIZAÇÃO

Handwritten signature and date: 18/04/12

(Assinatura/Data)

CLIENTE: LENA CONSTRUÇÕES

PONTÃO DE COINA

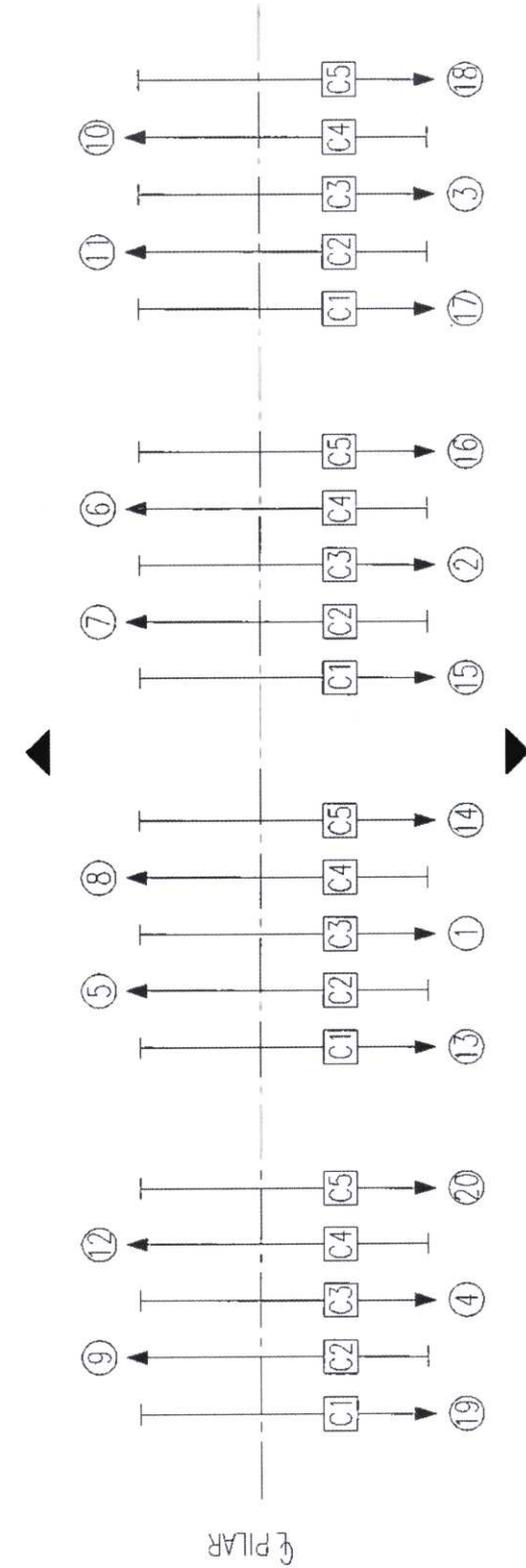
ALINHAMENTO P6

QUADRO DE TENSIONAMENTO

ALINHAMENTO	CABOS	FORÇA DE PUXE POR CORDÃO (KN)	ΔL TEÓRICO ± TOL. (m)
P6	1 a 5	781.2	0,110 ± 0,011

PLANO GENÉRICO DE PUXE

SENTIDO BARREIRO



ORDEM DE PUXE

DE 1 a 20 POR ORDEM NUMÉRICA.

Anexo E - Outras obras acompanhadas

Este Trabalho Final de Mestrado contempla primordialmente a execução de pré-esforço nas obras descritas anteriormente. Contudo, tive a oportunidade de acompanhar outras empreitadas que se enquadram também no âmbito de actividades realizadas pela VSL, nomeadamente:

- Montagem dos dissipadores sísmicos no viaduto Coina 1 - ACE Teixeira Duarte / ZAGOPE



- Montagem de juntas de dilatação no viaduto Coina 1 - ACE Teixeira Duarte / ZAGOPE



- Inspeção aos aparelhos de apoio no viaduto Coina 1 - ACE Teixeira Duarte / ZAGOPE



- Montagem de juntas de dilatação no viaduto Coina 2 - LENA CONSTRUÇÕES



- Execução de pré-esforço em vigas - Centro Comunitário Dr. João dos Santos - Loures - Construtora Costa & Carvalho, S.A.



- Execução de muros de terra armada nos acessos ao novo Hospital de Vila Franca de Xira - EUROPARLINDO



- Execução de pré-esforço na passagem superior no nó de Penalva - ALVES RIBEIRO



- Execução de pré-esforço em lajes no novo edifício da Sede da Polícia Judiciária - OPWAY



- Execução de pré-esforço em lajes no novo edifício da Sede da Polícia Judiciária - OPWAY

