FERCA

PT·M

CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

PRÉ-ESFORÇO

FERCA

ÍNDICE

1 MATERIAIS 2

1.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS 2

1.1.1 ADJUVANTES 2

1.2 AÇOS PARA ARMADURAS 2

1.2.1 AÇO PARA ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO 2

1.3 BAINHAS, CALDAS DE CIMENTO PARA INJEÇÃO E ANCORAGENS DE PRÉ-ESFORÇO 4

1.3.1 BAINHAS PARA ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO 4

1.3.1.1 PRÉ-ESFORÇO ADERENTE 4

1.3.1.2 PRÉ-ESFORÇO NÃO ADERENTE EM MONOCORDÃO 5

1.3.2 ANCORAGENS E CUNHAS DE PRÉ-ESFORÇO 5

1.3.3 CALDAS DE CIMENTO PARA INJEÇÃO DAS BAINHAS 6

2 EXECUÇÃO DOS TRABALHOS 7

2.1 PRÉ-ESFORÇO 7

2.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS 8

2.1.2 PREPARAÇÃO E COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO 9

2.1.3 BAINHAS PARA OS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO 10

2.1.4 AMARRAÇÕES DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO 11

2.1.5 TENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO 11

2.1.6 INJEÇÕES NAS BAINHAS DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO 13

2.1.6.1 CONTROLO DE QUALIDADE 14

2.1.7 PROTEÇÃO DAS AMARRAÇÕES DOS CABOS E BARRAS DE PRÉ-ESFORÇO 14

2.1.7.1 SELAGEM DAS ANCORAGENS 14

2.1.7.2 TAMPAS DE PROTEÇÃO (“CAPOTS”) 14

2.1.7.3 NÍVEIS DE PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO 15

2.1.8 PRÉ-ESFORÇO NÃO ADERENTE EM LAJES (MONOCORDÃO) 15

3 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO 16

3.1 AÇO DE PRÉ-ESFORÇO 16

1 MATERIAIS

1.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DAS ARGAMASSAS

1.1.1 ADJUVANTES

Os adjuvantes a incorporar nos betões com o fim de melhorarem a trabalhabilidade, manterem esta, reduzindo a água de amassadura, aumentarem a resistência ou com outras finalidades como acelerar ou retardar a presa, não devem conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afetar a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras:

- Deverão cumprir o estipulado na normativa aplicável, isto é, NP EN 934-2; "Adjuvantes para betão, argamassas e caldas de injeção, parte 2: Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem".
- As performances ao nível da manutenção das trabalhabilidades deverão ser cuidadosamente verificadas, face aos tempos previstos para a aplicação de forma a minimizar o risco de juntas de betonagem não previstas.
- As condições e o tempo máximo de armazenamento dos adjuvantes devem observar as condições estipuladas pelo fabricante. Na ausência destas devem ser efetuados ensaios comprovativos de manutenção das características especificadas e comprovadas para os adjuvantes.
- A eficácia deverá ser cuidadosamente verificada face à consistência necessária e à relação A/C máxima admissível.
- Deverão ser incolores ou de cor clara, de modo a não provocarem contaminação de cor, nem oxidações posteriores.

Em caso de dúvida sobre as características dos adjuvantes empregues ou a sua compatibilidade com quaisquer outros componentes do betão, pode a Fiscalização mandar efetuar os ensaios que entenda por necessários.

O Adjudicatário deverá contemplar a informação relativa aos adjuvantes com ensaios sobre a variabilidade da trabalhabilidade dos betões com eles produzidos na primeira hora, e das resistências aos 3, 7 e 28 dias de idade por forma a habilitar a Fiscalização com os elementos conducentes à aprovação da sua adoção.

Os aditivos a utilizar nas caldas de injeção do pré-esforço, devem ser isentos de cloretos e alumínio.

1.2 AÇOS PARA ARMADURAS

1.2.1 AÇO PARA ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO

O aço das armaduras de pré-esforço deve estar em conformidade com a secção 3.3 da NP EN 1992-1-1 e respetivo Anexo Nacional, com as Especificações LNEC aplicáveis e, quando publicada, com a EN 10138. Para armaduras não aderentes aplicam-se ainda as disposições da Avaliação Técnica Europeia (ETA) do sistema de pré-esforço adotado

Admite se, em princípio, a utilização de qualquer tipo de aço existente no mercado, desde que sejam de proveniência reconhecida e apresentem, devidamente certificadas por documentos de homologação no país de origem, as características mecânicas previstas no sistema de pré-esforço que for adotado.

Os aços a utilizar serão obrigatoriamente de baixa relaxação e as características a que devem obedecer não podem ser, em nenhum caso, inferiores às estabelecidas nas especificações aplicáveis.

As características dos aços certificados são as que constam nas seguintes Especificações do LNEC:

- E 452-2004: Fios de aço para pré-esforço. Características e ensaios;
- E 453-2002: Cordões de aço para pré-esforço. Características e ensaios;
- E 459-2002: Varões de aço para pré-esforço. Características e ensaios,

Deve assegurar-se que os aços a utilizar satisfazem quer as características adotadas no projeto quer as características previstas pelo sistema de pré-esforço que for adotado.

Os aços de pré-esforço deverão ser fornecidos dando satisfação a todas a condições previstas nas Especificações LNEC aplicáveis, antes referidas.

Serão fornecidos junto com cada lote de aço os diagramas de tensões-extensões e os resultados dos restantes ensaios na origem que certificam as suas propriedades devendo ser claramente indicado o valor do módulo de elasticidade. Esses ensaios e os documentos comprovativos obedecerão ao especificado na norma que, conforme o tipo de aço a utilizar, lhe for aplicável.

Se a Fiscalização assim o entender serão executados ensaios de receção dos aços para comprovação das suas características mecânicas e tecnológicas. Esses ensaios serão realizados de acordo com o disposto nas Especificações LNEC aplicáveis, atrás referidas.

Só poderão ser aplicados em obra, lotes de aço já ensaiados ou já aceites pela Fiscalização.

Os ensaios de identidade, eventualmente determinados pela Fiscalização, deverão ser conduzidos de acordo com a norma EN ISO 15630.

Se o transporte e o fornecimento forem efetuados em bobines, elas devem ter obrigatoriamente um diâmetro tal que, aquando do seu desenrolamento os cabos não apresentem qualquer deformação. Para todos os efeitos o diâmetro interior das bobines não poderá ser inferior a 200 vezes o diâmetro do fio mais espesso do cordão.

Serão tomadas as precauções no transporte e armazenamento de forma a impedir a corrosão e a contaminação dos aços.

Toda a duração de armazenamento em obra superior a um mês, dará lugar a uma verificação periódica do estado dos aços e à renovação, sempre que necessário, da matéria especial de proteção.

Todas as bobinas de aço serão devidamente identificadas pelo fornecedor, terão etiquetas com a inscrição de ensaiadas e só deverão sair do armazém para serem utilizadas. As que não forem utilizadas deverão regressar imediatamente àquele.

1.3 BAINHAS, CALDAS DE CIMENTO PARA INJEÇÃO E ANCORAGENS DE PRÉ-ESFORÇO

Em tudo quanto disser respeito às bainhas, ancoragens e acessórios, lubrificantes, ceras e outros produtos para aplicação em pré-esforço, assim como as restantes operações complementares, seguir-se-ão as regras estabelecidas pela NP EN 13670 e pela ETA do sistema de pré-esforço adotado.

1.3.1 BAINHAS PARA ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO

1.3.1.1 PRÉ-ESFORÇO ADERENTE

As bainhas serão caneladas e respeitarão o especificado na NP EN 523 e na NP EN 1992-1-1, sendo ensaiadas de acordo com a NP EN 524 (partes 1 a 6).

As espessuras mínimas da chapa constituinte das bainhas serão, conforme o seu diâmetro interior, as seguintes:

- $\phi_i \leq 55$ mm - esp. min = 0,31 mm
- $55 < \phi_i \leq 65$ mm - esp. min = 0,45 mm
- $65 < \phi_i \leq 110$ mm - esp. min = 0,53 mm
- $110 < \phi_i$ mm - esp. min = 0,60 mm

O diâmetro exterior das bainhas será, conforme o seu diâmetro interior, o seguinte:

- $\phi_i < 65$ mm - $\phi_e = \phi_i + 5$ mm
- $\phi_i > 65$ mm - $\phi_e = \phi_i + 7$ mm

As bainhas e acessórios a instalar serão acompanhados por um certificado do fabricante com a indicação das suas características e condições de utilização.

Serão efetuados os seguintes ensaios de receção:

- Flexibilidade

As bainhas deverão suportar sem qualquer alteração três flexões alternadas com os raios de curvatura do projeto.

- Resistência ao amolgamento

Colocado um troço de bainha com aproximadamente 1,00m de comprimento sobre uma base rígida, aplica-se na geratriz superior, e entre duas estrias, através de um pilão cuja extremidade tem o formato de um semicírculo com 12 mm de diâmetro, a força indicada a seguir em função do diâmetro interior da bainha.

ϕ	F (kg)
25 a 75	75
75 a 85	90

ϕ	F (kg)
85 a 95	105

A bainha deverá resistir às aplicações destas forças.

- Estanquicidade

Para o ensaio de perda de água, sobre a mesma amostra, procede-se ao enchimento da bainha com água, até se obter uma pressão interior de 0,5 bar que se manterá 5 minutos; a perda de água não deverá ultrapassar 1,5 % do volume do tubo.

A Fiscalização reserva-se o direito de mandar ensaiar a expensas do Adjudicatário, e para cada tipo de bainha, amostras dos vários lotes entrados em obra até um comprimento total de 50 m a fim de verificar se os materiais que as constituem, as dimensões e as características, correspondem às qualidades e tolerâncias especificadas.

1.3.1.2 PRÉ-ESFORÇO NÃO ADERENTE EM MONOCORDÃO

Os cabos deverão ser envolvidos por bainhas de polietileno de alta densidade (PEAD), com a espessura mínima de 1 mm, extrusada a quente sobre o cordão previamente revestido com massa/cera de proteção, de acordo com a ETA do sistema emitida com base no EAD 160004-00-0301, e com o produto de enchimento conforme o EAD 160027-00-0301.

As bainhas devem ser suficientemente resistentes para não serem deterioradas durante o transporte, manuseamento e colocação em obra.

1.3.2 ANCORAGENS E CUNHAS DE PRÉ-ESFORÇO

O sistema de pré-esforço que o Adjudicatário propuser, e que vier a ser aceite pela Fiscalização, deverá possuir uma aprovação técnica europeia (ETA) válida, emitida com base no EAD 160004-00-0301 – Post-tensioning kits for prestressing of structures (que substituiu o ETAG 013), Declaração de Desempenho e marcação CE.

As ancoragens e as cunhas do sistema deverão ser de origem e ser acompanhadas das respetivas especificações (qualidade dos materiais, dimensões e tolerâncias), certificados de qualidade e controle de conformidade e documentos de homologação.

Não serão aceites quaisquer componentes que não tenham sido fabricados ou na oficina certificada pela ETA aplicável ou noutra designada pela empresa detentora do sistema, para o efeito certificada por organismo de controlo notificado.

Em qualquer dos casos, a Fiscalização poderá mandar ensaiar em laboratório oficial os componentes que entender, antes e durante a execução da obra, a fim de controlar a sua qualidade e garantir a manutenção das características constantes dos documentos de homologação. Esses componentes serão recolhidos pela Fiscalização, por amostragem aleatória dos componentes entrados na obra e os ensaios serão por conta do Adjudicatário até ao limite de 5% do número de cabeças de ancoragem de cada tipo e de 2% do número de cunhas.

Todos os ensaios que excederem este limite serão da conta do Adjudicatário se os resultados não forem satisfatórios.

Caso contrário, serão pagos pelo Dono de Obra nas condições estipuladas nas Cláusulas Gerais do Caderno de Encargos.

Os ensaios de conformidade, eventualmente determinados pela Fiscalização, deverão ser executados de acordo com o estipulado no EAD 160004-00-0301 atrás referido e no plano de controlo da ETA do sistema.

Cada lote de ancoragens entrado em obra, incluindo todos os seus acessórios, será devidamente identificado e numerado na presença da Fiscalização.

Cada lote será acompanhado dos documentos que comprovem a sua procedência e o seu controle de qualidade.

1.3.3 CALDAS DE CIMENTO PARA INJEÇÃO DAS BAINHAS

Em tudo o que disser respeito às caldas de cimento para injeção de bainhas das armaduras de pré-esforço seguir-se-ão as regras estabelecidas pela NP EN 445 - Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio e NP EN 447 – Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Requisitos básicos. Os procedimentos de injeção seguirão a NP EN 446 e os adjuvantes para caldas a NP EN 934-4.

Calda coloidal ou pasta de cimento com o traço determinado em ensaios, e com os ajustamentos necessários, também determinados em ensaios, para a quantidade de água e do plastificante em função da temperatura e do comprimento dos cabos a injetar.

O Adjudicatário submeterá à aprovação da Fiscalização, após estudos detalhados, a composição nominal da calda, precisando:

- A natureza, qualidade e origem dos constituintes;
- A dosagem de cada constituinte expressa em peso, com as tolerâncias admissíveis;
- A ordem de introdução dos constituintes no misturador.

De qualquer modo a relação água/cimento será a menor possível, compatível com a trabalhabilidade adequada e não deve ser superior a 0,40.

O cimento, do tipo CEM I, em conformidade com a NP EN 197-1, fornecido em saco, das classes 42.5 ou 52.5, deve respeitar, além das NP aplicáveis, ainda o seguinte:

- Não apresentar fenómenos de falsa presa;
- Ter um teor de ião cloro inferior a 0,05%;
- Não conter nem iões de enxofre nem qualquer outro elemento que possa provocar corrosão no aço.

O Adjudicatário proporá a marca do adjuvante que pretende utilizar, respeitando o especificado no capítulo respetivo aos adjuvantes, acompanhando a proposta de um certificado de origem indicando a data-limite para além da qual o produto não deve ser utilizado, ficando desde já entendido que nesse adjuvante não deve existir nenhum produto corrosivo para o aço, como, por exemplo, cloretos ou alumínio.

Além da Especificação LNEC E 372 a água respeitará, adicionalmente, as especificações seguintes:

- Cloretos por ião Cl^- < 500 mg/l;
- Sulfatos por ião SO_4^{2-} < 400 mg/l;

- Ausência de detergentes.

Para o conjunto dos constituintes (cimento, água e adjuvante) o teor em iões agressivos será globalmente inferior a:

- 0,1% da massa de cimento em iões Cl^-;
- 0,1% da massa de cimento em iões SO_4^{2-};
- traços de iões S^{2-}.

As tolerâncias sobre as dosagens serão as seguintes:

- ± 2% sobre a massa de cimento;
- ± 1% sobre a massa de água;
- ± 2% sobre a massa do adjuvante.

Serão conduzidos ensaios de acordo com as especificações da NP EN 445, devendo os resultados desses ensaios obedecer às especificações da NP EN 447.

- A mistura será estudada em função das condições locais e das condições reais de injeção, por forma a ter boa trabalhabilidade, a qual deverá ser sempre testada com o cone de Marsh. O tempo de escoamento pelo tubo inferior do cone deve ser inferior a vinte e cinco segundos até decorridos, pelo menos, trinta minutos após a fabricação da calda ou até ao fim do período de injeção.
- A exsudação da calda, determinada de acordo com a NP EN 445, não deverá ser superior a 0,3% às três horas, devendo a leitada absorver toda a água exsudada em vinte e quatro horas.
- A variação de volume da calda, medida sobre provetes cilíndricos, deverá estar compreendida entre -1% e +5%. Se forem usados agentes expansivos não poderá haver diminuição de volume. O seu tempo de início de presa a 30°C deverá, em todas as circunstâncias de temperatura, ser superior a 3 horas.

Serão conduzidos ensaios sistemáticos de resistência aos 3, 7 e 28 dias para garantir a resistência exigida e afinar a composição da calda. Cada um desses ensaios será realizado, em cada amassadura, sobre, pelo menos, uma amostra de três provetes, ficando a critério da Fiscalização aumentar o número de amostras por amassadura;

- A sua resistência à compressão, aos 28 dias, não poderá ser inferior a 50 MPa.

2 EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

2.1 PRÉ-ESFORÇO

Em tudo quanto disser a respeito à execução dos trabalhos relativos ao pré-esforço, seguir-se-ão as regras estabelecidas pela NP ENV 13670-1, pelas Avaliações Técnicas Europeias (ETA) do sistema adotado e pela NP EN 1992-1-1 e respetivo Anexo Nacional.

2.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Adjudicatário submeterá à aprovação da Fiscalização, com uma antecedência de, pelo menos, sessenta dias antes do início da instalação dos cabos em obra, o ou os sistemas de pré-esforço que pretende utilizar.

Essa proposta será acompanhada duma descrição detalhada do sistema, dos seus documentos de homologação, dos certificados de garantia, da indicação das entidades que efetuarão os controlos de qualidade, da indicação da origem de todas as partes componentes do sistema e duma descrição pormenorizada, incluindo desenhos em escalas adequadas, da geometria das peças, dimensões, qualidades dos materiais intervenientes, tolerâncias, etc.

Entregará ainda os procedimentos de aplicação do pré-esforço e os procedimentos de injeção do sistema proposto e, também, a indicação dos aços de pré-esforço que propõe, sua proveniência, certificados de qualidade, características e demais documentos necessários para se poder ajuizar da sua adequabilidade aos fins em vista.

A Fiscalização reserva-se o direito de exigir informações complementares e ainda o de não aceitar o sistema proposto, ou a origem de todos ou alguns dos seus componentes ou ainda as entidades que controlam a sua qualidade.

O Adjudicatário acompanhará a sua proposta com a indicação do pessoal que irá executar os trabalhos, sua qualificação e experiência profissional.

Fornecerá ainda uma lista com o equipamento que pretende utilizar e o equipamento de reserva, equipamentos esses que estarão permanentemente na obra não sendo autorizada de modo algum a sua utilização em obras de outras empreitadas.

Reserva-se à Fiscalização o direito de aceitar quer o pessoal, quer o equipamento.

Devem ser apresentados os últimos certificados de aferição macaco-bomba, efetuados em laboratório oficial, que não deverão ter mais de 6 meses. Posteriormente e com essa periodicidade devem ser efetuadas essas aferições.

Deverá a firma executante do pré-esforço possuir equipamento para efetuar em obra esse controlo.

Aceite o sistema de pré-esforço, o Adjudicatário obriga-se a submeter à aprovação da Fiscalização, até 60 dias antes do início da colocação dos cabos em obra, os projetos de aplicação do pré-esforço.

Nos projetos respeitar-se-á o estipulado neste Caderno de Encargos e no EC2, quer quanto aos dados gerais para o cálculo, quer quanto às disposições construtivas, nomeadamente quanto às tensões, às perdas, à reentrada das ancoragens, ao número de cabos por elemento, à disposição e ao agrupamento das bainhas, aos recobrimentos, aos afastamentos mínimos, às curvaturas admissíveis e às ancoragens.

Esses projetos, serão constituídos, cada um, pelas seguintes peças:

- Peças escritas:
    - Memória - Com a descrição geral do sistema a utilizar, das características dos materiais e da execução dos trabalhos.
    - Cálculos - Com a descrição das expressões utilizadas para a determinação do pré-esforço útil final, e do qual constarão os cálculos das tensões iniciais e finais do aço, perdas de pré-esforço (instantâneas, por reentrada das ancoragens e devidas às deformações diferidas), bem assim como

os valores do pré-esforço inicial e final nas várias fases de aplicação, nas secções de estudo do projeto oficial, forças a instalar nos cabos, alongamentos previstos e armaduras de reforço.

- Plano de tensão - Do qual constarão a sucessão das fases de tensionamento, a lista do material necessário para a execução de cada fase, a ordem sob a qual as armaduras serão tensionadas e as extremidades por onde o devem ser, os alongamentos e as suas tolerâncias, as tensões correspondentes nos manómetros, a tensão máxima a não ultrapassar nas operações de tensionamento e os valores das reentradas das armaduras.
- Documentação - Certificados de controle de qualidade dos componentes e dos aços de pré-esforço, e diagramas de tensões e extensões bem como de relaxação de cada um dos rolos de aço a empregar na obra e ainda os seus módulos de elasticidade.
- Peças desenhadas - Com os traçados dos cabos, as armaduras de reforço, os pormenores das ancoragens, o dimensionamento das caixas para o alojamento das mesmas e restantes pormenores que se revelem necessários para uma perfeita compreensão e execução dos trabalhos.

Se a Fiscalização o exigir será ainda entregue um exemplar por ela escolhido de cada um dos sistemas de ancoragem e uma amostra de cada um dos tipos de bainha que serão empregues na obra os quais ficarão em poder da Fiscalização até ao final da execução dos trabalhos a fim de servirem como amostras padrões.

Nos desenhos de construção do projeto estão definidas as trajetórias médias das armaduras de pré-esforço, as secções de amarração, o valor do pré-esforço útil final, nas secções consideradas significativas, as áreas mínimas de aço de pré-esforço admissíveis para a qualidade de aço especificada, e demais indicações necessárias, pelo que, embora possa haver diferenças de pormenor, e as armaduras não venham a seguir exatamente as trajetórias fixadas no projeto, de acordo com o sistema que for adotado, o lugar geométrico do conjunto (eixo médio do pré-esforço) deverá coincidir com os eixos fixados no projeto oficial, e serão respeitados os restantes condicionamentos impostos nos já referidos desenhos. Qualquer alteração necessária, por razões inerentes ao sistema utilizado, será devidamente justificada no projeto de pré-esforço cabendo à Fiscalização decidir a sua aceitação ou rejeição.

Os trabalhos de pré-esforço serão executados por empresa especializada, titular da ETA do sistema ou por ela autorizada, sendo a empresa e o seu pessoal qualificados de acordo com o CWA 14646 – Requirements for the installation of post-tensioning kits for prestressing of structures and qualification of the specialist company and its personnel. O responsável técnico e o chefe de equipa estarão permanentemente em obra durante as operações de tensionamento e de injeção.

2.1.2 PREPARAÇÃO E COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO

O corte das armaduras será feito por meios mecânicos, sendo interdito o uso de maçaricos.

São proibidos todos os trabalhos de soldadura nas proximidades dos cabos, a menos que se adotem precauções especiais para proteção dos mesmos.

A dobragem das armaduras só será permitida por processos devidamente homologados, e desde que feita mecanicamente, a velocidade constante e sem pancadas, por forma a assegurar um raio de curvatura uniforme aos cabos. O diâmetro do mandril de dobragem não será nunca inferior ao diâmetro mínimo admissível definido pelo documento de homologação dos aços, sendo proibidas todas as operações de desdobragem ou endireitamento das armaduras.

Na proximidade das ancoragens e dos acoplamentos, e no interior dos aparelhos de tensionamento e ancoragem, as armaduras serão retas num comprimento que será função do tipo de armadura e do sistema adotado.

Serão rejeitadas as armaduras que se apresentem danificadas, nomeadamente as que se apresentem corroídas, com endentamentos, com sinais de aquecimento por chama ou por projeção e com deformações acentuadas não previstas no projeto.

As armaduras devem apresentar-se limpas de matérias estranhas, não sendo permitida a sua utilização desde que contenham óleo, grafite, detergentes ou outras películas que reduzam a sua aderência.

As armaduras seguirão as trajetórias fixadas no projeto aprovado, sendo obrigatório prendê-las eficazmente para que se não desloquem acidentalmente antes e durante as operações de betonagem.

2.1.3 BAINHAS PARA OS CABOS DE PRÉ-ESFORÇO

A natureza, a espessura e o diâmetro das bainhas deverá corresponder às exigências do projeto, e respeitar o disposto em 1.3.1 deste Caderno de Encargos, por forma a suportarem sem danos todas as operações de transporte, montagem e betonagem e ainda a facilitarem as operações de execução do pré-esforço e de injeção.

A fixação das bainhas por soldadura, é proibida.

A disposição, os afastamentos entre bainhas e o recobrimento mínimo obedecerão à NP EN 1992-1-1, nomeadamente às secções 4.4.1 (recobrimento) e 8.10.1 (disposição das armaduras de pré-esforço e das bainhas), e à ETA do sistema.

As tolerâncias admissíveis, na colocação de bainhas para os desvios em relação ao traçado do projeto, são as seguintes:

1. Desvios em perfil

   - Em peças com altura h < 0,60 m: 2 mm nos pontos mais próximos das faces superior e inferior e 5mm nos restantes pontos intermédios.

   - Em peças com altura h ≥ 0,60 m: 4 mm nos pontos mais próximos das faces superior e inferior e 10 mm nos restantes pontos intermédios.

2. Desvios em planta

   - Em peças com b < 1,00 m: 5 mm em todos os pontos.

   - Em peças com b > 1,00 m: 5 mm em todos os pontos dos cabos mais próximos das faces laterais e 10 mm no restante.

As bainhas, devem ter um traçado regular, e os seus pontos de fixação devem ser os suficientes para que possam ser respeitadas as tolerâncias de fixação. Em todo o caso, esses pontos de fixação não poderão distar entre si mais do que um metro.

As bainhas serão estanques, devendo ser tomadas precauções especiais para assegurar a estanquidade nos seus pontos de ligação e, nomeadamente, nas suas ligações aos dispositivos de ancoragem e de continuidade dos cabos.

As bainhas serão providas de tubos de purga nas suas extremidades e em todos os pontos elevados. Serão previstos tubos de purga intermédios para cabos de grande comprimento. Serão ainda previstos tubos de drenagem nos pontos baixos quando na execução dos trabalhos sejam de temer temperaturas abaixo de zero graus centígrados. As bainhas em torno dos acoplamentos devem possuir localmente tubos de purga, devidamente orientados e posicionados, por forma a que nas operações de injeção não fiquem aí introduzidas bolsas de água ou de ar.

As bainhas estarão devidamente protegidas contra a entrada de matérias estranhas, e, em períodos de baixas temperaturas, tomar-se-ão precauções especiais para impedir a entrada de água.

2.1.4 AMARRAÇÕES DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO

As ancoragens, acoplamentos e dispositivos de emenda de cabos previstos para o sistema de pré-esforço a utilizar na superestrutura serão do tipo indicados nos desenhos de construção e virão acompanhados dos documentos de homologação e de controlo de qualidade.

As amarrações a utilizar deverão dar garantia de perfeito funcionamento, prendendo eficazmente as armaduras, por um lado sem perdas exageradas de pré-esforço, e por outro sem diminuir a resistência local e geral prevista nos cálculos, além de que, no caso dos acoplamentos e dispositivos de emenda dos cabos, deve ser garantida uma perfeita continuidade às armaduras.

As ancoragens, quando ensaiadas com cabos não aderentes, devem permitir desenvolver, no mínimo, 90% da capacidade resistente dos cabos, sem que a reentrada ultrapasse os valores previstos. Para os acoplamentos aquele valor será de 95%.

Não serão permitidas emendas dos cabos em zonas de curvatura acentuada.

As tensões de tração nas zonas de ancoragem, resultantes da aplicação do pré-esforço, deverão ser absorvidas por armaduras cuja disposição seguirá sensivelmente as isostáticas (ortopiezicas) de tração, sendo calculadas de acordo com a NP EN 1992-1-1 (secções 6.5 e 8.10.3) e com as armaduras de reforço definidas na ETA do sistema.

As amarrações deverão ser colocadas nas posições indicadas nos desenhos de pormenor do projeto de pré-esforço.

As posições das amarrações deverão ser tais que os seus eixos coincidam com os eixos das armaduras tensas, e por forma a que o centro de gravidade do conjunto corresponda à excentricidade do pré-esforço, indicada nos desenhos do projeto oficial.

Deixarão entre si os intervalos que permitam facilmente a aplicação dos macacos de tensionamento, e espaços no seio do betão suficientes para a passagem das grelhas de aço macio e do betão.

As amarrações serão solidamente fixadas aos moldes, para que não saiam das posições previstas com qualquer pancada acidental ou durante a betonagem.

2.1.5 TENSIONAMENTO DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO

As operações de tensionamento das armaduras de pré-esforço serão realizadas de acordo como "Plano de Colocação em Tensão das Armaduras" aprovado.

O pré-esforço não poderá ser iniciado antes de três dias após a última betonagem e não antes que:

- O betão do elemento apresente uma resistência igual ou superior a 0,70 do seu valor característico.
- A resistência média à compressão do betão na zona das ancoragens seja igual ou superior ao valor mínimo ($f_{cm,0}$) indicado na ETA do sistema para a placa de ancoragem utilizada, tendo em conta as distâncias ao bordo e entre ancoragens aí definidas.

O tensionamento será feito de acordo com as normas de aplicação do sistema adotado, e segundo a ordem e escalonamento do sistema adotado, e segundo a ordem e escalonamento de patamares de tensão indicados no "Plano de Colocação em Tensão das Armaduras" aprovado pela Fiscalização.

Nesta ordem de execução do tensionamento, ter-se-á em vista não produzir excentricidades nocivas do pré-esforço.

A tensão máxima aplicada pelo macaco não deverá exceder o menor dos valores 0,80 f_{pk} e 0,90 $f_{p0,1k}$ (NP EN 1992-1-1, 5.10.2.1). A tensão inicial imediatamente após a transferência (σ_{pm0}) não deverá ser superior ao menor dos dois valores seguintes (NP EN 1992-1-1, 5.10.3):

- 85% do valor característico da tensão limite convencional de proporcionalidade garantida a 0,1%.
- 75% do valor característico da tensão de rotura garantida.

Qualquer sobretensão no tensionamento, que eventualmente venha a ser necessária, só poderá ser aplicada com autorização expressa da Fiscalização, devendo ser registadas todas essas operações e respetivas leituras e identificados os cabos onde foram aplicadas essas sobretensões.

A tensão final (teórica) do aço, sob ações máximas, e depois de processadas todas as perdas, não poderão ser superiores a 65% do valor característico da tensão de rotura garantida.

A temperatura limite, abaixo da qual não poderá ser realizada qualquer operação de tensionamento, é de zero graus centígrados.

As medidas dos alongamentos das armaduras e dos valores de reentrada serão efetuadas com precisão ao milímetro e serão registadas, conjuntamente com as leituras das tensões correspondentes nos manómetros e nas células de tensão dos macacos, no boletim das operações de pré-esforço.

O esforço de tração exercido pelo macaco deve ser indicado no Plano de Aplicação de Pré-Esforço e os dispositivos de medida utilizados devem garantir que o pré-esforço introduzido nas armaduras não difira em mais 5% do indicado naquele Plano.

Os valores dos alongamentos deverão medir-se com uma precisão não inferior a 2% do total e não poderão diferir dos previstos no Plano em mais de 5%. Estes valores deverão anotar-se no boletim de controlo do pré-esforço, onde constarão ainda todas as ocorrências surgidas durante a operação.

O Adjudicatário apresentará à Fiscalização, por escrito, um plano detalhado de aferição das leituras e do equipamento ao longo de toda a empreitada. Desse plano constarão ainda os certificados de aferição inicial dos equipamentos em laboratório oficial e a relação e descrição do equipamento a utilizar para esses trabalhos.

Só depois de a Fiscalização aprovar esse plano poderá o Adjudicatário proceder às operações de aplicação pré-esforço.

Desse plano constará ainda a lista dos manómetros e células de pressão que manterá em reserva.

As operações de tensionamento não poderão ser efetuadas sem a presença da Fiscalização.

Durante as operações de tensionamento é interdita a permanência de pessoas atrás dos macacos e no prolongamento do eixo dos cabos, devendo esta zona ser sinalizada e protegida por anteparos. Os macacos, bombas, manómetros e mangueiras serão inspecionados antes de cada utilização, e qualquer equipamento danificado será imediatamente retirado de serviço.

Se durante o tensionamento houver rotura das armaduras de pré-esforço (fios, cordões ou barras) as operações de tensionamento serão suspensas, cabendo à Fiscalização decidir quais as medidas a tomar (sobretensão, substituição das armaduras ou montagem de armaduras adicionais).

Estas operações serão realizadas à custa do Adjudicatário.

As extremidades das armaduras não serão cortadas antes de a Fiscalização aprovar o boletim de registo das operações de tensionamento.

2.1.6 INJEÇÕES NAS BAINHAS DAS ARMADURAS DE PRÉ-ESFORÇO

As injeções da calda de cimento, a que se refere o 1.3.3, nas bainhas das armaduras de pré-esforço, serão feitas de acordo com os procedimentos de injeção do sistema aprovado, ou com a NP EN 446 se mais exigente, por intermédio de injetor adequado, acoplado ao equipamento de produção contínua de calda, a uma pressão mínima de 1 MPa, conforme o comprimento do cabo e a espessura mínima do seu recobrimento, não devendo nunca ser ultrapassada a pressão de 2 MPa, para o que a bomba disporá dos dispositivos de segurança necessários.

A injeção de cada bainha será efetuada ininterruptamente por forma a que a calda avance a uma velocidade entre 6 a 12 metros por minuto.

As injeções deverão ser precedidas por passagem de jato de ar, depois de jato de água e depois novamente de ar, de extremidade a extremidade das bainhas, para provocar a sua limpeza e desimpedimento.

A injeção das bainhas deverá ser feita no prazo máximo de oito dias após a conclusão de todas as operações de tensionamento, a seguir à descofragem e antes da deslocação dos cimbres para a posição correspondente à fase de execução do troço seguinte, para o que o Adjudicatário solicitará, em tempo, a aprovação do boletim de registo das operações de tensionamento.

Nos cabos dotados de acoplamentos, a injeção far-se-á sempre antes de efetuada a interligação de continuidade, e sempre pela extremidade oposta.

A verificação do enchimento das bainhas com a argamassa será feita por meio dos tubos de purga, abertos antes de iniciada a injeção, devendo a argamassa sair ininterruptamente sem bolsas de ar ou de água, antes de se proceder à obturação sucessiva dos furos de saída.

Deve existir permanentemente de reserva, durante as operações de injeção, equipamento de ar comprimido e de injeção de água sob pressão dotado de uma fonte de alimentação de energia independente da que se utilizar nas operações de injeção. Em qualquer emergência, quer por avaria do equipamento de injeção quer por entupimento das bainhas, deve a argamassa já injetada ser imediatamente expulsa por intermédio de jatos de água e de ar obtidos através do equipamento de reserva.

A injeção só deve ser dada por terminada quando na extremidade oposta da bainha a argamassa coloidal sair continuamente, e por tempo suficientemente extenso, sem traços visíveis de ar ou de água.

A pressão deve ser mantida durante cinco minutos a 0,5 MPa após o fecho dos tubos de purga.

Não será autorizada a injeção das bainhas se a temperatura for igual ou inferior a + 5 graus centígrados, ou se houver previsão de tal vir a suceder nos próximos cinco dias.

Também não será autorizada a injeção se a temperatura for superior a 32 graus centígrados, devendo ainda a temperatura da calda manter-se, durante o seu fabrico, sempre abaixo desse valor.

2.1.6.1 CONTROLO DE QUALIDADE

Durante a execução dos trabalhos serão realizados ensaios de controlo de aceitação de caldas. A natureza e a frequência dos ensaios (fluidez, exsudação, variação de volume e resistência) seguirão a NP EN 446, observando-se ainda as boas práticas do fib Bulletin 20 – Grouting of tendons in prestressed concrete.

As operações de injeção serão devidamente controladas indicando-se no respetivo boletim de registo a composição da mistura (quantidades de cimento, água e plastificante), o tempo de amassadura, a viscosidade determinada com o cone de MARSH, as temperaturas ambientes e a pressão de injeção.

2.1.7 PROTEÇÃO DAS AMARRAÇÕES DOS CABOS E BARRAS DE PRÉ-ESFORÇO

2.1.7.1 SELAGEM DAS ANCORAGENS

As ancoragens serão sempre protegidas com "capots" estanques e, caso fiquem embebidas no betão, seladas com argamassa do TIPO III.

Neste último caso a argamassa, ou o betão de enchimento e selagem deverão ficar perfeitamente aderentes ao betão estrutural e todas as partes metálicas inteiramente recobertas para o que as superfícies de betão serão convenientemente picadas antes da selagem.

As caixas de amarração devem ser seladas imediatamente após terminadas as operações de injeção e corte das extremidades dos cordões, depois de verificado que os alongamentos se encontram dentro das tolerâncias indicadas em 2.1.5 do presente Caderno de Encargos.

O custo da argamassa do Tipo III utilizada na selagem das caixas de amarração considera-se incluído no preço unitário contratual dos betões, pelo que o Adjudicatário não terá direito a qualquer pagamento adicional pelo seu fornecimento e aplicação.

A argamassa, de selagem deverá ficar perfeitamente aderente ao betão estrutural e todas as partes metálicas inteiramente recobertas.

2.1.7.2 TAMPAS DE PROTEÇÃO ("CAPOTS")

Os "capots" serão devidamente protegidos contra a corrosão (galvanizados e pintados). Esses "capots" serão do tipo correntemente utilizado na proteção de ancoragens de pré-esforço exterior e terão a mesma proveniência do sistema de pré-esforço aplicado na obra.

O custo dos "capots" e sua aplicação considera-se já incluído no preço contratual do pré-esforço.

2.1.7.3 NÍVEIS DE PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

O nível de proteção das armaduras de pré-esforço contra a corrosão será definido no projeto em função das classes de exposição (NP EN 206 e NP EN 1992-1-1) e dos requisitos de inspeção, de acordo com os níveis PL1, PL2 e PL3 do fib Bulletin 33 – Durability of post-tensioning tendons. Em ambientes agressivos serão utilizadas bainhas plásticas e ancoragens encapsuladas estanques (PL2) ou, quando exigido, sistemas eletricamente isolados (PL3).

2.1.8 PRÉ-ESFORÇO NÃO ADERENTE EM LAJES (MONOCORDÃO)

O presente capítulo aplica-se aos sistemas de pós-tensão não aderente em lajes e pavimentos com cordões autoprotegidos (monocordão), constituídos por cordão de aço de baixa relaxação revestido com massa ou cera de proteção e bainha individual de PEAD extrudida, conforme a ETA do sistema adotado.

Os cordões serão apoiados em cadeiras ou separadores com espaçamento máximo de 1,00 m e fixados com arame de atar ou abraçadeiras, sem danificar a bainha, de forma a garantir o traçado e os recobrimentos do projeto.

A bainha PEAD será inspecionada antes da betonagem. Os danos serão reparados com fita estanque compatível ou manga termorretrátil, segundo as instruções do titular do sistema, não sendo permitida a remoção da bainha para além do comprimento estritamente necessário junto às ancoragens.

Nas ancoragens ativas e passivas, o troço de cordão sem bainha será protegido por manga de ligação estanque entre a bainha e a ancoragem. Após o tensionamento, a cavidade das cunhas será preenchida com massa de proteção antes da colocação da tampa estanque (“capot”), de modo a constituir uma ancoragem encapsulada.

O tensionamento poderá ser realizado em duas fases: uma tensão parcial, destinada a controlar a fendilhação por retração, quando o betão atingir a resistência prevista no projeto para essa fase, e a tensão final quando o betão atingir a resistência mínima $f_{cm,0}$ indicada na ETA para a ancoragem utilizada.

Após aprovação do boletim de tensionamento pela Fiscalização, as pontas dos cordões serão cortadas por meios mecânicos, a uma distância das cunhas não inferior à indicada na ETA, sendo proibido o corte por maçarico.

A execução posterior de furos, carotes ou aberturas em lajes pós-tensionadas só será permitida após a localização dos cordões e a aprovação do projetista, sendo proibido o corte de cordões sem um procedimento de destensionamento previamente aprovado. Esta indicação constará das telas finais e da compilação técnica da obra.

O Adjudicatário entregará telas finais com o traçado real dos cordões, a localização das ancoragens ativas e passivas e os boletins de tensionamento.

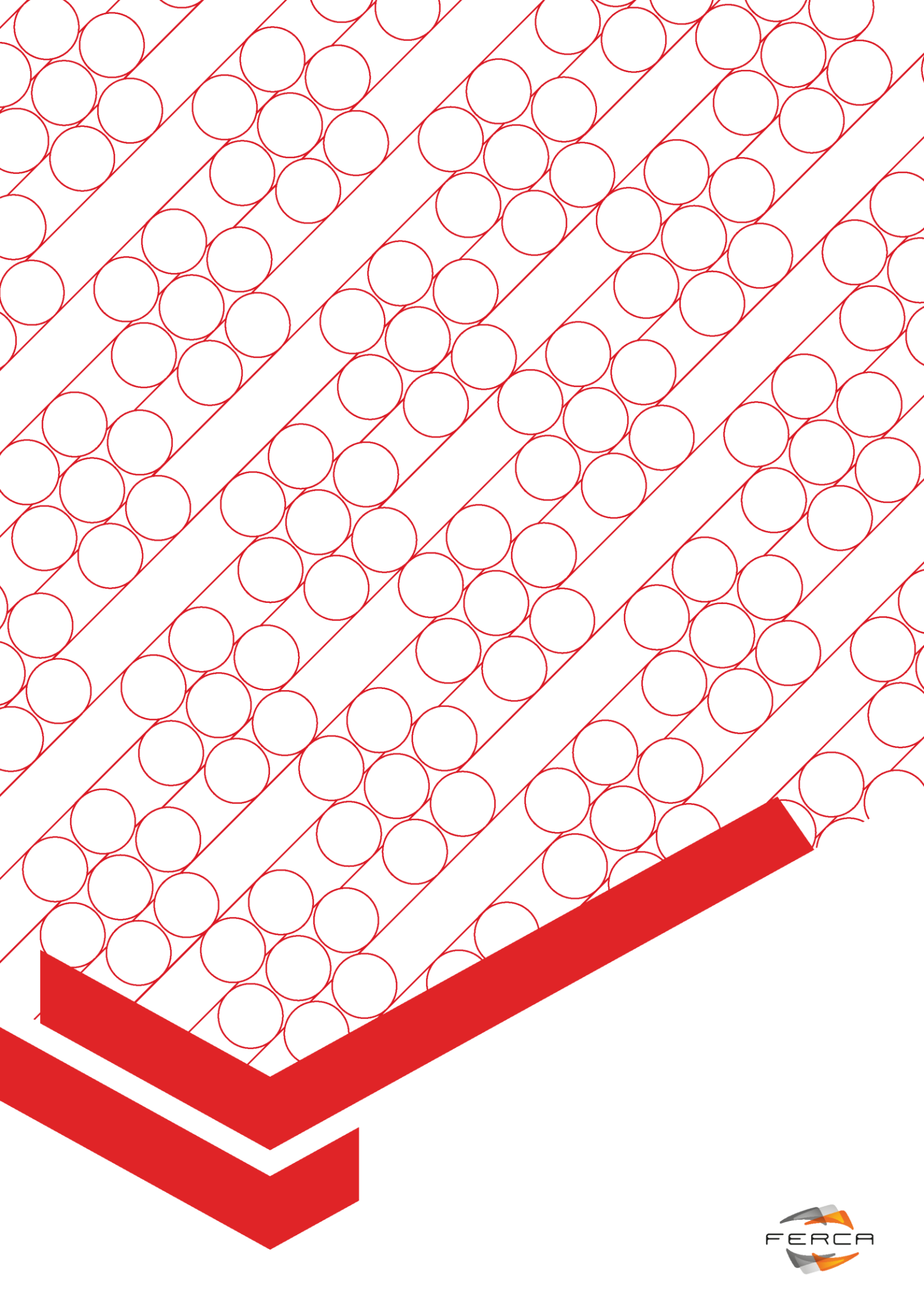
3 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

3.1 AÇO DE PRÉ-ESFORÇO

No preço unitário contratual estão incluídas as bainhas, condutas, autoproteção individual dos cordões, argamassa de selagem, amarrações, armaduras de reforço a dispor junto das ancoragens para a absorção de forças de desvio, montagem, trabalhos de tensionamento, injeções, ceras fósseis e restantes materiais e trabalhos necessários à realização integral do pré-esforço por forma a garantir-se o valor útil indicado nos desenhos depois de deduzidas as sobretensões necessárias à compensação das perdas por relaxação do aço, por atrito, por fluência do betão, etc.

Para efeito de determinação do trabalho realizado, as armaduras de aço de alta resistência são medidas por **(kg)** de aço com base no peso do cordão nu ou da barra para sistemas de pré-esforço aderente. Para sistemas de pré-esforço não aderente como monocordão o peso a considerar será dado pelo peso do aço e da bainha que compõe o sistema.

As áreas de aço de pré-esforço indicadas nos desenhos de construção, são as mínimas admissíveis para garantir a segurança aos estado limite de utilização e estados limites últimos de resistência das peças pré-esforçadas desde que se utilizem aços de alta resistência da classe aí indicada, pelo que o Adjudicatário terá de garantir, além dos valores do pré-esforço útil indicados, também a área mínima imposta no projeto ou a área equivalente caso pretenda usar aços com características diferentes, embora obrigatoriamente de acordo com o especificado em 1.2.1 deste Caderno de Encargos.


FERCA