



**Departamento de Estradas
de Rodagem do Estado do
Paraná - DER/PR**

Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
Fax (41) 3304 8130
www.pr.gov.br/transportes

DER/PR ES-OA 04/05

OBRAS DE ARTE ESPECIAIS: ARMADURAS PARA CONCRETO PROTENDIDO

Especificações de Serviços Rodoviários

Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005

Deliberação n.º 281/2005

Esta especificação substitui a DER/PR ES-OA 04/91

Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavras-chave: armadura; fio; barra; cordoalha

10 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na aplicação de armaduras para concreto protendido utilizadas em estruturas de obras de arte especiais. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base as especificações de serviços DNER-ES 332/97 e DER/PR ES-OA 04/91.

1 OBJETIVO

Definir as condições exigíveis para recebimento, corte e aplicação de fios, barras e cordoalhas destinados a armaduras para concreto protendido em obras rodoviárias sob jurisdição do DER/PR.

2 REFERÊNCIAS

- ABNT-NBR 6004/84 (MB-782) - Arames de aço –Ensaio de dobramento alternado
ABNT-NBR 6349/91 (MB-864) - Fios, barras e cordoalhas de aço para armaduras de protensão - Ensaio de tração
ABNT-NBR 7482/91 (EB-780) - Fios de aço para concreto protendido
ABNT-NBR 7483/04 (EB-781) - Cordoalhas de aço para concreto protendido - Requisitos
ABNT-NBR 7484/91 (MB-784) - Fios, barras e cordoalhas de aço destinados a armaduras de protensão – Ensaio de relaxação isotérmica
ABNT-NBR 10839/89 (NB-1223) - Execução de obras de arte especiais em concreto armado e concreto protendido
DNER-EM 375/97: Fios de aço para concreto protendido
DNER-EM 376/97: Cordoalhas de aço para concreto protendido
Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR
Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR
Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR

3 DEFINIÇÕES

3.1 Armaduras para concreto protendido: são os sistemas compostos por fios, cordoalhas, barras e bainhas de aço que, imersos em uma massa de concreto de cimento Portland, tracionados e ancorados, conferem às peças características especiais de resistência, que lhes permitem suportar os carregamentos preestabelecidos, dentro de limites previstos de tensões e deformações.

3.2 Para o perfeito entendimento desta especificação é necessário o conhecimento das definições a seguir descritas.

- a) Fios: elementos de aço de diâmetro nominal padronizado, fornecidos em rolos cujos comprimentos devem estar de acordo com a tabela a seguir:

Diâmetro nominal do fio (mm)	Diâmetro interno dos rolos (m)
6, 7, 8	1,8 – 2,2
5	1,5 – 1,8
4	1,2 – 1,5

Fonte: Tabela 4 NBR 7482/91

- b) Barras de alta resistência: elementos de aço fornecidos em segmentos retos e seção circular, de comprimento de até 12 metros.
- c) Cordoalha de sete fios: constituída de seis fios de mesmo diâmetro nominal encordoados juntos, em forma helicoidal, com um passo uniforme, em torno de um fio central.
- d) Cordoalha de três fios: constituída de três fios do mesmo diâmetro nominal, encordoados juntos, em forma helicoidal com um passo uniforme.
- e) Lote: determinada quantidade de fio acabado ou de cordoalhas, de mesmo diâmetro nominal e de mesmas características, apresentada para inspeção e ensaio de uma só vez.
- f) Bainhas: sistemas que servem para isolar os cabos do concreto, devendo ser metálicas e flexíveis.
- g) Lance: comprimento contínuo de cordoalha.
- h) Rolo: comprimento de cordoalha apresentado em espiras concêntricas, formando um volume compacto.
- i) Carretel: núcleo de madeira ou de outro material, no qual é enrolado certo comprimento de cordoalha.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Somente fios, barras e cordoalhas que atendam às condições estabelecidas pela ABNT podem ser usados em obras de arte especiais. Devem ser do tipo e qualidade indicados no projeto, apresentar homogeneidade quanto as suas características geométricas e mecânicas e ser isentos de defeitos prejudiciais. Não devem ser permitidas soldas ou quaisquer emendas nos fios ou cordoalhas fornecidos. As barras são emendadas através de luvas especiais.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer as especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.1 Fios

- a) Conforme a NBR 7482, os fios apresentam-se com diâmetros variando de 4,0 mm a 8,0 mm, fornecidos em rolos com diâmetros internos de 1,2m a 2,2m. Classificam-se

em duas categorias para cada diâmetro nominal, conforme a resistência à tração. Conforme o comportamento classifica-se em relaxação normal (RN) e relaxação baixa (RB).

- b) Deve ser verificada a identificação de cada rolo, que deve conter: o nome ou símbolo do produto; número da norma NBR 7482; designação do produto (categoria: 150, 160 ou 170 e relaxação: RN ou RB); diâmetro nominal do fio, em mm e o número do rolo.

5.1.2 Cordoalhas

- a) De acordo com a norma NBR 7483, as cordoalhas são constituídas de 3 e 7 fios. Quanto à resistência à tração, as cordoalhas classificam-se em categorias CP-190 e CP-210 e sempre na condição de relaxação baixa (RB). Os números 190 e 210 correspondem ao limite mínimo da resistência à tração na unidade quilograma força por milímetro quadrado. Os diâmetros nominais das cordoalhas de sete fios são 9,5 mm, 12,7 mm e 15,2 mm. Os das cordoalhas de três fios são 6,5 mm, 7,6 mm, 8,8 mm, 9,6 mm e 11,1 mm.
- b) Devem ser entregues acondicionadas em rolo, com diâmetro interno não inferior a 750 mm.
- c) A identificação de cada rolo ou carretel deve indicar: o nome ou símbolo do produtor; número da norma NBR 7483; designação do produto (número de fios da cordoalha), categoria (190 ou 210), relaxação (RB); diâmetro nominal da cordoalha, em mm; número de identificação do rolo e massa líquida dos lances, em quilogramas.

5.1.3 Barras de alta resistência: as barras de aço duplo-filetadas de alta resistência são fornecidas em peças retilíneas, de comprimento limitado a 12,00 metros. Apresentam diâmetros de 15 mm e 32 mm, fabricadas em aço ST 85/105, e diâmetro de 32 mm, fabricadas em aço ST 50/55. O primeiro número do tipo de aço representa o limite de escoamento e o segundo o limite de ruptura, na unidade quilograma força por milímetro quadrado.

5.1.4 Bainhas: servem para isolar os cabos do concreto. Em cabos de aderência posterior são metálicas, flexíveis, corrugadas e rígidas em cabos retilíneos. O fornecimento é em rolos ou varas retilíneas ou são fabricadas no próprio canteiro.

5.2 Equipamentos

5.2.1 Todo o equipamento, antes do início da execução do serviço, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.2.2 Os equipamentos devem ser do tipo, tamanho e quantidade que venham a ser necessários para a execução satisfatória dos serviços. No mínimo são necessários macacos hidráulicos de protensão e bombas de alta pressão.

5.3 Execução

5.3.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança do serviço é da executante.

5.3.2 Armazenamento: os fios, barras, cordoalhas, bainhas e cabos confeccionados devem ser armazenados com cuidados especiais, em local abrigado e colocados sobre estrados de madeira, no mínimo, 20,0cm acima do solo. A estocagem deve ser pelo menor tempo possível, evitando a mistura de aço de diferentes procedências, partidas ou características.

5.3.3 Emendas: os fios e cordoalhas não devem ser emendados. As barras de aço duplo filetado podem ser emendadas através de luvas. As bainhas devem ser emendadas por meio de luvas apropriadas que garantam a impermeabilidade.

5.3.4 Preparação e montagem dos cabos: os fios e cordoalhas devem ser cortados de acordo com o projeto e apresentarem-se isentos de sujeira, óleo ou outras substâncias estranhas, tolerada uma leve oxidação, desde que superficial, leve e uniforme, sem pontos de corrosão na superfície.

5.3.5 Colocação dos cabos nas fôrmas

- a) Cada cabo deve ser colocado na posição indicada em projeto, para cada seção da peça.
- b) As bainhas devem ser fixadas por amarrações, soldas ou suportes judiciosamente dispostos, de solidez conveniente e em número suficiente para impedir que as mesmas se desloquem durante a operação de concretagem.
- c) Nos pontos baixos e com grande concentração, podem ser utilizadas pastilhas prismáticas, com dimensões adequadas para o apoio dos cabos sobre a fôrma, ou para servir de separadores entre as camadas de cabos, proporcionando-lhes espaçamentos adequados.
- d) Deve ser tomado grande cuidado para que não venham a ocorrer inversões de posição nos pontos de saída dos cabos.
- e) Junto às caixas para nichos de ancoragens, devem ser colocadas armações de fretagem, para resistir aos esforços de tração desenvolvidos no concreto atrás das ancoragens.
- f) Os detalhes das fretagens helicoidais, em grelhas, são encontrados no manual do processo de protensão ou são indicados no próprio projeto.
- g) Sempre que for deixado algum orifício logo atrás do nicho, para posterior colocação de um cabo transversal, deve ser utilizada uma fretagem especial para a ancoragem, evitando que o concreto se rompa na região enfraquecida, quando da protensão do cabo.
- h) Os cabos devem ficar sempre perpendiculares às caixas para nichos, para evitar que haja grande perda por atrito nessa zona.
- i) O cabo colocado na sua posição final não deve apresentar angulosidades no seu desenvolvimento. Como exemplo, um cabo típico de uma viga isostática deve apresentar a forma de uma parábola, com trechos retilíneos ou não.

- j) Os pontos de junção da bainha com os cones de ancoragem devem ser vedados com massa plástica ou similar, sempre que não forem utilizadas luvas especiais para essas ligações.
- k) Devem ser colocadas, nas bainhas, luvas que permitam o acoplamento de tubos plásticos, sempre que o cabo for longo e/ou contiver pontos elevados (colos), para permitir a comunicação da bainha com o exterior da peça, formando “respiros ou purgadores”, a fim de proporcionar uma boa injeção do cabo, bem como, facilitar essa operação.
- l) Os “respiros” devem ser colocados em números e em posições adequadas para sua finalidade.
- m) Concluída a armação da peça, e antes de ser fechada a sua fôrma, cada cabo deve ser examinado em todo o seu comprimento, a fim de ser verificada a perfeita estanqueidade de sua bainha. Todo ponto que se apresentar danificado deve ser prontamente vedado.

5.3.6 Ancoragens

- a) Qualquer que seja o tipo de ancoragem morta utilizada, devem ser previstos, em sua proximidade, purgadores nas bainhas para permitir o escapamento do ar interno e atestarem a plena injeção ao longo de todo o cabo.
- b) O espaçamento mínimo entre as ancoragens deve ser estabelecido de modo que fique assegurado seu perfeito envolvimento pelo concreto.
- c) Em regiões de concentração de ancoragens, é conveniente prever o emprego de concreto de maior resistência e seu vigoroso adensamento.
- d) Deve ser assegurada a manutenção das ancoragens em sua posição, durante a montagem dos cabos e as operações de concretagem.
- e) A vedação entre a ancoragem e a fôrma deve ser feita de modo a não permitir a passagem de nata de cimento para o interior da ancoragem.
- f) A fim de permitir a boa execução das operações de protensão, deve ser garantida, em trecho de comprimento adequado, a coincidência dos eixos teóricos do cabo e da respectiva ancoragem.
- g) Para as placas de ancoragem pré-moldadas devem ser observados os seguintes cuidados executivos:
 - g.1) antes da concretagem da placa, verificar o perfeito posicionamento dos dutos pelos quais devem passar os cabos;
 - g.2) colocar as caixas e “chinelos” com dimensões e ângulos corretos;
 - g.3) verificar se foram colocados os dutos para eventuais cabos transversais;

- g.4) verificar a armadura frouxa de espera, se a mesma for necessária;
- g.5) verificar se foram colocados os dispositivos eventualmente necessários para o transporte das placas.
- h) Antes da injeção, os nichos de ancoragem devem ser fechados como segue:
 - h.1) as pontas livres dos cabos devem ser cortadas a uma distância mínima de 3 a 5 cm das ancoragens, em função do tipo de cabo;
 - h.2) no corte, deve ser tomado o devido cuidado para que não haja grande aquecimento do cabo no interior da ancoragem;
 - h.3) deve ser acoplado um pedaço de tubo plástico no furo central da ancoragem, diretamente ou com uso de uma peça própria para esse acoplamento, ficando a outra extremidade livre fora do nicho;
 - h.4) o nicho deve então ser preenchido com concreto ou com argamassa de cimento e areia 1:2, de modo a proporcionar um cobrimento mínimo de 4 cm para a ponta do cabo.

5.3.7 Protensão dos cabos

- a) A protensão somente deve ser realizada após as seguintes verificações:
 - a.1) a resistência do concreto à compressão é igual ou superior à resistência característica à compressão indicada no projeto;
 - a.2) espaços suficientes e necessários para a colocação e os cursos dos macacos hidráulicos de protensão;
 - a.3) os macacos hidráulicos de protensão devem estar equipados com os manômetros correspondentes e aferidos para leitura dos alongamentos.
- b) Periodicamente, deve ser feita a regulagem dos manômetros, por meio de um manômetro padrão, aferido em laboratório especializado, a cada 20 operações de protensão e sempre que houver anormalidade no funcionamento.
- c) Durante a operação de protensão deve ser proibida a passagem ou permanência de pessoas atrás dos macacos hidráulicos ou na área de entorno, visto que a ruptura dos fios ou cordoalhas podem provocar a extração brusca dos cabos e cunhas.
- d) Nos casos em que houver rompimento de fios ou cordoalhas durante a protensão, rotações ou penetrações das ancoragens fêmeas no concreto, fissuras no concreto ou nas placas de ancoragem, deve ser suspensa a operação de protensão e, só depois de tomadas as providências necessárias em acordo com o DER/PR, é autorizada sua retomada.

- e) No caso de ser necessário manter a peça protendida por algum tempo sem injeção (cabos com entupimentos), devem ser tomadas medidas de precaução contra eventual corrosão ou oxidação do aço, injetando-se óleo solúvel.
- f) Os fios ou as cordoalhas devem ser cortadas a frio com esmeril rotativo após a protensão e a injeção. O corte deve ser feito, no mínimo, a 3 cm do cone ou conforme indicado em projeto.
- g) A proteção dos cones, uma vez cortados os fios ou cordoalhas, deve ser feita em concreto com recobrimento das pontas conforme previsto em projeto.

5.3.8 Injeção de calda de cimento

- a) O enchimento por injeção de calda de cimento dos vazios entre os fios ou cordoalhas e a parede interna da bainha é feito para proteger a armadura contra corrosão e promover a aderência de modo permanente entre a armadura e o concreto estrutural.
- b) O volume de calda de cimento fabricado deve ser compatível e suficiente para permitir, sem interrupção, toda a operação de injeção programada.
- c) O intervalo de tempo entre a protensão e o início da injeção não deve ultrapassar a dez dias.
- d) A dosagem da calda, caso não indicada em projeto, deve ser proposta pela executante e aprovada pelo DER/PR.
- e) A calda de cimento para injeção deve ser homogênea, misturada mecanicamente na seqüência água-cimento-aditivos, não devendo apresentar pelotas de cimento nem sedimentação, sendo seu aspecto pastoso e passante na peneira de análise granulométrica de 2 mm de abertura.
- f) Para a injeção deve ser usada bomba elétrica que garanta o fluxo contínuo da calda de cimento, porém sem provocar elevada pressão.
- g) A injeção de calda nos cabos deve ser efetuada sempre pela extremidade mais baixa.
- h) Durante a injeção nos cabos, quando a calda de cimento sair em um purgador com consistência idêntica à da calda de entrada, aquele purgador deve ser bloqueado e continua-se a injeção até o purgador seguinte que também é bloqueado, e assim sucessivamente até a calda de cimento sair da extremidade oposta do cabo.

6. MANEJO AMBIENTAL

6.1 Durante a execução dos serviços devem ser preservadas as condições ambientais, atendendo, no que couber, às recomendações do Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR.

7. CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução referem-se às quantidades mínimas aceitáveis podendo, a critério do DER/PR ou da executante, ser ampliadas para garantia da qualidade da obra.

7.3 Controle do material

7.3.1 Exigir certificados de ensaios do material fornecido pelo fabricante, contendo data de realização dos ensaios, identificação do lote com a quantidade e numeração respectiva dos rolos ou carretéis e as características dimensionais, mecânicas e químicas do lote.

7.3.2 A amostragem, controle e aceitação do aço empregado na armadura de protensão devem obedecer ao disposto nas normas NBR 7482 e NBR 7483.

7.3.3 Devem ser observadas as condições gerais a seguir descritas, verificando, para aceitação dos produtos fornecidos, se o aço:

- não sofreu avarias no transporte;
- apresenta homogeneidade em suas características geométricas;
- não se apresenta com bolhas, fissuras, escamas ou outros defeitos superficiais que prejudiquem seu emprego;
- não apresenta solda ou qualquer tipo de emenda;
- não se apresenta com oxidação intensa. Eventualmente, pode ser admitida uma leve oxidação do aço, desde que seja superficial e uniforme e que não apresente pontos de corrosão. Este tipo de oxidação pode ser removido com a mão ou esfregando-se os fios com tecido grosseiro (estopa, juta). Em caso de dúvidas, devem ser feitos ensaios especiais.

7.4 Verificar a posição das bainhas, de acordo com o projeto, admitida uma tolerância de 5,0mm. A posição das ancoragens deve também ser verificada, admitindo-se tolerância de 1,0mm.

8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1 Aceitação

As armaduras são aceitas pelo DER/PR desde que atendido ao disposto nos subitens 7.3 e 7.4.

9.2 Rejeição

- a) O não atendimento ao disposto nos subitens 7.3 e 7.4 implica na rejeição do serviço que deve ser corrigido, complementado ou refeito a critério exclusivo do DER/PR.
- b) A liberação e o emprego do produto não está condicionada ao ensaio de relaxação, podendo basear-se em resultados recentes ou regularmente obtidos com material da mesma categoria.

10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 As armaduras para concreto protendido são medidas de acordo com as indicações de projeto conforme descrito a seguir:

- a) aço – em quilograma de aço colocado nas fôrmas, de acordo com o tipo de aço, em conformidade com o previsto em projeto;
- b) preparo e montagem dos cabos – por metro linear de cabo empregado, conforme projeto;
- c) bainhas – por metro linear empregado, conforme projeto;
- d) ancoragens ativas ou passivas – por unidade, conforme projeto;
- e) Luvas de emendas de barras - por unidade, conforme projeto.

11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se, juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.