

29/11/2000

### **SUGESTÃO AO PROJETISTA / FIRMA DE PROTENSÃO:**

A protensão com cordoalhas engraxadas e plastificadas (monocordoalhas não aderentes) é um processo simples, prático e sobretudo econômico.

Por essas características, desmistificou o concreto protendido, tido até pouco tempo atrás como complexo, de difícil execução e destinado apenas a prédios comerciais de grandes vãos.

Esse novo tipo de cordoalha, com suas ancoragens simples e para uma só cordoalha (o que emprestou o nome de “monocordoalha” ao processo) é responsável hoje pelo grande incremento da utilização de protensão em prédios comerciais e residenciais - até de vãos pequenos (construções populares) - , fundações tipo “radier”, pisos industriais e comerciais, pavimentos rígidos, reservatórios, etc.

Apesar de sua extrema simplicidade de aplicação, a protensão continua sendo um assunto técnico de responsabilidade, e como tal deve ser tratado.

Junto com os desenhos de execução (lançamento de cabos, detalhes, etc.) é aconselhável que sejam fornecidas instruções, por exemplo como as que estão a seguir, de forma que todo o pessoal envolvido na construção tome ciência dos processos e cuidados necessários à boa execução e controle de qualidade de uma obra.

Eng. Civil Eugenio Luiz Cauduro

Tel. (011) 3866-6536

E-mail: cauduro@belgo.com.br

# RECOMENDAÇÕES PARA A BOA EXECUÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM CONCRETO PROTENDIDO COM CORDOALHAS ENGRAXADAS E PLASTIFICADAS (PROTENSÃO NÃO ADERENTE)

## 1.0 MATERIAIS

- 1.1 **Aço para protensão:** As cordoalhas para protensão, que formam os cabos de pós-tração monocordoalhas não aderentes devem estar limpas e livres de corrosão. O aço deverá estar de acordo com a norma brasileira NBR -7483 do tipo baixa relaxação, com limite de resistência à tração de 18.730 kgf

Diâmetro nominal 12,70 mm

Área da seção transversal 101,40 mm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidade 196 kN/mm<sup>2</sup>

Limite de resistência à tração 18.730 kgf

Força máxima de protensão 14.422 kgf = 147 KN (77% da resistência última)

- 1.2 **Cabos de protensão monocordoalha:** Assim é denominado o conjunto formado por ancoragens que possuem uma só cunha, e a respectiva cordoalha de protensão.

- 1.3 **Ancoragens:** todas as ancoragens dos cabos e luvas de emendas devem atender os requisitos mínimos do ACI 318/99 assim como às especificações para cabos monocordoalha não aderentes do PTI – Post Tensioning Institute (Instituto da Pós-Tração americano), à falta de normalização brasileira.

(a) **Ancoragens ativas** com fôrmas plásticas para nicho reutilizáveis deverão ser usadas em todos os locais das extremidades ativas.

(b) **Ancoragens intermediárias** com fôrmas plásticas para nicho de duas peças (split) devem ser usadas onde ancoragens ativas de protensão forem projetadas em juntas intermediárias de concretagem.

(c) **Ancoragens passivas**, são as mesmas ancoragens ativas, porém com as cunhas pré-cravadas durante a fabricação dos cabos, com a mesma força de protensão que a especificada no projeto para as ancoragens ativas.

1.4 **Cordoalhas engraxadas e plastificadas:** são as mesmas cordoalhas tradicionais para protensão, cobertas com uma graxa protetora contra corrosão e revestidas com uma bainha plástica de polietileno de alta densidade extrudada sobre a cordoalha e a graxa. Rasgos ou falhas da bainha superiores a 10 cm deverão ser reparadas, antes do lançamento do concreto, com fita plástica para isolar a cordoalha do concreto.

1.5 **Cadeiras para apoio dos cabos:** deverão ser fornecidas em quantidade suficiente para proporcionar um apoio adequado aos cabos. O espaçamento entre as cadeiras não deve ser superior a um metro.

## **2.0 FABRICAÇÃO DOS CABOS**

2.1 Após o recebimento dos desenhos aprovados, a lista de corte dos cabos deverá ser emitida para fabricação. As entregas na obra devem ser solicitadas pela obra ao fornecedor dos cabos cortados, com um prazo mínimo de 14 dias.

2.2 Entende-se por fabricação dos cabos, ao corte das cordoalhas, cravação das cunhas nas ancoragens passivas, quando houver, enrolamento, etiquetagem e pintura para fácil identificação dos diferentes comprimentos dos cabos. Os cabos devem ser fabricados com comprimento suficiente (>30 cm), além da forma de borda de cada ancoragem ativa, para permitir a protensão.

2.3 Para facilitar a identificação à distância, os cabos devem ser pintados com diferentes combinações de cores conforme indicado nos desenhos de disposição dos cabos. Cada combinação de cores deve corresponder a um diferente comprimento de cabo. Por outro lado, os cabos também devem ser embalados e etiquetados de acordo com o edifício, a peça, laje ou parte da laje a ser concretada.

## **3.0 ENTREGA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS, MANUSEIO E ARMAZENAGEM**

3.1 Os cabos deverão ser fabricados e entregues em quantidades que completem a carga de um caminhão. Divergências em relação a este procedimento deverão ser uma opção da obra.

- 3.2 A lista de corte de fabricação deverá sempre acompanhar as remessas de cabos e do material de pós-tração. O romaneio deve indicar as quantidades de cabos e seus comprimentos, número total de ancoragens ativas, passivas pré-blocadas e ancoragens intermediárias, cunhas, luvas plásticas, tubos e fôrmas para nicho. O comprador deve ser responsável por inspecionar o material entregue e notificar imediatamente a empresa fornecedora sobre qualquer discrepância em relação ao romaneio.
- 3.3 Uma vez entregue, é responsabilidade do comprador, proteger e supervisionar para que os materiais e equipamentos mantenham sua integridade até o momento da aplicação e uso na obra.
- 3.4 A obra é responsável pela descarga e armazenamento adequado dos cabos fabricados e entregues. Somente faixas de nylon devem ser usadas para descarregar os cabos, de modo a evitar danos na bainha plástica. As correias de nylon nunca devem se estrangular no manuseio dos rolos de cabos de aço de protensão. Sempre envolver os rolos com a correia passando-a pelo centro dos mesmos. Enganche cada alça da correia no equipamento de içamento. O uso de cabos de aço e correntes deve ser terminantemente proibido na descarga e manuseio dos cabos, pelos danos que provoca na capa plástica.
- 3.5 Os cabos, acessórios e cadeirinhas de apoio dos cabos devem ser armazenados em uma área seca e segura contra danos. As cunhas, ancoragens e cadeirinhas de apoio devem ser armazenadas em uma área seca e limpa e identificadas individualmente por seqüência de concretagem e/ou pavimentos. Estes itens devem ser usados somente em suas concretagens programadas. Nota : caso as peças programadas para uma concretagem sejam trocadas por peças de outra concretagem, é responsabilidade do comprador notificar a mudança ao fornecedor de protensão com o propósito de rastreamento e correção de estoques.
- 3.6 Após a recepção do equipamento de protensão, cuidado deve ser tomado para assegurar que o macaco e o manômetro da bomba nunca sejam separados. Cada macaco e manômetro são calibrados conjuntamente. Confira imediatamente os registros de calibração. Os macacos devem ser calibrados antes de serem remetidos para a obra. Caso haja qualquer discrepância (incluindo a validade do gráfico/tabela de calibração), contate imediatamente o fornecedor do equipamento para solução.

- 3.7 Guarde o equipamento de protensão em um lugar limpo e seco e permita que o acesso aos equipamentos seja feito somente por pessoal treinado e qualificado. O fornecedor não poderá ser responsável por mau uso ou abuso do equipamento de protensão fornecido. Siga o “manual de procedimentos de operação de equipamentos de protensão” , o qual explana sobre as regras e instruções relativas ao cuidado, uso e manutenção do equipamento de protensão.

#### **4.0 MONTAGEM DOS CABOS**

- 4.1 Centralize verticalmente cada cabo ou faixa de cabos na fôrma de borda de acordo com os espaçamentos mostrados na planta de locação dos cabos.
- 4.2 Marque na fôrma de borda o local de cada ancoragem ativa, espaçando-as de acordo com o detalhamento das ancoragens mostrado nos desenhos. Se algum conflito ocorrer, e as placas de ancoragem não puderem ser colocadas conforme mostrado nos desenhos, consulte o engenheiro do projeto ou o fornecedor do sistema de protensão.
- 4.3 Perfure orifícios na fôrma de borda onde as ancoragens ativas forem requeridas. Um separador ou um anteparo deve ser usado na região onde houver ancoragens intermediárias, com o objetivo de facilitar a montagem dos cabos.
- 4.4 Engraxe a ponta cônica estreita das fôrmas para nicho e encaixe-a dentro das placas de ancoragem de 12,70 mm, insira cada conjunto no orifício perfurado de 19 mm (ou 25 mm para ancoragens de cordoalhas de 15,20 mm), Pregue o conjunto com firmeza e perpendicularmente à forma de borda com pregos conforme mostrado nos desenhos. Rejeite qualquer fôrma para nicho que permita a entrada de pasta de cimento na cavidade da placa de ancoragem.
- 4.5 Em lajes, coloque toda a armadura passiva inferior e a de distribuição, de acordo com o projeto.
- 4.6 Em vigas, coloque toda a armadura de reforço inferior, estribos e barras de apoio conforme mostrado nos desenhos. O sistema de apoio para a armadura de protensão da viga deve preferivelmente ser montado previamente e colocado dentro da fôrma.

- 4.7 Selecione os cabos para cada local conforme marcação efetuada pelo projetista nos desenhos. Desenrole os cabos no local correto, começando da extremidade passiva (se existir) e desenrole-os então em direção à extremidade ativa. Cabos adicionais com extremidade passiva devem ser montados conforme mostrado nos desenhos.
- 4.8 A seqüência de montagem dos cabos deve observar os seguintes procedimentos a menos que haja uma orientação contrária, evitando-se erros e desperdício de mão de obra :

Seqüenciamento de montagem em lajes planas (somente onde estiver especificamente mencionado) - coloque os cabos seguindo os números de seqüência mostrados nos desenhos de distribuição dos cabos.

- Cabos em faixa, e cabos distribuídos na direção transversal
  - Dos grupos de cabos uniformemente distribuídos, coloque um mínimo de dois grupos de cabos sobre cada pilar ou numa faixa de até 90 cm dos eixos dos pilares.
  - Coloque todos cabos das faixas. Use um mínimo de dois cabos sobre cada pilar.
  - Coloque o resto dos cabos uniformes.

Essa é a maneira mais simples e fácil de se fazer a montagem, pois evita as costuras de cabos que causam muita confusão e desperdício de mão de obra.

- Lajes com vigas
  - Coloque todos os cabos das vigas
  - Coloque todos os cabos uniformemente distribuídos da laje
  - Coloque os cabos restantes na outra direção.
- Lajes com vigas e nervuras
  - coloque os cabos das nervuras sobre as linhas de pilares
  - coloque todos os cabos das vigas
  - coloque os restantes cabos das nervuras.

- 4.9 Remova a bainha plástica da extremidade ativa dos cabos, para permitir que a cordoalha seja colocada através da ancoragem. Somente o comprimento suficiente de bainha plástica deve ser removido para enfição da cordoalha na ancoragem, porém não mais do que 25 mm de cordoalha pode ficar exposta atrás da placa de ancoragem. Note que toda a bainha deve ser removida da área de fixação das cunhas na placa de ancoragem e nas regiões onde existam ancoragens intermediárias.
- 4.10 Coloque a cordoalha através do conjunto de ancoragem. Permita que um mínimo de 30 cm de cordoalha transpasse a fôrma de borda, para que se possa fazer a protensão. Quando os cabos forem protendidos por ambas as extremidades, esteja certo de que há uma ponta mínima de 30cm em ambas as extremidades. Não deixe a ponta de cordoalha traspasar a forma de borda além de 40 cm.
- 4.11 A cordoalha não deve ficar exposta sem bainha plástica atrás da extremidade passiva. Isto poderia resultar em problemas de alongamento durante a protensão. para evitar que a cordoalha fique exposta, coloque fita ou uma proteção plástica sobre ela e pressione-a apertadamente contra a placa de ancoragem.
- 4.12 Após a distribuição dos cabos na laje, junte os mesmos em feixes, para formar grupos de cabos conforme desenhos. Os cabos, que estão juntos, devem começar a ser separados uns dos outros, e ser suavemente desviados até atingir as placas de ancoragem que estão mais distanciadas entre si, conforme detalhes do projeto.
- 4.13 Inicie a amarração dos cabos nos suportes, pelos locais onde estão situadas as ancoragens passivas (quando existirem), Amarre os feixes de cabos nas barras de apoio e se necessário, corrija as alturas das cadeiras nas interseções. Cuidado deve ser tomado ao amarrar os cabos, a fim de não apertar com o arame em demasia e cortar a bainha plástica.
- 4.14 Em lajes, coloque toda a armadura passiva superior de fretagem. Note que atrás de todas as ancoragens (a uma distância = 35% da altura da laje), deverão existir duas barras de fretagem, uma superior e outra inferior ao cabo.

- 4.15 A menos que os desenhos detalhem o contrário, as zonas de ancoragem de cabos de faixa para feixes de 6 ou mais cordoalhas com espaçamento entre placas de ancoragem de 30 cm ou menos devem ser reforçadas conforme mostrado nestas instruções.
- 4.16 Em vigas, coloque armadura auxiliar e a de fretagem padrão de ancoragem conforme mostrado nos desenhos de montagem. As ancoragens padrão para vigas podem conflitar com as barras dos pilares e com as gaiolas de armação das vigas. Consulte o engenheiro projetista e o fornecedor de protensão antes de ajustar as ancoragens padrão.
- 4.17 Quando os cabos passarem ao lado de aberturas ou obstruções, os desvios horizontais devem se iniciar no mínimo 50 cm além da borda das mesmas. Veja os detalhes nos desenhos da estrutura/revisões no que tange aos reforços das aberturas.
- 4.18 Coloque toda a armadura de reforço conforme indicado nas plantas de armação e plantas estruturais. Os cabos têm preferência em relação às armaduras convencionais e conduites, quando ocorrerem conflitos ou interferências com a armadura de pós-tração. Notifique o engenheiro responsável sobre todas as interferências.
- 4.19 Os locais das ancoragens passivas e ativas podem ser invertidos se necessário devido a condições do canteiro de obras.
- 4.20 Desvios verticais no posicionamento do cabo podem variar de:
- +/- 6 mm em elementos de concreto com espessura até 20 cm,
  - +/- 10 mm em elementos de concreto com espessura entre 20 cm e 60 cm,
  - +/- 13 mm em elementos de concreto com dimensão acima de 600 mm. Evite oscilações excessivas (curvaturas indesejáveis) nos cabos.
- 4.21 Inspecione a distribuição dos cabos e conserte toda bainha danificada conforme requerido pelas especificações. Rasgos ocasionais na bainha de até 10 cm de comprimento são aceitáveis para aplicações onde cuidados especiais contra corrosão não sejam necessárias.

## **5.0 LANÇAMENTO DO CONCRETO**

- 5.1 Cloreto de cálcio ou outros materiais que contenham cloreto não devem ser utilizados como mistura em concreto protendido ou como enchimento para nichos.
- 5.2 Durante o lançamento do concreto, os cabos e barras devem ser mantidos em suas respectivas posições. Se os cabos se moverem para fora da posição designada, eles devem ser ajustados para a posição correta antes de se iniciarem os procedimentos de lançamento.
- 5.3 É recomendada a vibração adequada do concreto nas imediações das regiões das ancoragens dos cabos. Cuidado deve ser tomado para não super/sub-vibrar o concreto na zona das ancoragens dos cabos.
- 5.4 Cuidado deve ser tomado quando se estiver espalhando o concreto, a fim de não deslocar os cabos. O concreto deve ser lançado de uma altura que não desloque os cabos. Os mangotes quando do bombeamento do concreto, devem ser apoiados acima dos cabos e não descansar sobre eles. Não coloque o vibrador sobre os cabos.

## **6.0 PROTENSÃO DOS CABOS**

- 6.1 As operações de protensão devem estar sempre sob o controle imediato de uma pessoa experiente em tais operações e que conheça perfeitamente os equipamentos.
- 6.2 As operações de protensão não devem ser iniciadas até que os corpos de prova curados nas condições do canteiro de obra tenham sido testados e tenham atingido resistência mínima à compressão  $F_{cj} = 18\text{MPa}$ .
- 6.3 Conecte a bomba hidráulica em 110 v AC, 60 ciclos, 30 ampères (a menos de instruções em contrário da empresa de protensão). Os cabos elétricos de alimentação até a bomba devem ter 3 fios 12 BWG com o comprimento máximo de 30 m. Cabos elétricos com comprimentos superiores a 30 m podem danificar a bomba e podem implicar em resultados irregulares de alongamento.

- 6.4 Verifique o macaco de protensão antes de usá-lo. Siga todas as instruções fornecidas pela firma de protensão. Assegure-se de que as mandíbulas do macaco estão limpas. Pulverize com um lubrificante (de grafite) somente a superfície de deslizamento entre as mandíbulas e o assento.
- 6.5 As fôrmas de borda da laje devem ser removidas tão logo quanto possível, de modo a permitir a fácil remoção da fôrma plástica para nicho e a limpeza da cavidade da placa de ancoragem, enquanto o concreto ainda está verde. Remova as fôrmas para nicho procurando salvá-las para as próximas concretagens.
- 6.6 Inspeção as cavidades das placas de ancoragem para verificar se estão limpas. Remova todo o groute ou pasta de cimento antes de colocar as cunhas nas cavidades.
- 6.7 Insira o par de cunhas lado a lado dentro da placa de ancoragem ativa. As cunhas devem ser espaçadas igualmente e inseridas uniformemente dentro da cavidade da placa de ancoragem.
- 6.8 Revise o gráfico/tabela de calibração do macaco/bomba para determinar a pressão requerida no macaco.
- 6.9 Uma área apropriada deve ser liberada ou um andaime seguro erguido para os trabalhadores que vão executar a protensão. O pessoal de inspeção que fará a leitura dos alongamentos deve estar no canteiro de obras. A medição dos alongamentos deve ser feita concomitantemente com a protensão.
- 6.10 Cuidado impróprio no uso do equipamento de protensão pode resultar em danos à obra e/ou ferimentos pessoais. Somente pessoal treinado e qualificado deve ter permissão para ficar próximo ao equipamento de protensão durante o uso. O pessoal que estiver fazendo a protensão bem como os inspetores devem permanecer longe do cabo que estiver sendo protendido durante todo o tempo. Nunca permita que alguém fique próximo do macaco ou entre o macaco e a bomba enquanto estiver protendendo.
- 6.11 Limpe o excesso de graxa da cordoalha. Usando um gabarito, marque a cordoalha com pintura spray ou outro sistema de marcação permanente. Se os cabos forem duplamente ativos, marque ambas as extremidades antes da

protensão. Não é necessário ser feita protensão simultânea em ambas as extremidades.

- 6.12 Verifique se o pistão de cravação do macaco está quase totalmente retraído – os pistões de tração devem restar abertos perto de 2 cm, para evitar danos nas juntas quando do retorno dos pistões -. Posicione o macaco de protensão sobre a cordoalha assegurando-se de que o nariz do macaco está concentricamente apoiado sobre a placa de ancoragem. Encaixe a mandíbula do macaco uniformemente sobre a cordoalha. Se estiverem desigualmente colocadas, as mandíbulas do macaco podem causar o rompimento da cordoalha e/ou danos ao macaco de protensão.
- 6.13 Protenda com a pressão requerida conforme gráfico de aferição/calibração fornecido pela empresa de protensão. Crave as cunhas e retraia o macaco de protensão. Remova o macaco de protensão da cordoalha. Meça e registre o alongamento com uma tolerância de +/- 3 mm.
- 6.14 Os alongamentos teóricos, quando não indicados nos desenhos, podem ser avaliados pela seguinte fórmula:

$$\Delta l = (6,4 \times l) \text{ mm} \quad , \text{ sendo "l" o comprimento do cabo em metros}$$

Essa expressão é baseada em uma perda por atrito de 10%, típica para estruturas de lajes comuns. O cálculo correto dos alongamentos teóricos sempre será feito pelo engenheiro estrutural, para liberação dos trabalhos de protensão.

- 6.15 Se o alongamento previsto for maior do que o curso do macaco, puxadas adicionais deverão ser efetuadas. Cuidado deve ser tomado para não prender o macaco na primeira puxada. Quando estiver usando um macaco com curso de 200 mm, tente deixar 150 mm para a puxada final.
- 6.16 Em protensões pelas duas extremidades. coloque firmemente as cunhas nos alojamentos das ancoragens em ambas as extremidades antes de iniciar a protensão pela primeira extremidade. Registre o alongamento de cada extremidade e some-os para obtenção do alongamento total
- 6.17 Procedimento de registro dos alongamentos: usando um gabarito que estabeleça uma dimensão constante em relação à face do concreto, pinte a

cordoalha com uma tinta spray de secagem rápida (não use lápis de cera), a fim de se estabelecer a referência para as medições de alongamento. Não pinte por cima de outra pintura, senão uma marcação precisa não será conseguida. Protenda cada cabo adotando o procedimento de protensão adequado. Depois de remover o macaco da ponta da cordoalha, coloque o mesmo gabarito contra a superfície do concreto, meça a distância entre o gabarito até a marca de referência, com precisão de 3 mm, e registre no modelo de registros de protensão fornecido pela empresa de protensão.

- 6.18 Submeta os registros de pressões, alongamentos e respectivos desvios percentuais, ao responsável pela obra ou ao projetista estrutural, para aprovação.
- 6.19 Depois que a aprovação dos engenheiros foi obtida, as pontas de cordoalha do lado ativo devem ser cortadas. Cuidado deve ser tomado para assegurar que a chama do maçarico não atinja as cunhas. A cordoalha deve ser cortada deixando-se uma pequena ponta de 13 a 20 mm fora da cunha e permitir que haja um cobrimento (quando do preenchimento do nicho com graute) de 25 mm em relação à face do concreto.
- 6.20 Depois que as pontas de cordoalhas do lado ativo forem cortadas, a parte exposta da placa de ancoragem deve ser coberta com um material preventivo contra corrosão. Os nichos de protensão devem então ser preenchidos com aplicação de graute que não sofra retração e que não contenha metálicos. A mistura de graute não deve conter cloretos, sulfatos ou nitratos, para que não haja corrosão da ancoragem e/ou cordoalha.
- 6.21 Os nichos de protensão das ancoragens intermediárias também devem ser preenchidos com graute.
- 6.22 A seqüência de protensão deve ser como segue:

- **lajes planas com cabos uniformemente distribuídos em ambas as direções**
  - protenda 50% dos cabos uniformes em uma direção
  - protenda 100% dos cabos uniformes na direção oposta
  - protenda os 50% finais, dos cabos uniformes na direção oposta

- **lajes planas com cabos em faixa e uniformemente distribuídos**
  - protenda todos os cabos uniformes
  - protenda todos os cabos em faixa
- **vigas e lajes**
  - protenda todos os cabos uniformes da laje
  - protenda todos os cabos da viga
  - protenda todos os cabos de combate à retração (se houver).
- **vigas e nervuras**
  - protenda todos os cabos das nervuras (se houver)
  - protenda todos os cabos das vigas
  - protenda todos os cabos uniformes da laje e de combate à retração (se houver)
  - protenda todos os cabos de combate à retração (se houver)

## **7.0 PRECAUÇÕES**

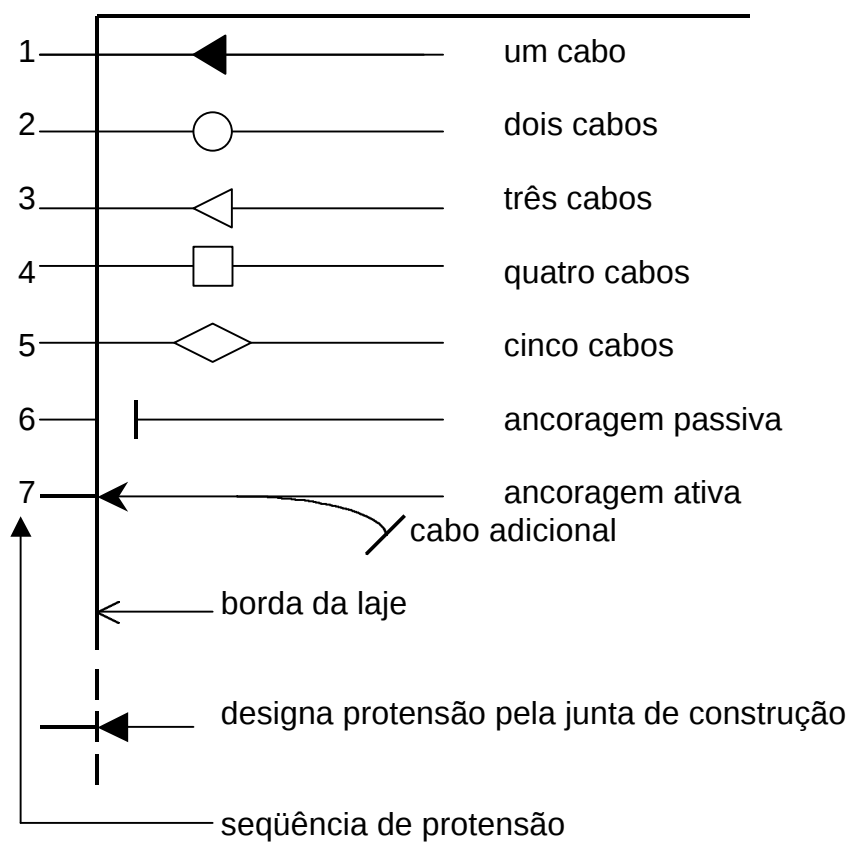
- 7.1 Remova todas as obstruções que impeçam a fixação adequada da fôrma para nicho na fôrma de borda da laje.
- 7.2 A existência de barras não pode impedir que as placas de ancoragem sejam pregadas corretamente nas fôrmas. De maneira alguma a posição da placa de ancoragem deve ser alterada verticalmente para cima ou para baixo, a não ser que autorizado pelo engenheiro responsável pelos registros. Desvios horizontais das placas de ancoragem em relação ao projeto podem ser aceitos desde que seja mantido o cobrimento adequado de concreto, e o projetista estrutural seja notificado da mudança.
- 7.3 Os cabos devem sempre ser colocados perpendicularmente às placas de ancoragem, caso contrário isso poderá resultar em alongamento baixo, rompimento dos fios da cordoalha, rompimento do cabo ou assentamento impróprio das cunhas.

- 7.4 O cabo não deve ser protendido se houver graute na cavidade da placa de ancoragem. O graute na cavidade de alojamento da cunha pode impedir seu assentamento adequado ou provocar um rompimento repentino do cabo.
- 7.5 Remova as obstruções que estejam na frente ou ao lado da área de protensão antes de iniciá-la.
- 7.6 Precauções especiais de segurança devem ser tomadas durante o uso e operação do equipamento de protensão:
- posicione-se ao lado do equipamento
  - assegure-se de que todo pessoal não permaneça à frente ou atrás do macaco hidráulico
  - O macaco e a bomba devem ser amarrados em ponto fixo antes de se iniciar a protensão
- 7.7 Insertos para sustentação de instalações elétricas, hidráulicas e arquitetônicas devem ser colocados nas fôrmas antes do lançamento do concreto. Chumbadores colocados por furadeiras de impacto não devem ser permitidos a menos que precauções especiais sejam tomadas para assegurar que os cabos não sejam atingidos e danificados.
- 7.8 Cuidado deve ser tomado para assegurar que faíscas de solda e corrente elétrica perdida não entrem em contato com os cabos e as placas de ancoragem, nem que chamas de maçarico entrem em contato com as cunhas.
- 7.9 Verifique os desenhos de arquitetura e estrutura para se saber a exata localização das fôrmas de borda, aberturas e quaisquer condições especiais.
- 7.10 A bomba e o macaco devem ser amarrados a um objeto sólido quando estiverem trabalhando em um piso elevado para prevenir sua queda.
- 7.11 Se o concreto estiver com bicheiras ou rachaduras visíveis, não protenda até que o mesmo esteja adequadamente reparado e inspecionado.

## **8.0 Geral**

- 8.1 Estas recomendações e os desenhos entregues juntamente são válidos somente para aplicação neste projeto. Elas não podem ser reproduzidos nem por inteiro nem em parte para nenhum uso sem a expressa permissão escrita da empresa de protensão ou do projetista estrutural.

## LEGENDA



número da seqüência de concretagem



alongamento do cabo

- Texto base : Instruções específicas contidas no “Manual de certificação de pessoal de campo”, do PTI - Post - Tensioning Institute.
- Tradução : José Geraldo Lúcio    jose.geraldo@belgomineira.com.br    (011) 3170-6565
- Revisão e adaptação : Eugenio Luiz Cauduro    eugenio.cauduro@bms.com.br    (011) 3170-6536