

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JOSÉ CORDEIRO DE ANDRADE JUNIOR
LEONARDO PARAISO PIRES
RAPHAEL WERNECK V. DIAS**

EXECUÇÃO DE LAJE PROTENDIDA NÃO-ADERENTE

**Santos – SP
Fevereiro/2018**

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

EXECUÇÃO DE LAJE PROTENDIDA NÃO-ADERENTE

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil à Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade Santa
Cecília, sob orientação do Professor
Sergio Massao Adati**

**Santos – SP
Fevereiro/2018**

JOSE CORDEIRO DE ANDRADE JUNIOR
LEONARDO PARAISO PIRES
RAPHAEL WERNECK V. DIAS

EXECUÇÃO DE LAJE PROTENDIDA NÃO ADERENTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil à Faculdade de Engenharia da Universidade Santa Cecília.

Data da aprovação: ____/____/____

Nota: _____

Banca examinadora

Professor Sergio Massao Adati

Orientador

Examinador 1

Examinador 2

DEDICATÓRIA

Aos nossos familiares e todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva em nossas vidas, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência, pelas palavras de amor e incentivo que motivaram nossas batalhas. A eles dedicamos nossa eterna gratidão, e todo nosso esforço e sucesso

AGRADECIMENTOS

JOSÉ CORDEIRO DE ANDRADE JUNIOR

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde física e mental para caminhar nessa jornada.

À minha mãe Lúcia e aos meus irmãos Paulo e Fábio que me incentivaram a iniciar a graduação.

Ao meu falecido pai José, que não está mais em vida para compartilhar desta conquista, mas teve papel importantíssimo na minha escolha de iniciar o ensino superior e caminhar na profissão por mim escolhida.

Aos amigos que fiz ao longo desses anos, que somaram demais na minha formação.

À Thais, mulher que Deus e o curso me colocou de presente em minha vida e que foi meu ídolo e exemplo na reta final dessa graduação.

Por fim, a todos os Mestres que me passaram da melhor forma seu maior tesouro, o conhecimento. Um abraço especial aos mestres que se tornaram meus amigos, Engenheiros João Guedes, Jordan Higa e Paulo Rogério.

AGRADECIMENTOS

LEONARDO PARAISO PIRES

A minha mãe Cleide pelo esforço e dedicação em todos esses anos, me dando o suporte para que eu pudesse continuar lutando e realizar meu sonho.

Aos meus falecidos pai e avô, Luiz e Francisco, pelos conhecimentos e lições que aprendi e levarei pelo resto da vida.

Ao nosso orientador Sérgio Massao pelo auxílio e muita dedicação para que o trabalho ficasse o melhor possível.

AGRADECIMENTOS

RAPHAEL WERNECK VENTOLA DIAS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde física e mental para caminhar nessa jornada.

À meu tio Ely Biasoli Dias, minha avó Eunice Biasoli Dias e meu falecido pai e avô Elcio Biasoli Dias e Narciso Biasoli Dias

Aos amigos que fiz ao longo desses anos, que somaram demais na minha formação.

Por fim, a todos os Mestres que me passaram da melhor forma seu maior tesouro, o conhecimento.

A mais bela coisa que podemos vivenciar é o mistério. Ele é fonte de qualquer arte verdadeira e qualquer ciência. Aquele que desconhece esta emoção, aquele que não se fascina, está como morto; seus olhos estão fechados.

(EINSTEIN)

RESUMO

Este trabalho trata-se de um estudo bibliográfico de como executar uma laje protendida com cordoalhas não aderentes, que é uma técnica inovadora que vem crescendo cada dia mais e ganhando o mercado nacional. Pontuando ainda as suas características. Por ser uma técnica inovadora ainda é pouco utilizada, nesse trabalho mostraremos como a técnica tem aprimoramentos que facilitam a sua execução, tornando assim a mão de obra necessária menos especializada, se comparado à execução da laje protendida com cordoalha aderente. Apresentaremos ainda algumas das fases de execução de ambas as tecnologias a fim de elucidar a execução exímia dos dois métodos. Mostraremos ainda sob quais critérios se fazem mais apropriado o uso da cordoalha aderente e não aderente, podendo assim obter um ganho não só técnico-estrutural como financeiro.

Palavras-chave: Laje protendida; protensão; construção civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: bainhas de proteção	18
Figura 2: Posionamento da ancoragem passiva	18
Figura 3: posicionamento da ancoragem passiva	19
Figura 4: equipamento de protensão	19
Figura 5: placa de ancoragem.....	20
Figura 6: macaco hidráulico de protensão	21
Figura 7: fixação do macaco na placa de ancoragem.....	21
Figura 8: Configuração das fissuras ao ser atingida a carga limite	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características básicas dos sistemas de protensão	23
--	-----------

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 GERAIS.....	14
3.2 ESPECÍFICOS	14
4 CONCRETO PROTENTIDO	15
4.1 HISTÓRIA	15
4.2 UTILIZAÇÃO NO BRASIL	16
4.3 SISTEMAS DE PROTENSÃO.....	17
4.3.1 Protensão pré tracionados	17
4.3.2 Protensão aderente pós tração	17
4.3.2.1 Bainhas	18
4.3.2.2 Ancoragens passivas laje lisa aderente	18
4.3.2.3 Ancoragens ativas laje lisa aderente	19
4.3.2.4 Conjunto hidráulico de protensão aderente	19
4.3.2.5 Protensão pós tração sem aderência	20
4.3.2.6 Placa de ancoragem	20
4.3.2.7 Conjunto hidráulico de protensão não aderente	20
4.3.3 Vantagens da protensão não-aderente	22
4.3.4 Vantagens da protensão aderente	22
5 EXECUÇÃO	24
5.1 ESCORAMENTO E FORMAS.....	24
5.1.1 Escoramento	24
5.1.2 Formas	25
5.1.3 Formas de borda	26
5.2 CORDOALHAS E SEUS COMPONENTES	27
5.3 RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DAS CORDOALHAS NO CANTEIRO DE OBRA.....	27
5.4 PRÉ-BLOCAGEM	28
5.5 MONTAGEM	28
5.6 POSICIONAMENTO DAS ANCORAGENS E ARMADURAS PASSIVA	29
5.7 POSICIONAMENTO DOS CABOS NA ESTRUTURA.....	30

5.8 PLANO DE CONCRETAGEM DAS LAJES.....	30
5.9 PROTENSÃO.....	31
5.10 CORTE DAS CORDOALHAS	32
5.11 DESFORMA.....	32
6 PERDAS DE PROTENSÃO.....	33
6.1 PERDAS INICIAIS DA FORÇA DE PROTENSÃO.....	33
6.2 PERDAS IMEDIATAS DA FORÇA DE PROTENSÃO NA PÓS-TRAÇÃO .	34
6.3 ENCURTAMENTO IMEDIATO DO CONCRETO.....	34
6.4 PERDAS POR ATRITO.....	35
7 METODOLOGIA	36
7.1 PLANEJAMENTO DE PESQUISA	36
8 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Lajes lisas protendidas são lajes com armação ativas: cordoalhas CP190 ou CP210 e armação passivas: CA-50 ou CA-60, junto ao concreto, que depois de atingir a resistência mínima de compressão é aplicado tração nas armaduras ativas com macacos hidráulicos. A protensão é utilizada para controlar a deformação e a fissuração nas lajes, podendo ter vãos maiores e eliminando quase por completo ou por completo a utilização de vigas.

A protensão aderente é muito parecida com a não aderente, porém é mais utilizada para grandes obras, pontes, viadutos, ou seja obras onde sua utilização se faz necessário, pois se trata de um método mais complexo, que necessita de um macaco hidráulico mais pesado podendo chegar a 300 kg, são utilizadas bainhas metálicas ou PVC, portanto necessitam injeção de nata de cimento após a protensão dos cabos.

A protensão não aderente por sua vez se tornou ainda mais prática, pois a cordoalha engraxada para protensão não aderente possui uma camada de graxa e é revestida com uma bainha plástica de PEAD (polietileno de alta densidade). Essas características, além de inibirem a corrosão, são fundamentais para diminuir o atrito entre a armadura ativa e a bainha plástica, permitindo o deslizamento da cordoalha no interior da bainha, o macaco hidráulico é facilmente manuseado por ser mais leve e algumas empresas já entregam as cordoalhas com as marcações de sentidos e direções facilitando a execução.

Essas vantagens comparativas advém das características do sistema não-aderente: dispensa o uso de bainha metálica e a posterior injeção de nata de cimento. A operação de protensão fica simplificada e mais eficiente, tendo em vista que os macacos hidráulicos e o sistema de ancoragem foram especialmente projetados para níveis leves de protensão. (<http://impactoprotensão.com.br/servicos/protensão/protensão-nao-aderente/>)

A protensão não-aderente é uma tecnologia estrutural muito utilizada nos EUA desde a década de 60, e vem cada dia mais sendo utilizada no Brasil.

As grandes vantagens da laje lisa protendida é a praticidade, rapidez de execução, economia de mão de obra, economia de madeiramento, economia de concreto, economia de aço, além de aliviar carga para a fundação. A protensão não aderente requer menos mão de obra qualificada que a protensão aderente.

2 JUSTIFICATIVA

A construção civil há muito tempo fica restrita a métodos convencionais, que em sua grande maioria não são aplicados por falta de conhecimento das vantagens e por falta de qualificação para a execução, o que reflete diretamente em projetos similares impedindo uma nova desenvoltura estrutural e arquitetônica nas construções.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAIS

Elaborar um estudo bibliográfico para entender e esclarecer a execução de lajes lisas pretendidas.

3.2 ESPECÍFICOS

Busca-se pesquisar e apresentar a praticidade que se tem com a utilização de uma tecnologia que está mais acessível e mais pratica para ser utilizada com a inovação das cordoalhas não aderentes.

Será elaborado um estudo bibliográfico com a finalidade de servir como um guia prático, com apresentação de técnicas de execução e documentos previamente divulgados por terceiros e de acordo com as normas vigentes.

Criaremos quadros informativos sobre as principais características das cordoalhas não aderentes para uma execução com perfeição;

Apresentaremos as principais características técnicas e a possibilidade de execução desta tecnologia com a mão de obra local;

Contudo será possível desmistificar o uso da tecnologia e perceber sob quais condições pode ser melhor apresentado cada vertente dessa tecnologia.

4 CONCRETO PROTENDIDO

O Concreto Protendido é um concreto armado acrescido de armadura ativa que é alongada por equipamentos específicos, afim de possibilitar o escoamento prévio da armação ativa e fazendo com que, em condições de serviço, possa limitar ou eliminar a fissuração e o deslocamento da estrutura. Sendo possível utilizar o maior potencial dos aços de alta resistência no ELU (estado limite último), que tem sua força de protensão definida considerando a força inicial e as perdas de protensão (NBR 6118:2014). A seguir demonstraremos a evolução desta tecnologia que nos possibilita vencer grandes vãos facilmente.

4.1 HISTÓRIA

O engenheiro Jackson da Califórnia-EUA, em 1886, foi o pioneiro na utilização da protensão patenteando um sistema que utilizava tirantes para construção de vigas e arcos de blocos individuais. Em 1888, na Alemanha, Doehring obteve a patente para lajes protendidas com fios metálicos. Os estudos pioneiros, no entanto, não tiveram êxito, já que a protensão se perdia devido aos conceitos desconhecidos relativamente à retração e fluência do concreto, além da baixa resistência dos aços empregados na época. De 1926 a 1928, o engenheiro Eugene Freyssinet estudou os fenômenos de retração e fluência do concreto e utilizou aço de alta resistência para construir peças protendidas na França. Pode-se dizer que o marco fundamental para o desenvolvimento do concreto protendido foi com base nos estudos de Freyssinet. A aplicação da protensão, a priori, estava voltada principalmente para construção de pontes e estruturas especiais, com pouca atenção para sua utilização em edificações. Somente na década de 50 é que surgem, nos Estados Unidos, as primeiras lajes maciças protendidas, que eram moldadas no terreno e posteriormente içadas e ancoradas em suas posições finais (AALAMI, 2007).

Segundo Almeida Filho (2002), em 1956 são construídas escolas nos Estados Unidos, nas quais, pela primeira vez, era usada a protensão não aderente em lajes. Houve um grande desenvolvimento das lajes protendidas na década de 60, graças ao desenvolvimento e difusão do Método do Balanceamento de Cargas (LoadBalancing Method) por Tung-Yen Lin, nos Estados Unidos. Em 1963, o

concreto protendido foi incorporado à norma de edifícios nos Estados Unidos (ACI 318) e, desde então, surgem ainda mais pesquisas sobre o assunto. Com a utilização do concreto protendido em outros países, outras normas também passaram a incluir o sistema (AALAMI, 2007).

4.2 UTILIZAÇÃO NO BRASIL

Em 1949, tivemos a primeira estrutura de Concreto Protendido no Brasil, que por anos foi recorde mundial de vão vencido usando essa tecnologia construtiva. A ponte, que continua sendo o principal acesso ao Aeroporto do Galeão, foi construída no sistema não aderente, usual ainda por muitos anos no Brasil e no mundo.

O sistema não aderente da época consistia em pincelar os fios de betume, contorna-los com camadas de fitas de Kraft, de forma helicoidal, este processo formava uma espécie de tubo que protegia do concreto e promovia a possibilidade de movimentação dos fios internamente.

Após isso, no Brasil, iniciou o uso de bainhas metálicas, feitos de chapa fina de aço que acomodavam diversos fios de aço de protensão em seu interior e que possibilitavam a injeção de uma calda de cimento, areia e água, que exercia a função protetora contra a corrosão do aço, eliminando a necessidade do uso de betume. Anos depois, com o avanço das técnicas de produção da calda e da operação de injeção em si, os projetistas estruturais passaram a considerar essa nata não só protetora contra a corrosão, mas também como funcional à aderência do aço de protensão à massa de concreto que envolvia a bainha.

O último marco da tecnologia surgiu a cerca de quatro décadas, e consiste no uso de cordoalha individual engraxada, com uma capa de PEAD (Polietileno de Alta densidade), extrudada ao longo dos fios, promovendo uma perfeita anti penetração que elimina a entrada de da química que antes agiam na corrosão do aço.

Cauduru (2002) explica que, no Brasil, o sistema de lajes planas protendidas em edifícios residenciais ganham destaque desde a introdução das cordoalhas engraxadas e plastificadas no mercado nacional em 1997. Antes disso, o autor esclarece que o sistema aderente, utilizado para as lajes planas protendidas, não acompanhava bem a dinâmica de construção de edifícios em virtude da tecnologia razoavelmente complexa e de o custo não ser competitivo com o das lajes vigadas

de concreto armado. Desse modo, o sistema ficava restrito aos grandes edifícios comerciais, cujos vão de maior amplitude necessitavam de protensão.

4.3 SISTEMAS DE PROTENSÃO

Os sistemas de protensão são: pré tracionados e pós tracionados: aderente ou não aderente). Portanto a distinção entre o sistema de protensão é definida pelo momento em que é tracionado os cabos ou cordoalhas e a fase de endurecimento do concreto.

4.3.1 Protensão pré tracionados

A protensão com pré tração utilizada na fabricação de pré-moldados. Nas pistas de protensão, a armadura ativa é posicionada, ancorada em blocos nas cabeceiras e tracionada.

Se necessário é inserida a armadura passiva, então é lançado o concreto. Após a cura do concreto, as formas são retiradas, os equipamentos que tracionavam as cordoalhas são liberados e os fios são cortados, caminhando a força de protensão para o concreto usando a aderência, que já deve estar completamente aderido.

4.3.2 Protensão aderente pós tração

A protensão com aderência posterior é ativada em peças de concreto já endurecido, os cabos são tracionados com macacos hidráulicos específicos, apoiados na peça de concreto já endurecida. Quando a força de protensão atinge o valor previsto em projeto, os cabos são travados e encunhados nas placas de ancoragem. Então uma calda de cimento é injetada no interior das bainhas para proteger cordoalhas contra corrosão e efetivar a aderência.

Existem diversos tipos de protensão com aderência posterior patenteados, o que basicamente os difere são as formas de ancoragem, o processo executivo e os macacos hidráulicos utilizado para tração da armação da armadura ativa. A seguir exemplos de componentes do fabricante LMK Post Tensioning System.

4.3.2.1 *Bainhas*

Poder ser metálicas ou de polipropileno, conforme ilustrada na Figura 1.

Fonte: Catálogo Técnico (LMK Post Tensioning System)



Figura 1: bainhas de proteção

4.3.2.2 *Ancoragens passivas laje lisa aderente*

Ancoragem passiva é posicionada dentro do concreto, conforme demonstra a Figura 2.

Fonte: Catálogo Técnico (LMK Post Tensioning System)



Figura 2: Posicionamento da ancoragem passiva

4.3.2.3 Ancoragens ativas laje lisa aderente

Ancoragem ativa é posicionada na face do concreto em as cordoalhas serão tracionadas;

Fonte: Catálogo Técnico (LMK Post Tensioning System)

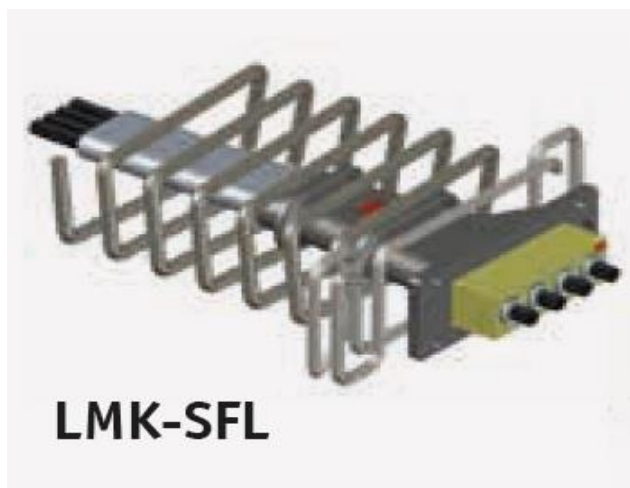


Figura 3: posicionamento da ancoragem passiva

4.3.2.4 Conjunto hidráulico de protensão aderente

Equipamento para o tensionamento: Bomba de alta pressão, mangueiras, manômetro e atuador hidráulico (macaco). Equipamento pesado, conforme Figura 4.

Fonte: Catálogo Técnico (LMK Post Tensioning System)



Figura 4: equipamento de protensão

4.3.2.5 Protensão pós tração sem aderência

A protensão é executada sobre a peça de concreto endurecido, utilizando cordoalha engraxada, não há aderência somente entre a armação ativa e o concreto. Toda força de proteção é aplicada somente nas placas de ancoragens.

4.3.2.6 Placa de ancoragem

A placa de ancoragem utilizada na pós tração não aderente é a mesma para a ancoragem passiva e ancoragem ativa, conforme demonstra a Figura 5.

Fonte: site (www.precision-hayes.com)

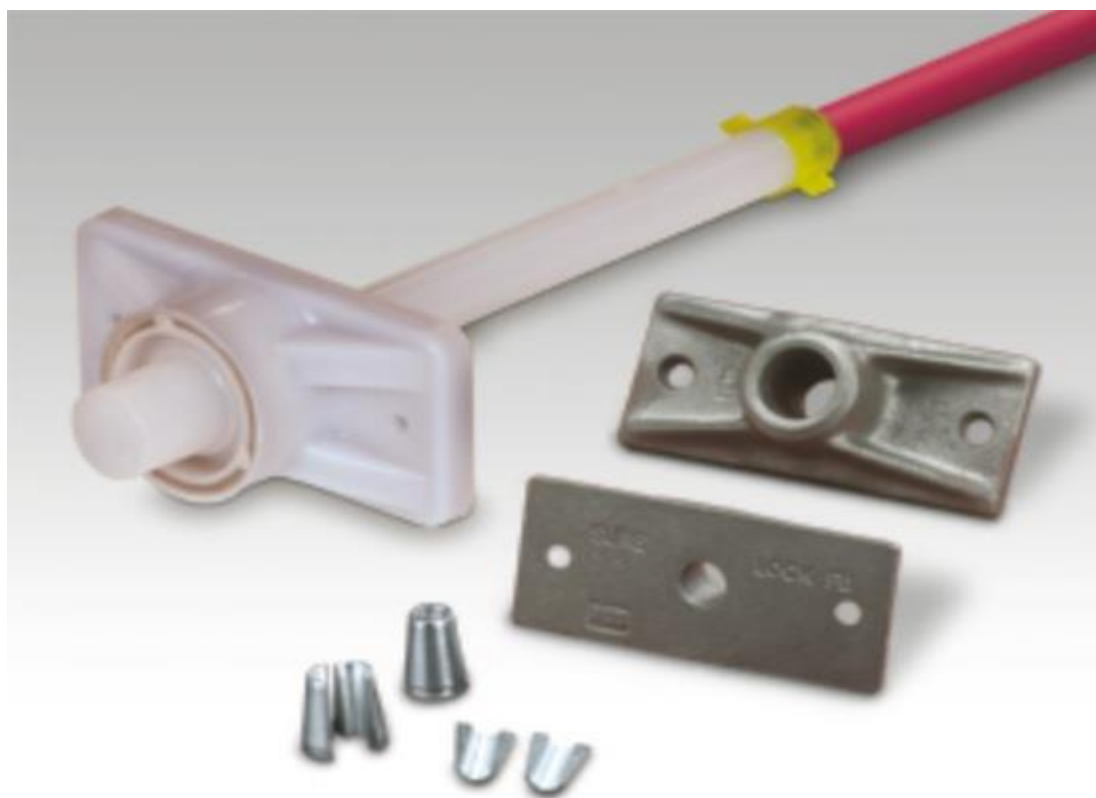


Figura 5: placa de ancoragem

4.3.2.7 Conjunto hidráulico de protensão não aderente

Consiste de acionador hidráulico (macaco), bomba hidráulica de alta pressão, mangueiras e manômetro. Equipamento leve, conforme Figura 6.

Fonte: site (www.precision-hayes.com)



Figura 6: macaco hidráulico de protensão

Sequencia operacional do macaco hidráulico:

Fonte: site (www.precision-hayes.com)

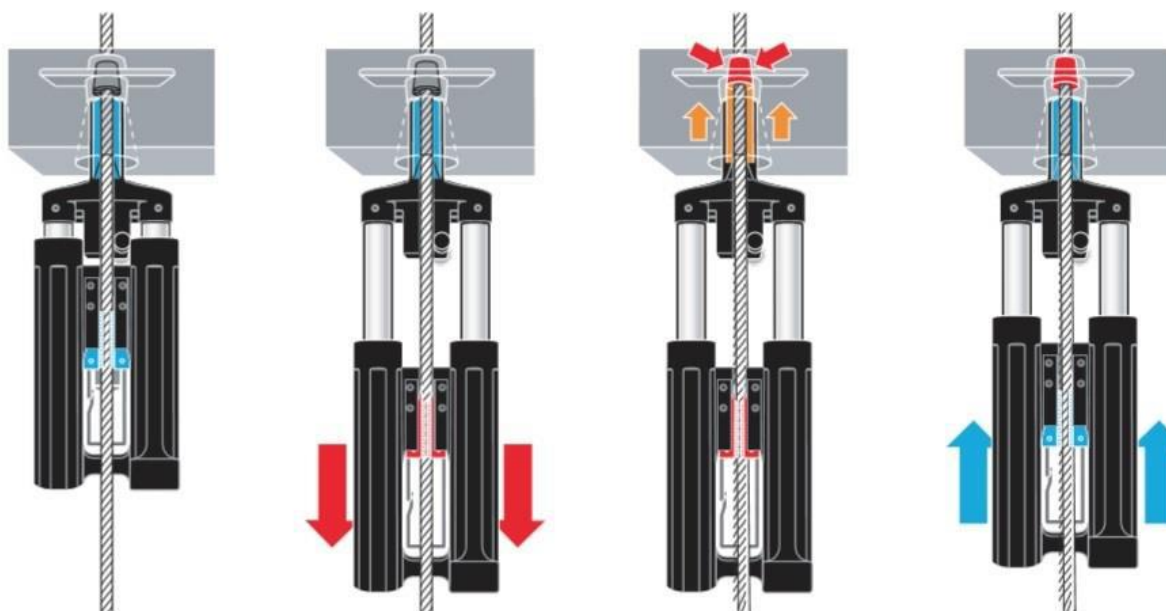


Figura 7: fixação do macaco na placa de ancoragem

4.3.3 Vantagens da protensão não-aderente

Verrísimo (2008) aborda da seguinte forma, que a escolha entre a protensão com ou sem aderência se baseia nas vantagens e desvantagens que um sistema apresenta em relação ao outro. As vantagens da protensão não-aderente são as seguintes:

1. perdas por atrito muito baixas;
2. não necessita de injeção;
3. libera o isolamento da armação contra corrosão externa;
4. libera posicionar os cabos com excentricidades maiores;
5. libera o encaixe dos cabos de forma rápida e simples.

4.3.4 Vantagens da protensão aderente

Os cabos aderentes, além de introduzir a protensão no concreto pode ainda funcionar como armadura convencional graças a alta aderência entre eles e o concreto. Isso faz com que se torne um método eficiente no controle de fissuração.

As vantagens da protensão aderente são as seguintes:

aumento de capacidade das seções no estado limite último, o fato de que é difícil haver falhar em um cabo de protensão sob essa prática, exceto em casos extremos como (incêndio, explosão, terremoto).

melhoria do comportamento da peça entre os estágios de fissuração e de ruptura.

Fonte: Artigo (Leonhardt,1979)

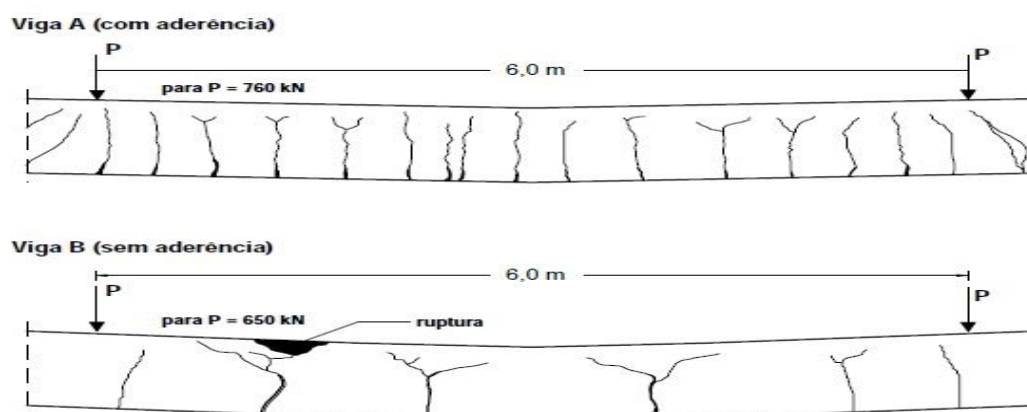


Figura 8: Configuração das fissuras ao ser atingida a carga limite

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre as características básicas dos sistemas de protensão com aderência e sem aderência preparada pela Belgo Mineira.

Fonte: Revista Techne – Junho 1999

SISTEMA ADERENTE	SISTEMA NÃO ADERENTE
Usa bainha metálica para até quatro cordoalhas por bainha, em trechos de 6 m com luvas de emenda e vedação.	Sem bainha metálica. As cordoalhas vêm de fabrica com graxa e bainha plástica contínua.
O manuseio (enrolar e desenrolar) é feito com quatro cordoalhas ao mesmo tempo (aproximadamente 3,2 kg/m).	O manuseio é feito com uma cordoalha por vez (cerca de 0,89 kg/m).
Concretagem cuidadosa para evitar danos à bainha metálica (abertura da costura helicoidal).	Concretagem sem maiores cuidados, pois a bainha plástica de PEAD é resistente aos trabalhos de obra.
Usa macaco de furo central que precisa ser enfiado pela ponta da cordoalha (aproximadamente 50 cm da face do concreto).	Usa macaco de dois cilindros que se apóia na cordoalha junto à face do concreto.
A protensão é feita em quatro níveis de pressão hidráulica, seguidas das respectivas leituras de alongamento, correção da tabela e medida da perda por acomodação da ancoragem.	A protensão é feita em uma só elevação de pressão, pois não há retificação da cordoalha (bainha justa).
Exigem lavagem das cordoalhas por dentro para a diluição de eventual pasta de cimento que poderia ter entrado e prendido as cordoalhas.	Lavagem desnecessária.
A água deve ser retirada por ar comprimido antes da injeção, para não haver diluição da pasta.	Medida desnecessária.
Usa cimento em sacos para preparo da pasta de injeção, feito com misturador elétrico. A injeção é feita por bomba elétrica.	Medida desnecessária.

Tabela 1: Características básicas dos sistemas de protensão

5 EXECUÇÃO

Para atingir um resultado satisfatório é muito importante uma boa execução, para isso criamos um passo a passo para explicar de forma simplificada o processo de execução de uma laje protendida não aderente. Este guia segue as normas de execução da NBR 14931, que em seu Anexo C (normativo) traz o método executivo para que seja possível êxito sistema de protensão não aderente.

5.1 ESCORAMENTO E FORMAS

Quando utilizamos um sistema tecnológico pratico como a laje protendida é muito importante que os métodos de execução estejam a altura, falando do escoramento e das formas eles também devem seguir o padrão inovador e eficiente, iniciaremos então o passo a passo da execução falando sobre os sistemas que costumam ser utilizados para a laje protendida não aderente

5.1.1 Escoramento

A laje protendida também gera redução, praticidade, e rapidez no escoramento da laje, principalmente pelo fato de não ter vigas e ser mais leve.

O cimbramento mais comumente utilizado é o escoramento metálico, ele é muito mais pratico e seguro do que o de madeira. Possuem dimensões padronizadas, sem variação entre as peças, e permitem o ajuste fino da altura da superfície de escoramento, evitando que haja desníveis na superfície da laje a ser concretada.

Escoras metálicas são facilmente encontradas no mercado, também existem diversas empresas que oferecem o serviço de locação das mesmas. Como mostra a Figura 9.

Fonte: site (www.impactoprotensao.com.br)



Figura 9: cimbramento metálico com longarinas metálicas

5.1.2 Formas

As formas da laje também são muito importantes para que seja executada uma concretagem de qualidade para que fique esteticamente bom, para não ter desperdício de concreto com possíveis desníveis e para que seja pratico também.

O material mais utilizado é o compensado de madeira, tem um custo relativamente baixo e gera certa facilidade quando necessita de corte.

Porém já existem formas prontas fabricadas com plástico polipropileno (PP) virgem ou reciclável que facilitam ainda mais na montagem, costumam ter a parte superior completamente lisa e inferior é nervurada, o que proporciona maior resistência à flexão, geram menos desperdício e podem ser reutilizadas por mais vezes. Estas formas também podem ser utilizadas em lajes convencionais, como na Figura 10.

Fonte: site (www.impactoprotensão.com.br)



Figura 10: formas de plástico polipropileno

5.1.3 Formas de borda

Na execução a furação da forma de borda por onde deve passar a cordoalha da ancoragem ativa é uma etapa muito importante. Para que não haja erros de cota, o espaçamento entre as ancoragens deve se basear nos desenhos detalhados em projeto.

Fonte: site (techne,2014)



Figura 11: perfuração da forma

5.2 CORDOALHAS E SEUS COMPONENTES

A cordoalha engraxada para protensão não aderente possui uma camada de graxa e é revestida com uma bainha plástica de PEAD (polietileno de alta densidade). Além de inibir a corrosão, isso se torna fundamental para diminuir o atrito entre a armadura ativa e a bainha plástica, permitindo o deslizamento da cordoalha no interior da bainha. A cordoalha é composta por sete fios aço de alto teor de carbono e suas especificações devem respeitar a norma ABNT NBR 7483.

Os acessórios costumam ser comercializados e entregues pelas empresas junto com as cordoalhas são: cunhas , caps , tubos , pocked formers e a placa de ancoragem. A manutenção da tensão ao longo da vida útil depende das ancoragens, que devem ser fabricadas com elevado padrão de qualidade.

Fonte: catálogo técnico (impacto,2013)

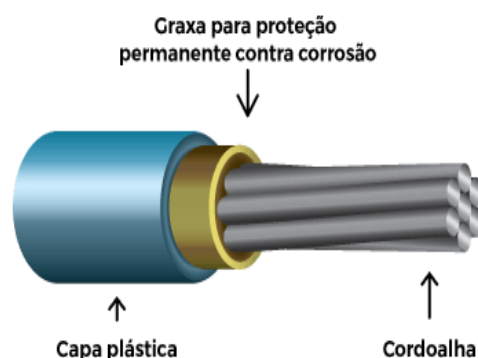


Figura 12: detalhamento de cordoalha não aderente

5.3 RECEBIMENTO E ARMAZENAMENTO DAS CORDOALHAS NO CANTEIRO DE OBRA

Ao receber as cordoalhas no canteiro de obras devemos analisar se o material entregue corresponde ao pedido para que siga as especificações do projeto estrutural.

A partir daí os cabos podem ser cortados e identificados, nesta parte também é feita a cravação da ancoragem passiva da cordoalha (algumas empresas já

entregam as cordoalhas nestas condições, demarcando inclusive o sentido do cabo de acordo com o projeto)

As cordoalhas não podem ser armazenadas sob o sol por períodos longos, devem ser estocados de preferência ainda na embalagem do fornecedor e ficar numa distância mínima de 30 cm do solo seco.

5.4 PRÉ-BLOCAGEM

Neste processo é retirado 30 cm do polietileno para facilitar a pega do macaco, limpa-se o excesso de graxa para poder passar pelo processo chamado de pré-blocagem, ou endurecimento dos cabos, este processo é um pré-tensionamento realizado em um dos lados do cabo aplicando uma força determinada em projeto.

5.5 MONTAGEM

Para realizar essa etapa nós estaremos com a armadura positiva instalada.

Posicionaremos então os caranguejos ou apoios plásticos e as galgas nas elevações demarcadas, depois poderemos colocar as cordoalhas sobre estes apoios.

Em seguida colocar a fretagem (armação indicada no projeto, situada na região da ancoragem). Nesta etapa também é preparada as ancoragens ativas com os encaixes plásticos, conforme Figura 8.

Fonte: revista (tecne,2014)



Figura 13: cordoalha sendo alocada sobre espaçador

5.6 POSICIONAMENTO DAS ANCORAGENS E ARMADURAS PASSIVA

A ancoragem é feita através do conjunto de peças que são responsáveis pelo travamento da cordoalha e distribui tensões gerada pela força estrutural, este conjunto é chamado de âncora e cunha. A cunha tem um formato cônico e é responsável por transferir a força de protensão do macaco hidráulico para a ancoragem.

As ancoragens são marcadas e fixadas na forma de borda, a partir da forma de borda com uma distancia de no mínimo 50 cm não deverá ter nenhum desvio nos cabos e nas ancoragens.

A ancoragem ativa é feita na extremidade a ser tensionada com auxílio de macaco hidráulico, posteriormente a concretagem e emissão de laudo de resistência da estrutura.

A ancoragem passiva é na qual é feito o pré-tensionamento, fica na outra extremidade e depois da concretagem não recebe mais nenhuma aplicação de tensão.

Fonte: artigo técnico (cauduro,2002)

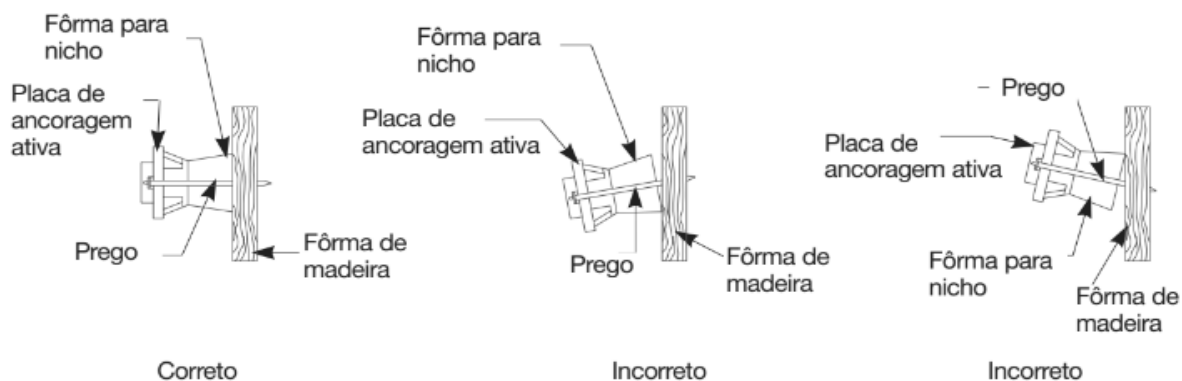


Figura 14: posicionamento da ancoragem

5.7 POSICIONAMENTO DOS CABOS NA ESTRUTURA

Os cabos são posicionados na estrutura de acordo com o projeto estrutural, apoiando-os sobre os caranguejos e as galgas, fazendo a curvatura e/ou elevações de acordo com o planejado no projeto. Amarrar as cordoalhas é muito importante para que na hora da concretagem elas não se movimentem ou até saiam do local desejado. Os cabos passam para fora da ancoragem 30 cm, para que depois da concretagem possam ser tracionados.

Fonte: catálogo técnico (impacto,2013)



Figura 15: cabos posicionados para organização

5.8 PLANO DE CONCRETAGEM DAS LAJES

A concretagem é realizada de forma tradicional, tendo atenção sempre para evitar pisotear os cabos para não influenciar as elevações. Nesta etapa também é muito importante ter um cuidado especial na vibração do concreto para evitar falhas em alguns pontos.

No dia seguinte da concretagem, as formas de borda já podem ser retiradas, isso permitirá a fácil remoção da forma plástica do nicho e a limpeza da cavidade da placa de ancoragem enquanto o concreto ainda não está endurecido.

5.9 PROTENSÃO

A protensão será realizada quando atingir a resistência mínima de compressão do concreto exigida em projeto, em geral após três dias da concretagem.

Antes de executar a protensão, os cabos que estão para fora da laje são marcados com tinta automotiva, este processo é feito para medir o alongamento dos cabos.

A protensão é feita através do macaco hidráulico que se apoia na placa de ancoragem e tenciona o cabo até atingir a tensão planejada, transferindo assim a força do aço para o concreto.

Concluída a protensão, deve-se verificar se foi atingido o alongamento previsto, já descontado o recuo natural que as cunhas têm após o retorno a zero de pressão (6 mm a 8 mm). Deve-se fazer a leitura do alongamento - medida entre a face do concreto e a marca pintada na cordoalha. À partir da anotação de alongamento, o procedimento é seguir as instruções do projetista, que deve receber todos os registros de pressões, alongamentos e respectivos desvios percentuais. Só depois de obter aprovação, pode-se cortar a cordoalha, permitindo o devido cobrimento da armação. Após o corte das cordoalhas, deve ser feito um apicoamento na superfície de concreto e a limpeza dos blocos (Cauduro,2002).

Fonte: catálogo técnico (impacto,2013)



Figura 16: macaco hidráulico executando a protensão

5.10 CORTE DAS CORDOALHAS

Após realizada a protensão e o alongamento dos cabos aprovadas pelo autor do projeto, é feita os cortes das cordoalhas, o corte pode ser feito com maçarico, A cordoalha deve ser cortada deixando-se uma pequena ponta de 13 à 20 mm fora da cunha, permitindo que haja um cobrimento de 25 mm em relação à face do concreto, o cobrimento costuma ser feito com graute.

Fonte: revista técnica (tecne,2012)



Figura 17: corte das cordoalhas

5.11 DESFORMA

A desforma pode ser feita imediatamente após a protensão. Neste caso quando utilizado a forma de plástico torna o processo ainda mais prático, podendo ate ser utilizado no andar de cima.

O mesmo ocorre com as escoras, elas podem ser retiradas após a protensão, sendo necessário fazer o reescoramento após a desforma para a concretagem da laje subsequente.

6 PERDAS DE PROTENSÃO

Perdas de protensão são as perdas que podem ser vistas nos esforços junto aos cabos de protensão, podendo ser especificadas em dois grupos, sendo:

Perdas Imediatas, aquelas que são observadas durante o processo de operação de estiramento e ancoragem dos cabos, conhecendo:

Perdas por Atrito, causada pelo atrito entre o cabo e peças adjacentes, durante a protensão.

Perdas nas Ancoragens, são causadas quando há movimentos nas cunhas de ancoragem, no instante em que o esforço no cabo é revertido do macaco para a peça de apoio.

Perdas por Encurtamento Elástico do concreto.

Perdas Retardadas, aquelas que se tornam notáveis ao longo de vários anos, conhecendo:

Perdas por Retração e Fluência do concreto, originada quando há encurtamentos retardados do concreto, resultante do funcionamento reológico deste material.

Perdas por Relaxação do aço, causadas pelo caimento de tensão nos aços de grande resistência, enquanto ancorados nos extremos, sob alta tensão.

Estando sempre de acordo com NBR 6118:2003, sendo referencias indispensáveis. Norma que fixa as exigências básicas para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido.

6.1 PERDAS INICIAIS DA FORÇA DE PROTENSÃO

As perdas iniciais são aquelas que ocorrem durante o processo de pré-tração, previamente a liberação do dispositivo de tração, resultante de:

Conflito nos pontos de desvio da armadura poligonal, sendo assim a estimativa pode variar de acordo com aparelho de desvio que for usado.

Escorregamento dos fios na ancoragem, onde a especificação deve seguir de forma experimental ou devem seguir os valores impostos por quem fábrica os dispositivos de ancoragem. O escorregamento causa perda apenas na ancoragem ativa, na ancoragem passiva a acomodação/escorregamento vai sendo anulada na operação de estiramento.

Das perdas por relaxação inicial da armadura, que acontecem no decorrer do intervalo entre a aplicação do esforço de tração na armadura e seu alívio após a cura.

A retração inicial do concreto ocorrida antes da liberação da armadura, pode ser levada em conta no cálculo das perdas progressivas, onde também levamos em consideração o período relacionado entre a concretagem do elemento estrutural e a liberação do dispositivo de tração.

6.2 PERDAS IMEDIATAS DA FORÇA DE PROTENSÃO NA PÓS-TRAÇÃO

As perdas imediatas são aquelas que ocorrem devido a razões que conhecemos como:

Atrito dos cabos nas bainhas.

Atrito entre as armaduras e as bainhas ou o concreto.

Escorregamento dos cabos na ancoragem no instante de da fixação das cunhas.

Encurtamento imediato do concreto.

Encurtamento dos cabos por protensão sucessiva.

Atrito no interior nos macacos de protensão.

6.3 ENCURTAMENTO IMEDIATO DO CONCRETO

A perda por encurtamento imediato do concreto está ligada ao período em que o aparelho de ancoragem é liberado, e a tensão de protensão começa a ser transmitida ao concreto, e assim o concreto se deforma.

Peças com armadura pré-tracionada: durante os procedimentos de pré-tracionamento, onde os fios são protendidos antes da concretagem, quando os esforços dos fios são transferidos ao concreto, há uma perda de protensão pertinente ao encurtamento elástico (imediato) do concreto.

Peças com armadura pós-tracionada: Durante os processos de pós-tracionamento, no momento em que os cabos são esticados, os macacos se respaldam no concreto, e com isso o encurtamento elástico se realiza antes de ancorar o cabo. As vigas com cabos centralizados são usualmente protendidas em uma única operação, abrangendo todos os cabos, que são ancorados no mesmo

momento. Nestes casos, não há perda de encurtamento elástico a considerar. Porém, uma viga que possui “ n ” cabos, protendidos sucessivamente, pode ocorrer uma perda média de encurtamento elástico (imediate) do concreto.

6.4 PERDAS POR ATRITO

Perdas por atrito são as perdas que sucedem exclusivamente em peças protendidas com pós – tensão, podendo ter variações ao longo do comprimento da peça. Essas perdas podem ser verificadas devido ao fato de os cabos entrarem em atrito contra as bainhas ao empregar a força de protensão e podem atingir altos valores, principalmente em cabos de grande comprimento.

Essas perdas podem ser analisadas e constatadas ao longo do cabo e nos sistemas regulares de cabos constituídos por fios ou cordoalhas, podendo também serem percebidas nas ancoragens e nos macacos hidráulicos.

Estima-se que as perdas são da ordem de 5% tanto nas ancoragens quanto por atrito no interior dos macacos hidráulicos.

7 METODOLOGIA

Pesquisa aplicada, exploratória, bibliográfica e documental.

7.1 PLANEJAMENTO DE PESQUISA

Este projeto de pesquisa seguirá, de maneira geral, os passos descritos a seguir.

Trata-se de uma ampla pesquisa a ser executada em duas partes distintas:

Na primeira parte, busca-se diagnosticar os campos de aplicação, ou seja, quais classe de obras se enquadra melhor e se obtém mais vantagens na utilização da tecnologia estudada

Na segunda parte, entraremos com um breve comparativo entre o sistema aderente e não aderente da laje lisa protendida, comparando os processos de execução para que se justifique a opção pela utilização da protensão não-aderente.

8 CONCLUSÃO

As construtoras buscam cada vez mais métodos construtivos que tragam economia e produtividade para suas obras. A laje protendida, desde a protensão aderente por já ter vantagens em comparação com a laje de concreto armado, veio como um sistema inovador que chamou muita atenção do mercado imobiliário.

Com o surgimento da protensão não aderente a laje lisa protendida passou a ser ainda mais viável, como pudemos comprovar neste estudo, pois melhorou ainda mais na praticidade em executar, criou-se um mercado de cordoalhas mais competitivo que tornou ainda mais acessível a utilização do método principalmente em obras de edifícios residenciais.

Ainda assim o que faz se destacar e ganhar mercado é uma obra impecável e bem executada, na laje lisa protendida não aderente não é diferente, quanto melhor a execução melhor o resultado e maior a economia. Por isso trouxemos um estudo que explica como se deve executar para alcançar os melhores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALAMI, B. O. Critical Milestones in Development of Post-Tensioned Buildings. Concrete International, 2007; p. 52-56.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. p. 80. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. p. 14. 2004.

CARVALHO, R. Estruturas em Concreto Protendido: pré-tração – pós-tração – cálculo e detalhamento. São Paulo: Pini, 2012.

CHOLFE, L.; BONILHA, L. Concreto protendido: Teoria e prática. São Paulo: Pini, 2015.

Conheça a história da Protensão. Sul Protensão, Florianópolis, Santa Catarina, 29 jan. 2016. Disponível em: <http://www.sulprotensao.com.br/noticias_mostra.php?noticia=3> ACESSO EM: 22 de dez. 2018.

EVEHX, empresa de engenharia especializada em protensão não-aderente <<https://evehx.com/servicos/protensao-nao-aderente/>>. ACESSO EM: 08 de nov. 2018.

IMPACTO PROTENÇÃO, empresa de engenharia especializada em protensão não-aderente <<http://impactoprotensao.com.br/servicos/protensao/protensao-nao-aderente/>> ACESSO EM: 10 de nov. 2018.

NAKAMURA, Juliana. Escolha técnica de protensão depende das solicitações sobre a estrutura e das características da obra, Ed. 203. p.2, fevereiro 2014.

REVISTA ONLINE, CATÁLOGO TÉCNICO <<https://www.linkedin.com/pulse/processo-de-ancoragem-e-pr%C3%A9-blocagem-sistema-p%C3%B3s-tens%C3%A3o-engenharia-?articleId=6072018086960078848>> ACESSO EM: 10 de nov. 2018.

REVISTA TECHNE, CATÁLOGO TÉCNICO <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/185/artigo286936-3.aspx>> ACESSO EM: 10 de nov. 2018.

VERRÍSSIMO, Gustavo de. Fundamentos Básicos: 4ª. Ed. 1998. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/CP-vol1.pdf>> Acesso em: 17 de jan. de 2018.