

## ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO: ESTUDO DE CASO NO CONTEXTO DA DISCIPLINA DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO I

Alfredo Henrique Giovanaz<sup>1</sup>, Carolina Becker Porto Fransozi<sup>2</sup>

**Resumo:** O trabalho apresentado neste artigo tem como objetivo destacar as principais vantagens e desvantagens do uso do concreto protendido na construção civil. Foi desenvolvido no contexto da disciplina de Estágio Supervisionado I, do curso de Engenharia Civil da UNIVATES. Em termos metodológicos, este trabalho envolve estudos teóricos sobre concreto protendido e a percepção de empresas do ramo da construção civil no Vale do Taquari, entrevistadas por meio de questionário on-line. Dentre as principais vantagens, é possível destacar o ganho expressivo de resistência, e a diminuição de fissuras. Pode-se notar que as vantagens assinaladas pelos entrevistados convergem para os aspectos apontados na literatura consultada sobre o uso de concreto protendido. Quanto às desvantagens, não foram citadas pelos entrevistados.

**Palavras-chave:** Concreto protendido. Aço. Lajes. Vigas.

### INTRODUÇÃO

O concreto convencional usado na construção civil é composto basicamente por três componentes: aglomerantes (normalmente cimento Portland), agregados (grãos e miúdos) e água. Em alguns casos, onde é necessária alguma característica especial, são usados aditivos industrializados para compor a mistura, os quais reagem com os ingredientes básicos e modificam algumas propriedades, melhorando o concreto para sua utilização, afirmam Allen e Iano (2013).

Araújo (2010) afirma que as principais características desse material são a sua alta resistência à compressão, e baixa resistência à tração, sendo um material frágil, suscetível a fissuras. Já o concreto armado é a união do concreto convencional com uma armadura, normalmente composta por barras de aço,

---

1 Graduando do curso de Engenharia Civil da UNIVATES.

2 Docente do curso de Engenharia Civil da UNIVATES.

que possuem alta resistência à tração, fazendo com que a mistura final suporte tanto os esforços de compressão, por parte do concreto, quanto tração, pelo aço.

Conforme Carvalho (2012), o aço do concreto armado é chamado de passivo, pois começa a trabalhar somente quando ocorre a retirada das escoras e, conseqüentemente, a deformação do concreto da estrutura. Já no concreto protendido, as barras de aço são previamente tracionadas, através de macacos hidráulicos de protensão externos à estrutura. Sendo assim, o aço está sempre ativo, mesmo se as escoras não forem retiradas e o concreto não estiver trabalhando.

As estruturas de concreto armado e concreto protendido, conforme a NBR 6118:2004, são consideradas do mesmo tipo. Ambas são compostas por elementos base, cimento, água e agregados. A diferença é o procedimento de construção e o tipo de aço utilizado em cada caso, um com armadura passiva (concreto armado) e outro com armadura ativa (protendido).

Este trabalho foi desenvolvido como parte da exigência para aprovação na disciplina de Estágio Supervisionado I, do curso de Engenharia Civil da Univates. A pesquisa proporciona aos alunos uma aproximação maior e mais detalhada com temas relacionados ao curso e à (futura) atuação profissional. O presente tema, concreto protendido, foi escolhido devido ao fato de que é pouco estudado e comentado no decorrer do curso, ao mesmo tempo em que é um material inovador na área da construção civil. Sendo assim, o desenvolvimento deste trabalho oferece ao autor um conhecimento sobre algo diferenciado no seu currículo.

O objetivo deste trabalho é apresentar ao leitor as características desse tipo especial de concreto, o protendido, com suas características, suas classificações e principais aplicações na construção civil. Além disso, procurou-se saber a opinião de profissionais sobre o uso do material em estudo. A metodologia desse estudo envolveu desde consultas bibliográficas a livros e artigos, bem como a aplicação de um questionário *on-line* direcionado a profissionais que trabalham com esse tipo de material.

## **CONCRETO PROTENDIDO: PRINCIPAIS APLICAÇÕES**

O uso de estruturas pré-moldadas protendidas faz com que a obra tenha características diferentes de uma obra com concreto armado convencional. Tecnologias inovadoras e o controle de qualidade da produção fazem com que esse método construtivo se diferencie dos demais, principalmente pelo ganho de resistência, durabilidade e diminuição das fissuras (Carvalho, 2012). Além disso, comparando à execução com concreto armado simples, é possível obter uma obra mais limpa e organizada, e com menor produção de resíduos e desperdício de materiais.

Segundo a NBR 6118/2004, inicialmente o concreto protendido pode ser classificado em 3 diferentes tipos, conforme sua aderência entre a armadura

de protensão (ativa) e o concreto. O primeiro tipo é o concreto com aderência inicial (pré-tração), o qual é normalmente utilizado para peças pré-moldadas. É feito o pré-alongamento da armadura ativa utilizando apoios independentes da estrutura principal, e removidos depois da concretagem. A aderência entre a armadura e o concreto inicia no momento em que o concreto é lançado. O segundo tipo é o concreto com aderência posterior (pós-tração). Nesse caso, o pré-tensionamento da armadura ativa é feito após o endurecimento do concreto. São utilizados como apoios partes da própria estrutura, criando assim posterior aderência com o concreto.

Por último, há o concreto protendido sem aderência. Neste tipo de concreto, a armadura trabalhará apenas em pontos localizados da estrutura. É feito o pré-tensionamento após o endurecimento da peça, e usado como apoios os próprios elementos dela. Conforme NAKAMURA (2007, texto digital), essa técnica de protensão não aderente é muito utilizada em edificações residenciais, comerciais e em fundações tipo *radier*<sup>3</sup>. Tem como objetivo executar peças mais leves e esbeltas, e conseqüentemente, vãos maiores. São usadas cordoalhas engraxadas e plastificadas, para evitar corrosão.

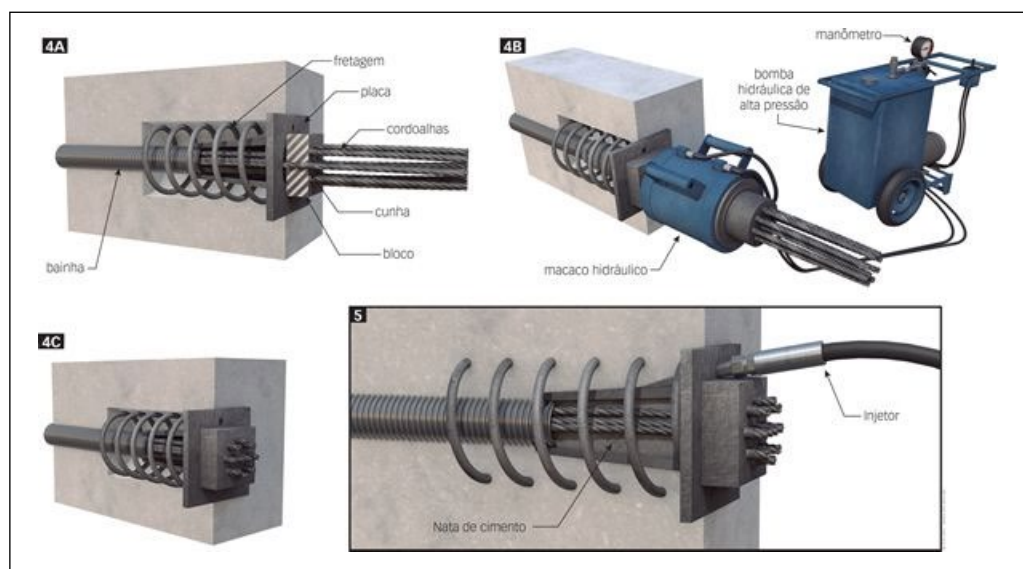
De acordo com a NBR 6118:2004, ainda pode haver uma segunda classificação, conforme a intensidade da protensão, que está relacionada com a durabilidade das peças, e a maneira de evitar corrosão na mesma. Os tipos são escolhidos conforme o tipo da construção, e a agressividade do meio ambiente. Em ambientes com agressividade fraca ou moderada, com aderência posterior, recomenda-se o uso de protensão parcial. Em locais onde a agressividade é forte, recomenda-se a protensão limitada. Para ambiente com fraca agressividade e aderência inicial, é indicado o uso protensão parcial.

A Figura 1 apresenta um exemplo de uma viga protendida em sua execução, com os seus componentes, e o macaco hidráulico, que é o responsável pelo pré-tensionamento do aço. O aço (cordoalhas) utilizado em peças protendidas possui uma maior resistência do que o aço do concreto armado simples, o que proporciona maior controle de fissuração do concreto.

---

3 Radier: tipo de fundação rasa que se assemelha a uma placa ou laje de concreto armado, que abrange toda a área da construção, recebendo as cargas dos pilares e paredes.

Figura1 - Exemplo do procedimento de protensão em vigas



Fonte: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/51/veja-como-funciona-a-protensao-de-vigas-pre-moldadas-na-construcao-364735-1.aspx>

Carvalho (2012) afirma que as construções que utilizam a tecnologia da protensão, em sua maioria, são mais econômicas. Um dos pontos avaliados é a manutenção mais barata nas estruturas protendidas, já que a fissuração é impedida na região de tração desse tipo de material. Outras vantagens destacadas por esse autor são:

1. Vigas menores, mais esbeltas e mais leves, podendo assim vencer vãos maiores e adaptar se melhor a determinados projetos arquitetônicos;
2. Como o concreto protendido tem menos fissuração, menor é a chance de o aço ter corrosão, logo, a estrutura pode comportar maior carga;
3. Na protensão, usa-se aproximadamente um terço do aço que seria utilizado no concreto armado, porém ele deve ser de alta resistência;
4. Montagem mais rápida e obra mais organizada e limpa;
5. Resiste bem ao fogo;

No entanto, também existem alguns pontos negativos ao se executar essa técnica de construção, tais como:

1. Necessita mão de obra especializada e maquinário compatível para construção das peças, o que muitas vezes encarece a obra, pelo seu alto preço;

2. Requer um controle muito rígido na construção, pois a peça tem que ser perfeita, como planejado, pois caso contrário, pode não possuir a mesma resistência projetada;
3. Se for comparado às estruturas de metal e madeira, possui peso final mais elevado;
4. Dificuldade em alguns casos para realização de reformas.

Veríssimo e Jr (1998) ainda dizem que em alguns edifícios altos, com lajes ou vigas protendidas, a maior esbeltez da estrutura horizontal pode afetar a estabilidade global da edificação. Nesses casos, devem ser feitos estudos para reduzir esses impactos e aumentar a rigidez vertical.

Para Hanai (2015), na execução desse tipo de peça, é importante ter um rigoroso controle de qualidade dos materiais e dos componentes executados. Os cuidados rigorosos devem iniciar nos cálculos do projeto do engenheiro responsável, passando por todas as etapas de execução.

Na construção civil das cidades, a estrutura com protensão mais comum de se utilizar em casas, prédios e pavilhões, é a laje protendida, seja ela do tipo que for. O uso de vigas protendidas não é viável na construção desses elementos, pois em muitos casos, a laje protendida já fornece à estrutura a resistência necessária para vencer o vão, sendo assim a viga com concreto armado, seja ela feita com fôrmas ou pré-moldada, já satisfaz a resistência de projeto. O uso de vigas protendidas está mais ligado à construção de obras de infra-estrutura, tais como pontes, viadutos, barragens, e obras de grande porte, que exigem maior resistência.

Merlin (2002) afirma em sua tese que outra técnica construtiva que esta ganhando o mercado são as vigotas protendidas em T, para construção de lajes, pois são de fácil manuseio e montagem, o que leva a um aumento de produtividade da obra e a redução de resíduos. No entanto, há poucos fabricantes e também poucos estudos acadêmicos sobre seu comportamento, o que muitas vezes acaba comprometendo o seu uso pela falta de conhecimento.

Trazendo outro ponto de vista, Carvalho (2012) afirma que a protensão pode ser utilizada nas fundações, como estacas pré-moldadas protendidas, em *radiers*, em vigas baldrame, no reforço de blocos de fundação com tamanho elevado, e em pavimentos sobre o solo. O mesmo autor ainda afirma que, na construção de edificações, todos os componentes podem ser protendidos, exceto pilares. No entanto, uma edificação pode conter vigas, lajes, coberturas e alguns painéis de fechamento protendido, mas, como mencionado anteriormente, alguns são inviáveis para esse tipo de estrutura.

A tecnologia da protensão pode ser utilizada em lajes, vigas, coberturas, painéis de fechamento, pontes em balanço, pontes estaiadas e em alguns outros tipos de estruturas, como silos, reservatórios, contenção de taludes, monumentos e passarelas. A Figura 2 apresenta uma aplicação prática de estruturas de concreto protendido. Em Manaus, capital do estado de Amazonas,

foi construída em 2011 uma ponte sobre o Rio Negro, um dos afluentes do Rio Amazonas, com 3595 metros de extensão. No seu vão central, ela foi construída com estaiamento e com utilização de peças de concreto protendido, visando um vão maior entre os pilares, com a finalidade de aumentar o espaço no leito do rio para passagem de navegações (Camargo Correa, 2010).

Figura 2: Ponte sobre o Rio Negro, em Manaus/AM



Fonte: <http://www.fapeam.am.gov.br/professor-lanca-livro-sobre-ponte-rio-negro/>

## **PERCEPÇÕES DE PROFISSIONAIS DE ENGENHARIA SOBRE O CONCRETO PROTENDIDO**

Como proposto no início deste trabalho, a parte empírica deste estudo consistiu na realização de entrevistas com profissionais da área da construção civil. Foram contatadas, entre agosto e outubro de 2017, oito empresas do ramo de Engenharia, por e-mail, para responder a um questionário elaborado pelo autor, com quatro questões específicas sobre concreto protendido. Dos oito contatados, apenas três responderam ao questionário.

Na primeira empresa, denominada Empresa A, situada no município de Lajeado/RS, o engenheiro civil responsável tem contato com o tema através de uma pós-graduação que está fazendo, e por meio de construções pré-moldadas que utilizam lajes alveolares protendidas, com as quais trabalha há

aproximadamente dois anos. O contato com o responsável técnico da empresa foi feito pessoalmente num primeiro momento e posteriormente via e-mail.

A segunda empresa, Empresa B, é uma fábrica de pré-moldados localizada no município de Estrela/RS, que trabalha a aproximadamente 10 anos no ramo. Ela executa obras para o estado e, como não possui equipamentos para fabricação de peças protendidas, compra principalmente lajes de outras empresas maiores que têm esse tipo de produção. O contato foi feito entre o autor e o arquiteto responsável via e-mail.

A terceira, Empresa C, é uma fábrica direcionada à execução de lajes e outras peças protendidas, que se localiza na cidade de Espumoso/RS. Sua principal operação é a execução de obras pelo estado, e o fornecimento de peças protendidas, principalmente lajes, para outras empresas de pré-moldados. O contato com a empresa, que atua há 30 anos no mercado, também foi feito via e-mail.

### **Análise das questões**

Nesta seção, são apresentadas e analisadas as percepções de cada empresa, através de seu responsável técnico, em relação a cada uma das questões propostas.

**Questão 1:** Em sua opinião, qual o principal diferencial do uso do concreto protendido, em relação ao concreto armado?

***Empresa A:** O Principal diferencial entre o concreto protendido para o concreto armado é no ganho de resistência da estrutura, além da disposição das armaduras no interior da peça. No concreto armado não há pré-alongamento da armadura, já no protendido sim. O que resulta num aumento de capacidade de carga e maior resistência.*

***Empresa B:** A execução em obra e o projeto têm que estar muito bem alinhados e sincronizados, para a boa industrialização da peça. O principal diferencial é o ganho de resistência pelo fato do pré-tensionamento da armadura.*

***Empresa C:** O principal diferencial é a otimização das estruturas, redução de custos e possibilidades maiores de boas soluções em estruturas.*

Analisando as respostas, percebe-se que as empresas A e B, que não são fabricantes de peças protendidas, responderam de forma mais teórica, afirmando que o principal diferencial é o aumento da resistência das peças. Nessa direção, Agostini (1976) já afirmava que o concreto armado e o protendido possuem a mesma teoria, o que as diferencia é o processo mais trabalhoso do protendido, que pode ser observado no pré-tensionamento da

armadura. Já a empresa C, que projeta e produz peças desse tipo, possui outra visão, e foi a única a fazer comentário, confirmando a idéia de Carvalho (2012), sobre a otimização das peças, e ressaltando que a protensão visa solucionar os problemas nas estruturas.

**Questão 2:** Tanto tecnicamente quanto financeiramente, em que situação é mais vantajoso o uso dessa técnica?

***Empresa A:** Financeiramente é melhor utilizar em estruturas de grandes portes (como hospitais, shoppings centers, edifícios garagens, pontes, viadutos, etc.) e com necessidade de grandes vãos entre pilares, exigindo maior capacidade de carga e resistência da estrutura.*

***Empresa B:** O uso de estruturas protendidas tem como diferencial vencer grandes vãos. Em obras de pequeno porte, e até em alguns grandes prédios, o uso do concreto armado convencional ou de estruturas pré-moldadas, que é mais barato que o protendido, consegue suprir as demandas de vãos e cargas. Logo, o principal foco das estruturas protendidas são as grandes obras.*

***Empresa C:** É vantajoso quando a redução de custos se torna vantajosa e em alguns casos quando a utilização de concreto armado não consegue suprir as necessidades.*

As empresas B e C, que possuem maior experiência no ramo, afirmam que o concreto protendido se torna necessário, principalmente, quando o concreto armado não consegue suprir a demanda de cargas e necessidades da obra. No entanto, as três respostas são similares quanto à necessidade desse tipo de concreto para vencer grandes vãos, e convergem à idéia de Veríssimo e Jr (1998), onde afirmam que economicamente, o concreto protendido possui algumas características que podem ser expressivas em uma análise global de custos, quando analisado o aumento de resistência da peça protendida com a relação de preço do concreto armado. Sendo assim, todo caso requer um estudo de viabilidade econômica, analisando a disponibilidade de materiais, preço, e necessidade arquitetônica da estrutura.

**Questão 3:** Qual a importância do controle de qualidade rigoroso na fabricação das peças protendidas?

***Empresa A:** O controle de qualidade é de suma importância. Inicialmente devem-se verificar os espaçamentos das armaduras e cordoalhas de acordo com o projeto e assegurar que estas não serão danificadas durante o processo de concretagem. Além do espaçamento e cobrimento das armaduras, o concreto deve ser inspecionado também com Slumptest e corpos de prova, para assegurar que a resistência determinada em projeto seja a que realmente for desejada pelo calculista.*



Empresa B: O alto controle na fabricação das peças é o principal diferencial desse método para que tenha o desempenho esperado, tanto na resistência, quanto na qualidade geral da peça. Desde o início do processo, todo cuidado é essencial para a boa qualidade do material fabricado.

Empresa C: O controle de qualidade é extremamente importante, pois inúmeros fatores, que se não forem bem controlados, podem comprometer a peça protendida. Podemos citar alguns fatores que facilmente podem comprometer a protensão por ela ser aderente, tal como a contaminação das cordoalhas pelo desmoldante, a falta de resistência do concreto, etc.

Pode-se perceber que as respostas dos entrevistados estão de acordo com a proposição de Hanai (2015), pois é unânime o pensamento dos profissionais de que o controle de qualidade é de suma importância na fabricação de uma peça protendida, em todas as suas etapas e por diversos motivos, principalmente para atingir as demandas do projeto, seja na sua resistência, ou para controle das fissurações.

Questão 4: Na fabricação de peças protendidas, qual o principal processo a se considerar, em relação à qualidade e resistência do material?

Empresa A: Os principais processos são as disposições das armaduras (espaçamentos, cobrimentos, tensionamento da armadura ativa) e o concreto com a resistência desejada pelo projetista.

Empresa B: Além das disposições das armaduras, o pré-tensionamento pode ser considerado também como um dos principais processos de execução.

Empresa C: O principal processo a considerar é a correta sequência de trabalhos, as cargas de protensão, a resistência do concreto e a resistência do concreto no momento da desprotensão.

No que dizem respeito aos processos, as três empresas comentam sobre as etapas de fabricação que são importantes para a produção de uma peça protendida, destacando desde a sequência das etapas, disposição das armaduras e pré-tensionamento. Todos esses processos envolvem tecnologia de ponta, aspecto que diferencia esse tipo de material do concreto armado simples. Essa demanda por tecnologia, levantada pelos entrevistados, é uma das características apontadas na literatura (HANAI, 2015). O autor diz ainda que para os dois tipos de concreto, os materiais utilizados são os mesmos, logo, as diferenças são essencialmente tecnológicas.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse trabalho conteve um estudo referenciado sobre o concreto protendido, mostrando as suas principais características, aplicações em construções, classificações e uma discussão baseada em referências sobre a opinião de profissionais que atuam na área em estudo. Logo, foram cumpridos todos os objetivos propostos inicialmente para complementação do texto.

É possível observar no desenvolvimento desse trabalho, tanto no estudo bibliográfico quanto por meio das entrevistas, que o concreto protendido possui um diferencial em resistência e qualidade quando comparado a estruturas simples de concreto. No entanto, essa técnica ainda está restrita às grandes obras, principalmente em função do custo, quando comparado ao concreto armado convencional. Este fator é um limitador do acesso do estudante a construções com esse tipo de concreto, ficando o aluno restrito a obras mais convencionais das cidades.

Ainda assim, vem crescendo o uso da protensão na fabricação de lajes, para instalação em obras pré-moldadas, principalmente as alveolares, o que se torna mais viável comparando às lajes maciças que eram produzidas.

O tema deste trabalho foi escolhido sem um prévio conhecimento do autor quanto aos assuntos abordados no desenvolvimento. Com as pesquisas realizadas, e principalmente com a troca de informações com as empresas contatadas, foi possível adquirir maior conhecimento nesse tema.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINI, L.R.S. **Concreto protendido: estudo de vigas isostáticas**. São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora Ltda, 1976. Disponível em <[http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/1976ME\\_LuizRobertoSobreiradeAgostini.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/static/media/producao/1976ME_LuizRobertoSobreiradeAgostini.pdf)>. Acesso em: 12/ago/2017.

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos de engenharia de edificações**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Rio Grande, Dunas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2004** - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos. São Paulo, abril de 2004.

CARVALHO, Roberto Chust. **Estruturas em concreto protendido: pré-tração, pós-tração, cálculo e detalhamento**. São Paulo: PINI, 2012.

HANAI, João Bento de. **Fundamentos do Concreto Protendido**. São Carlos, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharias de Estruturas, 2005. E-book. Disponível em: <[http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/protendido/arquivos/cp\\_ebook\\_2005.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/protendido/arquivos/cp_ebook_2005.pdf)>. Acesso em: 16/Nov/2017.

MERLIN, Andrei José. **Momentos fletores negativos nos apoios de lajes formadas por vigotas de concreto protendido.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Carlos. São Carlos, 2002.

NAKAMURA, Juliana. **Protensão em lajes.** Revista Equipe de Obra, Editora PINI: São Paulo, 14ª edição, dezembro de 2007. Disponível em: <<http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/14/passa-a-passo-protensao-em-laje-67916-1.aspx>>, Acesso em outubro de 2017.

PONTE Estaiada sobre o Rio Negro. Ibracon – Instituto Brasileiro de Concreto/ Construtora Camargo Correa. Manaus, 2010. Disponível em: <[http://www.ibracon.org.br/eventos/52cbc/henrique\\_domingues.pdf](http://www.ibracon.org.br/eventos/52cbc/henrique_domingues.pdf)>. Acesso em 12/Out/2017.

VERÍSSIMO, Gustavo de Sousa; JR, Kléos M Lenz César. **Concreto Protendido: Fundamentos Básicos.** 4ª edição. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Engenharia Civil, Novembro de 1998. Disponível em <<http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/CP-vol1.pdf>>. Acesso em Jan/2018.