



UTILIZAÇÃO DO CONCRETO PROTENDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

USE OF PRESTRESSED CONCRETE IN CIVIL CONSTRUCTION

*Emanuel Messias Silva de Sousa¹
Francisco Miguel de Andrade Neto²
Gabriel Silva Casemiro³
João Victor da Silva Souza⁴
Luana Leal Fernandes Araújo⁵*

RESUMO

O presente trabalho versa sobre a utilização do concreto protendido na Construção Civil. Tem como objetivo principal verificar suas particularidades como modelo estrutural no mercado, descrevendo de forma objetiva seus métodos de execução e seu comportamento sistemático. Quanto à metodologia, o estudo utiliza-se do método de pesquisa descritivo com abordagem qualitativa, sendo uma revisão bibliográfica. Ao longo deste artigo foi descrita a caracterização do concreto protendido, abordando sua idealização, conceito e comportamento estrutural. Além disso, foram apresentadas algumas vantagens do modelo supracitado em relação a vida útil das peças, melhor resistência a fadiga e etc. O artigo abrange também os tipos de protensão, sendo elas a pré-tracionada, pós-tracionada sem aderência e pós-tracionada com aderência, de acordo com a NBR 6118. Diante disso, foram apontadas especificidades de alguns tipos de lajes protendidas, como a lisa, nervurada e alveolar. Sendo assim, foi possível compreender determinadas particularidades desses exemplares construtivos, a fim de ressaltar a sua melhor aplicabilidade para cada tipo de carregamento e utilização da estrutura.

Palavras-chave: Concreto protendido; Protensão; Viabilidade; Estrutura.

¹ Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: emanuel_messias@outlook.com

² Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: andradenetoneto@hotmail.com

³ Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: g.casemiro7@gmail.com

⁴ Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: joao_stpb@hotmail.com

⁵ Professora Orientadora Específica de TCC do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio de João Pessoa. E-mail: luana.leal@estacio.br

ABSTRACT

This work deals with the use of concrete intended in Civil Construction. Its purpose is to verify its particularities as a structural model in the market, objectively describing its execution methods and its systematic behavior. As for the methodology, the study is characterized as descriptive with a qualitative approach, being a literature review. Throughout this article, the characterization of prestressed concrete was described, addressing its idealization, concept and structural behavior. In addition, some advantages of the model mentioned above were presented in relation to the useful life of the parts, better resistance to fatigue, and so on. The article also covers the types of prestressing, which are pre-tensioned, post-tensioned without adhesion and post-tensioned with adhesion, according to NBR 6118. Therefore, specificities of some types of prestressed slabs, such as smooth, ribbed and alveolar. Thus, it was possible to understand certain particularities of these constructive examples, in order to emphasize their best applicability for each type of loading and use of the structure.

Keywords: Prestressed concrete; Prestressing; Viability; Structure.

INTRODUÇÃO

Compreendeu-se a relevância dessa temática, tendo em vista à utilização do concreto protendido no Brasil, visto que se destacou nas últimas décadas. Inicialmente no ano de 1948 com a construção da primeira ponte utilizando esse método, no Rio de Janeiro com Sistema Freyssinet. Sendo assim, no ano de 1952 a Companhia Belgo-Mineira iniciou a fabricação de aço de protensão com o intuito de aumentar a resistência do concreto (VERISSIMO; CÉSAR, 1998).

Ainda, o modelo estrutural citado acima tem sido cada vez mais utilizado no Brasil. Nesse sentido, análises e estudos surgem para que haja o conhecimento comportamental das estruturas protendidas, podendo assim analisar com segurança as possibilidades construtivas deste exemplar (CASTRO, 2011).

Ressalta-se que o concreto protendido surgiu como uma evolução do concreto armado, com a ideia básica de aplicar inúmeras forças prévias de compressão na região da seção transversal do elemento, que será tracionada posteriormente pela ação do carregamento externo aplicado na mesma. Desse modo, as reações finais são diminuídas pelas forças pré-aplicadas na peça (protensão). Assim, pretende-se diminuir os efeitos da baixa resistência do concreto à tração (BASTOS, 2019).

Outrossim, as partes estruturadas através dos métodos de protensão do concreto, no momento em que há junção do mesmo com o aço, possibilita resistências elevadas, onde resultam a probabilidade de diminuição das fissuras e das tensões de tração. Como consequência, os fragmentos transfiguram-se mais rígidos e com deslocamentos menores (BASTOS, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho divide-se em três partes: a primeira parte da pesquisa, foi composta por um estudo abrangendo o seguinte tema: caracterização do concreto protendido. Assim, foi anexado imagens como exemplos do assunto em estudo, citando todas as informações e composições do elemento estrutural em questão.

A segunda parte tem como foco uma revisão teórica, sobre os tipos de protensão que se ramificam em: pré-tracionada, pós-tracionada com aderência e pós-tracionada sem aderência. Essas são maneiras de aumento da resistência do concreto e suas definições particulares, podendo ter como referência e citada na mesma a NBR 6118, que tem como fundamentação as estruturas de concreto.

A terceira e última parte, apresenta de forma descritiva e objetiva as lajes que o concreto protendido possui em sua composição. Contendo também seus tipos de informações de cada modelo em particular, com imagens e exemplos evidenciando o esboço de cada laje em descrição.

O presente artigo teve como objetivo geral analisar as particularidades e funcionamento do concreto protendido na construção civil de acordo com a literatura, trazendo assim um olhar técnico a essa modalidade de construção em nosso país. Como objetivos específicos: Mostrar as vantagens do concreto protendido; Elencar os tipos de protensão e suas características; e Apresentar as especificidades das lajes protendidas.

Partindo dos objetivos traçados para o trabalho, justifica-se o desenvolvimento do artigo aqui disposto, no sentido de buscar como o concreto protendido se torna viável tecnicamente na construção civil, visto os aspectos dos materiais utilizados nesta modalidade.

CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO PROTENDIDO

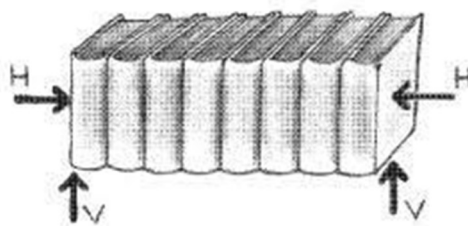
Atualmente o material mais utilizado na construção civil é o concreto, e provavelmente continue por muito mais anos. Ele apresenta características peculiares, sendo

as principais sua alta resistência a compressão e baixa resistência a tração. Desta forma se faz necessário o reforço nas regiões onde mais atuam as tensões de tração (BASTOS, 2019).

Por esse motivo foi criado o concreto armado, modo construtivo que inseri barras de aço na região das peças onde se tem maiores esforços de tração, já que o aço tem 10 vezes mais resistência a esse tipo de solicitação que o concreto, e se adere muito bem ao mesmo. Porém, com o passar do tempo foi surgindo a necessidade de se atingir vãos maiores, e para vencer esse tipo de problemática as peças de concreto armado estavam sendo projetadas com dimensões insatisfatórias, assim o conceito de concreto protendido ganhou visibilidade (LIMA, 2001).

A seguir, com a figura 1 podemos ter uma visão ampla de como funciona a protensão.

Figura 1: Fila de livros no sentido horizontal.

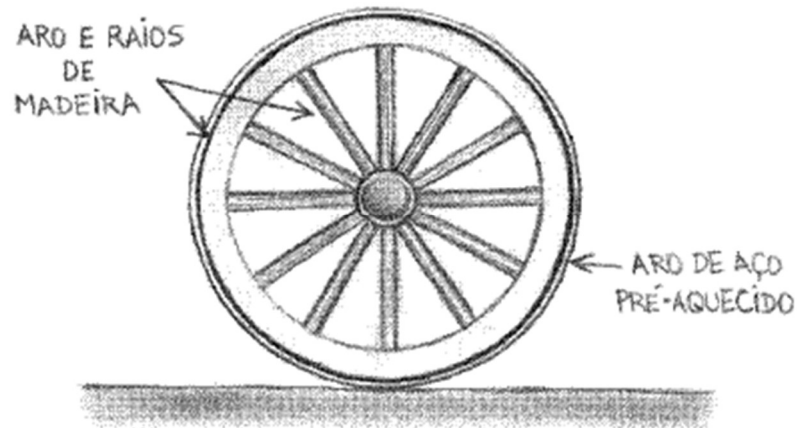


Fonte: HANAI (2005, p. 1)

Para que os livros mostrados na Figura 1 sejam erguidos, se faz necessário que se aplique uma força horizontal no sentido de comprimir os mesmos, desta forma despertando forças de atrito para que possibilite o levantamento da fila de livros. Nota-se que é imprescindível que a força normal seja aplicada anteriormente a força vertical para realizar essa operação (HANAI, 1995).

Como outro exemplo clássico de protensão podemos citar as rodas de carroças, construídas com peças radiais de madeira que se encaixam, e por um aro de aço que faz sua envoltura. Para aplicação do aro, ele deve estar aquecido para que tenha dilatação e facilite sua instalação, após o encaixe, o aço passa pelo processo de resfriamento e conseqüentemente seu diâmetro volta a diminuir ocasionando a compressão nas peças de madeira, solidarizando-as num conjunto de hastes radiais protendidas (LIMA, 2001).

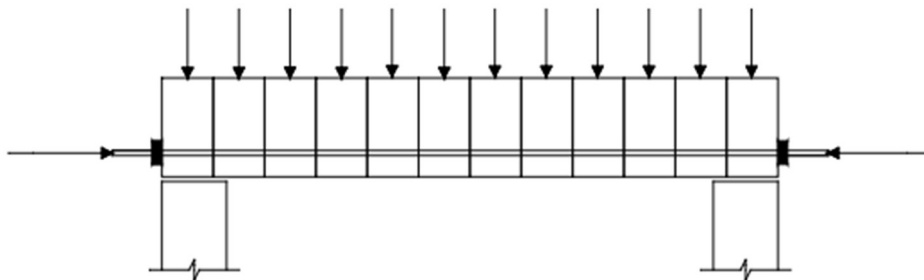
Figura 2: Roda de carroça



Fonte: HANAI (2005, p. 2).

Temos como ideia básica do concreto protendido, aplicação de tensões prévias de compressão justamente na região da seção transversal da peça, onde será mais exigido a força de tração por cargas externas. Fazendo assim com que essas cargas finais sejam diminuídas pela protensão, acarretando a melhor eficiência da resistência do concreto a tração (BASTOS, 2018). Na figura 3, pode-se observar uma ilustração bem intuitiva de como é utilizado o concreto protendido.

Figura 3: União de blocos pré-moldados de concreto



Fonte: LIMA (2001, p. 3)

VANTAGENS DO CONCRETO PROTENDIDO

Segundo Lima (2001) uma das vantagens do concreto protendido é uma melhor performance quando sujeito a ciclos de carregamento.

A autora ainda ressalta:

Vários ensaios realizados com vigas protendidas sujeitas a ciclos de carregamento mostram que essas vigas mantêm seu comportamento após grande número de ciclos. Devido a essa capacidade, nas estruturas sujeitas a cargas repetidas, como pontes ferroviárias e rodoviárias, é aconselhável a utilização do concreto protendido (LIMA, 2001, p. 8).

Já Veríssimo e César (1998) listam as seguintes vantagens:

A estrutura protendida geralmente apresenta melhor resistência a fadiga, já que a variação de sollicitação no aço ocasionada por esforços móveis externos é quase nula. Maior vida útil, visto que a protensão anula os efeitos das tensões de tração, sendo ela as maiores responsáveis pelas fissurações nas peças, assim as armaduras sofrem menos agressões do meio ambiente.

Possibilidade de ser projetado grandes vãos com seções e peso próprio da estrutura bem menores que no concreto armado convencional, levando em consideração que toda a peça pode trabalhar a compressão. Maior controle de deformações elásticas, induzindo a valores menores que os que seriam encontrados em estruturas de aço ou concreto armado.

METODOLOGIA

A produção deste artigo científico deu-se a partir dos métodos de procedimento interpretativo e analítico, para compreender e verificar o tema central da pesquisa, que é o concreto protendido e suas particularidades como modelo estrutural na indústria da construção civil. Buscando descrever de forma objetiva seus métodos de execução, portanto, trata-se de um tópico já analisado por diferentes autores e pontos de vistas.

Quanto à metodologia o estudo caracteriza-se como descritivo de abordagem qualitativa, sendo uma revisão bibliográfica.

Esse tipo de pesquisa pode ser definido como um método pelo qual o pesquisador pretende descrever determinados fatos e fenômenos acerca da temática trabalhada, colhendo diversas informações (FONTANA, 2018).

Desta forma, a pesquisa partiu de um levantamento bibliográfico, utilizando-se, para tanto, estudos de referências teóricas já analisadas de autores especializados no tratamento do tema em questão e publicados por meio de artigos científicos, dissertações, normas, livros e etc.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TIPOS DE PROTENSÃO E SUAS PARTICULARIDADES

Inicialmente, vale ressaltar quais são os tipos de protensão e suas particularidades. Portanto, segundo Carvalho (2012), as estruturas em concreto protendido podem ser classificadas em três tipos: com aderência inicial ou pré-tracionadas, com aderência posterior ou pós-tração com aderência, e sem aderência ou pós-tração sem aderência.

No método pré-tracionado, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o pré-alongamento da armadura ativa é feito utilizando-se apoios independentes do elemento estrutural, antes do lançamento do concreto, sendo a ligação da armadura de protensão com os referidos apoios desfeita após o endurecimento da peça; a ancoragem realiza-se somente por aderência.

Assim como Martins (2014) ressalta, as armaduras pré-tracionadas possibilitam a criação de diversas formas dos elementos, podendo assim se adaptar às diferentes necessidades existentes no mercado. Algumas empresas de estrutura pré-moldadas têm alguns elementos com maior demanda atualmente, porém podem produzir peças com geometrias específicas para atender cada tipo de estrutura.

Quanto ao método de pós-tração com aderência, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), o concreto com armadura ativa pós-tracionada com aderência posterior, se apresenta quando temos o aço de protensão sendo tensionado após a cura total da peça. Com o mesmo ancorado no próprio elemento estrutural e gerando a aderência de modo permanente através do método de injeção das bainhas.

O método de injeção das bainhas constitui-se da aplicação de uma nata de cimento no interior dos dutos. Que de acordo com Lima (2001) é uma mistura de água, cimento e aditivos

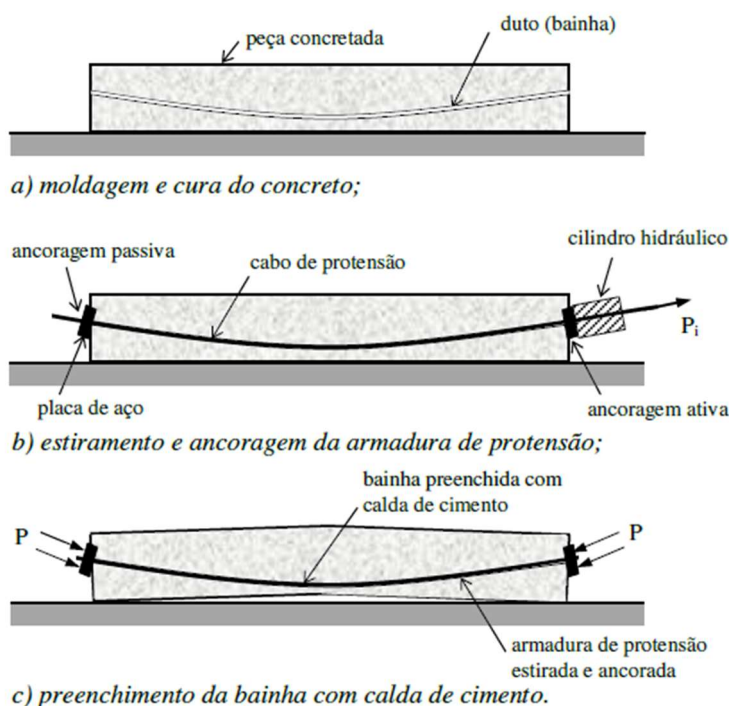
pontuais e tem como principal finalidade gerar a aderência entre a bainha e os cabos, como também proteger as armaduras de agentes corrosivos.

Para esse molde de protensão temos o seguinte formato de fabricação de peças:

O concreto é lançado na fôrma fazendo a envoltura de todos os componentes da peça, após a sua cura total é passado os cabos por dentro das bainhas, que logo são estirados através dos macacos hidráulicos. Terminado a operação, o aço é relaxado e tende a voltar ao seu estado natural, porém como está ancorado através das cordoalhas e da nata de cimento, o resultado é a compressão do concreto, formando assim a peça protendida (BASTOS, 2019).

Segue abaixo na figura 4 o exemplo de fabricação da peça protendida com pós-tração.

Figura 4: Fabricação da peça protendida pós-tração



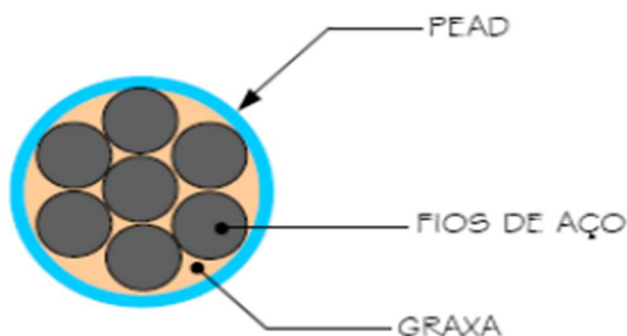
Fonte: BASTOS (2019, p. 21)

A armadura pós-tração sem aderência, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) é o método em que as cordoalhas são tensionadas após a cura total do concreto, e utiliza como

apoio, parte de sua própria estrutura, não gerando atrito entre os cabos de protensão e o concreto, desta forma mantendo apenas contatos pontuais com a peça.

A não aderência, segundo Emerick (2002), é constituída por cabos de protensão com adição de um revestimento em PEAD-polietileno, onde em suas características estão relacionados: a alta densidade, a impermeabilidade, a elevada resistência e durabilidade. Colocado em volta de toda dimensão dos fios de aço já engraxados, permitindo assim a facilidade de movimentação das cordoalhas em seu interior como é mostrado na figura a seguir:

Figura 5: Seção de cordoalha engraxada com 7 fios



Fonte: Adaptado de EMERICK (2002, p. 8).

A ausência de aderência é localizada apenas na armadura ativa da estrutura, em alguns processos construtivos os cabos tensionados são colocados por meio externo à peça de concreto já moldada (VERISSIMO; CÉSAR, 1998).

ESPECIFICIDADES DAS LAJES PROTENDIDAS

Nas últimas décadas, as lajes planas sem vigas de concreto armado foram intensamente utilizadas no Brasil. Porém sempre com armadura passiva, a chegada da protensão solucionou uma série de deficiências proveniente do uso dos cabos não tensionados nesse tipo de estrutura. De início foi utilizado a protensão com aderência, assim limitando o esquema construtivo apenas a edifícios comerciais onde exigiam um menor número de pilares. A aparição da protensão sem aderência através de cordoalhas engraxadas,

potencializou o uso da armadura ativa nas lajes devido suas praticidades construtivas em relação ao modelo citado anteriormente (CAUDURO; LEME, 1999).

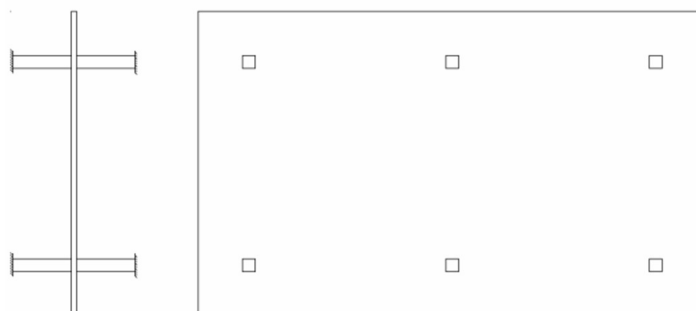
Emerick (2002), afirma que no tempo atual os principais métodos estruturais adotados para lajes protendidas são as seguintes: lajes lisas e nervuradas. Como ponto positivo que podemos aderir as lajes lisas protendidas ou nervuradas protendidas, é a flexibilidade em relação ao lançamento dos pilares na estrutura. Já que sem a utilização das vigas não se faz mais necessário o alinhamento entre eles, ocasionando assim benefícios como, varandas e fachadas com acabamentos de fácil execução, dentre outros (CAUDURO; LEME, 1999).

Ainda sobre as lajes lisas, percebe-se a sua facilidade de execução, porém sua capacidade estrutural se dá a partir da punção exercida na ligação laje-pilar. Levando essa discussão em conta podemos dispor de mais duas formas bem usuais para o melhoramento da capacidade resistente desse tipo de estrutura, o uso do engrossamento da laje na região de encontro com o pilar ou ainda podemos fazer o emprego de vigas faixa protendidas (EMERICK, 2002).

Um dos principais problemas do uso da laje lisa protendida é quando estamos trabalhando com edifícios altos, já que para conseguirmos uma estabilidade global da estrutura é preciso levar em consideração alguns fatores de rigidez laterais dos pórticos (LOUREIRO, 2006). E ainda como resolução desse empecilho, Emerick (2002) acrescenta o uso de paredes estruturais posicionadas estrategicamente em pontos como: caixas de escada e de elevador.

Logo abaixo, nas figuras 06, 07 e 08 observamos ilustrações de alguns tipos de lajes lisas protendidas.

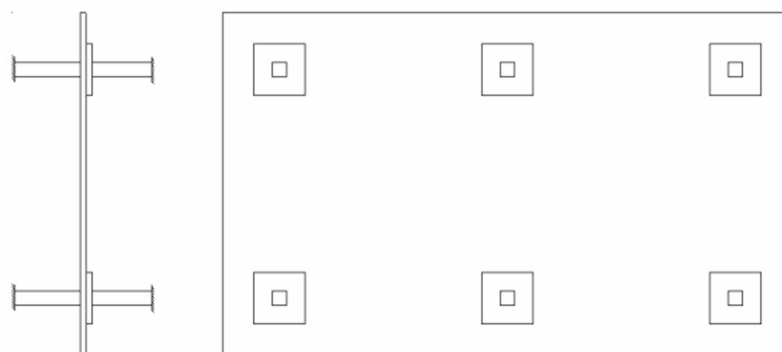
Figura 06: Laje lisa.



Fonte: LOUREIRO (2006, p. 1738).

Referente ao modelo observado acima, Faria (2004) nos mostra uma série de especificações relevantes, onde podemos listar os seguintes benéficos: agilidade na organização das colunas, maior leque de configuração no esboço construtivo de instalações (elétrica, hidráulica, ar-condicionado etc.), facilidade na montagem dos cabos de protensão, baixo custo de fôrmas e teto liso. Em contrapartida apresenta ineficácia na resistência a punção, flechas superiores as que são apresentadas em outros tipos de piso e um maior consumo de concreto.

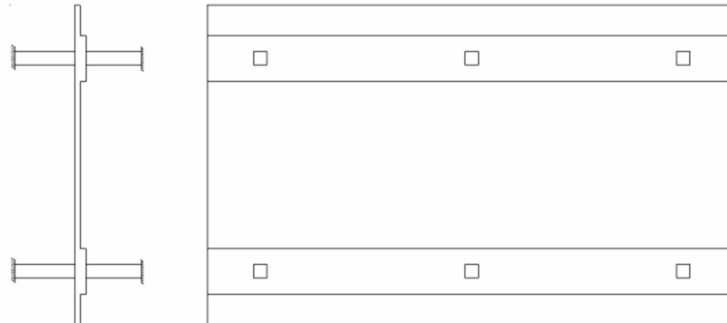
Figura 07: Laje lisa com engrossamento no encontro laje-pilar.



Fonte: LOUREIRO (2006, p. 1739).

Segundo Faria (2004), este modelo se destaca pelo seu menor consumo de concreto para áreas que possuem grandes carregamentos ou intervalos diferentes, maior resistência à punção e menor volume de cabos sobre as colunas.

Figura 08: Laje lisa com viga faixa.

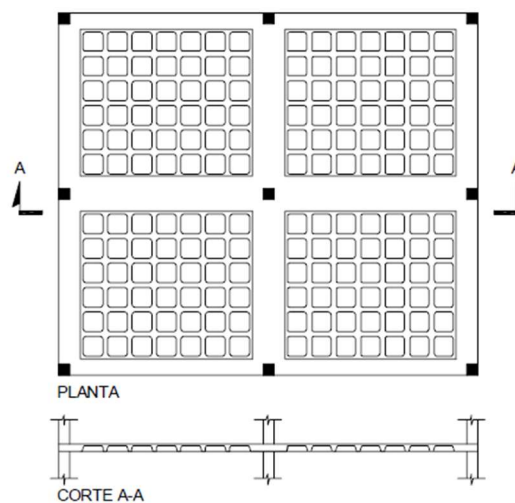


Fonte: LOUREIRO (2006, p. 1740).

O sistema mostrado acima nos traz uma possibilidade de grandes vãos e um balanceamento de cargas bem eficiente. Porém, seu alto custo de formas e menor versatilidade em relação a disposição dos layouts de instalações é visto como grande desvantagem (FARIA, 2004).

Já as lajes nervuradas protendidas vêm sendo mais utilizadas de duas maneiras, através do método das nervuras com vigas faixa protendida (as nervuras podem ser protendidas ou não) e também através do uso de capitéis e nervuras protendidas (EMERICK, 2002), assim podemos observar nas seguintes figuras.

Figura 09: Laje nervurada com vigas faixa.

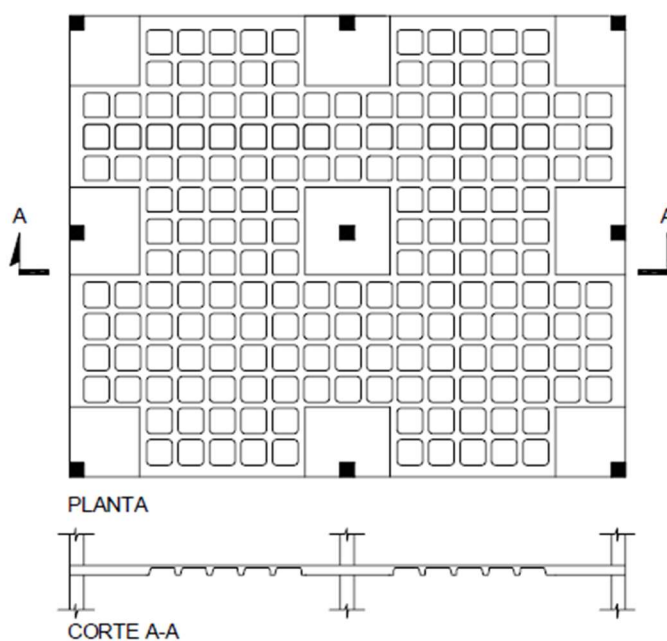


Fonte: EMERICK (2002, p. 16).

Assim como a laje lisa com viga faixa, o esquema acima apresenta possibilidade de grandes vãos, bom balanceamento de cargas, mas com o diferencial voltado para a diminuição do peso próprio da estrutura (FARIA, 2004).

Para as faixas maciças sua largura varia entre 100 e 150 cm, já a sua altura geralmente é igual à espessura da laje somado 2,50 cm correspondente a borda da caixa plástica (LOUREIRO, 2006).

Figura 10: Laje nervurada com uso de capitéis



Fonte: EMERICK (2002, p. 16)

Esse método construtivo pode ser muito rentável para a implantação de grandes vãos, uma vez que a redução do peso próprio da laje é expressiva. E o uso dos capitéis tem a funcionalidade de combater a punção e os momentos negativos exercidos sobre os apoios (LOUREIRO, 2006).

Além das lajes lisas e nervuradas citadas acima, ainda temos em evidência as lajes alveolares protendidas, que segundo Catoia (2011) vem se destacando em todo o mundo. Mesmo apresentando até então um custo bem elevado de maquinários iniciais, sua confecção é quase que industrial, elevando assim sua produção e chegando como um método construtivo

um tanto viável, devido sua praticidade, velocidade de montagem e seu maior controle na utilização de materiais.

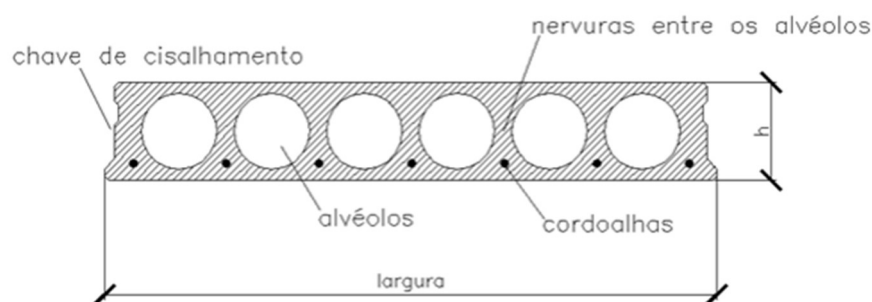
As lajes tipo alveolares são estruturas formadas por painéis de concreto pré-fabricados e geralmente protendidos, detendo como principal característica, vazios longitudinais em sua estrutura, aspecto esse primordial para a redução do uso do concreto e conseqüentemente a diminuição do peso próprio do esquema. Se comparado com as lajes maciças o percentual de vazios varia entre 30% e 50% (CATOIA, 2011).

Com larga utilização na Europa Ocidental e América do Norte, os painéis alveolares protendidos representam um dos mais modernos exemplares de peças pré-fabricadas. Por ter configurações consistentes, tem grande versatilidade, podendo ser aplicado como laje de piso ou como painéis de fechamento, além da possibilidade de combinação com outros materiais, a exemplo, estruturas de madeira, concreto moldado “in loco”, estruturas metálicas, entre outros (CATOIA; FERREIRA; PINHEIRO, 2016).

A NBR 14861 (ABNT 2002) afirma o seguinte sobre o painel alveolar protendido: “São peças de concreto produzidas industrialmente, fora do local de utilização definitiva, sob as rigorosas condições de controle de qualidade” (NBR ABNT 14861, 2002, p. 2).

Logo abaixo na figura 11 pode-se analisar a ilustração de um painel alveolar protendido.

Figura 11: Perfil de painel alveolar.



Fonte: FRANÇA (2012, p. 3).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo estrutural ressaltado na revisão bibliográfica surgiu com a necessidade de a construção civil alcançar vãos maiores com peças de concreto menos robustas. Desde então, esse método vem numa constante expansão e evolução técnica, visando tudo que o concreto protendido pode agregar.

Como um artifício relevante para a materialização de projetos, temos a protensão como um grande passo na indústria da construção, abrindo um leque de possibilidades com base nas suas formas de execução e funcionamento. Flutuando desde a produção em grande escala integrada a rapidez na montagem através das peças pré-fabricadas, a execução de peças sujeitas a carregamentos colossais em obras de grande porte até a sua viabilidade em canteiros de menores proporções por meio do modelo de pós-tensão.

A alta resistência do concreto protendido no combate ao esforço de tração é a sua grande vantagem. Partindo desse princípio, chega-se aos motivos da massificação desse produto, onde foram listadas algumas de suas modificações nos projetos que o utilizam. Por exemplo, o uso de um menor número de pilares para sustentação de uma laje protendida e a não obrigatoriedade do alinhamento entre eles, devido a possibilidade da ausência de vigas.

Sobre o conteúdo já mencionado, também foi evidenciada a facilidade de execução das lajes lisas protendidas. Através disso, identificou-se a possibilidade de economia nas fôrmas, além do ganho em consequência de um menor peso próprio da estrutura com as lajes nervuradas protendidas. Com tudo já mencionado, ainda se tem o baixo consumo de concreto e seu rigoroso controle de qualidade, demonstrado nas lajes alveolares protendidas.

O estudo realizado deu ênfase a tópicos importantes no método de protensão, porém ainda básicos, visto que o intuito do trabalho foi apresentar de modo geral pontos relacionados a construção através do tensionamento prévio das armaduras, de acordo com a literatura. Dessa forma, foram apresentadas oportunidades voltadas a melhor compreensão do tema, tendo em vista que para um domínio maior seja feito pesquisas mais específicas e direcionadas a questão desejada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 14861**: Lajes Alveolares de Concreto Protendido – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro, 2002.

BASTOS, P. **Fundamentos do Concreto Protendido**. Notas de aula na disciplina concreto protendido. Departamento de engenharia civil. Universidade estadual Paulista. Bauru/SP, 2019.

BASTOS, P. **Concreto Protendido**. Notas de aula na disciplina concreto protendido. Departamento de engenharia civil. Universidade estadual Paulista. Bauru/SP, 2018.

CARVALHO, R.C. **Estruturas em Concreto Protendido** – Pré-tração, Pós-tensão, Cálculo e Detalhamento. São Paulo, Editora Pini, 2012.

CASTRO, S.V. **Concreto Protendido** - Vantagens e desvantagens dos diferentes processos de protensão do concreto nas estruturas. Curso de Especialização em Construção Civil. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

CATOIA, B. **Lajes alveolares protendidas**: cisalhamento em regiões fissuradas por Flexão. 325f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

CATOIA, B; FERREIRA, M.A; PINHEIRO, L.M. **Resistência ao cisalhamento de lajes alveolares protendidas**. Caderno de engenharia de estruturas, São Carlos, p. 69-84, 2016.

CAUDURO, E. L.; LEME, A. J. H. **A protensão em Edifícios sem Vigas** – Novas Técnicas Aumentam a Qualidade e Reduzem o Custo Total do Edifício – 41º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON, Salvador, 1999.

EMERICK, A. A. **Projeto e execução de lajes protendidas**. Brasília, 2002.

FARIA, E. L. **Projeto de lajes planas protendidas via método dos elementos finitos e pórticos equivalentes**. 289fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2004.

FONTANA, F. Thiago Mazucato,(Org.). **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. Penápolis: FUNEPE, 2018.

FRANÇA, A.A.V. **Estudo das Lajes Alveolares Pré-fabricadas em Concreto Protendido Submetidas a Ensaios de Cisalhamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

HANAI, J.B. **Fundamentos do concreto protendido**. E-book de apoio para o curso de engenharia civil. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2005.

HANAI, J.B. **Fundamentos do concreto protendido**. Notas de aula para o curso de engenharia civil. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 1995.

LIMA, J. S. A. **Concreto Protendido**. Projeto de Graduação do Curso de Engenharia. 130fls. Departamento de Estruturas e Fundações. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia. Rio de Janeiro, 2001.

LOUREIRO, G. S. Projeto de Lajes Protendidas com Cordoalhas Engraxadas. **Anais do VI Simpósio EPUSP sobre Estrutura de Concreto**, p. 1734-1755. Abril, 2006.

MARTINS, D.A.S. **Confiabilidade de Vigas Pré-tracionadas de Concreto Protendido**. Dissertação de Pós-graduação em Engenharia Civil. 155fls. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2014.

VERÍSSIMO, G.S.; CÉSAR JR, K.M.L. **Concreto Protendido-Fundamentos Básicos**. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Civil, Viçosa/MG, 1998.