

ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADAS EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS CONTRAVENTADOS POR NÚCLEO DE RIGIDEZ¹

Rafael Silva de Brito²

Carlos Henrique Jorge Gantois³

Resumo

Os sistemas pré-fabricados de concreto vêm conquistando espaço em todo o Brasil e no mundo. A utilização de estruturas pré-fabricadas em edifícios de múltiplos pavimentos já é uma realidade mundial, mas no Brasil, o seu uso ainda é escasso. Nesse trabalho são abordadas as características de um projeto em estrutura pré-fabricada. É discutida a necessidade de industrialização da construção civil brasileira, a história da pré-fabricação no Brasil e no mundo e alguns sistemas estruturais possíveis para pré-fabricados de concreto. É analisada a eficiência, algumas características e algumas vantagens associadas ao sistema pré-fabricado contraventado por núcleo de rigidez, na distribuição dos esforços entre os elementos estruturais e principalmente na facilidade das ligações entre os elementos estruturais, além de apresentar conceitos fundamentais empregados na utilização de elementos pré-fabricados.

Palavras-chave: Pré-fabricado de concreto; Edifícios de múltiplos pavimentos; Sistema de contraventamento; Núcleo de rigidez.

PRECAST CONCRETE STRUCTURES IN MULTI-STOREY BRACED STRUCTURAL CORES BUILDINGS

Abstract

The precast concrete systems have been gaining ground in Brazil and in the worldwide. The use of precast structures in multi-storey buildings is already a worldwide reality, but in Brazil, its use is still scarce. This work addresses the characteristics of a precast structure project. The need for industrialization of the Brazilian civil construction is discussed, as the history of the precast in Brazil and in the world and also some possible structural systems for precast concrete. The efficiency, some features and some advantages associated to the precast braced structural cores system are analyzed, on the distributions of efforts among the structural elements and mainly on the facility of the links between the structural elements, in addition to present fundamental concepts placed in the use of precast elements.

Keywords: Precast concrete; Multi-storey buildings; Braced system; Structural cores.

1 INTRODUÇÃO

"A construção civil tem sido considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais. A razão disso está no fato de ela apresentar, de uma maneira geral, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade." (EL DEBS, 2000)

Esse trabalho apresenta e comenta sobre as características e particularidades da utilização de estruturas pré-fabricadas de concreto em edifícios de múltiplos pavimentos,

¹ Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado na Unifacs – Universidade Salvador, em 2013.2.

² Graduado em Engenharia Civil rafael Silvadebrito@gmail.com

³ Prof. Msc. do Curso de Engenharia Civil da UNIFACS. carlos.gantois@pro.unifacs.br

quando contraventadas por núcleos rígidos. É feito um panorama da pré-fabricação no Brasil e da carência de industrialização da construção que é possível encontrar nos canteiros de obra brasileiros. É feita, posteriormente, a análise das vantagens executivas e estruturais do sistema que se utiliza de elementos rígidos como forma de elemento principal na garantia da estabilidade da estrutura, objetivando a análise da transferência de esforços entre os elementos estruturais e a importância do comportamento de diafragma rígido que as lajes possuem nessas estruturas.

A metodologia utilizada nesse artigo foi a de análise da bibliografia já existente sobre o ponto de vista da possibilidade de uma maior verticalização das estruturas de edifícios pré-fabricados no Brasil. A pesquisa foi feita de forma qualitativa e expositiva, através da coleta de dados de fontes, informações e pesquisas realizadas anteriormente, juntamente com o estudo crítico da problemática.

Essa pesquisa tem como objetivo, mostrar que, comparado com estruturas de edifícios pré-fabricadas com ligações rígidas, o sistema que utiliza contraventamento através de núcleos rígidos apresenta vantagens importantes. Além disso, o trabalho pretende incentivar pesquisas na área de pré-fabricados, visando uma maior verticalização das estruturas usuais de edifícios pré-fabricados no Brasil.

O uso extensivo de mão de obra para o emprego de praticamente todas as etapas de construção é um grande indicativo da falta de industrialização da construção civil no Brasil. Tendo em vista a tendência mundial de desenvolvimento das construções, otimização e redução de custos, o Brasil carece muito de investimentos e pesquisas para o aperfeiçoamento de técnicas aplicadas em todas as etapas das construções, principalmente na sua arcaica estrutura.

Uma das maneiras de vencer o atraso que foi gerado nas construções brasileiras é utilizando técnicas associadas à utilização de elementos pré-fabricados de concreto. Os benefícios e vantagens da utilização de estruturas pré-fabricadas de concreto, como a segurança, durabilidade e economia já estão bastante difundidos em todo o mundo. Todavia, embora exista a aplicação da pré-moldagem em praticamente todos os campos da construção, no Brasil, o seu uso ainda é bastante limitado a alguns setores. Observa-se o seu vasto uso em galpões, pontes, estacas, tubos, galerias, postes, entre outros, entretanto, a sua utilização nas estruturas de edifícios com mais de um pavimento ainda é restrita, diferentemente da Europa e outros países no mundo, onde é possível encontrar verdadeiros arranha-céus com mais de 80 metros de altura, inteiramente executados com estruturas pré-fabricadas.

Além das questões macroeconômicas, as questões culturais dificultam, consideravelmente, o emprego da pré-fabricação no Brasil. El Debs (2000) ressalta que no Brasil existe um ciclo vicioso que é responsável pela não exploração da potencialidade do concreto pré-fabricado, onde alguns afirmam que não se constrói, pois não existem insumos tecnológicos e outros afirmam que não existe insumos tecnológicos, pois não se constrói.

Em edifícios que possuem mais de um pavimento, denominadas a partir daqui de edifícios de múltiplos pavimentos, os efeitos oriundos das forças horizontais passam a ser mais significativos que as estruturas de um único pavimento, com isso faz-se necessário um modelo que se comporte significativamente bem a esses efeitos. As soluções mais tomadas nesses casos são a execução de ligações enrijecidas entre os elementos estruturais ou a utilização de sistemas como os de contraventamento por painéis ou núcleos de rigidez.

O uso de estruturas de edifícios de múltiplos pavimentos pré-fabricados de concreto que utilizam núcleos de contraventamento é comum em boa parte das obras de edifícios altos no mundo. Essa solução é bastante eficaz para garantir a estabilidade global no caso das estruturas de edifícios de múltiplos pavimentos onde os deslocamentos horizontais podem ser excessivos.

O presente artigo não se trata, obviamente, de um manual sobre pré-fabricados, mas sim, busca ser um trabalho de nível acadêmico, competindo a ele abordar o tema de forma objetiva e clara, com o intuito de analisar e comentar sobre a possibilidade de verticalização das estruturas pré-fabricadas em edifícios de múltiplos pavimentos no Brasil, ou seja, dado esse panorama, o presente artigo fundamenta-se na necessidade de evolução dos processos construtivos brasileiros quando se utiliza concreto pré-fabricado.

2 O PRÉ-FABRICADO NO BRASIL E A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

No fim do século XIX existiram marcos importantes na construção com elementos pré-moldados no mundo. Dessa época, até o final da segunda guerra mundial, houve exemplos notáveis principalmente na construção de galpões e conjuntos habitacionais.

No Brasil, as técnicas de pré-moldagem, chegaram no ano de 1925, com a execução de estacas de fundação para o Jockey Clube do Rio de Janeiro. Entretanto, apenas no final das décadas de 50 e 60, chegaram as influências do grande avanço da pré-moldagem na Europa que deram subsídios para o seu emprego no país.

Diferentemente da Europa, onde foi necessário reconstruir boa parte das suas cidades e estruturas, no Brasil, o aquecimento da pré-fabricação, segundo Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), se deu a partir do déficit habitacional da década de 50, tendo em vista que o crescimento da população urbana atingira níveis jamais vistos, através de programas de incentivo do governo com o Banco Nacional de Habitação - BNH com o intuito de diminuir o déficit e impulsionar a construção civil.

Segundo SALAS (1988 *apud* Serra, Ferreira e Pigozzo 2005), a partir desse momento e na década de 80, houve períodos de rejeição do concreto pré-fabricado por conta de acidentes que ocorreram e problemas que acarretaram na demolição de grandes conjuntos habitacionais.

Durante a história, a construção civil passou, e passa, por fases. Atualmente, a construção civil precisa atingir níveis de rentabilidade e produtividade diferentes dos de meados do século passado. Para isso, a industrialização da construção civil através da utilização de estruturas pré-fabricadas, torna-se de grande importância como meio de transição de costumes e cultura construtiva.

3 SISTEMAS ESTRUTURAIS

De acordo com El Debs (2000):

Os sistemas estruturais devem ser concebidos tendo em vista os aspectos construtivos e os aspectos estruturais. No caso de concreto pré-moldado, muitas vezes, os aspectos construtivos preponderam sobre os aspectos estruturais. Por essa razão, nos sistemas estruturais de concreto pré-moldado, muitas vezes, são privilegiadas as facilidades de manuseio e transporte dos elementos pré-fabricados e as facilidades de montagem e execução das ligações destes elementos para formar a estrutura.

Para que o projeto de estruturas pré-fabricadas seja elaborado com maior grau de exatidão, a sua concepção deve ser voltada somente para o uso e aplicação de estruturas pré-fabricadas, analisando-se as situações transitórias em todas as etapas, como transporte, montagem, içamento e ligações, pois, os aspectos construtivos de uma estrutura moldada no local, nem sempre são os ideais para as estruturas pré-fabricadas. Portanto, é necessário que o projetista conheça de todas as etapas envolvidas na produção.

Toda estrutura apresenta singularidades que dependem de diversos fatores, como a altura do pavimento, a esbeltez, a sua forma, quais são os elementos estruturais integrantes, entre outros. Para melhor satisfazer cada solicitação existem algumas possibilidades de sistemas ou soluções que podem ser adotadas nas estruturas de concreto pré-fabricadas, entretanto Van Acker (2002) salienta que essas possibilidades, na verdade, são variantes de um número limitado de sistemas básicos, como as estruturas aporticadas, as estruturas em esqueleto, estruturas em painéis estruturais, estruturas para piso, sistemas para fachadas e sistemas celulares.

Estruturas aporticadas são aquelas que apresentam pilares e vigas de fechamento e são utilizadas em armazéns, construções industriais, entre outros. As estruturas para piso são bastante difundidas e apresentam diversos tipos de elementos, podendo exercer papel fundamental para a estabilidade da estrutura e para a transferência dos esforços do seu plano para os elementos de contraventamento verticais. Os sistemas celulares vêm ganhando força de espaço mundialmente, pois seu sistema de células prontas é muito eficiente e veloz. Os sistemas para fachadas e painéis podem funcionar apenas como fechamento ou como elemento integrante da estrutura de um edifício. Por último, tem-se as estruturas em esqueleto, que são formadas por lajes, vigas e pilares e são caracterizadas pela grande flexibilidade e variabilidade que pode permitir na sua execução.

Contudo, o presente trabalho trata de edifícios de múltiplos pavimentos e o sistema que será alvo de análise será o sistema estrutural em esqueleto com núcleos de contraventamento, por apresentar significativa eficiência na manutenção da estabilidade global da estrutura quando submetida às ações laterais e, principalmente, por favorecer a simplificação das ligações entre os elementos estruturais.

3.1 Componentes principais de sistemas de esqueleto

Nas estruturas dos sistemas em esqueleto, são empregados dois componentes básicos: as vigas e os pilares. Outros elementos também são utilizados, como painéis de lajes, pré-lajes, as vigotas treliçadas, etc.

Figura 1 - Estrutura pré-fabricada em esqueleto.

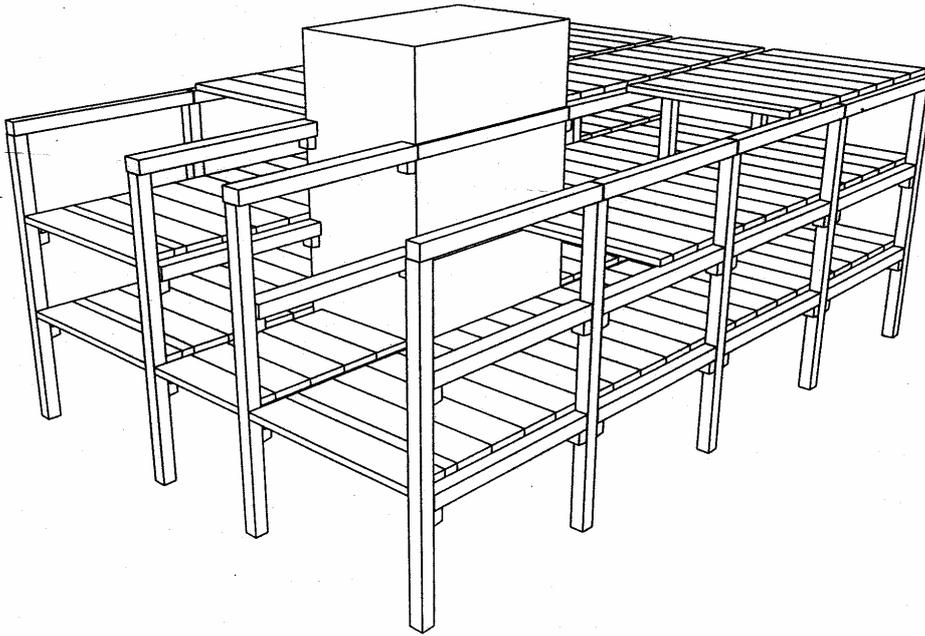


Figura 1 - Estrutura pré-fabricada em esqueleto.

Fonte: Van Acker (2002).

3.1.1 Pilares

Os pilares, nas estruturas pré-fabricadas, a depender da altura da edificação, podem ser formados por uma única peça ou pela ligação de várias peças sobrepostas e ligadas com elementos específicos para este fim. "O comprimento do pilar pode atingir a casa dos 30m. No entanto, recomenda-se limitar os comprimentos à ordem de 20m, por razões econômicas." EL DEBS (2000)

Geralmente, nas estruturas de concreto pré-fabricadas, os pilares possuem elementos estruturais projetados lateralmente para servir de apoio para outros elementos ou para cargas, de utilização denominados de consolos.

Os consolos são, na verdade, balanços muito curtos. O seu comportamento estrutural é bastante característico, devendo ser dimensionado através de análises específicas para o mesmo na literatura técnica.

3.1.2 Vigas

As vigas pré-fabricadas podem ser empregadas com diversas seções transversais possíveis. As mais utilizadas, no Brasil, são as seções retangulares, as seções "I", as seções "I" invertido e as seções "L". Admitem-se outras tantas seções como as "T" e as vigas caixão.

As vigas pré-fabricadas podem atingir uma grande variedade de vãos. A limitação do vão da viga ficará submetida ao seu modelo estrutural, podendo ser em concreto armado ou em concreto protendido.

Em alguns casos, as vigas possuem "dentes de concreto" na sua extensão. Conhecido como dente Gerber ou como apoio em viga com recorte, essas soluções são bastante comuns quando se utiliza concreto pré fabricado.

3.2 Sistemas estruturais em esqueleto

O sistema estrutural em esqueleto, que é aquele composto basicamente por elementos lineares como pilares e vigas, apresenta algumas formas básicas que dependem do tipo dos elementos ou do tipo de ligação existente entre eles. Entre os sistemas mais usuais para edifícios de múltiplos pavimentos, existem os que apresentam pilares engastados na fundação e vigas engastadas nos pilares e o sistema de estrutura com elementos de contraventamento associados com sistema de pavimentos. Os sistemas estruturais em esqueleto são apropriados para construções de alta flexibilidade arquitetônica, ou seja, estruturas que permitem o uso de grandes vãos, ideais para shopping centers, estacionamentos e também de grandes escritórios.

4 ESTABILIDADE DA ESTRUTURA

Diferentemente da estrutura moldada no local, onde os esforços são facilmente transferidos e equilibrados devido ao monolitismo das ligações, nas estruturas de edifícios de múltiplos pavimentos pré-fabricadas não contraventadas, a garantia da total transferência de esforços entre os elementos pode se tornar bastante dispendiosa. Com isso, para que se garanta a eficaz transferência de esforços e um comportamento de pórtico nas estruturas pré-fabricadas, é necessário que exista um sistema complexo de ligações rígidas ou semi-rígidas. Segundo El Debs (2000), a execução de ligações que transmitem esforços entre os elementos podem reduzir as vantagens que são atribuídas ao sistema de pré-fabricação, assim como Van Acker (2002), que também afirma que, teoricamente, todas as ligações deveriam ser monolíticas, mas essa solução pode ser mais cara e dispendiosa, além de retirar as vantagens inerentes à pré-fabricação.

Pensando numa solução eficiente, Van Acker (2002) salienta que a estabilização das estruturas pré-fabricadas contraventadas deve ser garantida por meio de sistemas apropriados de contraventamento de fácil execução no canteiro como engastamento dos pilares nas fundações, garantia do efeito diafragma das lajes ou a combinação entre elas, onde a resistência frente às ações laterais é conseguida pela ação de núcleos ou painéis de contraventamento.

A estabilidade global da estrutura não depende do fato da estrutura ser de concreto pré-fabricado ou não, todavia, quando se trata de estrutura pré-fabricada, é necessária atenção especial, devido às grandes variedades de tipos de ligações entre os elementos estruturais.

4.1 Estruturas pré-fabricadas não contraventadas

Para que uma estrutura não contraventada seja utilizada como solução para edifícios de múltiplos pavimentos ela necessitará de ligações que transfiram seus momentos e esforços, ou seja, de ligações viga-pilar rígidas, fazendo com que a estrutura, como um todo, se comporte como um pórtico.

A estabilidade da estrutura que se comporta como um pórtico é garantida pela continuidade da flexão e do cisalhamento entre pilares e vigas. As estruturas de concreto pré-fabricado que utilizam desse sistema de ligações se aproximam das estruturas de concreto moldado no local, onde a estrutura obtém uma menor deslocabilidade lateral sem necessitar da utilização de núcleos de rigidez.

Para garantir a rigidez das ligações nas estruturas pré-fabricadas, são atribuídas ligações com capacidade de resistir a diversas solicitações. Podem ser utilizados nesse caso, chapas de aço soldadas no topo e na base das vigas, luvas de emendas de barras, entre outras soluções.

Todas essas alternativas de transferir os momentos através das ligações, atribuem à construção características de estruturas convencionais, onde a estrutura, para agir da forma esperada, necessitará de complemento ou de serviço no local de posicionamento final. Além disso, essas ligações são muitas vezes caras e relativamente difíceis de serem executadas.

As ligações entre os elementos estruturais representam um dos principais problemas a serem enfrentados no emprego da pré-fabricação e um dos tópicos mais importantes. A execução de ligações rígidas entre os elementos, visando a transferência de esforços é

bastante efetiva no que propõe mas não é eficiente, já que o princípio primordial da pré-fabricação é a industrialização e a retirada de mão de obra do canteiro.

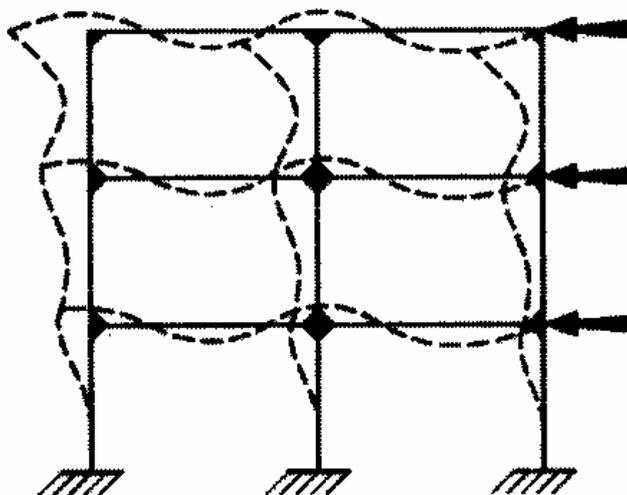


Figura 2 - Deformada de uma estrutura de ligações rígidas

Fonte: Van Acker (2002).

4.1.1 Ligações entre elementos pré-fabricados

As ligações, certamente, fazem parte das principais dificuldades empregadas à pré-fabricação. Elas são as partes mais importantes no projeto de estruturas de concreto pré-fabricado. Em virtude das ligações, um projeto poderá se tornar viável ou não, a depender das dificuldades inerentes à montagem e a própria execução da ligação.

Cabe ao projetista, a depender do sistema estrutural utilizado, escolher as características e tipos das ligações que serão utilizadas nas estruturas. Para isso, a literatura técnica dispõe de diversas soluções possíveis de ligações.

Existem ligações que são capazes de resistir aos mais diversos esforços, entre elas as ligações solicitadas por compressão, tração, cisalhamento, momento fletor e momento de torção. Além disso, as ligações devem obedecer critérios de movimentos, ductilidade, mudança de volume da estrutura, durabilidade, resistência ao fogo, aderência, atrito, entre outros.

Contudo, assim como dito anteriormente, as ligações acarretam a necessidade de mão de obra no local da obra. Além disso, a execução das mesmas podem se tornar caras e dispendiosas. Isso retira em parte, ou totalmente, o princípio básico da pré-fabricação e da industrialização da construção: a racionalização.

4.2 Estruturas pré-fabricadas contraventadas

Para os casos de edifícios que apresentam ações laterais ou deslocamentos horizontais significativos, torna-se útil a aplicação de sistemas adicionais de contraventamento, como núcleos de rigidez ou núcleos de contraventamento, sendo assim denominadas como estruturas com nós fixos. Um grande conveniente desse sistema é a fácil adaptação da sua forma estrutural às áreas sempre existentes nos edifícios de múltiplos pavimentos, como as caixas das escadas ou poços de elevadores. Esses elementos podem ser executados em concreto moldado em loco ou podem ser executados com painéis fabricados. Os núcleos de contraventamento constituem a estrutura principal da edificação.

"Nesse caso, [...] os núcleos se constituem na estrutura principal para garantir a estabilidade global, contraventando os demais pilares." EL DEBS (2000). Do mesmo modo, Van Acker (2002, p. 25) diz que:

Os elementos de contraventamento são tão robustos que a rigidez dos elementos do pórtico e as ligações não são importantes. Assim, os momentos fletores devidos aos deslocamentos são pequenos e os pilares podem apenas fletir entre os pavimentos, como barras bi-rotuladas.

Os núcleos de rigidez são dimensionados para garantir a estabilidade lateral das estruturas de múltiplos pavimentos, entretanto, é necessário que o projetista domine a análise das estruturas e análise dos deslocamentos horizontais.

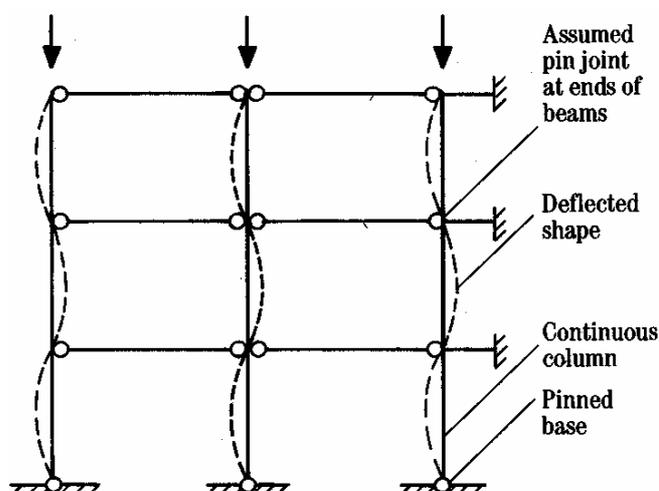


Figura 3 - Deformada principal da estrutura contraventada.

Fonte: Van Acker (2002).

Já que as ligações entre os elementos pré-fabricados são consideradas para muitos especialistas como um dos principais problemas no emprego da pré-moldagem, um sistema que, segundo Van Acker (2000), retira diretamente das ligações a responsabilidade por manter a estrutura estável, pode se tornar uma solução viável e eficiente para a verticalização das estruturas pré-fabricadas, entretanto, sem suprir as vantagens inerentes ao uso da pré-fabricação.

A resistência contra as ações horizontais é garantida pelos núcleos de rigidezes ou núcleos de contraventamento. Nesses casos, para que os esforços horizontais que são submetidos às fachadas sejam efetivamente transferidos, é necessário utilizar a transferência de esforços no plano horizontal das lajes, ou seja, a força horizontal percorre das fachadas para os planos das lajes que encaminham para os elementos de contraventamento verticais. Esse comportamento das lajes é denominado de "*efeito diafragma*".

5 EFEITO DIAFRAGMA DAS LAJES

As lajes nas estruturas de edifícios altos assumem grande importância na resistência da estrutura, frente às ações laterais. As lajes se comportam como corpo rígido no seu plano e são responsáveis pela compatibilização dos deslocamentos correspondentes ao seu pavimento, contribuindo também para a rigidez transversal à flexão de cada subestrutura, comportando-se como placas.

O efeito diafragma das lajes nas estruturas pré fabricadas, além de promover a transferência de esforços do plano na fachada para o plano da estrutura portante vertical, é importante também, segundo El Debs (2000), para garantir a integridade estrutural contra o colapso progressivo.

As lajes funcionam como vigas de grande altura no seu plano. A sua estrutura é submetida a esforços de tração e compressão, podendo ser calculada através de diversos métodos, como o de elementos finitos, com análise linear ou não, além de considerar a deformabilidade das ligações. Estes esforços gerados, tracionarão os banzos das lajes e produzirão cisalhamento entre a própria laje e o elemento de contraventamento da estrutura.

El Debs (2000) diz que a transferência do cisalhamento gerado no plano da fachada vai ser garantida de maneiras diferentes, segundo o tipo de laje existente na estrutura. Caso as lajes possuam capas de concreto armado moldado no local, fazendo parte da seção resistente,

caberá a essa capa essa transferência. Já, quando não houver capa de concreto armado estrutural, caberá às ligações entre os elementos da própria laje, da laje com a estrutura e da laje com o elemento de contraventamento vertical transferir o esforço.

A garantia da transferência do cisalhamento no plano da laje com os demais elementos pode ser de diversos modos: utilizando-se de conectores metálicos, chaves de cisalhamento, graute entre as placas, solda entre barras, chapas soldadas entre painéis e chapas soldadas e conectadas nas vigas.

A armadura do banzo da laje, que tracionará funcionando como um tirante, quando submetido, geralmente é dada através de todo o contorno do pavimento, por conta das diversas possibilidades de direções das cargas horizontais.

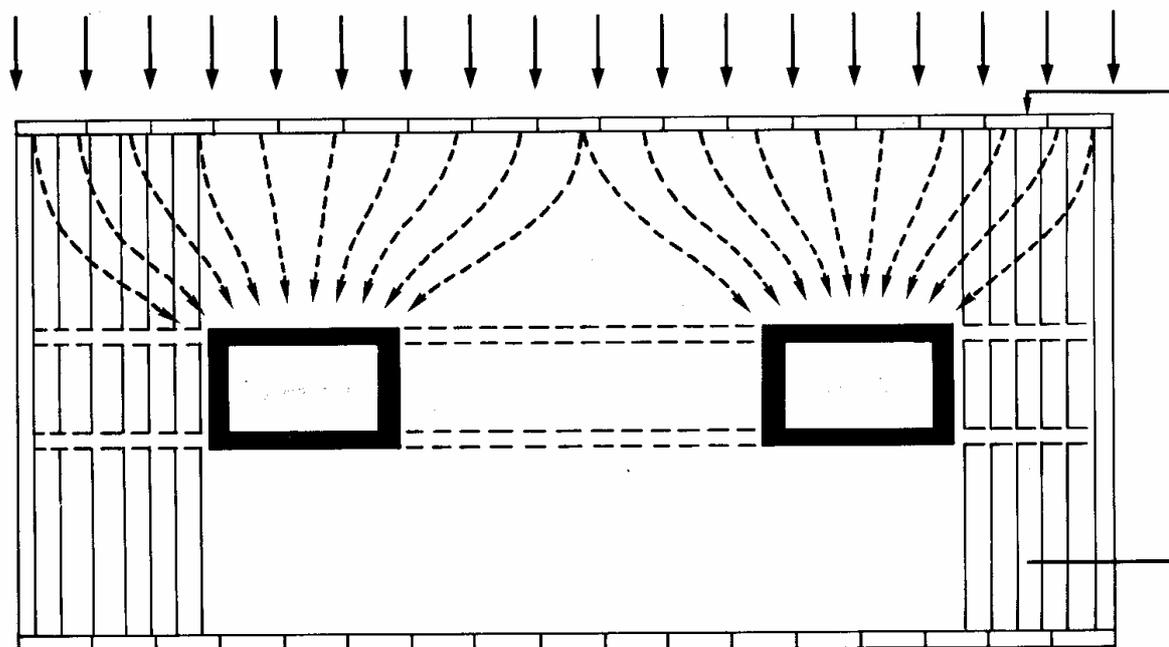


Figura 4 - Princípio da ação de diafragma nos pisos pré-moldados.

Fonte: Van Acker (2002).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho procurou-se explicar sobre as soluções possíveis de sistemas estruturais para se utilizar em edifícios de múltiplos pavimentos e analisar a complexidade da escolha entre as mais diversas soluções existentes. Entretanto, nesse estudo, a solução em estrutura pré-fabricada contraventada por núcleos de rigidez se destacou por apresentar vantagens construtivas significativas em relação às demais, além de citar a importância das ligações entre os elementos estruturais, suas dificuldades de execução e a fundamental importância das lajes nas estruturas pré-fabricadas, funcionando como diafragma rígido no seu plano e colaborando com a estabilidade global e segurança contra o colapso progressivo.

No sistema contraventado por núcleo de rigidez não existe a necessidade de monolitismo das ligações para garantir a estabilidade global. Retirando das ligações a função de elemento principal, é possível se verticalizar muito mais facilmente as estruturas prediais em concreto pré-fabricado no Brasil, tendo em vista que são as ligações responsáveis por grande parte da não utilização massiva da pré-fabricação.

A dificuldade inerente ao processo de pré-fabricação é real, mas, tendo em vista as vantagens que o mesmo sistema propicia e a qualidade na estrutura é notória a necessidade de industrialização da construção.

Atualmente é possível encontrar estruturas sendo construídas como eram construídas nos primórdios da utilização do concreto armado. Para mudar esse panorama e cultura nacional de construção, a pré-fabricação tem e terá papel fundamental nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de pré-fabricados de concreto**. São Paulo, ABCIC, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto e execução de obras em concreto armado (Revisão). Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 1985.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado**: fundamentos e aplicações. São Carlos: EESC-USP, 2000. 441 p.

MARTINS, C.H; ANTUNES, H.M.C.C. **Análise de edifícios altos em teoria de segunda ordem, considerando a rigidez transversal das lajes.** São Carlos: EESC-USP, 2007. 24 p.

PEREIRA, G.S; RAMALHO, M.A. **Contribuições à análise de estruturas de contraventamento de edifícios em concreto armado.** São Carlos: EESC-USP, 2007. 29 p.

SERRA, S. M. B; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos pré fabricados de concreto.** São Carlos: EESC-USP, 2005. 10 p.

VAN ACKER, A. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto.** Tradução de Marcelo de Araújo Ferreira. São Paulo, ABCIC, 2003.