

ANÁLISE DOS TIPOS DE LAJES UTILIZADAS NOS SISTEMAS ESTRUTURAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

SANTOS, DÉBORA DE G. (1); ROMAN, HUMBERTO R. (2)

(1) Eng. ^a Civil, Mestranda em engenharia civil UFSC, R. Lauro Linhares, 1830. Cond. Jardim América. Bl. Argentina. Apt^o 104. CEP 88036-002. Florianópolis - SC. E-mail: ecv3dgs@ecv.ufsc.br

(2) Eng.^o Civil, Prof. Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina; PHD.; Pesquisador do NPC. Fones: (048)3319272/3319702. E-mail: humberto@ecv.ufsc.br

RESUMO

Analizando-se os tipos de lajes existentes no mercado e suas aplicações para edificações de estrutura reticulada e/ ou plana em alvenaria estrutural e os fatores a elas relacionados, desde materiais utilizados até as estruturas auxiliares, buscamos descrever as fases de construtibilidade das lajes e a inserção destas no processo da construção por meio do estudo da adequação ao uso. Com isso evidenciou-se, principalmente, o tempo gasto para montagem da laje e o surgimento de novas tecnologias.

O estudo do processo construtivo das lajes atingiu os seguintes tipos de lajes: maciças, painéis pré-moldados treliçados, e lajes treliçadas. Para proceder a esta análise avaliou-se os materiais utilizados, sua funcionalidade e a adequação dos sistemas construtivos utilizados através do acompanhamento da construção desses tipos de lajes, observando se o processo utilizado minimiza ao máximo os pontos negativos que a laje possa apresentar, principalmente em termos de tempos gastos durante a sua execução.

ABSTRACT

The work deals with the buildability of different types of slabs and the adequacy of their uses with different types of structures, i.e., frame structures or structural masonry. The existing types of slabs currently in use were investigated. Especial attention was given to new types of slabs in the market and time needed to mould them.

The following types of slabs were studied: concrete slab, lattices precast panels, and lattices slabs. The material used, the buildability and adequacy of the different slabs were observed during the construction process.

1. INTRODUÇÃO

Considerando que a laje representa cerca de 50 % do custo de uma estrutura, verifica-se a importância de um estudo mais acurado sobre sua utilização. Sem as lajes as residências e escritórios teriam que necessariamente ser de apenas 1 pavimento, com consequente aumento de custo pela utilização de maior espaço do solo e de aumento do custo das fundações. Além disso a laje é a grande responsável pelo ritmo da estrutura da obra, por isso de acordo com o objetivo, recursos e técnicas disponíveis a empresa opta por determinado tipo de laje.

No que diz respeito à confecção de lajes, presume-se que a sua utilização iniciou no final da década de 20, conforme citado por VASCONCELOS (1985) apud NAPPI (1993): “os pavimentos superiores já começam a apresentar lajes maciças de concreto, em substituição aos assoalhos de madeira (...) Nos edifícios de médio porte e nas poucas edificações com mais de cinco pavimentos são predominantes as estruturas de aço (...) que vão cedendo lugar às de concreto armado, nos dois casos utilizando-se lajes de concreto armado e vedações de alvenaria de tijolos.”

Neste trabalho são mostradas as diferenças entre os processos construtivos dos tipos de lajes abordados, e como essas diferenças interferem na seqüência e velocidade de montagem dos mesmos.

Os prédios observados são todos em alvenaria estrutural e situados nas cidades de Florianópolis e São José no estado de Santa Catarina.

1.1. Processo Construtivo

A indústria da construção brasileira resolveu inovar em seus *processos construtivos*, deixando de lado o modo de construção tradicional, como forma de concorrer no mercado e de se adaptar ao tempo de poucas construções que o país atravessa já a longas datas, e de consumidores exigentes.

De acordo com SOUZA et al. (1994) se obtém a qualidade do projeto quando as soluções adotadas na etapa de projeto têm amplas repercussões em todo o processo da construção e na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente. É nesta etapa que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto, que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho e custos e das condições de exposição a que será submetido o edifício. A qualidade da solução de projeto determinará a qualidade do produto e, consequentemente, condicionará o nível de satisfação dos usuários finais.

Existem diversos tipos de lajes, sendo utilizados tanto nas construções reticuladas como nas em alvenaria estrutural. A alvenaria estrutural é o tipo de estrutura que mais se desenvolveu na construção civil, usada com mais intensidade em países como Inglaterra, Austrália, Alemanha e Estados Unidos. A estrutura é composta de paredes chamadas de contraventamento, que suportam cargas verticais e horizontais, estas últimas provocadas pela ação dos ventos. Ela resiste a grandes tensões de compressão e pequenas tensões de tração. As cargas verticais são aplicadas às paredes através das lajes e pisos, que amarram a estrutura e distribuiu as cargas horizontais. A rigidez lateral é fornecida também pelas escadas, poços de elevadores e de condução de dutos.

Segundo SABBATINI (1987-b) apud ARAÚJO (1995) os processos em alvenaria estrutural “São processos empregados na construção de edifícios e que se caracterizam por utilizar como estrutura suporte um sistema tridimensional de elementos planos construídos por paredes de alvenaria e por lajes, dimensionada segundo métodos racionais e de confiabilidade determinável.”

1.2. Tipos de Lajes Observados

No caso da alvenaria estrutural a laje funciona como um diafragma rígido unindo as paredes e criando desta forma a estabilidade pretendida. Os tipos de lajes empregados na estrutura em concreto armado podem ser usados para a alvenaria estrutural, e em todos os casos deve garantir a resistência da estrutura. Aqui serão abordadas as lajes maciça, os painéis pré-moldados treliçados e vigotes treliçados. As principais diferenças entre os 3 tipos de laje podem ser vistas na Tabela 1.

As lajes pré-moldadas têm seu transporte até o pavimento de forma manual, ou seja, não é necessário o uso de grua. No caso das lajes em painéis, estas têm larguras de 12,5 cm ou 25 cm o que permite o transporte por dois ou três operários.

As lajes são elementos estruturais onde duas dimensões predominam sobre uma terceira. Normalmente as duas dimensões principais estão em um plano horizontal. O seu formato é variável, desenvolvendo-se sobre elas (exceto em coberturas) as atividades normais em um edifício.

Tabela 1: principais diferenças na constituição e execução das lajes pesquisadas.

| Diferenças entre lajes | Moldada no local | | Pré - Moldadas |
|-------------------------------|------------------|--------------------|-----------------|
| | Maciça | Vigotes treliçados | Painéis treliça |
| Facilidade na concretagem | | | |
| Segurança na execução | | | |
| Rigidez estrutural | | | |
| Descontinuidade | | | |
| Consumo de fôrmas | | | |
| Consumo de escoras | | | |
| Consumo de concreto elevado | | | |
| Isolamento térmico e acústico | | | |
| Resistência ao fogo | | | |
| Vence grandes vãos | | | |
| Baixo consumo de aço | | | |
| Uso de material inerte | | | |
| Produção em central | | | |
| Muitos operários | | | |
| Rapidez na execução | | | |
| Limpeza da obra | | | |
| Estanqueidade | | | |
| Acabamento a revestir | | | |

1.3. Materiais Adicionais

Como materiais auxiliares temos as fôrmas para a estrutura maciça e os blocos de isopor para compor juntamente com os vigotes as lajes em vigote treliçado. No mais as lajes são formadas de materiais constituintes, como as barras de aço, eletrodutos e caixas de passagem, entre outros.

A fôrma é um instalação provisória que consome grandes recursos da atividade estrutura e, geralmente, são as responsáveis por grande parte do desperdício da construção quando causa imperfeições diversas na estrutura. Devem ser estanques à água e apresentar resistência para suportar o peso do concreto. Dos tipos de laje investigados somente a maciça apresenta um sistema de fôrma constituído apenas pelos painéis de laje. E neste tipo de laje o sistema de escoramento e cimbramento pode ser de madeira ou metálico. O gasto com fôrmulas na alvenaria estrutural é mínimo pois não há pilares ou vigas, ou seja as chapas são utilizadas geralmente inteiras sem muitos recortes - principal causa dos desperdícios.

Nas lajes pré-moldadas com material inerte tem-se a presença de blocos de EPS que junto com os vigotes formam o plano da laje, neste caso não há necessidade de fôrmulas pois as próprias peças constituintes da laje executam esta função. Possuindo apenas como estrutura de apoio o cimbramento e as escoras, que podem ser metálicos ou de madeira.

A laje maciça apresenta como material auxiliar, sendo posteriormente retiradas, guias para sarrafeamento (mestras) compostas de haste metálica apoiadas sobre tripés plástico com apoio para a haste tipo calha e base rosqueada para dar precisão na medida. É uma inovação em obra que ainda não foi largamente difundida nos canteiros de obra das cidades visitadas.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi executado mediante acompanhamento do processo executivo de cada tipo de laje, desde a montagem do escoramento até a concretagem final e cura. Os fatores observados foram as equipes envolvidas, tempos gastos durante a execução das atividades, materiais utilizados e possíveis alterações no cronograma da obra por atrasos provocados pelos fornecedores ou por condições climáticas.

Compara-se aqui os tempos gastos no processo de execução dos diferentes tipos de lajes, levando-se em consideração os tempos padrões para a montagem das partes e os procedimentos tomados em obra associando a estes as condições e materiais existentes.

A observação consistiu em acompanhar a montagem de cada etapa, associando a estas o pessoal envolvido, seu entrosamento com a atividade, os materiais utilizados - os integrantes da laje e aqueles auxiliares (materiais, ferramentas e equipamentos), ou seja, apenas necessários para facilitar a sua montagem. Houve também entrevistas com os responsáveis pela obra e calculistas envolvidos, além de consultas aos projetos executivos.

Observou-se que as obras reduziram seus quadro de funcionários para tirar partido da velocidade de execução, no caso das lajes pré-moldadas. E que as mesmas utilizam apenas inovações em parte do sistema utilizado, havendo uma inversão, por exemplo: a laje maciça teve escoramento metálico, enquanto que as lajes pré-moldadas tiveram escoramento de toras de madeira.

Os tipos de lajes observados são utilizados por empresas de pequeno e médio porte que trabalham com edifícios residenciais e comerciais, e vão de 2 a 10 pavimentos. Estas empresas trabalham com alvenaria estrutural e estrutura convencional, bem como com outros tipos de lajes.

3. RESULTADOS

Observou-se os três tipos de lajes citados acima, todos em obras de alvenaria estrutural. Estes tipos poderiam ser usados para quaisquer obras, sendo necessário na alvenaria estrutural é primeiro executar todas as paredes para poder iniciar a montagem da laje. Em caso de ocorrência de chuvas ou falta de material para a alvenaria a montagem da mesma será atrasada.

Foi acompanhado todo o processo desde a montagem dos escoramentos, passando pela necessidade ou não de fórmula de madeira, até chegar à concretagem final e à cura do concreto.

Não foi observada a desfórmula devido ao fato de cada obra acompanhada apresentar um procedimento próprio diferenciado. Assim, dependendo do planejamento da obra, o escoramento poderia ser removido ao fim do tempo regulamentar (exigido pela norma brasileira) - não foi adotado jogo de fórmula com faixa de re-escoramento - ou o mesmo permanecer por vários dias, em caso de obra com várias frentes de serviço (vários conjunto de escoramento).

No caso das lajes pré-moldadas as instalações são colocadas ao final, depois de montada toda a armadura inclusive a de distribuição, com a retirada do material inerte no local ou com a quebra do pré-moldado.

Algumas atividades que existem para laje maciça foram eliminadas nas pré-moldadas como: limpeza da fórmula; uso de desmoldante; e montagem das armaduras positivas e negativas. Neste caso as treliças já têm esta função – estas lajes só recebem armadura de distribuição para garantir o monolitismo do conjunto.

As lajes pré-moldadas são de processo transparente e de montagem rápida. Porém exigem um maior cuidado com seu manuseio para evitar acidentes por quedas, já que a laje não apresenta uma superfície plana que sirva de apoio na hora de sua montagem, como é o caso das fórmulas.

4. ANÁLISE

Os tipos de lajes observados aqui apresentam os dados que podem ser vistos na tabela 2. Uma observação importante é com relação ao concreto consumido pois ele foi utilizado para a concretagem da laje e das calhas também. O número de operários não inclui o corpo técnico responsável pelas obras.

A mão de obra utilizada é polivalente, com exceção dos eletricistas que trabalham na obra somente nos dias de montagem dos eletrodutos e caixas de passagens.

A laje com painel treliçado foi a que levou mais dias para a sua execução em virtude da necessidade de se introduzir uma barra de aço a mais em cada painel, apoiada na base do mesmo, sendo esta barra uma armadura positiva complementar à treliça, que não foi incluída na central por não haver espaço no concreto da base. Então foi preciso que os operários colocassem elas uma a uma passando por dentro das treliças, e somando a esta armadura a ferragem de distribuição, colocada perpendicular a mesma.

Tabela 2: principais informação para cada tipo de laje analisada

| | Vigotes treliçados | Painel treliçado | Maciça |
|---------------------------------|---|-------------------------|----------------|
| Área (m²) | 123,28 | 250,52 | 300,00 |
| Quantidade de operários | 10 | 10 | 12 |
| Dias para montagem | 08 | 09 | 07 |
| Número de pavimentos | 02 | 02 | 10 |
| Função | Laje de auditório que irá receber cargas concentradas | Salas de trabalho | 2 apartamentos |
| Concreto (m³) | 14,00 | 21,50 | 28,00 |
| F_{ck} (MPa) | 20 | 20 | 18 |

Além das informações presentes na tabela 2 as obras tiveram:

- mão de obra própria da empresa;
- utilizaram bomba projetada para a concretagem – seja ela total ou de um capeamento de concreto; utilizaram também barras de aço e não telas soldadas;
- não utilizaram qualquer tipo de conexão para vincular as peças – como barras ou chapas metálicas;
- fizeram uso do nível de mangueira para promover o nivelamento das peças – no caso da laje maciça a primeira fiada de blocos foi marcada topograficamente com teodolito;
- dentro da laje foi utilizado eletroduto rígido e caixas de passagem plásticas – os eletrodutos flexíveis foram utilizados somente nas paredes com a conexão junto ao eletroduto rígido feita através de luvas – todos os eletrodutos foram amarrados às demais peças com arame recozido;
- facilidade de montagem da laje pelo fato da empresa já ter adotado este processo construtivo antes;
- as lajes pré-moldadas têm isolamento térmico e acústico;
- a laje maciça utiliza mestras metálicas para orientar o sarrafeamento do concreto, estando apoiadas em tripés plásticos;
- todas as obras apresentaram cimbramento e escoramento em madeira, com exceção da maciça cujo escoramento utilizou peças metálicas e fôrma é de *madeirit* plastificado;
- somente a laje maciça possui elevador de obra – no caso houve o acompanhamento da montagem da sexta laje, nas demais o acesso foi por meio de rampas (ambas são segunda laje de piso);
- as lajes pré-moldadas apresentam projeto de detalhamento das partes constituintes.

De posse dos dados colhidos durante as observações fez-se um tratamento estatístico (utilizando o método do Chi-quadrado) com relação ao número de funcionários participantes da tarefa – montagem total da laje em suas diversas etapas – e a duração da mesma. E constatou-se que com um fator de 1% de significância que a montagem da laje não recebe qualquer influência do número de funcionários envolvidos em sua execução.

Já a quantidade de dias utilizados para a montagem da laje é influenciado pelo tipo de laje utilizado, com o mesmo fator de significância, porém a associação entre eles é de caráter fraco, pois sofre influências de fatores externos à atividade, como por exemplo condições climáticas adversas. Além disso como as empresas procuram se adaptar a vantagem construtiva do tipo de laje adotado ela tende a reduzir o número de funcionários e utilizar sistemas convencionais nas demais etapas de montagem da laje.

5. CONCLUSÃO

Durante o experimento observou-se que apesar dos processos construtivos das lajes diferirem entre si, quanto a forma dos materiais constituintes e do controle dos mesmos, o tempo gasto nas suas montagens tornaram-se próximos pelo fato das empresas associarem a vantagem de execução rápida de cada tipo com a diminuição da mão de obra que fará o serviço, além disso, mesmo com um planejamento adequado das etapas de execução ocorreram atrasos devido ao não cumprimento de prazos de entrega de materiais por parte dos fornecedores de blocos ou peça pré-moldada.

Um outro fator determinante do tempo de execução de uma laje é o fator climático, ou seja a chuva, pois a própria alvenaria não pode ser erguida em tais condições. Em consequência disto, a laje tem seu início de montagem atrasado. No caso das obras analisadas, a execução das lajes no caso das pré-moldadas, ocorreram justamente no período chuvoso das cidades de em que ocorreu a coleta de dados.

6. BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, H. N. *Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso*. Florianópolis, 1995. 117 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Curso de pós-graduação em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado: *procedimento*. NBR 9062. Rio de Janeiro: Set., 1985. 66p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Projeto e execução de obras de concreto armado: *procedimento*. NBR 6118. Rio de Janeiro: 1982. 76p.

BATISTA, A. M. Fôrmas de madeira e cimbramento metálicos: reflexões sobre a sua aplicação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRA E DE ESTRUTURAS DE MADEIRA - EBRAMEM, 6, 1998, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 1998. Vol.4, p.385-394.

FUSCO, P. B. *Estruturas de Concreto: fundamentos do projeto estrutural*. 1^a edição. São Paulo: McGraw Hill do Brasil Ltda., 1997. 298 p.

HENDRY, A. W., SINHA, B. P., DAVIES, S. R. *Design of masonry structures*, 3^a edição, London: E & FN SPON, 1997.

Manual Técnico Sistema Treliçado Global. 1^a edição. São Paulo: SINPROCIM – ABILAJE, 1998. 90p.

NAPPI, S. C. B. *Análise comparativa entre lajes maciças, com vigotas pré-moldados e nervuradas*. Florianópolis, 1993. 85p. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

PREMENGE. Sistema premenge – a armadura treliçada. [online] Disponível na Internet via www. URL: <http://209.130.22.189/sistema.htm>. Arquivo capturado 11 de dezembro de 1998.

Reinforced and Prestressed Mansory. University of Edinburgh. August, 1998. 19 p.

ROMAN, H. R., MUTTI, C. N., ARAÚJO, H. N. *Alvenaria estrutural: conceitos básicos*. 1^a edição. Florianópolis: BLOCAUS pré-fabricados LTDA. 27p.

SCHNEIDER, R. R., DICKEY, W. L. *Reinforced Mansory Design*. 3^a edição. New Jersey: Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics, 1994. p. 486-517 and 586-596.

SERPELL, A. Administracion de Operaciones de Construcción. In: _____. *Seguimiento y control del proceso de construcción*. 1^a Edición. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile, 1993. Cap.6, p.165-194.

SOUZA, R., MEKBEKIAN, G., SILVA, M. A. C., LEITCO, A. C. M. T., SANTOS, M. M. *Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras*. 1^a edição. São Paulo: CTE/SEBRAE - SP, SINDUSCON - SP, 1994. 247p.