

LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS, NERVURADAS COM CUBAS PLÁSTICAS E NERVURADAS TRELIÇADAS: ANÁLISE COMPARATIVA¹

Djiovani Dalben², Marcelle Engler Bridi³.

¹ Projeto de pesquisa realizado no curso de bacharel em Engenharia Civil na disciplina de projeto de trabalho de conclusão de curso

² Aluno do curso de Engenharia Civil do campus de Santa Rosa

³ Professora Mestre do departamento das ciências exatas e Engenharia da UNIJUI/RS. E-mail: marcelle.bridi@gmail.com

1. Introdução

A construção civil cresceu significativamente nos últimos anos e sua projeção é continuar evoluindo, por isso novas técnicas e matérias materiais vêm sendo empregados nas obras civis com a finalidade de potencializar o desempenho das construções e principalmente reduzir custos (SILVA, 2010). A cobrança no que se refere ao comportamento estrutural e a relação custo benefício ainda é um grande desafio entre os engenheiros estruturais (VIZOTTO; SARTORTI, 2010). Por isso, diante das diversas alternativas de estruturas, cabe ao engenheiro buscar dentro das possibilidades a melhor solução estrutural, que resulte na economia da obra (FARIA, 2010).

Atualmente, existem diversos sistemas estruturais que empregam lajes de concreto armado, a exemplo: lajes maciças, lajes nervuradas (pré-fabricadas ou moldadas no local “in loco”), mistas e entre outras (LOPEZ; BONO; BONO, 2013). As lajes maciças, nervuradas treliçadas e nervuradas com cubas plásticas são as lajes mais difundidas nas edificações, o que justifica um estudo mais detalhado, destacando suas vantagens e desvantagens no emprego da construção civil (CARVALHO, 2012).

De acordo com Spohr (2008) já vem sendo feitos vários trabalhos isoladamente sobre os sistemas estruturais, porém, percebe-se uma carência na literatura técnica de comparação entre eles, que poderia servir como base para os profissionais e ao meio acadêmico, para a concepção estrutural.

Neste contexto, o presente artigo tem como principal objetivo analisar qual a melhor alternativa construtiva para a execução de lajes de um pavimento. Em segundo plano, entender o funcionamento estrutural das lajes nervuradas com cubas plásticas, maciças convencionais e nervuradas treliçadas.

Para a obtenção dos objetivos propostos, foi feita uma revisão bibliográfica, utilizando livros, normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), trabalhos de conclusão de curso (TCC'S) e artigos sobre o assunto proposto. Cabe ressaltar, que para a obtenção e pesquisa dos artigos e TCC'S está sendo utilizado o portal de periódicos da CAPES.

2. Estudo das Lajes

As estruturas laminares ou elementos de superfície são constantemente empregados na construção civil e essas lajes podem ser definidas (VIZOTTO; SARTORTI, 2010). Araújo (2014), às define

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

como elementos bidimensionais planos, cuja espessura é bem menor que as outras duas dimensões, e que são solicitadas por cargas perpendiculares ao seu plano médio.

Ainda, Araújo (2014) define a função básica das lajes, que recebem as cargas de utilização da edificação, aplicadas nos pisos, e emitem às vigas. Outrossim, as lajes tem a função de distribuir os aços horizontais entre os elementos estruturais de contraventamento (ARAÚJO, 2014). Desta forma, as lajes podem ser consideradas como elementos estruturais bidimensionais que desempenham dupla função de resistir aos esforços normais justapostos perpendicularmente ao seu plano e aos esforços tangenciais aplicados paralelamente a este plano (LOPES, 2012).

2.1 Lajes Maciças

As lajes convencionais maciças podem ser consideradas como o sistema estrutural de laje mais utilizado e propagado no meio técnico (VIZOTTO; SARTORTI, 2010). ARAÚJO (2014), ás define como placas com espessuras uniformes, apoiadas ao longo do seu perímetro e para os apoios, podem ser utilizadas vigas ou alvenarias.

O processo de montagem das lajes convencionais é simples (LOPES, 2012). Primeiramente executa-se a montagem das fôrmas (madeira compensada, chapas metálicas e etc.) e cimbramentos, em seguida posicionam-se as armaduras para garantir o cobrimento mínimo dos espaçadores (VIZOTTO; SARTORTI, 2010). Por fim, posicionam-se os eletrodutos e concretam-se a laje (LOPES, 2012). Como vantagens e desvantagens desse sistema, pode-se mostrar na Tabela 1.

Lajes Maciças Convencionais	
Vantagens	Desvantagens
São estruturas mais rígidas, pois por possuírem muitas vigas a estrutura acaba tendo diversos pórticos, auxiliando no contraventamento (ALBUQUERQUE, 1999).	Grande consumo de concreto, aço, fôrmas e escoras (CARVALHO, 2012).
É um dos métodos mais executado nas construções de concreto armado, tornando assim, a mão de obra treinada (SPOHR, 2008).	Elevado peso próprio, o que resulta em maiores reações de apoio (LOPES, 2012).
Tem boa capacidade de redistribuição de esforços (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).	Elevado consumo de mão-de-obra relativo a profissionais como: carpinteiros, serventes, pedreiros e armadores (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).
É adequada para situações de singularidades estruturais (exemplo: 01, 02 ou 03 bordos livres) (CARVALHO, 2012).	Facilidade de propagar ruídos entre pavimentos (CARVALHO, 2012).
	Custo relativamente elevado (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).
	Demanda grande quantidade de tempo para a execução das fôrmas e para a desforma (LOPES, 2012).

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens da Laje Maciça Convencional

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

2.2 Lajes nervuradas com cubas plásticas

As lajes nervuradas são utilizadas para vencer grandes vãos, geralmente maiores que 08 metros (CARVALHO, 2012). Esse sistema construtivo pode ser definido, conforme ABNT NBR 6118 (2014), como lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, em que a zona de tração para momentos positivos esteja estabelecida nas nervuras entre as quais se permite colocar material inerte.

Esse sistema construtivo de laje é constituído por várias vigas solidarizadas entre si pela mesa, que juntas formam uma seção transversal em forma de T e funcionam, estaticamente, de maneira intermediária entre placa e grelha (BOCHI e GIONGO, 1993 apud ARAÚJO, 2008).

Para a execução da montagem das lajes nervuradas é sempre importante verificar as especificações do fabricante, para assim, começar a executar o nivelamento do piso e em seguida a montagem do escoramento (geralmente metálico) das cubas plásticas (SILVA, 2005). Posteriormente, inicia-se a montagem das fôrmas de prolipropileno (cubas plásticas), apoiando essas, direto no escoramento metálico (SILVA, 2005). Por fim, coloca-se a armadura longitudinal principal e depois a armadura de distribuição e executa-se a concretagem, cuidando para que o concreto seja vibrado (SILVA, 2005). O sistema construtivo de laje nervurada possui diversas vantagens, sendo elas demonstradas na Tabela 2.

Lajes Nervuradas Com Cubetas Plásticas	
Vantagens	Desvantagens
Em comparação com as lajes maciças, a laje nervurada apresenta maior inércia, o que possibilita maiores vãos entre os pilares, facilitando projetos (SPOHR, 2008).	As edificações apresentam menor rigidez as ações laterais, em virtude da diminuição dos pórticos na estrutura (DANTAS; NASCIMENTO, 2009).
Possui um bom desempenho no que se refere à capacidade de redistribuição dos esforços (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).	Custo de locação das fôrmas pode inviabilizar a construção, caso não seja cumprido o cronograma (ARAÚJO, 2008).
Os pilares podem ser locados conforme a necessidade do projeto arquitetônico, sem a necessidade de alinhamento (DANTAS; NASCIMENTO, 2009).	Necessita de mão-de-obra qualificada para não prejudicar a produtividade, ocasionando assim mais custo (ARAÚJO, 2008).
Proporciona o reaproveitamento das fôrmas e cubas (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).	Opções de alturas limitadas, em virtude da fabricação padronizada das cubetas plásticas (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).
O posicionamento das alvenarias não fica limitado pelas vigas, resultando em uma maior liberdade do projeto arquitetônico (SPOHR, 2008).	Necessita de acabamento, utilizando forro falso de gesso acartonado ou material similar (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).
Agilidade no processo construtivo, chegando a um ciclo médio de execução de 7 dias por pavimentos de 450 metros quadrados (SPOHR, 2008).	O efeito de punção é um dos principais problemas desse sistema, em virtude da grande concentração de tensões oriundas das cargas normais aplicadas perpendicularmente ao plano médio da laje (DANTAS; NASCIMENTO, 2009).
Facilidade de execução, pois as vigas são contidas na própria laje (vigas baixas), diminuindo recortes e agilizando a execução da montagem das fôrmas (SPOHR, 2008).	

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens das Lajes Nervuradas com Cubetas Plásticas

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

2.3 Lajes Nervuradas Treliçadas

As lajes formadas por vigotas pré-moldadas treliçadas são amplamente utilizadas no Brasil (CUNHA, 2012). Podem ser definidas, de acordo com ABNT NBR 14860 (2002), como laje de seção maciça ou nervurada, composta por nervuras principais longitudinais dispostas em uma única direção. Além disso, a norma citada estipula que podem ser utilizadas nervuras transversais perpendiculares as principais.

MERLIN (2006) elenca os elementos que compõem a laje nervurada treliçada, sendo: elementos lineares pré-moldados (nervuras) dispostos em uma direção, elementos de enchimento entre as nervuras e capa de concreto.

Após serem confeccionadas, as treliças são transportadas até a obra e posicionadas nos apoios (MERLIN, 2006). Depois de posicionadas, as treliças recebem apoios provisórios (escoramentos), para que a laje não se deforme inicialmente (MERLIN, 2006). Em seguida, se coloca os elementos de enchimento entre as treliças e se realiza a concretagem (MERLIN, 2006). No momento em que o concreto atingir a resistência necessária de projeto, retira-se o escoramento (MERLIN, 2006). O sistema construtivo de laje nervurada treliçada apresenta vantagens e desvantagens, como mostra a Tabela 3.

Lajes Nervuradas Treliçadas	
Vantagens	Desvantagens
Redução do peso próprio, resultando em menos cargas nas fundações (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	Dificuldade de se realizar as instalações prediais (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2004).
Possibilidade de colocar as tubulações elétricas entre a capa de concreto e a base de concreto pré-moldado (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	Deslocamentos transversais bem maiores do que as lajes maciças (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2004).
Em virtude do bom acabamento da base das treliças, geralmente se utiliza uma camada fina para a regularização da superfície (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	Carregamento em apenas uma direção nas vigas de contorno (FLÓRIO, 2003).
Redução drástica das fôrmas (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	
Permite a continuidade das lajes, apenas utilizando armadura negativa entre os apoios, sem que ocorra problema de fixação (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	
Reduz a quantidade de estoque, materiais e pessoas na obra. Além disso, reduz o número de ferreiros, carpinteiros e armadores, resultando em uma maior produtividade (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	
Reduz prazo de execução da obra (SPOHR APUD MUNIZ, 2008).	

Tabela 3: Vantagens e Desvantagens da Laje Nervurada Treliçada

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

3. Conclusões e Considerações Finais

É possível afirmar que para analisar a melhor alternativa de lajes devem-se levar em consideração os custos de material, mão de obra, tempo de execução, recursos e etc. Desta forma, pode-se observar a importância de se analisar a estrutura que será adotada na edificação com cuidado, para que ocorra economia podendo a mesma ser utilizada para outras etapas da obra. Esse artigo deve-se na comparação de vantagens listadas por autores que realizaram trabalhos sobre as alternativas de lajes. Para trabalhos futuros, pode-se analisar a influência da redução de cargas nas fundações ou a influência do efeito de segunda ordem em edifícios com diversos pavimentos utilizando diferentes tipos de lajes.

4. Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-6118: Projeto de estruturas de concreto- Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. NBR 14860: Laje pré-fabricada – Pré-laje – Requisitos – Parte 1: lajes unidirecionais. Rio de Janeiro, 2002.
- ALBUQUERQUE, Augusto Teixeira de. Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado. 1999. 97 pag. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.
- ARAÚJO, Anderson da Rosa. Estudo técnico comparativo entre pavimentos executados com lajes nervuradas e lajes convencionais. 2008. 150 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- ARAÚJO, José Milton de. Curso de Concreto Armado. Ed. Dunas – Rio Grande, 4ª ed, RS 2014.
- BOCHI JUNIOR, C. F; GIONGO, J.S. Lajes nervuradas: análise comparative entre o cálculo aproximado e cálculo usando a teoria das grelhas. 443 pg. 1993. III Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto. São Paulo.
- CARVALHO, Mailson Castelão de. Análise Comparativa estrutural e econômica entre as lajes maciça, nervurada treliçada e nervurada com cuba plástica em em edifício de 10 pavimentos. 2012. Pág 79. Dissertação (Dissertação (trabalho de conclusão de curso) – Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana.
- CARVALHO, Roberto Chust.; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado – Segundo NBR 6118:2003. 3ª edição. São Carlos: EdUFSCar, 2004.
- CUNHA, Mateus Ortigosa. Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com armação treliçada. 199p. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos. São Carlos.
- DANTAS, Maria Fernanda Costa; NASCIMENTO, Sérgio Carlos Salles. Análise Comparativa entre Sistemas Estruturais Convencionais e Estruturas de Lajes Nervuradas em Edifícios. Salvador. Universidade Católica do Salvador, 2009.
- FARIA, M. P. Estruturas para edifícios de concreto armado: análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas. 2010. 97 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: XXIII Seminário de Iniciação Científica

Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LOPES, André Felipe de Oliveira. Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento. 2012. 131 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro acadêmico do agreste- CAA, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru.

LOPEZ ,André F. de O.; BONO, Giuliana F. F.; BONO, Gustavo. Análise numérica comparativa entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento. In. Mecânica Computacional Volume XXXII, págs 3 Pág 19-22, 2013.

MERLIN, Andrei José. Análise probabilística do comportamento ao longo do tempo de elementos parcialmente pré-moldados com ênfase em flechas de lajes com armação treliçada. 2006. 320 p. Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

SILVA, Lucas. Estudo Comparativo entre lajes nervuradas e maciças em função dos vãos entre apoios. 2010. 99 pág. Dissertação (trabalho de conclusão de curso) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SILVA, Marcos Alberto Ferreira da. Projeto e construção de lajes em concreto armado. 2005. 239 f. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

SPOHR, Valdi Henrique. Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas-. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria: UFSM, 2008. 108p.

VIZOTTO, Itamar; SARTORTI, Artur Lenz. Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa. In. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, Pág 19-28, 2010.