



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LAJES NERVURADAS ATEX X LAJES NERVURADAS TRELIÇADAS

COMPARATIVE STUDY BETWEEN ATEX NERVURED LOEKS X TRULIATED NERVURED LOAVES

Rodrigo Braz Horta Madsen¹

Thiago Bomjardim Porto²

RESUMO: Este artigo tem por objetivo comparar dois sistemas estruturais de lajes em concreto armado, as nervuradas “atex” e as nervuradas treliçadas, fazendo uma análise minuciosa de vantagens, desvantagens e custos de ambos métodos. Devido ao grande número de métodos distintos presentes no mercado atual, esta pesquisa pretende disponibilizar à comunidade de projetistas estruturais uma análise adequada técnica e financeira dos sistemas de lajes abordados, elaborando um referencial teórico que trata de conceitos básicos sobre o tema, caracterizando os critérios de projetos e as peculiaridades e procurando comparar analiticamente os dois métodos pesquisados. Como resultado, espera-se obter uma análise crítica dos sistemas estudados com um comparativo de consumo de aço e concreto e de viabilidade técnica e econômica.

Palavras chave: Concreto Armado; Lajes Nervuradas; Lajes Treliçadas.

ABSTRACT: This article aims to compare two structural systems of slabs in reinforced concrete, the "atex" ribbed and the trussed ribs, making a thorough analysis of the advantages, disadvantages and costs of both methods. Due to the great number of different methods present in the current market, this research intends to provide to the community of

¹ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

² Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

structural designers an adequate technical and financial analysis of the systems of slabs approached, elaborating a theoretical reference that deals with basic concepts on the subject, characterizing the criteria of projects and peculiarities and trying to compare analytically the two methods surveyed. As a result, it is expected to obtain a critical analysis of the studied systems with a comparative of consumption of steel and concrete and technical and economical feasibility.

Keywords: Armed Concrete; Lajes Nervuradas; Slabs.

1. INTRODUÇÃO

O índice populacional do Brasil aumentou cerca de 20 vezes de 1872 a 2010, segundo CENSO/2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Estima-se, hoje, que somos mais de duzentos e quatro milhões de brasileiros. Desse total, o IBGE constatou no último CENSO que 84% em média da população brasileira encontram-se morando em zonas urbanas. Com o crescimento sem planejamento de nossos centros urbanos e a demanda por moradias para comportar este aumento temos a verticalização de nossas cidades, sempre com o objetivo de aglomerar uma quantidade maior de pessoas por metro quadrado.

Tal crescimento desordenado forçou a construção civil a desenvolver novas tecnologias e metodologias que auxiliassem na redução do tempo de construção, custo e disponibilizassem um maior vão entre pilares para melhor aproveitamento da área total construída, tanto comercial quanto residencial.

Duas dessas tecnologias serão expostas nesse trabalho, as lajes nervuradas ATEX e as lajes nervuradas treliçadas, com o intuito de auxiliar na compreensão das tecnologias para sua maior difusão nos projetos dos grandes e pequenos centros, possibilitando assim encontrar em um futuro próximo, mão de obra especializada e disponibilidade técnica em estoque em todo território brasileiro.

2. OBJETIVOS

Este artigo tem como objetivo central apresentar um comparativo entre os dois sistemas de lajes mencionados anteriormente, para facilitar o entendimento e auxiliar na

escolha de qual sistema usar, apresentando um dimensionamento padrão de um pavimento tipo fictício.

Tal dimensionamento será realizado com a utilização das tabelas de BARES e será feito tanto para lajes nervuradas, como para lajes treliçadas. Conforme pode ser visto a seguir.

Lembrando sempre que para ambos os sistemas, necessitamos de disponibilidade técnica e de matéria prima necessária no local de execução da obra.

3. PROBLEMA E METODOLOGIA

Na definição de qual método construtivo utilizar em um empreendimento o calculista necessita seguir algumas diretrizes de custo/benefício, como por exemplo dar prioridade a métodos disponíveis no local de execução da obra, pois se caso não houver a disponibilidade no mercado local, qual será o custo para levar essa tecnologia até o canteiro de obras, essa solução estrutural é economicamente viável frente a outros métodos?

Esse trabalho pretende apresentar uma análise comparativa entre duas das soluções estruturais disponíveis no mercado. Inicialmente será apresentado um referencial teórico apresentando as tecnologias e comparando as vantagens, desvantagens e custos das mesmas.

Em seguida será apresentado os dados resultantes da análise dos dimensionamentos, sendo feita uma análise percentual de consumo de aço (em Kg) e Concreto (em m^3/m^2) para então concluirmos o raciocínio definindo qual sistema sobressai e em qual situação.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

As lajes nervuradas são constituídas por um conjunto de vigas que se cruzam, interligadas por uma mesa ou capa de compressão, resultando na redução do peso próprio da estrutura e em um melhor aproveitamento do aço e do concreto.

Esse elemento estrutural tem comportamento intermediário entre laje maciça e grelha, a resistência à tração é concentrada nas nervuras, e os materiais de enchimento têm como função única substituir o concreto, sem colaborar na resistência, já a resistência a

compressão se concentra na capa de concreto, onde deve ser colocada uma armadura de distribuição que fica responsável por combater os esforços de retração, consolidar a estrutura da nervura com a capa, efetuar um controle da abertura de fissuras e efetivar a distribuição das cargas pontuais.

Segundo a NBR 6118:2014, lajes nervuradas são:

Lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte. (NBR 6118:2014).

Nesse item, apresentam-se os dois sistemas de lajes em estudo, ATEX e Treliçadas, e suas principais utilizações, vantagens e desvantagens em um comparativo entre os dois métodos.

4.1 Lajes nervuradas “ATEX”

As lajes nervuradas “ATEX” ou simplesmente Lajes Atex, chegaram ao Brasil em 1991 com a empresa Atex do Brasil trazendo uma tecnologia inovadora de formas plásticas conhecidas como Formas Atex para lajes nervuradas, a primeira obra executada no país foi a ampliação da Academia Mineira de Letras e hoje a empresa conta com um know-how de mais de 25 milhões de m² de Lajes Atex executadas no país, segundo site da empresa.



Figura 1 – Laje Atex.

Fonte: ATEX DO BRASIL.

Essas lajes podem ser apoiadas sobre vigas tradicionais, vigas faixas (largura maior que altura), lajes cogumelos, estruturas pré-moldadas, estruturas metálicas e também podem ser protendidas para obtenção de grandes vãos (~20m).

4.1.1 *Vantagens*

- Reaproveitamento das formas.
- Melhor acabamento.
- Facilidade na montagem e no escoramento.
- Desforma após 3 dias (dependendo do concreto utilizado).

4.1.2 *Desvantagens*

- Formas Alugadas.
- Difícil encontrar fora de grandes centros.
- Necessário uso de produtos desmoldantes.

4.2 **Lajes nervuradas treliçadas**

Lajes nervuradas treliçadas ou simplesmente lajes treliçadas surgiram no período pós segunda guerra mundial para substituir as lajotas pré-moldadas que já apresentavam algumas deficiências, foi muito utilizada na reconstrução dos países que foram devastados pela guerra e no Brasil esse tipo de laje já é utilizado a mais de 25 anos, mas sua grande difusão e crescimento se deu a partir da década de 90.

As Lajes Treliçadas são pré-fabricadas, normatizadas pela NBR14859/2016, tem a armação no formato de uma treliça espacial que são formadas por um sistema de eletrosoldas de modo a construir duas treliças planas unidas pelos vértices, onde as diagonais proporcionam rigidez ao conjunto, melhorando as condições de manuseio e transporte da peça.

Entre as lajotas são utilizados geralmente inertes cerâmicos ou de Poliestireno Expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor (marca registrada pela empresa Knauf), e pode ser armada em 1 ou nas duas direções.

Lembrando sempre que devido ao peso específico do EPS (10 a 25 Kg/m³) ser consideravelmente menor que o peso específico do bloco cerâmico (tijolo furado = 1300 Kg/m³), a utilização do EPS reduz a carga permanente da estrutura, descarregando vigas e pilares.



Figura 2 – Laje Treliçada com inerte de EPS.

Fonte: TIJOLAJE.

Existem atualmente disponíveis no mercado várias treliças padronizadas com diferentes alturas e comprimentos. Abaixo, para ilustrar melhor, segue uma tabela retirada do manual técnico de lajes treliçadas da ArcelorMittal.

Especificações do Produto						
Modelo	Designação	Altura (h) (mm)	Composição/Fios			Peso Linear (kg/m)
			Superior (ø S)	Diagonal (ø D)	Inferior (ø I)	
TB 8L	TR 8644	80	6,0	4,2	4,2	0,735
TB 8M	TR 8645	80	6,0	4,2	5,0	0,825
TB 12M	TR 12645	120	6,0	4,2	5,0	0,886
TB 12R	TR 12646	120	6,0	4,2	6,0	1,016
TB 16L	TR 16745	160	7,0	4,2	5,0	1,032
TB 16R	TR 16746	160	7,0	4,2	6,0	1,168
TB 20 L	TR 20745	200	7,0	4,2	5,0	1,111
TB 20R	TR 20756	200	7,0	5,0	6,0	1,446
TB 25M	TR 25856	250	8,0	5,0	6,0	1,686
TB 25R	TR 25858	250	8,0	5,0	8,0	2,024
TB 30M	TR 30856	300	8,0	5,0	6,0	1,823
TR 30R	TR 30858	300	8,0	5,0	8,0	2,168

Comprimento: 8,10 e 12 m. Outras dimensões sob consulta.

Figura 3 – Especificações do Produto

Fonte: ArcelorMittal.

A designação de uma treliça, acompanha a seguinte orientação, como exemplo vamos analisar a TR08644: as duas primeiras letras indicam o tipo (TR – Treliçada), os dois primeiros números indicam a altura da treliça (08 cm), o terceiro número indica o diâmetro em mm do fio superior (6,0 mm), o próximo da diagonal ou sinusóide (4,0 mm) e o último número, o diâmetro do fio inferior (4,0 mm). Facilitando assim a conferência do produto que foi especificado, pelo calculista, no canteiro de obra.

A laje treliçada unidirecional necessita de armadura transversal às treliças, para travamento em nervuras secundárias moldadas “in-loco”, segundo a NBR 6118:2014 no item 6.1.1.3.

Nas lajes armadas em uma só direção, são necessárias nervuras transversais sempre que haja cargas concentradas a distribuir ou quando o vão teórico for superior a 4 m, exigindo-se duas nervuras, no mínimo, se esse vão ultrapassar 6 m (NBR 6118:2014).

Já nas lajes bidirecionais o espaçamento entre as nervuras é definido pelo calculista. Para execução dessas nervuras transversais, são afastados os inertes a uma distância mínima de 10 cm, onde é colocado uma ferragem corrida passando na parte inferior da nervura e dentro da treliça, como podemos ver no esquema abaixo.

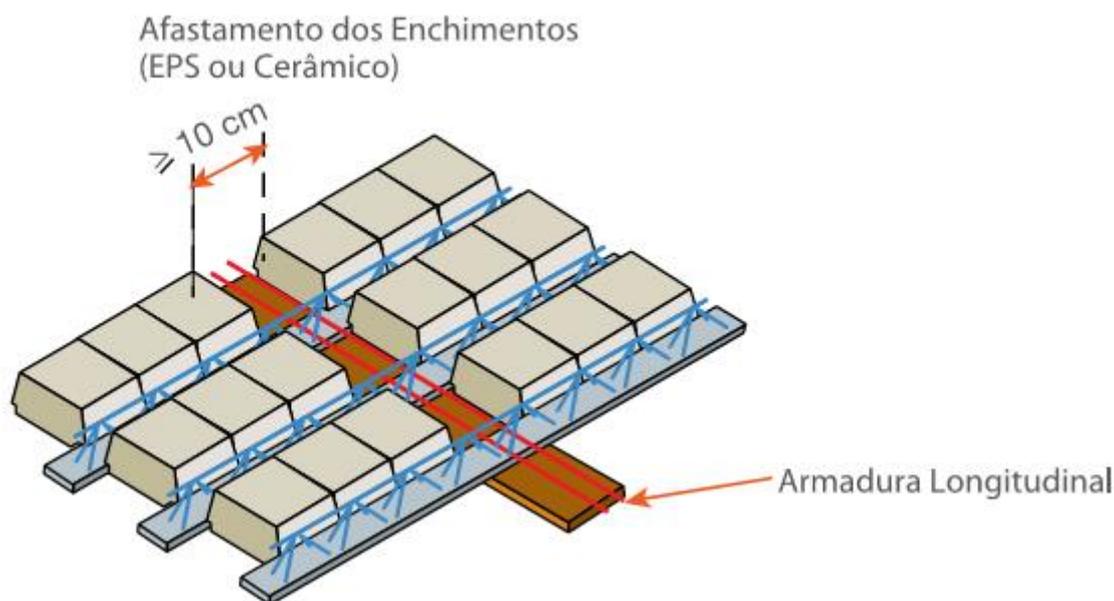


Figura 4 – Detalhe de Nervura Transversal
Fonte: ArcelorMittal.

4.2.1 Vantagens

- Pré-moldadas.
- Permite a execução de teto plano.
- Maior isolamento térmico e acústico (quando usado inerte de EPS)

4.2.2 Desvantagens

- Várias empresas no mercado com baixa fiscalização, podendo haver não conformidades nos produtos.
- Transporte exige cuidados para evitar microfissuras.
- Possíveis dificuldade de execução em empreendimentos de grande altura.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Para caráter comparativo e amostral do estudo em questão, foi realizado o dimensionamento de um pavimento tipo de um restaurante fictício, com 5 lajes e sem alvenaria diretamente sobre as lajes, área total de 461,95m².

O pavimento em estudo, inicialmente foi projetado seguindo a metodologia das lajes nervuradas Atex e posteriormente as metodologias das lajes nervuradas treliçadas.

Foram considerados os mesmos parâmetros de vãos, carregamentos, resistência do concreto ($f_{ck} = 25,0$ Mpa) e do aço nos dois dimensionamentos para passar mais lisura e maior confiabilidade. Para o cálculo foi utilizado as prescrições da NBR 6118:2014 e as tabelas elaboradas por BARES, adaptadas por LIBÂNIO M. PINHEIRO, P.R. WOLFENSBERGE E RAPHAEL V. ZUBEN.

A seguir a planta baixa do pavimento tipo fictício em análise.

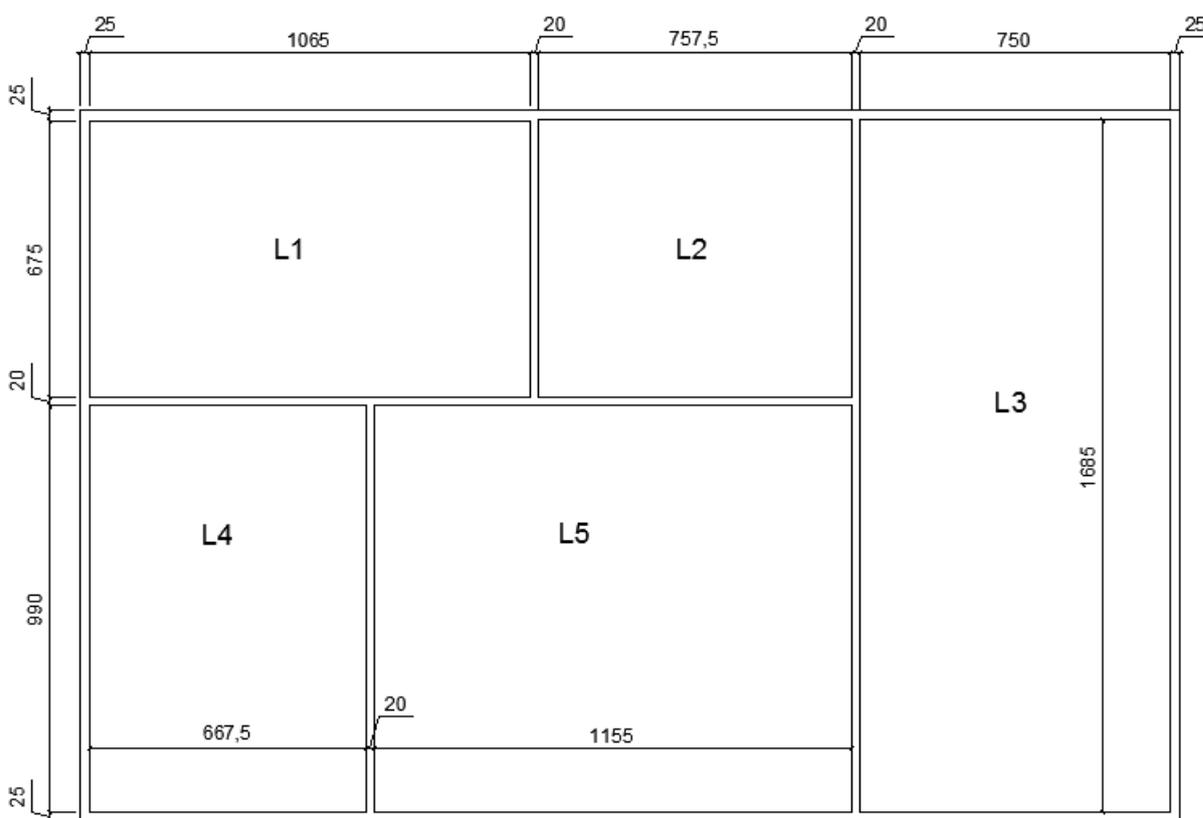


Figura 5 – Projeto fictício para dimensionamento comparativo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

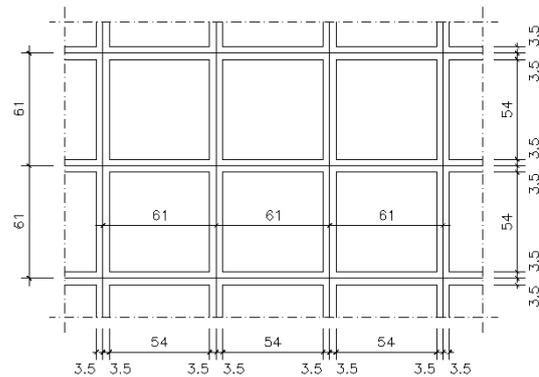
Abaixo seguem os resultados dos dimensionamentos das lajes acima, seguindo as metodologias de cálculo para laje Atex e para laje treliçada.

5.1 Resultados dimensionamento laje nervurada Atex 610 (18 + 10,0)

Abaixo seguem dados do dimensionamento do pavimento tipo fictício utilizando Laje Nervurada Atex 610 (18+10).

Carregamento

Peso Próprio	3,65
<u>Revestimento</u>	<u>1,00</u>
Permanente (g)	4,65
<u>Sobrecarga (q)</u>	<u>3,00</u>
Total (p)	7,65 kN/m ²



DETALHE TÍPICO ATEX 610

Verificação da Flecha

$$b_f = 61 \text{ cm} \quad I_{x,nervu} = 31367 \text{ cm}^4/\text{nervu} \quad h_{eq} = \sqrt[3]{\frac{12 \times 31367}{61}} = 18,34 \text{ cm}$$

Maior laje: Laje 5 – Tipo 5A

$$\frac{b}{a} = \frac{1175}{1012,5} = 1,16 \approx 1,15 < 2,0 \rightarrow \text{laje armada nas duas direções}$$

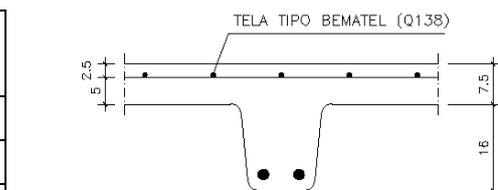
$$E_{cs} = 0,86 \times 5600 \times \sqrt{25} = 24080 \text{ MPa} = 2408 \text{ KN/cm}^2$$

$$f_i = 2,54 \times \frac{(4,65 + 0,4 \times 3,00) \times 10,125^4}{2408 \times 18,34^3} \times 100 = 1,05 \text{ cm}$$

$$f_t = 2,46 \times 1,05 = 2,59 \text{ cm} \leq f_{adm} = \frac{1012,5}{300} = 3,38 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

Tabela 1 – Resumo de consumo de aço, concreto e formas na laje Atex.

ϕ	Comp. (m)	Peso (Kg/m)	Total (Kg)
8,0	415,20	0,395	164,0
10,0	1571,32	0,616	967,9
12,5	1430,92	0,963	1378,0
16,0	618,66	1,579	976,9
Total =			3486,8



DETALHE TÍPICO DE POSICIONAMENTO DA FERRAGEM DAS NERVURAS E DE CAPEAMENTO

$$A_{\text{Teia}} = \frac{5 \times 10}{43,48} = 1,15 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Malha } Q138 (\text{Ø}4,2\text{c}/10) = 2,20 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

Número de formas		
Laje	Inteiras	Meias
L1 =	187	-
L2 =	132	-
L3 =	324	-
L4 =	150	25
L5 =	270	33
Total =	1063	58

Área das lajes	
L1 =	71,89 m ²
L2 =	51,13 m ²
L3 =	126,38 m ²
L4 =	66,08 m ²
L5 =	114,35 m ²
Total =	429,83 m²

Peso total da Malha:

$$429,83 \times 2,20 = 945,67 \text{ Kg}$$

Consumo de Concreto:

$$0,146 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Planta de Formas

Para melhor entendimento, segue abaixo a planta de forma do dimensionamento do pavimento tipo em laje Atex.

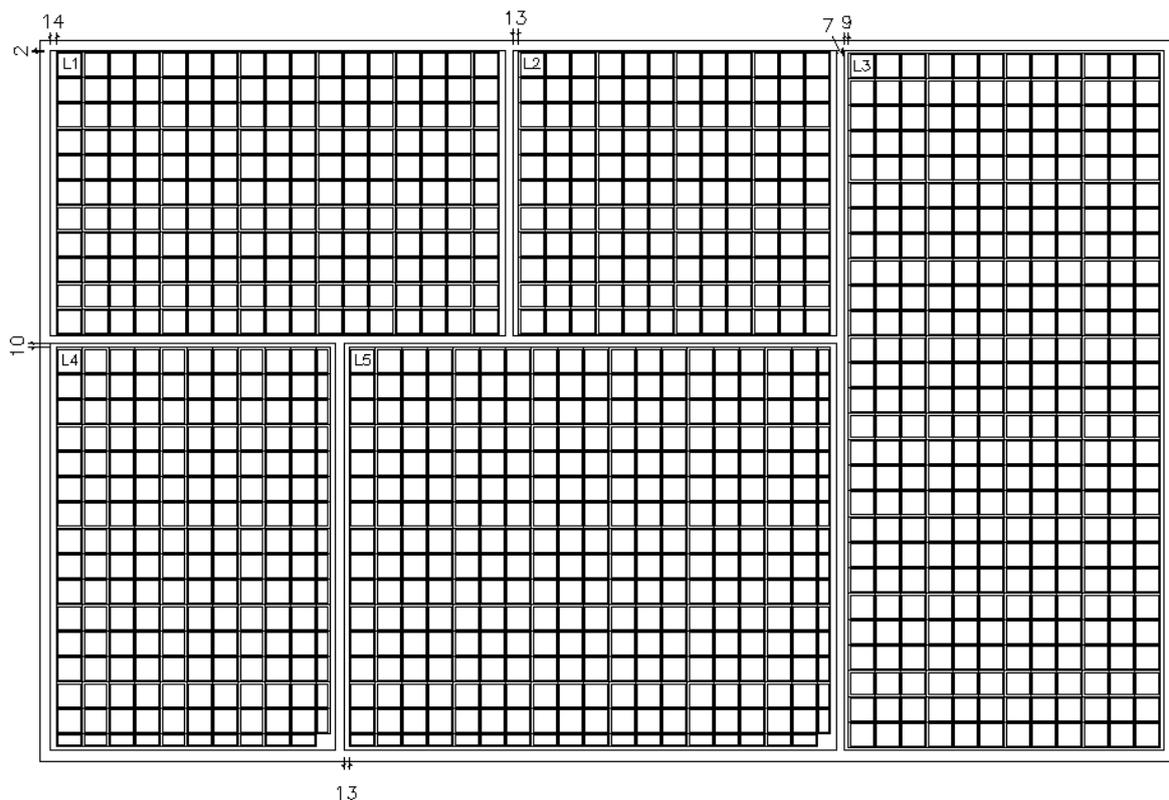


Figura 6 – Planta de forma laje Atex.

Fonte: Elaborado pelo autor.

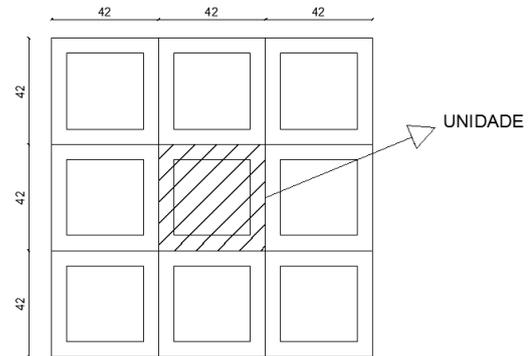
5.2 Resultados dimensionamento laje nervurada treliçada

Abaixo seguem dados do dimensionamento do pavimento tipo fictício utilizando Laje Nervurada Treliçada TR16746 – Bidirecional com inerte de EPS (0,30 x 0,30 / 0,16).

Carregamento

Cálculo do Peso Próprio

Material	Volumes (m ³)
Unidade	0,42 x 0,42 x 0,20 = 0,035
<u>Inerte</u>	<u>0,30 x 0,30 x 0,16 = 0,014</u>
Concreto	0,035 - 0,014 = 0,021 m ³
Peso da Unidade =	0,021 x 25 = 0,515 kN
Peso por m ² de laje =	$\frac{0,515}{0,42 \times 0,42} = 2,920 \text{ kN/m}^2$



Peso Próprio	2,92
<u>Revestimento</u>	<u>1,00</u>
Permanente (g)	3,92
<u>Sobrecarga (q)</u>	<u>3,00</u>
Total (p)	6,92 kN/m ²

Espessura Equivalente

$$Y_G = \frac{42 \times 4 \times 18 + 12 \times 16 \times 8}{42 \times 4 + 12 \times 16} = 12,67 \text{ cm}$$

$$I_x = 13280,00 \text{ cm}^4$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 \times 13280,00}{42}} = 15,60 \text{ cm}$$

Verificação da Flecha

$$b_f = 42 \text{ cm}$$

Maior laje: Laje 5 – Tipo 5A

$$\frac{b}{a} = \frac{1175}{1012,5} = 1,16 \approx 1,15 < 2,0 \rightarrow \text{laje armada nas duas direções}$$

$$E_{cs} = 0,86 \times 5600 \times \sqrt{25} = 24080 \text{ MPa} = 2408 \text{ KN/cm}^2$$

$$f_t = 2,54 \times \frac{(3,92 + 0,4 \times 3,00) \times 10,125^4}{2408 \times 15,60^3} \times 100 = 1,18 \text{ cm}$$

$$f_t = 2,46 \times 1,18 = 2,90 \text{ cm} \leq f_{adm} = \frac{1012,5}{300} = 3,38 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

Tabela 2 – Resumo de consumo de aço, concreto e formas na laje treliçada.

ϕ	Comp. (m)	Peso (Kg/m)	Total (Kg)
5,0	128,70	0,154	19,8
6,3	1837,04	0,245	450,1
8,0	357,50	0,395	141,2
10,0	700,28	0,616	431,2
12,5	1672,55	0,963	1610,7
16,0	192,06	1,579	303,3
Total =			2956,3

TR16746	
Comp. (m)	1064,39
Peso (Kg/m)	0,245
Total (Kg)	260,8

$$A_{\text{Malha}} = \frac{5 \times 4}{43,48} = 0,460 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Malha Q61 } (\emptyset 3,4\text{c}/15) = 0,97 \text{ Kg/m}^2$$

Número de EPS		
Laje	Inteiros	Meios
L1 =	400	41
L2 =	288	34
L3 =	720	18
L4 =	384	-
L5 =	648	24
Total =	2440	117

Área das lajes	
L1 =	71,89 m ²
L2 =	51,13 m ²
L3 =	126,38 m ²
L4 =	66,08 m ²
L5 =	114,35 m ²
Total =	429,83 m ²

Peso total da Malha:

$$429,83 \times 0,97 = 416,94 \text{ Kg}$$

Consumo de Concreto:

$$\frac{0,021}{0,42 \times 0,42} = 0,119 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Planta de Formas

Para melhor entendimento, segue abaixo a planta de forma do dimensionamento do pavimento tipo em laje treliçada.

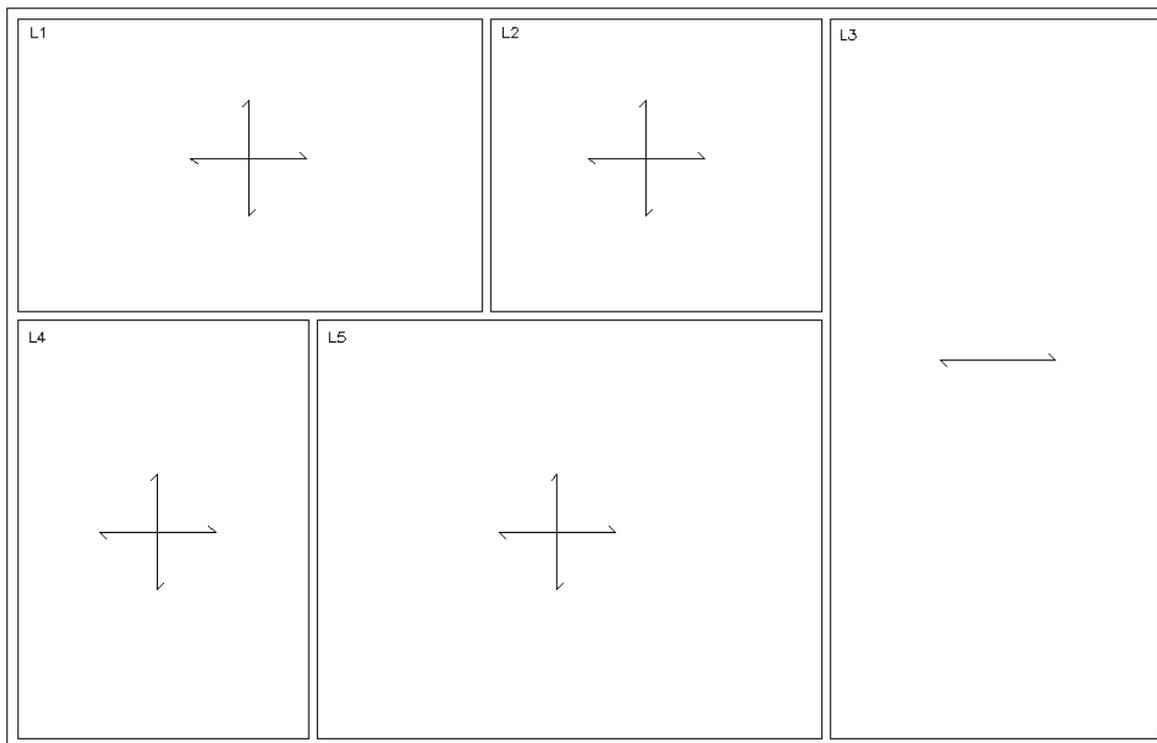


Figura 7 – Planta de forma laje treliçada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito desse artigo foi fornecer uma ferramenta que auxiliasse novos e antigos engenheiros a definir qual sistema de laje projetar, foi realizado um estudo comparativo entre os dois sistemas estruturais propostos e com base nos resultados obtidos com o dimensionamento das estruturas, podemos ver uma redução nos materiais (aço e concreto) no dimensionamento da laje treliçada em relação a laje Atex, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 4 – Comparativo entre os dois sistemas.

Material	Laje Nervurada Atex 610 (18+10)	Laje Treliçada Bidirecional TR16746	Economia
Consumo de concreto (m ³ /m ²)	0,146	0,119	-18,5%
Consumo de aço (Kg)	4432,47	3434,04	-22,5%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final do estudo realizado sobre os dois sistemas, conclui-se que ambos os métodos tem suas vantagens e desvantagens, o sistema Atex tem formas suas formas

reutilizáveis, que se encaixam praticamente como um lego, o que facilita a execução e não enche o canteiro de obra com as vigotas pré-moldadas, podendo reutilizar as formas de um pavimento ao outro após a desforma até concluir o empreendimento, sem a necessidade de um equipamento para lançar as vigotas pavimento por pavimento, gerando um custo maior de mão de obra aumentando o risco de acidentes na obra.

Esse sistema conta também com um maior controle tecnológico, já que a laje é moldada “in loco” com o acompanhamento e a fiscalização do Responsável Técnico de execução do empreendimento.

Por outro lado o sistema de lajes treliçadas demonstrou gerar uma certa economia em matéria prima, o que retira carga de toda a estrutura, aliviando vigas, pilares e fundação. Também demonstrou a possibilidade de um maior pé-direito, com a laje cerca de 8 cm mais fina. Traz um melhor isolamento térmico e acústico, dado pela utilização do inerte de EPS.

O sistema de lajes treliçadas sai vitorioso na análise, pelo o fato de se encontrar disponibilidade de venda e entrega e uma região muito mais ampla que o sistema Atex, saindo dos grandes centros e atingindo regiões mais remotas, claro que dependendo sempre de um bom gerenciamento da obra para se evitar atrasos por falta de programação.

Vale também salientar que este trabalho está restrito aos vãos relacionados, a utilização de inerte de EPS e um pavimento tipo sem cargas concentradas e outras dificuldades que possam surgir no dimensionamento, para facilitar os cálculos e o entendimento do problema proposto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-2**: lajes pré-fabricadas de concreto parte 2: elementos inertes para enchimento e fôrma — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

BASTOS, Paulo Sérgio Dos Santos. **Histórico e Principais Elementos Estruturais De Concreto Armado**. Notas de Aula. Sistemas Estruturais I – Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP. 2006. Disponível em:

<http://www.deecc.ufc.br/Download/TB798_Estruturas%20de%20Concreto%20I/HIST.pdf>. Acesso: 04/03/2017.

CUNHA, Mateus Ortigosa. **Recomendações para Projeto de Lajes Formadas por Vigotas com Armação Treliçada**. 2012. 119f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, São Paulo/SP, 2012.

GROSSI, Renato Martins. **Estruturas em Concreto Armado**. Notas de Aula, Curso de Especialização, Belo Horizonte/MG, 2016.

JÚNIOR, Alonso Droppa. **Análise Estrutural De Lajes Formadas Por Elementos Pré-Moldados Tipo Vigota Com Armação Treliçada**. 1999. 193f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, São Paulo/SP, 1999. Disponível em: <http://site.abcic.org.br/pdf/PCD22_DroppaJr.pdf>. Acesso em: 03/02/2017.

LIBÂNIO, M. Pinheiro; JULIO, A. Razente. **ESTRUTURAS DE CONCRETO**. Departamento de Engenharia de Estruturas. EESC. USP. São Paulo/SP, 2003. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/17%20Lajes%20nervuradas.pdf>>. Acesso: 03/02/2017.

Manual Técnico de Lajes Treliçadas. Arcelor Mittal, 2010. Disponível em: <<http://longos.arcelormittal.com.br/pdf/produtos/construcao-civil/outros/manual-tecnico-trelicas.pdf>>. Acesso em: 04/02/2017.

OBRER, Felipe. Com excelente desempenho, as lajes nervuradas representam economia de tempo e de recursos. **REVISTA - CONSTRUÇÃO-AS**.