

Análise Global Comparativa de uma Estrutura Composta por Lajes Nervuradas e Lajes Pré-Fabricadas Treliçadas

Letícia Schuler¹, Prof. Me. Valmir Stani Fell Júnior²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS / Escola de Engenharia / Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / leticia.schuler.eng@gmail.com

² Universidade do Vale do Taquari - Univates / vsfjunior@univates.br

Resumo

Em edifícios de múltiplos pavimentos, as lajes correspondem a uma parcela considerável no consumo de materiais, tornando-se apropriado uma análise relacionada à tomada de decisão quanto à escolha do sistema estrutural a ser empregado. Neste sentido, o presente trabalho aborda uma análise comparativa entre os sistemas estruturais de lajes nervuradas e lajes pré-fabricadas treliçadas, considerando diferentes alturas (8, 12 e 16 pavimentos), a fim de verificar o comportamento estrutural nas seis situações. Para tanto, realiza-se um estudo comparativo observando os parâmetros de estabilidade global e o consumo de materiais (aço e concreto) e aponta-se, dentre os modelos propostos, qual conduz a uma melhor racionalização de materiais, além de analisar a influência dos esforços de 2ª ordem e os deslocamentos horizontais globais das edificações. Desta forma, definiu-se um edifício modelo e, para as etapas de cálculo, dimensionamento e detalhamento estrutural utilizou-se o software comercial Eberick, versão plena, atualização 2022-08 [v. 15.296]. Com base nos resultados obtidos, no que diz respeito à estabilidade global, ambos os sistemas estruturais de lajes resultam em um mesmo coeficiente γ_z , quando comparados os modelos com mesmo número de pavimentos. Entretanto, quando analisados os deslocamentos horizontais, os modelos com lajes nervuradas refletiram em uma rigidez maior da estrutura. Se tratando do consumo de materiais, pode-se concluir que o uso de lajes nervuradas reflete em um menor consumo de aço na edificação. Contudo, quando abordado o consumo de concreto, as lajes pré-fabricadas treliçadas trazem uma economia no consumo. Por fim, analisa-se a relação entre o consumo de aço por volume de concreto, onde as taxas de armaduras se mostraram superiores para os sistemas que adotaram lajes pré-fabricadas treliçadas. Assim, entende-se que, para o projeto estudado, os modelos com lajes nervuradas apresentaram um menor consumo de aço por volume de concreto, mesmo comparando diferentes alturas de edificações.

Palavras-chave

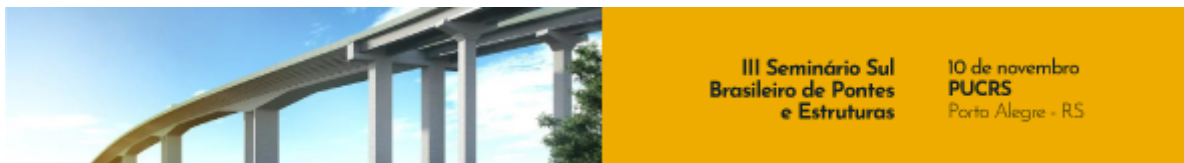
Projeto estrutural; Lajes nervuradas; Lajes pré-fabricadas treliçadas; Estabilidade global; Consumo de materiais.

Introdução

Segundo Lopes (2015), inúmeras pesquisas já se atermam a estudar diferentes sistemas estruturais de lajes onde, de maneira geral, buscam pela racionalização do consumo de materiais e a redução do custo total da estrutura. Faria (2010) ressalta que, antigamente, o principal método adotado para estruturas de concreto armado eram as lajes maciças, contudo, este tipo de solução se mostrou pouco eficiente para arquiteturas que demandam maiores vãos.

No ramo da construção civil, tem crescido consideravelmente a busca por conhecimentos relacionados a novas tecnologias, bem como, novos materiais de construção, os quais apresentam maior durabilidade e resistência, processos executivos mais rápidos e também, mais opções de materiais no mercado, simplificando assim a execução da obra e gerando mais economia (BEZERRA; LEITE, 2018).

Neste sentido, as lajes pré-fabricadas treliçadas e as lajes nervuradas mostram-se como uma alternativa estrutural eficaz para determinadas exigências arquitetônicas. As lajes nervuradas, por



exemplo, permitem a execução de grandes vãos, em virtude da exclusão de parte do volume de concreto entre as nervuras, resultando em uma redução do peso próprio do conjunto sem afetar a resistência do sistema (FARIA, 2010). Já as lajes pré-fabricadas treliçadas, por sua vez, destacam-se em virtude do ganho de tempo em sua execução e do reduzido custo do material (SILVA, 2012). Sendo assim, pode-se constatar que, em edifícios de múltiplos pavimentos, as lajes correspondem a uma parcela considerável no consumo de materiais, tornando-se apropriado uma análise relacionada à tomada de decisão quanto à escolha do sistema estrutural de lajes a ser empregado em cada concepção, buscando soluções otimizadas e economicamente viáveis para edificações de diferentes portes (LOPES, 2015).

Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho aborda a análise global de uma estrutura de múltiplos pavimentos comparando diferentes sistemas de lajes, sendo eles as lajes nervuradas e as lajes pré-fabricadas treliçadas, a fim de verificar a estabilidade global da estrutura, bem como o consumo de materiais para diferentes alturas de edificações. Para proceder com a análise, definiu-se um edifício modelo e, a partir deste, variou-se a quantidade de pavimentos tipos, resultando, assim, em edificações com diferentes alturas. O projeto arquitetônico foi disponibilizado pela empresa Plena Engenharia e adaptado com o viés de satisfazer as exigências do presente estudo. Os modelos possuem 8, 12 e 16 pavimentos sendo que cada pavimento dispõe de uma altura de 340,00 cm.

O edifício dimensionado foi idealizado para ser concebido na cidade de Lajeado/RS e enquadrado para fins comerciais, devendo-se respeitar todos os critérios de uso e características da região, tais como relevo, ações do vento, classificação geral do ambiente, entre outros parâmetros pertinentes.

Para realizar a análise e dimensionamento dos sistemas estruturais do presente estudo, utilizou-se o software comercial Eberick em sua versão plena, na atualização 2022-08 [v. 15.296], o qual foi desenvolvido pela empresa brasileira AltoQi. O software permite modelar, dimensionar, analisar e detalhar estruturas de concreto armado, respeitando as normas brasileiras vigentes. Enfatiza-se, ainda, que essa ferramenta computacional realiza a análise da estabilidade global de uma estrutura em concreto armado através do coeficiente γ_z e utilizando o método iterativo P-Delta.

No que diz respeito aos sistemas estruturais adotados, as lajes pré-fabricadas treliçadas foram consideradas unidirecionais, isto é, armadas em uma direção. Já para as lajes nervuradas, estas foram caracterizadas como bidirecionais (armadas em ambas as direções) e considerou-se que são moldadas no local, utilizando-se cubetas.

Desta forma, foram definidos seis sistemas estruturais para a realização da pesquisa, sendo eles: Sistema estrutural com laje pré-fabricada treliçada, 8 pavimentos (LPT8); Sistema estrutural com laje pré-fabricada treliçada, 12 pavimentos (LPT12); Sistema estrutural com laje pré-fabricada treliçada, 16 pavimentos (LPT16); Sistema estrutural com laje nervurada, 8 pavimentos (LN8); Sistema estrutural com laje nervurada, 12 pavimentos (LN12); Sistema estrutural com laje nervurada, 16 pavimentos (LN16).

Em relação aos elementos estruturais, estes foram pré-dimensionados e lançados no software, conforme a disposição da arquitetura. Assim, para as lajes pré-fabricadas treliçadas foram adotadas lajes com 21 cm de espessura e treliças TR 16745, enquanto que para as lajes nervuradas adotou-se espessura de 25 cm e cubetas com dimensões B20/80/80. Enfatiza-se o fato da espessura adotada ser a menor possível que atenda às exigências impostas pelas normas brasileiras vigentes, buscando-se sempre maior economia no projeto. Para estimar as cargas atuantes na estrutura levou-se em consideração os valores sugeridos pela NBR 6120 (ABNT, 2019), a qual prescreve ações para o cálculo de estruturas de edificações.

No que se refere às vinculações entre os elementos, os pilares foram considerados engastados, ou seja, entende-se a continuidade entre os elementos sem modificação, considerados rígidos (comportamento padrão). As vinculações entre os pilares e fundações também foram consideradas



engastadas. Já para os elementos de vigas, foram considerados rotulados os nós ligados em viga, semirrígidos os nós ligados em pilar e engastados os nós ligados em paredes. Em relação às lajes, onde há continuidade da laje, foram aplicados engastes com redistribuição e, nas demais situações considerou-se apoio.

Nas configurações de análise, a redução no engaste para nós semirrígidos, a qual determina o percentual que é dado à redução na rigidez de vigas quando nelas for aplicado um nó semirrígido, foram adotados os valores de 25% nas estruturas de nós fixos e 10% nas estruturas de nós móveis, valores estes sugeridos pela NBR 6118 (ABNT, 2014), item 14.6.4.3. Já para a redução na torção para as vigas, que determina a redução percentual na rigidez à torção das vigas a ser utilizado na análise estática linear, adotou-se 85%, valor sugerido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), item 14.6.6.2. Ainda nas configurações de análise, o item referente à não linearidade geométrica “Utilizar o processo P-Delta” foi habilitado, visando calcular os efeitos de 2ª ordem provenientes da não linearidade geométrica da edificação.

No que respeita a não linearidade física, o concreto armado é um material demasiadamente heterogêneo, cujo comportamento não obedece à lei de Hooke. Assim, para a avaliação dos efeitos de 2ª ordem na estrutura, é necessário fazer uma redução na rigidez considerada para as peças estruturais (PINTOS, 2022). Os valores de redução na rigidez são configurados no grupo "Não linearidade física" e foram adotados como sendo 0,4 Ec.Ic para vigas, 0,8 Ec.Ic para pilares e 0,3 Ec.Ic para lajes, valores estes sugeridos pela NBR 6118 (ABNT, 2014), item 15.7.3.

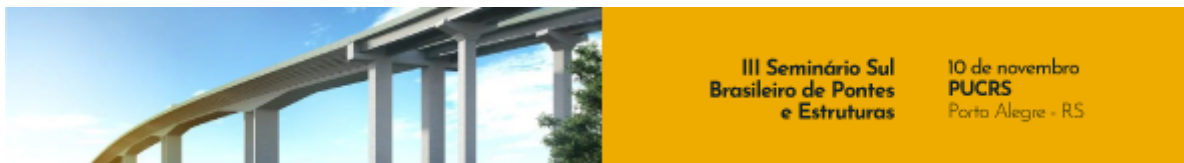
Quando trata-se do processamento da estrutura, no Eberick existem dois modelos para a análise da estrutura: o modelo integrado e o modelo separado de grelhas e pórtico espacial. No presente trabalho adotou-se o modelo integrado que, por sua vez, inclui todas as barras de todos os pavimentos em um modelo espacial único, e realiza a análise deste pórtico de maneira completa para já obter os esforços em lajes, vigas e pilares da estrutura. A adoção deste modelo permite considerar a presença das lajes na análise da estabilidade global da estrutura, bem como calcular esforços de temperatura e de retração nos elementos estruturais (FRANCESCHI, 2022).

Acerca das configurações de materiais e durabilidade, para os sistemas estruturais com 8 e 12 pavimentos, adotou-se o concreto com classe C-35 enquanto que para os sistemas estruturais com 16 pavimentos, adotou-se o concreto com classe C-40. Esse ajuste foi necessário para garantir a estabilidade estrutural do modelo com 16 pavimentos. Os cobrimentos nominais mínimos estão de acordo com os impostos pela NBR 6118 (ABNT 2014), item 7.4.7.6. Além disso, a dimensão do agregado considerado é de 19,0 mm.

Ademais, para o estudo das ações do vento, a velocidade básica a ser considerada para esta região, de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988), é de 44 m/s. O terreno foi considerado plano ou fracamente acidentado, a classe da edificação definida para cada modelo estrutural considerando as variações de altura e a categoria enquadrada como Categoria IV, representando terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. O grupo foi definido como Grupo 2, por se tratar de uma edificação com alto teor de ocupação. Na falta de informações a respeito das edificações vizinhas, considera-se vento com baixa turbulência, visto que esta escolha reflete em um dimensionamento mais conservador.

Para os parâmetros relacionados às fundações, admitiu-se características de um solo ideal, com boa resistência, a fim de minimizar problemas relacionados a recalques e ruptura do solo. Deste modo, considerou-se o solo coesivo, com pressão admissível de 8 kgf/cm², coesão de 2 kgf/cm² e peso específico de 1800 kgf/m³.

Acentua-se ainda a consideração da infraestrutura como engastada na fundação. Os elementos de fundação adotados foram as sapatas, entretanto, foram adotados unicamente para tornar o modelo estrutural completo, não sendo englobadas na análise.



A partir dos resultados obtidos pela ferramenta computacional, onde todos os modelos estruturais se encontram estruturalmente estáveis, gera-se todos os resumos de materiais visando sua análise e comparação, a fim de verificar qual das soluções apresentou um menor consumo de materiais.

Um dos parâmetros considerados nesta análise são as taxas de armaduras das diferentes concepções estruturais (razão entre o consumo total de aço, em kg, e o consumo total de concreto, em m³). No estudo compara-se também o consumo total de materiais entre edificações com o mesmo número de pavimentos.

Além disso, o software entrega relatórios a respeito da deslocabilidade dos nós, sendo eles fixos ou móveis, e a avaliação do parâmetro γ_z , permitindo-se assim que se analise a influência dos esforços de 2ª ordem na edificação, definindo se estes são significativos ou não. São observados também os deslocamentos horizontais da estrutura, devendo estes estarem de acordo com os limites impostos pela norma vigente, responsável por garantir o conforto dos usuários na utilização das edificações.

Resultados e Discussões

A seguir estão apresentados os resultados obtidos por meio do dimensionamento dos sistemas estruturais, realizados através do software. A Figura 1 demonstra os modelos estruturais tridimensionais obtidos para estes sistemas.

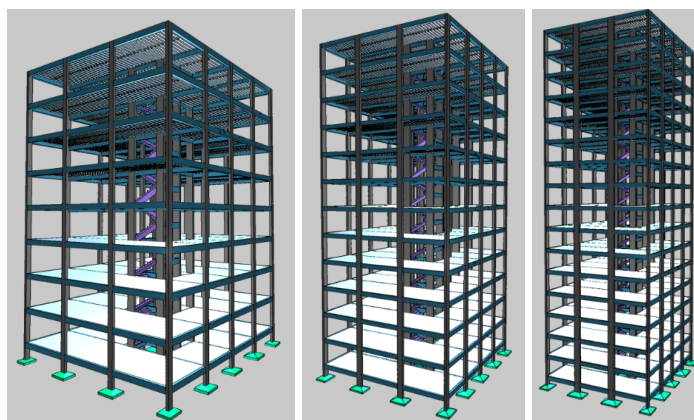


Figura 1 – Modelos tridimensionais com 8, 12 e 16 pavimentos, respectivamente.

Com base nos relatórios de estabilidade global gerados pelo software Eberick, pode-se avaliar a sensibilidade da estrutura aos efeitos de 2ª ordem. Para ambos os sistemas estruturais de lajes, quando comparadas edificações com mesmo número de pavimentos, o coeficiente γ_z não se alterou. Quando analisada a diferença de altura dos modelos, tal coeficiente demonstrou uma variação de até 0,02 (adimensional), considerada pouco significativa. Na Figura 2 são apresentados tais valores comparados entre si em forma de gráfico.

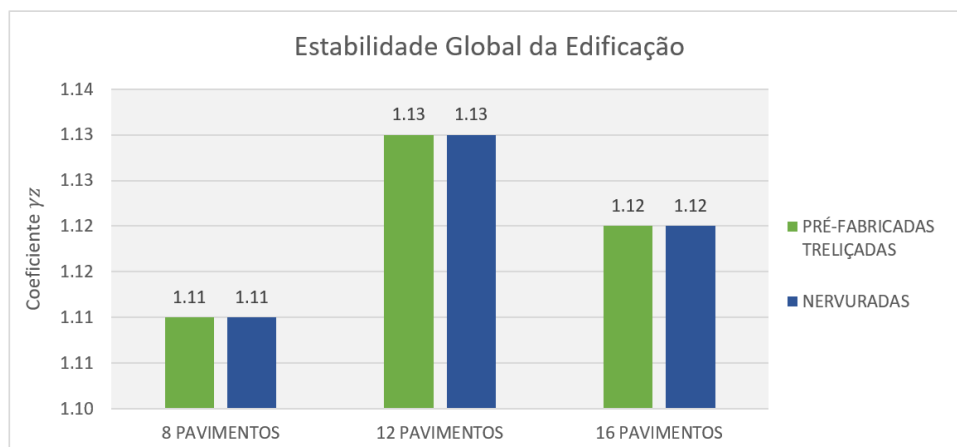


Figura 2 – Comparação da estabilidade global entre os sistemas estruturais.

Em todos os casos, a estrutura foi classificada como sendo de nós móveis, em razão dos valores encontrados para o coeficiente γ_z se apresentarem superior a condição $\gamma_z \leq 1,1$ para nós fixos. Logo, os efeitos de 2ª ordem foram considerados na análise estrutural dos modelos, visto que os deslocamentos horizontais são significativos.

Desta forma, pode-se concluir que a alteração do tipo de laje não influencia significativamente na estabilidade global de edificações com o mesmo número de pavimentos, quando considerado o parâmetro γ_z . Salienta-se ainda que foram adotados para os elementos estruturais de vigas e pilares a mesma seção transversal em ambos os sistemas de mesmo número de pavimentos, buscando definir a real influência do sistema estrutural da laje neste parâmetro.

Por fim, a semelhança entre os coeficientes de um mesmo sistema estrutural de lajes quando analisados os diferentes números de pavimentos deu-se pelo fato da seção transversal dos pilares serem maiores em edificações com maiores alturas, logo, a rigidez da edificação também aumentou. É relevante analisar também o deslocamento característico (deslocamentos médios no topo da edificação para cada direção de aplicação do vento) dos sistemas estruturais. A partir da Figura 3 é possível observar que, nos sistemas estruturais LPT8, LPT12 e LPT16, os deslocamentos característicos são superiores aos valores encontrados para os sistemas estruturais LN8, LN12 e LN16, quando comparados os modelos com mesmo número de pavimentos no eixo X. Na Figura 4, os valores de deslocamentos característicos seguem sendo menores para os sistemas com lajes nervuradas, quando analisado o eixo Y.

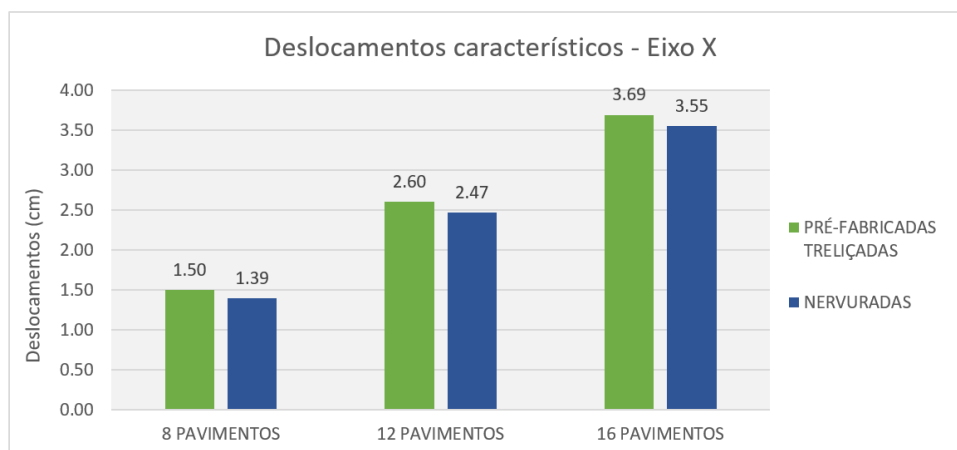


Figura 3 – Comparação dos deslocamentos característicos no eixo X.

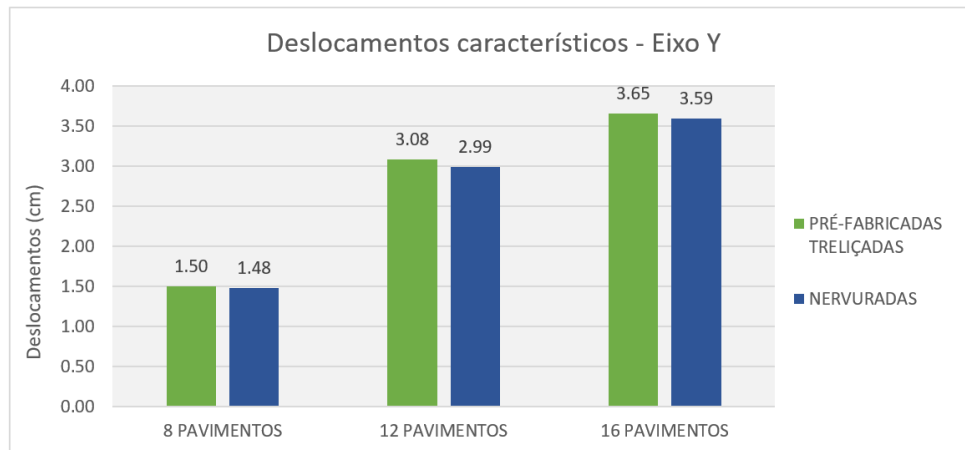


Figura 4 – Comparação dos deslocamentos característicos no eixo Y.

Portanto, embora o coeficiente de estabilidade global não tenha apresentado variações para um modelo com mesma altura considerando diferentes sistemas de lajes, a partir dos deslocamentos característicos é possível concluir que os sistemas com lajes nervuradas apresentam uma rigidez maior da edificação quando comparadas com as lajes pré-fabricadas treliçadas, tanto em X, quanto em Y. Contudo, todos os tipos de lajes estão de acordo com os deslocamentos limites impostos pela NBR 6118 (ABNT 2014).

Evidencia-se que, pelas ideias de Souza e Lopes (2016), os autores explicam que as lajes podem possuir dupla função estrutural. A partir disso, entende-se que estes elementos estruturais são responsáveis tanto por transmitir os carregamentos aplicados sobre eles quanto funcionar como diafragma rígido, contribuindo para a estabilidade da estrutura.

Neste sentido, a contribuição da laje nervurada se mostrou mais significativa nos critérios de estabilidade, visto que a mesma apresenta uma espessura maior do que a laje pré-fabricada treliçada no projeto, motivo que influencia na rigidez da estrutura, visto que todos os outros elementos estruturais possuem mesma seção transversal para mesmas alturas de edificação.

Ainda, no intuito de verificar a influência do sistema estrutural de laje adotado no consumo de materiais da edificação, realizou-se um estudo a partir da emissão do resumo de materiais mensurando o consumo de concreto e de aço de cada situação. Os quantitativos de formas não foram avaliados visto que são os mesmos para as vigas e pilares e, no caso das lajes, o software contabiliza somente o número de blocos de enchimento (EPS Unidirecional e Cubetas), não sendo coerente uma comparação entre eles sem realizar uma análise de custos, parâmetro este que não é abordado no presente trabalho.

Na Tabela 1 são apresentados os valores totais do consumo de aço para todos os modelos estruturais estudados. Nos dados encontrados, os modelos com lajes pré-fabricadas treliçadas se mostraram com um consumo maior de aço do que os modelos com lajes nervuradas, quando comparados os sistemas estruturais com o mesmo número de pavimentos.

Tabela 1 – Comparação entre o consumo de materiais geral - aço (kg).

Nº de pavimentos	Pré-fabricadas treliçadas	Nervuradas
8 pavimentos	45.181,6	44.218,4
12 pavimentos	76.314,8	71.840,3
16 pavimentos	111.345,1	106.079,1



Quando comparado com o LPT8, o LN8 apresentou um consumo de aço 2,13% menor. Na comparação entre os sistemas estruturais LPT12 e LN12, o sistema com lajes nervuradas apresentou um consumo de aço 5,86% menor. Por fim, para 16 pavimentos, o LN16 apresentou 4,73% menos aço do que o LPT16.

Quando observados os quantitativos de aço das lajes, o consumo de aço segue sendo inferior para os sistemas estruturais com lajes nervuradas. Para 8 pavimentos, o consumo de aço do sistema LPT8 se mostra 3,60% maior que o sistema LN8. Considerando os sistemas LPT12 e LN12, o sistema com lajes nervuradas apresenta 10,15% menos aço. Por fim, quando consideradas as edificações com 16 pavimentos, a economia de aço relacionada ao uso das lajes nervuradas se reflete em 10,25%, semelhante aos sistemas com 12 pavimentos. Assim, o gráfico da Figura 5 ilustra o consumo de aço das lajes dos diferentes sistemas.

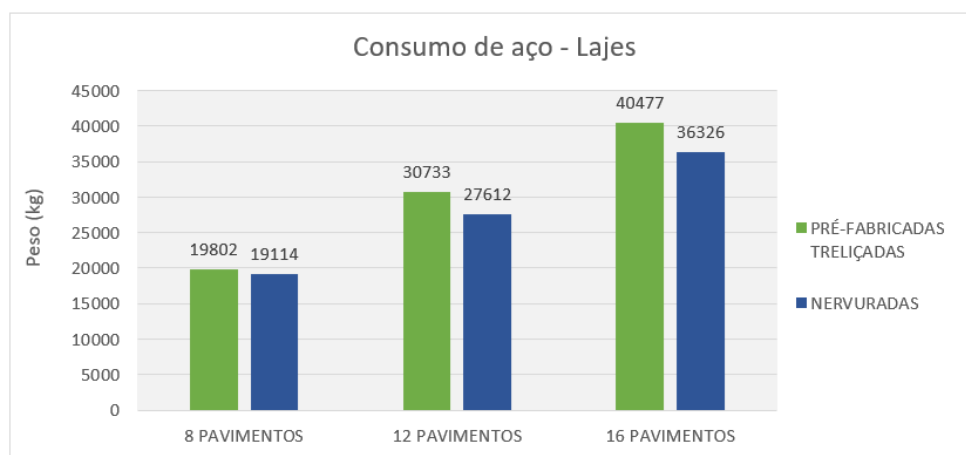


Figura 5 – Comparação entre o consumo de materiais das lajes - aço (kg).

Enfatiza-se que, no presente artigo, considerou-se o dimensionamento da estrutura pelo modelo integrado, o qual permite considerar a presença das lajes na análise da estabilidade global dos modelos, compensando os esforços dos demais elementos estruturais e, conseqüentemente, redistribuindo o consumo de aço em todos os componentes da estrutura.

Além disso, traz-se novamente a ideia apresentada por Souza e Lopes (2016), onde as lajes possuem dupla função estrutural. Como mencionado anteriormente, os sistemas com lajes nervuradas apresentaram maior rigidez nos modelos estruturais quando comparados com modelos com o mesmo número de pavimentos que adotaram lajes pré-fabricadas treliçadas. Assim, entende-se que esta maior rigidez estrutural e maior volume de concreto, oriundos da espessura da laje adotada ser maior, contribuíram para uma menor necessidade de armadura em determinados elementos estruturais. Entretanto, essa espessura maior na laje reflete também em um maior peso próprio, proveniente do maior volume de concreto.

Em relação ao consumo de concreto, são apresentados na Tabela 2 os valores totais de todos os modelos estruturais estudados. A partir dos valores encontrados, os sistemas estruturais com lajes nervuradas demonstraram um consumo de concreto superior quando comparados com os sistemas estruturais com lajes pré-fabricadas treliçadas, se analisados os modelos com mesma altura de edificação.

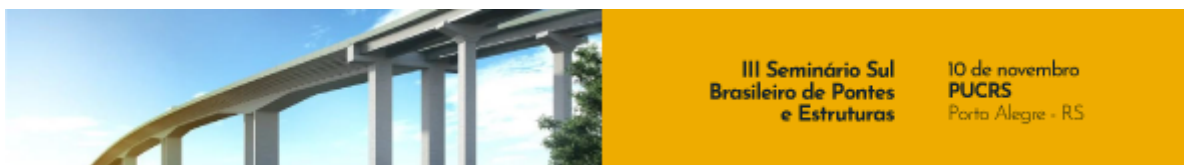


Tabela 2 – Comparação entre o consumo de materiais geral - concreto (m³).

Nº de pavimentos	Pré-fabricadas treliçadas	Nervuradas
8 pavimentos	480,4	568,7
12 pavimentos	757,3	884,7
16 pavimentos	1.061,3	1.227,8

Sabe-se ainda que, para pilares e vigas, o consumo de concreto é o mesmo para os diferentes sistemas estruturais de lajes, quando analisados o mesmo número de pavimentos, visto que a seção transversal destes elementos é a mesma. Portanto, faz-se ainda uma análise a respeito do consumo de concreto apenas das lajes, visto que são estes os elementos que distinguem os sistemas estruturais na análise do consumo de concreto. Desta forma, no gráfico apresentado na Figura 6 são apresentados os valores dos consumos de concreto das lajes para cada situação estudada.

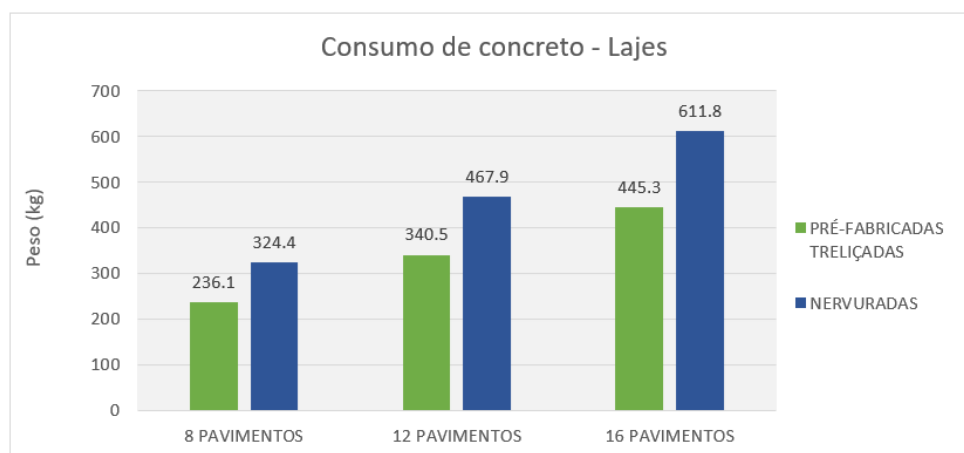


Figura 6 – Comparação entre o consumo de materiais das lajes - concreto (m³).

Em todas as situações, quando comparados os sistemas estruturais com mesmo número de pavimentos, as lajes pré-fabricadas treliçadas representaram uma diminuição de 27,2% no consumo de concreto, refletindo assim em uma melhor racionalização deste material.

Por fim, para a determinação do consumo de aço por volume de concreto, dividiu-se o consumo de aço, em kg, pelo consumo de concreto, em m³. Este parâmetro também é conhecido como taxa de armadura e é expresso em kg/m³. Nos dados encontrados, os sistemas estruturais com lajes pré-fabricadas treliçadas apresentam resultados superiores aos sistemas estruturais com lajes nervuradas, quando analisada a taxa de armadura. Neste sentido, os valores são ilustrados na Figura 7.

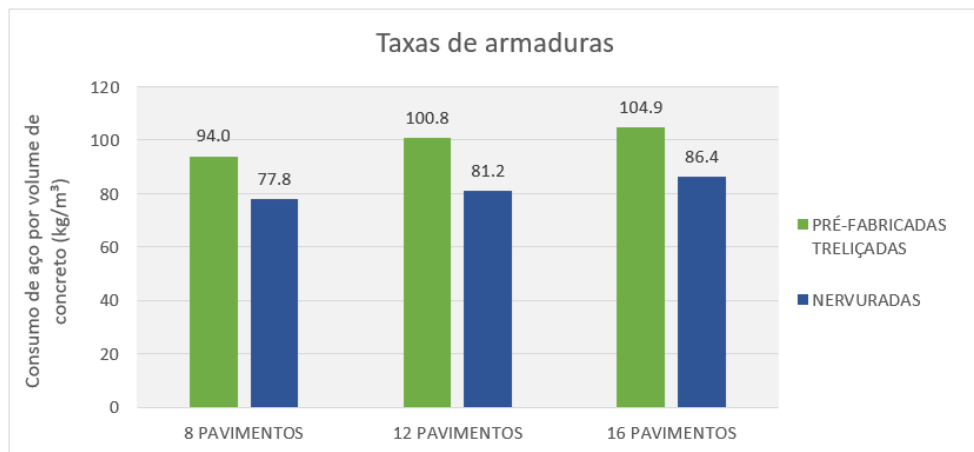


Figura 7 – Comparação entre o consumo de aço por volume de concreto - geral (kg/m³).

Desta forma, quando analisados os sistemas estruturais com 8 pavimentos, a taxa de armadura referente às lajes nervuradas se mostrou 17,33% menor do que para as lajes pré-fabricadas treliçadas. Já para os sistemas estruturais com 12 pavimentos, esta redução da taxa de armadura atrelada ao uso de lajes nervuradas se mostrou como 19,42%. Nos modelos com 16 pavimentos, o uso de lajes nervuradas resultou em uma taxa de armadura 17,65% inferior quando comparada com o uso de lajes pré-fabricadas treliçadas. Estes resultados refletem em um consumo de 16,2 kg/m³ menor nos sistemas com 8 pavimentos, 19,6 kg/m³ menor nos sistemas com 12 pavimentos e 18,5 kg/m³ menor nos sistemas com 16 pavimentos, quando utilizado o sistema com lajes nervuradas. Estes resultados são reflexo do alto consumo de aço e um menor consumo de concreto das lajes pré-fabricadas treliçadas, parâmetros estes que foram abordados nos itens anteriores.

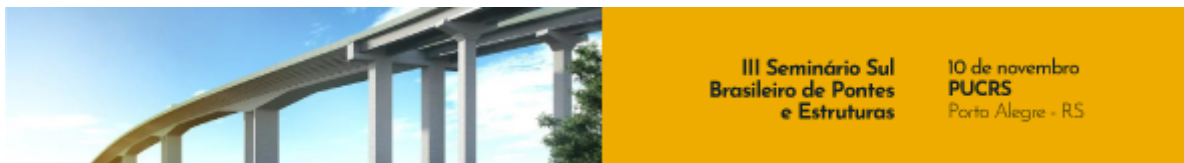
Conclusões

A partir do desenvolvimento da presente pesquisa, pode-se relacionar conceitos teóricos, estes abordados durante a graduação, com procedimentos práticos do mercado de trabalho, em específico relacionados à área de projetos estruturais. Assim, desenvolveu-se competências importantes a um engenheiro civil, como a análise estrutural de edifícios de múltiplos pavimentos e o detalhamento de projetos estruturais. Desta forma, o trabalho se ateve a verificar a influência de dois sistemas de lajes distintos, nervuradas e pré-fabricadas treliçadas, considerando diferentes alturas de edificações.

Com base nos resultados apresentados, no que diz respeito à estabilidade global, ambos os sistemas estruturais de lajes resultam em um mesmo coeficiente γ_z , sendo este parâmetro relacionado aos efeitos de segunda ordem da estrutura. Entretanto, quando analisados os deslocamentos horizontais característicos dos sistemas, os modelos com lajes nervuradas refletiram em uma rigidez maior da estrutura. A média entre as variações nos deslocamentos entre os dois sistemas é de 0,13 cm para o eixo X e 0,06 cm para o eixo Y. Contudo, para ambos os sistemas de lajes, os deslocamentos ficaram dentro dos limites estabelecidos pela norma vigente.

Se tratando do consumo de materiais, pode-se concluir que o uso de lajes nervuradas reflete em um menor consumo de aço na edificação, quando considerada a análise global da estrutura e as diferentes alturas. O valor desta redução se dá em torno de 4%. Porém, ao abordar o consumo de concreto, as lajes pré-fabricadas treliçadas trazem uma economia no consumo, em virtude deste sistema apresentar um volume de concreto menor e necessitar de uma espessura de laje inferior às lajes nervuradas. Esta economia no consumo de concreto é cerca de 14%.

Somado a isso, como meio de relacionar os consumos de aço e concreto, estudou-se a relação entre o consumo de aço por volume de concreto, onde as taxas de armaduras se mostraram superiores



para os sistemas que adotaram lajes pré-fabricadas treliçadas. Assim, entende-se que os modelos com lajes nervuradas apresentaram um menor consumo de aço por volume de concreto, mesmo comparando diferentes alturas de edificações.

Por fim, a elaboração do trabalho acarretou, ainda mais, na percepção da importância relacionada ao profissional da engenharia civil, o qual deve ponderar sua responsabilidade e estar em sintonia com as exigências propostas em cada projeto, além de buscar a melhor alternativa para cada situação.

Ressalta-se ainda que o trabalho aborda uma problemática específica, não sendo constatado que os resultados aqui encontrados sirvam como via de regra para a adoção em diferentes situações. Entretanto, enfatiza-se a importância de tal pesquisa para casos semelhantes, onde a mesma pode ser utilizada como referência inicial na tomada de decisões.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- BEZERRA, Maxmyller Mourão; LEITE, Rhaí de Oliveira. Análise Comparativa Técnico-Financeira das Lajes Maciças Versus Lajes Nervuradas Treliçadas. 2018. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2018.
- FARIA, Marcel Poeta. Estruturas Para Edifícios em Concreto Armado: Análise Comparativa de Soluções com Lajes Convencionais, Lisas e Nervuradas. 2010. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26057/000755698.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- FRANCESCHI, Lucas. Como optar entre o modelo de análise integrado ou de grelha com pórtico espacial. 2022. QiSuporte. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360001391833-Como-optar-entre-o-modelo-de-an%C3%A1lise-integrado-ou-de-grelha-com-p%C3%B3rtico-espacial>. Acesso em: 20 set. 2022.
- LOPES, André Felipe de Oliveira. Estudo Comparativo entre Lajes Nervuradas Moldadas no Local com Formas de Polipropileno e Lajes Pré-Fabricadas Treliçadas. 2015. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/43231166/ESTUDO_COMPARATIVO_ENTRE_LAJES_NERVURADAS_MOLDADAS_NO_LOCAL_COM_FORMAS_DE_POLIPROPILENO_E_LAJES_PREFABRICADAS_TRELICADAS20200602_11190_o. Acesso em: 18 mai. 2022.
- PINTOS, Fabio de Marchi. Como optar entre o modelo de análise integrado ou de grelha com pórtico espacial. 2022. QiSuporte. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360000297253-Configura%C3%A7%C3%B5es-de-an%C3%A1lise-N%C3%A3o-linearidade-f%C3%ADsica-geom%C3%A9trica-e-imperfei%C3%A7%C3%B5es-globais->. Acesso em: 20 set. 2022.
- SOUZA, Caroline Gonçalves Silva e; LOPES, Rayane Campos. Estudo Comparativo entre Laje Maciça Convencional e Lajes Nervuradas. 2016. 134 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrJ7GB00odiIpEA.Rbz6Qt.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1653097204/RO=10/RU=https%3a%2f%2ffiles.cercomp.ufg.br%2fweby%2fup%2f140%2fo%2fESTUDO_COMPARATIVO_ENTRE_LAJE_MACI%25C3%2587A_CONVENCIONAL_E_LAJES_NERVURADAS..pdf/RK=2/RS=aR78Ahc7K3qQu0fEDbvz5YHNFhQ-. Acesso em: 20 abr. 2022.