

ANÁLISE EMPÍRICA DE PILARES

Lucas Ramos Dantas ¹
Antonio Carlos Leite Barbosa ²

RESUMO

O conhecimento sobre o comportamento dos pilares dentro do ambiente construído é fundamental. Suas posições e suas alturas são aspectos que podem influenciar significativamente no dimensionamento desses elementos. Neste sentido esta pesquisa tem objetivo de compreender a concepção estrutural e o dimensionamento dos pilares através de um estudo empírico e teórico, criando uma forma simplificada que facilite o entendimento da relação entre altura, seção transversal e posicionamento do pilar no ambiente. O estudo foi subsidiado por rigoroso percurso metodológico em face do alcance dos principais objetivos com a seleção de quatro projetos estruturais, levando em consideração a variabilidade de seus comprimentos verticais e suas formas arquitetônicas. Os resultados evidenciaram que a posição em relação ao baricentro dos pavimentos e a altura do pilar podem influenciar em sua área de seção transversal, conforme o porte da edificação.

Palavras-chave: Pilares, Seção Transversal, Concepção Estrutural, Dimensionamento.

INTRODUÇÃO

O pilar é um elemento resistente que carrega consigo uma grande responsabilidade, pois todos os esforços de um edifício passam pelos pilares. Inicialmente sua função é receber as cargas provenientes das vigas e transmiti-las para a fundação e em seguida para o solo. Esses elementos também possuem a função de sustentação, fornecendo estabilidade global da edificação. É dimensionado para resistir a solicitações externas, como o vento, a chuva e o tráfego de pessoas ou objetos que possam vir a acarretar um esforço para a estrutura. Sabendo-se de todas essas funções em relação ao pilar, fica evidente que uma falha nessa peça gera uma situação muito delicada e dependendo da gravidade, pode levar à estrutura do edifício ao colapso.

O trabalho, inicialmente, surgiu do interesse e motivação particular pela temática devido à importância técnica no campo da engenharia civil com relação à concepção estrutural, pois exige uma sensibilidade do engenheiro na escolha dos arranjos adequados de elementos básicos e no dimensionamento da estrutura, sendo necessário um profundo conhecimento dos pilares e de suas propriedades. “Compreende-se que, a idealização

¹ Graduado do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - RN, lucasramosdantas9@gmail.com;

² Antonio Carlos Leite Barbosa: Mestre, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - RN, antonio.leite@ufersa.edu.br.

estrutural e a interpretação dos resultados contêm elevada dose de experiência e intuição” (KHOURI, 2001).

Nesta perspectiva, é essencial o conhecimento de como os pilares se comportam em determinadas situações, que geram um impacto na concepção do projeto de estruturas e também no orçamento final do empreendimento. Tendo em vista este cenário, questiona-se, como se comportam esses elementos resistentes, como variam dependendo de sua posição no projeto arquitetônico e qual a relação existente entre a altura de um pilar e sua seção transversal.

Compreender a concepção estrutural dos pilares através de um estudo empírico e teórico, utilizando uma forma simplificada que facilite o entendimento da relação entre altura, seção transversal e posição do pilar em planta. Para isso, foi necessário estudar a influência do posicionamento dos pilares na área das suas seções transversais, verificar no processo de concepção dos pilares como a seção transversal sofre influência da altura e de pavimentos travados na edificação e desenvolver gráficos analíticos mediante as análises conclusivas do estudo, facilitando o entendimento na concepção inicial dos pilares

A estrutura do trabalho contempla em sua análise, breve fundamentação teórica e empírica acerca do objeto de estudo, procedimentos metodológicos com base no alcance dos principais objetivos no que se refere à concepção estrutural dos pilares. Ressalta-se que foi selecionado um total de quatro projetos estruturais de diferentes portes de edificações. Em seguida analisou-se empiricamente a estrutura do projeto como universo de amostra concreta de pilares, compatibilizando a teoria com o existente, facilitando a compreensão e entendimento do estudo proposto. Verificou-se que a seção dos pilares varia significativamente com a posição em planta e o número de pavimentos do edifício.

METODOLOGIA

O método empregado neste trabalho envolve um estudo empírico sobre pilares, utilizando uma abordagem qualitativa e quantitativa de quatro projetos estruturais fornecidos por uma empresa.

Iniciou-se por uma pesquisa bibliográfica em fontes primárias, contemplando artigos, livros, dissertações e monografias, bem como a seleção de autores que possam subsidiar o estudo, contemplando o embasamento teórico mais consistente e contribuindo significativamente com as conclusões inferidas na finalização deste trabalho.

Prosseguindo com uma pesquisa de campo para a obtenção de projetos estruturais como universo da amostra do estudo, tendo como critério de escolha a variedade de edificações quanto ao porte, diferindo-se por altura e área de extensão. Foram coletados quatro projetos de edificações distintas, fornecidos por uma empresa. Ressalta-se que para preservar a integridade e identidade da pessoa jurídica da empresa, bem como os responsáveis técnicos dos projetos não foram mencionados no presente trabalho.

Análise Projetual: Primeiramente, mediram-se as áreas de seção transversal e suas médias aritméticas de cada pilar, pois o valor de área varia de acordo com a altura. Depois se calculou a distâncias do centro de gravidade desses elementos até o baricentro dos pavimentos em que fazem parte. Contabilizou-se a quantidade de pavimentos que os pilares atravessavam e altura que cada peça atinge. As análises foram feitas através do programa *Autodesk AutoCAD Student*, subsidiando os cálculos, manuseio dos projetos e confecção das ilustrações apresentadas na pesquisa.

Confecção de gráficos: Foram construídos quatro gráficos, relacionado às áreas de seção transversal e distância ao centro de gravidade dos pavimentos. Foi criado outro gráfico com os dados de área média e pavimentos travados de todos os pilares das quatro edificações. No final, geraram-se 5 gráficos, sendo quatro individuais a cada edifício e um agregando todas as amostras.

Análise dos resultados: Compreendida pela análise dos gráficos, onde se observou o comportamento dos pilares, examinado a variação de suas áreas, frente aos parâmetros de distância ao centro de gravidade e número de pavimentos travados. Criou-se uma região, no derradeiro gráfico, descrevendo o comportamento do universo de amostra e com intuito de auxiliar no pré-dimensionamento dos elementos estudados.

DESENVOLVIMENTO

A concepção estrutural é a ação de estabelecer o arranjo adequado de elementos resistentes básicos, ordenados de forma a garantir a estabilidade global da edificação, considerando os aspectos arquitetônicos e urbanísticos, minimizando os custos e sempre atentando para a segurança.

A concepção da estrutura de um edifício consiste no estabelecimento de um arranjo adequado dos vários elementos estruturais do edifício (figura 1), de modo a assegurar que o mesmo possa atender às finalidades para as quais foi projetado. Em virtude da complexidade das construções, uma estrutura requer o emprego de

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

diferentes tipos de peças estruturais adequadamente combinadas para a formação do conjunto resistente. (ALVA, 2007, Pág. 1).

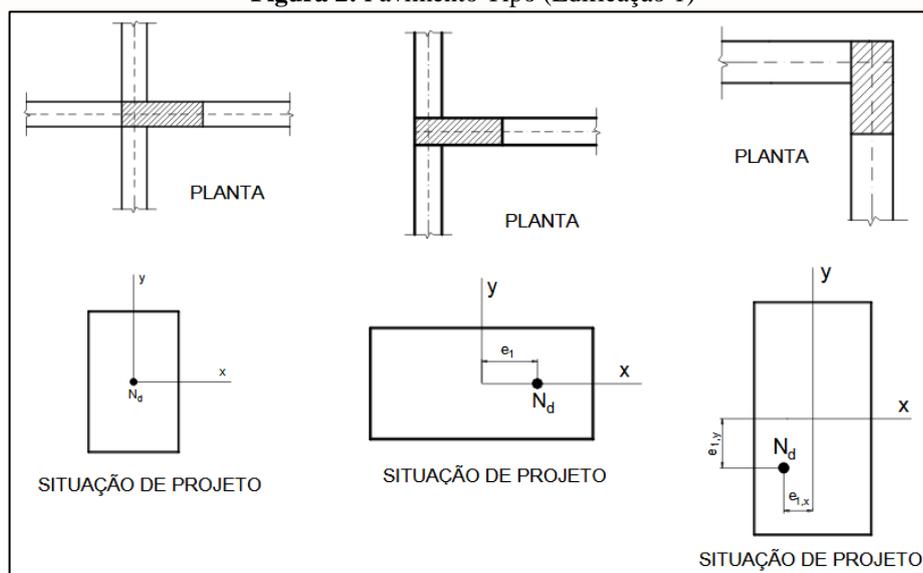
A concepção é a primeira etapa de uma obra, inicialmente, imagina-se o ambiente construído, definindo a forma da estrutura e a disposição de vigas, pilares e lajes, de forma coerente, criativa e executável. Posteriormente, surgem as demais etapas de análise estrutural, dimensionamento das unidades resistentes e o detalhamento do material empregado, sempre partindo de uma concepção inicial.

Pilares são elementos lineares que estão sujeitos, predominantemente, a solicitações axiais de compressão. Sua principal função é transmitir os esforços provenientes de vigas e lajes para a fundação, embora possam transmitir esforços para outros elementos de apoio.

Com a principal função de suportar cargas verticais isoladas, podem possuir esforços de flexão ocasionados pela excentricidade da aplicação da carga, pela continuidade entre os pilares e os elementos suportados e por forças laterais, como a do vento. (JOAQUIM, 1999, Pág. 14)

Segundo GIONGO (2007), BASTOS (2017) e SCADELAI (2004) os esforços solicitantes dos pilares variam de acordo com a sua posição em planta, sendo definidos pilares de canto quando estiverem submetidos à flexão composta oblíqua, pilares de extremidade quando sob flexão composta normal e pilares centrais quando em compressão centrada, Figura 1.

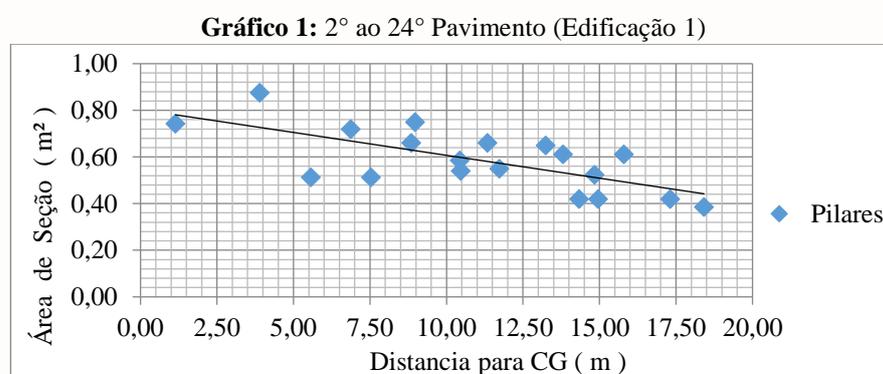
Figura 2: Pavimento Tipo (Edificação 1)



Fonte: Adaptado de BASTOS (2017)

Fonte: DANTAS (2015)

A planta da Figura 4 tem área total de aproximadamente 541,75 metros quadrados, a maior extensão entre os quatro edifícios. Percebe-se que a geometria formada pelo andar é assimétrica, pois não há um eixo simétrico que divida a figura em duas partes iguais, caso houvesse, dois pilares posicionados igualmente opostos, poderiam incorporar uma área de seção igual, pois estariam sobre as mesmas condições. A partir da Figura 24, criou-se o Gráfico 1, relacionando a área de seção transversal, eixo das ordenadas e a distância ao centro de gravidade (CG), eixo das abscissas.

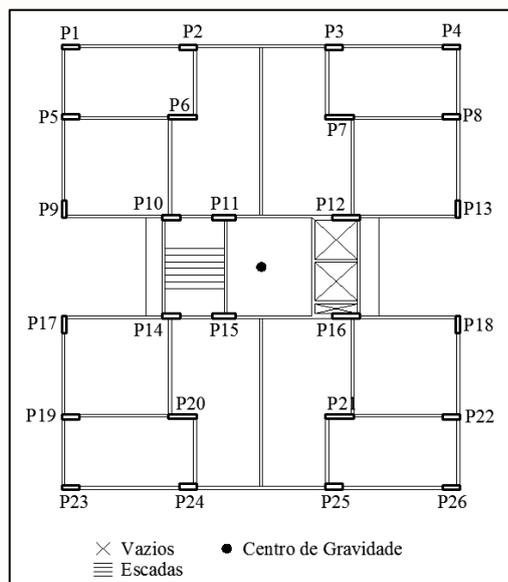


Fonte: DANTAS (2015)

Analisando o Gráfico 1, percebe-se que os pilares diminuem suas seções transversais ao se distanciarem do centro de gravidade do pavimento. Nota-se que a maioria dos pilares se encontra dentro de um intervalo de área, se estendendo desde 0,35 até 0,8 metros quadrados, variando seu comprimento ao CG de 5 a 18 metros. É perceptível a presença de dois casos extremos, os pilares 10 e 13 têm grandes áreas de seção devido a suas curtas distâncias ao CG.

A Edificação dois (2) é disposta de 20 andares, incluindo fundação, cobertura, casa de máquinas e reservatório. Seu pavimento tipo é representado do segundo ao décimo quinto pavimento, contendo 26 pilares, Figura 5.

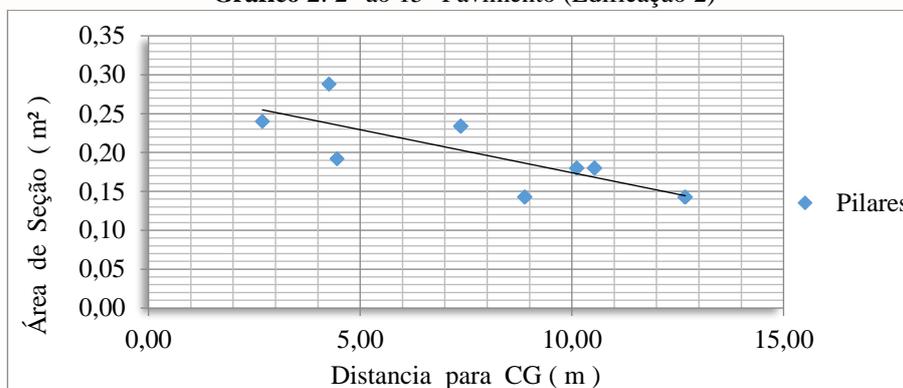
Figura 5: Pavimento Tipo (Edificação 2)



Fonte: DANTAS (2015)

A Figura 5 representa a planta baixa do pavimento tipo da edificação dois (2), tendo área total de aproximadamente 304,41 metros quadrados. Devido a existência de simetria, há elementos com áreas iguais e distancias com valores bem próximos. Gerou-se o Gráfico 2, de acordo com os pilares da Figura 5.

Gráfico 2: 2° ao 15° Pavimento (Edificação 2)



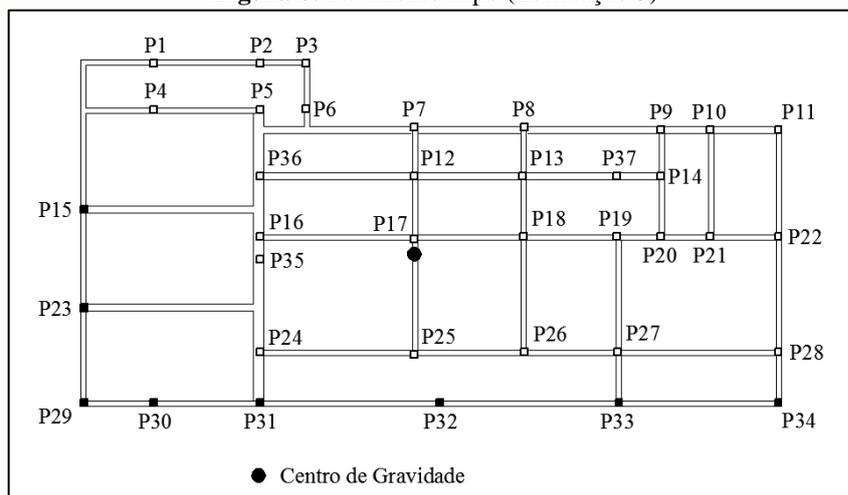
Fonte: DANTAS (2015)

Observando o gráfico, é possível notar uma semelhança com o Gráfico 1, onde a área de seção dos pilares tem relação inversa com a distância do centro de gravidade do pavimento. Essa edificação possui 26 elementos estruturais verticais, mas o gráfico mostra poucos pontos, isso ocorre devido a planta baixa apresentar simetria em sua forma, diferenciando-se da edificação um (1), que era assimétrica.

A edificação três (3) é a menor entre todas as estudadas, tem aproximadamente 176,40 metros quadrados de extensão e possui 5 andares, incluindo fundação, térreo,

cobertura e reservatório. Esse ambiente construído contém 37 pilares, em seu interior, porém essa quantidade varia de um pavimento para outro. Foi escolhido o térreo para análise, pois é o ambiente de vivência dos usuários e contém os pilares principais da estrutura, Figura 6.

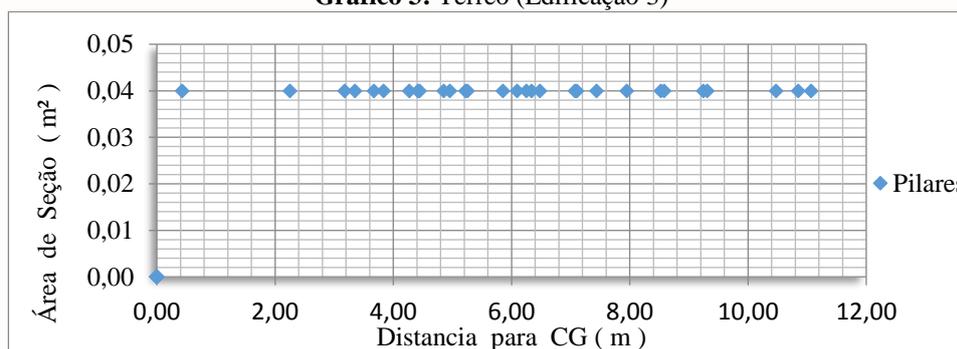
Figura 6: Pavimento Tipo (Edificação 3)



Fonte: DANTAS (2015)

O pavimento térreo dessa construção contém 29 pilares, pois os elementos 15, 23, 29, 30, 31, 32, 33 e 34 morrem e as unidades 35, 36 e 37 nascem nessa altura, respectivamente. Semelhante ao processo feito anteriormente, gerou-se um gráfico representando a área no eixo das ordenadas e a distância ao centro de gravidade (CG) no eixo das abscissas, Gráfico 3.

Gráfico 3: Térreo (Edificação 3)



Fonte: DANTAS (2015)

Ao examinar o Gráfico 3, nota-se que posição dos pilares não tem influência em suas seções transversais. Além disto, seus elementos estruturais são esbeltos, com a menor área de seção entre as amostras estudadas, e são todos iguais.

A Edificação quatro (4) tem maior altura dentre os projetos analisados, medindo 122,58 metros. É a menor com relação à quantidade de pilares, contendo apenas 16.

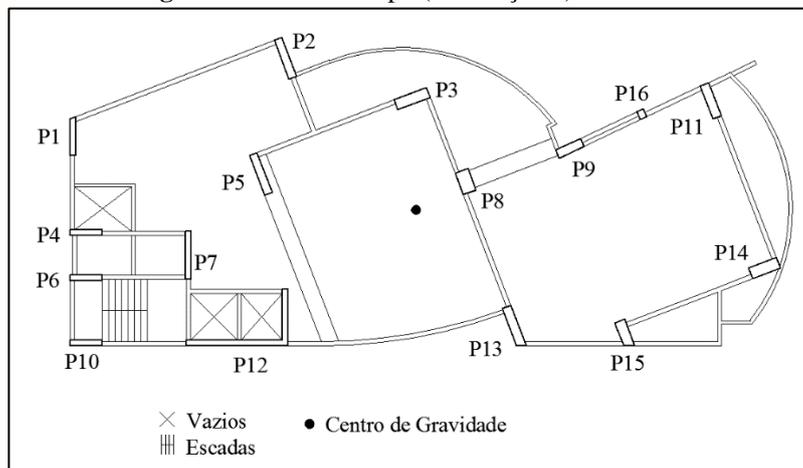
(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Utilizando os mesmos critérios de análise usados anteriormente, selecionaram-se os pilares do pavimento tipo, Figura 7.

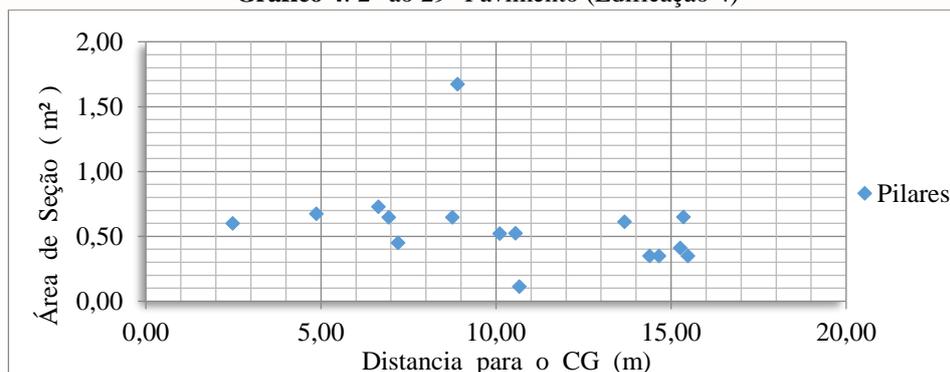
Figura 7: Pavimento Tipo (Edificação 4)



Fonte: DANTAS (2015)

A Figura 7 representa a planta baixa do pavimento tipo da edificação quatro (4), com aproximadamente 350,10 metros de área. Essa construção possui uma geometria assimétrica. Elaborou-se o Gráfico 4, relacionando as variáveis, área de seção transversal, eixo das ordenadas e a distância ao centro de gravidade (CG), eixo das abscissas.

Gráfico 4: 2º ao 29º Pavimento (Edificação 4)

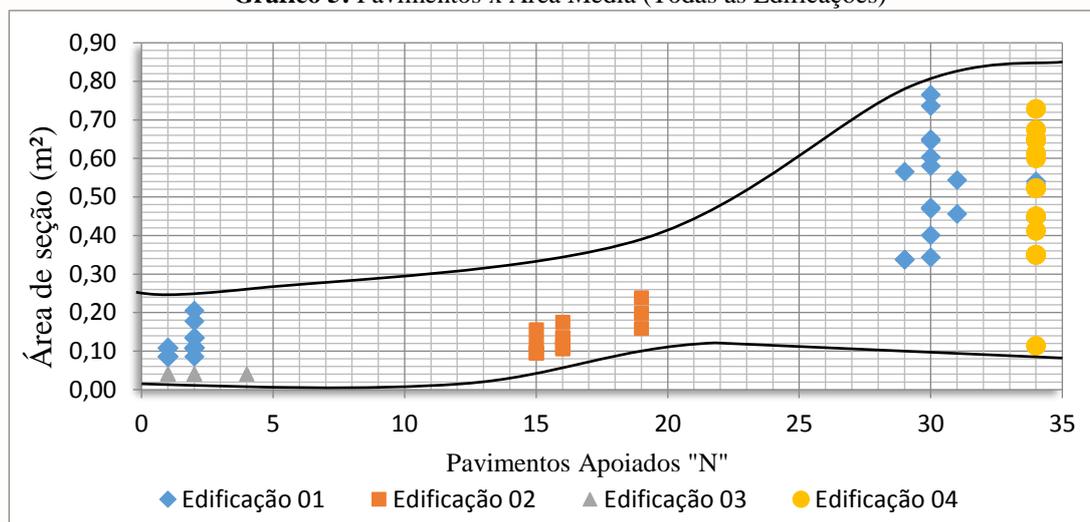


Fonte: DANTAS (2015)

O ponto de extremo no Gráfico 4, o elemento 12, provavelmente faz parte do sistema de contraventamento da edificação, como núcleo rígido. As peças restantes mantêm variabilidade em suas áreas contidas no intervalo de 0,26 até 0,80 metros quadrados e não se percebe os padrões observados anteriormente, onde as seções reduziam-se de acordo com a distância ao centro.

Observando o Gráfico 5, percebe-se que a altura é dos fatores que afetam a área de seção transversal dos pilares. É verificado que a tendência são elementos mais robustos de acordo com a quantidade de pavimentos.

Gráfico 5: Pavimentos x Área Média (Todas as Edificações)



Fonte: Adaptado de DANTAS (2015)

É possível delimitar uma região que engloba o comportamento geral de todas as peças das edificações estudadas, para isso utiliza-se a linha que pode ser observado no Gráfico 5. Exclui-se da região delimitada, os casos extremos, como o caso de núcleo rígido, onde a área é elevada, pois o elemento faz parte do sistema de contraventamento, situação particular. É possível notar que a área é proporcional a altura das peças estruturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa utilizou um universo de amostra de quatro projetos, distinguindo-se por altura, área construída, forma arquitetônica e quantidade de pilares. Analisando os pilares que compõem seus sistemas estruturais, conclui-se que as edificações 1 e 2 apresentam o mesmo comportamento, onde os pilares se apresentam robustos quando próximos ao centro de gravidade do pavimento, devido ao esforço normal de compressão ser predominante, e mais esbeltos quando distantes desse ponto, porém mais armados para resistir aos esforços de momento fletor. A edificação 3, apresenta o mesmo valor de seção, e menor entre os demais projetos, para todos os elementos verticais. Isso ocorre pelo fato de ser um edifício de pequeno porte, com cargas menores. Além disto, apresenta uma grande quantidade de pilares, como consequência, a carga se distribui para cada peça. O edifício 4 demonstrou comportamento

diferente, com menor variabilidade em relação a distância ao CG do pavimento, além de conterem menor número de peças.

Conclui-se que a área de seção transversal dos pilares varia de acordo com a sua posição em planta, ou seja, da arquitetura e do lançamento estrutural. O número de pilares tem influência em suas seções, pois a carga de distribui entre os elementos. A altura também tem papel fundamental, pois definirá a carga do qual o pilar estará submetido, tendo em vista que a edificação 3, de pequeno porte, apresentou pequenos valores de área.

O Gráfico 5 apresenta uma alternativa de pré-dimensionamento para os pilares, semelhante ao proposto por YOPANAN (2000), mas relacionando área de seção transversal com o número de pavimentos. É provável, em casos próximos ao dos projetos estudados, que a área do elemento estrutural em questão esteja dentro da região delimitada, de acordo com o número de pavimentos.

Para estudos futuros, pode-se realizar uma coleta de amostras, visando aumentar os dados e posteriormente comparar os resultados ao proposto pelo presente trabalho e ao proposto por YOPANAN (2000). Outro ponto importante é com relação a armadura dos pilares, pode-se verificar, além dos aspectos citados, a influência da distribuição da armadura na área de seção transversal.

REFERÊNCIAS

ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Concepção Estrutural de Edifícios em Concreto Armado**. 23 f. Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Notas de Aula: Pilares de Concreto Armado**. São Paulo: Departamento de Engenharia Civil, UNESP, 2017. 100 p.

DANTAS, Lucas Ramos. **Análise Empírica de Pilares**. 2015. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2015.

GIONGO, José Samuel. **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. 176 f. Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, 2007.

JOAQUIM, Mauricio Martinelli. **Flexão e Flexo-Ccompressão Em Elementos de Alvenaria Estrutural**. 1999. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, 1999.

RABELLO, Yopanan Conrado Pereira. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. São Paulo: Zigurate, 2000. 271 p.



SCADELAI, Murilo Alessandro. **Dimensionamento de Pilares de Acordo com a NBR 6118:2003**. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.