



Modelos de Contraventamento para Melhora de Desempenho de Edifício Alto

Karoline Nonnenmacher Colferai¹, Bruna Manica Lazzari²

¹ Pontifícia Universidade Católica / Engenharia Civil / karolinecolferai@gmail.com

² Pontifícia Universidade Católica / Engenharia Civil / bruna.lazzari@pucrs.br

Resumo

A crescente urbanização vem criando espaço para prédios cada vez mais altos, e com isso buscam-se alternativas de concepções estruturais que atendam a arquitetura, os requisitos de norma e sejam viáveis economicamente. Dessa forma, o objetivo do trabalho é o lançamento de um edifício real no *software* TQS, assim como sua análise no ELS e ELU e propostas de concepções estruturais a fim de verificar seu desempenho quanto aos deslocamentos horizontais. Foram estudados 5 modelos, sendo eles o modelo 0, os modelos 1 e 2, com alterações nos pilares dos cantos e os modelos 3 e 4, com a inserção de *outriggers*. Assim, as diferentes concepções estruturais tiveram como resultado a alteração dos parâmetros de instabilidade global em relação ao modelo 0. Os modelos 1 e 2 apresentaram um aumento dos deslocamentos horizontais e do gama z. Para os modelos 3 e 4 os deslocamentos e os gama z reduziram.

Palavras-chave

Concepção estrutural. Análise estrutural. Análise global.

Introdução

A concentração da população no meio urbano vem se intensificando com o passar do tempo e, devido à limitação dos espaços horizontais, torna-se necessária a elaboração de projetos de edifícios comerciais e residenciais cada vez mais altos. Uma das grandes preocupações com edifícios altos são os efeitos das ações horizontais. Por essa razão, dar a devida atenção à concepção estrutural é de extrema importância (DINIZ; LAGES; BARBOZA, 2019).

A concepção estrutural de um edifício consiste em definir o arranjo adequado dos elementos estruturais, a fim de garantir que a estrutura atenda aos aspectos de segurança, economia, conforto e durabilidade. Além disso, é imprescindível que a disposição dos elementos estruturais mantenha a funcionalidade e a estética do projeto arquitetônico (BENVEGNÚ, 2022).

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar o lançamento e a análise de uma edificação em concreto armado real, seguindo os critérios previstos pelas NBR 6120/2019, NBR 6123/1988 e NBR 6118/2014, propondo diferentes concepções estruturais, através do *software* TQS. O objeto de estudo é uma edificação residencial de 33 pavimentos, além do embasamento e da cobertura. Esta estrutura foi selecionada, pois, segundo a empresa responsável pelo projeto, esta edificação encontra-se próxima ao limite de deformações horizontais aceito pela norma. Dessa forma, o propósito do presente estudo é avaliar soluções para amenizar as deformações horizontais deste edifício, visando obter melhorias na estrutura.



As soluções escolhidas para esse trabalho foram a alteração dos pilares de canto para pilares em formato de L e a inserção de *outriggers*. O trabalho possui limitações por se tratar do estudo de uma única edificação, por fazer uso de apenas um *software* e por expor apenas um número limitado de demonstrações como soluções para uma nova concepção estrutural.

Referencial teórico

A instabilidade global ocorre em função de diversos fatores como: as ações verticais e horizontais, a altura e esbeltez da edificação, a rigidez de seus elementos e as ligações entre si. Os fatores que ocasionam a instabilidade global geram um aumento nas deformações. Assim, sua verificação é de extrema importância na concepção estrutural para garantir a segurança na estrutura (DINIZ; LAGES; BARBOZA, 2019).

É possível analisar a estrutura através dos efeitos de 1º ordem e de 2º ordem. Os efeitos de 1º ordem consideram que o equilíbrio do conjunto de elementos é verificado a partir de sua geometria inicial e que os deslocamentos horizontais são pequenos, considerando a estrutura com nós fixos. Os efeitos de 2º ordem levam em conta a configuração deformada da estrutura e a presença de nós móveis, uma vez que os deslocamentos horizontais são significativos (CARVALHO; PINHEIRO, 2013). De acordo com a NBR 6118, em situações que as reações e solicitações não apresentarem acréscimo maior que 10% dos respectivos esforços de 1º ordem, os efeitos globais de 2º ordem podem ser desconsiderados.

Para que a estrutura seja considerada como de nós fixos, ela deve desconsiderar os esforços globais de 2º ordem. De acordo com a NBR 6118, item 15.5.3, essa verificação pode ser obtida através do coeficiente γ_Z , que é válido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares. A estrutura é classificada de nós fixos se $\gamma_Z \leq 1,1$. A equação 1 determina o valor de γ_Z em cada caso de carregamento:

$$\gamma_Z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (\text{equação 1})$$

Em que:

$M_{1,tot,d}$ = soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, em relação à base da estrutura e $\Delta M_{tot,d}$ = soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura da combinação considerada, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

No caso do $\gamma_Z > 1,1$, a estrutura será considerada de nós móveis, assim, devem ser levados em conta os efeitos globais e locais de 2º ordem e os efeitos de não linearidade física e geométrica. Já quando o γ_Z estiver entre 1,1 e 1,3, pode ser feita uma aproximação dos esforços finais majorando os esforços



horizontais da combinação de carregamento considerada por $0,95\gamma_z$. Por fim, nos casos em que o $\gamma_z > 1,3$ a estrutura deverá ser analisada por métodos mais sofisticados, como o $P - \Delta$ (FREITAS; LUCHI; FERREIRA, 2016).

Demonstrando o que foi dito anteriormente, a estabilidade global tem influência direta da rigidez dos elementos estruturais como as vigas, os pilares e as lajes. Os dois primeiros têm função majoritária na estabilidade global enquanto o terceiro atribui a propriedade de diafragma rígido para a estrutura. Dessa forma, são abordadas algumas soluções que conferem rigidez para a estrutura (FREITAS; LUCHI; FERREIRA, 2016).

O sistema mais usual em edifícios é o de pórticos rígidos, que são constituídos pelo conjunto de vigas e pilares, dispostos paralelamente ou ortogonalmente, e são conectados rigidamente, resistindo aos esforços de flexão. A principal vantagem deste sistema é a flexibilidade em satisfazer as condições da arquitetura, permitindo uma melhor disposição dos elementos estruturais devido a sua forma retangular. Para edifícios de até 25 andares, é um sistema considerado econômico; sendo que, para edifícios de maior altura, pode ser viabilizado caso combinado com outro sistema de contraventamento (TARANATH, 2010).

Outro sistema bastante utilizado é o de núcleo estrutural, que é formado pela união de pilares paredes em direções diferentes ou por pilares metálicos contraventados, de modo a aumentar a resistência aos esforços laterais. Normalmente, estes elementos de enrijecimento são posicionados no núcleo de escada e de elevador para facilitar na questão arquitetônica (ALI; MOON, 2007). O sistema de núcleo estrutural pode ser projetado por paredes isoladas ou paredes associadas; porém verificou-se em estudos que as paredes associadas podem reduzir os deslocamentos entre 17% e 21% (BERNARDI; CAMPOS FILHO; PACHECO, 2010).

Outras alternativas estão sendo estudadas em busca de melhores soluções para a redução dos deslocamentos horizontais, além de considerar os custos envolvidos. Um método que vem sendo bastante empregado são os *outriggers*, que são elementos estruturais de alta rigidez, responsáveis por transferir uma parte dos esforços que seriam absorvidos apenas pelo núcleo da estrutura para os pilares externos do edifício. Quanto maior a altura dos *outriggers*, mais rígida será a estrutura, sendo em muitas situações uma tarefa difícil realizar a compatibilização com a arquitetura. Em algumas situações, por causa da altura das vigas, é necessário utilizar mais de um andar para a implementação desse sistema. Assim, os *outriggers* normalmente não são posicionados em sua melhor localização, sendo limitados à instalação em pisos intermediários ou de serviço (HO, 2016).

A transferência de parte dos esforços faz com que o momento externo seja resistido não apenas pela flexão do núcleo, mas também pela tensão de tração das colunas à barlavento e compressão à



sotavento. Os pilares da fachada muitas vezes são conectados entre si por meio de vigas, denominadas *belt truss*, para auxiliar na melhor distribuição dos esforços, uma vez que esses pilares não são dimensionados para receber os esforços do núcleo. Por fim, é importante enfatizar que o uso do sistema de *outriggers* é eficiente apenas no auxílio da absorção dos esforços horizontais, não sendo funcional para aumentar a resistência ao cisalhamento. A figura 1 indica soluções de contraventamentos citados acima para uma edificação (TARANATH, 2010).

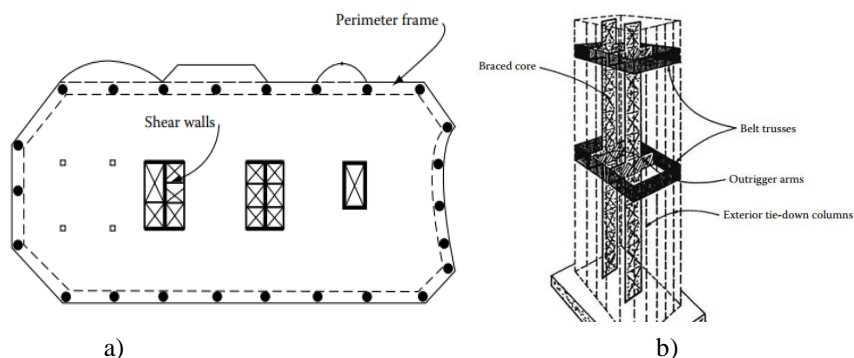


Figura 1 –a) Pilar-parede com pilares no perímetro; b) Outriggers e belt truss

Para determinar o posicionamento dos *outriggers* é necessário avaliar duas variáveis. A primeira delas é a rigidez, que possui valor mínimo quando os *outriggers* se localizam no topo da edificação e máximo na situação contrária. A segunda é a magnitude de rotação que, em decorrência de carregamentos laterais uniformemente distribuídos, um elemento em balanço varia parabolicamente com um valor máximo desse ângulo na parte superior e mínimo na parte inferior. Portanto, a melhor localização do *outrigger*, do ponto de vista da rigidez, é na base; já da perspectiva da magnitude de rotação, é interessante posicionar *outrigger* no topo (TARANATH, 2010).

Assim, verificando as duas variáveis, é possível concluir que a melhor posição para executar um *outrigger* único, é aproximadamente na metade da altura do edifício. Já quando forem escolhidos dois andares com esse sistema, as posições ideais são a um terço e a dois terços da altura total. As posições ótimas para a inclusão de um e dois *outriggers* estão representadas nas equações 2 e 3, respectivamente, sendo H a altura total do edifício (TARANATH, 2010).

$$x = 0,455 \times H \quad x_1 = 0,312 \times H \quad e \quad x_2 = 0,685 \times H \quad (\text{equações 2 e 3})$$

Com o avanço dos programas computacionais que auxiliam na engenharia é improvável ver o lançamento e análise de grandes estruturas feitos manualmente, uma vez que, com o uso de programas, os estudos são feitos com um tempo mais reduzido e com um nível de confiabilidade maior. Entretanto, o uso de *softwares* não altera a responsabilidade do engenheiro, que tem função de interpretar os resultados obtidos (KIMURA, 2018).



O presente trabalho utiliza o *software* TQS para propor diferentes concepções estruturais para o edifício em estudo. É importante ressaltar que a representação dos elementos estruturais no TQS é feita a partir de uma única barra com propriedades de área, inércia à torção e inércia à flexão. Entretanto, para o caso de pilares-parede e vigas-parede, a representação por apenas uma única barra não retrata o comportamento real da estrutura, uma vez que é gerado uma assimetria na mesma. Assim, a alternativa encontrada é discretizar as peças em malhas de elementos de barras, verticais e horizontais (MEDEIROS, 2014).

Outro fator importante é a ligação entre os elementos estruturais, que o *software*, assim como a NBR 6118, considera de forma rígida. Entretanto, há a possibilidade de flexibilizar essa ligação, ou seja, redistribuir os momentos. De acordo com a NBR 6118, item 14.6.4.3, a capacidade de rotação dos elementos estruturais é função da posição da linha neutra no ELU. Dessa forma, ao se fazer uma redistribuição, ou seja, reduzir os momentos fletores, a profundidade da linha neutra deve ser limitada pela equação 4. Além disso, o coeficiente de redistribuição deve ser maior ou igual a 0,90 para nós móveis e maior ou igual a 0,75 para outros casos.

$$\frac{\chi}{d} \leq \left(\frac{\delta - 0,44}{1,25} \right) \text{ para concreto com } f_{ck} \leq 50MPa \quad (\text{equação 4})$$

Em que:

$\frac{\chi}{d}$ = posição da linha neutra e δ = coeficiente de redistribuição.

Desenvolvimento

O presente estudo se baseou em uma edificação residencial real, localizada na cidade de São Paulo, contendo embasamento, torre e cobertura. O embasamento é composto por três subsolos, térreo e 1º pavimento. A torre é formada pelo 2º pavimento e pavimento tipo com 32 andares. A cobertura é a junção do piso da casa de máquinas, piso dos reservatórios e cobertura dos reservatórios. As cargas consideradas na estrutura foram definidas conforme o projeto de arquitetura do edifício, e estão de acordo com a NBR 6120.

Para o edifício de estudo foram adotados os valores de resistência do concreto, relação água/cimento e cobrimentos indicados na tabela 1, conforme tabelas 7.1 e 7.2 da NBR 6118. Além disso, o agregado considerado foi o granito.

Tabela 1 – Valores considerados para o edifício base

CA A	Concreto		Cobrimento	
	Relação a/c	Resistência do concreto		
II	0,55	$f_{ck} \geq 45MPa$	Lajes 2 cm	Vigas e Pilares 2,5 cm



Conforme a NBR 6123, para a cidade de São Paulo, a velocidade básica do vento (V_0) considerada foi de 38 m/s. Em relação aos fatores para a consideração das cargas de vento, foi utilizado o fator topográfico (S1) com valor igual a 1,00, a categoria de rugosidade (S2) igual a IV e o fator estatístico (S3) igual a 1,00. Com relação aos critérios no *software* TQS, o modelo estrutural considerado foi o modelo VI, em que o processamento dos esforços é realizado pelos modelos de grelhas e pórticos, e as lajes são consideradas na análise global da estrutura. Além disso, nas lajes foi feita uma redistribuição nos esforços em que o fator de engastamento foi reduzido para 0,90 e os deslocamentos verticais foram analisados a partir da grelha não-linear.

Para a escolha da resistência característica do concreto (f_{ck}) a ser utilizada no edifício em estudo, foi feita uma análise com relação aos deslocamentos horizontais, verticais (flechas) e valores de gama z (γ_z). Os modelos analisados foram os de $f_{ck} = 40MPa$, $f_{ck} = 45MPa$ e $f_{ck} = 50MPa$. Através do cálculo do gama z, a estrutura foi classificada como de nós móveis e os deslocamentos horizontais estavam dentro dos limites estabelecidos pela NBR 6118. Porém, ao considerar na modelagem computacional os elementos estruturais com concretos de $f_{ck} = 40MPa$ e $f_{ck} = 45MPa$; verificou-se que as flechas estavam acima do limite de norma nos pavimentos correspondentes ao piso da casa de máquinas e à cobertura dos reservatórios. Em relação à modelagem realizada considerando o valor do f_{ck} equivalente a 50 MPa, verificou-se que as flechas estavam dentro dos limites aceitos pela norma em todo o edifício.

Considerando a NBR 6118, o parâmetro gama z define a edificação entre nós fixos, caso seu valor seja menor ou igual a 1,10; e nós móveis, para valores maiores que 1,10. O limite do deslocamento lateral é a altura total do edifício, 117,29 metros, dividido por 1700, resultado em 6,90 cm. Por fim, o limite do deslocamento entre pisos é o desnível entre dois pavimentos vizinhos dividido por 850, nesse caso o maior deslocamento entre pisos ocorreu no pavimento casa de máquinas em que o desnível é 1,56 m, logo o limite é 0,18 cm. Na tabela 2 são demonstrados os valores do gama z, dos deslocamentos horizontais máximo e dos deslocamentos entre pisos para cada uma das alternativas estudadas no sentido do vento X e do vento Y.

Tabela 2 – Valores obtidos nos modelos estudados para modelo base

Modelos		Fck = 40 MPa	Fck = 45 MPa	Fck = 50 MPa
Gama Z	Direção X	1,16	1,15	1,13
	Direção Y	1,17	1,16	1,14
Deslocamento Lateral (cm)	Direção X	1,19	1,12	1,04
	Direção Y	4,15	3,87	3,59
Deslocamento entre pisos (cm)	Direção X	0,04	0,04	0,04
	Direção Y	0,07	0,07	0,06



Com os valores apresentados na tabela 2, é observado, conforme o esperado, que com o aumento da resistência característica à compressão do concreto, ocorre a diminuição dos valores de deslocamentos e do gama z, uma vez que ocorre o aumento do módulo de elasticidade, enrijecendo da estrutura. Na figura 2 é indicada a planta do pavimento tipo do projeto base estrutural.

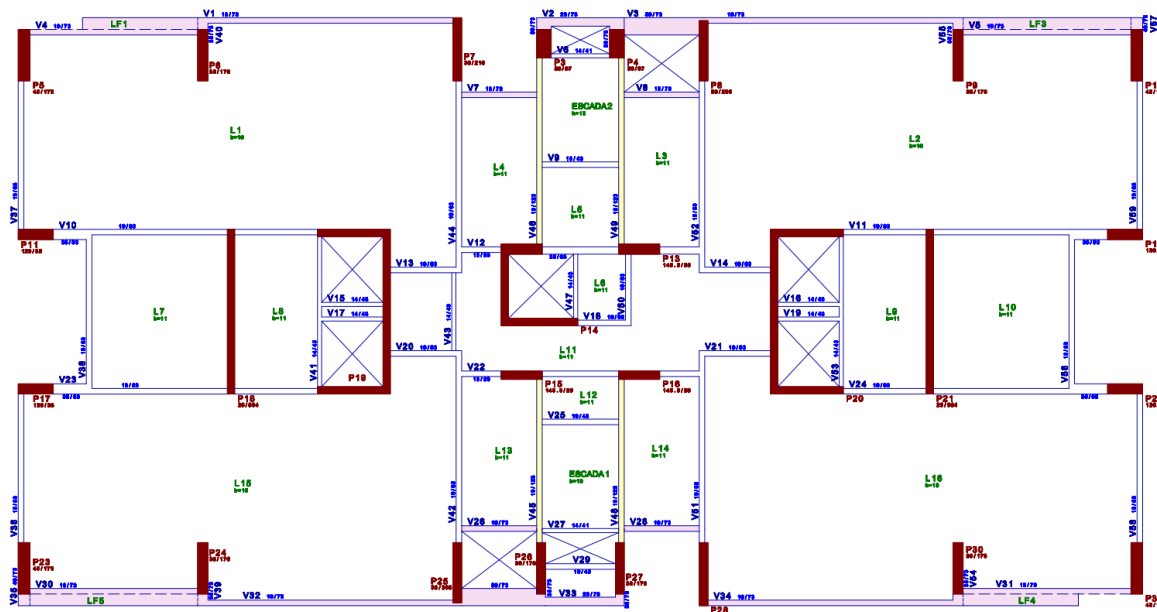


Figura 2 – Planta baixa estrutural – Modelo 0 – Pavimento tipo

A primeira proposta de diferente concepção estrutural foi a de alterar os quatro pilares dos cantos da fachada (P5, P10, P23 e P32), que se encontram orientados segundo o eixo y, para pilares em formato de L. Verificando a arquitetura, observou-se que no local onde se propôs a alteração dos pilares há espaço para um duto de ventilação, na parte interna, e na fachada não há nenhum elemento que impeça essa alternativa. Dessa forma, a alteração dos pilares retangulares para pilares com o formato de L é viável. Foram propostas duas concepções estruturais com pilares no formato de L nos cantos da fachada: o modelo 1 e o modelo 2.

No modelo 1 a geometria dos pilares foi definida de forma que os pilares permanecessem dentro da projeção das paredes não ocasionando nenhuma mudança na arquitetura. Além disso os pilares parede P18 e P21, foram transformados em quatro pilares de 25 x 150, nomeados de P33, P34, P35 e P36. Estes novos pilares foram posicionados nas extremidades dos pilares-parede existentes anteriormente. Para o modelo 2 foi proposto aumentar a seção destes mesmos pilares em L, em que os pilares saem da projeção das paredes. No entanto, em razão da presença do duto de ventilação no local, esta modificação não provocou interferência significativa na arquitetura. Com o aumento da seção dos pilares em L, além de transformar os dois pilares-parede P18 e P21 em quatro pilares de menor dimensão, como na proposta anterior; foi possível otimizar a geometria do pilar P14 para um pilar de



seção retangular de 25 x 270, uma vez que os pilares em L já fornecem um enrijecimento na direção Y, sendo possível reduzir esse pilar para a vertical, funcionando apenas na direção X.

A segunda proposta de diferente concepção estrutural foi a inserção de *outriggers* no edifício, sendo selecionadas duas opções. Para modelo 3 foi apresentado o uso de dois pavimentos com *outriggers*, sendo as suas posições em 0,312 e 0,685 da altura do edifício; o que corresponde ao 9º pavimento e ao 24º pavimento, respectivamente. No modelo 4 foi considerado apenas um *outrigger*, localizado a 0,455 da altura total do edifício, ou seja, no 15º pavimento.

Nos dois modelos apresentados os *outriggers* foram posicionados na direção Y, ligando os pilares P4 e P27, em que suas dimensões são de 19 x 803,5 e 19 x 809,5. Para possibilitar a sua discretização, os *outriggers* foram modelados como pilares que nascem e morrem no mesmo pavimento (P57 e P58). Em locais de aberturas ou que, de acordo com a arquitetura, não fosse possível a inserção de *outriggers*, esses foram interrompidos e modeladas vigas. Na figura 3 é representada a geometria e a posição dos *outriggers* lançados na estrutura. Com a inserção dos *outriggers* foram alterados os pilares indicados na planta baixa desta figura. Os pilares que tiveram suas dimensões alteradas foram os quatro pilares de canto P5, P10, P23 e P32 para a largura de 120 cm. Os pilares-parede P18 e P21 foram transformados nos pilares P18, P21, P52 e P53 com as dimensões de 25 x 176. Por fim, o pilar P14 foi transformado em dois pilares, nomeados de P14 e P82 com as medidas de 262 x 25 e 140,5 x 35, respectivamente.

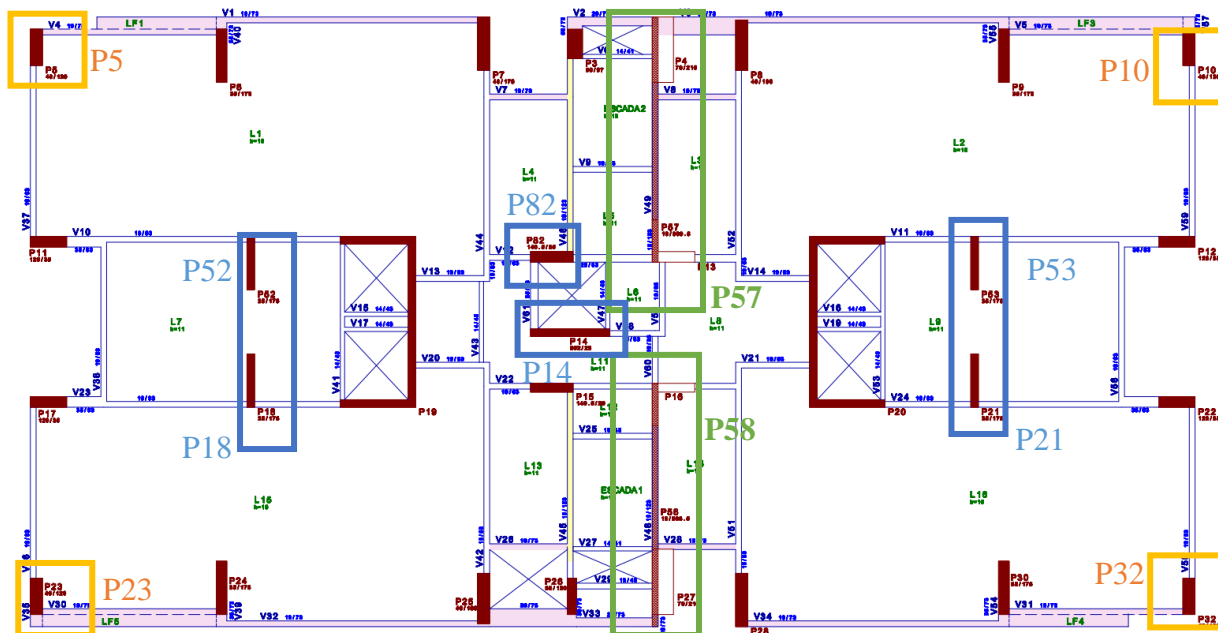


Figura 3 – Pilares alterados nos modelos 3 e 4 com *Outriggers*



Análise dos resultados

Para a estabilidade global, foram analisados o gama z, o deslocamento lateral do edifício e o deslocamento entre pisos. Na tabela 3 é possível verificar os valores de gama z e deslocamentos horizontais máximos obtidos para cada modelo analisado. Foi verificado no TQS que o maior deslocamento entre pisos do modelo 1 ocorreu no pavimento tipo, nos demais modelos ocorreu no pavimento da casa de máquinas. Para o pavimento tipo, o desnível é de 2,88 metros, sendo o limite 0,34 cm e para o pavimento da casa de máquinas o desnível é de 1,56 metros, sendo o limite 0,18 cm. Logo, são apresentados os valores de deslocamentos entre pisos, verificando que o deslocamento do modelo 1 apresenta um valor maior que os demais, entretanto dentro do limite, devido a diferença de consideração de pé direito. Com base nos resultados obtidos para os parâmetros de instabilidade global é possível verificar que para os modelos 1 e 2 houve um aumento nos deslocamentos e do gama z com relação ao modelo 0. Já para os modelos 3 e 4 tanto os deslocamentos, quanto o gama z foram reduzidos. Essa redução é apresentada de forma mais acentuada na direção Y, devido ao enrijecimento da estrutura nessa direção.

Os modelos 1 e 2, em que foram alterados os pilares dos cantos para pilares em L, indicaram aumento dos deslocamentos horizontais e do gama z; mesmo assim todos os valores estavam dentro do limite previsto pela NBR 6118. Os modelos 3 e 4, em que foram inseridos os *outriggers*, apresentam os menores valores de gama z e de deslocamentos horizontais. Além disso, ainda se constata que com a inserção de dois *outriggers* não é possível ver uma diferença expressiva para os deslocamentos em relação à utilização de apenas um *outrigger*.

Tabela 3 – Valores de instabilidade global de cada modelo

Modelo	Gama Z		Deslocamento Lateral		Deslocamento entre Pisos		
	Vento	Direção X	Direção Y	Direção X	Direção Y	Direção X	Direção Y
0		1,15	1,16	1,12	3,91	0,04	0,07
1		1,16	1,18	1,26	4,56	0,04	0,14
2		1,16	1,20	1,26	4,80	0,04	0,09
3		1,14	1,15	1,18	3,75	0,04	0,06
4		1,14	1,15	1,18	3,75	0,04	0,06

Conclusões

Analisando os cinco modelos propostos, sendo o modelo base, os dois modelos com pilares em L nos cantos da edificação, e os dois modelos com inserção de *outriggers*, é possível concluir que os melhores modelos foram os com a introdução dos *outriggers*.

Com relação aos modelos com *outriggers*, foi constatado que eles impactam de forma positiva nos deslocamentos horizontais da edificação. Além disso, outro fator importante a ser apontado é com



relação ao lançamento dos *outriggers* no *software* TQS, uma vez que o *outrigger* deve ser lançado e comparado com outros programas, como o de elementos finitos, para obter uma validação sobre o detalhamento correto desse elemento. Logo, como sugestão para trabalhos futuros, indica-se o lançamento de concepções estruturais diferentes, porém considerando o mesmo volume de concreto das edificações, possibilitando verificar o quanto o peso de aço pode ser alterado com as alternativas propostas e o quanto os deslocamentos sofrem alterações e o estudo aprofundado dos *outriggers* em programas de elementos finitos.

Referências

- ALI, M. M.; MOON, K. S. Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects. **Architectural Science Review**, v. 50, n. 3, p. 205–223, 9 set. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. , 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO**. , 29 abr. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120: AÇÕES PARA O CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES**. , 2019.
- BENVEGNÚ, D. **Análise da performance de diferentes concepções estruturais em edifícios altos em concreto**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 18 maio 2022.
- BERNARDI, D.F.; CAMPOS FILHO, A.R.; PACHECO, A. Análise tridimensional de edifícios altos de concreto armado com a presença de paredes estruturais. Em: **Teoria e Prática na Engenharia Civil**. n.16, p.43-53, 2010. BRASIL, G. S. **ANÁLISE DE MODELOS DE CONTRAVENTAMENTO EM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO**. Trabalho de conclusão de curso – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **CÁLCULO E DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS USUAIS DE CONCRETO**. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. v. 4
- CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto**. São Paulo: PINI LTDA, 2013. v. 2
- LACERDA, M.M.S.; FLORÊNCIO, A.C.; SILVA, W.A.; DELALIBERA, R. G. Avaliação dos critérios para análise da estabilidade global em edifícios de concreto armado: estudo de caso. (D.O.I. 10.5216/reec.v9i2.28875). **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 9, n. 2, 9 out. 2014.
- DINIZ, C. W. S.; LAGES, E. N.; BARBOZA, A. S. R. Global stability of buildings' structural systems considering beam-wall connections. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 4, p. 705–737, ago. 2019.
- FREITAS, F. C.; LUCHI, L. A. R.; FERREIRA, W. G. Global stability analysis of structures and actions to control their effects. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 9, n. 2, p. 192–213, abr. 2016.
- HO, G. W. M. The Evolution of Outrigger System in Tall Buildings. **International Journal of High-Rise Buildings**, v. 5, n. 1, p. 21–30, 31 mar. 2016.
- KIMURA, A. **Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado**. 2. ed. São Paulo: Oficina do texto, 2018. v. 1
- LIMA, M. F. **SISTEMA DE OUTRIGGERS EM CONCRETO ARMADO: ANÁLISE COMPARATIVA EM EDIFÍCIO REAL**. Trabalho de conclusão de curso - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- MEDEIROS, S. R. P. Modelos estruturais de núcleos de edifícios – barra vs. casca. **TQSNEWS**, 2014.
- TARANATH, B. S. **Reinforced Concrete Design of Tall Buildings**. Boca Ranton: Taylor & Francis, 2010.