

UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ - UVA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO -
PRPPG

ESTUDO DA RESISTÊNCIA DE PILARES DE CONCRETO ARMADO COM CARGAS APLICADAS COM DIFERENTES EXCENTRICIDADES.

Autor(es): Sérgio Nietzsche Maciel Melo¹ ; Ricardo José Carvalho Silva²

¹ Engenharia Civil, CCET, UVA; sergio.m.melo100@gmail.com, ²Docente/pesquisador, CCET, UVA. ricardo.carvalho222@gmail.com

Resumo: Esse trabalho se objetivou em comparar pilares com diferentes armaduras sujeito a flexão normal composta quando se varia a excentricidade. foi realizado a modelagem computacional de pilares de concreto armado, variando a posição de atuação do carregamento normal aplicado em sua face superior, com o intuito de analisar a relação entre a variação das excentricidades e a redução do desempenho estrutural. As análises ocorreram por intermédio do *software ANSYS Workbench*, um renomado programa de simulação para engenharia, onde foram modelados e analisados os elementos estruturais, que posteriormente foram parametrizados e validados conforme as principais referências bibliográficas sobre o tema. O primeiro modelo foi validado a partir de um pilar de referência com suas medidas de seção transversal de 200mm por 200mm e altura de 1200mm, contendo 4 barras longitudinais. Com o modelo validado, os pilares foram classificados quanto ao diâmetro de suas barras longitudinais (10mm e 20mm), desta forma, estes elementos passaram por análises computacionais onde foram aplicadas as cargas variando a excentricidade a cada 5mm e observando a carga de ruptura. Por fim, conclui-se que, a resistência dos pilares aumentam quanto maior o diâmetro de suas barras longitudinais e diminuem conforme a excentricidade do carregamento aumenta.

Palavras-chave: Pilares, Concreto Armado, Excentricidades e Modelagem Computacional.

INTRODUÇÃO E OBJETIVO

O pilar é um elemento estrutural geralmente na vertical, quando dispostos na diagonal são conhecidos como “mão francesa”, onde se apoiam os elementos horizontais (vigas e lajes), estes elementos estão submetidos, predominantemente, à ação de cargas de compressão e, em alguns casos, podem estar submetidos à flexão normal ou oblíqua. Estes elementos são cruciais para as estruturas de concreto armado, visto que possuem a função de conduzir as cargas para os elementos de fundação.

Destes esforços, a maior parte é absorvida pelo concreto, servindo as armaduras para auxiliar na resistência e atender a inevitáveis excentricidades de força axial. As armaduras longitudinais, utilizadas na prática, têm suas taxas geométricas (área de armadura dividida pela área de concreto) limitadas por valores inferiores (armadura mínima) e superiores (armadura máxima). As barras longitudinais são colocadas nos cantos e nas faces da seção, onde elas são mais eficientes para absorver tensões provocadas por excentricidade das forças. As peças comprimidas, quando muito alongadas, estão, ainda, sujeitas a efeitos de segunda



UNIVERSIDADE ESTADUAL
VALE DO ACARAÚ

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG



CEARÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E EDUCAÇÃO SUPERIOR

ordem, que é a instabilidade decorrente de deslocamento transversal do eixo do elemento.

Segundo PFEIL (1988), as forças axiais (tração ou compressão) constituem, na verdade, idealizações de cálculo. Na prática, existem sempre excentricidades nas solicitações, decorrentes de imprecisões construtivas, excentricidade das forças nos extremos e de momentos por causa das ligações. Para cobrir essas eventualidades, são adotadas, nos projetos, excentricidades mínimas de cálculo, determinadas em função de uma dimensão transversal ou do comprimento de haste.

Neste trabalho foi realizada modelagem computacional para dois modelos de pilares quadrados de concreto armado, variando as excentricidades de aplicação de carga, com o intuito de analisar sua resistência a partir da relação carga de ruptura por excentricidade.

O objetivo deste trabalho foi investigar o comportamento dos pilares de concreto armado para diferentes excentricidades, pois devido à crescente verticalização da cidade de Sobral, faz-se necessário uma maior atenção à segurança das edificações quanto aos sistemas estruturais, onde os pilares são os principais afetados, à medida que as edificações tomam proporções cada vez maiores, as excentricidades aumentam em consequência dos efeitos do vento, desaprumo, entre outros.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram modelados dois pilares de concreto armado, as modelagens foram realizadas com dimensões padronizadas para todas os pilares, com seções transversais quadradas de 200 mm x 200 mm, e altura de 1200 mm, tendo os cobrimentos de concreto de 15mm, suas armaduras são compostas por 4 barras longitudinais de 1200mm de comprimento, cuja seção é variável, composta por 7 estribos de 5mm de diâmetro, espaçados a cada 120mm, nas seções centrais, e 2 x 7 estribos de 6,30mm de diâmetro, espaçados a cada 15mm, que são concentradas nos pontos do apoio e de aplicação de cargas, afim de evitar rupturas locais por concentração de tensões. as armaduras longitudinais variam de 10 mm a 20 mm de diâmetro, para P1 e P2, respectivamente.

As análises do comportamento dos pilares foram feitas via Método dos Elementos Finitos (MEF), através de simulações computacionais utilizando o software ANSYS Workbench 17.1. Através do programa foi simulado a aplicação de carga nas faces de topo dos pilares, variando entre elas o seu ponto de aplicação em relação ao centro geométrico da seção em apenas um eixo (flexão normal).

Para a modelagem do concreto, o elemento utilizado foi o SOLID65, cujo é definido pelo programa por oito nós com três graus de liberdade (translações nas direções nodais x, y e z). Por se tratar de um elemento que simula o concreto, o comportamento acontece de modo não linear.

Para os pontos de aplicação da carga e para os apoios, o material adotado foi o Structural Steel (material padrão do Ansys), uma vez que o comportamento não linear desses objetos pode ser desprezado no comportamento da estrutura é irrelevante a configuração de um material fiel para os apoios.

Uma das principais definições em uma análise por elementos finitos é o tamanho da malha. A precisão e a velocidade da obtenção dos resultados dependem basicamente do refinamento da malha, uma malha pouco refinada (com elementos grandes) conduzirá a resultados menos precisos, exigindo pouco esforço computacional e, conseqüentemente, uma maior velocidade



no processamento dos resultados. Uma malha muito refinada conduzirá a resultados mais precisos, mas aumentará o esforço computacional, levando um maior tempo para se obter os resultados. O ideal é adotar um meio-termo entre uma malha grosseira e refinada (SILVA JÚNIOR, 2020).

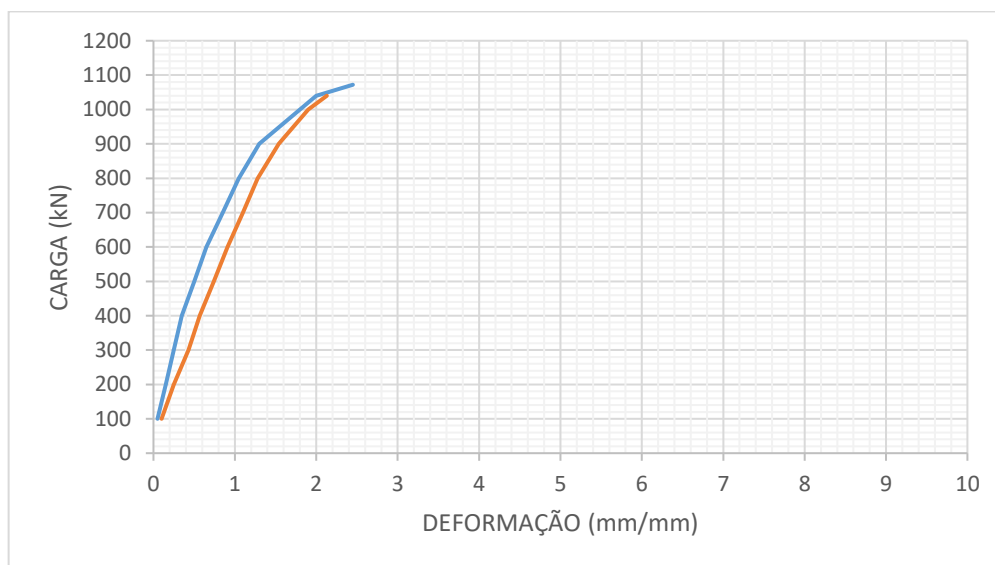
No Ansys é possível determinar o tamanho dos elementos inserindo um valor arbitrário ou indicando o número de subdivisões (quantidade de elementos). Adotou-se, para todos os pilares modelados, uma malha com elementos cúbicos de 15 mm de tamanho.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de validar o modelo computacionalmente, foi utilizado um pilar experimental proposto por Ramos (2001), e nomeado como Pilar P1-10,0-120, com dimensões de 200mm x 200 mm x 1200mm, possuindo 4 armaduras longitudinais, para combater os esforços de flexo-compressão normal, com diâmetro de 10mm. Além disso, as armaduras transversais de 5 mm de diâmetro são espaçadas a cada 120mm.

Para fins de comparação e validação da análise numérica foram traçadas e sobrepostas as curvas do tipo carga-deformação. Os modelos experimentais e computacionais estão representados pelas cores azul e laranja, respectivamente, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 – Gráfico Carga x Deformação



Legenda: Modelo computacional (Laranja), Modelo experimental (Azul)

Fonte: Autor, 2023.

Analisando o gráfico da Figura 1, é possível observar que os resultados computacionais se assemelham com os resultados dos pilares experimentais de Ramos. Porém, os gráficos não ficaram sobrepostos perfeitamente, pois o software apresenta resultados com uma taxa de 93,5% de assertividade, em relação ao experimental, conforme citado por Ramos e constatado pelo autor, essa divergência pode estar relacionada com alguns efeitos da não linearidade não considerada para este modelo, portanto, o pilar computacional apresenta maiores deformações e menores cargas de ruptura. Comparando o valor da carga de ruptura obtido experimentalmente e computacionalmente, para o pilar P1-10,0-120, obteve-se através do software o valor da carga última (P_u) de 1041 kN (1072 kN no experimental) e deformações de 2,13 mm/mm (2,0 mm/mm no experimental) considerando o carregamento de 1041 kN, resultando em um erro percentual inferior a 3% para carga e 6,5% para os deslocamentos.



UNIVERSIDADE ESTADUAL
VALE DO ACARAÚ

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG

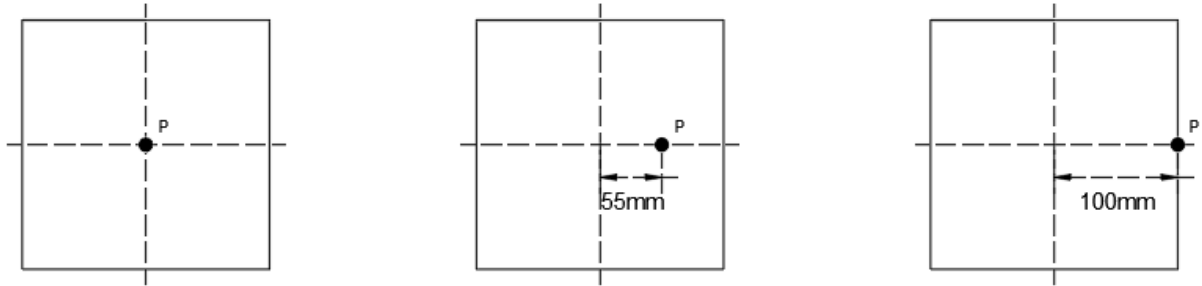


CEARÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E EDUCAÇÃO SUPERIOR

Esses resultados indicam que o modelo numérico é válido e tem potencial para representar o comportamento próximo ao real deste tipo de elemento estrutural.

Com o aumento das excentricidades as deformações aumentam e as cargas de ruptura diminuem, a Figura 2 mostra como ocorre a variação das excentricidades na seção transversal.

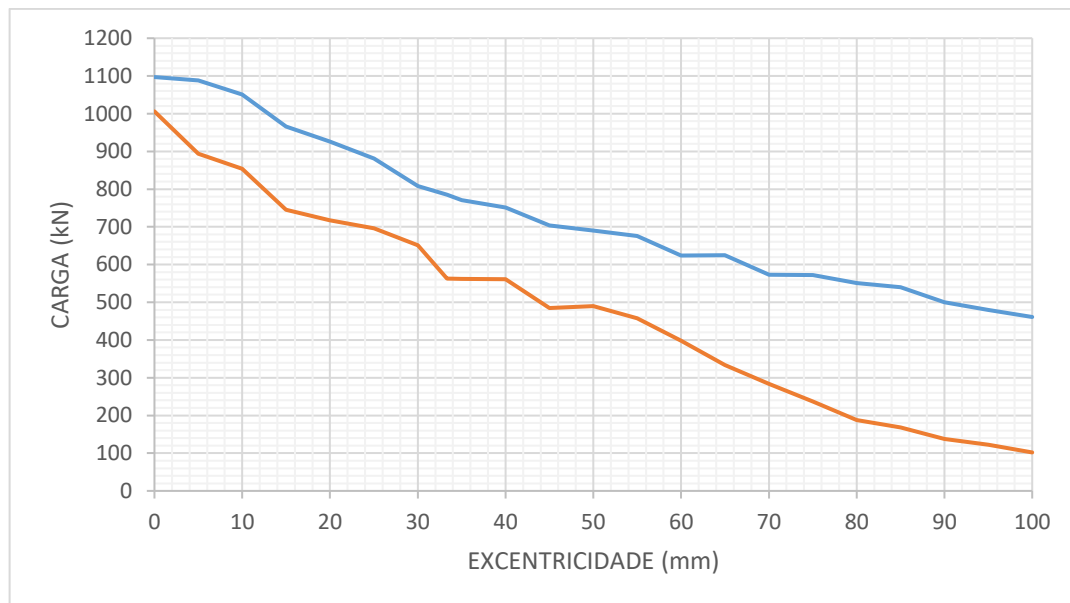
Figura 2 – Variação da excentricidade na seção transversal



Fonte: Autor, 2023

Analisando o gráfico da Figura 3 é possível notar a relação entre a carga de ruptura (kN) dos pilares modelados com a variação da excentricidade (mm) obtida para as bitolas de 10mm (laranja) e 20mm (azul). Com isso, é possível observar que quanto maiores as excentricidades forem, menores as cargas últimas de ruptura.

Figura 3 – Gráfico Carga x Excentricidade



Legenda: Barras de 10mm (Laranja), Barras de 20mm (Azul)

Fonte: Autor, 2023

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises numéricas mostraram-se bem consistentes quando comparadas aos resultados experimental de Ramos (2001) e ficou evidenciado que elas conseguem reproduzir uma situação real de carregamento em pilares. As análises feitas e validadas a partir de um modelo experimental, mostraram a importância da assertividade quanto a estimativa das excentricidades, tendo em vista que, um erro neste parâmetro, mesmo que na ordem de centímetros, pode ser capaz de exceder o fator de segurança estrutural, levando ao risco de



UNIVERSIDADE ESTADUAL
VALE DO ACARAÚ

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG



CEARÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E EDUCAÇÃO SUPERIOR

ruptura parcial ou total da edificação, mesmo que, sobre atuação de ações de magnitude menor que aquelas previamente estipuladas pelo calculista. A análise computacional da resistência de pilares quando submetidos às cargas excêntricas se aproxima bastante do recomendado nas normas e dos valores apresentados em abacos, considerando que os resultados computacionais levam a resultados mais conservadores. Por fim, ressalta-se que as conclusões aqui obtidas referem-se exclusivamente aos pilares analisados neste trabalho, portanto, cabe enfatizar que ainda devem ser realizadas mais análises com diferentes modelos de pilares, variando as seções transversais e as armaduras longitudinais, em número e bitola, bem como diversos outros fatores que influem direta e indiretamente nesses resultados, assim como ensaios experimentais precisam ser realizados e comparados com o estudo numérico.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Vale do Acaraú, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo fomento e apoio à iniciação científica e tecnológica, ao grupo de pesquisa GEM e a todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Rio Grande: Dunas, 2014. v.3, 4.ed.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2023). **NBR 6118:2023: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). **NBR 6123:1988: Forças devido ao vento em edificações**. Rio de Janeiro.
- PFEIL, W. (1983). **Concreto armado, dimensionamento: compressão, flexão e cisalhamento**. 4.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos.
- RAMOS, R. F. (2001). **Análise experimental de pilares de concreto armado sob ação centrada com resistência do concreto de 25MPa**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- SILVA, Ricardo José Carvalho. **Concreto Armado 5a Edição (Janeiro/2018)**. Sobral: Universidade Estadual vale do Acaraú, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Engenharia Civil, 2018.