



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



INTERAÇÃO ENTRE AS PAREDES DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Paula Taiane Pascoal

Engenheira Civil graduada na Universidade Federal do Pampa

ptpascoal@hotmail.com

Aldo Leonel Temp

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa

aldotemp@unipampa.edu.br

André Lubeck

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria

andrelubeck@gmail.com

Alexander Ian Ferreira Dutra

Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Pampa

aleiandutra@gmail.com

Resumo. *O presente trabalho aborda um estudo sobre a interação entre paredes em edificações de alvenaria estrutural de blocos de concreto submetidos a ações verticais. O objetivo consistiu em realizar uma análise numérica da interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais para diferentes disposições de paredes em edificações, mas com mesma natureza de carregamento, altura e propriedades dos materiais constituintes, de maneira a identificar a influência da arquitetura sobre a distribuição de carregamentos. Foram realizadas análises em duas edificações e, em cada uma delas, foram avaliados os carregamentos em três paredes, levando em conta as resultantes de pavimentos agrupados e pavimentos isolados. Para isso, utilizou-se a rotina de faseamento construtivo do software SAP2000 V12, que emprega o Método dos Elementos Finitos. Os carregamentos na base das paredes do pavimento térreo das duas edificações variaram de maneira não uniforme e a adoção de um valor único como taxa de interação pode resultar em carregamentos não realistas em algumas situações.*

Palavras-chave: *Alvenaria estrutural. Interação entre as paredes. Método dos elementos finitos.*

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado, no qual a alvenaria desempenha tanto a função estrutural quanto a de vedação, dispensando o uso de pilares e vigas, o que torna as construções, em muitos casos, mais econômicas.

Em função da continuidade das paredes e da existência de lajes que ligam os diferentes conjuntos de paredes de um mesmo pavimento, há uma tendência de ocorrer a transmissão dos carregamentos de uma parede para outra, com uniformização dos carregamentos ao longo da altura da edificação, fenômeno esse conhecido como interação entre paredes.

De acordo com Ramalho e Corrêa [6], um carregamento localizado em parte do comprimento da parede tende a se espalhar ao longo da sua altura e, por isso, há a tendência de haver a transmissão de carregamentos entre as paredes.

Segundo Capuzzo Neto [2], uma questão ainda não completamente caracterizada é o comportamento da interação entre as paredes sob as forças verticais. De acordo com a NBR 15812-1 [1], a interação de elementos adjacentes deve ser considerada quando houver garantia de que as forças de interação possam se desenvolver entre esses elementos e que haja resistência suficiente para transmiti-las. No entanto, essa norma não dá outras

recomendações a respeito da consideração de interação entre paredes, ficando a cargo do projetista definir como a interação se processa.

O presente trabalho visa analisar a interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais. Essa análise será realizada para duas edificações com geometrias distintas, porém, com mesmo material, mesmas propriedades e submetidas aos mesmos carregamentos.

2. MÉTODO CONSTRUTIVO

A distribuição das ações verticais é a parcela mais influente no dimensionamento da alvenaria estrutural, devido ao fato da trajetória das tensões ao longo da altura de um edifício, depender da interseção entre as paredes que pode ocorrer de duas formas: amarração direta ou amarração indireta.

A parede mais carregada do pavimento define a resistência do bloco a ser utilizado no determinado pavimento. Conforme Corrêa e Ramalho [2], quanto maior uniformização das cargas verticais ao longo da altura da edificação, maiores os benefícios para a economia, pois haverá uma tendência a uma redução das resistências dos blocos a serem especificados. Caso essa uniformização não ocorra, pode-se incorrer em menor economia ou insegurança no dimensionamento.

2.1 Procedimentos de distribuição

Para Corrêa e Ramalho [2], em uma parede de alvenaria, quando se coloca um carregamento localizado sobre apenas uma parte de seu comprimento, tende a haver um espalhamento dessa carga ao longo de sua altura. A distribuição pode ocorrer de diversas formas, sendo as paredes consideradas isoladas, em grupos isolados, grupos com interação ou através da modelagem tridimensional em elementos finitos. Para o desenvolvimento deste trabalho considerou-se os grupos de paredes com interação.

Nesse procedimento, além de se considerar a interação em canto e bordas, considera-se também as forças de interação sobre as aberturas, mediante a definição de taxas de interação, formando um macrogrupo.

Corrêa e Ramalho [3] definiram a taxa de interação entre 0 e 1 (0% a 100%) o que representa a porcentagem de força que deve ser uniformizada. O algoritmo implementado faz uma distribuição através das equações a seguir.

$$q_m = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n} \quad (1)$$

$$d_i = (q_i - q_m)(1 - t) \quad (2)$$

$$q_i = q_m + d_i \quad (3)$$

Onde:

n: número de grupos interagindo; q_i : carregamento do grupo no nível considerado; q_m : carregamento médio do macrogrupo no nível considerado; d_i : diferencial de carregamento no nível considerado; t: taxa de interação.

2.2 Modelagem numérica

Entre os métodos numéricos disponíveis, o método dos elementos finitos (MEF) é um dos mais utilizados para modelar o comportamento estrutural da alvenaria.

Lourenço [5] define a existência de duas grandes estratégias de modelagem para simular numericamente a alvenaria, a macro e a micromodelagem. Para essa análise, definiu-se a utilização da macromodelagem, que consiste em modelar juntas e blocos de maneira única, como um único material com comportamento médio representativo do conjunto. Para modelar numericamente as edificações, fez-se o uso do SAP2000 V12, que consiste em um software comercial para análise estrutural que utiliza o método dos elementos finitos, utilizando nós, barras, superfícies e sólidos.

As duas edificações possuem a mesma altura e são dispostas de quatro pavimentos de alvenaria estrutural, mas têm disposição de paredes diferentes. As lajes da edificação são maciças de concreto armado com 0,15 m de espessura. A altura total das edificações é de 12,00 metros. As paredes foram consideradas embasadas por uma estrutura indeslocável, modelada por apoios espaçados a cada 40 cm, igual a distância da malha de elementos finitos adotada, a fim de evitar que ocorresse o efeito arco na estrutura.

As edificações analisadas são compostas por blocos de concreto de paredes vazadas, com dimensões nominais de 14x19x39cm, resultando em paredes com 15cm de espessura depois de finalizadas, resistência à compressão nominal na área bruta de 6 MPa. Considerou-se um módulo de elasticidade 4,0 GPa, além de uma densidade de 14kN/m³ para o cômputo do peso das paredes. O coeficiente de Poisson (ν) considerado foi de 0,20. Considerou-se um módulo de cisalhamento (G) de 1,67 GPa.

A malha utilizada para as lajes possui 40 x 40 cm e a malha adotada para as paredes de alvenaria estrutural, 20 x 40 cm, ambas semelhantes às utilizadas por Diz et al. [4]. Para as duas edificações considerou-se um carregamento permanente aplicado nas lajes de 1,5 kN/m² e um carregamento acidental de 1,5 kN/m².

Para que fosse possível analisar a interação entre as paredes, fez-se a escolha de três paredes em cada edificação. A escolha das paredes analisadas se deu em função da localização das mesmas, sendo pelo menos uma parede externa com aberturas de esquadrias.

A fim de obter a taxa de interação entre as paredes das edificações, verificaram-se as reações nos apoios da estrutura, sem considerar o peso próprio da viga baldrame e do contrapiso do pavimento térreo. Assim, todos os pavimentos possuíam a mesma geometria e carregamentos.

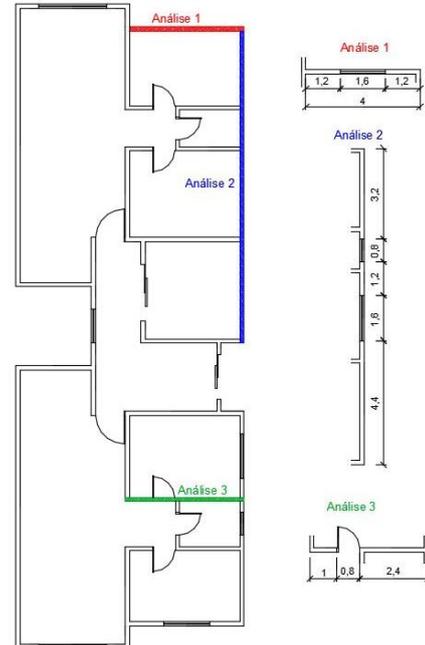
Foi adotada a rotina de faseamento construtivo disponível no software SAP 2000. Nessa, o carregamento de cada pavimento é aplicado de maneira individual e a malha se deforma antes da aplicação do próximo pavimento. Assim, busca-se reproduzir os efeitos reais que acontecem na estrutura. A interação entre as paredes foi avaliada através da diferença entre os carregamentos nos nós obtidos com a consideração dos efeitos construtivos e a soma dos pavimentos isolados. Para isso, utilizou-se como base os estudos de Corrêa e Ramalho [3] e as equações (1), (2) e (3).

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a edificação 1 e as três paredes analisadas. O carregamento total

nas paredes dessa edificação, considerando os quatro pavimentos, é de 10921,96 kN. Contabilizando todas as paredes da edificação, a mesma possui 119,20 m de comprimento, resultando uma carga média de 91,63 kN/m de carga linearmente distribuída na base das paredes do primeiro pavimento.

Figura 1. Planta baixa da edificação 1



A análise 1 se refere a uma parede externa da edificação a qual possui onze nós. O carregamento total dessa parede considerando pavimentos agrupados é de 354,73 kN. Como essa parede possui um comprimento de 4,0 m, a carga média na parede é de 88,68 kN/m. Para os pavimentos isolados, o carregamento total é de 341,38 kN, gerando uma média de 85,37 kN/m. Utilizando as equações anteriores, conclui-se que a taxa de interação para essa parede é de 0,53.

O mesmo procedimento foi realizado para as outras duas análises, resultando numa interação de 0,13 para a análise 2 e para análise 3, 0,15. A Figura 2 apresenta uma vista frontal da parede 2 da edificação 1, conforme o acréscimo das fases construtivas, onde pode-se observar que conforme são adicionados pavimentos na estrutura, os carregamentos se dissipam e as maiores tensões se concentram nas extremidades da estrutura, regiões mais rígidas. Abaixo de aberturas, a concentração de tensões é baixa, se comparada com as

extremidades da estrutura ou com a lateral das aberturas.

A Figura 3 apresenta a edificação 2 e as três paredes analisadas. O carregamento total nas paredes dessa edificação é de 9905,13 kN. Contabilizando todas as paredes da edificação, a mesma possui 112,80 m de comprimento em cada pavimento, determinando uma média de 87,81 kN/m.

Figura 2. Edificação 1 – análise 2

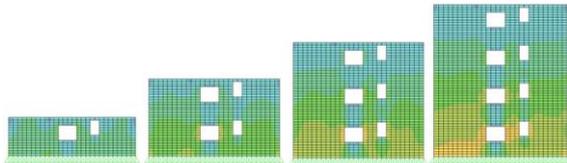
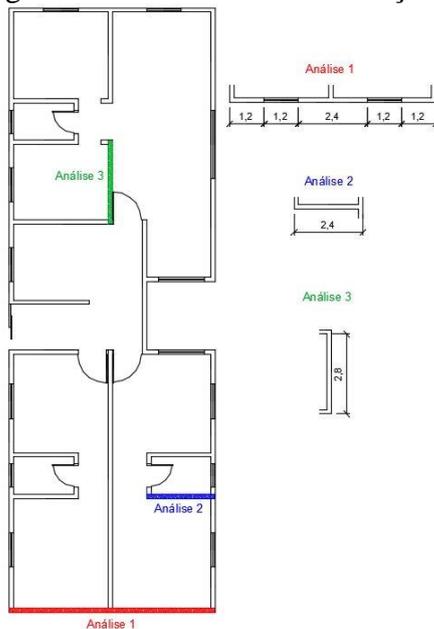


Figura 3. Planta baixa da edificação 2



Considerando os pavimentos agrupados, o carregamento total da parede é de 735,87 kN. Essa parede possui 7,20 m de comprimento, obtendo-se um carregamento médio de 10220 kN/m. Já o carregamento total dessa parede considerando pavimentos isolados é de 676,35 kN e a carga média na parede é de 93,94 kN/m. Seguindo os estudos de Corrêa e Ramalho [3] e utilizando as equações anteriores, a taxa de interação dessa parede é de 1,35, o que indica que o carregamento considerando os pavimentos agrupados é significativamente maior que considerando os pavimentos como isolados.

Para a análise 2 e 3, realizou-se o mesmo procedimento e obteve-se uma taxa de interação de 0,04 para a análise 2, verificando

que praticamente não houve interação nesse caso e 0,20 para a análise 3.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação da interação entre o carregamento de paredes de alvenaria em função da arquitetura da edificação. Conclui-se que os carregamentos nas paredes da estrutura variam de forma não uniforme. Verificou-se também que as tensões maiores tendem a se localizar próximo às extremidades das paredes, nas adjacências das aberturas e nas regiões de encontro com outras paredes, e as menores tensões estão embaixo das aberturas.

Para Corrêa e Ramalho [3], a taxa de interação varia entre 0 e 1 (0% a 100%), o que representa a porcentagem de força que deve ser uniformizada. Entre as diferentes paredes da mesma edificação, houve grande variação entre os coeficientes de interação, indicando que a adoção de um valor único pode resultar em carregamentos não realistas.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira De Normas Técnicas. “NBR 15812: Alvenaria estrutural – blocos cerâmicos – parte 1: projeto”. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] Capuzzo Neto, Valentim. Interação de paredes em alvenaria estrutural cerâmica sob ações verticais. São Carlos: 2005.
- [3] Corrêa, M. R. S.; Ramalho, M. A. “Projeto para análise de edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações verticais” in International Seminar On Structural Masonry For Developing Countries, pp. 305-314.
- [4] Diz, S.; Costa, A.; Costa, A. “Efficiency of strengthening techniques assessed for existing masonry buildings.” Engineering Structures, pp. 205-215.
- [5] Lourenço, P. B. Computational Strategies for Masonry Structures. 1996. 210p. Tese (Doutorado) – Civil engineering and geosciences, Netherlands, Delft University of Technology, 1996.
- [6] Ramalho, M. A.; Corrêa, M. R. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo, 2003.