

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM 3D DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM E SEM
INFLUÊNCIA DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO**

AMANDA FERREIRA DE TORRES QUINTANILHA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS TRINDADE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM 3D DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM E SEM
INFLUÊNCIA DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO**

AMANDA FERREIRA DE TORRES QUINTANILHA

Trabalho de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Trindade,
como requisito parcial para obtenção do Grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcel Willian Reis Sales

Trindade, GO
2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Q532a Quintanilha, Amanda
ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM 3D DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM E SEM INFLUÊNCIA
DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO / Amanda Quintanilha;
orientador Marcel Sales. -- Trindade, 2023.
31 p.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Trindade, 2023.

1. Estabilidade global . 2. Alvenaria de Vedação .
3. Análise 3D. I. Sales, Marcel, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local / /
Data

Amanda F. de C. Quintanilha

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Marcel William dos Santos

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 92/2023 - CE-TRI/GE-TRI/CMPTRI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 12 dia(s) do mês de dezembro de 2023, às 8 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: orientador **Marcel Willian Reis Sales**, Matheus Henrique Morato de Moraes, Pedro Filipe de Luna Cunha, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM 3D DE PÓRTICOS ASSIMÉTRICOS COM E SEM INFLUÊNCIA DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO" do(a) estudante Amanda Ferreira de Torres Quintanilha, Matrícula nº 2019108200840097 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Trindade. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TCC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO mediante ao atendimento de todas as correções sugeridas pela banca. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Marcel Willian Reis Sales

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Matheus Henrique Morato de Moraes

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Pedro Filipe de Luna Cunha

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Pedro Filipe de Luna Cunha, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/12/2023 09:37:58.
- Matheus Henrique Morato de Moraes, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 12/12/2023 09:37:45.
- Marcel Willian Reis Sales, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/12/2023 09:36:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 556770

Código de Autenticação: c5394a2bc4



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Trindade

Av. Wilton Monteiro da Rocha, S/N, Setor Cristina II, TRINDADE / GO, CEP 75380-000

(62) 3506-8000

AMANDA FERREIRA DE TORRES QUINTANILHA

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM 3D DE
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM E SEM
INFLUÊNCIA DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em _____, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Me. MATHEUS HENRIQUE
MORATO DE MORAES

Prof. Me. PEDRO FILIPE DE LUNA
CUNHA

Instituto Federal Goiano

Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. MARCEL WILLIAM REIS SALES
Instituto Federal Goiano (IF Goiano/Trindade)

Trindade, GO
Fevereiro, 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a oportunidade de concluir este trabalho.

Aos meus pais, Fernanda de Jesus e José de Torres, a minha irmã Andressa Quintanilha, pelo amor, apoio e dedicação. Vocês são meu exemplo e minha inspiração.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço a meu orientador, Marcel Willian Reis Sales, pela orientação, paciência e dedicação. Sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento do meu pensamento crítico e para a execução do projeto.

Aos meus professores, pelo conhecimento e pela formação profissional.

Agradeço aos meus amigos, agradeço pelo apoio, pela ajuda e pelo companheirismo.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Trindade, agradeço pela formação acadêmica e pela infraestrutura oferecida.

Especialmente, agradeço a minha prima Lanussy Porfiro e ao seu esposo Thiago Sardinha, pelo apoio incondicional e pelo incentivo ao meu desenvolvimento acadêmico. Sem vocês, nada disso seria possível, prima apesar de não estar mais presente em corpo, sempre estará no meu coração.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Natural da cidade de Goiânia, Goiás-GO. Graduando(a) em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano – Campus Trindade. Em 2021 começou um estágio na empresa CMO Construtora onde participou de toda a execução da obra, desde a fundação até a entrega da obra. Vendo a execução dos serviços, surgiu a curiosidade em entender como a estrutura se comporta. Portanto, a partir dessa experiência, desperta-se o desejo de continuar pesquisando na área de estruturas para melhor compreender a resolução de estruturas complexas e as interações com outros métodos construtivos. Busca através deste, a conclusão do bacharelado em engenharia civil pela apresentação do trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ações Verticais Atuantes na Estrutura	20
Tabela 2. Cálculo das Cargas Horizontais	21
Tabela 3. Cálculo Parâmetro Alpha	24
Tabela 4. Cálculo Parâmetro Gama z	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagonal Comprimida.....	18
Figura 2. Diagonal de tensões obtidas em Software da alvenaria	18
Figura 3. Deslocamentos com e sem alvenaria.....	19
Figura 4. Planta Baixa.....	20
Figura 5. Planta lançada SAP 2000	21
Figura 6. Ligação GAP utilizada.	22
Figura 7. Tensões nas paredes em MPa.....	28
Figura 8. Espessura da biela em cm.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos.....	14
3	referências bibliográficas	15
4	CAPÍTULO ÚNICO	16
4.1	Introdução	16
4.1.1	Objetivos.....	17
4.1.2	Contextualização.....	18
4.2	Bibliografia	18
4.3	Método	20
4.3.1	Modelagem sem alvenaria	23
4.3.2	Modelagem com alvenaria.....	24
4.4	RESULTADOS	24
4.4.1	Deslocamentos máximos no topo da estrutura	25
4.4.2	Parâmetro de instabilidade α	25
4.4.3	Coeficiente γz	26
4.4.4	Tensões nas paredes.....	27
4.5	CONCLUSÕES	29
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RESUMO

A estrutura de concreto armado é um método construtivo amplamente utilizado na construção, pois se trata de uma técnica já consolidada. Com arquiteturas cada vez mais modernas e estruturas cada vez mais esbeltas, gera a necessidade de se analisar a estabilidade global. Resultados indicam que a alvenaria pode impactar significativamente a estabilidade global, diminuindo os deslocamentos que a edificação pode sofrer, destacando a necessidade de considerações específicas em projetos estruturais. Este artigo propõe uma análise da estabilidade global em uma edificação de concreto armado, composta por 15 pavimentos, com os pórticos ocupados pela alvenaria de vedação, considerando a influência na estrutura, utilizando um software de análise computacional SAP 2000, que utiliza o método dos elementos finitos. Os resultados obtidos mostraram um indicativo de aumento na rigidez da estrutura e diminuição dos coeficientes analisados na estabilidade global, comparado a pórticos sem a presença da alvenaria.

Palavras-chave: Estabilidade Global, Alvenaria de Vedação e Análise 3D.

ABSTRACT

Reinforced concrete structure is a widely used construction method in building, as it is a consolidated technique. With increasingly modern architectures and increasingly slender structures, it generates the need to analyze global stability. Results indicate that masonry can significantly iMPact global stability, reducing the displacements that the building may suffer, highlighting the need for specific considerations in structural projects. This article proposes an analysis of global stability in a reinforced concrete building, composed of 15 floors, with the frames occupied by the masonry wall, considering the influence on the structure, using an analysis software that uses the finite element method. The results obtained showed an indication of an increase in the stiffness of the structure and a decrease in the coefficients analyzed in global stability, coMPared to frames without the presence of masonry.

Keywords: Global Stability, Masonry Infill and 3D Analysis.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, devido a sua alta capacidade em resistir à compressão, durabilidade e capacidade de ser moldado em diferentes formas e tamanhos, já o aço, um material mais resistente quando tracionado, é utilizado para reforçar o concreto que possui baixa resistência a tração, e assim proporciona mais resistência a estrutura (SILVA E OLIVEIRA, 2022). Os dois materiais em conjunto formam o concreto armado, uma técnica de construção amplamente utilizada nas construções de edifícios, pontes, viadutos, túneis, barragens, entre outras obras (CICOLIN E FILHO, 2011).

O concreto armado é uma técnica já consolidada, entretanto é de extrema importância que seja feita uma análise estrutural, isto porque as estruturas estão cada vez mais esbeltas e complexas. A análise é um processo que visa investigar e analisar, as forças que atuam em uma estrutura, verificando seu comportamento, a fim de avaliar sua capacidade de suportar as cargas a que está submetida e verificar se é segura, garantindo a sua estabilidade (ARAÚJO, 2020).

A análise estrutural pode ser realizada através de cálculos matemáticos, mas devido aos avanços tecnológicos, atualmente essa análise pode ser feita com o auxílio de softwares computacionais, garantindo mais segurança e rapidez, sendo feita com um profissional que tenha conhecimento sobre a área. Durante a concepção de um projeto estrutural e a sua análise, é de grande importância que seja feita a verificação de estabilidade global e que se verifique os efeitos de segunda ordem que atuam na estrutura (PINTO, 1997).

As estruturas de edifícios que possuem alturas elevadas, quando submetidas às cargas horizontais e verticais, sofrem deformações e deslocamentos, que afetam a estabilidade global de uma estrutura, pois podem causar um aumento dos esforços solicitantes nas peças estruturais podendo causar falhas (BOTTA, 2018). A análise de estabilidade global avalia e verifica a atuação de efeitos de segunda ordem, através de um método que vai considerar o deslocamento da estrutura, com o intuito de determinar as cargas críticas e as áreas de maior solicitação (FREITAS E FREITAS JUNIOR, 1989).

Esse tipo de análise é complexo, devido à não linearidade-física do concreto armado, que não possui comportamento elástico perfeito, e à não linearidade-geométrica da estrutura, podendo tornar necessário um auxílio computacional para que seja feita a análise (SILVA E OLIVEIRA, 2003).

Existem parâmetros que são utilizados para avaliar a necessidade de se considerar a não linearidade geométrica, os utilizados na NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto (ABNT, 2023), são os coeficientes Alpha (α) e Gama-z (γ_z).

Estes parâmetros levam em consideração, o módulo de elasticidade do concreto, a geometria dos pilares e vigas, e da própria estrutura e efeitos de momento fletor. Neste sentido, este trabalho visa incluir a contribuição alvenaria de vedação como elemento que auxilia a reduzir os deslocamentos, aumentando assim a rigidez da estrutura, o que pode reduzir efeitos de instabilidade no edifício. Neste sentido, os coeficientes Alpha (α) e Gama-z (γ_z) serão analisados com e sem a presença da parede de vedação.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a estabilidade global de uma estrutura de concreto armado, com e sem a influência da alvenaria de vedação.

2.2 Específicos

- Analisar os deslocamentos dos pórticos da estrutura em 3D com e sem o efeito da alvenaria de vedação.
- Analisar os valores de gama-z e parâmetro alpha.
- Analisar o efeito da alvenaria de vedação na estabilidade global da estrutura de concreto armado.
- Analisar as tensões encontradas nas paredes.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.

ARAÚJO, W. C. de. Análise estrutural de concreto armado: teoria, métodos e aplicações. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2020.

CAMARGO, R. E. M. Contribuição ao estudo da estabilidade de edifícios de andares múltiplos em aço. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.

CICOLIN, L. A. B; FILHO, J. R. F. Stability of reinforced concrete buildings with flat slabs: influence of frames with flat slab layers and inverted edge beams. IBRACON Structures and Materials Journal, vol.04, n. 3, 2011.

GUERRA, M; BORDIN, M. F.; PILZ, S. E.; COSTELLA, M. F. Influência das Paredes de Vedação na Estabilidade Global de Edifícios de Concreto Armado. Revista CIATEC-UPF, Passo Fundo, RS, vol.10, n.2, p.77-90, 2018.

FREITAS, J. C.; FREITAS JÚNIOR, J. C. Efeitos de segunda ordem em estruturas de concreto armado. Revista de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, SC, v. 15, n. 2, p. 1-10, 1989.

MADIA, F. C. A. R. Estudos de pórticos preenchidos com alvenaria. São Carlos, 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

PINTO, R. S. Não-linearidade física e geométrica no projeto de edifícios usuais de concreto armado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1997.

QUEIROZ, L. F.; ALVA, G. M. S. Análise das expressões da largura da diagonal equivalente para a modelagem de pórticos preenchidos com alvenaria participante. Revista Matéria, Rio de Janeiro, RJ, vol.26, n.3, 2021.

SILVA, P. L.; OLIVEIRA, R. A. Análise de estabilidade global de estruturas de concreto armado: uma abordagem para estruturas esbeltas. Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 19, n. 2, p. 101-118, 2003.

SILVA, P. L.; OLIVEIRA, R. A. Concreto armado: conceitos básicos e aplicações. Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 28, n. 1, p. 1-18, 2022.

4 CAPÍTULO ÚNICO

Análise da estabilidade global em 3D de estruturas de concreto armado com e sem influência de alvenaria de vedação.

3D Analysis of Global Stability of Reinforced Concrete Structures with and without Influence of Masonry Walls.

Resumo

A estrutura de concretado armado é um método construtivo amplamente utilizado na construção, pois se trata de uma técnica já consolidada. Com arquiteturas cada vez mais modernas e estruturas cada vez mais esbeltas, gera a necessidade de se analisar a estabilidade global. Resultados indicam que a alvenaria pode impactar significativamente a estabilidade global, diminuindo os deslocamentos que a edificação pode sofrer, destacando a necessidade de considerações específicas em projetos estruturais. Este artigo propõe uma análise da estabilidade global em uma edificação de concreto armado, composta por 15 pavimentos, com os pórticos ocupados pela alvenaria de vedação, considerando a influência na estrutura, utilizando um software de análise que utiliza o método dos elementos finitos. Os resultados obtidos mostraram um indicativo de aumento na rigidez da estrutura e diminuição dos coeficientes analisados na estabilidade global, comparado a pórticos sem a presença da alvenaria.

Palavras-chave: Estabilidade Global, Alvenaria de Vedação e Análise 3D.

Abstract

Reinforced concrete structure is a widely used construction method in building, as it is a consolidated technique. With increasingly modern architectures and increasingly slender structures, it generates the need to analyze global stability. Results indicate that masonry can significantly impact global stability, reducing the displacements that the building may suffer, highlighting the need for specific considerations in structural projects. This article proposes an analysis of global stability in a reinforced concrete building, composed of 15 floors, with the frames occupied by the masonry wall, considering the influence on the structure, using an analysis software that uses the finite element method. The results obtained showed an indication of an increase in the stiffness of the structure and a decrease in the coefficients analyzed in global stability, compared to frames without the presence of masonry.

Keywords: Global Stability, Masonry Infill and 3D Analysis.

4.1 Introdução

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, devido a sua alta capacidade em resistir à compressão, durabilidade e capacidade de ser moldado em diferentes formas e tamanhos, já o aço, um material mais resistente quando tracionado, é utilizado para reforçar o concreto que possui baixa resistência a tração, e assim proporciona mais resistência a estrutura (SILVA E OLIVEIRA, 2022). Os dois materiais em conjunto formam o concreto armado, uma técnica de construção amplamente utilizada nas construções de edifícios, pontes, viadutos túneis, barragens, entre outras obras (CICOLIN E FILHO, 2011).

O concreto armado é uma técnica já consolidada, entretanto é de extrema importância que seja feita uma análise estrutural, isto porque a estruturas estão cada vez mais esbeltas e complexas.

A análise estrutural pode ser realizada através de cálculos matemáticos, mas devido aos avanços tecnológicos, atualmente essa análise pode ser feita com a ajuda de softwares computacionais, garantindo mais segurança e rapidez, sendo feita com um profissional que tenha conhecimento sobre a área. Por sua vez, durante a concepção de um projeto estrutural e a sua análise, é de grande importância que seja feita a verificação do comportamento global da estrutura perante as cargas que nela atuam (CAMARGO, 2012).

As estruturas de edifícios que possuem alturas elevadas, quando submetida as cargas horizontais e verticais, sofrem deformações e deslocamentos, que afetam a estabilidade global de uma estrutura, pois podem causar um aumento dos esforços solicitantes nas peças estruturais podendo causar falhas (PINTO,1997). A análise de estabilidade global avalia e verifica a atuação de efeitos de segunda ordem, através de um método que vai considerar o deslocamento da estrutura, com o intuito de determinar as cargas críticas e as áreas de maior solicitação (FREITAS E FREITAS JUNIOR, 1989).

Esse tipo de análise é complexa, devido a não linearidade-física do concreto armado, que não possui comportamento elástico perfeito, e não linearidade-geométrica da estrutura, podendo tornar necessário um auxílio computacional para que seja feito a análise (SILVA E OLIVEIRA, 2003).

Existem parâmetros que são utilizados para avaliar a necessidade de se considerar a não linearidade geométrica, os utilizados na NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto (ABNT, 2023), são os coeficientes Alpha (α) e Gama-z (γ_z).

Estes parâmetros levam em consideração, o módulo de elasticidade do concreto, a geometria dos pilares e vigas, e da própria estrutura e efeitos de momento fletor. Neste sentido, este trabalho visa incluir a presença da parede de vedação como elemento que auxilia a reduzir os deslocamentos, aumentando assim a rigidez da estrutura, o que pode reduzir efeitos de instabilidade no edifício. Neste sentido, os coeficientes Alpha (α) e Gama-z (γ_z) serão analisados como se a presença da parede de vedação.

4.1.1 Objetivos

4.1.1.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a estabilidade global de uma estrutura de concreto armado, com e sem a influência da alvenaria de vedação.

4.1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar os deslocamentos dos pórticos da estrutura em 3D com e sem o efeito da alvenaria de vedação.
- Analisar os valores de gama-z e parâmetro alpha.
- Analisar o efeito da alvenaria de vedação na estabilidade global da estrutura de concreto armado.
- Analisar as tensões encontradas nas paredes.

4.1.2 Contextualização

As Estruturas de Concreto Armado, na atualidade, possuem arquiteturas mais complexas e chamativas, com alturas cada vez maiores, sendo de grande importância que seja feita a análise dessa estrutura, não somente se os componentes (lajes, vigas e pilares) irão resistir as cargas, mas se preocupando também com o comportamento global, perante as cargas verticais e horizontais. Com projetos cada vez maiores, os pórticos dessas edificações tendem a não ter simetria, logo é necessário que seja levado em consideração nas verificações da estabilidade global.

A alvenaria de vedação não é levada em consideração na estabilidade global da edificação, entretanto ela pode atuar como espécie de contraventamento, isto porque não é somente a estrutura que deve resistir a ação do vento, a alvenaria também pode influenciar, só não é considerada na realização dos cálculos.

Desse modo o presente trabalho tem o objetivo de analisar a estabilidade geral da estrutura de concreto armado com e sem influência da alvenaria de vedação, de pórticos assimétricos.

4.2 Bibliografia

Para pesquisa dos artigos a serem analisados nesta Revisão Bibliográfica, foi utilizado o site PERIÓDICOS CAPES. Na pesquisa foram inseridos alguns filtros, visando encontrar artigos na área pesquisada. Os filtros utilizados foram:

- Revisado por pares;
- Artigos;
- Data: 2003 a 2023 (10 anos);
- Palavras chaves: que contenha, concreto armado, influência e alvenaria;

4.2.1 Alvenaria de Vedação na Estrutura

A alvenaria de vedação possui resistência a tração tão baixa que pode ser desconsiderada, entretanto apresenta resistência a compressão elevada, sendo assim os painéis, quando combinados a estrutura, pode ser como um elemento comprimido (MADIA, 2012).

Considerar a alvenaria como elemento que resiste junto a estrutura na estabilidade a ações horizontais, é uma forma de auxiliar no contraventamento que vai resistir a atuação das cargas horizontais, como e sísmicos, aumentando a rigidez da estrutura (QUEIROZ E ALVA, 2021). O aumento da rigidez da estrutura resulta em uma redução dos deslocamentos horizontais (GUERRA et al, 2018). Uma forma de se considerar a estrutura é convertendo a parede em diagonal equivalente (QUEIROZ E ALVA,2021) trazem como a alvenaria se comporta (Figura 1).

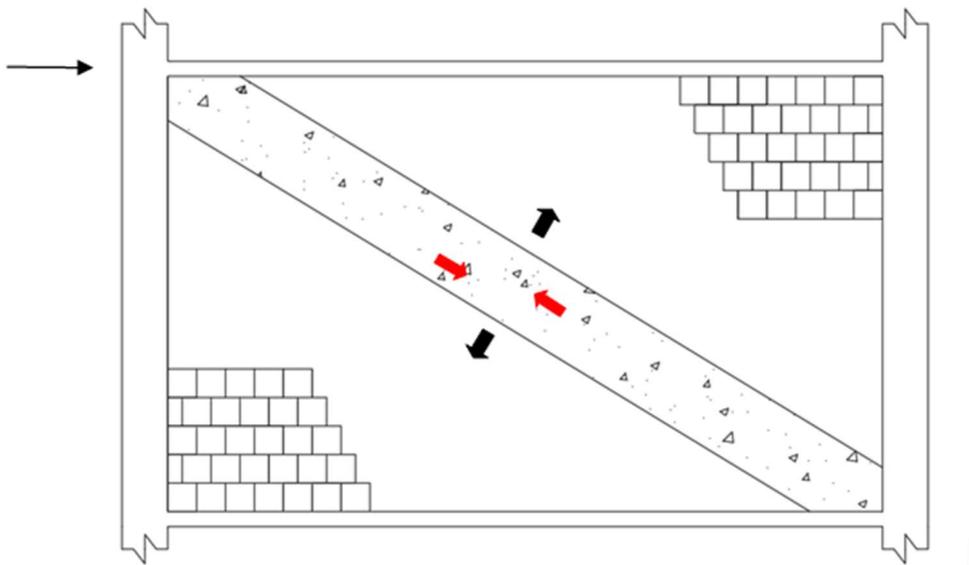


Figura 1. Diagonal Comprimida.
Fonte: Madia (2012).

Os ensaios realizados em software de elementos finitos, demonstraram que de fato esse é o comportamento, sendo variável apenas a espessura que essa barra comprimida (Figura 2) que era o esperado durante a análise realizada (GUERRA et al, 2018). Nos resultados obtidos ao se fazer a análise de tensões feita nos painéis de alvenaria é notório o aparecimento da biela comprimida.

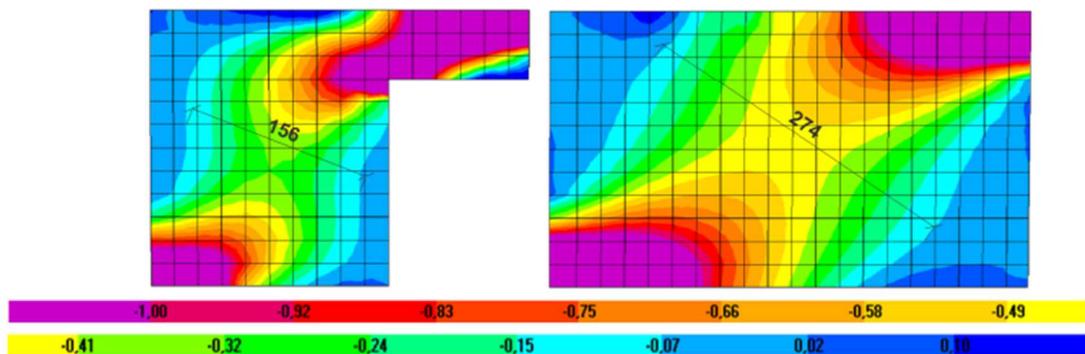


Figura 2. Diagonal de tensões obtidas em Software da alvenaria.
Fonte: Guerra et al (2018).

Os resultados obtidos (Figura 3) comprovam de fato que a alvenaria de vedação tem influência significativa, quando analisa os pórticos sem e com parede, é possível observar a diferença que tem no deslocamento horizontal, variando de acordo com os pórticos, que não são simétricos, fazendo com que haja uma variação entre os pórticos de um mesmo pavimento (GUERRA et al, 2018).

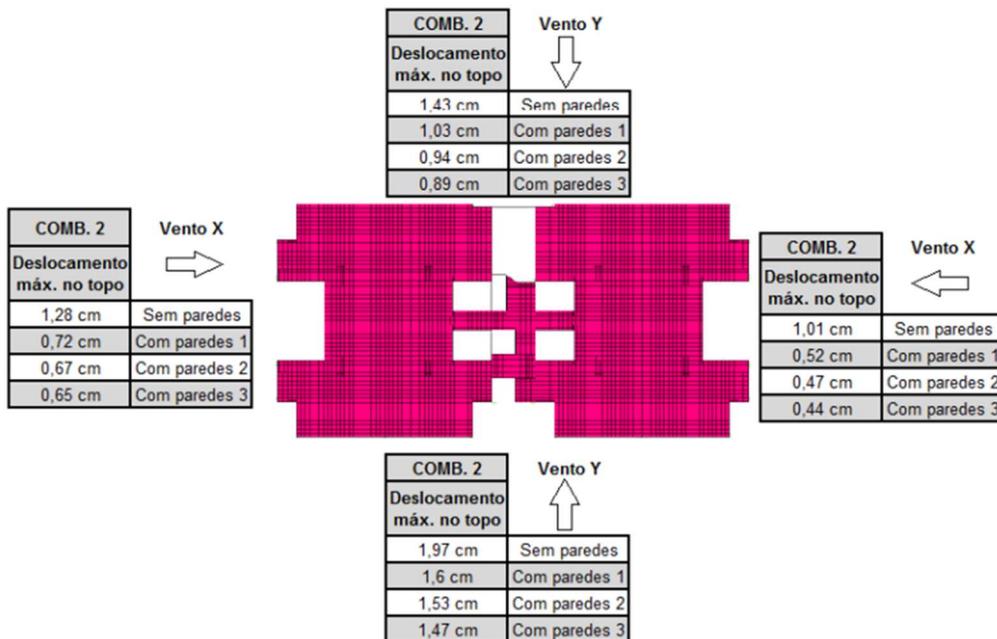


Figura 3. Deslocamentos com e sem alvenaria.
Fonte: Guerra et al (2018).

4.3 Método

A metodologia adotada compreenderá a modelagem tridimensional detalhada de pórticos assimétricos, a aplicação de cargas variadas e a utilização de ferramentas analíticas avançadas para avaliação da estabilidade global. Serão consideradas as normas e padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para assegurar a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Primeiramente foi feita a definição do projeto a ser estudado nessa pesquisa, o qual foi feito pelo próprio autor na disciplina de PROJETO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO, cursado durante a graduação em Engenharia Civil, na instituição INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS TRINDADE sendo determinado que teria 15 pavimentos, com pé-direito de 3 m, totalizando uma altura total de 45 m. A estrutura é composta por lajes, vigas e pilares de concreto armado (Figura 4).

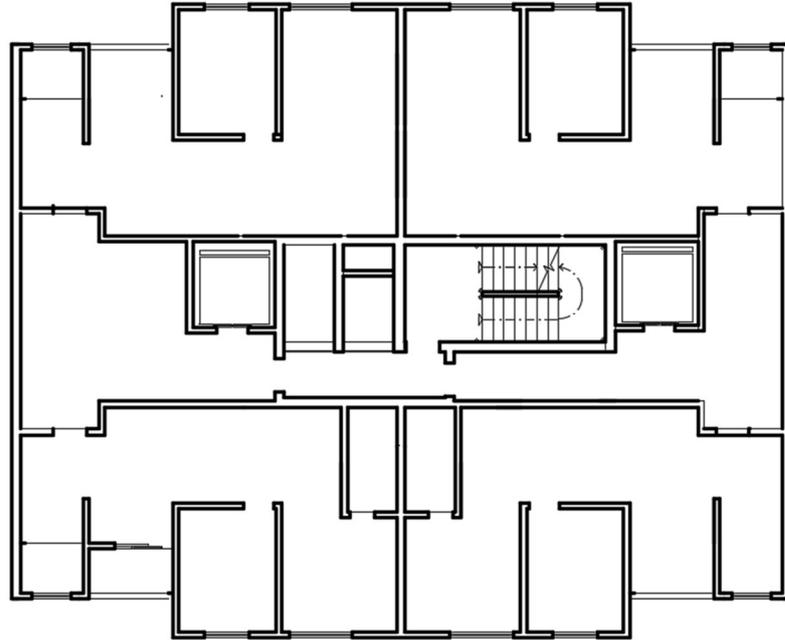


Figura 4. Planta Baixa.

Fonte: O autor.

Posteriormente foi realizado o estudo bibliográfico na área de interesse, identificando as principais técnicas e metodologias adotadas pelos autores na análise de estruturas com pórticos preenchidos por alvenaria, o qual foi apresentado de maneira sucinta nesse artigo. Depois definiu-se as ações verticais e horizontais atuantes na estrutura. Dentre as ações verticais atuantes na estrutura estão o peso próprio, cargas acidentais, cargas de revestimento e cargas de parede. Determinou-se o valor de cada ação segundo a NBR 6120 (ABNT, 2019).

TABELA 1. Ações verticais atuantes na estrutura.

Peso Próprio	Cargas acidentais	Cargas de revestimento	Carga de Parede
3 kN	1,5 kN/m ²	0,74 kN/m ²	6 ,0 kN/m

FONTE: O autor (2023).

A determinação das cargas horizontais, provenientes da ação do vento, foi feita utilizando como base as prescrições da NBR 6123 (ABNT, 1988). Após a realização do cálculo das forças do vento em cada faixa da estrutura, realizou-se o cálculo da parcela de força a ser distribuída. Para cálculo foram utilizadas equações abaixo definidas pela NBR NBR 6123 (ABNT, 1988).

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3$$

Eq. [1]

- V_k – Valor característico do vento.
- V_0 – Máxima velocidade média do vento, foi considerado estado de Goiás, considerando o valor de 35 m/s.
- S_1 – O fator topográfico do terreno, foi considerado terreno plano ou francamente acidentado, valor de 1,0.
- S_2 - Fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação ou parte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno, foi utilizado a tabela 2 da NBR 6123 (ABNT, 2023).
- S_3 - O fator estatístico S_3 é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação, foi considerado a tabela 3 da NBR 6123 (ABNT, 2023), adotando o valor de 1,00.

TABELA 2. Cálculo das cargas horizontais.

Pavimento	H – Altura (m)	Fator S2	VK (m/s)	FA (kN)	por pórtico
1	3	1,06	42,4	53,8	10,8
2	6	1,10	44,0	58,0	11,6
3	9	1,10	44,0	58,0	11,6
4	12	1,13	45,2	61,2	12,2
5	15	1,13	45,2	61,2	12,2
6	18	1,15	46,0	63,4	12,7
7	21	1,17	46,8	65,6	13,1
8	24	1,17	46,8	65,6	13,1
9	27	1,17	46,8	65,6	13,1
10	30	1,17	46,8	65,6	13,1
11	33	1,20	48,0	69,0	13,8
12	36	1,20	48,0	69,0	13,8
13	39	1,20	48,0	69,0	13,8
14	42	1,21	48,4	70,1	14,0
15	45	1,21	48,4	70,1	14,0

FONTE: O autor (2023).

No lançamento dos elementos estruturais foi considerado os efeitos de não linearidade física de acordo com as equações da NBR 6118 (2023), sendo considerado apenas nas vigas e pilares.

- Vigas:

$$(EI)_{\text{sec}} = 0,4 E_c I_c \text{ para } A_s' \neq A_s$$

Eq. [2]

- Pilares:

$$(EI)_{sec} = 0,8 E_c I_c \quad \text{Eq. [3]}$$

Definido as cargas atuantes na estrutura, foi lançada dois modelos de estrutura no software de análise SAP 2000 (Figura 5), onde o primeiro modelo considerava apenas a estrutura e o segundo modelo considerando a presença da alvenaria de vedação.

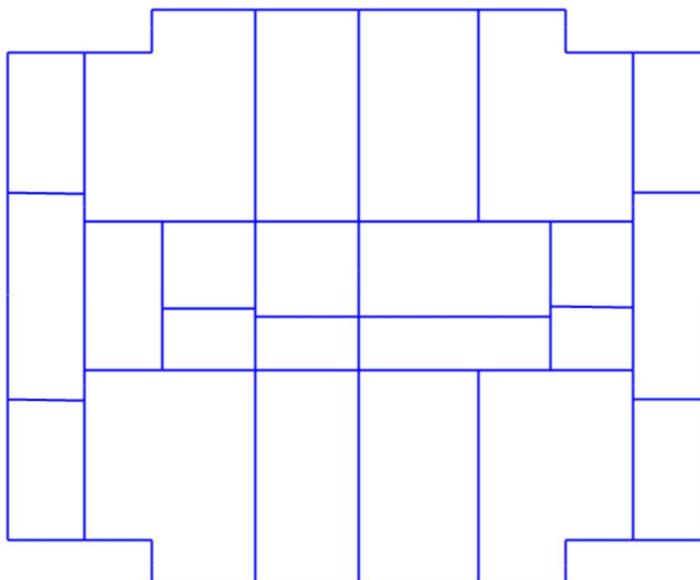


Figura 5. Planta lançada SAP 2000.

Fonte: O autor.

4.3.1 Modelagem sem alvenaria

Na modelagem dos pilares e vigas da estrutura desprovida de paredes, foram utilizados elementos de barra (Frame). As regiões maciças presentes na laje foram representadas por elementos de casca (Shell). Totalizando um total de 330 elementos finitos.

A laje empregada na construção possui uma altura total de 10 cm. Para a modelagem dessa laje no SAP2000, optou-se por utilizar elementos de casca para a discretização da capa da laje e elementos de barra para representar as nervuras. Ressalta-se que a largura adotada para as nervuras foi de 20 cm, pois foi o espaçamento calculado entre as barras.

Quanto às propriedades dos materiais, considerou-se o concreto com resistência característica à compressão de 30 MPa e peso específico de 25 kN/m³. Com base nessas propriedades, definiu-se o módulo de deformação do concreto conforme as orientações da Norma NBR 6118 (ABNT, 2023).

No que diz respeito ao modelo da estrutura, foram consideradas as restrições de apoio como sendo engastadas na fundação, com impedimento à rotação e à translação.

4.3.2 Modelagem com alvenaria.

As paredes foram configuradas utilizando componentes de casca (Shell) com uma espessura de 0,14 m, com um total de 255 elementos por pavimento. Para a modelagem da alvenaria foi feita a discretização do elemento de casca para representar os tijolos, adotando uma largura de 19x19 cm, padrão usual do tijolo no mercado. A ligação entre a alvenaria e os pilares/vigas foi realizada por meio de elementos de ligação conhecidos como GAP (Figura 6).

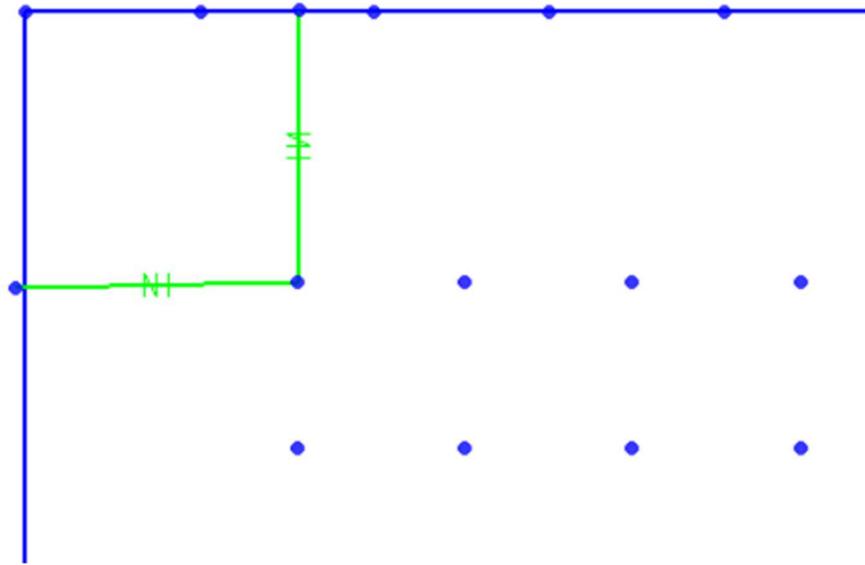


Figura 6. Ligação GAP utilizada.

Fonte: O autor, 2023.

Esse elemento permite que somente as tensões de compressão sejam propagadas entre os elementos conectados por ele. Dessa forma, em qualquer condição de carregamento que resulte em tração, a conexão é automaticamente desfeita, impedindo a propagação de tensões deste tipo entre os elementos.

Com o objetivo de otimizar o tempo de processamento, optou-se por modelar apenas as paredes que compõem os pórticos considerados mais resistentes, onde estão concentrados os maiores pilares.

As especificações das paredes foram consideradas:

f_{ct} – resistência à tração, sendo este valor

$0,21 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ de acordo com a NBR 6118 (2023);

- f_{cm} – resistência média à compressão;
- E_{alv} – módulo de deformação da alvenaria;
- ν alvenaria corresponde ao Coeficiente de poisson da alvenaria.

4.4 RESULTADOS

Para análise dos resultados obtido do projeto para análise dos resultados, será considerado o deslocamento máximo no topo da estrutura, o coeficiente alpha, o coeficiente gama z e as tensões nas paredes.

4.4.1 Deslocamentos máximos no topo da estrutura

Para análise dos deslocamentos máximos no topo da estrutura foi considerada a combinação de cargas atuantes COMBIN 2, que considera: peso próprio + sobrecarga + vento, sendo o vento considerado como ação principal. No quadro 2, obteve-se os deslocamentos.

QUADRO 1: DESLOCAMENTOS MÁXIMOS NO TOPO DA ESTRUTURA		
	ESTRUTURA SEM ALVENARIA	ESTRUTURA COM ALVENARIA
DIREÇÃO VENTO →	4,48cm	2,53 cm
DIREÇÃO VENTO ←	4,40 cm	2,42 cm
DIREÇÃO VENTO ↑	2,92 cm	1,17 cm
DIREÇÃO VENTO ↓	2, 86 cm	1,09 cm

FONTE: O autor (2023).

Com os valores obtidos é possível verificar que os maiores deslocamento ocorreram na estrutura sem a consideração da alvenaria 4,48 cm.

4.4.2 Parâmetro de instabilidade α

A estrutura pode ser considerada como sendo de nós fixos e para verificar é feita a análise de do parâmetro de instabilidade α , que deve ser menor que α_1 . A expressão é definida na NBR 6118 (2023).

$$\alpha = H_{tot} \sqrt{N_k / (E_{cs} * I_c)} \quad \text{Eq. [4]}$$

$$\alpha_1 = 0,6 \quad \text{se: } n \geq 4 \quad \text{Eq. [5]}$$

Onde

- n é o número de pavimentos.
- H_{tot} é a altura total da estrutura.
- N_k é a somatória das cargas verticais que atuam na estrutura.
- $E_{cs} * I_c$ é o somatório de rigidez de todos os pilares.

Para o cálculo da estrutura obteve-se um $H_{tot} = 45\text{m}$, o $N_k = 1933,7 \text{ kN}$ e $E_{cs} = 26071,6 \text{ MPa}$. Para calcular o I_c é necessário o deslocamento (tabela 3).

TABELA 3. Cálculo do parâmetro alpha.

Alvenaria	Deslocamento (cm)	Ic	α
Não	4,48	0,050	0,546
Não	4,40	0,051	0,541
Não	2,92	0,077	0,441
Não	2,86	0,078	0,437
Sim	2,53	0,089	0,410
Sim	2,42	0,093	0,401
Sim	1,17	0,192	0,279
Sim	1,09	0,206	0,270

FONTE: O autor (2023).

Pode se observar que todos os valores obtidos se encontram dentro do limite de $\alpha_1 = 0,6$, logo a estrutura analisada é de nós rígidos.

4.4.3 Coeficiente γ_z

Para se analisar o coeficiente γ_z , foi adotada a combinação peso próprio+ sobrecarga+ paredes. A expressão para cálculo do gama z, é definida na NBR 6118 (2023).

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad \text{Eq. [6]}$$

Onde

- $M_{1, tot,d}$ é a soma dos momentos de todas as forças horizontais que atuam na estrutura.
- $\Delta M_{tot, d}$ é a soma do produto de todas as forças verticais que atuam na estrutura.

Para a estrutura em análise, foi encontrado para $M_{1,tot,d} = 883,7 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Para o valor de $\Delta M_{tot,d}$ foi calculado conforme os deslocamento maximos encontrados (tabela 4). Definido os valores para $M_{1,tot,d}$ e ΔM_{tot} , segue-se para cálculo do gama z (tabela 4).

TABELA 4: Cálculo Parâmetro Gama z

Alvenaria	Deslocamento (cm)	$\Delta M_{tot,d}$ (kN . m)	γ_z
Não	4,48	121,3	1,16
Não	4,50	119,1	1,15
Não	2,92	79,05	1,1
Não	2,86	77,43	1,09
Sim	2,53	68,5	1,08
Sim	2,42	65,5	1,08
Sim	1,17	31,7	1,04
Sim	1,09	29,5	1,03

FONTE: O autor (2023).

A norma NBR 6118 (2023) define o limite como $\gamma_z=1,1$, dados os valores obtidos com o deslocamento da estrutura pode se observar que os valores obtidos na estrutura sem a consideração da alvenaria, pela estabilidade global ela precisaria ser redimensionada, no entanto, considerando a alvenaria de vedação, o gama z está dentro dos limites definidos em norma.

4.4.4 Tensões nas paredes

Neste segmento, são expostas as tensões geradas nas paredes quando a estrutura é submetida à ação do vento. A combinação considerada para esta análise foi a COMB 2, que compreende o peso próprio junto com a ação do vento e a sobrecarga, na direção correspondente, considerando o vento como ação principal (Figura 7) e as maiores espessuras encontrada na biela (Figura 8). Foram analisados vários tipos de conexão, sendo o melhor resultado (Figura 6) obtido utilizando a ligação do tipo GAP, fixa em todas as direções, ligando a parede com os elementos estruturais (viga/pilar), aos cantos superiores e inferiores opostos, com a ligação feita verticalmente e horizontalmente para conectar a parede ao pórtico.

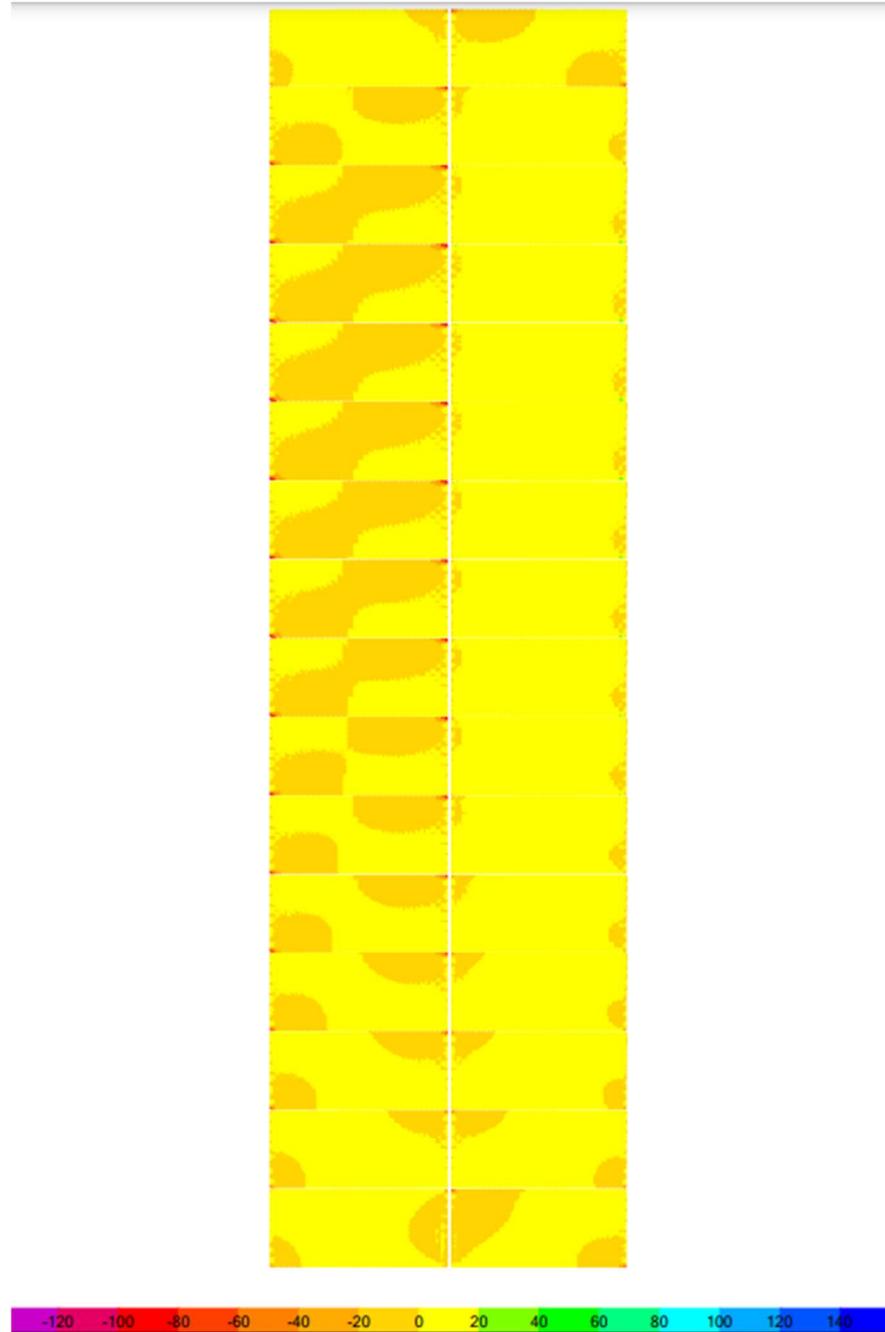


Figura 7. Tensões nas paredes em MPa.

Fonte: O autor.

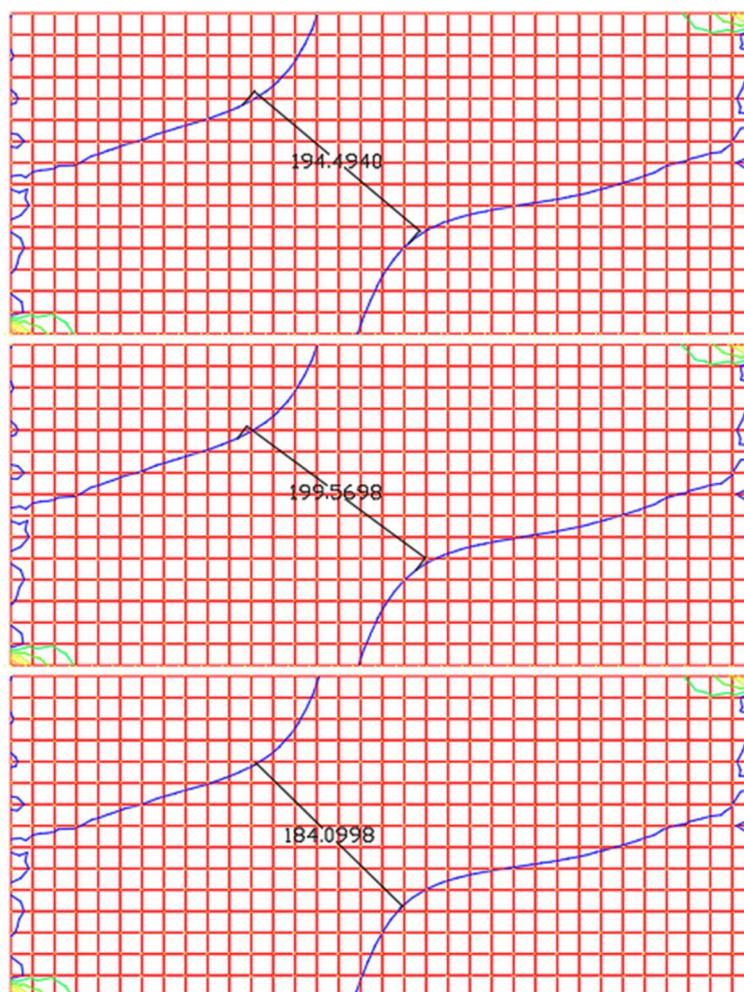


Figura 8. Espessura da biela em cm.

Fonte: O autor.

Com os resultados obtidos, observa-se que a biela comprimida não aparece em todos os pórticos e nem em todos os pavimentos. É possível observar que o lado do pórtico onde a biela é evidente, é o lado onde a carga do vento está atuando diretamente na estrutura, sendo o indicativo que a parede que mais vai contribuir para a estabilidade da estrutura é o lado onde o vento bate diretamente.

Outro indicativo é que os pavimentos centrais são os que auxiliam no contraventamento da estrutura, pois analisando a figura 7, são nos pavimentos do 7º ao 13º pavimento são onde as bielas se apresentam. O maior comprimento da biela foi encontrado no 12º pavimento.

Por fim, são apresentadas as tensões resultantes nas principais paredes quando a força do vento afeta a estrutura. Neste contexto, as bielas comprimidas podem ser identificadas nas paredes, localizadas em paredes envolvidas por pórticos mais rígidos. Essa conclusão está alinhada com os princípios da teoria da barra diagonal, conforme discutido na bibliografia estudada.

4.5 CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou a influência que a alvenaria de vedação exerce da estabilidade global de estruturas de concreto armado, evidenciando seu papel significativo como elemento construtivo que contribui. Os resultados obtidos indicam que a contribuição da alvenaria resulta em melhorias consideráveis na resistência global e no desempenho estrutural sugerem que a

integração eficaz desses dois materiais pode resultar em melhorias substanciais na resistência e desempenho estrutural.

Averiguou-se que a presença da alvenaria diminui os deslocamentos da estrutura de modo significativo, em decorrência disso também diminui os coeficientes gama z e alpha, tornando a estrutura como sendo de nós fixos o que antes não era possível afirmar.

Entretanto encontrou-se uma dificuldade na modelagem do projeto para definir a ligação entre a alvenaria e os elementos estruturais no modelo computacional utilizado. Devido a isso se faz necessário pesquisas mais detalhadas que analisem a interação entre os elementos construtivos, fazendo a variação de condições. Além disso, é crucial coMParar os resultados obtidos com outras plantas arquitetônicas, considerando variações nas cargas, geometrias e materiais utilizados.

Diante do exposto, conclui-se que a alvenaria de vedação apresenta potencial significativo para aprimorar a estabilidade global de estruturas de concreto armado, mas sugere-se para pesquisas futuras aprofundar a compreensão dessa interação, considerando as particularidades de diferentes projetos e condições de construção. A colaboração entre engenheiros estruturais, arquitetos e pesquisadores é crucial para avançar no conhecimento e na aplicação eficaz desses elementos construtivos, visando construções mais seguras, sustentáveis e eficientes.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ARAÚJO, W. C. de. Análise estrutural de concreto armado: teoria, métodos e aplicações. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2020.

BOTTA, A. S. Cálculo de esforços e deslocamentos em estruturas reticuladas considerando-se a mecânica do dano para a modelagem do concreto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2018.

CAMARGO, R. E. M. Contribuição ao estudo da estabilidade de edifícios de andares múltiplos em aço. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2012.

CICOLIN, L. A. B; FILHO, J. R. F. Stability of reinforced concrete buildings with flat slabs: influence of frames with flat slab layers and inverted edge beams. IBRACON Structures and Materials Journal, vol.04, n. 3, 2011.

GUERRA, M; BORDIN, M. F.; PILZ, S. E.; COSTELLA, M. F. Influência das Paredes de Vedação na Estabilidade Global de Edifícios de Concreto Armado. Revista CIATEC-UPF, Passo Fundo, RS, vol.10, n.2, p.77-90, 2018.

FREITAS, J. C.; FREITAS JÚNIOR, J. C. Efeitos de segunda ordem em estruturas de concreto armado. Revista de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, SC, v. 15, n. 2, p. 1-10, 1989.

MADIA, F. C. A. R. Estudos de pórticos preenchidos com alvenaria. São Carlos, 2012. 123 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

QUEIROZ, L. F.; ALVA, G. M. S. Análise das expressões da largura da diagonal equivalente para a modelagem de pórticos preenchidos com alvenaria participante. Revista Matéria, Rio de Janeiro, RJ, vol.26, n.3, 2021.

PINTO, R. S. Não-linearidade física e geométrica no projeto de edifícios usuais de concreto armado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1997.

SILVA, P. L.; OLIVEIRA, R. A. Análise de estabilidade global de estruturas de concreto armado: uma abordagem para estruturas esbeltas. Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 19, n. 2, p. 101-118, 2003.

SILVA, P. L.; OLIVEIRA, R. A. Concreto armado: conceitos básicos e aplicações. Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 28, n. 1, p. 1-18, 2022.