



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

PAULO NOLÊTO DE SOUSA VERAS

**INFLUÊNCIA NO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO DE
CONCRETO ARMADO, ADOTANDO DRYWALL E ALVENARIA CONVENCIONAL
COMO VEDAÇÃO INTERNA**

PALMAS - TO

2021

PAULO NOLÊTO DE SOUSA VERAS

**INFLUÊNCIA NO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO DE
CONCRETO ARMADO, ADOTANDO DRYWALL E ALVENARIA CONVENCIONAL
COMO VEDAÇÃO INTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Junior

PALMAS - TO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

PAULO NOLÊTO DE SOUSA VERAS**INFLUÊNCIA NO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO DE
CONCRETO ARMADO, ADOTANDO DRYWALL E ALVENARIA CONVENCIONAL
COMO VEDAÇÃO INTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II
elaborado e apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Roldão Pimentel de
Araújo Junior

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Junior - Orientador
Centro Universitário Luterano de Palmas – Ceulp/Ulbra

Prof. Me. Edivaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas – Ceulp/Ulbra

Prof. Me. Denis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas – Ceulp/Ulbra

PALMAS - TO**2021**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me abençoado com saúde, força de vontade, paciência e seu eterno amor.

Aos meus pais, Júlio Nogueira de Sousa e Rosa Virginia Noletto de Sousa, por sempre me apoiarem e me incentivarem.

Agradeço minha esposa Tatiane Silva por realizar esse caminho comigo, compartilhando todos os momentos, a minha filha Ana Beatriz Noletto que é o maior tesouro que tenho na vida.

Agradeço o Prof. Dr. Roldão Pimentel de Araújo Junior, pela dedicação, ensinamentos e experiências compartilhados ao longo do curso e durante a elaboração desse trabalho.

A todos os professores do CEULP ULBRA que tive o prazer e honra de conhece-los e que se dedicaram muito para agregar conhecimento em minha vida acadêmica.

RESUMO

O presente trabalho faz a análise e comparação entre duas estruturas de concreto armado com o mesmo projeto arquitetônico, mas com diferentes sistemas de vedação vertical interna, a primeira com divisórias em drywall e a segunda com alvenaria de blocos cerâmicos, o edifício trata-se de um prédio comercial com o pavimento térreo destinado a garagem e os 8 pavimentos seguintes sendo considerados tipos, com duas salas comerciais por andar. Para auxiliar este projeto foi utilizado o software eberick para obter os valores relacionados a estabilidade global das estruturas, dos esforços nas fundações e dos consumos dos materiais, ao concluir todos estes levantamentos foram comparados os resultados entre um projeto e outro. Ao final deste estudo chegou-se à conclusão de que apesar das divisórias em drywall ter seu peso específico bem menor que o peso das alvenarias em blocos cerâmicos e gerar uma redução nos esforços das fundações, no quantitativo de aço e consequentemente no custo final da estrutura de concreto armado, em termos financeiros o seu uso se torna inviável para esse projeto devido a diferença entre seu custo total e o da alvenaria, ser maior do que a economia gerada pela estrutura de concreto.

FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Alvenarias de Blocos Cerâmicos para Vedação	17
Figura 2 – Construção de parede com blocos cerâmicos	18
Figura 3 - Detalhamento de uma parede simples de drywall	22
Figura 4 - Parede de Drywall	23
Figura 5 - Efeitos de primeira ordem.....	27
Figura 6 - Efeitos de segunda ordem.....	27
Figura 7 - Efeitos de segunda ordem inversamente proporcional a estabilidade global da estrutura.....	28
Figura 8 - Fundação tipo Tubulão	31
Figura 9 - Planta baixa do pavimento Tipo.....	39
Figura 10 - Corte Longitudinal da edificação.....	40
Figura 11 - Parede com painel e montante simples, com preenchimento de lã de vidro.	43
Figura 12 - Tela do Eberick com informações sobre as cargas das paredes de drywall	44
Figura 13: Detalhe da parede de alvenaria adotada.....	46
Figura 14: Tela do Eberick com informações sobre as cargas das paredes de alvenaria de blocos cerâmicos	47
Figura 15 - Tela do Eberick com os critérios adotados para o lançamento as lajes.....	50

Figura 16 - Tela do Eberick com informações de Materiais e durabilidade....	51
Figura 17 - fatores para a aplicação do vento na estrutura.....	52
Figura 18 - Comparativo dos Valores do Coeficiente gama-z.....	55
Figura 19: Comparativo entre as cargas nas fundações.....	58
Figura 20: Gráfico representando o aumento nas cargas para a Ed. com alvenaria.....	58
Figura 21: Identificação dos pilares que sofreram os maiores aumentos nas cargas.	59
Figura 22: Comparativo nos valores de momentos fletores na direção (MH)	61
Figura 23: Comparativo nos valores de momentos fletores na direção (MB)	62
Figura 24: Comparativo de Consumo de materiais.....	64

TABELAS

Tabela 1 - Aspectos Construtivos de uma Alvenaria	19
Tabela 2 - Peso das paredes de alvenarias de acordo com o material e a espessura do revestimento.	20
Tabela 3 - Tipos de chapas de gesso acartonado.....	24
Tabela 4 - Tipos de perfis para drywall.....	25
Tabela 5 - Quantitativo de materiais.....	33
Tabela 6 - Resumo dos resultados para a edificação baixa e robusta	35
Tabela 7 - Resumo dos resultados para a edificação esbelta	36
Tabela 8 - Comparativo dos valores das Paredes internas por Edifício	48
Tabela 9: Valores das cargas nas fundações	57
Tabela 10: Comparativo dos valores de momentos fletores	60
Tabela 11: Comparativo do Resumo de materiais	64
Tabela 12: Custos totais dos projetos	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.2.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2.3	JUSTIFICATIVA	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	VEDAÇÃO VERTICAL	15
2.2	ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICO.....	16
2.3	DRYWALL	21
2.3.1	COMPONENTES DOS SISTEMAS EM DRYWALL.....	23
2.4	ESTABILIDADE GLOBAL DAS ESTRUTURAS.....	26
2.4.1	Efeitos de 2ª ordem	26
2.4.2	Coefficiente Gama z (γ_z).....	28
2.5	TUBULÃO A CÉU ABERTO COMO SISTEMA DE FUNDAÇÃO	30
2.6	PESQUISAS RELACIONADAS COM O TEMA DESTE TRABALHO	31
2.6.1	<i>Pesquisa 1: Análise Estrutural Comparando a Aplicação de Alvenaria de Blocos Cerâmicos e do Drywall como Sistemas de Vedação Vertical Interna de uma Edificação.....</i>	<i>32</i>

2.6.2	<i>Pesquisa 2: ANÁLISE DAS CARGAS EM UM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO, QUANDO COMPARADO A UTILIZAÇÃO DE PAREDES DE VEDAÇÃO INTERNA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL</i>	33
-------	--	----

2.6.3	<i>Pesquisa 3: ANÁLISE DOS VALORES DE GAMA-Z EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, CONSIDERANDO DIFERENTES TIPOS DE CARREGAMENTOS DE PAREDES</i>	34
-------	--	----

3 METODOLOGIA37

3.1	INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO ARQUITETÔNICO ADOPTADO	37
-----	--	----

3.2	CRITÉRIOS DE PROJETO	41
-----	----------------------	----

3.2.1	<i>Características dos elementos de vedação vertical interna</i>	42
-------	--	----

3.3	CARGA DAS PAREDES	47
-----	-------------------	----

3.4	AÇÕES A SEREM CONSIDERADAS	49
-----	----------------------------	----

3.4.1	<i>Peso próprio das estruturas de concreto armado</i>	49
-------	---	----

3.4.2	<i>Cargas adicionais das lajes</i>	49
-------	------------------------------------	----

3.5	MATERIAIS E DURABILIDADE	50
-----	--------------------------	----

3.6	AÇÕES DO VENTO	51
-----	----------------	----

3.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO	52
-----	-------------------------------	----

3.8	FORMA DE OBTER OS VALORES DE GAMA Z	53
-----	-------------------------------------	----

3.9	QUANTITATIVO DE AÇO E CONCRETO DAS ESTRUTURAS	53
-----	---	----

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES54

4.1	ESTABILIDADE GLOBAL	54
-----	---------------------	----

4.2	ESFORÇOS NAS FUNDAÇÕES	56
-----	------------------------	----

4.2.1	<i>CARGAS NAS FUNDAÇÕES</i>	56
4.2.2	<i>Momento Fletor na fundação</i>	59
4.2.3	<i>Consumo de Materiais</i>	63
4.3	ORÇAMENTO DAS ESTRUTURAS	65
5	CONCLUSÃO	67
6	BIBLIOGRAFIA	69

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas construtivos estão em constante evolução, seja com relação aos materiais ou processos construtivos, apesar disso existem métodos construtivos que resistem ao tempo e são muito utilizados ainda hoje, é o caso das alvenarias convencionais de blocos cerâmico, que apesar de se tratar de um processo construtivo milenar, ainda é um dos materiais mais utilizados na construção civil (SOUSA, 2003).

O sistema de vedação em drywall é um dos concorrentes direto dos blocos cerâmicos, e vem ganhando destaque na construção civil brasileira, uma das suas principais vantagens é o seu peso específico, que apresenta valores bem menores comparados com os processos construtivos convencionais em alvenaria de vedação (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2015).

Esse trabalho de pesquisa analisou e comparou ambos os sistemas de vedação para paredes internas em um edifício comercial de múltiplos pavimentos, o primeiro sendo usado divisórias em drywall e o segundo com alvenaria convencional, comparando ambas as estruturas em concreto armado.

Para auxiliar na obtenção dos resultados necessários para a pesquisa, foi utilizado um software Eberick para os cálculos em estruturas de concreto armado.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A substituição do sistema de vedação vertical interna, de blocos cerâmicos pelo drywall, exerce alguma influência no comportamento estrutural dos elementos, em uma edificação de concreto armado?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral, apresentar um comparativo entre, o sistema de vedação vertical interna em drywall e de alvenaria de blocos cerâmicos,

com análise do comportamento estrutural, em uma edificação de múltiplos pavimentos de concreto armado.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar a estabilidade global de acordo com os valores do gama z;
Avaliar os esforços nas fundações;
Comparar os consumos de materiais.

1.2.3 JUSTIFICATIVA

A construção civil está sempre em busca de tecnologias e técnicas construtivas, que tragam agilidade e economia nas construções, e uma das principais etapas que existe em uma obra, é as vedações verticais internas, para esta etapa existem diversos sistemas construtivos disponíveis no mercado, como por exemplos, as alvenarias de blocos cerâmicos e o drywall (SALGADO, 2014).

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2006), o sistema de vedação vertical interna em Drywall ter apresentado nos últimos anos um crescimento considerado do seu uso na construção civil brasileira. Com base nessa informação, fez-se necessário a realização deste trabalho de pesquisa, como forma de agregar mais informações relacionadas ao uso deste material, em edifícios multifamiliares, tendo como principal objetivo, obter informações relacionadas a influência, que a substituição da alvenaria de blocos cerâmicos pelo drywall pode causar no comportamento estrutural em edificações de concreto armado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VEDAÇÃO VERTICAL

A vedação vertical a etapa responsável pela divisão dos ambientes internos das edificações, normalmente não tem função estrutural quando se trata de construção em concreto armado, esse subsistema também é responsável por bloquear as ações de agentes externos que trazem desconforto ao ambiente, os principais são: vento, chuva, poeira, ruídos, animais, etc. (SALGADO, 2014).

As vedações verticais devem atender a NBR 15575-4:2013, esta Parte da norma, estabelece que independente dos sistemas, material ou espessura utilizada para a construção das paredes internas ou externas, elas devem atender as exigências de desempenho descritas na norma, no que se refere a segurança, sustentabilidade e habitabilidade da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas, ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 3).

Quando se leva em conta todos os subsistemas que estão diretamente ligados à vedação vertical, o planejamento deste estágio torna-se fundamental para um bom andamento da obra. Assim como, uma má qualidade na execução desta fase pode comprometer vários outros serviços, causando problemas e desperdícios.

Essa é uma etapa muito importante da construção e requer um bom planejamento para obter um serviço de qualidade e evitar problemas futuros, desperdícios de matérias e retrabalhos, o que levaria a gastos que não foram previstos inicialmente. Atualmente existe a disposição no mercado da construção civil brasileira,

diversas alternativas para serem usadas como sistema de vedação vertical, mas as duas que são o foco desse trabalho são as alvenarias de blocos cerâmicos e o drywall.

As paredes de vedações verticais podem ser classificadas de acordo com sua localização na edificação, sendo elas as externas que como o próprio nome diz, trata-se das divisórias que apresentam um de seus lados voltados para o meio externo, elas têm a função de evitar que agentes externos indesejáveis entrem no ambiente causando desconforto aos usuários, o outro tipo de vedação é a interna que serve para delimitar os cômodos.

2.2 ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICO

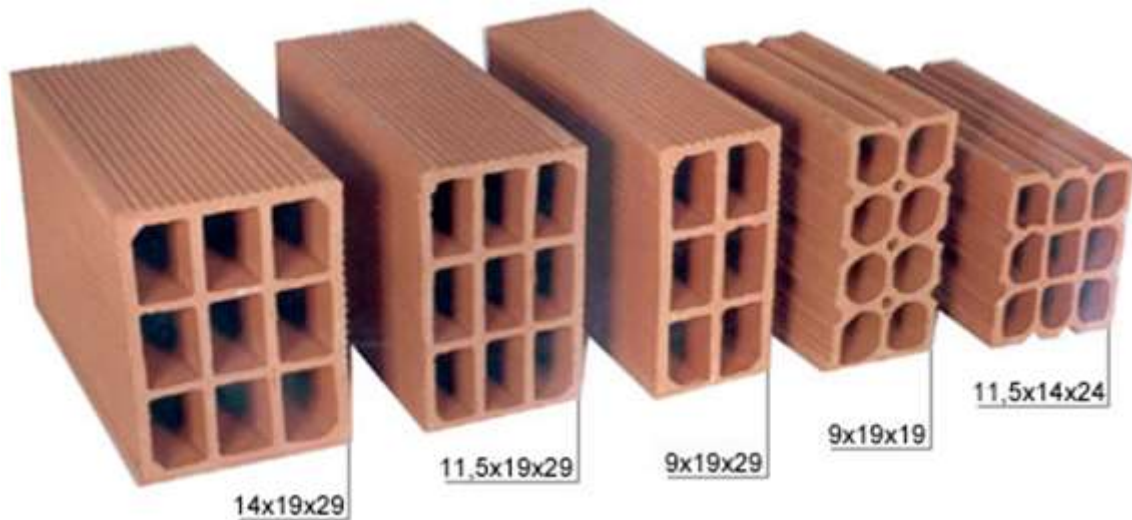
O sistema de vedação vertical com o uso de blocos cerâmicos é o método construtivo mais utilizado no Brasil, tem uma boa aceitação no mercado da construção civil, por se tratar de elementos construtivos, que não necessitam de mão de obra especializada para serem construídos. De acordo com Aranguiz, (2016), o bloco cerâmico se popularizou em nosso país devido a argila que é a principal matéria prima para a produção, ser encontrada em grande quantidade em praticamente todo o território nacional e sua fabricação ser relativamente simples.

O processo de fabricação dos blocos cerâmicos para alvenaria de vedação consiste na extrusão da argila úmida, que após ganhar a forma e os tamanhos definidos são separados em estufas para perda a umidade e por fim são cozidos em fornos com temperatura em torno de 900°. De acordo com Salgado (2014), as principais dimensões encontradas no mercado da construção civil são:

- 9 x 19 x 19 (L x H x C) com 8 furos;
- 11,5 x 14 x 24 (L x H x C) com 6 furos;
- 14 x 19 x 29 (L x H x C) com 9 furos;
- 11,5 x 19 x 29 (L x H x C) com 9 furos;
- 9 x 19 x 29 (L x H x C) com 6 furos.

Segue abaixo uma figura com imagens de alguns tipos de blocos alvenaria de blocos cerâmicos, encontrados no comércio da construção civil.

Figura 1 - Tipos de Alvenarias de Blocos Cerâmicos para Vedação



Fonte: Retirada do site Pinterest¹

Segundo Salgado (2014, p. 90), as vedações verticais de alvenaria de blocos cerâmicos são elementos que são construídos in loco, formados através da união entre blocos cerâmicos e argamassas de assentamento, criando assim um único elemento sólido.

A norma técnica que é responsável por reger os requisitos dimensionais, propriedades físicas e mecânicas dos blocos e tijolos cerâmicos usados em sistemas de vedação vertical internas ou externas, com ou sem função estrutural, é a NBR 15270-1 de 2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

“Os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não têm a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso

¹ Disponível em: < <https://br.pinterest.com/pin/474777985694123392/> > Acessado em 20/09/2020 às 17h20

da alvenaria da qual faz parte” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

As alvenarias podem ser divididas em dois tipos: as chamadas alvenarias de vedação que são as mais utilizadas nas construções e tem a função de delimitar os ambientes nas edificações, fechamento de vãos e não apresenta função estrutural, resistindo somente ao seu peso próprio. Já as alvenarias estruturais são elementos mais robustos e que são construídas com o objetivo de resistir os esforços estruturais provenientes das coberturas, lajes, peso próprio, caixa d’água etc. (TOZZI, GALLEGO e TOZZI, 2009).

A seguir, uma figura que mostra a forma em que os blocos cerâmicos são instalados, para levantamento de paredes internas de divisa.

Figura 2 – Construção de parede com blocos cerâmicos



Fonte: Retirada do site total construção²

Segundo Salgado (2014), as alvenarias de blocos cerâmicos apresentam algumas propriedades importantes relacionadas aos aspectos construtivos, além

² Disponível em < <https://www.totalconstrucao.com.br/alvenaria-de-vedacao/> > Acessado em 26/10/2020 às 20h15

disso tem características que se diferem dos demais sistemas de vedação, são elas: resistência à compressão, porosidade, capilaridade, absorção de água, coeficiente de absorção e dilatação térmica. A baixo mostra uma tabela, que descreve algumas destas característica das alvenarias.

Tabela 1 - Aspectos Construtivos de uma Alvenaria

Aspectos construtivos de uma alvenaria	
CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Ergonomia	a alvenaria é executada assentando peça por peça, o que proporciona um desgaste físico considerável aos trabalhadores. O seu tamanho, a sua textura e o seu peso podem influenciar diretamente na produtividade. Nem sempre um bloco maior é mais produtivo que um bloco pequeno.
Regularidade dimensional	a regularidade nas dimensões dos blocos ou tijolos é fator importante para a uniformidade no elemento final, além de proporcionar economia de material de assentamento (argamassa)
Absorção de água	um bloco ou tijolo com baixa absorção de água pode comprometer a penetração da nata do cimento nos seus poros, comprometendo a aderência com a argamassa de assentamento. Em condições de temperatura elevada, usa-se o umedecimento dos blocos, principalmente os cerâmicos e os de concreto, para que não haja perda muito rápida da umidade da argamassa de assentamento
Tamanho do bloco	diretamente ligado à capacidade de a alvenaria absorver movimentações provenientes de dilatação térmica e eventuais recalques. Quanto menos juntas, menor é o poder de movimentação
Desempenho térmico e acústico	as alvenarias podem também ser um bom aliado no isolamento térmico-acústico
Peso específico	característica que influencia o dimensionamento estrutural da edificação, inclusive nas estruturas de fundação
Outras observações	na escolha do elemento de alvenaria deve-se também verificar a capacidade de suporte e fixação de outros elementos de acabamento ou decoração tais como: esquadrias, equipamentos, armários e redes

Fonte: (SALGADO, 2014, p. 90)

Uma característica muito importante e que deve ser levada em consideração, principalmente no momento do dimensionamento estrutural é o peso específico do sistema de vedação vertical em alvenaria de blocos cerâmicos, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019, p. 11), o peso das paredes de alvenaria é descrito conforme a tabela abaixo:

Tabela 2 - Peso das paredes de alvenarias de acordo com o material e a espessura do revestimento.

Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m ²		
		0 cm	1 cm	2 cm
ALVENARIA ESTRUTURAL				
Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136)	14	2,0	2,3	2,7
	19	2,7	3,0	3,4
Bloco cerâmico vazado com paredes maciças (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	14	2,0	2,3	2,7
Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,4	1,8	2,2
	14	1,7	2,1	2,5
	19	2,3	2,7	3,1
Tijolo cerâmico maciço (ABNT NBR 15270-1)	9	1,6	2,0	2,4
	11,5	2,1	2,5	2,9
	14	2,5	2,9	3,3
	19	3,4	3,8	4,2
Bloco sílico-calcário vazado (Classe E - ABNT NBR 14974-1)	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,5	1,9	2,3
	19	1,9	2,3	2,7
Bloco sílico-calcário perfurado (Classes E, F e G - ABNT NBR 14974-1)	11,5	1,9	2,3	2,7
	14	2,1	2,5	2,9
	17,5	2,8	3,2	3,6
ALVENARIA DE VEDAÇÃO				
Bloco de concreto vazado (Classe C – ABNT NBR 6136)	6,5	1,0	1,4	1,8
	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,3	1,7	2,1
	14	1,4	1,8	2,2
	19	1,8	2,2	2,6
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3
Bloco de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438)	7,5	0,5	0,9	1,3
	10	0,6	1,0	1,4
	12,5	0,8	1,2	1,6
	15	0,9	1,3	1,7
	17,5	1,1	1,5	1,9
	20	1,2	1,6	2,0
Bloco de vidro (decorativo, sem resistência ao fogo)	8	0,8	–	–
NOTA Na composição de pesos de alvenarias desta Tabela foi considerado o seguinte:				
— argamassa de assentamento vertical e horizontal de cal, cimento e areia com 1 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m ³ ;				
— revestimento com peso específico médio de 19 kN/m ³ ;				
— proporção de um meio bloco para cada três blocos inteiros;				
— sem preenchimento de vazios (com graute etc.).				

Fonte: NBR 6120:2019 (2019, p. 11)

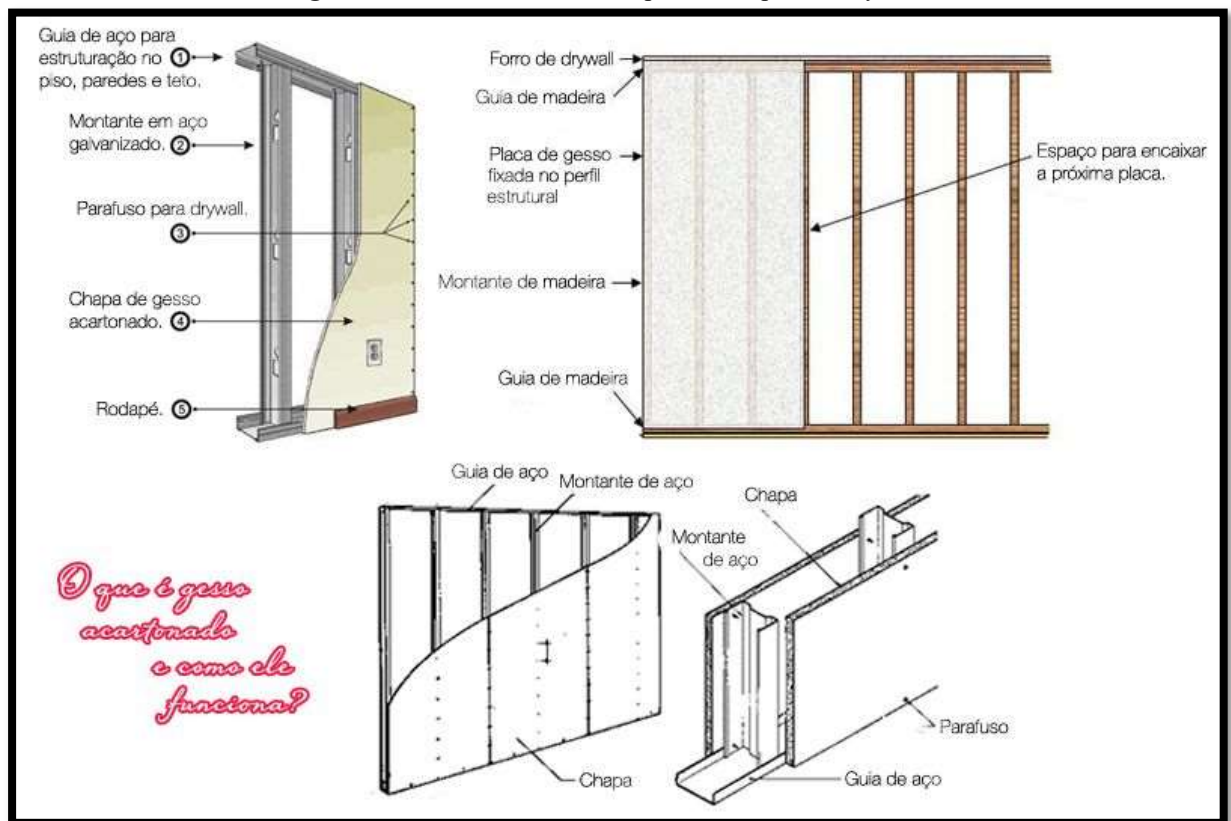
Uma das principais desvantagens do sistema de vedação interna com uso de blocos cerâmicos, é o seu peso, que apresenta valores muito alto quando comparado a outros métodos construtivos para divisão de ambientes, como por exemplo o drywall. Conforme menciona Dos Anjos e Texeira (2017), uma parede de alvenaria convencional com espessura de 15cm, tem seu peso entre 225 e 270kg/m², já uma divisória de drywall com 12cm de espessura tem seu peso variando entre 22 e 42kg/m².

2.3 DRYWALL

As paredes de drywall também é conhecida no mercado da construção civil brasileira como gesso acartonado ou construção a seco, elas são compostas por perfis em aço galvanizado distribuídos no sentido do comprimento das divisórias, e são revestidos em ambos os lados por painéis de gesso e são fixados com auxílio de parafusos, esses painéis tem o miolo de gesso envolto por folhas de papel cartão. De acordo com Salgado (2014, p. 103) o drywall “vem substituir as tradicionais alvenarias de vedação ou de fechamento tais como os processos que envolvem tijolos ou blocos de cerâmica ou de concreto seguidos de revestimento de argamassa de cimento, cal e areia”.

Logo abaixo, apresenta-se duas figuras que mostra os elementos que compõem uma divisória de drywall.

Figura 3 - Detalhamento de uma parede simples de drywall



Fonte: Retirada do site D'gesso IND. E COM. LTDA.³

³ Disponível em: < <https://www.dgessochapeco.com.br/single-post/2017/06/09/Sem-t%C3%ADulo> > Acessado em 20/09/2020 às 23h12

Figura 4 - Parede de Drywall



Fonte: Retirada do site Pinterest⁴

O sistema de drywall para construção de divisórias internas atende praticamente todos os tipos de obras, seja ela residencial, comercial, indústria ou hospitalar. As paredes podem apresentar diversos arranjos diferentes, visando sempre o melhor desempenho térmico e acústico, podendo ser construída de acordo com a necessidade do projeto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2006).

2.3.1 COMPONENTES DOS SISTEMAS EM DRYWALL

As paredes de drywall são formadas pela união de diversos componentes, o principal deles é o gesso acartonado que são painéis de gesso revertido por lâminas de papel cartão. Essas placas tem medidas de largura de 1,20m e comprimento que

⁴ Disponível em < <https://br.pinterest.com/pin/662873638880431317/> > Acessado em 20/09/2020 às 20h50

variam entre 1,8 e 3,6m, a espessura também pode ser encontrada entre 6 e 23mm, mas a mais usual é com maior aplicação no mercado da construção é a de 12,5mm.

As placas de gesso são presas com parafusos a perfis de aço galvanizado, após sua fixação é usado massa e uma fita apropriada para tratamento das juntas entre os painéis. O encontro entre as chapas deve sempre coincidir sobre um perfil metálico(montante) seja no sentido vertical ou horizontal (Parede de Gesso Acartonado, 2005).

De acordo com Associação Brasileiras do Drywall (2006) as chapas de gesso podem apresentar três diferentes características, elas são especificadas de acordo com a aplicação e uso do sistema, a tabela abaixo demonstra os tipos de painéis encontrados no mercado:

Tabela 3 - Tipos de chapas de gesso acartonado

Tipo	Código	Aplicação
Standard	ST	Para aplicação em áreas secas
Resistente à Umidade	RU	Para aplicação em áreas sujeitas à umidade por tempo limitado de forma intermitente
Resistente ao Fogo	RF	Para aplicação em áreas secas, necessitando de um maior desempenho em relação ao fogo

Fonte: Associação Brasileira do Drywall (2006, p. 11)

2.3.1.1 Perfis metálicos para drywall

“São perfis fabricados industrialmente mediante um processo de conformação contínua a frio, por sequência de rolos a partir de chapas de aço galvanizadas pelo processo de imersão a quente” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2006).

Segundo Associação Brasileira do Drywall (2006), a fabricação de perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall deve atender as especificações na NBR 15217:2018, que trata dos requisitos e métodos de ensaio, onde se destaca as informações sobre a espessura mínima de 0,5mm para as chapas usadas na fabricação dos perfis e a camada mínima do revestimento galvanizado para o aço que é de 275g/m² em ambas as faces.

Existe vários tipos de perfis que podem ser usados no sistema de drywall, entre eles se destacam as guias, montantes e cantoneiras que são os principais quando se trata de paredes, abaixo veja uma tabela que apresenta algumas informações sobre eles:

Tabela 4 - Tipos de perfis para drywall

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48 G 70 G 90	48/28 70/28 90/28	Paredes, forros e revestimentos
Montante (formato de 'C')		M 48 M 70 M 90	48/35 70/35 90/35	Paredes, forros e revestimentos
Canaleta 'C' (formato de 'C')		C	47/18	Forros e revestimentos
Canaleta Ômega (formato de 'Ω')		O	70/20	Forros e revestimentos
Cantoneira (formato de 'L')		CL	25/30	Forros e revestimentos
Cantoneira de reforço (formato de 'L')		CR	23/23 28/28	Paredes e revestimentos
Tabica metálica (formato de 'Z')		Z	Variável	Forros
Longarina		L	Variável	Forro removível
Travessa		T	Variável	Forro removível

Fonte: Associação Brasileira do Drywall (2006, p. 12)

2.4 ESTABILIDADE GLOBAL DAS ESTRUTURAS

Com a evolução das tecnologias da construção civil no decorrer do tempo, o que se observa é que existe uma tendência a construção de edificações cada vez mais altas e esbeltas. No momento da elaboração do projeto estrutural esse tipo de característica nos edifícios, deve-se ter uma grande preocupação com a avaliação da estabilidade global do empreendimento (FREITAS, LUCHI e FERREIRA, 2016).

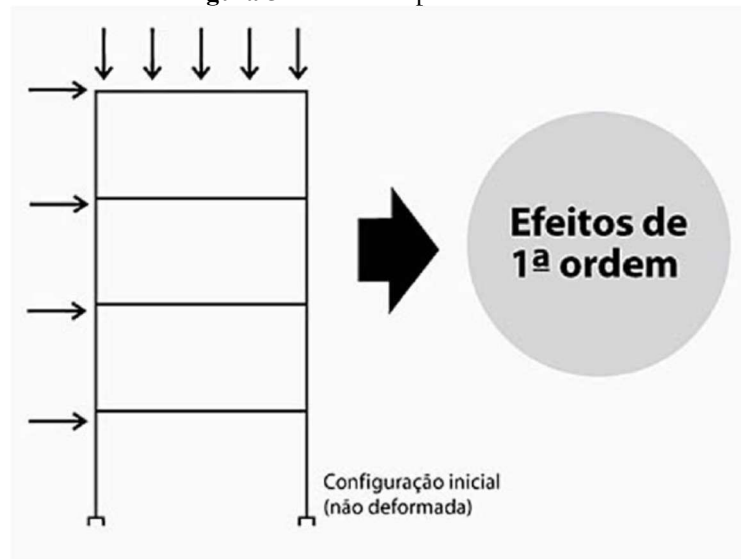
A estabilidade global de um edifício entende-se pela análise da estrutura como um todo e visa a verificação do equilíbrio estrutural, com os efeitos globais de segunda ordem na edificação (KIMURA, 2007).

2.4.1 Efeitos de 2º ordem

Para entender melhor os efeitos de segunda ordem, é muito importante também compreender como é feita a análise em primeira ordem e entender seus efeitos.

A análise de primeira ordem trata-se do método de cálculo das estruturas, mais conhecido pelos estudantes de engenharia civil, esse conteúdo é muito abordado nas disciplinas de projeto de estruturas de concreto armado. Esse método de cálculo considera as estruturas como um elemento não-deformado e gera os chamados “efeitos de primeira ordem” (KIMURA, 2007). A figura abaixo, representa os efeitos de primeira ordem em um edifício.

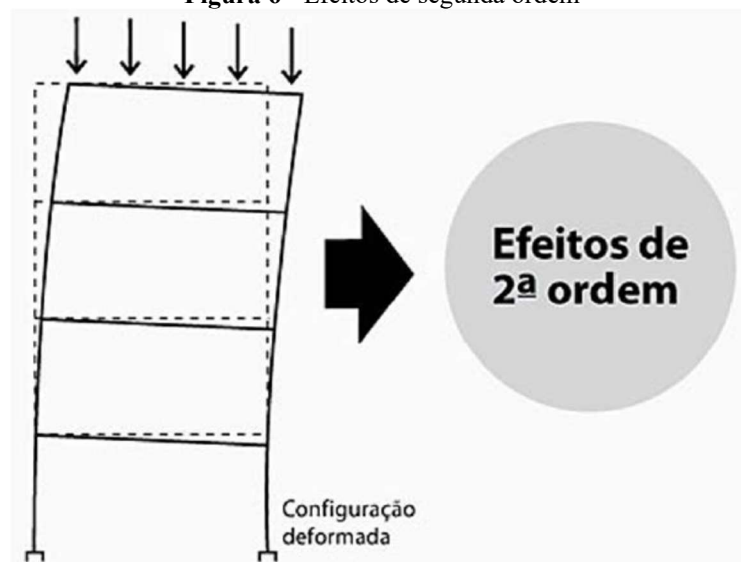
Figura 5 - Efeitos de primeira ordem



Fonte: (KIMURA, 2007, p. 546)

Segundo Kimura (2007, p. 523), “os efeitos de segunda ordem são efeitos adicionais à estrutura, gerados a partir de sua deformação. Eles são responsáveis por provocar um comportamento não-linear da estrutura (não-linearidade geométrica)”. A figura abaixo representa os efeitos de 2ª ordem em um edifício.

Figura 6 - Efeitos de segunda ordem

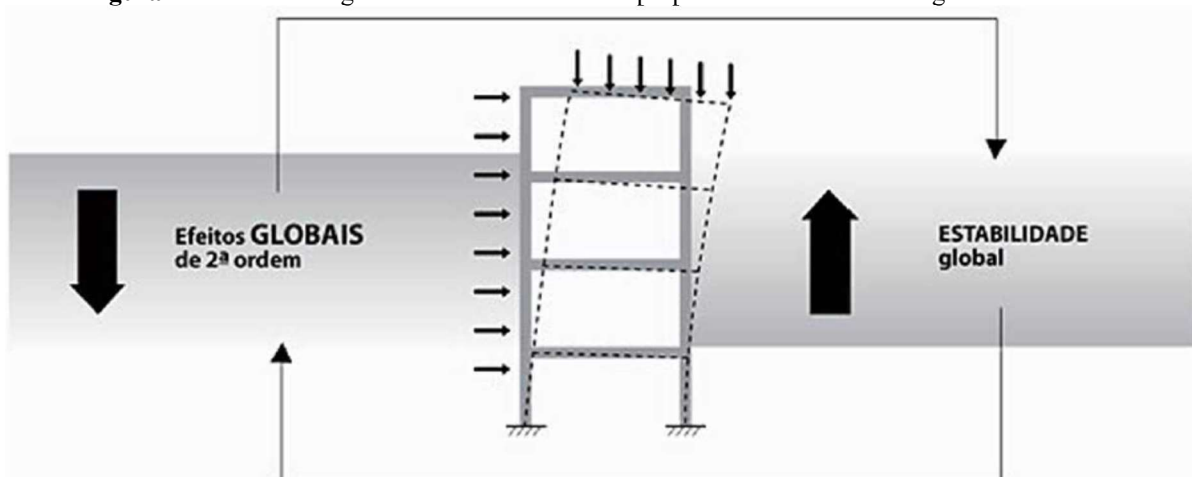


Fonte: (KIMURA, 2007, p. 546)

Um fator muito importante e que interfere diretamente nos efeitos de segunda ordem de uma edificação é a estabilidade da estrutura, quanto mais estável é a estrutura, menor será os efeitos globais de 2ª ordem (KIMURA, 2007).

De acordo com Kimura (2007), dos diversos fatores que influenciam a estabilidade global de uma edificação, se destacam as cargas atuantes e a rigidez dos elementos da estruturais. A figura abaixo representa que os efeitos globais de 2ª ordem são proporcionais a estabilidade global do edifício e vice-versa.

Figura 7 - Efeitos de segunda ordem inversamente proporcional a estabilidade global da estrutura



Fonte: (KIMURA, 2007, p. 559)

Uma maneira simples de estimar os efeitos de 2ª ordem sem a necessidade da realização de uma análise não-linear geométrica é através do coeficiente gama-z (γ_z), parâmetro que visa avaliar a magnitude dos efeitos de 2ª ordem a partir de uma análise linear, sendo frequentemente utilizado por projetistas como parâmetro de referência na análise da estabilidade global (VIEIRA, JUNIOR e VELOSO, 2017, p. 1128).

2.4.2 Coeficiente Gama z (γ_z)

De acordo com Longo (2020), o coeficiente Gama-Z (γ_z) tem como objetivo principal, classificar a estrutura de acordo com a deslocabilidade dos nós, com a intenção de destacar o quanto importante é os esforços de 2ª ordem globais para a elaboração de um bom projeto estrutural.

“É um parâmetro que avalia a estabilidade global de um edifício de concreto armado de forma simples, rápida e bastante eficiente. Sua formulação foi inteiramente

deduzida e criada por engenheiros brasileiros (Eng°. Augusto Carlos de VASCONCELOS e Engo. Mário FRANCO)” (KIMURA, 2007, p. 559).

Vieira, et al (2017), destaca que o parâmetro do γ_z , tem como objetivo, analisar os efeitos de 2ª ordem em estruturas a partir de 4 andares, tendo como base uma análise linear de 1ª ordem.

De acordo com o item 15.4.2 da NBR 6118 (2014), que destaca a diferença entre as estruturas consideradas de nós fixos e as de nós móveis, essas duas características nas estruturas são avaliadas de acordo com os efeitos de 2ª ordem. A estrutura é considerada de nós fixos, quando os deslocamentos causados por forças horizontais gerem efeitos globais de segunda ordem inferiores a 10% dos esforços de 1ª ordem, com isso os efeitos de 2ª ordem são desprezados.

Já os chamados de nós móveis apresentam excentricidades e efeitos de segunda ordem que superam os mesmos 10% mencionados anteriormente, é para esses casos deve-se majorar os efeitos das ações, pela fórmula $0,95\gamma_z$, desde que $\gamma_z \leq 1,3$ (CARVALHO e PINHEIRO, 2009).

Segundo Kimura (2007), “a NBR 6118:2014, item 15.5.3 - *Coeficiente γ_z* , define o cálculo do valor de γ_z para uma determinada combinação de carregamento pela seguinte expressão:”

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}}$$

Em que:

- $\Delta M_{tot,d}$ é a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos em primeira ordem.

- $M_{1,tot,d}$ é o momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura.

“Embora pareça complicado, a interpretação e o cálculo dos termos da fórmula do γ_z são bem simples. O termo $\Delta M_{tot,d}$ procura retratar a magnitude do esforço de segunda ordem inicial, enquanto o termo $M_{1,tot,d}$ representa a magnitude do esforço de primeira ordem. Por essa razão, pode-se simplificar a notação da fórmula para:” (KIMURA, 2007)

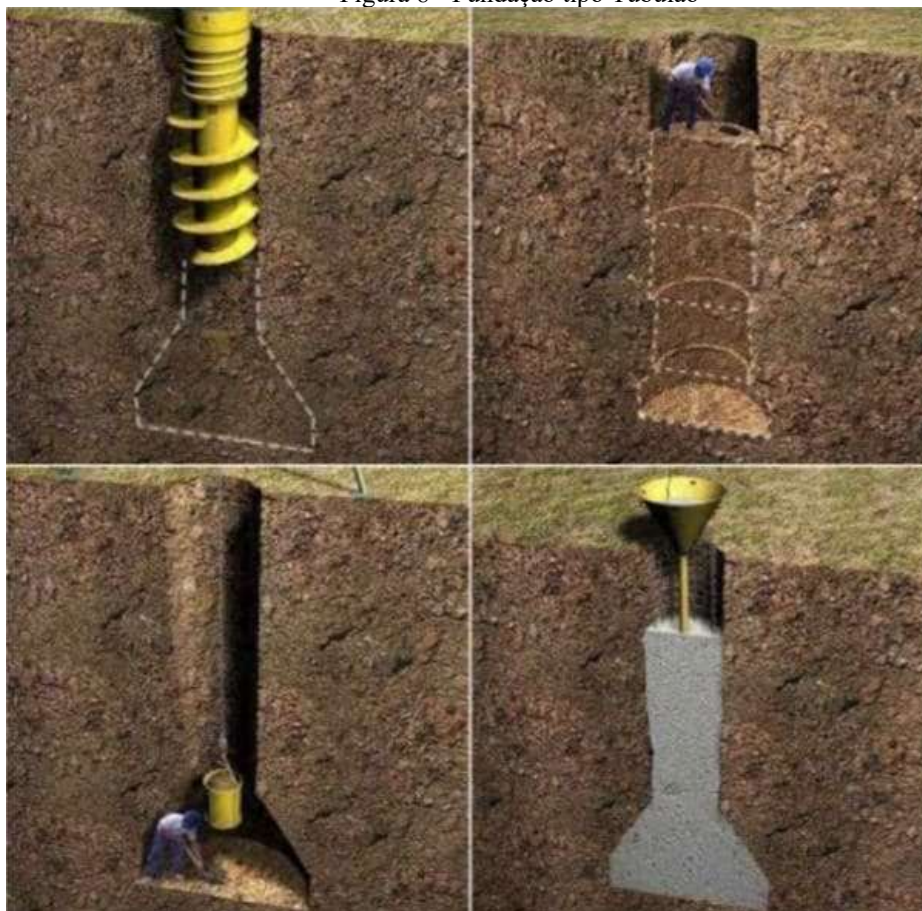
$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{M_{2d}}{M_{1d}}}$$

2.5 TUBULÃO A CÉU ABERTO COMO SISTEMA DE FUNDAÇÃO

De acordo com a (ABNT, 2019), o tubulão é considerado um tipo de fundação profunda e se caracteriza por ter sua seção circular, e sua base na maioria das vezes alargada para que ajude a não ultrapassar a tensão admissível do solo, essa técnica de escavação para o alargamento da base é feita de forma manual, já a escavação do fuste pode ser realizada mecanicamente ou manualmente.

Segundo Allen e Iano (2013) tubulão é um tipo de fundação indireta é similar a uma sapata de coluna por distribuir as cargas de um pilar sobre uma área de solo grande o suficiente para que não ultrapasse a tensão admissível no solo. Ele difere de uma sapata de coluna por estender-se através de camadas de solo de baixa resistência abaixo da subestrutura de um edifício até que atinja uma camada mais adequada. Um tubulão é construído por perfuração mecânica ou escavação manual de um buraco, alargando-o em forma de sino na base o suficiente para obter a área de suporte necessária é preenchendo o buraco com concreto.

Figura 8 - Fundação tipo Tubulão



Fonte: www.consultecjr.com

2.6 PESQUISAS RELACIONADAS COM O TEMA DESTA TRABALHO

Os trabalhos de pesquisa citados abaixo, são apresentados de forma resumida, dando destaque apenas as informações que serão pertinentes a esta pesquisa, afim de tê-los como base de dados para comparação dos resultados finais como: valores de gama z, cargas nas fundações e quantitativo de materiais para as estruturas em concreto armado.

2.6.1 Pesquisa 1: Análise Estrutural Comparando a Aplicação de Alvenaria de Blocos Cerâmicos e do Drywall como Sistemas de Vedação Vertical Interna de uma Edificação

Essa pesquisa foi realizada por Oliveira (2016), como trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), tem como foco uma análise da influência da escolha entre dois sistemas de vedação vertical interna, a alvenaria de blocos cerâmicos e o drywall, na estrutura de um edifício residencial com 4 pavimentos, sendo o andar térreo destinado a garagens e os 3 seguintes sendo os pavimentos tipo, com dois apartamentos em cada andar, o empreendimento tem uma altura total de 15,34m, ele está localizado na cidade de Francisco Beltrão no estado do Paraná, a edificação possui uma área total de 1.122m²

A princípio foi levado em consideração a edificação tendo as paredes internas construídas com alvenaria de blocos cerâmicos, e com isso foi utilizado o software de cálculo estrutural Eberick, para auxiliar no lançamento e pré-dimensionamento da estrutura em concreto armado, a partir daí obteve-se um dimensionamento e detalhamentos dos elementos estruturais da edificação. Em seguida foi utilizado o mesmo projeto arquitetônico, substituindo apenas as alvenarias de blocos cerâmicos pelo sistema de drywall, nas paredes internas, e gerando assim um outro dimensionamento dos elementos estruturais, afim de comparar as duas estruturas e identificar o impacto que essa mudança causou no quantitativo de materiais para a construção das estruturas.

A pesquisadora também comparou os valores de gama-z (γ_z), para as duas estruturas estudadas, afim de ter uma análise sobre a estabilidade global de ambas as edificações. Com relação a esses, a autora conclui que, a edificação que usou o sistema de vedação em drywall ficou dentro dos parâmetros da NBR 6118 de 2014, assim como a que utilizou as paredes em alvenaria, ela destaca que houve uma pequena alteração no γ_z do eixo y, com os valores para as duas estruturas sendo: 1,06 para a edificação com sistema de blocos cerâmicos e 1,05 para a que utilizou drywall.

Com isso a autora chegou à conclusão que, a mudança do sistema de vedação vertical interna, influenciou na estabilidade global da edificação, porque essa substituição do sistema de vedação foi a única mudança feita de um projeto para outro. Ela ainda destaca que a variação encontrada entre as duas estruturas poderia ser maior, se a edificação tivesse mais pavimentos (OLIVEIRA, 2016).

Por fim Oliveira, apresenta uma tabela comparando os quantitativos dos principais materiais usados para a construção dos elementos estruturais em concreto armado.

Tabela 5 - Quantitativo de materiais

		Projeto com Alvenaria	Projeto com <i>drywall</i>
Peso total + 10% (kg)	CA50	14085,6	12502,4
	CA60	2272,1	2299,2
	Total	16357,8	14801,6
Volume concreto (m ³)	C-25	257,1	251,9
Área de forma (m ²)		2294,8	2292,1
Consumo de aço (kgf/m ³)		63,6	58,7

Fonte: (OLIVEIRA, 2016)

2.6.2 Pesquisa 2: ANÁLISE DAS CARGAS EM UM EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO, QUANDO COMPARADO A UTILIZAÇÃO DE PAREDES DE VEDAÇÃO INTERNA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL

Essa pesquisa foi realizada por Pereira e Costa (2017), para obtenção de título em bacharel em Engenharia civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina, no ano de 2017. O trabalho faz uma análise entre dois edifícios com a mesma arquitetura, porém com uma única mudança, que é o uso de diferentes sistemas de vedações internas, um com alvenaria de blocos cerâmicos e o outro com o uso de divisórias em gesso acartonado (*drywall*), afim de comparar as cargas que chegam as fundações.

A análise foi feita com base em um projeto arquitetônico de um edifício residencial com 20 pavimentos, localizado na cidade de Santo Amaro da Imperatriz (SC), a obra consiste em uma área total de 9.361,39m², 2 níveis de garagens, 15 níveis com apartamentos residenciais, 4 apartamentos duplex na cobertura e

reservatório superior com capacidade total de 60 mil litros de água. A edificação tem uma altura total de 54,64m.

Esse estudo optou por manter as dimensões dos elementos estruturais para ambos os projetos e comparar somente as diferenças relacionadas com a área de aço utilizada e chegou a conclusão que a substituição do sistema de vedação vertical interna em alvenaria de blocos cerâmicos pelo drywall, gerou uma redução de 23.043,70kg de aço.

Com relação as cargas das fundações, os autores concluíram que, devido o drywall ter um baixo peso específico, o uso dele como paredes de vedação internas, implicou na redução das cargas das estruturas, e para esse projeto de estudo, esta redução chegou a 8,67% no caso das fundações.

2.6.3 Pesquisa 3: ANÁLISE DOS VALORES DE GAMA-Z EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO, CONSIDERANDO DIFERENTES TIPOS DE CARREGAMENTOS DE PAREDES

Pesquisa realizado por Dircksen (2017), feita como trabalho de conclusão de curso em Engenharia civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina, essa pesquisa aborda uma análise da estabilidade global, com base nos valores do gama z e as cargas totais da estrutura em concreto armado, para dois edifícios, um considerado esbelto com 11 andares, sendo 9 chamados “tipos”, com área do pavimento tipo de 104,32m² e altura total de 41,32m. já o outro edifício e classificado como robusto, com 7 pavimentos sendo 5 tipos, tendo uma área de 392,23m² por pavimento e altura total de 26,54m.

O estudo adota também diferentes sistemas de vedação vertical interna, em alvenaria de blocos cerâmicos e o drywall, além disso utiliza diferentes critérios para o lançamento dessas cargas nas estruturas em concreto armado

Os critérios são com relação aos descontos das áreas de aberturas de portas e janelas a serem consideradas ou não, com isso adotou-se três tipos de carregamentos para as paredes: paredes de alvenaria cheias (sem descontar os vãos

de abertura), parede de alvenaria com desconto dos vãos de abertura (independentemente do tamanho dos vãos) e paredes em gesso acartonado (drywall). As três tipologias de vedação mencionadas são testadas nos dois tipos de estruturas (esbelta e robusta). Com isso o autor obteve 6 configurações diferentes para a análise e comparação dos resultados do gama z. Dircksen, também faz um estudo sobre os impactos que as diferentes configurações de paredes geram nas seções e na área de aço dos elementos estruturais.

Abaixo o autor apresentar os resultados para análise da estabilidade global pelo parâmetro do gama z, obtidos para a edificação robusta e em seguida para a esbelta.

Tabela 6 - Resumo dos resultados para a edificação baixa e robusta

Tipo de carregamento	Carga adicional (tf)	Variação em relação a paredes cheias (%)	Deslocamento horizontal (cm)	Variação em relação a paredes cheias (%)	Gama-z	Variação em relação a paredes cheias (%)
Paredes de alvenaria cheias	1243,28	–	(eixo x) = 1,31 (eixo y) = 0,67	–	(eixo x) = 1,23 (eixo y) = 1,19	–
Paredes de alvenaria com aberturas	1099,79	–11,5%	(eixo x) = 1,31 (eixo y) = 0,67	0,0 0,0	(eixo x) = 1,21 (eixo y) = 1,17	–1,6 –1,7
Paredes de drywall	961,75	–22,6%	(eixo x) = 1,31 (eixo y) = 0,67	0,0 0,0	(eixo x) = 1,19 (eixo y) = 1,16	–3,2 –2,5

Fonte: (DIRCKSEN, 2017)

Tabela 7 - Resumo dos resultados para a edificação esbelta

Tipo de carregamento	Carga adicional (tf)	Variação em relação a paredes cheias (%)	Deslocamento horizontal (cm)	Variação em relação a paredes cheias (%)	Gama-z	Variação em relação a paredes cheias (%)
Paredes de alvenaria cheias	723,08	–	(eixo x) = 1,86 (eixo y) = 3,14	–	(eixo x) = 1,13 (eixo y) = 1,17	–
Paredes de alvenaria com aberturas	625,06	–13,6	(eixo x) = 1,86 (eixo y) = 3,14	0,0 0,0	(eixo x) = 1,12 (eixo y) = 1,17	–0,9 0,0
Paredes de <i>drywall</i>	560,94	–22,4	(eixo x) = 1,85 (eixo y) = 3,14	–0,5 0,0	(eixo x) = 1,11 (eixo y) = 1,15	–1,8 –1,7

Fonte: (DIRCKSEN, 2017)

O autor concluir que:

Os resultados obtidos mostram que, tanto na estrutura robusta quanto na estrutura esbelta, a substituição das cargas de paredes representou variações bastante pequenas de gama-z, que chegaram, no máximo, a 3,2%. Quanto ao coeficiente em questão, pode-se observar que seus valores ficaram próximos dos estabelecidos pela norma e que tiveram discreta redução à medida que se diminuíram as cargas de paredes. Ou seja, a substituição das paredes não teve efeitos significativos sobre a estabilidade global das estruturas consideradas (DIRCKSEN, 2017, p. 62).

3 METODOLOGIA

Podemos conceituar pesquisa exploratória como sendo um método que ajuda em situações que o pesquisador não tenha conhecimentos suficientes para elaborar hipóteses apropriada a seu projeto. Então, é preciso assumir que tal pesquisa tem a finalidade de acrescentar dados sobre determinado assunto que se deseja investigar (MIGUELES, 2004).

Baseado no que diz Migueles (2004), conclui-se que esse trabalho se classifica como uma pesquisa exploratória, devido se tratar de um estudo que teve como finalidade comparar o comportamento estrutural, os esforços em elementos estruturais e os quantitativos de concreto, aço e fôrmas, em dois edifícios com o mesmo projeto arquitetônico, porém um usando o sistema de vedação vertical interna em alvenaria de blocos cerâmicos e o outro usando o drywall.

A pesquisa se baseou em referenciais bibliográficos relacionados aos sistemas de vedação vertical em alvenaria convencional e drywall, também abordou os temas de estabilidade global das estruturas, fundação, quantitativo de materiais e sobre o software Ebarick, que foi o programa utilizado para auxiliar na pesquisa. Os fundamentos de pesquisa utilizados para este trabalho foram: livros, artigos científicos, revistas e monografias.

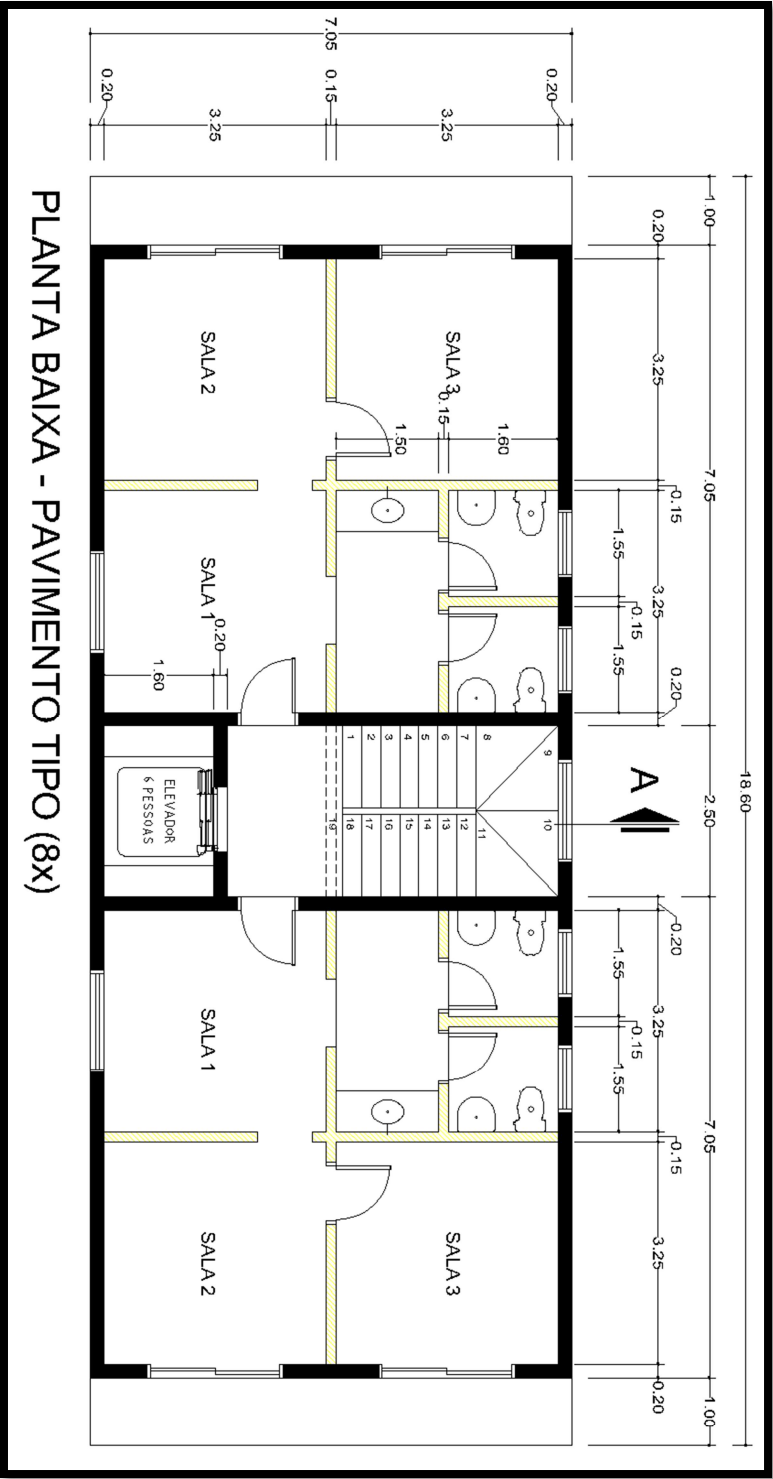
3.1 INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO ARQUITETÔNICO ADOTADO

Para obtenção de resultados que tenha alguma relevância para o estudo, foi escolhido um edifício que tivesse acima de 4 pavimentos, para atender à exigência da NBR 6118 (2014, p. 105), que diz que “o coeficiente γ_z de avaliação da importância dos esforços de segunda ordem globais é válido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares.” Com esta observação optou-se pela escolha de uma edificação com 9 pavimentos contando com o térreo.

O projeto que serviu de base para este trabalho de pesquisa trata-se de um edifício comercial com múltiplos pavimentos, sendo o térreo destinado a vagas de estacionamento e os oito andares seguintes serão os chamados “pavimento tipo”, cada um deles composto por dois pontos comerciais sendo três salas e dois lavabos em cada. Os dois últimos andares têm as funções de cobertura e reservatório de água respectivamente. A planta baixa do pavimento tipo, deste edifício, encontra-se logo abaixo na Figura 11.

A seguir, é apresentado a planta baixa do pavimento tipo, que será considerado para os oito pavimentos do edifício comercial.

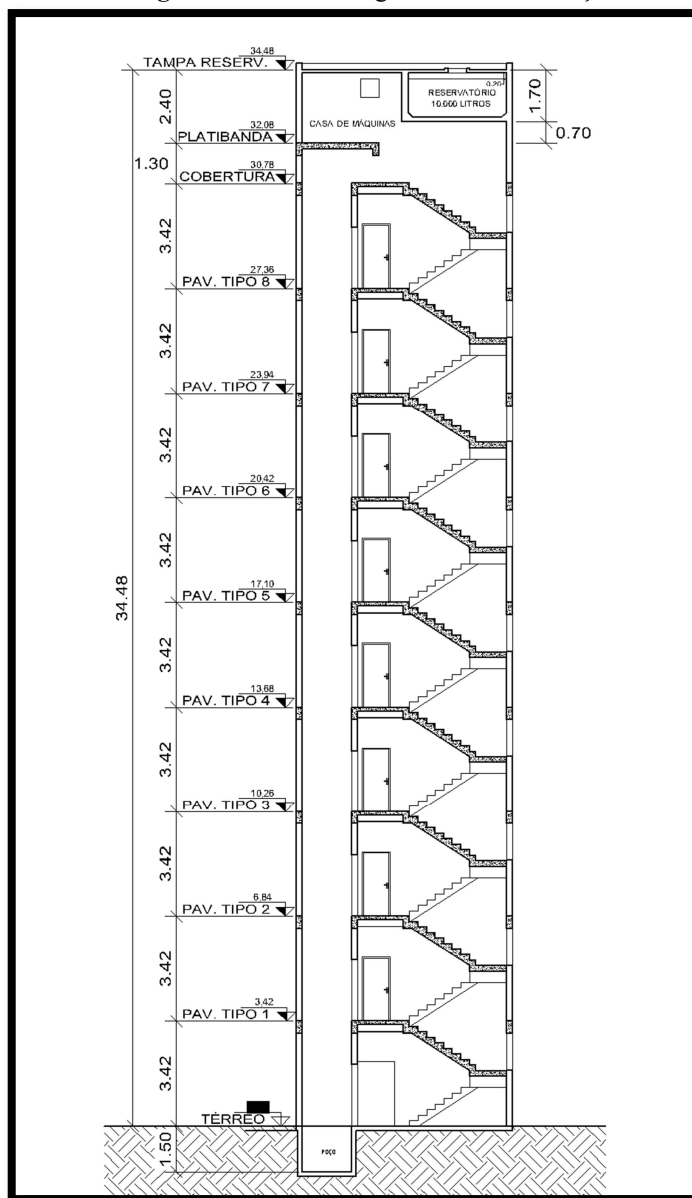
Figura 9 - Planta baixa do pavimento Tipo



Fonte: Curso rota das estruturas

Para melhor compreender o projeto arquitetônico utilizado para esta pesquisa, observa-se abaixo a planta com um corte transversal da edificação.

Figura 10 - Corte Longitudinal da edificação.



Fonte: Curso rota das estruturas.

O edifício tem uma área de ocupação do pavimento térreo de 117,03 m², todos os pavimentos tem a altura de piso a piso de 3,42 m. A edificação tem uma altura total de 34,48 m, considerando o reservatório superior.

Através da análise e entendimento do projeto arquitetônico, pode-se obter diversas informações importantes e que foram de grande relevância para a concepção dos dois projetos estruturais que o presente trabalho visa comparar os resultados. Logo abaixo é apresentado uma lista com algumas informações extra sobre as edificações:

- a) Área total do edifício = 1.166,07 m² (térreo + tipos);
- b) Área total do pavimento tipo = 131,13 m²;
- c) Pavimento Térreo (destinado a garagem) = 117,03 m²;
- d) 8 pavimentos tipo;
- e) 2 Salas comerciais por andar;
- f) 1 elevador;
- g) Reservatório de água com capacidade para 10.000 litros;
- h) Altura total do edifício = 34,48 m.

3.2 CRITÉRIOS DE PROJETO

Este trabalho utilizou dois projetos arquitetônicos idênticos, mas que apresentou importantes diferenças durante o seu lançamento estrutural de concreto armado, estas diferenças estão relacionadas aos valores do peso específico e espessuras das paredes internas dos pavimentos tipo. No primeiro momento, foi considerada uma edificação com uso de sistema de vedação vertical interna em drywall, e para o outro projeto usou-se paredes em alvenaria de blocos cerâmicos.

É importante informar que algumas paredes internas da edificação, foram mantidas em alvenaria convencional para ambos os lançamentos, são elas:

- Paredes dos vãos de escadas;
- Paredes do fosso do elevador;
- Paredes de vedação externas.

As paredes que foram objeto de estudo para esse trabalho, estão destacadas na planta baixa com na cor amarela.

3.2.1 Características dos elementos de vedação vertical interna

Tanto as paredes de alvenaria convencional de blocos cerâmicos quanto as divisórias de drywall, podem apresentar diversas tipologias, o que vai determinar quais delas serão utilizadas será a finalidade e a necessidade de desempenho termoacústico de cada projeto. Alguns ambientes necessitam de paredes mais robustas e com melhor desempenho termoacústico, um exemplo é o caso de paredes que dividem um apartamento e outro em edificações multifamiliares.

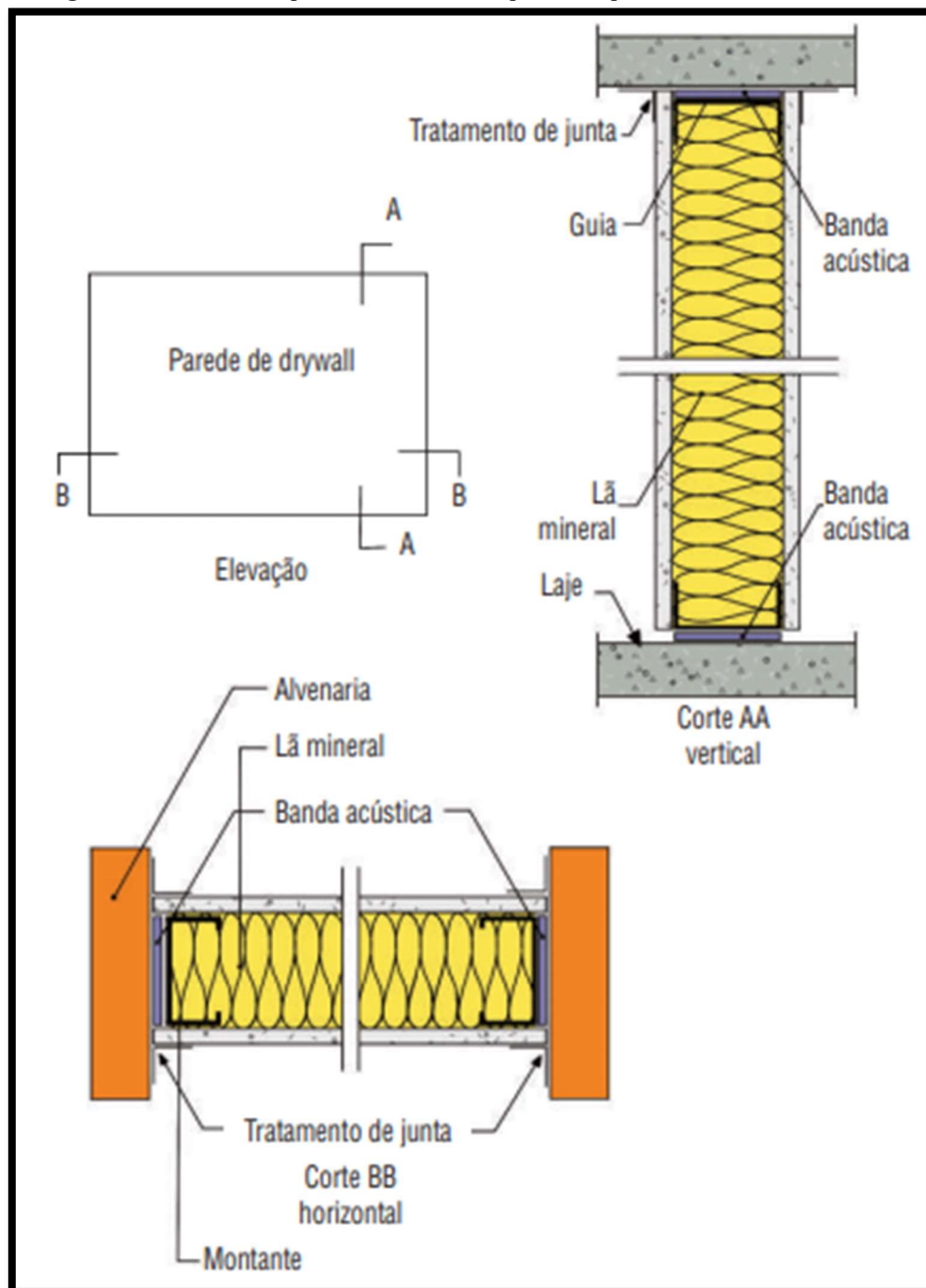
No caso deste projeto de pesquisa, para facilitar a análise dos dados, as paredes internas das salas comerciais foram todas consideradas com a mesma tipologia, tanto para o projeto com drywall que foi considerado paredes com um painel em cada face, montantes simples e preenchida com lã de vidro. Já as paredes em blocos cerâmicos foram consideradas todas com blocos de 11,5 cm e 2cm de reboco em cada face.

3.2.1.1 Tipologia das paredes internas em Drywall a ser utilizada

A presente pesquisa teve como primeira análise um edifício com paredes internas em divisórias de drywall, e para facilitar a análise dos resultados, foram especificadas as cargas de peso próprio com o valor de 500kgf/m^3 , conforme recomendação da NBR 6120: 2019, na tabela 3 que especifica esse valor para paredes de drywall composta por um montante metálico revestido por uma chapa de gesso acartonado de 12,5mm em ambos os lados com preenchimento de lã de vidro. Para efeito de cálculo as paredes deste sistema construtivo serão consideradas com 10cm de espessura.

A figura abaixo, destaca o detalhamento de uma parede em drywall, com a tipologia que será adotada para a paredes internas da edificação para esta pesquisa.

Figura 11 - Parede com painel e montante simples, com preenchimento de lã de vidro.



Fonte: Retirada do site gypsum⁵

⁵ Disponível em: <<https://www.gypsum.com.br/pt-pt/produto-e-sistema-drywall/sistemas/parede/parede-separativa>> Acessado em 12/10/2020 às 00h36

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2006), essa tipologia de parede com lã de vidro atinge um desempenho acústico de 44 a 46 decibéis(dB), e com isso atende ao nível mínimo de ruídos previsto na norma de desempenho NBR 15575 de 2013, no que diz respeito ao desempenho acústico das vedações internas.

Abaixo é mostrada uma imagem retirada do software Eberick, nela observa-se as informações sobre as cargas das paredes de drywall que serão usadas.

Figura 12 - Tela do Eberick com informações sobre as cargas das paredes de drywall

Cargas típicas

Lajes Patamares Lances de escada Rampas Paredes

Parede

41 - Bl. vedação concreto celular 11
 42 - Bl. vedação concreto celular 10
 43 - Bl. vedação concreto celular 12
 44 - Bl. vedação concreto celular 14
 45 - Bl. vedação concreto celular 12
 46 - Bl. vedação concreto celular 14
 47 - Bl. vedação concreto celular 16
 48 - Bl. vedação concreto celular 15
 49 - Bl. vedação concreto celular 17
 50 - Bl. vedação concreto celular 19
 51 - Bl. vedação concreto celular 17
 52 - Bl. vedação concreto celular 19
 53 - Bl. vedação concreto celular 21
 54 - Bl. vedação concreto celular 20
 55 - Bl. vedação concreto celular 22
 56 - Bl. vedação concreto celular 24
 57 - Bl. vidro(decorativo) 8cm
 58 - Drywall (7cm a 30cm)
 59 - Divisórias retráteis (exceto divisc
 60 - Bl. cerâmico vazado c/ paredes

Dados

Nome: 58 - Drywall (7cm a 30cm)

Cargas

Parede: 50 kgf/m²

Revestimento

	Espessura	Peso específico
Revestimento 01	0 cm	1900 kgf/m²
Revestimento 02	1.5 cm	1900 kgf/m²
Enchimento	14 cm	1300 kgf/m²
Revestimento 03	1.5 cm	1900 kgf/m²
Revestimento 04	0 cm	1900 kgf/m²

☐ Obter a carga de parede a partir dos revestimentos

Revestimento 01
 Revestimento 02
 Enchimento
 Revestimento 03
 Revestimento 04

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Software Eberick

É de conhecimento do pesquisador que existem diferentes tipos de chapas de gesso acartonado no mercado, porém este trabalho não entrará neste mérito por entender que esta variação de diferentes painéis não terá influência nos resultados para este estudo.

3.2.1.2 Tipologia das paredes internas em blocos cerâmicos a ser utilizada

Para a segunda análise, foi concebido a mesma edificação comercial de múltiplos pavimentos da primeira análise, com o mesmo projeto arquitetônico, porém

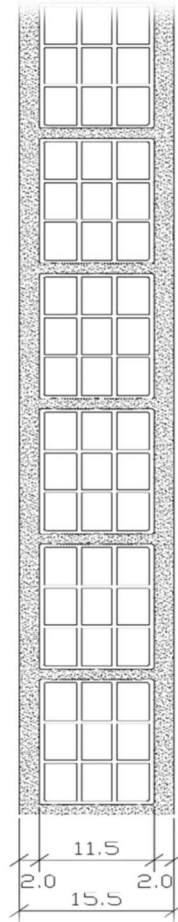
com uma direção com relação ao sistema de vedação vertical interna, que no primeiro projeto utilizará o drywall e para este utilizará alvenaria convencional feita com blocos cerâmicos.

Existem diversos modelos e tamanhos de blocos cerâmicos no mercado da construção civil brasileira, mas para efeito de pesquisa, para esse trabalho foi considerado blocos com 6 furos e dimensões de 11,5cm de largura, por 19cm de altura e 29cm de comprimento.

Para o valor do peso específico das paredes em alvenaria, foi considerado os valores informados pelo software. Conforme mencionado anteriormente, o bloco que foi utilizado tem a espessura nominal de 11,5cm e foi adotado uma espessura para o revestimento de 2cm para cada lado da parede, com isso a parede ficou com espessura final de 15,5cm, obtendo assim o valor de 168 kgf/m², informação essa que foi necessária para o lançamento estrutural.

Logo abaixo, destaca-se as dimensões que foram adotadas para as paredes internas em alvenaria de blocos cerâmicos, para este estudo.

Figura 13: Detalhe da parede de alvenaria adotada



Fonte: Autoria própria

Esse trabalho apresenta algumas telas retiradas do software Ebarick, que foi o programa de cálculo estrutural utilizado para obtenção dos resultados necessários para comparação entre as duas estruturas. Abaixo é mostrada a tela com informações referentes ao lançamento das cargas das paredes em alvenaria de blocos cerâmicos.

Figura 14: Tela do Eberick com informações sobre as cargas das paredes de alvenaria de blocos cerâmicos

Cargas típicas

Lajes Patamares Lances de escada Rampas **Paredes**

Parede

- 00 - Bl. vedação cerâmico vazado 9
- 01 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 02 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 03 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 04 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 05 - Bl. vedação cerâmico vazado 1**
- 06 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 07 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 08 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 09 - Bl. vedação cerâmico vazado 1
- 10 - Bl. vedação cerâmico vazado 2
- 11 - Bl. vedação cerâmico vazado 2
- 12 - Tijolo cerâmico maciço 9cm
- 13 - Tijolo cerâmico maciço 11cm (9
- 14 - Tijolo cerâmico maciço 13cm (9
- 15 - Tijolo cerâmico maciço 11.5cm
- 16 - Tijolo cerâmico maciço 13.5cm I
- 17 - Tijolo cerâmico maciço 15.5cm I
- 18 - Tijolo cerâmico maciço 14cm
- 19 - Tijolo cerâmico maciço 16cm (1

Dados

Nome: 05 - Bl. vedação cerâmico vazado 15.5cm (11.5 + 2x2)

Cargas

Parede: 168 kgf/m²

Revestimento

	Espessura	Peso específico
Revestimento 01	0 cm	1900 kgf/m³
Revestimento 02	2 cm	1900 kgf/m³
Enchimento	11.5 cm	800 kgf/m³
Revestimento 03	2 cm	1900 kgf/m³
Revestimento 04	0 cm	1900 kgf/m³

☒ Obter a carga de parede a partir dos revestimentos

OK Cancelar Ajuda

Diagrama de parede: Revestimento 01, Revestimento 02, Enchimento, Revestimento 03, Revestimento 04

Fonte: Software Eberick

3.3 CARGA DAS PAREDES

Como o objetivo principal dessa pesquisa é analisar os impactos que os diferentes sistemas de vedação interna causam sobre as estruturas de concreto armado de um edifício comercial de 8 pavimentos, fez-se necessário quantificar as paredes para cada edifício e com isso obteve-se os valores referentes ao peso total desses elementos para cada uma das edificações estudadas.

Lembrando que na primeira situação em toda a edificação foi adotando os blocos cerâmicos com sistema de vedação com espessura final de 13cm. Já na segunda situação, apenas as paredes internas que divide os ambientes nas salas comerciais foram substituídas pelo drywall.

Para ambos os projetos se optou por manter as mesmas dimensões dos pilares, vigas e lajes, com isso foi analisado se somente o fato de substituir os sistemas de vedação das paredes internas do edifício, acarretou em impactos significativos na estabilidade global da edificação, nos esforços das fundações e nos quantitativo de materiais das estruturas de concreto armado.

Logo abaixo é apresentada uma tabela que mostra os quantitativos de paredes em cada uma das edificações, através desses quantitativos foi possível obter os valores referentes ao peso dos sistemas de vedação para ambos os projetos. Lembrando que na segunda situação tem-se dois sistemas de vedação, alvenaria de blocos cerâmicos para as paredes externas e nos ambientes das escadas e elevadores, e o drywall como divisórias internas nas salas comerciais.

Tabela 8 - Comparativo dos valores das Paredes internas por Edifício

ORÇAMENTO DAS PAREDES INTERNAS - REFERÊNCIA DE VALORES: SINAP_TO				DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 11/06/2021		
DESCRIÇÃO SINAP	COMP. LINEAR/ PAV. (m)	ALTURA (m)	Nº PAV.	ÁREA TOTAL (m²)	VALOR/m²	VALOR TOTAL
PAREDE COM PLACAS DE GESSO ACARTONADO (DRYWALL), PARA USO INTERNO, COM DUAS FACES SIMPLES E ESTRUTURA METÁLICA COM GUIAS SIMPLES, COM VÃOS + INSTALAÇÃO DE ISOLAMENTO COM LÃ DE ROCHA	33,6	3,42	8	919,296	R\$ 106,79	R\$ 98.171,62
PAREDE COM PLACAS DE GESSO ACARTONADO (DRYWALL), PARA USO INTERNO, COM DUAS FACES SIMPLES E ESTRUTURA METÁLICA COM GUIAS SIMPLES, COM VÃOS	33,6	3,42	8	919,296	R\$ 76,26	R\$ 70.105,51
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 11,5 X19X19CM (ESPESSURA 11,5CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA	33,6	3,42	8	919,30	R\$ 76,33	R\$ 70.169,86

Fonte: Próprio Autor

No comparativo acima, nota-se uma diferença no valor total das vedações internas entre os dois edifícios, sendo que a primeira estrutura que usa drywall com preenchimento de lã de rocha, apresenta uma diferença de R\$ 28.001,76 a mais do que na segunda situação que usa blocos cerâmicos de 11,5cm de espessura e como reboco de 2cm em cada lado.

A título de conhecimento, a tabela também mostra que, se as paredes de drywall forem desconsideradas o uso da lã de rocha (isolante acústico) na sua composição, o valor do metro quadrado(m²) da mesma é praticamente o mesmo valor das paredes em blocos cerâmicos, com uma diferença de apenas R\$ 0,07 a mais no valor do m² das paredes de alvenaria, conforme a tabela SINAP do Tocantins, para o mês de junho de 2021.

3.4 AÇÕES A SEREM CONSIDERADAS

Todo edifício está sujeito as ações que provocam esforços que atuam sobre as estruturas, esses esforços devem ser considerados no momento do projeto estrutural. Para isso temos o auxílio da NBR 6120:2019 que estabelece diversos valores de carregamentos para serem informados no momento do lançamento estrutural, a seguir será quantificados os valores considerados para ambos os projetos em estudo, lembrando que alguns desses valores já foram mencionados anteriormente, como é o caso dos pesos próprios para os dois sistemas de vedação interna.

3.4.1 Peso próprio das estruturas de concreto armado

Para efeito de estudo, os dois edifícios analisados neste trabalho, tem os valores de peso específico dos elementos estruturais em concreto armado definidos pela NBR 6120:2019, que estabelece o valor de 25kN/m^3 para efeito de cálculo.

3.4.2 Cargas adicionais das lajes

Ambos os projetos tem os mesmos carregamentos nas lajes, com exceção dos sistemas de vedação vertical internas, portanto, a seguir temos uma tabela com os valores das cargas que foram adicionadas ao peso próprio das lajes, os valores foram retirados da NBR 6120:2019 que trata das ações para cálculo de estruturas de edificações.

Para esse trabalho foi considerada o uso de laje treliçada, com enchimento em EPS, o revestimento de piso das lajes tem espessura de 5cm em todas as lajes, nos pavimentos tipos, foi considerado o uso de forro em gesso acartonado. Com isso, para efeito de cálculo os valores referentes ao peso próprio dos revestimentos das lajes é de $154,5\text{kgf/m}^2$ para as lajes do pavimento tipo e de 100kgf/m^2 para as demais lajes que estão consideradas sem forro.

Abaixo é apresentada uma tela com as informações que são adotadas sobre as especificações no momento do lançamento da laje no software Eberick.

Figura 15 - Tela do Eberick com os critérios adotados para o lançamento as lajes

Laje

Nome Tipo

Ambiente

Cargas

Grupo

Acidental kgf/m² Revestimento kgf/m²

Extra kgf/m²

Temperatura e retração °C

Trelça

Tipo Repetições

Altura sapata cm Largura sapata cm

Enchimento

Tipo

Dimensão

Seção

Espessura cm Elevação cm

ec cm

ee cm

enx cm

eny cm

Fonte: Software Eberick

3.5 MATERIAIS E DURABILIDADE

Segundo Longo (2020), “Informações como a classe de resistência do concreto são extremamente importantes para o dimensionamento do projeto e devem ser definidas antes do seu processamento”. Na tela que segue abaixo, mostra as informações e critérios que serão adotados para o lançamento dos elementos estruturais em concreto armado. Nela se destacam: a classe de agressividade do ambiente, a dimensão dos

agregados graúdos, a resistência do concreto que será usada para cada elemento estrutural e seus cobrimentos.

A tela abaixo, também retirado do software Eberick, demonstra os valores utilizados para os materiais e durabilidade para as duas estruturas em análise.

Figura 16 - Tela do Eberick com informações de Materiais e durabilidade

Materiais e durabilidade

Aplicação
☒ Projeto inteiro
☐ Por pavimento

Pavimento
 Laje Tampa do Reservatório
 Laje Fundo Reservatório
 Placamento do Telhado
 Coberturas
 Tipo 8
 Tipo 7
 Tipo 6
 Tipo 5
 Tipo 4
 Tipo 3
 Tipo 2
 Tipo 1
 Telhado

Geral
 Classe de agressividade: II (moderada) ...
 Dimensão do agregado: 19 mm
☐ Controle rigoroso nas dimensões dos elementos
☐ Considerar redução no cobrimento para peças com fck acima do requerido para a classe de agressividade

Abertura máxima das fissuras
 Contato com o solo: 0.2 mm
 Contato com a água: 0.1 mm
 Demais peças: 0.3 mm
 Combinações: Frequentes

Elementos

	Concreto	Cobrimento (peças externas)	Cobrimento (peças internas)	Cobrimento (contato com o solo)	
Vigas	C-30	3 cm	3 cm	3 cm	Bitolas...
Pilares	C-30	3 cm	3 cm	4.5 cm	Bitolas...
Lajes	C-30	2.5 cm		3 cm	Bitolas...
Reservatórios	C-30	3 cm			Bitolas...
Blocos	C-30			4.5 cm	Bitolas...
Sapatas	C-30			4.5 cm	Bitolas...
Tubulões	C-30			4.5 cm	Bitolas...
Muros	C-30			3 cm	Bitolas...
Radier	C-30			3 cm	Bitolas...

Elementos pré-moldados

	Concreto	Cobrimento (peças externas)	
Vigas	C-25	3 cm	Bitolas...
Pilares	C-25	3 cm	Bitolas...
Etapas...			

Tipo: Pré-moldado

Avisos
 Todas as informações estão definidas corretamente
 Detalhes...

Fluência... Barras... Classes... OK Cancelar Ajuda

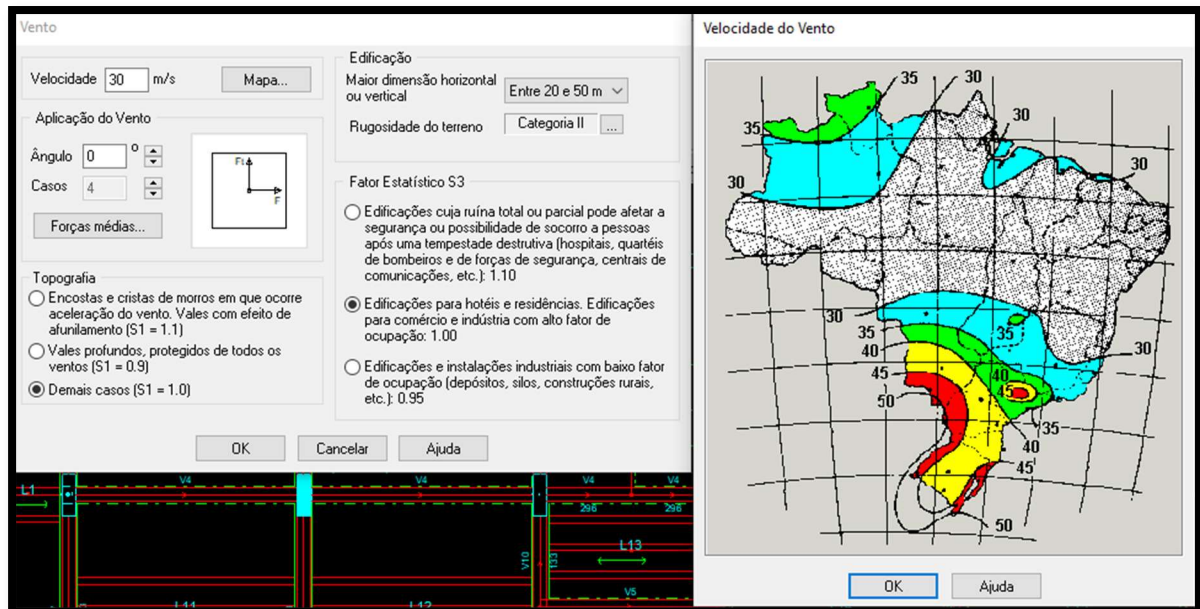
Fonte: Software Eberick

3.6 AÇÕES DO VENTO

Na tela abaixo foi usada no Eberick, para configurar os fatores para a aplicação do vento nas estruturas em estudo, a velocidade do vento vai ser definida com o valor de 33m/s para o município de Palmas Tocantins, conforme define a NBR 6123:1988.

As demais informações como: fator estatístico S3, maior dimensão horizontal ou vertical, rugosidade do terreno e a topografia estão indicadas na figura abaixo.

Figura 17 - fatores para a aplicação do vento na estrutura



Fonte: Software Eberick

3.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROJETO

Para esta pesquisa as fundações foram consideradas como tubulões, todos com profundidade de 5 metros e diâmetro de 80cm. A opção de escolha do tubulão como tipo de fundação se deu em decorrência do uso de um projeto estrutural que foi utilizado para essa pesquisa já está configurado com as opções e medidas das fundações, ele foi fornecido pelo Eng. Mestre e Professor Renan Junqueira, que é o autor do curso online “Rota da Engenharia” do qual esse projeto estrutural é desenvolvido durante o curso.

Vale lembrar que apesar do projeto estrutural que foi utilizado, já estar com todos os lançamentos de fundação, pilares, vigas e lajes, houve a necessidade dos lançamentos de escadas, pavimento da platibanda, pavimento do reservatório e ajustes em algumas vigas, pilares e lajes para melhor otimizar a estrutura, do qual foi realizado pelo autor desta pesquisa. Além disso as alterações nos carregamentos das paredes sobre as vigas com os diferentes sistemas de vedação também foram realizadas pelo autor em questão, com suas respectivas análises e correções de erros e avisos apresentados logo após as mudanças e processamentos nas estruturas.

3.8 FORMA DE OBTER OS VALORES DE GAMA Z

A análise da estabilidade global das duas edificações em estudo, foram obtidas através dos valores do gama-z, estes valores foram fornecidos pelo software Eberick. Os valores poderão ser encontrados a partir do processamento das estruturas em concreto armado, e são encontrados na aba estruturas do programa, e em seguida é ativado o comando resultados da análise.

3.9 QUANTITATIVO DE AÇO E CONCRETO DAS ESTRUTURAS

Os materiais que foram utilizados para a construção das estruturas em concreto armado, de ambas as edificações estudadas, estão quantificados conforme os relatórios gerados pelo software, logo após o processamento e dimensionamento das estruturas em concreto armado.

Com o resumo de matérias gerados pelo software para ambas as estruturas, foi feito um comparativo para saber, quão significativo foi para o consumo de concreto e aço das estruturas em estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

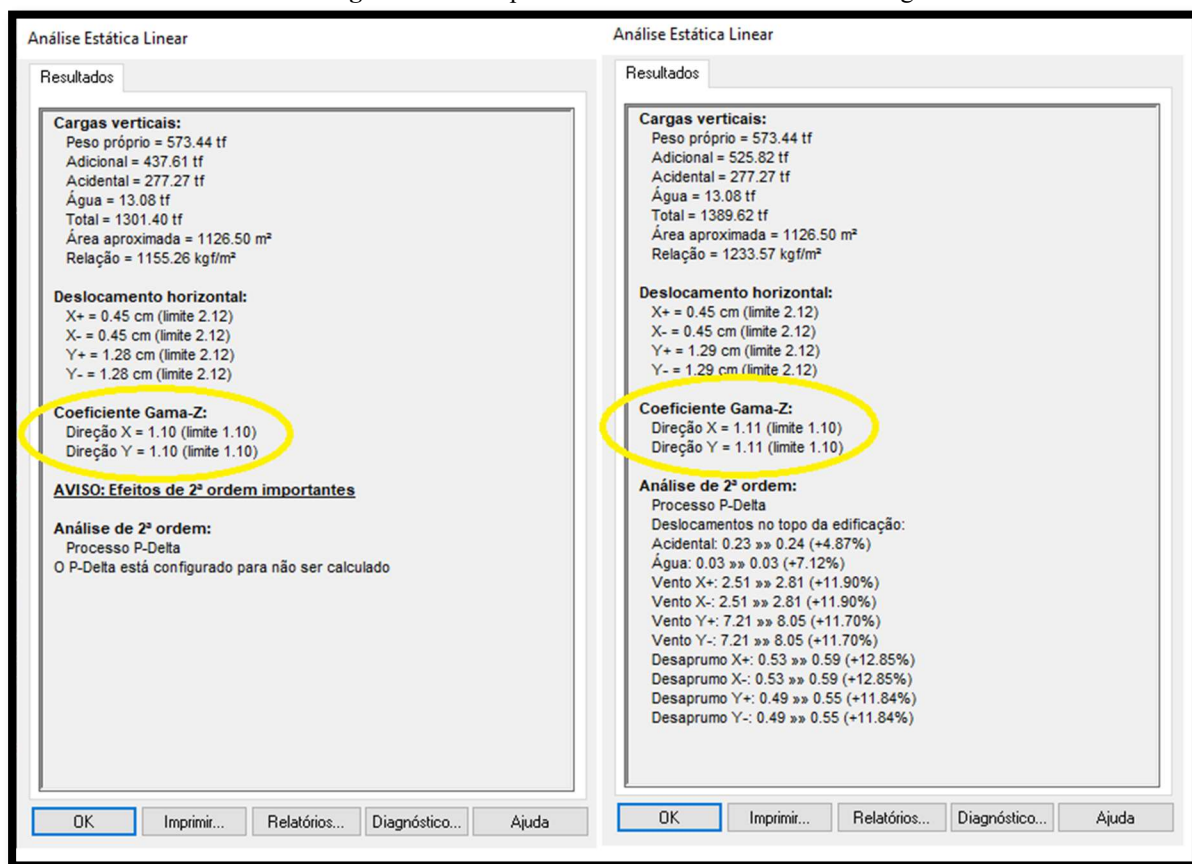
Neste capítulo é apresentado os resultados obtidos para os dois projetos estudados, com a intenção de analisar e comparar as estruturas, para saber se a mudança do sistema de vedação interna de drywall para blocos cerâmicos, impactou na estabilidade global da estrutura de concreto armado, se os esforços nas fundações sofreram alterações que sejam relevantes para o projeto e verificar se o quantitativo de concreto e aço também sofreu alguma mudança significativa.

4.1 ESTABILIDADE GLOBAL

Aqui é apresentado alguns valores do gama z, conforme resultados extraídos do software eberick, após o processamento das estruturas de concreto armado.

Logo abaixo, segue os resultados da análise estática linear, de onde foram extraídas as informações referentes ao gama-z para as duas edificações em estudo, para que sejam feitas as considerações sobre ambas as estruturas.

Figura 18 - Comparativo dos Valores do Coeficiente gama-z



Fonte: software Eberick

Analisando os resultados, foi observado que os valores dos coeficientes gama-z para a estrutura com paredes internas em drywall, foram de 1,10 para as duas direções (x,y), esse valor é o limite para que a estrutura seja considerada de nós fixo, e com isso, descarta a necessidade da análise através do processo Pdelta, conforme menciona ABNT (2014).

Já a estrutura com paredes internas em alvenaria de blocos cerâmicos, apresentou o mesmo valor do gama z na direção x (1,10), mas obteve-se o valor de 1,11 para a direção y, esse acréscimo de 0,01 em comparação ao valor apresentados na primeira estrutura (drywall), foi o suficiente para que a estrutura passasse a ser considerada com de nós móveis, com isso houve a necessidade da análise da estrutura através do processo pdelta.

Porém para a estrutura com paredes internas em alvenaria de blocos cerâmicos, os resultados do gama-z sofreram um aumento nas duas direções, ficando com o valor de 1,11 para ambas as direções. Essa mudança se deu em decorrência do incremento de cargas na estrutura devido as paredes de alvenaria apresentarem um peso bem maior que o drywall.

A mudança nos valores do gama-z para 1,11 foi o suficiente para que a estrutura passasse a ser considerada de nós moveis, com isso o software considerou para efeito de cálculo, a análise pelo processo P-delta, devido a necessidade de considerar os efeitos de 2º ordem na estrutura.

Vale destacar que as dimensões dos elementos estruturais como: pilares, vigas e lajes foram mantidos as mesmas para as duas estruturas, por isso chegou-se a conclusão que, só a substituição do sistema de vedação interna foi o suficiente para causar as mudanças nos valores do gama-z.

4.2 ESFORÇOS NAS FUNDAÇÕES

4.2.1 CARGAS NAS FUNDAÇÕES

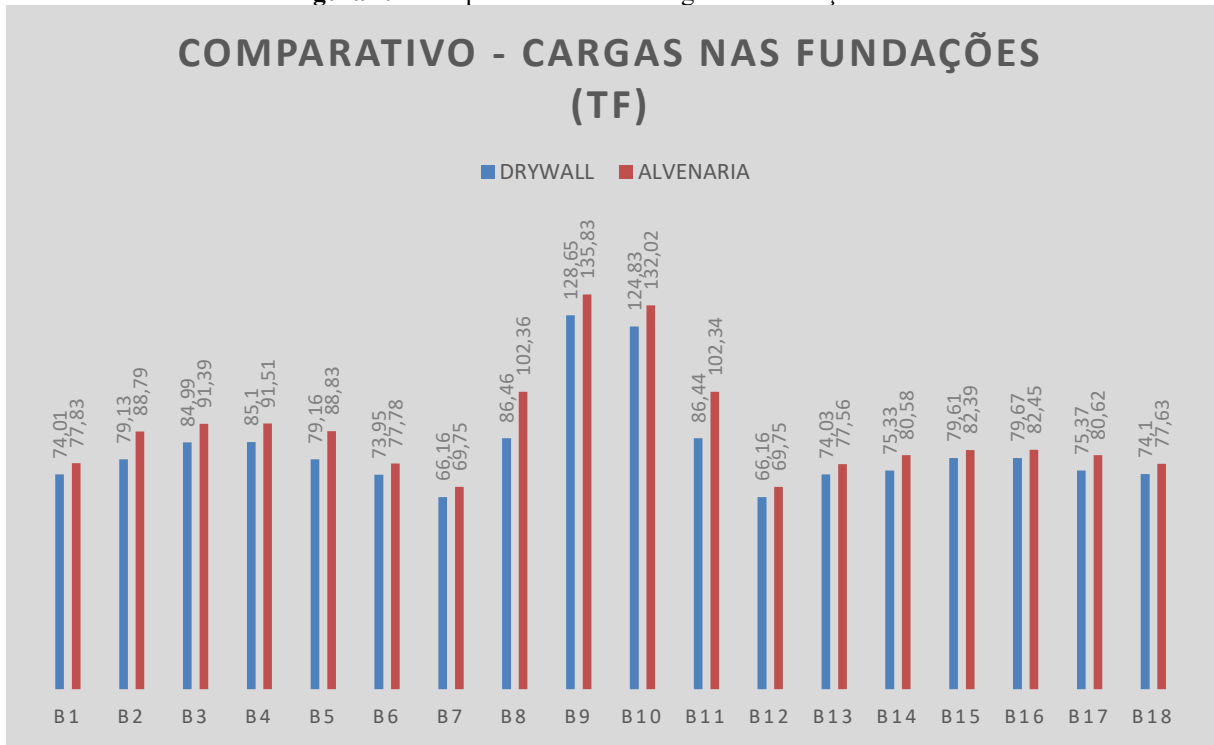
As informações que seguem abaixo, são relacionadas aos esforços nas fundações para as duas estruturas em estudo, os valores foram retirados do software eberick, após o processamento das estruturas. Os valores são referentes as cargas verticais.

Tabela 9: Valores das cargas nas fundações

		Ed. com Drywall	Ed. com Blocos Cerâmicos
	Nome	Carga (tf)	Carga (tf)
1	B1	74.01	77.83
2	B2	79.13	88.79
3	B3	84.99	91.39
4	B4	85.10	91.51
5	B5	79.16	88.83
6	B6	73.95	77.78
7	B7	66.16	69.75
8	B8	86.46	102.36
9	B9	128.65	135.83
10	B10	124.83	132.02
11	B11	86.44	102.34
12	B12	66.16	69.75
13	B13	74.03	77.56
14	B14	75.33	80.58
15	B15	79.61	82.39
16	B16	79.67	82.45
17	B17	75.37	80.62
18	B18	74.10	77.63

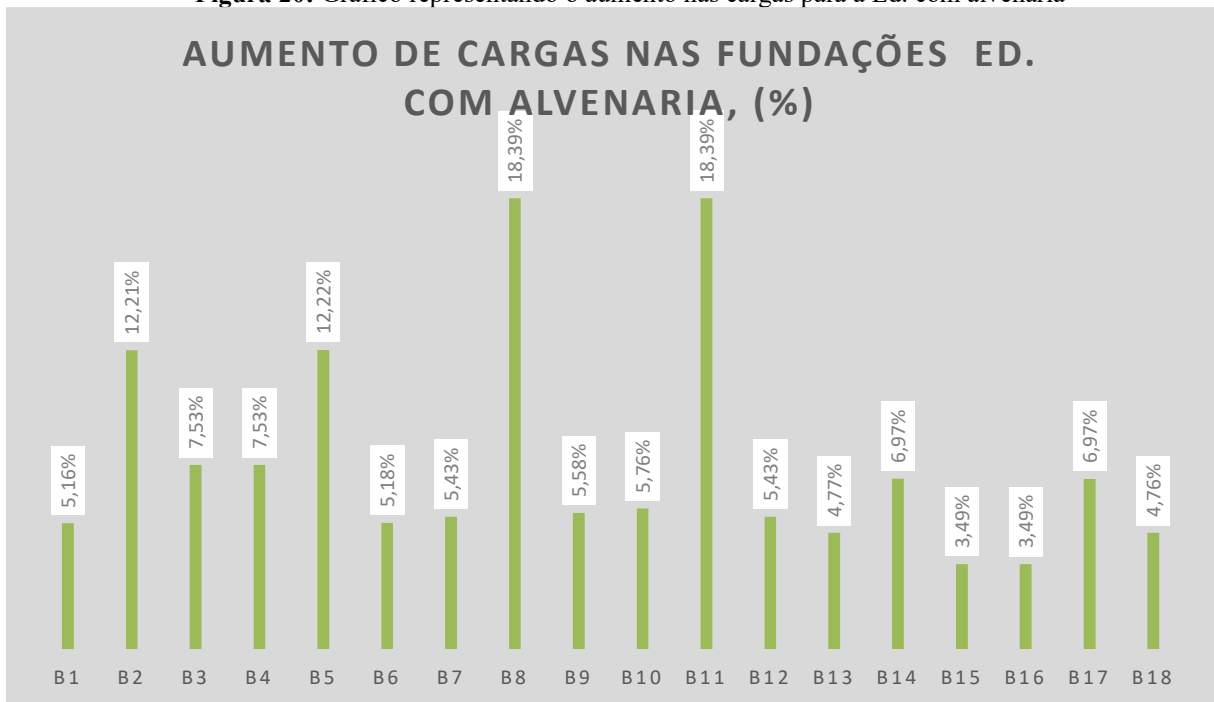
Fonte: software Eberick

Figura 19: Comparativo entre as cargas nas fundações



Fonte: Próprio Autor

Figura 20: Gráfico representando o aumento nas cargas para a Ed. com alvenaria

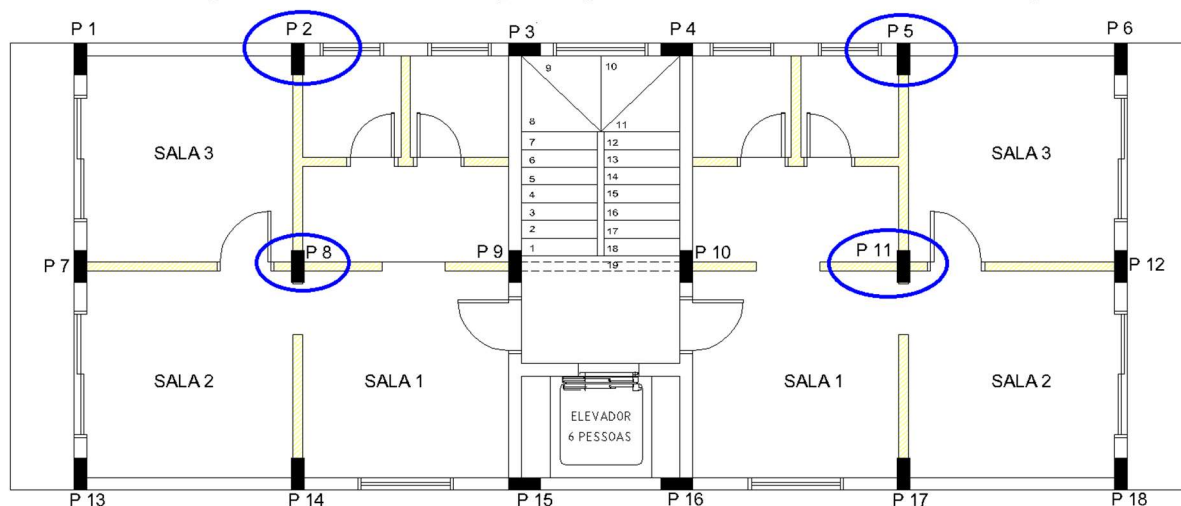


Fonte: Próprio Autor

O peso das paredes de vedação tem influência direta sobre as cargas que chegam nas fundações, e como era de se esperar, a substituição do sistema de vedação interna de drywall pelos blocos cerâmicos, gerou um aumento nos valores das cargas, como pode ser visto no gráfico acima, mas apenas 4 das 18 fundações tiveram aumentos significativos, como é o caso das fundações dos pilares P8 e P11 que tiveram um aumento de 18,39% e dos pilares P2 e P5 que tiveram um aumento de pouco mais que 12%.

Analisando os dados pode se observar que os pilares que mais sofreram alterações devido a mudança do sistema de vedação interna, foram os pilares que recebem as vigas que estão sob as paredes alteradas, conforme mostra a imagem abaixo.

Figura 21: Identificação dos pilares que sofreram os maiores aumentos nas cargas.



Fonte: Próprio Autor

Através dessa observação chegou-se à conclusão de que, se o edifício em análise tivesse todas as paredes alteradas, teria um aumento significativo em todas as cargas das fundações.

4.2.2 Momento Fletor na fundação

Os valores de momentos fletores nas fundações tem influência direta no dimensionamento das armaduras, portanto a análise dos valores entre as duas estruturas é essencial para entender alterações no quantitativo de aço da estrutura.

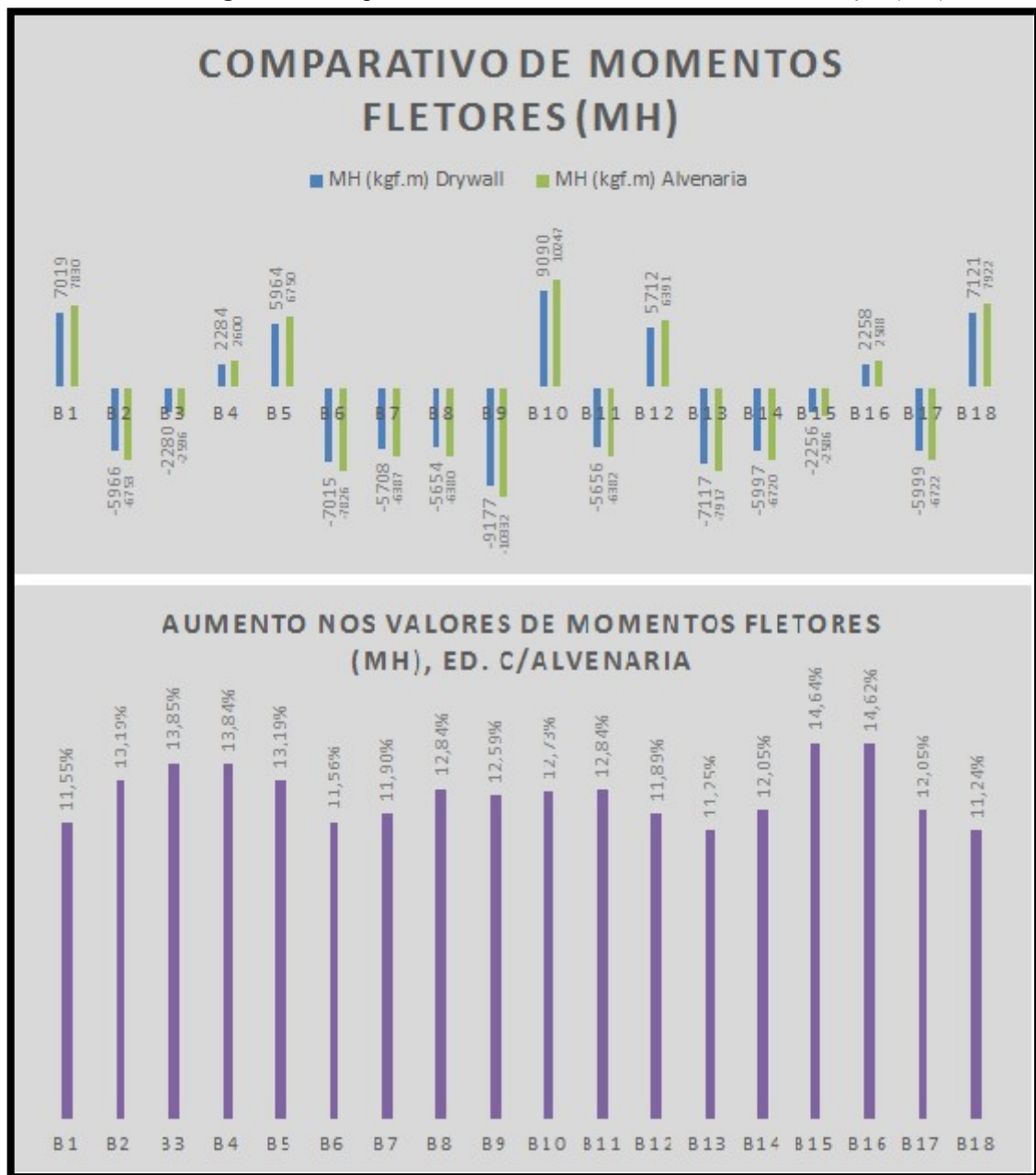
Segue abaixo os valores de momentos fletores obtidos para os dois sentidos (MB e MH), para as duas edificações em estudo, seguido de um comparativo entre as mesmas.

Tabela 10: Comparativo dos valores de momentos fletores

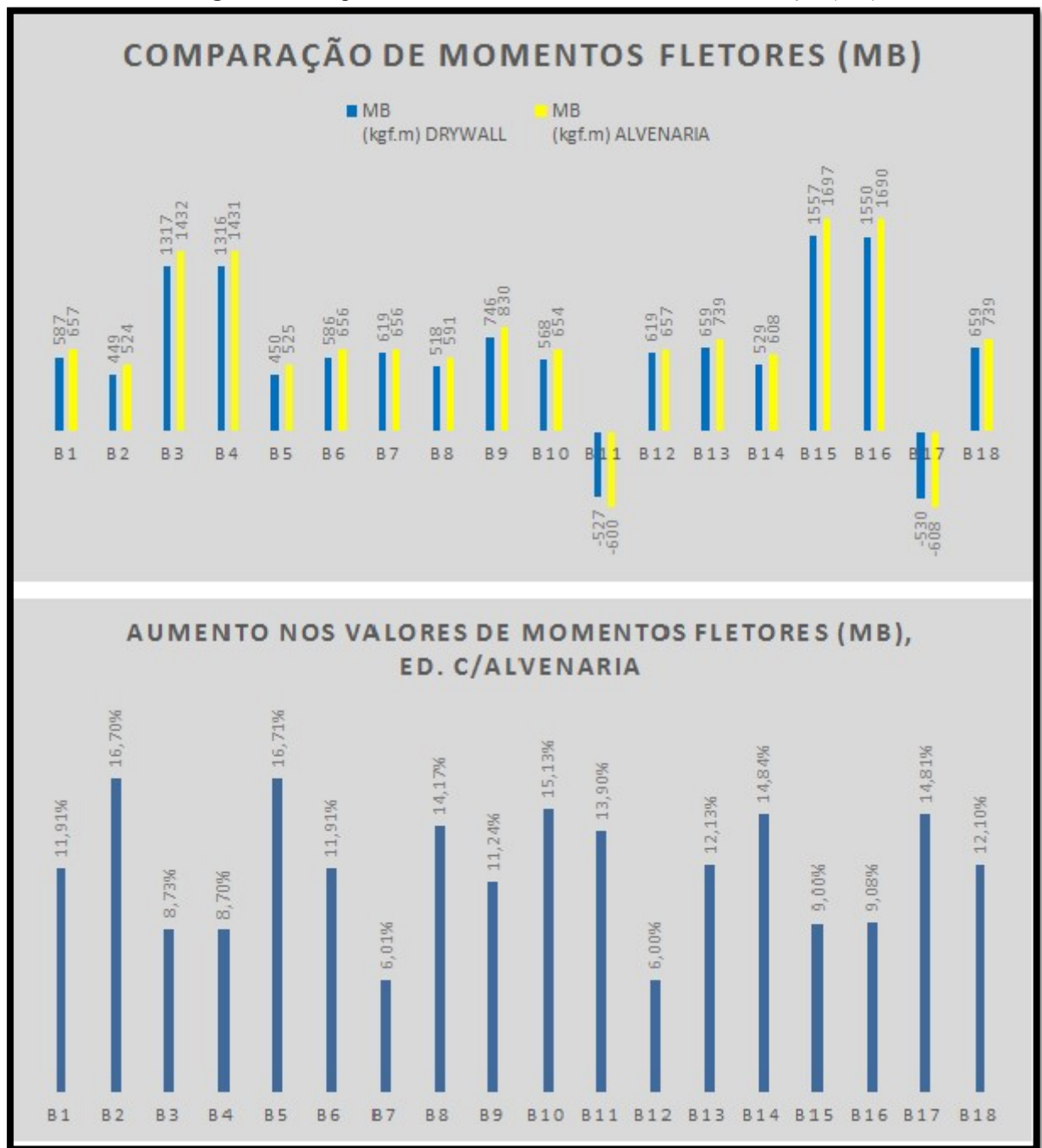
Edifício com paredes em drywall valores de momentos fletores				Edifício com paredes em blocos cerâmicos valores de momentos fletores	
	Nome	MB (kgf.m)	MH (kgf.m)	MB (kgf.m)	MH (kgf.m)
1	B1	587.20	7019.48	657.14	7830.00
2	B2	449.32	-5966.02	524.37	-6752.66
3	B3	1316.71	-2279.97	1431.67	-2595.69
4	B4	1315.96	2284.01	1430.50	2600.06
5	B5	449.68	5963.57	524.82	6750.41
6	B6	586.42	-7015.01	656.29	-7825.94
7	B7	619.08	-5708.14	656.30	-6387.20
8	B8	517.59	-5653.89	590.95	-6380.07
9	B9	745.96	-9176.85	829.84	-10332.29
10	B10	568.17	9090.13	654.16	10247.25
11	B11	-526.62	-5656.08	-599.81	-6382.26
12	B12	619.38	5712.16	656.54	6391.13
13	B13	659.18	-7116.73	739.12	-7917.24
14	B14	529.24	-5997.03	607.80	-6719.79
15	B15	1557.14	-2256.15	1697.31	-2586.44
16	B16	1549.60	2257.53	1690.26	2587.51
17	B17	-529.59	-5999.47	-608.03	-6722.17
18	B18	659.28	7121.23	739.08	7921.58

Fonte: software Eberick

Figura 22: Comparativo nos valores de momentos fletores na direção (MH)



Fonte: Próprio Autor

Figura 23: Comparativo nos valores de momentos fletores na direção (MB)

Fonte: Próprio Autor

Através da análise dos valores de momentos fletores para as duas estruturas estudadas, foi possível identificar um aumento significativo, na estrutura que utiliza blocos cerâmicos como sistema de vedação vertical interna, esse aumento se deve

ao incremento nas cargas verticais devido as paredes de blocos cerâmicos terem seu peso muito maior que as divisórias em drywall. Uma outra observação é que a estrutura com drywall ficou no limite do coeficiente gama-z (1,10), o que fez com que ela fosse considerada de nós fixo e com isso não houve a necessidade da análise pelo processo P-delta, já a estrutura com alvenaria foi considerada de nós moveis, com o valor de 1,11, considerando as deformações de 2º ordem no seu cálculo.

Essa diferença entre considerar ou não o processo P-delta, faz muita diferença nos valores de momentos fletores da estrutura, a estrutura que considera os efeitos de 2º ordem, apresentam valores de momentos fletores bem maior do que estruturas que não as consideram, e esse valores tem influência direta no dimensionamento das armaduras.

4.2.3 Consumo de Materiais

Os resultados anteriores de cargas e momentos fletores, tem impacto direto sobre o consumo de matérias como: concreto e aço.

Nesse capítulo é feita uma análise e comparação dos quantitativos de concreto e aço para as duas estruturas em estudo. Segue abaixo tabela e gráfico para melhor entendimento sobre o assunto.

Tabela 11: Comparativo do Resumo de materiais

Resumo por material e por elemento - Ed. com Drywall									
		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Reservatórios	Muros	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	4.996,0	3.125,1	1.385,5	654,9	922,2	441,4	0,0	11.525,1
	CA60	1.096,9	1.408,2	599,0	0,0	93,6	34,4	0,0	3.232,1
	Total	6.092,9	4.533,3	1.984,5	654,9	1.015,8	475,8	0,0	14.757,2
Volume concreto (m³)	C-30	80,8	60,3	57,1	15,7	68,7	4,8	0,0	287,4
Área de forma (m²)		1.049,2	838,8	5,8	140,3	0,0	60,2	0,0	2.094,3
Consumo de aço (kg/m³)		75,4	75,2	34,7	41,6	14,8	99,3	0,0	51,3

Resumo por material e por elemento - Ed. com Alvenaria de blocos Cerâmicos									
		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Reservatórios	Muros	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	5.637,4	3.630,6	1.460,1	655,1	979,0	461,7	0,0	12.823,9
	CA60	1.127,3	1.451,0	630,8	0,0	85,0	34,4	0,0	3.328,5
	Total	6.764,7	5.081,6	2.090,9	655,1	1.064,0	496,1	0,0	16.152,4
Volume concreto (m³)	C-30	80,8	60,4	57,1	15,7	72,5	4,8	0,0	291,3
Área de forma (m²)		1.049,2	839,8	5,8	140,3	0,0	60,2	0,0	2.095,3
Consumo de aço (kg/m³)		83,8	84,2	36,6	41,6	14,7	103,5	0,0	55,4

Fonte: software Eberick

Figura 24: Comparativo de Consumo de materiais



Fonte: Próprio Autor

Para esse trabalho foi analisado um comparativo do consumo de matérias entre as duas estruturas de concreto armado, o item que foram quantificados e comparados foram o volume de concreto, a área de forma e o consumo de aço. Apesar de toda a superestrutura ter a mesma geometria, houve uma pequena diferença entre os dois projetos com relação ao volume de concreto e a área de formas, essa diferença se deu em decorrência de uma pequena variação na base das fundações que foram consideradas como tubulão.

A maior expectativa estava com relação ao consumo de aço, que apesar da edificação com paredes interna em drywall, apresentarem um peso bem menor do que as paredes em alvenaria em blocos cerâmicos, resultou em uma diferença no consumo de aço da estrutura de apenas $4,1\text{kg/m}^2$, essa diferença equivale a um aumento de 7,99% a mais para a estrutura com paredes internas em alvenaria de blocos cerâmicos.

A pequena diferença dos resultados comparados pode ser em decorrência do tamanho do projeto e a pequena quantidade de paredes substituída que foi apenas $919,30\text{m}^2$ distribuídas em 8 pavimentos tipo. Talvez essa análise seja mais significativa para edificios maiores e com uma quantidade maior de paredes internas.

4.3 ORÇAMENTO DAS ESTRUTURAS

Nesse capítulo é apresentado um resumo de custos gerado pelo software para as duas estruturas, esses resultados servem apenas para se ter uma pequena noção dos custos para ambas as estruturas. O programa vem com valores pré-configurados, e como essa análise é apenas para título de estudo, esses valores serão mantidos, vale lembrar que para um projeto real, esses valores devem ser cadastrados conforme praticado na região que se encontra o projeto, o usuário pode cadastrar o custo do material e da execução.

Através da comparação dos valores das duas estruturas, podemos concluir se vale ou não a pena em termos financeiros, o uso de um projeto ou outro. Os valores de custos dos projetos estruturais levam em consideração os seguintes elementos:

- Aço;
- Concreto;
- Formas ;
- Lajes pré-fabricadas;
- Blocos de enchimento.

Segue abaixo os valores com os custos para cada projeto.

Tabela 12: Custos totais dos projetos

COMPARTIVO DE CUSTO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO	
Descrição	Custo total do projeto (R\$)
Estrutura com paredes internas em Drywall	R\$ 508.213,04
Estrutura com paredes internas em blocos cerâmicos	R\$ 518.998,97

Fonte: software Eberick

5 CONCLUSÃO

Este trabalho de pesquisa analisou as mudanças que ocorreram em uma estrutura de concreto armado, decorrente do uso de diferentes sistemas de vedação internas, com uso de drywall e de blocos cerâmicos. A análise foi feita visando identificar possíveis alterações na estabilidade global da estrutura através da análise do gama-z, e o que se viu foi que o aumento das cargas verticais provenientes das paredes internas em blocos cerâmicos resultou em um valor de coeficiente gama-z maior, saindo de 1,10 nas duas direções (X e Y) para 1,11 também nas duas direções.

Essa mudança foi suficiente para que a estrutura deixasse de ser considerada de nós fixo, como foi o caso da estrutura que utilizou o drywall, e passasse a ser considerada de nós móveis, com isso houve a necessidade de se considerar os efeitos de 2º ordem para a edificação com paredes internas em alvenaria de blocos cerâmicos.

Outro fator analisado foi com relação aos esforços nas fundações, foi observado que houve um aumento nas cargas e nos momentos fletores das fundações e se eles tiveram alguma relevância no projeto.

As maiores mudanças identificadas no que diz respeito as cargas que chegam nos tubulões, foi dos pilares P8 e P11 que tiveram um aumento de 15,9tf o que representou um acréscimo de carga de 18,39% para essas duas fundações, identificou-se que esses dois pilares são pilares de centro, e que recebem em suas duas direções vigas que estão diretamente ligadas as alterações das cargas.

Os valores de momento fletor, foram os que sofreram maiores aumentos com a substituição do sistema de vedação em drywall, pela alvenaria convencional. Esses aumentos se devem principalmente, pelo fato da primeira análise com divisórias em drywall, ter apresentado os valores do gama-z de 1,10 mantendo assim estrutura como indeslocável, diferente da outra estrutura que teve os valores de gama-z de 1,11 fazendo com que a estrutura fosse considerada deslocável e passasse a considerar os efeitos de 2º ordem na estrutura.

Essa consideração de efeitos de segunda ordem para a estrutura com paredes internas em alvenaria, fez toda a diferença nos valores de momentos fletores, sendo o maior responsável pelos aumentos.

Para o terceiro objetivo específico deste trabalho, foi feito um comparativo entre os quantitativos de materiais como:

- volume de concreto (m^3);
- Área de forma (m^2);
- consumo de aço por volume de concreto (Kgf/m^3).

Para o volume de concreto e a área de formas, já se esperava uma diferença muito pequena de um projeto para outro, já que as dimensões dos elementos estruturais não foram alteradas, a pequena diferença foi com relação as fundações e essas mudanças foram tão pequenas que foram desprezadas.

Para o comparativo de materiais, o consumo de aço era o que mais se esperava sofrer alterações, e assim se confirmou, mas com valores não tão significativos assim. A diferença no consumo de aço da estrutura foi de apenas $4,1\text{kg/m}^2$, essa diferença equivale a um aumento de 7,99% para o projeto com alvenarias.

Para auxiliar nas conclusões desse trabalho, foi feito um levantamento com os custos para os sistemas de vedação internas para os dois projetos, e com isso chegou à conclusão que o custo total para a construção do sistema de vedação interna em drywall com uso de lã de rocha, é R\$ 28.001,76 mais caro do que a alvenaria de bloco cerâmico.

Mesmo gerando uma redução no custo da estrutura em concreto armado, a edificação com paredes internas em drywall para esse projeto, não compensa em termos financeiros, devido a diferença em seu custo com relação as paredes de blocos cerâmicos serem maiores do que a economia gerada na estrutura de concreto.

Uma ultima observação identificada nessa pesquisa, é que se as paredes de drywall fossem consideradas sem o uso da lã de rocha, o seu custo seria praticamente o mesmo das paredes de bloco cerâmicos, mas perderia eficiência com relação ao desempenho acústico exigido em norma.

6 BIBLIOGRAFIA

ABNT, A. B. D. N. T. **ABNT NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, p. 108. 2019.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada: conceitos e etapas**. Brasília: ABDI, v. Volume 1: Estrutura e Vedação, 2015.

ALVA, G. M. S. **Projeto Estrutural de Blocos Sobre Estacas**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 22. 2007.

ARANGUIZ, D. **Comparativo Entre Sistemas de Divisórias Internas. Bloco Cerâmico, Drywall e Blocos de Concreto Celular Autoclavado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES. Lajeado, p. 106. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15574-4: Edificações habitacionais — Desempenho: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**. São Paulo. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 26. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações**. Rio de Janeiro, p. 60. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Manual de projeto de Sistemas Drywall: paredes, forros e revestimentos**. São Paulo: Associação Brasileira do Drywall, 2006. 86 p.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Paulo: Pini, v. 2, 2009.

DIRCKSEN, D. **Análise Dos Valores De Gama-Z Em Estruturas De Concreto Armado, Considerando Diferentes Tipos De Carregamentos De Paredes**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. Palhoça, p. 69. 2017. Universidade do Sul de Santa Catarina.

DOS ANJOS, A. P. S.; TEXEIRA, M. Racionalização da Estrutura com Utilização do Drywall. **Revista Técnica-Científica do CREA-PR**, Curitiba, p. 21, Setembro 2017.

FREITAS, F. C.; LUCHI, L. A. R.; FERREIRA, W. G. Análise da estabilidade global das estruturas e ações de controle dos seus efeitos. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, Vitória, v. 9, n. 2, p. 192 - 213, Abril 2016.

KIMURA, A. **Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado: Cálculo de edifícios com uso de sistemas computacionais**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

LONGO, L. F. Como é calculado o coeficiente Gama-Z? **AltoQi**, Agosto 2020. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001155793-Como-%C3%A9-calculado-o-coeficiente-Gama-Z->>. Acesso em: 29 Setembro 2020.

MIGUELES, C. **Pesquisa: por que administradores precisam entender disso?** Rio de Janeiro: E-Papers Serviços, 2004.

OLIVEIRA, N. **Análise Estrutural Comparando a Aplicação da Alvenaria de Blocos Cerâmicos e Drywall como Sistema de Vedação Vertical Interna de uma Edificação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Pato Branco, p. 95. 2016.

PAREDE de Gesso Acartonado. **Equipe de Obra**, São Paulo, n. 2, p. 30-34, Julho 2005.

PEREIRA, F.; COSTA, L. F. **Análise das Cargas em um Edifício de Concreto Armado, Quando Comparado a Utilização de Paredes de Vedação Interna de Alvenaria Convencional e Drywall**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, p. 81. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Engenharia Civil.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas**: da Implantação ao Acabamento. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

SOUSA, H. **CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA**. Universidade do Porto FEUP. Porto, p. 212. 2003.

TOZZI, R.; GALLEGOS, C. E. C.; TOZZI, F. **Sistemas Construtivos nos Empreendimentos Imobiliários**. Curitiba: IESDE Brasil S A, 2009. 192 p.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VIEIRA, V. V. S.; JUNIOR, S. J. R.; VELOSO, L. A. C. M. Análise da estabilidade global de edifícios de concreto armado utilizando o coeficiente γ_z . **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, Belem, v. 10, n. 5, p. 1113 - 1140, Outubro 2017.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada**: conceitos e etapas. Brasília: ABDI, v. Volume 1: Estrutura e Vedação, 2015.

ALVA, G. M. S. **Projeto Estrutural de Blocos Sobre Estacas**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 22. 2007.

ARANGUIZ, D. **Comparativo Entre Sistemas de Divisórias Internas. Bloco Cerâmico, Drywall e Blocos de Concreto Celular Autoclavado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES. Lajeado, p. 106. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15574-4: Edificações habitacionais — Desempenho: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE.** São Paulo. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Requisitos.** Rio de Janeiro, p. 26. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações.** Rio de Janeiro, p. 60. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Manual de projeto de Sistemas Drywall:** paredes, forros e revestimentos. São Paulo: Associação Brasileira do Drywall, 2006. 86 p.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado.** São Paulo: Pini, v. 2, 2009.

DIRCKSEN, D. **Análise Dos Valores De Gama-Z Em Estruturas De Concreto Armado, Considerando Diferentes Tipos De Carregamentos De Paredes.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA. Palhoça, p. 69. 2017. Universidade do Sul de Santa Catarina.

DOS ANJOS, A. P. S.; TEXEIRA, M. Racionalização da Estrutura com Utilização do Drywall. **Revista Técnica-Científica do CREA-PR**, Curitiba, p. 21, Setembro 2017.

FREITAS, F. C.; LUCHI, L. A. R.; FERREIRA, W. G. Análise da estabilidade global das estruturas e ações de controle dos seus efeitos. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, Vitória, v. 9, n. 2, p. 192 - 213, Abril 2016.

KIMURA, A. **Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado: Cálculo de edifícios com uso de sistemas computacionais**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

LONGO, L. F. Como é calculado o coeficiente Gama-Z? **AltoQi**, Agosto 2020. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001155793-Como-%C3%A9-calculado-o-coeficiente-Gama-Z->>. Acesso em: 29 Setembro 2020.

MIGUELES, C. **Pesquisa: por que administradores precisam entender disso?** Rio de Janeiro: E-Papers Serviços, 2004.

OLIVEIRA, N. **Análise Estrutural Comparando a Aplicação da Alvenaria de Blocos Cerâmicos e Drywall como Sistema de Vedação Vertical Interna de uma Edificação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Pato Branco, p. 95. 2016.

PAREDE de Gesso Acartonado. **Equipe de Obra**, São Paulo, n. 2, p. 30-34, Julho 2005.

PEREIRA, F.; COSTA, L. F. **Análise das Cargas em um Edifício de Concreto Armado, Quando Comparado a Utilização de Paredes de Vedação Interna de Alvenaria Convencional e Drywall**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, p. 81. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) - Engenharia Civil.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas**: da Implantação ao Acabamento. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

SOUSA, H. **CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA**. Universidade do Porto FEUP. Porto, p. 212. 2003.

TOZZI, R.; GALLEGGO, C. E. C.; TOZZI, F. **Sistemas Construtivos nos Empreendimentos Imobiliários**. Curitiba: IESDE Brasil S A, 2009. 192 p.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VIEIRA, V. V. S.; JUNIOR, S. J. R.; VELOSO, L. A. C. M. Análise da estabilidade global de edifícios de concreto armado utilizando o coeficiente γ_z . **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, Belem, v. 10, n. 5, p. 1113 - 1140, Outubro 2017.