

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALEXSANDRO BELL'AVER

**A INFLUÊNCIA DA EFICIÊNCIA DOS BLOCOS EM PROJETOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO
2015

ALEXSANDRO BELL'AVER

**A INFLUÊNCIA DA EFICIÊNCIA DOS BLOCOS EM PROJETOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel, do curso
de Engenharia Civil, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof^a. MEng. Lucia Bressiani

TOLEDO
2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 010

A Influência da Eficiência dos Blocos em Projetos de Alvenaria Estrutural

por

Alexsandro Bell'Aver

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 13:50 h do dia **26 de novembro de 2015** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim
(UTFPR – TD)

Prof. Christian Valcir Kniphoff de Oliveira
(UTFPR – TD)

Prof^a. MEng. Lucia Bressiani
(UTFPR – TD)
Orientadora

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, por minha vida, família e amigos.

Ao meu pai Alcedir e a minha mãe Janete, pelo amor e apoio incondicional, pois não mediram esforços para que eu alcançasse mais esta conquista.

À Professora Lucia Bressiani pelas orientações, amizade e confiança em meu trabalho.

Aos professores da banca examinadora, por todas as contribuições na realização deste trabalho.

A todos os professores, pelo conhecimento proporcionado durante minha formação.

Aos meus amigos, pelo apoio e colaboração na superação das dificuldades da vida, e pelos momentos de alegria.

A todos que de alguma forma me auxiliaram na realização deste trabalho.

RESUMO

Bell'Aver, Alexsandro. A influência da eficiência dos blocos em projetos de alvenaria estrutural. 118 f. Monografia, Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2015.

A resistência à compressão da alvenaria depende, principalmente, do tipo de bloco. Porém, utilizar ensaios de compressão do bloco apenas como forma de prever a resistência da parede não é seguro, pois existem vários fatores que interferem na resistência da mesma, como a interação bloco-argamassa. O ideal seria a realização de ensaio de uma parede em escala real, o que não é um ensaio fácil e tem elevados custos. Desta forma, o corpo de prova mais indicado para controle da resistência da parede é o ensaio de prisma (dois blocos e uma junta de argamassa). Os resultados de ensaios realizados com blocos cerâmicos no Brasil tem apresentado diferentes eficiências, ou seja, diferentes correlações prisma/bloco para blocos de mesma resistência. Ou seja, para um bloco de 6MPa de diferentes indústrias cerâmicas, os resultados de prisma podem estar entre 1,8MPa e 3MPa, apresentando, então, eficiências de 0,30 até 0,50. Já para blocos de concreto, as eficiências variam de 0,70 a 0,80. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo verificar a influência dessas eficiências no dimensionamento de projetos em alvenaria estrutural. Foi constatado que blocos de eficiências menores resultam numa maior resistência dos blocos, mais pontos de graute e maior resistência de argamassa. Desta forma, o conhecimento das eficiências dos blocos é o primeiro passo para realização do dimensionamento de projetos em alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Dimensionamento. Blocos de concreto. Blocos cerâmicos. Eficiência.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 Objetivo Geral	8
1.2.2 Objetivos Específicos	9
1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 EVOLUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	10
2.2 PROPRIEDADES DOS COMPONENTES	13
2.2.1 Blocos	13
2.2.2 Argamassa	16
2.2.3 Graute.....	17
2.2.4 Aço.....	18
2.2.5 Prisma.....	18
2.3 AÇÕES NAS ESTRUTURAS	22
2.3.1 Ações Verticais	24
2.3.2 Distribuição das Ações Verticais.....	25
2.3.2.1 Paredes isoladas	25
2.3.2.2 Grupos isolados de paredes	25
2.3.2.3 Grupo de paredes com interação.....	26
2.3.3 Ações Horizontais	26
2.3.4 Distribuição das Ações Horizontais.	27
2.4 DIMENSIONAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	29
2.4.1 Resistência de Cálculo	29
2.4.2 Dimensionamento da Alvenaria à Compressão Simples.....	30
2.4.3 Dimensionamento de Elementos de Alvenaria Submetidos ao Cisalhamento.....	31
2.4.3.1 Tensão de cisalhamento.....	32
2.4.3.2 Valor característico de resistência ao cisalhamento	32
2.4.3.3 Verificação de resistência.....	33
2.4.4 Dimensionamento de Elementos de Alvenaria Submetidos à Flexo-compressão.....	34
3 METODOLOGIA	37
3.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO	37
3.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS VERTICAIS	40
3.2.1 Cargas das Lajes.....	40
3.2.2 Cargas das Paredes.....	42

3.3 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES VERTICAIS.....	43
3.4 LEVANTAMENTO DAS AÇÕES HORIZONTAIS.....	47
3.5 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES HORIZONTAIS	49
3.6 DIMENSIONAMENTO.....	52
3.6.1 Compressão Simples	52
3.6.2 Cisalhamento.....	54
3.6.3 Dimensionamento de Elementos de Alvenaria Submetidos à Flexo-compressão.....	55
4 RESULTADOS.....	62
4.1 DIMENSIONAMENTO DA ALVENARIA À COMPRESSÃO SIMPLES.....	62
4.2 DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA SUBMETIDOS AO CISALHAMENTO	66
4.3 DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA SUBMETIDOS À FLEXO-COMPRESSÃO.....	67
4.3.1 Análise da Tração na Flexo-compressão	68
4.3.2 Análise da Compressão na Flexo-compressão	69
4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	71
5 CONCLUSÃO	73
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE A – Distribuição das cargas das lajes sobre as paredes.....	78
APÊNDICE B – Distribuição das cargas das paredes.....	80
APÊNDICE C – Distribuição das cargas verticais sobre as paredes estruturais do edifício de um pavimento	84
APÊNDICE D – Distribuição das cargas verticais sobre os grupos isolados de paredes.....	88
APÊNDICE E – Forças horizontais atuantes em cada pavimento nas direções x e y.....	90
APÊNDICE F – Propriedades das paredes de contraventamento nas direções x e y.....	91
APÊNDICE G – Ações horizontais atuantes em cada parede de contraventamento para cada pavimento	93
APÊNDICE H – Dimensionamento ao cisalhamento do primeiro pavimento para cada eficiência analisada	101
APÊNDICE I – Dimensionamento à flexo-compressão: Verificação de tração do primeiro pavimento para cada eficiência analisada.....	104
APÊNDICE J – Dimensionamento à flexo-compressão: Verificação de compressão do primeiro pavimento para cada eficiência analisada	110

1 INTRODUÇÃO

Com as exigências cada vez maiores de qualidade na construção civil, torna-se fundamental a utilização de métodos construtivos mais eficientes. Neste sentido, a racionalização apresenta-se como alternativa para a evolução tecnológica dos processos construtivos no setor.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado, pois proporciona a integração das soluções em projeto, evitando assim desperdício no canteiro de obras, de tempo e recursos (humanos ou materiais). E, por este motivo, vem sendo amplamente utilizada como método construtivo.

Segundo Prudêncio Júnior (2002), o uso crescente do sistema indica seu sucesso sob o ponto de vista de competitividade quanto aos custos, em comparação com o sistema tradicional de construção de edifícios.

A utilização da alvenaria como estrutura é de origem muito antiga, quando era realizada de forma rudimentar e empírica. Já a técnica econômica e racionalizada, conhecida atualmente, demorou bastante a ser desenvolvida. No Brasil a primeira norma a tratar do dimensionamento de alvenaria estrutural é de 1989, cujo conteúdo foi totalmente reformulado nas normas atuais.

O desenvolvimento das técnicas de projeto estrutural e o aprimoramento de seu nível de detalhamento, assim como dos materiais e das técnicas construtivas, têm contribuído para o grande crescimento do uso da alvenaria estrutural como uma solução eficiente para as edificações modernas.

Porém, muitas questões ainda não são definidas claramente nas normas de projeto de alvenaria estrutural, sendo necessário que o projetista adote critérios de cálculo com base em ensaios.

Neste sentido, este trabalho procura fornecer informações sobre a influência da eficiência dos blocos no dimensionamento de projetos em alvenaria estrutural. Esta eficiência se refere à relação entre as resistências de prisma (união de dois blocos por uma junta de argamassa) e bloco.

1.1 JUSTIFICATIVA

Os ensaios de compressão em prismas são usados como base para determinar as tensões de projeto. Por isso, o seu comportamento tem sido o foco de muitas pesquisas, principalmente sobre a sua correlação com outras características do projeto.

No entanto, as normas não apresentam valores a serem utilizados e sim a indicação de que sejam realizados ensaios.

Os valores de eficiência dos blocos apresentam variações de uma indústria para outra. Para blocos cerâmicos, estudos mostram que os valores podem estar entre 0,3 a 0,5, dependendo da uniformidade do bloco, material e forma. Com isso, em uma indústria com bloco de 6MPa com eficiência de 0,5, o prisma terá uma resistência de 3MPa. Já em outra indústria, para o mesmo bloco de 6MPa, o prisma pode resultar em uma resistência de 1,8MPa (eficiência de 0,3).

Já para blocos de concreto, estes valores estão entre 0,8 e 0,7.

Porém, apesar da sua importância no dimensionamento de projetos de alvenaria estrutural, ainda é desconhecida a influência desse parâmetro nos resultados do dimensionamento (área de aço, graute, resistência dos blocos e argamassa).

Sendo assim, este estudo apresenta, através do dimensionamento de um edifício residencial, a influência da eficiência de blocos em projetos de alvenaria estrutural.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a influência das eficiências de blocos cerâmicos e de concreto no dimensionamento de projetos em alvenaria estrutural.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as eficiências indicados na literatura de blocos cerâmicos e de concreto para o dimensionamento de projetos em alvenaria estrutural.
- Verificar a influência da eficiência dos blocos no dimensionamento à compressão.
- Verificar a influência da eficiência dos blocos no dimensionamento ao cisalhamento.
- Analisar a influência da eficiência dos blocos no dimensionamento à flexo-compressão.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho delimita-se ao dimensionamento de um projeto de alvenaria estrutural de 8 pavimentos, com diferentes eficiências de prisma. Foram desenvolvidos apenas os projetos de modulação das primeiras e segundas fiadas. As estruturas de concreto armado do edifício não foram dimensionadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVOLUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria é considerada como um dos principais serviços de construção utilizados pelo homem até o final do século XIX. Na época essas construções eram erguidas seguindo regras empíricas, baseadas no conhecimento adquirido ao longo do tempo (CAMACHO, 2006).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o sistema construtivo de alvenaria estrutural se desenvolveu inicialmente pelo empilhamento de unidades, tijolos ou blocos, para cumprir a destinação projetada. Exemplos na história podem ser citados, como as Pirâmides de Guizé, que datam de aproximadamente 2600 anos antes de cristo, sendo construídas através da colocação de blocos de pedras, uns sobre os outros. Da mesma forma, a Catedral de Reims, construída entre 1211 e 1300 d.C, é um exemplo de catedral gótica que demonstra uma aprimorada técnica de se conseguir grandes vãos, utilizando apenas estruturas comprimidas com alvenaria estrutural.

Já na metade do século XIX, com o surgimento do cimento hidráulico, os construtores passaram a ter uma nova opção de elemento resistente. E em 1850, na Europa, se iniciou a fabricação de blocos de concretos maciços pré-moldados, de difícil aplicação. Posteriormente, em 1866, surgiram técnicas para a fabricação de blocos vazados (OLIVEIRA, 1986).

De 1889 a 1891 foi construído em Chicago o Monadnock, um edifício com 16 pavimentos e 65 metros de altura, que é citado por Ramalho e Corrêa (2003) como símbolo clássico de uma alvenaria estrutural mais moderna. Foi considerada uma obra ousada, que explorou os limites dimensionais da época. Porém, devido aos métodos empíricos utilizados para o dimensionamento, as paredes na base têm 1,80 metros de espessura. Com os procedimentos de dimensionamento atuais, utilizando os mesmos materiais, a espessura poderia ser inferior a 30 centímetros.

Já no início do século XX, a alvenaria estrutural entrou em declínio, devido ao surgimento do concreto armado e a utilização do aço na construção civil. Esses elementos permitiam a construção de estruturas mais esbeltas e com grande altura,

tendo vantagens técnicas e econômicas, limitando então a função da alvenaria como vedação. Neste momento ocorreu uma pausa nas pesquisas nessa área (HELENA JÚNIOR, 2012).

Segundo Camacho (2006), com a necessidade do mercado de buscar novas técnicas de construção alternativas, em meados do século XX, voltou-se a estudar a alvenaria estrutural. A partir daí podem ser constatadas inúmeras pesquisas na área em muitos países, conseguindo assim criar normas e adotar critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados. Os avanços na área fizeram com que o sistema se tornasse competitivo com as demais técnicas existentes.

Em 1948 foi elaborada na Inglaterra a primeira norma consistente para o cálculo da alvenaria de tijolos. A mesma tratava de dimensionamento de paredes sujeitas à compressão (REBOREDO, 2013).

Em 1966 é editado o primeiro código de alvenaria estrutural americano, denominado *Recommended Building Code Requirements for Engineered Brick Masonry* (CAMACHO, 2006).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o sistema construtivo de alvenaria no Brasil é utilizado desde a colonização portuguesa, no início do século XVI. Porém, de forma bem distante de um sistema construtivo elaborado e voltado para edifícios mais econômicos e racionais com blocos estruturais. Esse por sua vez demorou muito tempo para encontrar espaço.

Somente na década de 60 foi introduzida no Brasil a alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, sendo construídos, em 1966, os primeiros prédios em alvenaria armada. Posteriormente, em 1972, foram construídos outros quatro edifícios, com 12 pavimentos, ambos em um conjunto habitacional. Essas construções foram consideradas marcos nacional na utilização de alvenaria estrutural armada com blocos vazados de concreto (HELENA JÚNIOR, 2012).

Com a alvenaria estrutural não armada, os primeiros edifícios noticiados são de 1977, com 9 pavimentos. Foram construídos com blocos sílico-calcáreos, com paredes de 24 centímetros de espessura (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Em dezembro de 1977, em São Paulo, foi criada uma Comissão de Estudos para desenvolver as normas nacionais de alvenaria estrutural. Essa comissão foi criada através do Comitê Brasileiro de Construção Civil, e foi formada por profissionais ligados ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), das indústrias

produtoras de blocos vazados de concreto, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (REBOREDO, 2013).

Até 2010 o cálculo de estruturas de alvenaria estrutural estava regulamentado apenas para blocos de concreto, através da NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - publicada em 1989, baseada em norma americana. Essa norma fixava as condições exigíveis no projeto e execução em obras de alvenaria estrutural não armada, parcialmente armada, ou armada, exclusivamente de blocos de concreto, tendo a segurança com base no Método das Tensões Admissíveis (REBOREDO, 2013).

Em 2007, por incentivo da Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANACER), foi formada uma comissão de estudo para a produção de uma norma de cálculo para alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. Em 2010 entrou em vigor então a NBR 15812-1 Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos Parte 1: Projeto e a NBR 15812-2 Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos Parte 2: Execução e controle de obras. (REBOREDO, 2013).

A NBR 10837 de 1989 teve sua versão corrigida em 2000, e foi cancelada e substituída em 2011 pela NBR 15961-1 - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 1: Projeto e pela NBR 15961-2 - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras.

Outra norma que foi cancelada e substituída pela NBR 15961 Parte 1 e Parte 2 foi a NBR 8798 de 1985, que fixava as condições exigíveis que deviam ser obedecidas na execução e no controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, não armada, parcialmente armada e armada.

Segundo Reboredo (2013), as novas normas foram feitas levando em consideração premissas básicas. Em primeiro lugar, pode ser constatada a mudança do conceito de segurança estrutural de tensões admissíveis para estados limites. Em segundo, o dimensionamento com valores característicos e não mais por valores médios. Em terceiro, a referência para os cálculos é sempre a área bruta do bloco, do prisma e da parede.

2.2 PROPRIEDADES DOS COMPONENTES

2.2.1 Blocos

Os blocos são as unidades vazadas, isto é, que possuem índice de vazios maior que 25% de sua área total. São considerados os componentes básicos da alvenaria estrutural, sendo os principais responsáveis pela definição das características de resistência da estrutura (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Para a alvenaria estrutural, os principais tipos de blocos utilizados são os de concreto e os cerâmicos. As especificações e controle de blocos de concreto são padronizados pelas seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas:

- NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2014.

As especificações e controle de blocos cerâmicos são padronizados pelas seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas:

- NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- NBR 15270-2: Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- NBR 15270-3: Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

A principal característica do bloco é a sua resistência característica à compressão, em relação à área bruta. Em blocos cerâmicos, a variação da resistência se dá de acordo com a matéria prima utilizada, geometria do bloco e processo de fabricação (SOARES, 2011).

Outra propriedade importante é a precisão dimensional. Para blocos cerâmicos, segundo a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), a tolerância dimensional relacionada às medições individuais são de ± 5 mm para a largura, altura e comprimento. Já para a média das medições, essa variação deve ser de no máximo ± 3 mm.

Para os blocos de concreto, a tolerância é de ± 2 mm para largura e de ± 3 mm para altura e comprimento conforme NBR 6136 (ABNT, 2014).

A absorção inicial de água é também uma propriedade importante. O índice de absorção inicial (AAI) mede quanto o bloco absorve de água logo após ser molhado. É um dos fatores para a determinação da argamassa, influenciando diretamente em sua aderência aos blocos (SOARES, 2011).

Segundo Parsekian e Soares (2010), em um projeto de alvenaria, sendo ela de função estrutural ou não, a quebra de blocos não deve ser permitida. Em função disso, as dimensões dos ambientes devem ser compatíveis com o padrão modular dos blocos. Para a alvenaria estrutural, tanto de blocos de concreto quanto blocos cerâmicos, duas famílias são mais comuns, a família 29 (Figura 01) e a família 39 (Figura 02).



Figura 01 – Família 29, dimensões em centímetros (largura x altura x comprimento).

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland.

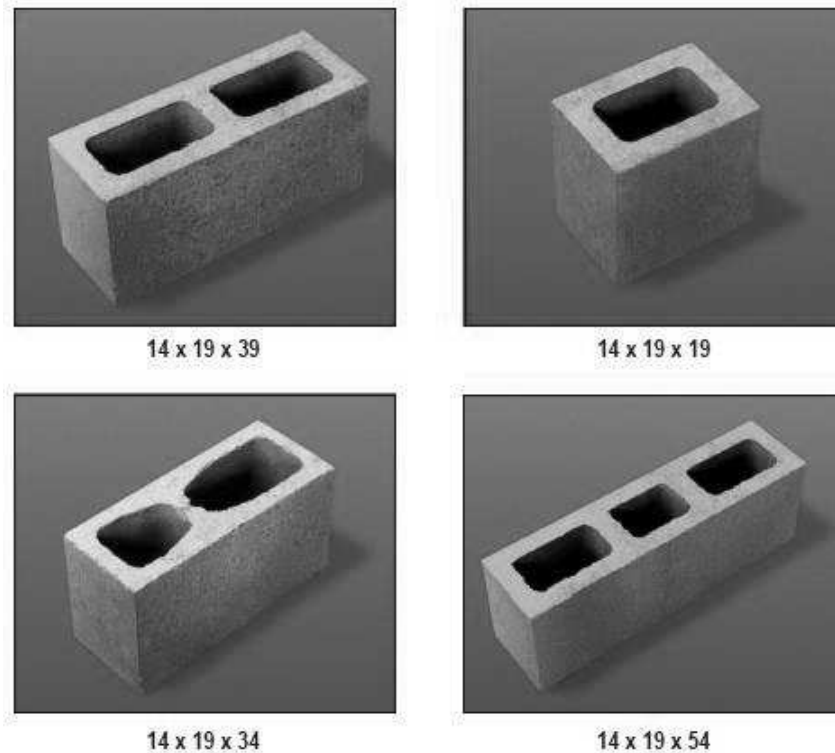


Figura 02 – Família 39, dimensões em centímetros (largura x altura x comprimento).
 Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland.

Na família 29, o bloco inteiro tem a dimensão de 14x29 cm, e a dimensão modular é de 15x30 cm, pois considera as dimensões do bloco mais 1 cm de argamassa. Essa modulação é a mais recomendada, pois o comprimento é igual ao dobro da largura, permitindo a perfeita amarração entre os blocos, como mostrado na Figura 03 (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

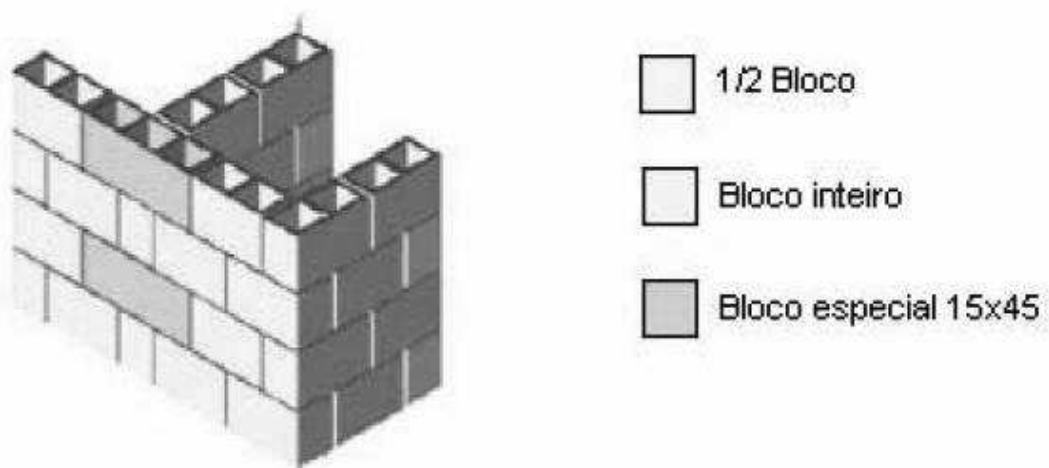


Figura 03 - Modulação típica da família 29, com blocos especiais 15x45, sem juntas à prumo.
 Fonte: Camacho (2006).

A família 39 possui a dimensão modular de 15x40, e apresenta dificuldades na coordenação modular, pois em todos os encontros de paredes é necessário utilizar blocos especiais, como mostrado na Figura 04 (CAMACHO, 2006).

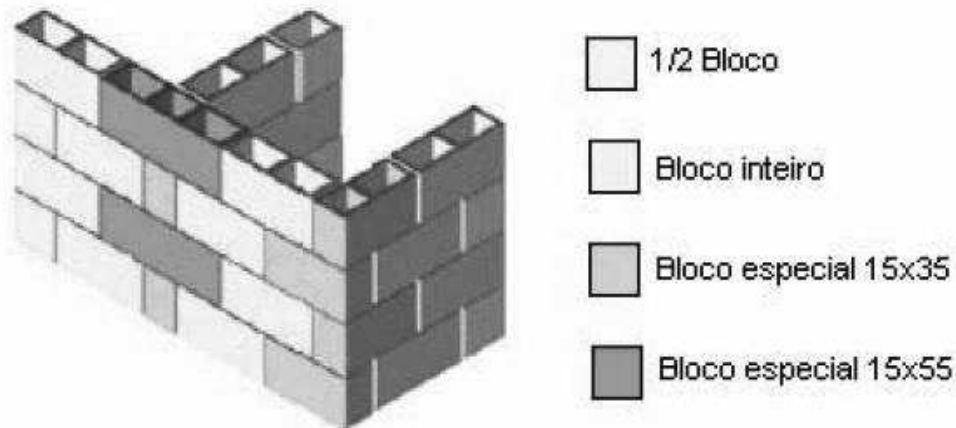


Figura 04 - Modulação típica da família 39, com blocos especiais 15x35 e 15x55, sem juntas à prumo.

Fonte: Camacho (2006).

2.2.2 Argamassa

Conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005), a argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água. Pode conter aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou industrializada.

A argamassa de assentamento possui como funções básicas solidarizar os blocos, transmitir e uniformizar tensões na alvenaria, assim como absorver pequenas deformações e vedação da edificação (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo Cavalheiro (1995), para que a argamassa de assentamento cumpra suas funções, ela deve ser trabalhável, ter coesão, fluidez, e capacidade de retenção de água no seu estado plástico. Já no seu estado endurecido, deve apresentar principalmente boa aderência com os blocos, ter resiliência satisfatória para absorver certas deformações sem romper, ter resistência à compressão

adequada à resistência dos blocos, nunca superando-a, além disso deve ter pouca e controlada retração na secagem.

A resistência à compressão da argamassa deve estar entre 70% e 150% da resistência do bloco. O limite inferior é recomendado para casos onde a carga vertical é a predominante. Já o limite superior para casos onde a ação horizontal é a predominante (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013).

2.2.3 Graute

O graute é um concreto produzido com agregados de pequena dimensão, relativamente fluido, utilizado para o preenchimento dos vazios dos blocos. Tem como função o aumento da área da seção transversal, propiciando assim um aumento na capacidade de resistência à compressão. É também sua função solidarizar os blocos com as armaduras inseridas em seus vazios (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

De acordo com a NBR 15961-2 (ABNT, 2011), “o graute deve ter características no estado fresco que garantam o completo preenchimento dos furos e não pode apresentar retração que provoque descolamento do graute das paredes dos blocos”.

Quando especificado o graute, segundo a NBR 15961-1 (ABNT, 2011), sua influência na resistência da alvenaria deve ser devidamente verificada em laboratório, nas condições de sua utilização. A avaliação da sua influência na compressão deve ser feita mediante o ensaio de compressão de prismas, pequenas paredes ou paredes. Para elementos de alvenaria armada, o graute deve ser especificado com valor mínimo de resistência a compressão de 15MPa.

Segundo Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), na ausência de ensaios para determinação da influência do graute na resistência da alvenaria, é recomendado utilizar um acréscimo de 30% no caso de um furo grauteado a cada dois, ou acréscimo de 60% quanto grauteado todos os furos.

2.2.4 Aço

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as barras de aço utilizadas nas edificações de alvenaria estrutural são as mesmas das estruturas de concreto armado.

As armaduras são elementos que tem função de absorver os esforços de tração e cisalhamento do conjunto estrutural, ou simplesmente de amarração para garantir o trabalho conjunto com o restante da alvenaria (FREIRE, 2007).

Na alvenaria não armada são utilizadas principalmente as armaduras construtivas, que segundo Reboredo (2013), “possuem a finalidade de absorver os esforços de tração não previstos de diversas origens: retração, tensões de tração localizadas devido à propagação de cargas verticais, amarração das paredes, temperatura”, dentre outros.

A NBR 15961-1 (ABNT, 2011) cita que a especificação do aço deve ser feita de acordo com a ABNT NBR 7480, e que na falta de ensaios ou de valores fornecidos pelo fabricante, o módulo de elasticidade do aço pode ser admitido como 210 GPa.

Segundo Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), o diâmetro máximo das barras de aço permitido em alvenaria é de 25 mm no geral, e de 6,3 mm nas juntas de assentamento. Também é necessária a verificação da taxa máxima de armadura por furo, não devendo ser superior a 8% de sua seção.

2.2.5 Prisma

O prisma é um corpo de prova formado pela superposição de dois blocos com argamassa (Figura 05). Possui a finalidade de representar uma parede construída com os mesmos componentes (REBOREDO, 2013).

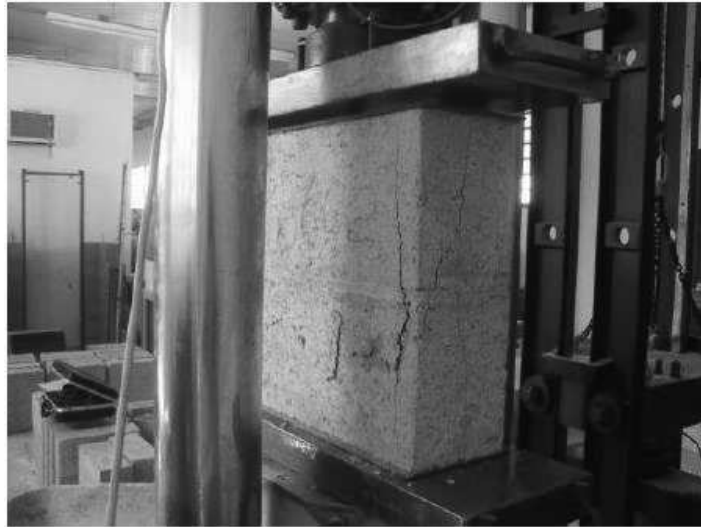


Figura 05 – Ensaio de prisma de dois blocos de concreto.
Fonte: Fortes (2012).

Segundo Camacho (2006), os prismas devem ser moldados com as mesmas características dos elementos empregados na obra, tendo a mesma espessura de juntas, utilizando o mesmo tipo de argamassa e de bloco.

E desta forma, o comportamento da alvenaria é retratado com boa exatidão pelo estudo de resistência à compressão do prisma, podendo ser verificada a interação do bloco, da argamassa e do graute, nos casos que é utilizado (SOARES, 2011).

Segundo a NBR 15961-2 (ABNT, 2011), os prismas devem receber capeamento total, plano e uniforme, não podendo conter remendos. O argamassamento entre os blocos deve ser em toda a área líquida e os blocos devem ser íntegros e isentos de defeitos.

De acordo com Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), nos casos em que o argamassamento é realizado apenas nas paredes laterais dos blocos, constata-se uma redução de cerca de 20% na resistência do prisma.

Os ensaios de resistência à compressão de prisma oferecem informações básicas sobre a resistência à compressão da alvenaria, sendo o principal parâmetro para projetos e controle de obra (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013).

A resistência do prisma é menor do que a resistência do bloco, em função das diferenças no mecanismo de ruptura de prisma e de bloco, resistência à tração e geometria (PARSEKIAN; HAMID; DRYSDALE, 2013).

Desta forma, pesquisas realizadas por diversos autores apresentam resultados de ensaios com a relação prisma/bloco, também chamada como eficiência dos blocos. As Tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam alguns exemplos para blocos cerâmicos e para blocos de concreto.

Tabela 1 – Relações prisma/bloco estimadas de bloco cerâmico de parede vazada.

Resistência característica do bloco (f_{bk}) em MPa	Resistência média da argamassa (f_a) em MPa	Resistência característica do graute (f_{bk}) em MPa	Relação f_{pk}/f_{bk}	Relação f_{pk}^*/f_{bk}
3,0	4,0	15,0	0,50	1,60
4,0	4,0	15,0	0,50	1,60
6,0	6,0	15,0	0,50	1,60
8,0	6,0	20,0	0,50	1,60
10,0	8,0	25,0	0,45	1,60
12,0	8,0	25,0	0,45	1,60

f_{pk} = Resistência característica do prisma oco.
 f_{pk}^* = Resistência característica do prisma cheio.

Fonte: Adaptada de Parsekian, Hamid e Drysdale, (2013).

Tabela 2 – Relações prisma/bloco de blocos vazados de concreto resultantes de ensaio com capeamento de chapa dura.

Resistência nominal do bloco f_b MPa	Resistência característica do bloco f_{bk} MPa	Resistência nominal da argamassa f_a MPa	Resistência nominal do graute f_b MPa	Relação f_{pk}/f_{bk}	Relação f_{pk}^*/f_{bk}
3	5,78	4	15	0,81	1,73
4	7,04	4	15	0,87	1,81
6	9,44	6	15	0,81	1,63
8	14,36	6	20	0,74	1,12
10	14,11	8	20	0,74	1,27
12	15,84	8	25	0,74	1,09
14	22,43	12	30	0,58	0,78
16	23,35	12	30	0,69	0,85
18	27,35	14	30	0,50	0,78
20	29,98	14	30	0,48	0,71

f_{pk} = Resistência característica do prisma oco.
 f_{pk}^* = Resistência característica do prisma cheio.

Fonte: Adaptado de Fortes (2012).

Tabela 3 – Relações prisma/bloco de blocos vazados de concreto resultantes de ensaio com capeamento de pasta de cimento.

Resistência nominal do bloco f_b MPa	Resistência característica do bloco f_{bk} MPa	Resistência nominal da argamassa f_a MPa	Resistência nominal do graute f_b MPa	Relação f_{pk}/f_{bk}	Relação f_{pk}^*/f_{bk}
3	5,63	4	15	0,85	1,88
4	7,16	4	15	0,96	1,80
6	9,39	6	15	0,83	1,66
8	14,76	6	20	0,78	1,28
10	14,58	8	20	0,76	1,42
12	16,13	8	25	0,72	1,29
14	22,67	12	30	0,60	0,88
16	21,1	12	30	0,67	1,13
18	26,7	14	30	0,53	0,89
20	34,26	14	30	0,44	0,77

f_{pk} = Resistência característica do prisma oco.
 f_{pk}^* = Resistência característica do prisma cheio.

Fonte: Adaptado de Fortes (2012).

Tabela 4 – Relações prisma/bloco estimadas de bloco vazado de concreto.

Resistência característica do bloco (f_{bk}) em MPa	Resistência média da argamassa (f_a) em MPa	Resistência característica do graute (f_{bk}) em MPa	Relação f_{pk}/f_{bk}	Relação f_{pk}^*/f_{bk}
3,0	4,0	15,0	0,80	2,00
4,0	4,0	15,0	0,80	2,00
6,0	6,0	15,0	0,75	1,75
8,0	6,0	20,0	0,75	1,75
10,0	8,0	20,0	0,70	1,75
12,0	8,0	25,0	0,70	1,60
14,0	12,0	25,0	0,70	1,60
16,0	12,0	30,0	0,70	1,60
18,0	14,0	30,0	0,70	1,50
20,0	14,0	30,0	0,70	1,50

f_{pk} = Resistência característica do prisma oco.
 f_{pk}^* = Resistência característica do prisma cheio.

Fonte: Adaptada de Parsekian, Hamid e Drysdale, (2013).

Segundo Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), os valores da relação prisma/bloco apresentam variações, especialmente para blocos de qualidade questionável, sendo verificadas relações prisma/bloco de 0,30 até 0,60 para blocos cerâmicos de diferentes fábricas.

Além das propriedades dos componentes da alvenaria estrutural, é importante entender as ações que atuam neste sistema construtivo, como descrito a seguir.

2.3 AÇÕES NAS ESTRUTURAS

Segundo a NBR 15961-1 (ABNT, 2011), a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura deve ser considerada na análise estrutural, levando-se em conta os possíveis estados-limite último e de serviço. As ações a serem consideradas classificam-se em:

- Ações permanentes: são as ações que apresentam pouca variação durante a vida útil da estrutura, devendo sempre ser consideradas.
- Ações variáveis: são as ações que apresentam variações significativas durante toda a vida da estrutura, devendo ser consideradas apenas quando produzirem efeitos desfavoráveis à segurança da estrutura.
- Ações excepcionais: são as decorrentes de explosões, impactos, incêndios, dentre outros. As ações decorrentes de impactos e explosões devem ser consideradas nos elementos estruturais que possam estar sujeitos a estas ações, as demais ações excepcionais não precisam ser consideradas.

Ainda segundo a mesma norma, para cada tipo de carregamento devem ser consideradas todas as possíveis combinações de ações com efeitos mais desfavoráveis para o dimensionamento da estrutura.

De acordo com a NBR 15961-1 (ABNT, 2011), para carregamentos permanentes e variáveis, as combinações últimas devem ser obtidas através da Equação 1:

$$F_d = \gamma_g \times F_{G,k} + \gamma_q \times (F_{Q1,k} + \sum \psi_{0j} \times F_{Qj,k}) \quad (1)$$

Onde:

F_d : É o valor de cálculo para a combinação última;

γ_g : É o ponderador das ações permanentes, de acordo com a Tabela 5;

$F_{G,k}$: É o valor característico das ações permanentes;

γ_q : É o ponderador das ações variáveis, de acordo com a Tabela 5;

$F_{Q1,k}$: É o valor característico da ação variável considerada como principal;

$\psi_{0j} \times F_{Qj,k}$: Representa os valores característicos reduzidos das demais ações variáveis, de acordo com a Tabela 6.

Os valores dos coeficientes ponderadores das ações permanentes e variáveis são obtidos na ABNT NBR 8681:2004 ou pela NBR 15961-1:2011, que apresenta um resumo, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficientes de ponderação para combinações normais de ações

Categoria da ação	Tipo de estrutura	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Permanente	Edificações Tipo 1 ^a e pontes em geral	1,35	0,9
	Edificações Tipo 2 ^b	1,40	0,9
Variável	Edificações Tipo 1 ^a e pontes em geral	1,50	-
	Edificações Tipo 2 ^b	1,40	-

a Edificações Tipo 1 são aqueles em que as cargas acidentais superam 5 kN/m².

b Edificações Tipo 2 são aqueles em que as cargas acidentais não superam 5 kN/m².

Fonte – NBR 15961-1, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

Quando duas ou mais ações variáveis de natureza diferente ocorrem de maneira simultânea, podem ser definidos valores reduzidos para essas ações, através de coeficientes de redução (Tabela 6). Isso é possível devido à baixa probabilidade de ocorrência dessas ações com seus valores característicos.

Tabela 6 – Coeficientes para redução de ações variáveis ψ_0

Ações		ψ_0
Cargas acidentais em edifícios	Edifícios residenciais	0,5
	Edifícios comerciais	0,7
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8
Vento	Pressão do vento para edificações em geral	0,6

Fonte – NBR 15961-1, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

A Tabela 6 é um resumo apresentado pela NBR 15961-1 (ABNT, 2011), para alguns casos mais comuns de coeficientes de redução de ações variáveis. A tabela completa é apresentada na ABNT NBR 8681:2004.

2.3.1 Ações Verticais

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as cargas a serem consideradas dependem da utilização e do tipo da edificação. Para edificações residenciais em alvenaria estrutural, as principais cargas a serem consideradas são: ações das lajes e o peso próprio das paredes estruturais.

Os principais carregamentos atuantes nas lajes são: cargas permanentes e variáveis. As cargas permanentes são decorrentes de seu peso próprio, do contrapiso, dos revestimentos ou pisos, e das paredes não estruturais apoiadas sobre elas.

Já as cargas variáveis se referem à sobrecarga de utilização, com os valores mínimos a serem adotados, podendo ser obtidos pela ABNT NBR 6120:2000 – Carga para cálculo de estruturas de edificações.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o peso próprio das paredes estruturais pode ser obtido conforme a Equação 2:

$$\rho = \gamma \times e \times h \quad (2)$$

Onde:

ρ : Peso da alvenaria;

γ : Peso específico da alvenaria;
 e : Espessura da parede;
 h : Altura da parede.

2.3.2 Distribuição das Ações Verticais

Para a distribuição das ações verticais são apresentados a seguir alguns procedimentos mais indicados na literatura, sendo eles: método das paredes isoladas, grupos isolados de paredes e grupo de paredes com interação.

2.3.2.1 Paredes isoladas

Neste procedimento, cada parede é considerada como um elemento independente, não havendo interação com as demais. É considerado como um procedimento simples, rápido e seguro. A carga em uma parede, em um determinado nível, é encontrada somando todas as cargas atuantes nessa parede acima do nível considerado (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo os mesmos autores, por não considerar a uniformização das cargas entre as paredes, este método terá a resistência dos blocos sempre superior aos procedimentos que consideram essa uniformização, tendo assim como ponto negativo ser um método pouco econômico.

2.3.2.2 Grupos isolados de paredes

De acordo com Capuzzo Neto (2005), este procedimento de distribuição vertical considera que as paredes interligadas comportam-se como um grupo, sendo o funcionamento como um conjunto explicado através da interação entre as paredes.

É considerado que as cargas das paredes sejam totalmente uniformizadas no grupo, sendo estes grupos geralmente delimitados pelas aberturas de portas e janelas. Não é considerado que ocorra interação entre grupos, portanto cada grupo trabalha isolado dos demais (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A homogeneização das ações verticais é realizada somando todas as cargas atuantes nas paredes do grupo, posteriormente redistribuindo-as uniformemente pelo comprimento total dessas paredes (CAPUZZO NETO, 2005).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), este procedimento quando corretamente aplicado é bastante racional, e que normalmente resulta em especificação adequada dos blocos, sendo considerado um procedimento seguro sob o ponto de vista estrutural.

2.3.2.3 Grupo de paredes com interação

Este procedimento permite que, além da homogeneização proposta no modelo anterior, ocorra também a interação entre diferentes grupos. Essa interação entre os grupos não é total, sendo conveniente que seja definida uma taxa de interação e que essa taxa represente quanto da diferença de cargas entre grupos que interagem deve ser uniformizada. É considerado como um procedimento bem mais trabalhoso e que exige bastante experiência do projetista, além de resultados experimentais para sua utilização (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.3.3 Ações Horizontais

As ações horizontais a serem consideradas em projetos de alvenaria estrutural são: ação do vento e desaprumo.

A ação do vento de ser calculada seguindo as considerações da NBR 6123:2013 – Forças devidas ao vento em edificações.

Segundo a NBR 15961-1 (ABNT, 2011), deve ser considerado para edifícios de múltiplos andares um desaprumo global, calculado através do ângulo de desaprumo θ_a , conforme Equação 3:

$$\theta_a = \frac{1}{100\sqrt{H}} \leq \frac{1}{40 \times H} \quad (3)$$

Onde:

θ_a : Ângulo de desaprumo, em radianos.

H : Altura da edificação em metros.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), através do ângulo de desaprumo é possível calcular uma ação horizontal equivalente, atuante em cada pavimento, pela Equação 4:

$$F = \Delta P \times \theta_a \quad (4)$$

Onde:

F : Força horizontal equivalente ao desaprumo em cada pavimento.

ΔP : Peso total do pavimento considerado.

2.3.4 Distribuição das Ações Horizontais.

Segundo Camacho (2006), as ações horizontais são transmitidas para as lajes que trabalham como diafragmas rígidos. Estas por sua vez transmitem essas ações para as paredes de contraventamento.

As paredes ou painéis de contraventamento são constituídos pelas paredes paralelas à direção da ação horizontal, considerando suas abas ou flanges. O comprimento efetivo do flange (b_f) é definido pela NBR 15961-1 (ABNT, 2011), como no máximo seis vezes a espessura da parede (t), como mostrado na Figura 6.

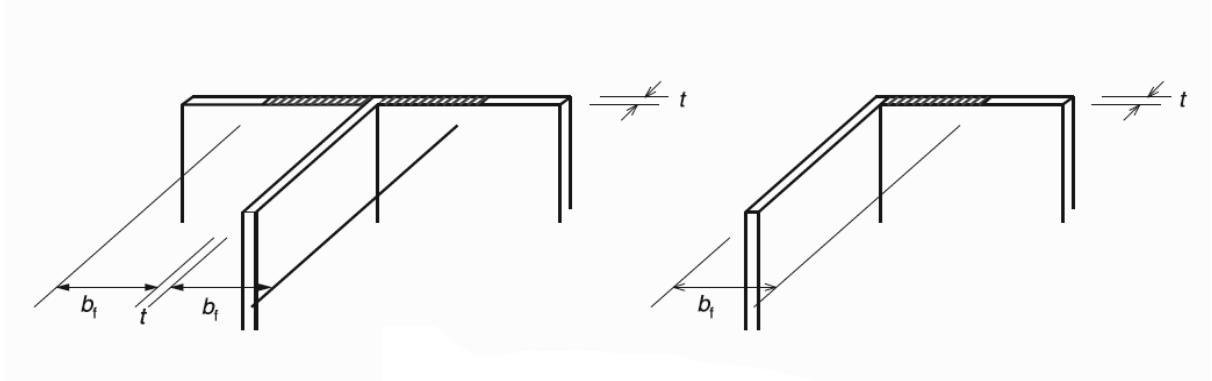


Figura 06 – Comprimento efetivo de flanges.

Fonte: NBR 15961-1, ABNT, 2011.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a distribuição da carga horizontal de um determinado pavimento para os painéis de contraventamento é função da rigidez dos mesmos. Assim a ação em cada painel pode ser obtida pela Equação 5:

$$V_k = F_{total} \times R_i \quad (5)$$

Onde:

V_k : Ação horizontal atuante no painel;

F_{total} : Ação horizontal total em um determinado pavimento;

R_i : Rigidez relativa do painel, que segundo Ramalho e Corrêa (2003) pode ser obtido pela Equação 6:

$$R_i = \frac{I_i}{\sum I} \quad (6)$$

Onde:

I_i : Momento de inércia do painel;

$\sum I$: Soma de todas as inércias.

2.4 DIMENSIONAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Neste item são apresentados os conceitos e procedimentos de cálculo de acordo com a NBR 15961-1: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto - Parte 1: Projeto (ABNT, 2011) e a NBR 15812-1: Alvenaria Estrutural - Blocos cerâmicos - Parte 1: Projetos (ABNT, 2010).

2.4.1 Resistência de Cálculo

A resistência de cálculo é obtida pela resistência característica dividida pelo coeficiente de ponderação das resistências (γ_m). Os valores para o estado limite último estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de γ_m

Combinações	Alvenaria	Graute	Aço
Normais	2,0	2,0	1,15
Especiais ou de construção	1,5	1,5	1,15
Excepcionais	1,5	1,5	1,0

Fonte: NBR 15961-1, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

No caso da aderência entre o aço e o graute, ou a argamassa que o envolve, deve ser utilizado o valor $\gamma_m = 1,5$.

Para a verificação do estado último de serviço deve ser utilizado o valor $\gamma_m = 1,0$.

2.4.2 Dimensionamento da Alvenaria à Compressão Simples

A compressão simples resulta da aplicação das cargas verticais sobre a estrutura. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), é a solicitação mais comum e também a mais simples, sendo os pilares e paredes submetidos a essa solicitação.

A resistência característica à compressão simples da alvenaria (f_k) deve ser determinada utilizando uma das formas a seguir:

- Com base no ensaio de parede;
- Ser estimado como 70% da resistência característica de compressão simples de prisma (f_{pk});
- Como 85% da resistência característica de compressão simples de pequena parede (f_{ppk}).

Dois elementos são considerados para a resistência de cálculo a compressão simples da alvenaria estrutural:

- Parede: Elemento laminar que resista predominantemente a cargas de compressão e cuja maior dimensão da seção transversal exceda cinco vezes a menor dimensão;
- Pilar: Elemento linear que resista predominantemente a cargas de compressão e cuja maior dimensão de seção transversal não exceda cinco vezes a menor dimensão.

Em paredes e pilares de alvenaria estrutural, o esforço resistente de cálculo é obtido através das seguintes equações:

Para parede:

$$N_{rd} = f_d \times A \times R \quad (7)$$

Para pilar:

$$N_{rd} = 0,9 \times f_d \times A \times R \quad (8)$$

Onde:

N_{rd} : É a força normal resistente de cálculo;

f_d : É a resistência à compressão de cálculo da alvenaria;

A : É a área da seção resistente;

R : é o coeficiente redutor devido à esbeltez da parede, que é obtido pela Equação 9:

$$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right] \quad (9)$$

Onde:

λ : É o índice de esbeltez, obtido pela Equação 10:

$$\lambda = h_e/t_e \quad (10)$$

Onde:

h_e : É a altura efetiva da parede.

t_e : É a espessura efetiva da parede.

Para paredes e pilares não armados, o valor máximo do índice de esbeltez é 24, enquanto para armados é 30.

A contribuição de eventuais armaduras existentes deve ser sempre desconsiderada.

2.4.3 Dimensionamento de Elementos de Alvenaria Submetidos ao Cisalhamento

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), “o cisalhamento ocorre normalmente em conjunto com a solicitação de momento fletor”, devendo ser verificado em vigas, vergas e paredes que participam do sistema de contraventamento.

2.4.3.1 Tensão de cisalhamento

A tensão de cisalhamento de cálculo para peças de alvenaria não armada deve ser calculada pela Equação 11:

$$\tau_{vd} = \frac{V_d}{b \times d} \quad (11)$$

Onde:

τ_{vd} : é a tensão de cisalhamento de cálculo;

V_d : É a força cortante de cálculo;

b : É a largura da seção transversal;

d : É a altura útil da seção transversal.

2.4.3.2 Valor característico de resistência ao cisalhamento

Os valores de resistências características ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes são apresentados na Tabela 8, em função da faixa de resistência da argamassa. Segundo NBR 15961-1 (ABNT, 2011), “os valores apresentados são válidos para as argamassas de cimento, cal e areia, sem aditivos e adições e juntas verticais preenchidas”. Em outros casos, a determinação da resistência ao cisalhamento deve ser realizada seguindo ABNT NBR 14321:1999.

Tabela 8 – Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes (f_{vk}).

Resistência média de compressão da argamassa MPa		
1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
$f_{vk} = 0,10 + 0,5 \times \sigma \leq 1,0$	$f_{vk} = 0,15 + 0,5 \times \sigma \leq 1,4$	$f_{vk} = 0,35 + 0,5 \times \sigma \leq 1,7$

Fonte: NBR 15961-1, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011

Sendo σ a tensão normal de pré-compressão na junta, onde são consideradas apenas as ações permanentes ponderadas pelo coeficiente de segurança igual a 0,9.

Para peças de alvenaria estrutural submetidas à flexão, que tenham armaduras perpendiculares ao plano do cisalhamento e estas envoltas por graute, a resistência característica ao cisalhamento pode ser obtida pela Equação 12:

$$f_{vk} = 0,35 + 17,5 \times \rho \leq 0,7MPa \quad (12)$$

Onde:

f_{vk} : É a resistência característica ao cisalhamento;

ρ : É a taxa geométrica de armadura, obtida pela Equação 13:

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \quad (13)$$

Onde:

A_s : É a área de armadura principal de flexão;

b : É a largura da seção transversal;

d : É a altura útil da seção transversal.

2.4.3.3 Verificação de resistência

A verificação de resistência ao cisalhamento é feita pela Equação 14:

$$\tau_{vd} \leq \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad (14)$$

Onde:

τ_{vd} : É a tensão de cisalhamento de cálculo;

f_{vk} : É o valor característico da resistência ao cisalhamento;

γ_m : É o coeficiente de ponderação das resistências.

2.4.4 Dimensionamento de Elementos de Alvenaria Submetidos à Flexo-compressão

Segundo Parsekian e Soares (2010), as paredes de um edifício estão sujeitas a carregamentos verticais e horizontais, gerando assim esforços de flexão, compressão e cisalhamento.

As tensões normais na seção transversal são obtidas pela superposição das tensões normais lineares devido ao momento fletor, com as tensões normais uniformes devidas à força de compressão.

Essas tensões normais de compressão devem satisfazer a Equação 15:

$$\frac{N_d}{A \times R} + \frac{M_d}{W \times K} \leq f_d \quad (15)$$

Onde:

N_d : É a força normal de cálculo;

M_d : É o momento fletor de cálculo;

f_d : É a resistência à compressão de cálculo da alvenaria;

A : É a área de seção resistente;

W : É o mínimo módulo de resistência de flexão da seção resistente;

R : É o coeficiente redutor devido a esbelteza do elemento;

$K = 1,5$: É o fator que ajusta a resistência a compressão na flexão.

Caso exista tensão de tração, seu valor máximo deve ser menor ou igual à resistência de tração da alvenaria (f_{td}).

Parsekian e Soares (2010) descrevem um método de dimensionamento simplificado das equações da norma, onde são admitidos casos no Estádio I e II, com região comprimida com tensões lineares e seção não plastificada. Sendo este método tão econômico quanto o método refinado para edifícios de pequena altura.

No processo de dimensionamento é necessário verificar as máximas tensões de tração e compressão, comparando valores característicos e realizando

combinações de cargas críticas, com ações permanentes e variáveis separadas (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

A tensão de tração máxima é obtida pela Equação 16:

$$\gamma_q \times \sigma_{v,k} + \gamma_g \times \sigma_{G,k} \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (16)$$

Onde:

f_{tk} : É o valor característico da resistência à tração conforme a Tabela 9;

$\sigma_{v,k}$: É a tensão resultante da ação de vento;

$\sigma_{G,k}$: É tensão resultante das ações permanentes;

γ_q : É o ponderador das ações variáveis, de acordo com a Tabela 5;

γ_g : É o ponderador das ações permanentes, de acordo com a Tabela 5;

γ_m : É o coeficiente de ponderação das resistências conforme a Tabela 7.

Os valores característicos da resistência à tração na alvenaria sob flexão são demonstrados na Tabela 9 e são válidos para argamassas de cimento, cal e areia sem aditivos e adições e juntas verticais preenchidas.

Tabela 9 – Valores característicos da resistência à tração na flexão (f_{tk}).

Direção da tração	Resistência média de compressão da argamassa MPa		
	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
Normal a fiada	$f_{tk} = 0,10$	$f_{tk} = 0,20$	$f_{tk} = 0,25$
Paralela a fiada	$f_{tk} = 0,20$	$f_{tk} = 0,40$	$f_{tk} = 0,50$

Fonte: NBR 15961-1, Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011

A tensão de compressão máxima é obtida pelas seguintes equações:

$$\frac{\gamma_q \times \psi_0 \times \sigma_{Q,k} + \gamma_g \times \sigma_{G,k}}{R} + \frac{\gamma_q \times \sigma_{v,k}}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (17)$$

E

$$\frac{\gamma_q \times \sigma_{Q,k} + \gamma_g \times \sigma_{G,k}}{R} + \frac{\gamma_q \times \psi_0 \times \sigma_{v,k}}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (18)$$

Onde:

f_k : É o valor característico da resistência à compressão;

$\sigma_{Q,k}$: É a tensão resultante da ação acidental;

$\sigma_{v,k}$: É a tensão resultante da ação de vento;

$\sigma_{G,k}$: É tensão resultante das ações permanentes;

γ_q : É o ponderador das ações variáveis, de acordo com a Tabela 5;

γ_g : É o ponderador das ações permanentes, de acordo com a Tabela 5;

ψ_0 : É o coeficiente para redução de ações variáveis, de acordo com a Tabela 6;

γ_m : É o coeficiente de ponderação das resistências, de acordo com a Tabela 7.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira teórica e a segunda de dimensionamento e análise dos resultados de um edifício em alvenaria estrutural.

Na primeira etapa foi realizada a pesquisa bibliográfica sobre o tema alvenaria estrutural, apresentando uma síntese da evolução do sistema, propriedades dos principais componentes utilizados e os critérios para dimensionamento.

Na segunda etapa foi realizado o dimensionado de um edifício em alvenaria estrutural para três eficiências de blocos:

- Eficiência 01 - Blocos cerâmicos com relação prisma/bloco variando de 0,45 a 0,50.
- Eficiência 02 - Blocos cerâmicos com relação prisma/bloco de 0,30.
- Eficiência 03 - Blocos de concreto com relação prisma/bloco variando de 0,70 a 0,80.

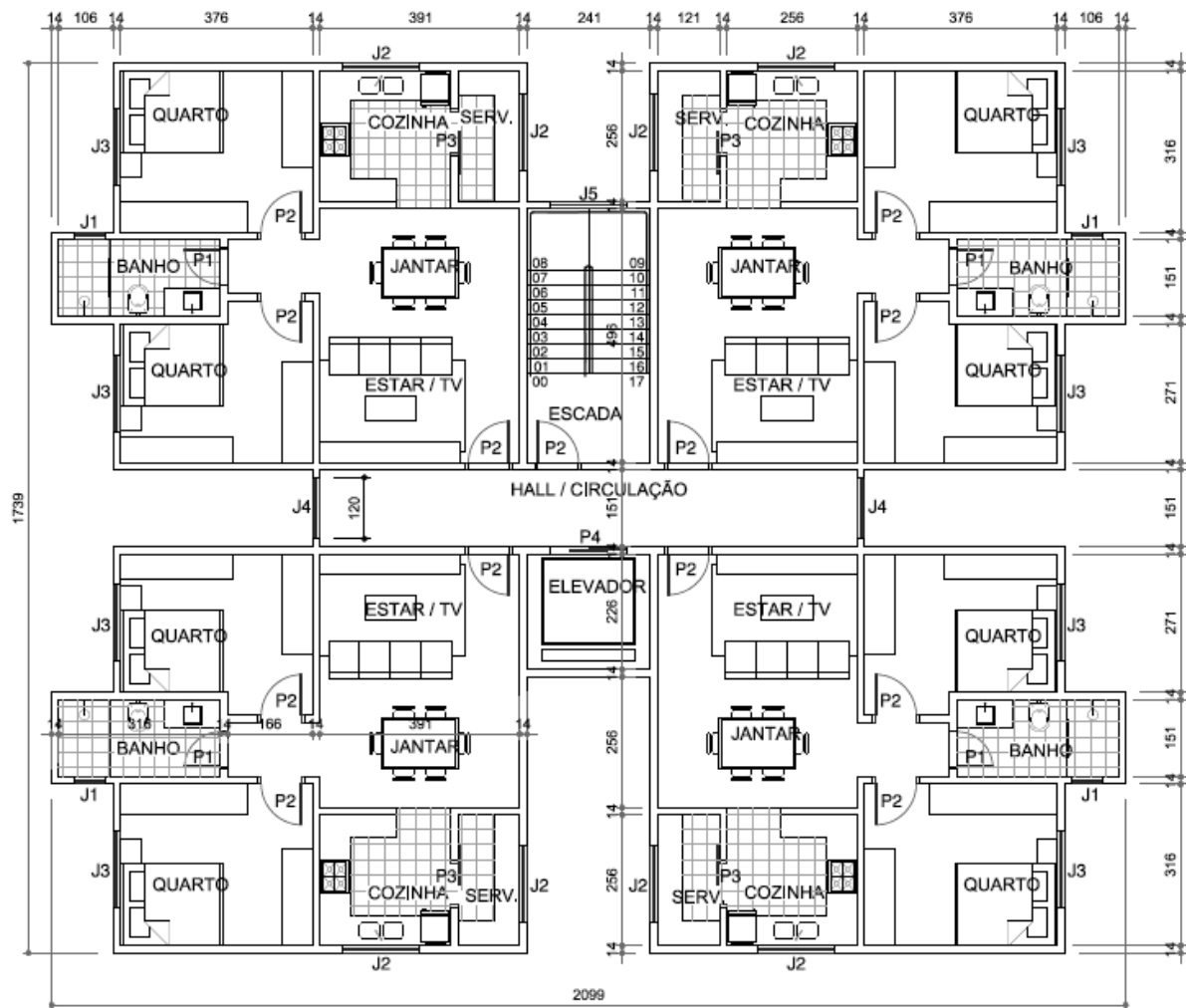
Ao final é demonstrado o comparativo em termos de área de aço, necessidade de graute, resistências dos blocos e da argamassa para cada eficiência considerada.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

Para atingir os objetivos deste trabalho, foi considerado como objeto de estudo um edifício residencial, localizado na cidade de Toledo – PR, cujo projeto foi desenvolvido para realização das análises desta pesquisa.

Este edifício é composto por oito pavimentos tipo, com quatro apartamentos por andar. Cada pavimento possui uma área de 300,57 m², sendo 66,38 m² a área de cada apartamento e mais 35,05 m² de área comum. A planta baixa do pavimento tipo é apresentada na Figura 07.

O mesmo projeto foi dimensionado três vezes de forma a considerar diferentes eficiências de blocos, com o objetivo de comparar os resultados obtidos.



Legenda

Janelas	Portas
J1 – 60x60/160	P1 – 70x220
J2 – 150x100/120	P2 – 80x220
J3 – 150x120/100	P3 – 80x220
J4 – 120x120/100	P4 – 150x220
J5 – 150x100/106,5	

Figura 07 – Planta baixa pavimento tipo.

Fonte: Autoria própria.

Outras características foram definidas para o projeto analisado:

- A altura livre entre as lajes dos pavimentos é de 2,80 metros;
- A modulação foi realizada utilizando os blocos da família 29. A modulação da primeira e da segunda fiada de um apartamento é demonstrada nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

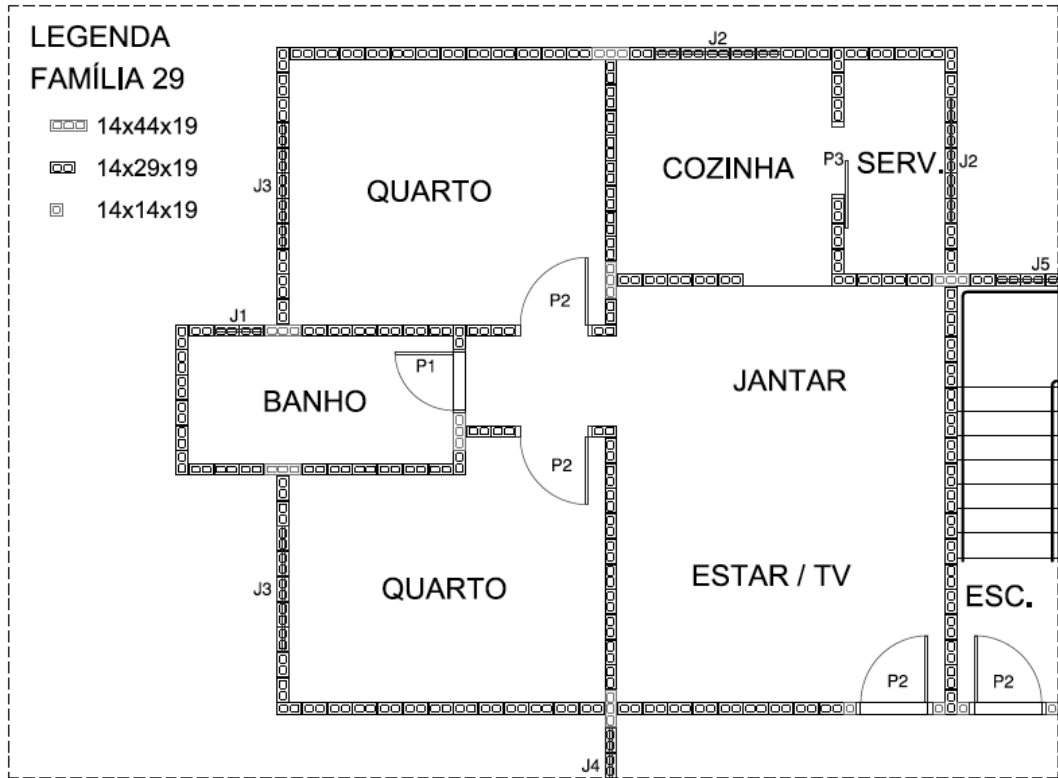


Figura 8 – Planta baixa da primeira fiada do apartamento.
 Fonte: Autoria própria.

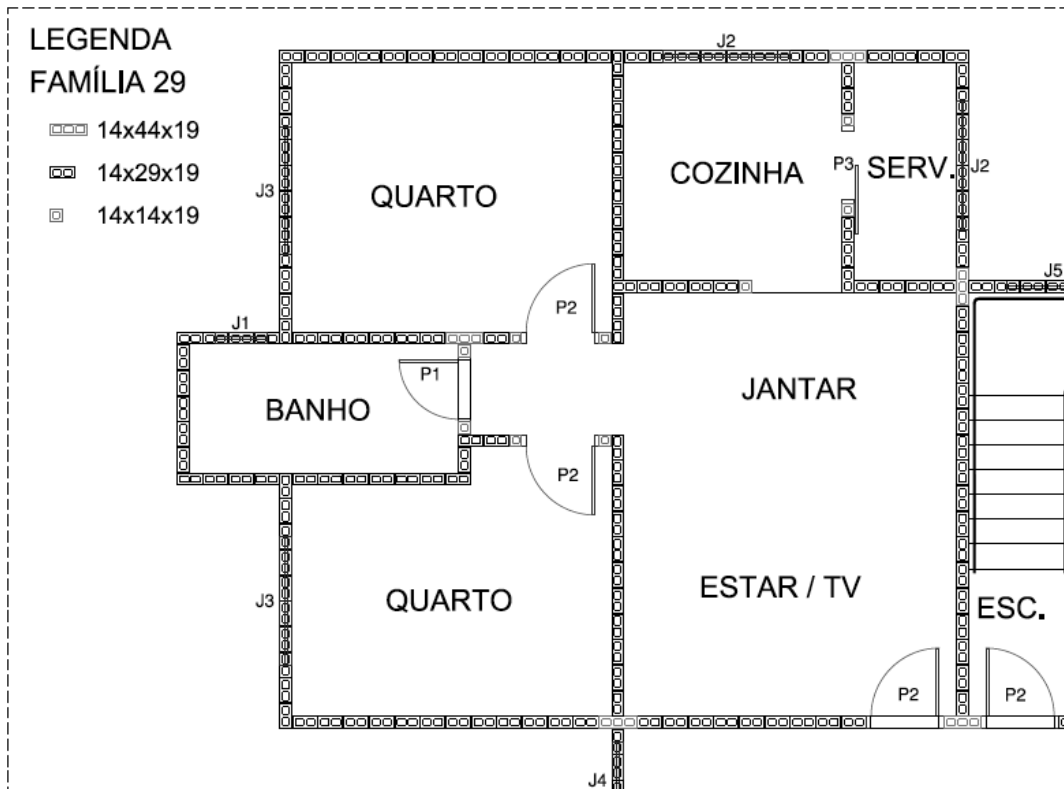


Figura 9 – Planta baixa da segunda fiada do apartamento.
 Fonte: Autoria própria.

3.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS VERTICAIS

Foram consideradas as cargas das lajes e das paredes estruturais, conforme descrito a seguir.

3.2.1 Cargas das Lajes

As cargas das lajes serão iguais para as três eficiências e o levantamento dessas cargas foi realizado conforme descrito a seguir:

- Cargas permanentes:

Laje maciça de concreto armado, com 10 centímetros de espessura, apoiadas sobre as paredes estruturais e peso específico do concreto armado conforme indicação da NBR 6120 (ABNT, 2000) de 25 kN/m^3 , resultando em uma carga de $2,5 \text{ kN/m}^2$ somados ao revestimento cerâmico, que para efeito de cálculo foi utilizado uma carga de 1 kN/m^2 . Assim, totalizam $3,5 \text{ kN}$ de carga permanente por metro quadrado de laje.

- Cargas acidentais:

Sobre as lajes da sala, dos quartos, da cozinha, do banheiro e da sala de estar foi considerada uma carga de $1,5 \text{ kN/m}^2$. Já para a laje da área de serviço foi considerado 2 kN/m^2 , conforme indicação da NBR 6120 (ABNT, 2000).

Após o levantamento das cargas da laje, foi utilizado o método de distribuição para as paredes a partir das áreas de influência. Neste método, a distribuição do carregamento (permanente e acidental) das lajes sobre as paredes, se dá de acordo com a área de influência da laje em relação a cada parede de apoio. A Figura 10 apresenta as áreas de influência para o projeto analisado.

Parede X2A com comprimento $L = 2,025\text{m}$:

Área da laje com carga acidental $Q=1,5\text{ kN/m}^2$: $A = 0,583\text{m}^2$

Área da laje com carga acidental $Q=2\text{ kN/m}^2$: $A = 0,334\text{m}^2$

Carga permanente (G_{laje}): $G_{\text{laje}} = (0,583 + 0,334) \times 3,5 = 3,21\text{ kN}$

Carga acidental (Q_{laje}): $Q_{\text{laje}} = (0,583 \times 1,5) + (0,334 \times 2) = 1,54\text{ kN}$

3.2.2 Cargas das Paredes

Para avaliação das Eficiências 01 e 02 de blocos cerâmicos foi utilizado o peso específico de 12 kN/m^3 , conforme indicação da NBR 15812-1 (ABNT, 2010).

Para avaliação da Eficiência 03 de blocos de concreto foi utilizado o peso específico de 14 kN/m^3 , conforme indicação da NBR 15961-1 (ABNT, 2011);

O levantamento de cargas foi efetuado para três situações, ou seja, paredes sem aberturas, paredes com abertura de porta e parede com abertura de janela, através da Equação 2 apresentada anteriormente:

- Paredes sem abertura:

Bloco cerâmico: $\rho = \gamma \times e \times h = 12 \times 0,14 \times 2,8 = 4,704\text{ kN/m}$

Bloco de concreto: $\rho = \gamma \times e \times h = 14 \times 0,14 \times 2,8 = 5,488\text{ kN/m}$

- Paredes com porta de 2,20 m:

Bloco cerâmico: $\rho = \gamma \times e \times h = 12 \times 0,14 \times (2,8 - 2,20) = 1,008\text{ kN/m}$

Bloco de concreto: $\rho = \gamma \times e \times h = 14 \times 0,14 \times (2,8 - 2,20) = 1,176\text{ kN/m}$

- Paredes com a janela J1, de 60 cm de altura:

Bloco cerâmico: $\rho = \gamma \times e \times h = 12 \times 0,14 \times (2,8 - 0,60) = 3,696\text{ kN/m}$

Bloco de concreto: $\rho = \gamma \times e \times h = 14 \times 0,14 \times (2,8 - 0,60) = 4,312\text{ kN/m}$

- Paredes com as janelas J2 e J5, de 1 m de altura:

Bloco cerâmico: $\rho = \gamma \times e \times h = 12 \times 0,14 \times (2,8 - 1,00) = 3,024\text{ kN/m}$

Bloco de concreto: $\rho = \gamma \times e \times h = 14 \times 0,14 \times (2,8 - 1,00) = 3,528\text{ kN/m}$

- Paredes com as janelas J3 e J4, de 1,2 m de altura:

Bloco cerâmico: $\rho = \gamma \times e \times h = 12 \times 0,14 \times (2,8 - 1,20) = 2,688\text{ kN/m}$

Bloco de concreto: $\rho = \gamma \times e \times h = 14 \times 0,14 \times (2,8 - 1,20) = 3,136\text{ kN/m}$

As cargas atuantes nos trechos das aberturas foram aplicadas nos grupos adjacentes (CAPUZZO NETO, 2005). Os resultados para cada parede estão demonstrados no Apêndice B.

Com os carregamentos descritos neste item foram definidas as cargas verticais que estão atuando sobre as paredes estruturais do edifício, sendo os resultados destas cargas (permanentes e acidentais) demonstrados no Apêndice C.

3.3 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES VERTICAIS

Para a distribuição das ações verticais foi utilizado o modelo de distribuição de cargas verticais por grupos isolados de paredes. A Figura 12 apresenta os grupos de paredes que foram considerados no projeto.

Grupo	Paredes	Grupo	Paredes
1	X1A, X5A, Y1A, Y2A	13	X1C, X5C, Y1C, Y2C
2	X4A, Y6A	14	X4C, Y6C
3	X3A, X7A, X8A, Y7A, Y8A, Y9A	15	X3C, X7C, X8C, Y7C, Y8C, Y9C
4	X9A, Y10A, Y11A	16	X9C, Y10C, Y11C
5	X2A, Y3A, Y4A	17	X2C, Y3C, Y4C
6	X6A, X10A, Y5A, Y12A	18	X6C, X10C, Y5C, Y12C, X1E, X6D, X10D, Y5D, Y12D
7	X1B, X5B, Y1B, Y2B		
8	X4B, Y6B	19	X1D, X5D, Y1D, Y2D
9	X3B, X7B, X8B, Y7B, Y8B, Y9B	20	X4D, Y6D
10	X9B, Y10B, Y11B	21	X3D, X7D, X8D, Y7D, Y8D, Y9D
11	X2B, Y3B, Y4B	22	X9D, Y10D, Y11D
12	X6B, X10B, Y5B, Y12B	23	X2D, Y3D, Y4D

Quadro 1 – Grupos isolados de paredes.

Fonte: Autoria própria.

A distribuição das ações verticais sobre as paredes é demonstrada a seguir, para o Grupo 1 (Figura 13) dos edifícios de blocos cerâmicos como exemplo, sendo os resultados dos demais grupos apresentados no Apêndice D.

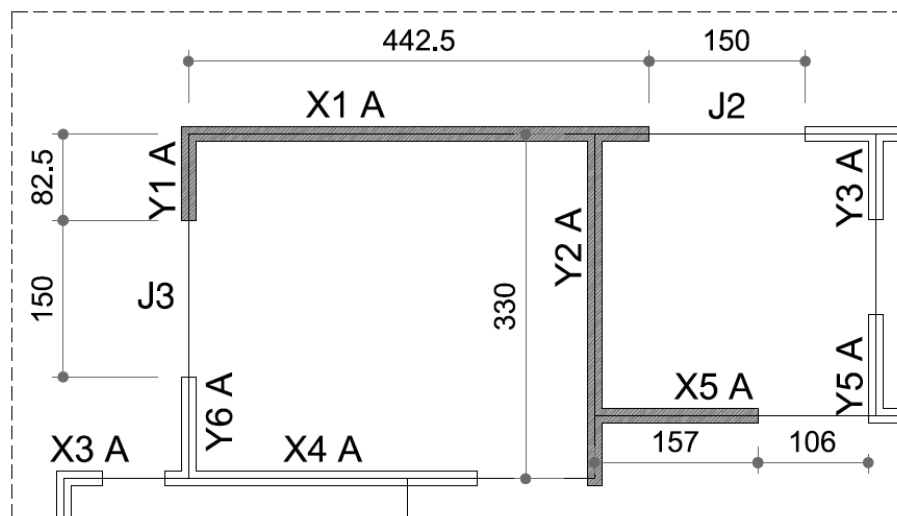


Figura 13 – Grupo 1 de paredes.

Fonte: Autoria própria.

Parede X1A:

Comprimento $L=4,425$ m.

Peso próprio $G=20,82$ kN.

Janelas: 2,27 kN (metade da carga sobre janela J2).

Carga da laje: $G_{laje}= 11,16$ kN, $Q_{laje} = 4,78$ kN.

Total de cargas permanentes: $G=34,24$ kN.

Total de cargas acidentais: $Q=4,78$ kN.

Parede X5A:

Comprimento $L=1,570$ m.

Peso próprio $G=7,39$ kN.

Porta: 0,53 kN (metade da carga sobre a porta).

Carga da laje: $G_{laje}= 13,45$ kN, $Q_{laje} = 5,76$ kN.

Total de cargas permanentes: $G=21,37$ kN.

Total de cargas acidentais: $Q=5,76$ kN.

Parede Y1A:

Comprimento $L=0,825$ m.

Peso próprio $G=3,88$ kN.

Janelas: 2,02 kN (metade da carga sobre a janela J3).

Carga da laje: $G_{laje}= 3,97$ kN, $Q_{laje} = 1,70$ kN.

Total de cargas permanentes: $G=9,87$ kN.

Total de cargas acidentais: $Q=1,70$ kN.

Parede Y2A:

Comprimento $L=3,300$ m.

Peso próprio $G=15,52$ kN.

Carga da laje: $G_{laje}= 24,22$ kN, $Q_{laje} = 10,38$ kN.

Total de cargas permanentes: $G=39,74$ kN.

Total de cargas acidentais: $Q=10,38$ kN.

Após calculadas todas as cargas verticais atuantes em cada parede é realizada a distribuição sobre o grupo, da seguinte forma:

Comprimento total das paredes do grupo:

$$L = 4,425 + 1,570 + 0,825 + 3,300 = 10,12m$$

Total de cargas acidentais:

$$Q = 4,78 + 5,76 + 1,70 + 10,38 = 22,62 \text{ kN}$$

Total das cargas permanentes:

$$G = 34,24 + 21,37 + 9,87 + 39,74 = 105,21 \text{ kN}$$

Distribuição das cargas acidentais do Grupo 1 para o oitavo pavimento:

$$F_{Q,k} = \frac{22,62}{10,12} = 2,24 \text{ kN/m}$$

Distribuição das cargas permanentes do Grupo 1 para o oitavo pavimento:

$$F_{G,k} = \frac{105,21}{10,12} = 10,40 \text{ kN/m}$$

Para os demais pavimentos é necessário multiplicar a carga encontrada pelo número de pavimentos sobre o nível em análise. Por exemplo, para o sexto pavimento essas cargas foram multiplicadas por três.

3.4 LEVANTAMENTO DAS AÇÕES HORIZONTAIS

Para as ações horizontais foi considerada a força de arrasto do vento e o desaprumo, ambos nas direções x e y.

A força de arrasto do vento foi calculada de acordo com a ABNT NBR 6123:2013, admitindo as seguintes considerações:

- Velocidade básica do vento: Pelo mapa de isopleias da NRB 6123 (ABNT, 2013), verifica-se que, para a região de Toledo, a velocidade básica do vento pode ser tomada como $V_0 = 47 \text{ (m/s)}$;
- Cidades pequenas, zona urbanizada, edificação residencial.
- Consideração de terreno plano, fator topográfico $S_1 = 1$.
- Fator estatístico $S_3 = 1$
- O fator de rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno S_2 foi calculado para cada pavimento, como indicado na Tabela 10.

Tabela 10 – Fator S_2 para cada pavimento

Pavimento	Z (m)	S_2
1	2,8	0,71
2	5,6	0,77
3	8,4	0,82
4	11,2	0,84
5	14	0,87
6	16,8	0,89
7	19,6	0,91
8	22,4	0,92

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 11 estão demonstrados os valores da força de arrasto calculada para cada pavimento do edifício. Estes valores são iguais para as três diferentes eficiências analisadas.

Tabela 11 – Força de arrasto do vento nas direções x e y

Pavimento	Z (m)	Vk (m/s)	q(kN/m ²)	Vento X		Vento Y	
				A (m ²)	Fa (kN)	A (m ²)	Fa (kN)
8	22,4	43,30	1,15	48,69	61,57	58,77	79,99
7	19,6	42,59	1,11	48,69	59,55	58,77	77,36
6	16,8	41,77	1,07	48,69	57,30	58,77	74,44
5	14,0	40,83	1,02	48,69	54,74	58,77	71,12
4	11,2	39,71	0,97	48,69	51,77	58,77	67,26
3	8,4	38,31	0,90	48,69	48,18	58,77	62,59
2	5,6	36,41	0,81	48,69	43,54	58,77	56,56
1	2,8	33,39	0,68	48,69	36,61	58,77	47,56

Fonte: Autoria própria.

O desaprumo foi calculado de acordo com o item 2.3.3 descrito anteriormente.

- Para edificação em blocos cerâmicos:

$$H = 22,40 \text{ m}$$

$$\theta_a = \frac{1}{100 \times \sqrt{22,40}} = 0,002113 \text{ rad}$$

$$\Delta P = 2403,3265 \text{ kN}$$

$$F = 2403,3265 \times 0,002113 = 5,078 \text{ kN}$$

- Para edificação em blocos de concreto:

$$H = 22,40 \text{ m}$$

$$\theta_a = \frac{1}{100 \times \sqrt{22,40}} = 0,002113 \text{ rad}$$

$$\Delta P = 2565,9886 \text{ kN}$$

$$F = 2565,9886 \times 0,002113 = 5,422 \text{ kN}$$

Na Tabela 12 estão demonstradas as resultantes dos esforços horizontais na direção x do edifício para cada pavimento, utilizadas para análise das Eficiências 01 e 02 de blocos cerâmicos. Os demais resultados estão demonstrados no Apêndice E.

Tabela 12 – Esforços horizontais na direção x

Pavimento	Força Vento (kN)	Força Desaprumo (kN)	Força Total (kN)	F _{total} (Acumulado) (kN)	Momento (kN.m)
8	61,57	5,08	66,65	66,65	186,61
7	59,55	5,08	64,63	131,27	554,17
6	57,30	5,08	62,37	193,65	1096,38
5	54,74	5,08	59,82	253,47	1806,08
4	51,77	5,08	56,85	310,32	2674,97
3	48,18	5,08	53,26	363,57	3692,98
2	43,54	5,08	48,61	412,19	4847,11
1	36,61	5,08	41,69	453,88	6117,96

Fonte: Autoria própria.

3.5 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES HORIZONTAIS

A distribuição das ações horizontais se dá através dos painéis de contraventamento, que irão resistir estas ações nas direções x e y. As Figuras 14 e 15 apresentam as paredes de contraventamento do projeto nas duas direções.

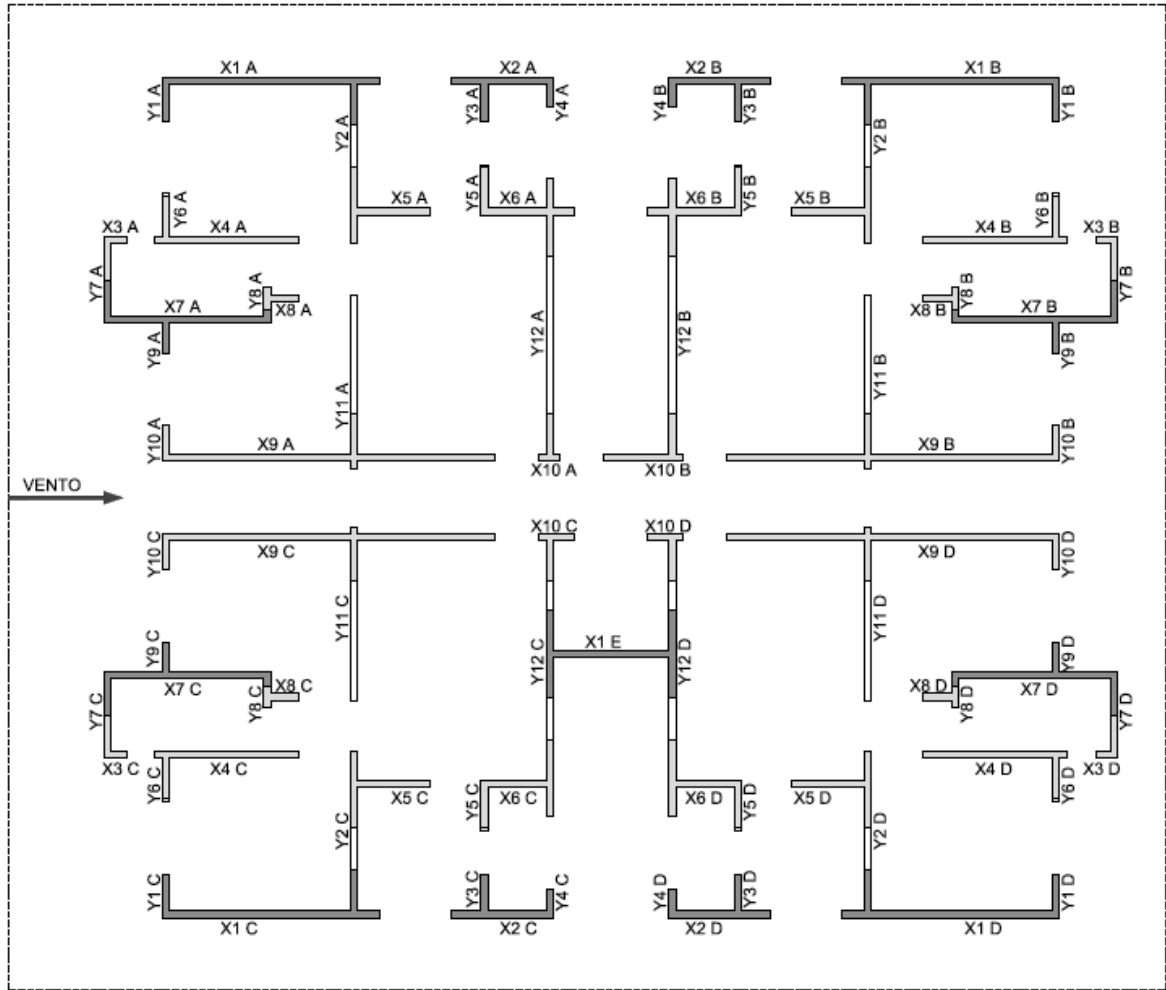


Figura 14 – Painéis de contraventamento na direção x.
 Fonte: Autoria própria.

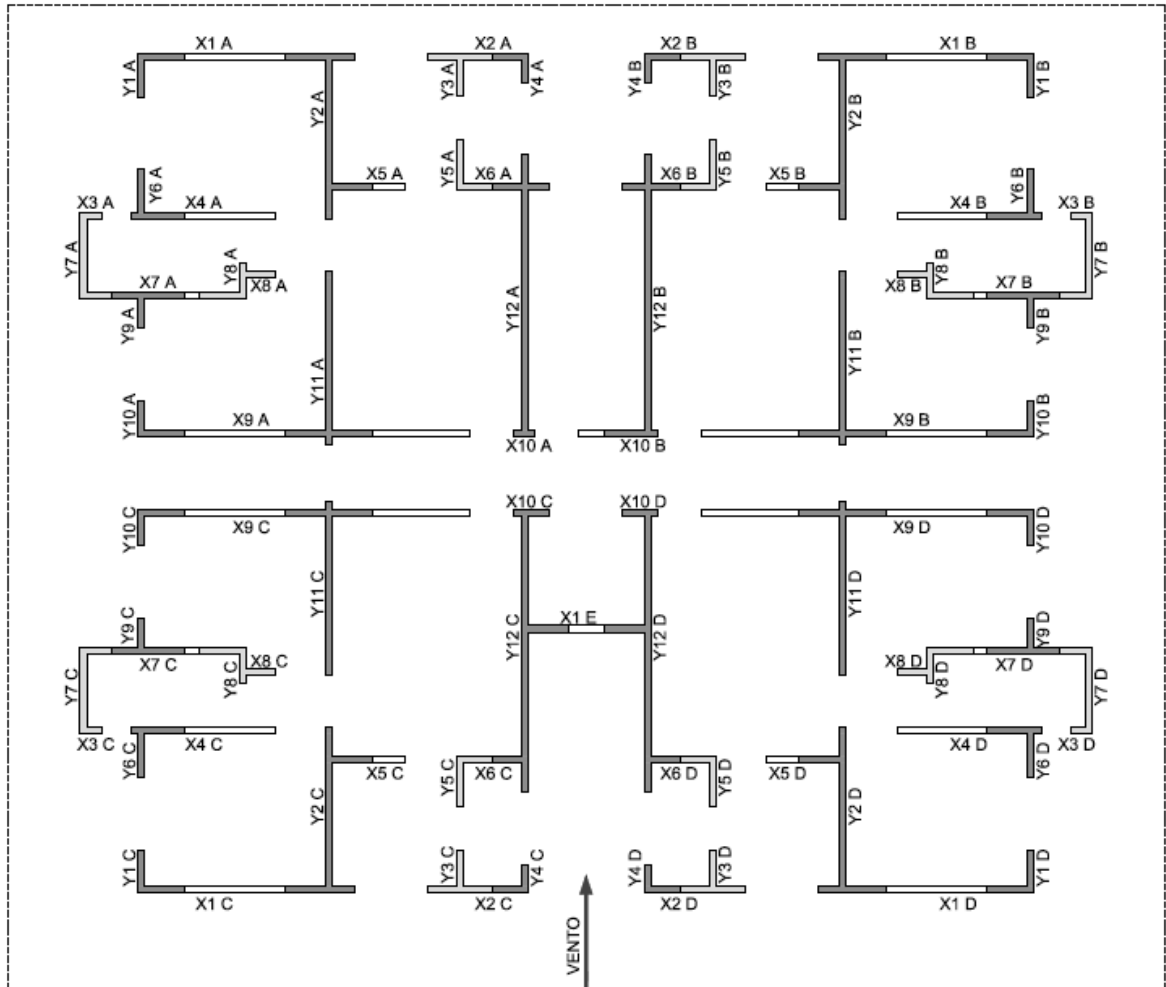


Figura 15 – Painéis de contraventamento na direção y.

Fonte: Autoria própria.

As inércias dos painéis de contraventamento foram determinadas com auxílio do programa computacional AutoCad, bem como as distâncias do centro de gravidade até suas extremidades. Estas informações estão apresentadas para todos os painéis de contraventamento nas direções x e y no Apêndice F.

Com as inércias e utilizando a Equação 6 foi possível obter a rigidez relativa e com a Equação 5 a ação atuante em cada painel do pavimento. A seguir é demonstrado como exemplo o cálculo para a parede X1A, utilizadas para análise das Eficiências 01 e 02 de blocos cerâmicos. Os demais resultados são apresentados no Apêndice G.

Parede X1A

- Força horizontal atuante no primeiro pavimento:

$$F_{total} = 453,88 \text{ kN}$$

- Inércia em y:

$$I_y = 190915389,0 \text{ cm}^4$$

- Soma de todas as inércias em y (Das paredes da Figura 15):

$$\sum I_y = 3489080447,1 \text{ cm}^4$$

Utilizando a Equação 6 tem-se:

$$R_i = \frac{190915389,0}{3489080447,1} = 0,054717967$$

Utilizando a Equação 5 tem-se a força na parede X1A:

$$V_k = 0,054717967 \times 453,88 = 24,84 \text{ kN}$$

3.6 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento foi realizado para as seguintes eficiências de blocos, conforme apresentado no item 2.2.5:

- Blocos cerâmicos com eficiências variando de 0,45 a 0,50, de acordo com a Tabela 1.
- Blocos cerâmicos com eficiência de 0,30.
- Blocos de concreto com eficiências variando de 0,70 a 0,80, de acordo com a Tabela 4.

Foram utilizadas duas faixas de eficiências para blocos cerâmicos, pois estes materiais apresentam maior variação nos resultados, sendo as faixas de eficiência utilizadas conforme indicado na literatura. Como para blocos de concreto não existe grande variação foi utilizada apenas uma faixa de eficiência.

3.6.1 Compressão Simples

Os elementos estruturais foram dimensionados de acordo com o item 2.4.2. Para demonstração do procedimento utilizado é apresentado o cálculo para o grupo isolado de paredes 1, do primeiro pavimento, para a Eficiência 01.

Paredes: X1A, X5A, Y1A, Y2A (Grupo 1)

Comprimento das paredes: $L = 10,12 \text{ m}$

Coeficientes de ponderação para combinações normais desfavoráveis, de acordo com a Tabela 5: $\gamma_g = \gamma_q = 1,4$

Coeficiente ponderador da resistência de acordo com a Tabela 7: $\gamma_m = 2$

Ações verticais:

$$F_{G,k} = 83,171 \text{ kN/m} \quad \text{e} \quad F_{Q,k} = 17,884 \text{ kN/m}$$

Utilizando a Equação 1 tem-se:

$$F_d = 1,4 \times 83,171 + 1,4 \times 17,884 = 141,477 \text{ kN/m}$$

Onde a força atuante de cálculo para a combinação última deve ser menor ou igual à força resistente de cálculo. Portanto, desenvolvendo a Equação 7, junto com as Equações 9 e 10 tem-se:

$$F_d \times L \leq \frac{0,7 \times f_{pk}}{\gamma_m} \times A \times \left[1 - \left(\frac{h_e}{t_e \times 40} \right)^3 \right]$$

$$f_{pk} \geq \frac{F_d \times L \times \gamma_m}{0,7 \times A \times \left[1 - \left(\frac{h_e}{t_e \times 40} \right)^3 \right]}$$

$$f_{pk} \geq \frac{141,477 \times 10,12 \times 2}{0,7 \times 10,12 \times 0,14 \times \left[1 - \left(\frac{2,8}{0,14 \times 40} \right)^3 \right]}$$

$$f_{pk} \geq 3299,755 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cong 3,30 \text{ MPa}$$

Considerando eficiência de 0,5:

$$\frac{f_{pk}}{f_{bk}} = 0,5$$

$$f_{bk} = \frac{f_{pk}}{0,5} = \frac{3,3}{0,5} = 6,6 \text{ MPa}$$

Portanto para este grupo seria necessário um bloco de resistência maior ou igual à 6,6 MPa. Neste caso foi utilizado o bloco de 8 MPa.

3.6.2 Cisalhamento

O dimensionamento dos elementos de alvenaria submetidos ao cisalhamento foi realizado conforme o item 2.4.3. Para exemplificar é demonstrado o processo de cálculo para a parede X1A, do primeiro pavimento, para a Eficiência 01.

Parede X1A

Resistência dos blocos utilizada no pavimento: $F_{bk} = 10 \text{ MPa}$

Comprimento: $L = 4,495 \text{ m}$

Espessura: $t = 0,14 \text{ m}$

Ação vertical permanente: $F_{G,k} = 83,171 \text{ kN/m}$

Ação horizontal atuante no painel: $V_k = 24,835 \text{ kN}$

Coefficiente de ponderação para combinações normais de ações para carga permanente de efeito favorável conforme Tabela 5: $\gamma_g = 0,9$

Coefficiente ponderador da resistência de acordo com a Tabela 7: $\gamma_m = 2$

Força cortante de cálculo:

$$V_d = V_k \times \gamma_q = 24,835 \times 1,4 = 34,769 \text{ kN}$$

Para encontrar a tensão de cisalhamento de cálculo, utilizando a Equação 11 tem-se:

$$\tau_{vd} = \frac{34,769}{4,495 \times 0,14} = 55,25 \text{ kN/m}^2$$

Resistência da argamassa F_a :

$$F_a = 0,7 \times 10 = 7 \text{ MPa}$$

Valor característico da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes, de acordo com a Tabela 8:

$$f_{vk} = 0,15 + 0,5 \times \sigma \leq 1,4 \text{ MPa}$$

Ou

$$f_{vk} = 150 + 0,5 \times \sigma \leq 1400 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma = 0,9 \times \frac{83,171 \times 4,495}{4,495 \times 0,14} = 534,67 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{vk} = 150 + 0,5 \times 534,67 = 417,34 \text{ kN/m}^2$$

Verificação de resistência de acordo com a Equação 14:

$$55,25 \text{ kN/m}^2 \leq \frac{417,34 \text{ kN/m}^2}{2}$$

$$55,25 \text{ kN/m}^2 \leq 208,67 \text{ kN/m}^2$$

Como a tensão de cisalhamento de cálculo é menor do que a resistência ao cisalhamento da argamassa a parede atende a verificação. Caso não fosse atendido seria necessário utilizar uma argamassa mais resistente ou então a utilizar armadura de cisalhamento.

No Apêndice H estão demonstradas as verificações do dimensionamento ao cisalhamento do primeiro pavimento para as três eficiências.

3.6.3 Dimensionamento de Elementos de Alvenaria Submetidos à Flexo-compressão

O dimensionamento dos elementos de alvenaria sujeitos à flexo-compressão foi realizado de acordo com o item 2.4.4. Foram verificados os esforços de tração e compressão na flexão. Para exemplificar é demonstrado o processo de cálculo para a parede X9A (Figura 16), do primeiro pavimento, para a Eficiência 01.

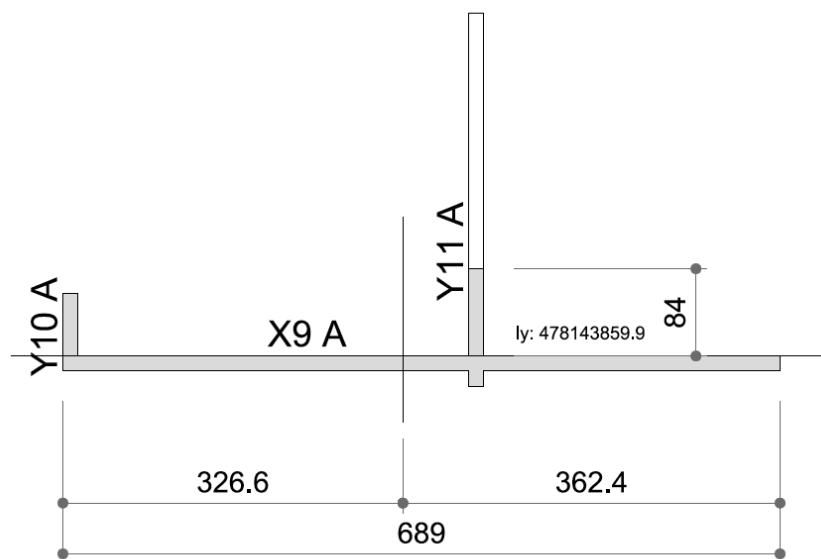


Figura 16 – Painel de contraventamento formado pela parede X9A.
Fonte: Autoria própria.

Inércia em y: $I_y = 4,781438599 \text{ m}^4$

Distância do centro de gravidade até o bordo esquerdo: $X_{Esq} = 3,266\text{m}$

Distância do centro de gravidade até o bordo direito: $X_{Dir} = 3,624\text{m}$

Ação permanente vertical: $F_{G,k} = 88,954 \text{ kN/m}$

Ação acidental vertical: $F_{Q,k} = 20,723 \text{ kN/m}$

Ação horizontal atuante no painel: $V_k = 62,199 \text{ kN}$

Momento: $M_{v,k} = 838,405 \text{ kN.m}$

Coefficientes de ponderação para combinações normais desfavoráveis, de acordo com a Tabela 5: $\gamma_g = \gamma_q = 1,4$

Coefficientes de ponderação para combinações normais favorável, de acordo com a Tabela 5: $\gamma_g = 0,9$

Coefficiente ponderador das resistências, conforme Tabela 7: $\gamma_m = 2$

Coefficientes para redução de ações variáveis de cargas acidentais em edifícios residenciais, conforme Tabela 6: $\psi_0 = 0,5$

Coefficientes para redução de ações variáveis de vento, conforme Tabela 6: $\psi_0 = 0,6$

Resistência dos blocos utilizada no pavimento: $F_{bk} = 10 \text{ MPa}$

Resistência do prisma: $F_{pk} = 4,5 \text{ MPa}$

Valor de calculo da resistência à compressão:

$$F_d = \frac{0,7 \times 4,5}{2} = 1,575 \text{ MPa} = 1575 \text{ kN/m}^2$$

Resistência da argamassa: $F_a = 7 \text{ MPa}$

Valor característico da resistência à tração da argamassa, conforme Tabela 9: $f_{t,k} = 0,20 \text{ MPa} = 200 \text{ kN/m}^2$

Tensão atuante devido ao peso próprio:

$$\sigma_{G,k} = \frac{88,954}{0,14} = 635,39 \text{ kN/m}^2$$

Tensão atuante devido a carga acidental:

$$\sigma_{Q,k} = \frac{20,723}{0,14} = 148,02 \text{ kN/m}^2$$

Tensão atuante devido ao momento no bordo esquerdo:

$$\sigma_{v,k} = \frac{838,405 \times 3,266}{4,781438599} = 572,68 \text{ kN/m}^2$$

Tensão atuante devido ao momento no bordo direito:

$$\sigma_{v,k} = \frac{838,405 \times 3,624}{4,781438599} = 635,45 \text{ kN/m}^2$$

Coefficiente redutor devido à esbeltez da parede:

$$R = \left[1 - \left(\frac{2,80}{0,14 \times 40} \right)^3 \right] = 0,875$$

- Análise da tração na flexo-compressão

O aço, assim como no concreto armado, é o material que tem a finalidade de resistir aos esforços de tração na estrutura. Para o dimensionamento da armadura necessária foram levantados os esforços de tração (F_t) na flexo-compressão para cada bordo de cada parede, seguindo o procedimento exemplificado a seguir para a parede X9A.

A verificação de tração é realizada utilizando a Equação 16:

Bordo esquerdo:

$$1,4 \times 572,68 + 0,9 \times (-635,39) \leq \frac{200}{2}$$

$$229,90 > 100$$

Bordo direito:

$$1,4 \times 635,45 + 0,9 \times (-635,39) \leq \frac{200}{2}$$

$$317,78 > 100$$

A tensão de tração atuante é maior do que a tensão resistente da argamassa para os dois bordos, portanto é necessário utilizar armadura. Para o cálculo da quantidade de armadura é utilizado o diagrama combinado dos esforços (Figura 17).

Tensão de compressão no bordo esquerdo:

$$1,4 \times (-572,68) + 0,9 \times (-635,39) = 1373,60 \text{ kN/m}^2$$

Tensão de compressão no bordo direito:

$$1,4 \times (-635,45) + 0,9 \times (-635,39) = 1461,48 \text{ kN/m}^2$$

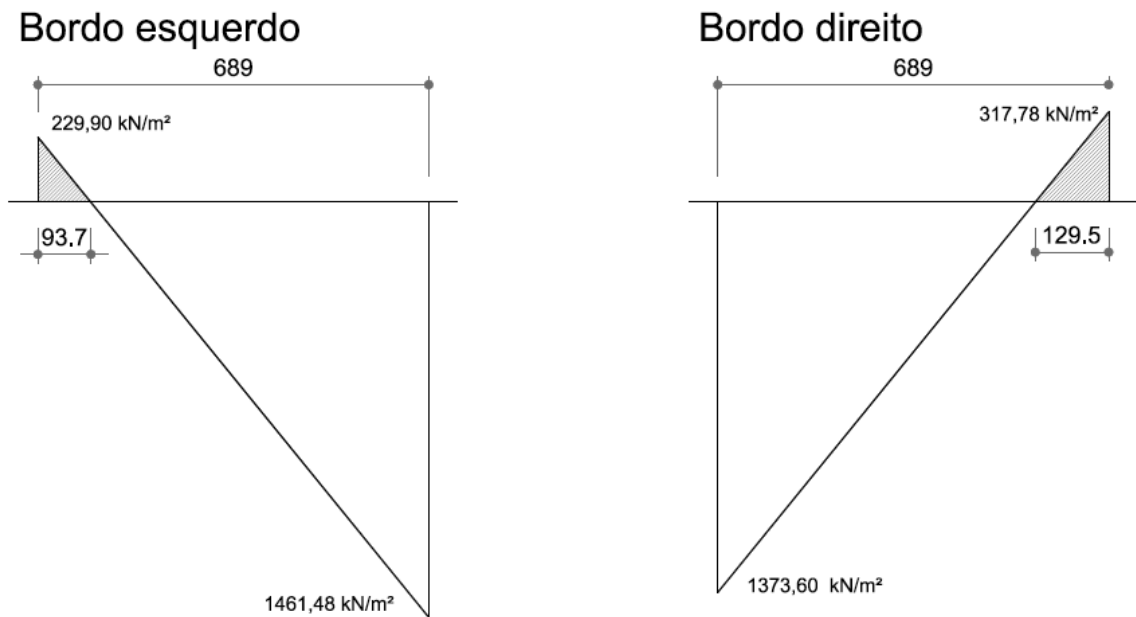


Figura 17 – Diagrama combinado de esforços da parede X9A.
Fonte: Autoria própria.

Força de tração no bordo esquerdo:

$$F_t = \frac{0,937 \times 0,14 \times 229,90}{2} = 15,08 \text{ kN}$$

Força de tração no bordo direito:

$$F_t = \frac{1,295 \times 0,14 \times 317,78}{2} = 28,81 \text{ kN}$$

Área de aço no bordo esquerdo:

$$A_s = \frac{15,08}{0,5 \times 50/1,15} = 0,69 \text{ cm}^2$$

Área de aço no bordo o direito:

$$A_s = \frac{28,81}{0,5 \times 50/1,15} = 1,33 \text{ cm}^2$$

Área de aço mínima:

$$A_{s,min} = 0,10 \times 0,14 \times 689 = 9,646 \text{ cm}^2$$

Para esta parede foi necessário, então, utilizar a área mínima de aço.

Os demais resultados para o primeiro pavimento estão apresentados no Apêndice I.

- Análise da compressão na flexo-compressão

Esta análise é realizada a fim de determinar a necessidade de graute devido ao acréscimo da tensão de compressão pela flexão.

A verificação é realizada utilizando a pior situação de cálculo, considerando duas combinações.

Verificação utilizando a combinação da Equação 17.

Bordo esquerdo:

$$\frac{1,4 \times 0,5 \times 148,02 + 1,4 \times 635,39}{0,875 \times 1575} + \frac{1,4 \times 572,68}{1,5 \times 1575} \leq 1$$

$$0,721 + 0,339 \leq 1$$

$$1,06 > 1$$

O valor da tensão de compressão máxima é maior do que a resistência à compressão do bloco, portanto a verificação não é atendida necessitando de um graute a cada dois furos.

A utilização de um graute a cada dois furos é limitada até o valor de 1,3. Deste valor até 1.6 é necessário a utilização de todos os furos grauteados e acima deste é preciso mudar a resistência dos blocos.

Bordo direito:

$$\frac{1,4 \times 0,5 \times 148,02 + 1,4 \times 635,39}{0,875 \times 1575} + \frac{1,4 \times 635,45}{1,5 \times 1575} \leq 1$$

$$0,721 + 0,377 \leq 1$$

$$1,10 > 1$$

O valor da tensão de compressão máxima é maior do que a resistência à compressão do bloco, portanto a verificação não é atendida necessitando de um graute a cada dois furos.

A parcela a ser grauteada da parede é encontrada por semelhança de triângulos (Figura 18):

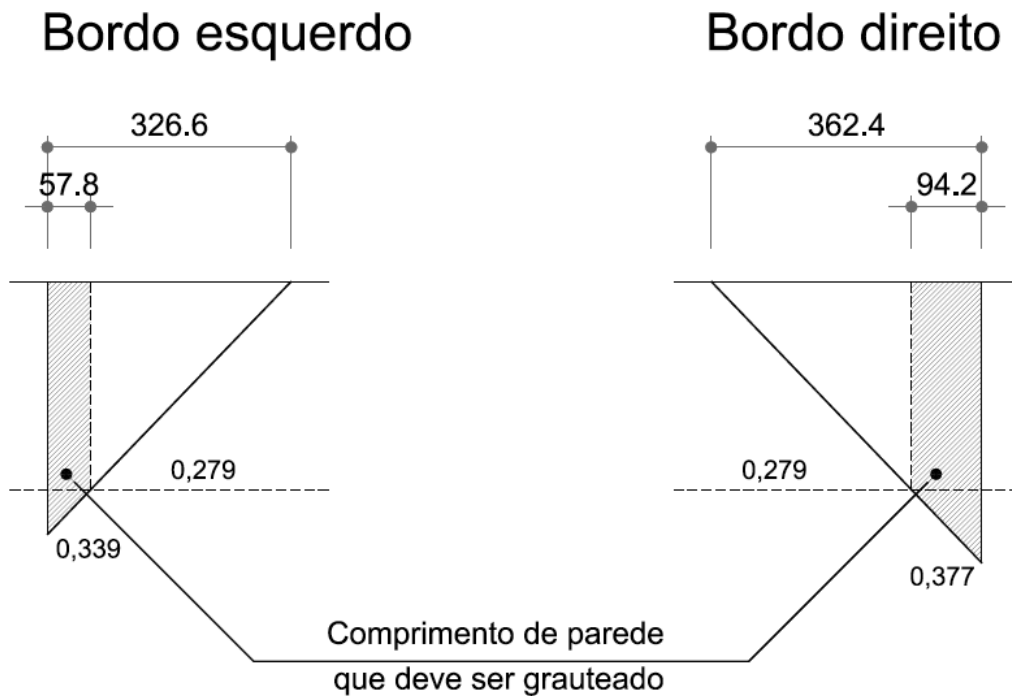


Figura 18 – Comprimento da parede X9A a ser grauteado.
Fonte: Autoria própria.

Verificação utilizando a combinação da Equação 18.

Bordo esquerdo:

$$\frac{1,4 \times 148,02 + 1,4 \times 635,39}{0,875 \times 1575} + \frac{1,4 \times 0,6 \times 572,68}{1,5 \times 1575} \leq 1$$

$$0,796 + 0,204 \leq 1$$

$$1,00 \leq 1$$

O valor da tensão de compressão máxima é igual a resistência à compressão do bloco, portanto a verificação é atendida não necessitando de graute.

Bordo direito:

$$\frac{1,4 \times 148,02 + 1,4 \times 635,39}{0,875 \times 1575} + \frac{1,4 \times 0,6 \times 635,45}{1,5 \times 1575} \leq 1$$

$$0,796 + 0,226 \leq 1$$

$$1,02 > 1$$

O valor da tensão de compressão máxima é maior do que a resistência à compressão do bloco, portanto a verificação não é atendida necessitando de um graute a cada dois furos.

A parcela a ser grauteada da parede é encontrada por semelhança de triângulos (Figura 19):

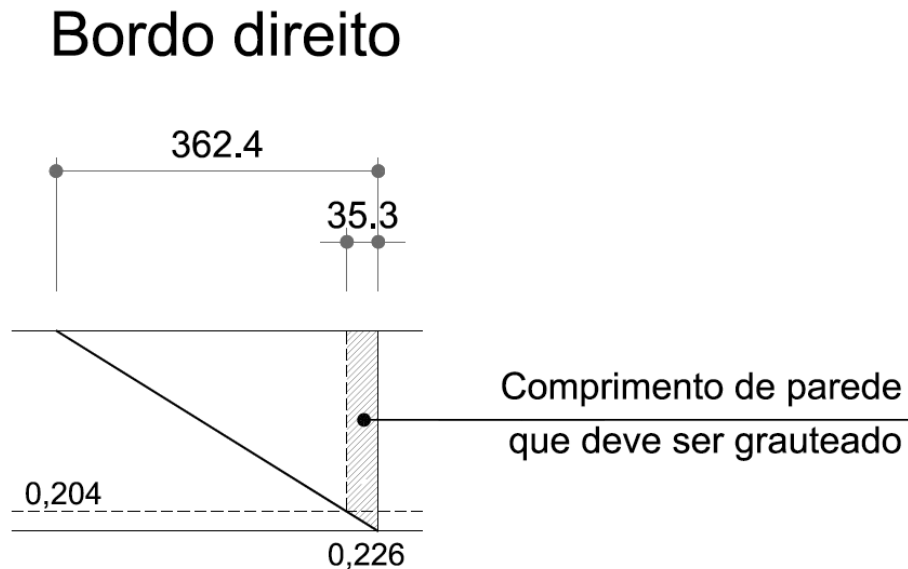


Figura 19 – Comprimento da parede X9A a ser grauteado.

Fonte: Autoria própria.

A partir das duas situações calculadas é escolhida a pior combinação, que para este caso é:

- Bordo esquerdo – Um ponto de graute a cada dois furos em 57,8 cm. Na modulação pode ser constatado que este trecho possui 4 furos, portanto, 2 deles devem ser grauteados.
- Bordo direito – Um ponto de graute a cada dois furos em 94,2 cm. Na modulação pode ser constatado que este trecho possui 7 furos, portanto, 4 deles devem ser grauteados.

Os demais resultados para o primeiro pavimento estão apresentados no Apêndice J.

4 RESULTADOS

4.1 DIMENSIONAMENTO DA ALVENARIA À COMPRESSÃO SIMPLES

Utilizando o procedimento de cálculo demonstrado anteriormente, foram obtidos os valores de resistência de prisma e de blocos necessários para cada grupo de paredes de cada pavimento para as diferentes eficiências em análise. A Tabela 13 apresenta os valores dos grupos de paredes para a Eficiência 01, que se refere a blocos cerâmicos com eficiência variando de 0,45 a 0,50.

Tabela 13 – Resistência característica do prisma (Fpk) e do bloco (Fbk) para cada grupo de paredes de cada pavimento utilizando a Eficiência 01

Grupos	Paredes	8	7	6	5	4	3	2	1
1	X1A, X5A, Y1A, Y2A	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30
2	X4A, Y6A	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
3	X3A, X7A, X8A, Y7A, Y8A, Y9A	0,39	0,78	1,18	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
4	X9A, Y10A, Y11A	0,45	0,90	1,34	1,79	2,24	2,69	3,13	3,58
5	X2A, Y3A, Y4A	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
6	X6A, X10A, Y5A, Y12A	0,51	1,02	1,53	2,04	2,56	3,07	3,58	4,09
7	X1B, X5B, Y1B, Y2B	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30
8	X4B, Y6B	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
9	X3B, X7B, X8B, Y7B, Y8B, Y9B	0,39	0,78	1,18	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
10	X9B, Y10B, Y11B	0,45	0,90	1,34	1,79	2,24	2,69	3,13	3,58
11	X2B, Y3B, Y4B	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
12	X6B, X10B, Y5B, Y12B	0,50	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	3,53	4,03
13	X1C, X5C, Y1C, Y2C	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30
14	X4C, Y6C	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
15	X3C, X7C, X8C, Y7C, Y8C, Y9C	0,39	0,78	1,18	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
16	X9C, Y10C, Y11C	0,47	0,93	1,40	1,86	2,33	2,79	3,26	3,72
17	X2C, Y3C, Y4C	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
18	X6C, X10C, Y5C, Y12C, X1E, X6D, X10D, Y5D, Y12D	0,36	0,72	1,08	1,45	1,81	2,17	2,53	2,89
19	X1D, X5D, Y1D, Y2D	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30
20	X4D, Y6D	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
21	X3D, X7D, X8D, Y7D, Y8D, Y9D	0,39	0,78	1,18	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
22	X9D, Y10D, Y11D	0,47	0,93	1,40	1,86	2,33	2,79	3,26	3,72
23	X2D, Y3D, Y4D	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
Resistencia do prisma (MPa)		2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,5
Resistência dos blocos (MPa)		4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0

Fonte: Autoria própria.

A resistência de bloco de cada pavimento foi definida pela resistência do prisma necessário para o grupo de paredes mais desfavorável, que neste caso foi o Grupo 6.

A resistência de um prisma de blocos cerâmicos de 4MPa, de eficiência de 0,5 de é 2MPa. Desta forma, como a Tabela 13 apresenta os valores de prisma é possível constatar que este bloco pode ser utilizado do oitavo ao sexto pavimento. Para os demais é ultrapassado esse valor sendo necessário adotar blocos de resistência superior. Em função disso, foram utilizados blocos de 6 MPa para o quarto e quinto pavimento, 8 MPa para o segundo e terceiro e 10MPa para o primeiro pavimento. Isso porque as resistências de prismas para esses blocos são de 3MPa, 4MPa e 4,5MPa, respectivamente, o que garante as resistências do grupo de paredes mais solicitadas.

Os valores encontrados estão apenas atendendo a verificação de compressão simples, devendo ainda ser verificados quanto às tensões adicionais geradas pela flexão.

A Tabela 14 apresenta os valores de prisma e de bloco dos grupos de paredes para a Eficiência 02, ou seja, blocos cerâmicos com eficiência de 0,3.

Tabela 14 – Resistência característica do prisma (Fpk) e do bloco (Fbk) para cada grupo de paredes de cada pavimento utilizando a Eficiência 02

(Continua)

Grupos	Paredes	8	7	6	5	4	3	2	1
1	X1A, X5A, Y1A, Y2A	0,41	0,82	1,24	1,65	2,06	2,47	2,89	3,30
2	X4A, Y6A	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
3	X3A, X7A, X8A, Y7A, Y8A, Y9A	0,39	0,78	1,17	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
4	X9A, Y10A, Y11A	0,45	0,90	1,34	1,79	2,24	2,69	3,13	3,58
5	X2A, Y3A, Y4A	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
6	X6A, X10A, Y5A, Y12A	0,51	1,02	1,53	2,04	2,55	3,07	3,58	4,09
7	X1B, X5B, Y1B, Y2B	0,41	0,82	1,24	1,65	2,06	2,47	2,89	3,30
8	X4B, Y6B	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
9	X3B, X7B, X8B, Y7B, Y8B, Y9B	0,39	0,78	1,17	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
10	X9B, Y10B, Y11B	0,45	0,90	1,34	1,79	2,24	2,69	3,13	3,58
11	X2B, Y3B, Y4B	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
12	X6B, X10B, Y5B, Y12B	0,50	1,01	1,51	2,01	2,52	3,02	3,53	4,03
13	X1C, X5C, Y1C, Y2C	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30
14	X4C, Y6C	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
15	X3C, X7C, X8C, Y7C, Y8C, Y9C	0,39	0,78	1,17	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
16	X9C, Y10C, Y11C	0,47	0,93	1,40	1,86	2,33	2,79	3,26	3,72

Tabela 14 – Resistência característica do prisma (Fpk) e do bloco (Fbk) para cada grupo de paredes de cada pavimento utilizando a Eficiência 02

Grupos	Paredes	(Conclusão)							
		8	7	6	5	4	3	2	1
17	X2C, Y3C, Y4C	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
18	X6C, X10C, Y5C, Y12C, X1E, X6D, X10D, Y5D, Y12D	0,36	0,72	1,08	1,45	1,81	2,17	2,53	2,89
19	X1D, X5D, Y1D, Y2D	0,41	0,83	1,24	1,65	2,06	2,48	2,89	3,30
20	X4D, Y6D	0,49	0,98	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,93
21	X3D, X7D, X8D, Y7D, Y8D, Y9D	0,39	0,78	1,17	1,57	1,96	2,35	2,74	3,13
22	X9D, Y10D, Y11D	0,47	0,93	1,40	1,86	2,33	2,79	3,26	3,72
23	X2D, Y3D, Y4D	0,38	0,76	1,14	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04
Resistencia do prisma (MPa)		1,2	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	3,6	4,2
Resistência dos blocos (MPa)		4,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0

Fonte: Autoria própria.

Da mesma forma que no exemplo anterior, os blocos foram dimensionados para a pior situação. Com isso foram utilizados os blocos de 4 MPa (f_{pk}=1,2MPa) no sétimo e oitavo pavimento. No sexto foi verificada a necessidade de acréscimo de resistência passando a utilizar blocos de 6MPa (f_{pk}=1,8MPa). Para o quinto ocorreu novo acréscimo de tensões, que ultrapassaram a resistência do bloco de 6MPa, sendo utilizado então blocos de 8MPa (f_{pk}=2,4MPa). Da mesma forma para o quarto e terceiro pavimentos onde foram utilizados blocos de 10 MPa (f_{pk}=3,0MPa) e 12 MPa (f_{pk}=3,6MPa), respectivamente. No segundo pavimento foi possível manter a utilização do bloco de 12MPa. Já para o primeiro foi necessário utilizar blocos de 14MPa (f_{pk}=4,2MPa).

Na Tabela 15 estão apresentados os valores de prisma e de bloco dos grupos de paredes para a Eficiência 03, ou seja, blocos de concreto com eficiências variando de 0,70 a 0,80.

Tabela 15 – Resistência característica do prisma (Fpk) e do bloco (Fbk) para cada grupo de paredes de cada pavimento utilizando a Eficiência 03

Grupos	Paredes	8	7	6	5	4	3	2	1
1	X1A, X5A, Y1A, Y2A	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,08	3,53
2	X4A, Y6A	0,52	1,05	1,57	2,09	2,62	3,14	3,66	4,19
3	X3A, X7A, X8A, Y7A, Y8A, Y9A	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,53	2,95	3,37
4	X9A, Y10A, Y11A	0,48	0,95	1,43	1,90	2,38	2,85	3,33	3,80
5	X2A, Y3A, Y4A	0,41	0,83	1,24	1,65	2,07	2,48	2,89	3,31
6	X6A, X10A, Y5A, Y12A	0,54	1,08	1,62	2,16	2,70	3,24	3,78	4,32
7	X1B, X5B, Y1B, Y2B	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,08	3,53
8	X4B, Y6B	0,52	1,05	1,57	2,09	2,62	3,14	3,66	4,19
9	X3B, X7B, X8B, Y7B, Y8B, Y9B	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,53	2,95	3,37
10	X9B, Y10B, Y11B	0,48	0,95	1,43	1,90	2,38	2,85	3,33	3,80
11	X2B, Y3B, Y4B	0,41	0,83	1,24	1,65	2,07	2,48	2,89	3,31
12	X6B, X10B, Y5B, Y12B	0,53	1,07	1,60	2,13	2,66	3,20	3,73	4,26
13	X1C, X5C, Y1C, Y2C	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,09	3,53
14	X4C, Y6C	0,52	1,05	1,57	2,09	2,62	3,14	3,66	4,19
15	X3C, X7C, X8C, Y7C, Y8C, Y9C	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,53	2,95	3,37
16	X9C, Y10C, Y11C	0,49	0,99	1,48	1,97	2,47	2,96	3,45	3,95
17	X2C, Y3C, Y4C	0,41	0,83	1,24	1,65	2,07	2,48	2,89	3,31
18	X6C, X10C, Y5C, Y12C, X1E, X6D, X10D, Y5D, Y12D	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12
19	X1D, X5D, Y1D, Y2D	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,09	3,53
20	X4D, Y6D	0,52	1,05	1,57	2,09	2,62	3,14	3,66	4,19
21	X3D, X7D, X8D, Y7D, Y8D, Y9D	0,42	0,84	1,26	1,68	2,10	2,53	2,95	3,37
22	X9D, Y10D, Y11D	0,49	0,99	1,48	1,97	2,47	2,96	3,45	3,95
23	X2D, Y3D, Y4D	0,41	0,83	1,24	1,65	2,07	2,48	2,89	3,31
Resistencia do prisma (MPa)		3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,5	4,5
Resistência dos blocos (MPa)		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6,0	6,0

Fonte: Autoria própria.

Neste dimensionamento foi possível verificar que houve um aumento nas resistências de prisma necessárias para os grupos de paredes, em comparação com as resistências apresentadas nas Tabelas 13 e 14. Isso se deve ao aumento das cargas, devido ao maior peso próprio do bloco de concreto em relação ao cerâmico. Porém, devido a melhor eficiência dos blocos de concreto, este aumento não se refletiu nos valores finais de resistência característica a compressão dos blocos. Foi utilizada a resistência mínima de 4,5 MPa (f_{pk}=3,6MPa) do oitavo ao terceiro pavimento, necessitando apenas de 6MPa (f_{pk}=4,5MPa) no primeiro e segundo pavimentos.

Na Tabela 16 estão demonstrados os valores de resistência dos blocos de cada pavimento para as 3 eficiências.

Tabela 16 – Resistência dos blocos necessária em cada pavimento para as 3 eficiências

Eficiências	Resistência do bloco (MPa) por pavimento							
	8	7	6	5	4	3	2	1
01 - Blocos cerâmicos	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	8,0	8,0	10,0
02 - Blocos cerâmicos	4,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0
03 - Blocos de concreto	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	6,0	6,0

Fonte: Autoria própria.

Com os valores apresentados na Tabela 16 fica evidenciado como o dimensionamento a compressão simples é afetado pela eficiência dos blocos. Os mesmos valores de carregamentos para os dois edifícios em blocos cerâmicos resultaram em blocos de resistências diferentes, sendo mais altos para a eficiência menor (0,3). Já para o edifício em blocos de concreto, apesar do aumento da resistência solicitada comparado aos edifícios com blocos cerâmicos, essa é atendida com blocos de resistência inferior para os primeiros pavimentos. Quando se analisam os últimos pavimentos, a única diferença encontrada é que para blocos de concreto o valor mínimo a ser utilizado é de 4,5MPa, enquanto para blocos cerâmicos é permitida a utilização de blocos de 4MPa.

4.2 DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA SUBMETIDOS AO CISALHAMENTO

A verificação da resistência da argamassa foi realizada utilizando o limite inferior de 70 % da resistência do bloco, sendo que o valor mínimo absoluto utilizado foi de 4MPa. Na Tabela 17 estão demonstrados os valores de resistência de argamassa por pavimento para cada eficiência.

Tabela 17 – Resistência da argamassa (Fa) por pavimento para as três eficiências de blocos.

Eficiências	Resistência da argamassa por pavimento (MPa)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
01 - Blocos cerâmicos	7,0	5,6	5,6	4,2	4,2	4,0	4,0	4,0
02 - Blocos cerâmicos	9,8	8,4	8,4	7,0	5,6	4,2	4,0	4,0
03 - Blocos de concreto	4,2	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Fonte: Autoria própria.

Com os valores apresentados na Tabela 17, todos painéis de contraventamento do pavimento atenderam as verificações quanto ao cisalhamento, não necessitando aumento da resistência da argamassa em apenas algumas paredes. Isto se deu devido às cargas horizontais estarem sendo distribuídas de forma semelhante nos painéis de contraventamento do edifício, não ocorrendo então paredes excessivamente carregadas.

Foi verificado que com a diminuição da eficiência, ocorre a necessidade de aumento da resistência característica a compressão dos blocos e consequentemente, por estarem associados, no valor de resistência da argamassa.

Para os blocos de concreto além de possuírem uma eficiência maior possuem também um peso específico maior, que no caso do cisalhamento atua a favor da estrutura, ajudando na resistência dos painéis.

4.3 DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA SUBMETIDOS À FLEXO-COMPRESSÃO

Na análise da flexo-compressão foi estudada a necessidade de graute, para aumento da resistência à compressão na flexão, e a necessidade de aço para resistir os esforços de tração devido à flexão.

4.3.1 Análise da Tração na Flexo-compressão

A análise da tração foi realizada como descrito anteriormente, em todos os painéis de contraventamento nas direções x e y para as três eficiências. A partir desta análise foi verificada a quantidade de aço necessária para cada pavimento, como demonstrado na Tabela 18.

Tabela 18 – Área de aço em cada pavimento

Pavimentos	Eficiência 01		Eficiência 02		Eficiência 03	
	f_{tk} (kN/m ²)	As (cm ²)	f_{tk} (kN/m ²)	As (cm ²)	f_{tk} (kN/m ²)	As (cm ²)
1	200	201,29	250	201,29	200	201,29
2	200	182,03	250	162,74	200	162,74
3	200	124,15	250	104,86	200	104,86
4	200	75,53	200	75,53	200	65,46
5	200	40,92	200	40,92	200	32,73
6	200	0,00	200	0,00	200	0,00
7	200	0,00	200	0,00	200	0,00
8	200	0,00	200	0,00	200	0,00
Total		623,92		585,34		567,08

Fonte: Autoria própria.

Quando se analisam os dados dos blocos cerâmicos (Eficiências 01 e 02), é possível constatar que a blocos com eficiências menores necessitam uma resistência característica a compressão maior. Conseqüentemente, a resistência à compressão e à tração da argamassa é aumentada também, gerando uma necessidade de aço menor, para blocos de menor eficiência. No segundo e terceiro pavimento foi necessária uma maior utilização de aço no projeto com Eficiência 01 (0,5) do que para o projeto com Eficiência 02 (0,3). Isso porque as resistências de argamassa utilizadas foram de 5,6MPa e 8,4MPa, respectivamente.

Ao analisar os resultados de blocos de concreto (Eficiência 03), esta situação não é verificada. Isso porque pode ser constatado outro fator que influencia nos resultados, além da resistência da argamassa, ou seja, o peso próprio das

paredes, que é maior para esta situação com blocos de concreto. Com isso, os esforços de tração são reduzidos, resultando em uma menor necessidade de aço.

Alguns pavimentos resultaram em áreas de aço iguais para duas ou até para as três eficiências. Isto se deve ao fato das paredes estarem necessitando da área de aço mínima, que é independente do tipo de bloco ou da eficiência.

4.3.2 Análise da Compressão na Flexo-compressão

A análise da compressão na flexo-compressão foi realizada para todos os painéis de contraventamento nas direções x e y de todos os pavimentos para as três eficiências. Na Tabela 19 estão demonstradas as quantidades de pontos de graute necessários para suprir o acréscimo de tensão de compressão causados pela flexão.

Tabela 19 – Pontos de graute em cada pavimento

Pavimentos	Eficiência 01			Eficiência 02			Eficiência 03		
	Fbk	fd	Pontos	Fbk	fd	Pontos	Fbk	fd	Pontos
1	10	1575	117	14	1470	213	6	1575	190
2	8	1400	78	12	1260	235	6	1575	30
3	8	1400	9	12	1260	24	4,5	1260	47
4	6	1050	16	10	1050	16	4,5	1260	1
5	6	1050	0	8	840	12	4,5	1260	0
6	4	700	0	6	630	5	4,5	1260	0
7	4	700	0	4	420	0	4,5	1260	0
8	4	700	0	4	420	0	4,5	1260	0
Total			220			505			268

fd = É a resistência de cálculo à compressão simples da alvenaria, estimada como 70% da resistência característica de compressão simples do prisma (f_{pk}) e ponderada pelo coeficiente γ_m .

Fonte: Autoria própria.

O grauteamento é necessário para as paredes onde as tensões de compressão excedem a resistência de cálculo de compressão, que é em função da resistência do prisma obtida no dimensionamento à compressão simples. Comparando os dois edifícios de blocos cerâmicos, é possível verificar que para a

menor eficiência dos blocos são obtidos menores valores de resistência à compressão simples (fd), mesmo com blocos de resistência superior e com isso há um aumento no número de pontos de graute.

Com relação aos resultados, é possível constatar que a resistência da parede à compressão na flexo-compressão está associada com a resistência do prisma. Quanto maior a eficiência do prisma, maior a resistência da parede e, conseqüentemente, menor a necessidade de utilização de graute.

Para o projeto com Eficiência 02, foi necessária a maior quantidade de pontos de graute. Isso porque, apesar de utilizar as maiores resistências de blocos, quando comparado aos outros dois projetos, apresenta menores resistências de parede (fd), em função da sua baixa eficiência.

O projeto com Eficiência 03, que possui a melhor eficiência, apresentou a segunda menor quantidade de graute. É possível constatar que, no terceiro pavimento, onde a resistência do bloco foi reduzida de 6MPa para 4,5MPa, a quantidade de graute nesse projeto foi maior (47 pontos), quando comparado com os projetos de Eficiência 01 e 02, que precisaram de 9 e 24 pontos de graute, respectivamente. Isso porque nesse terceiro pavimento, as resistências de blocos utilizadas para os projetos com Eficiência 01 e 02 foram de 8 e 12MPa. Apesar de serem blocos com menores eficiências que os blocos de concreto, em função das elevadas resistências conseguiram proporcionar uma quantidade de graute menor.

Outro fator que influenciou na quantidade de graute foi o maior peso próprio dos blocos de concreto, quando comparado aos blocos cerâmicos. Isso fica evidente no primeiro pavimento, onde o edifício em blocos de concreto apresentando a mesma resistência de parede (fd) que o edifício cerâmico precisou de mais pontos de graute.

4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Após as análises apresentadas anteriormente é demonstrada uma síntese dos resultados no Quadro 2.

Projetos	Blocos (MPa)	Resistência da argamassa (MPa)	Área de aço (cm ²)	Pontos de Graute
Eficiência 01 Blocos cerâmicos com relação prisma/bloco variando de 0,45 a 0,50	1° Pavto: 10 2° e 3° Pavto: 8 4° e 5° Pavto: 6 6°, 7° e 8° Pavto: 4	1° Pavto: 7 2° e 3° Pavto: 5,6 4° e 5° Pavto: 4,2 6°, 7° e 8° Pavto: 4	623,92	220
Eficiência 02 Blocos cerâmicos com relação prisma/bloco de 0,30	1° Pavto: 14 2° e 3° Pavto: 12 4° Pavto: 10 5° Pavto: 8 6° Pavto: 6 7° e 8° Pavto: 4	1° Pavto: 9,8 2° e 3° Pavto: 8,4 4° Pavto: 7 5° Pavto: 5,6 6° Pavto: 4,2 7° e 8° Pavto: 4	585,34	505
Eficiência 03 Blocos de concreto com relação prisma/bloco variando de 0,70 a 0,80	1° e 2° Pavto: 6 3°, 4°, 5°, 6°, 7° e 8° Pavto: 4,5	1° e 2° Pavto: 4,2 3°, 4°, 5°, 6°, 7° e 8° Pavto: 4	567,08	268

Quadro 2 – Síntese de resultados.

Fonte: Autoria própria.

A partir dos cálculos e análises realizadas para as três eficiências pode-se estabelecer as seguintes considerações:

Em termos de resistência dos blocos e da argamassa o edifício de blocos de concreto de Eficiência 03 apresentou os melhores resultados, necessitando menores valores, em seguida o edifício cerâmico de Eficiência 01, e por final, apresentando os piores resultados, o edifício cerâmico de Eficiência 02.

Para a área de aço necessária o edifício em blocos de concreto também se apresentou como o mais eficiente, necessitando a menor área de aço para resistir aos esforços. Nos edifícios em blocos cerâmicos o de Eficiência 02 (menor relação prisma/bloco) apresentou menor necessidade de aço. Isto ocorreu devido aos

valores de resistência da argamassa serem mais elevados em comparação ao de Eficiência 01 (maior relação prisma/bloco cerâmico).

Com relação à quantidade de graute o edifício em blocos cerâmicos de Eficiência 01 apresentou o melhor resultado, necessitando menos pontos a serem grauteados. Em seguida, com um pouco mais de utilização de graute vem o edifício em blocos de concreto e por final o edifício de blocos cerâmicos de Eficiência 02, apresentando o pior resultado, necessitando mais pontos a serem grauteados.

O edifício em blocos cerâmicos de Eficiência 02, em comparação aos outros, foi o mais desfavorável quanto à resistência da argamassa, resistência dos blocos e quantidade de pontos de graute.

O edifício que apresentou os melhores resultados foi o de blocos de concreto com a Eficiência 03, sendo o mais econômico em resistência dos blocos, resistência da argamassa e área de aço necessária.

5 CONCLUSÃO

Com relação aos objetivos do trabalho, foi possível analisar a influência da eficiência dos blocos cerâmicos e de concreto no dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural.

As resistências dos blocos necessárias para o projeto foram identificadas através do dimensionamento a compressão simples, sendo constatada neste item a influência direta das eficiências dos blocos. O dimensionamento para eficiências menores resultaram em blocos de resistência mais elevadas. Quando comparado o pior caso (blocos cerâmicos com eficiência 0,3) com o melhor caso (blocos de concreto com eficiência de 0,7 a 0,8) foram obtidos resultados de blocos com mais do que o dobro da resistência, aproximadamente 133,33% maior.

No dimensionamento ao cisalhamento foram constatadas que as resistências de argamassas utilizadas atendiam aos esforços horizontais, não necessitando de aumento de resistência ou de utilização de armaduras de reforço. Também foi constatado que a resistência da argamassa sofre influência da eficiência do bloco, uma vez que depende da resistência do bloco.

A análise da eficiência dos blocos no dimensionamento a flexo-compressão foi realizada verificando a área de aço e a quantidade de pontos de graute necessária para cada eficiência.

A área de aço não demonstrou grande variação entre os dimensionamentos analisados. Foi verificado que para as paredes mais solicitadas, o valor mínimo de aço já atende aos esforços de tração.

Já a quantidade de pontos de graute apresentou mais variação. Foi observado nos edifícios em blocos cerâmicos que blocos de menor eficiência resultam em resistência de compressão de parede inferior e, conseqüentemente, em mais pontos de graute necessários. Como opção, a resistência de compressão das paredes poderia ser elevada utilizando blocos de resistência superior, o que resultaria em menos pontos de graute. Mas para isso seria necessário um estudo de viabilidade econômica para cada caso.

Desta forma, os objetivos do estudo foram alcançados, sendo que os resultados, em conjunto com análises de disponibilidade do material no mercado,

aceitação do cliente, preço, entre outros, podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos mais eficientes em alvenaria estrutural.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos que possam dar continuidade a este estudo tem-se:

- Realizar estudo de viabilidade econômica para os resultados encontrados neste trabalho.
- Avaliar a viabilidade econômica de aumentar a resistência dos blocos para reduzir a necessidade de graute.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Alvenaria com blocos de concreto: Como escolher e controlar a qualidade dos blocos**. Disponível em: < http://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/08/pr1_alvenaria_estrutural.pdf >. Acesso em: 4 abril 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural: Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural: Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural: Blocos de concreto Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural: Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

CAMACHO, Jefferson S. **Projeto de edifício de alvenaria estrutural**. Universidade Estadual Paulista, Ilha solteira, São Paulo, 2006.

CAPUZZO NETO, Valentim.; **Interação de paredes em alvenaria estrutural cerâmica sob ações verticais**. 2005. 322 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. **Argamassa de assentamento: receita, dosagem ou adequação de traço?**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1º, Goiânia, 1995. Artigo técnico.

FORTES, Ernesto S. **Influência do capeamento e caracterização da resistência a compressão de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. 2012. 303 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

FREIRE, Bruno S. **Sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco de concreto**. 2007. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007.

HELENA JÚNIOR, Flávio. **Contribuição para o projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, L. A. P. **Estudo do desempenho dos grautes com adições para enchimento de blocos de alvenaria estrutural**. 1986. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

PARSEKIAN, Guilherme A.; HAMID, Ahmad A.; DRYSDALE, Robert G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

PARSEKIAN, Guilherme A.; SOARES, Márcia M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; OLIVEIRA, L.; BEDIN, C.A. **Alvenaria Estrutural em blocos de concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de edifício de alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003.

REBOREDO, André R. **Dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto: Comentários sobre a NBR 15961-1 (2011)**. 2013. 173 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOARES, Márcia M. M. **Especificação, execução e controle de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos de acordo com a NBR 15812**. 2011. 187 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

APÊNDICE A – Distribuição das cargas das lajes sobre as paredes

Tabela 20 – Distribuição das cargas das lajes sobre as paredes

(Continua)

Parede	Área da Laje (m ²) Q=1,5kN/m ²	Área da Laje (m ²) Q=2,0kN/m ²	Laje G (kN)	Laje Q (kN)
X1A	3,187		11,155	4,781
X5A	3,842		13,447	5,763
Y1A	1,134		3,969	1,701
Y2A	6,920		24,219	10,379
X4A	7,157		25,049	10,735
Y6A	0,228		0,797	0,342
X3A	0,228		0,797	0,342
X7A	6,334		22,168	9,501
X8A	0,979		3,426	1,468
Y7A	0,681		2,382	1,021
Y8A	0,866		3,032	1,299
Y9A	0,586		2,052	0,879
X9A	9,043		31,649	13,564
Y10A	0,900		3,151	1,350
Y11A	9,088		31,808	13,632
X2A	0,583	0,334	3,208	1,541
Y3A	1,195	0,880	7,262	3,552
Y4A	0,000	0,508	1,778	1,016
X6A	2,551	0,578	10,949	4,981
X10A	1,569		5,493	2,354
Y5A	1,013	0,853	6,531	3,225
Y12A	11,447	0,493	41,790	18,156
X1B	3,187		11,155	4,781
X5B	3,842		13,447	5,763
Y1B	1,134		3,969	1,701
Y2B	6,920		24,219	10,379
X4B	7,157		25,049	10,735
Y6B	0,228		0,797	0,342
X3B	0,228		0,797	0,342
X7B	6,334		22,168	9,501
X8B	0,979		3,426	1,468
Y7B	0,681		2,382	1,021
Y8B	0,866		3,032	1,299
Y9B	0,586		2,052	0,879
X9B	9,043		31,649	13,564
Y10B	0,900		3,151	1,350
Y11B	9,088		31,808	13,632
X2B	0,583	0,334	3,208	1,541
Y3B	1,195	0,880	7,262	3,552
Y4B	0,000	0,508	1,778	1,016
X6B	2,551	0,578	10,949	4,981
X10B	3,729		13,053	5,594
Y5B	1,013	0,853	6,531	3,225
Y12B	11,447	0,493	41,790	18,156

Tabela 20 – Distribuição das cargas das lajes sobre as paredes

(Conclusão)

Parede	Área da Laje (m ²) Q=1,5kN/m ²	Área da Laje (m ²) Q=2,0kN/m ²	Laje G (kN)	Laje Q (kN)
X1C	3,187		11,155	4,781
X5C	3,848		13,466	5,771
Y1C	1,134		3,969	1,701
Y2C	6,920		24,219	10,379
X4C	7,157		25,049	10,735
Y6C	0,228		0,797	0,342
X3C	0,228		0,797	0,342
X7C	6,334		22,168	9,501
X8C	0,979		3,426	1,468
Y7C	0,681		2,382	1,021
Y8C	0,866		3,032	1,299
Y9C	0,586		2,052	0,879
X9C	9,974		34,910	14,961
Y10C	0,900		3,151	1,350
Y11C	9,364		32,773	14,046
X2C	0,583	0,334	3,208	1,541
Y3C	1,195	0,880	7,262	3,552
Y4C	0,000	0,508	1,778	1,016
X6C	3,174	0,578	13,131	5,917
X10C	2,003		7,012	3,005
Y5C	1,013	0,853	6,531	3,225
Y12C	3,754	0,493	14,864	6,617
X1E	0,000		0,000	0,000
X6D	3,174	0,578	13,131	5,917
X10D	2,003		7,012	3,005
Y5D	1,013	0,853	6,531	3,225
Y12D	3,754	0,493	14,864	6,617
X1D	3,187		11,155	4,781
X5D	3,848		13,466	5,771
Y1D	1,134		3,969	1,701
Y2D	6,920		24,219	10,379
X4D	7,157		25,049	10,735
Y6D	0,228		0,797	0,342
X3D	0,228		0,797	0,342
X7D	6,334		22,168	9,501
X8D	0,979		3,426	1,468
Y7D	0,681		2,382	1,021
Y8D	0,866		3,032	1,299
Y9D	0,586		2,052	0,879
X9D	9,974		34,910	14,961
Y10D	0,900		3,151	1,350
Y11D	9,364		32,773	14,046
X2D	0,583	0,334	3,208	1,541
Y3D	1,195	0,880	7,262	3,552
Y4D	0,000	0,508	1,778	1,016

APÊNDICE B – Distribuição das cargas das paredes

Tabela 21 – Distribuição das cargas das paredes para as Eficiências 01 e 02

(Continua)

Parede	L (m)	Peso Próprio Parede (kN)	Comprimento Janela (m)	Comprimento Porta (m)	Peso Próprio Aberturas (kN)
X1A	4,425	20,815	0,75		2,268
X5A	1,570	7,385		0,53	0,534
Y1A	0,825	3,881	0,75		2,016
Y2A	3,300	15,523			0,000
X4A	2,995	14,088	0,30	1,06	2,177
Y6A	0,975	4,586	0,75		2,016
X3A	0,375	1,764	0,30		1,109
X7A	3,300	15,523			0,000
X8A	0,670	3,152		1,06	1,068
Y7A	1,650	7,762			0,000
Y8A	0,670	3,152		0,91	0,917
Y9A	0,675	3,175	0,75		2,016
X9A	6,820	32,081		0,46	0,459
Y10A	0,675	3,175	0,75		2,016
Y11A	3,525	16,582	0,60		1,613
X2A	2,025	9,526	0,75		2,268
Y3A	0,820	3,857		0,46	0,459
Y4A	0,525	2,470	0,75		2,268
X6A	1,945	9,149	0,75	0,53	2,802
X10A	0,440	2,070		0,91	0,917
Y5A	0,970	4,563		0,46	0,459
Y12A	5,775	27,166	0,75		2,268
X1B	4,425	20,815	0,75		2,268
X5B	1,570	7,385		0,53	0,534
Y1B	0,825	3,881	0,75		2,016
Y2B	3,300	15,523			0,000
X4B	2,995	14,088	0,30	1,06	2,177
Y6B	0,975	4,586	0,75		2,016
X3B	0,375	1,764	0,30		1,109
X7B	3,300	15,523			0,000
X8B	0,670	3,152		1,06	1,068
Y7B	1,650	7,762			0,000
Y8B	0,670	3,152		0,91	0,917
Y9B	0,675	3,175	0,75		2,016
X9B	6,820	32,081		0,46	0,459
Y10B	0,675	3,175	0,75		2,016
Y11B	3,525	16,582	0,60		1,613
X2B	2,025	9,526	0,75		2,268
Y3B	0,820	3,857		0,46	0,459
Y4B	0,525	2,470	0,75		2,268
X6B	1,945	9,149	0,75	0,53	2,802
X10B	1,640	7,715		0,91	0,917
Y5B	0,970	4,563		0,46	0,459
Y12B	5,775	27,166	0,75		2,268

Tabela 21 – Distribuição das cargas das paredes para as Eficiências 01 e 02

(Conclusão)

Parede	L (m)	Peso Próprio Parede (kN)	Comprimento Janela (m)	Comprimento Porta (m)	Peso Próprio Aberturas (kN)
X1C	4,425	20,815	0,75		2,268
X5C	1,570	7,385		0,53	0,534
Y1C	0,825	3,881	0,75		2,016
Y2C	3,300	15,523			0,000
X4C	2,995	14,088	0,30	1,06	2,177
Y6C	0,975	4,586	0,75		2,016
X3C	0,375	1,764	0,30		1,109
X7C	3,300	15,523			0,000
X8C	0,670	3,152		1,06	1,068
Y7C	1,650	7,762			0,000
Y8C	0,670	3,152		0,91	0,917
Y9C	0,675	3,175	0,75		2,016
X9C	6,820	32,081		0,46	0,459
Y10C	0,675	3,175	0,75		2,016
Y11C	3,525	16,582	0,60		1,613
X2C	2,025	9,526	0,75		2,268
Y3C	0,820	3,857		0,46	0,459
Y4C	0,525	2,470	0,75		2,268
X6C	1,420	6,680		0,53	0,534
X10C	0,740	3,481		1,21	1,220
Y5C	0,970	4,563		0,46	0,459
Y12C	5,775	27,166	0,75		2,268
X1E	2,550	11,995			0,000
X6D	1,420	6,680		0,53	0,534
X10D	0,740	3,481		1,21	1,220
Y5D	0,970	4,563		0,46	0,459
Y12D	5,775	27,166	0,75		2,268
X1D	4,425	20,815	0,75		2,268
X5D	1,570	7,385		0,53	0,534
Y1D	0,825	3,881	0,75		2,016
Y2D	3,300	15,523			0,000
X4D	2,995	14,088	0,30	1,06	2,177
Y6D	0,975	4,586	0,75		2,016
X3D	0,375	1,764	0,30		1,109
X7D	3,300	15,523			0,000
X8D	0,670	3,152		1,06	1,068
Y7D	1,650	7,762			0,000
Y8D	0,670	3,152		0,91	0,917
Y9D	0,675	3,175	0,75		2,016
X9D	6,820	32,081		0,46	0,459
Y10D	0,675	3,175	0,75		2,016
Y11D	3,525	16,582	0,60		1,613
X2D	2,025	9,526	0,75		2,268
Y3D	0,820	3,857		0,46	0,459
Y4D	0,525	2,470	0,75		2,268

Tabela 22 – Distribuição das cargas das paredes para a Eficiência 03

(Continua)

Parede	L (m)	Peso Próprio Parede (kN)	Comprimento Janela (m)	Comprimento Porta (m)	Peso Próprio Aberturas (kN)
X1A	4,425	24,284	0,75		2,646
X5A	1,570	8,616		0,53	0,623
Y1A	0,825	4,528	0,75		2,352
Y2A	3,300	18,110			0,000
X4A	2,995	16,437	0,30	1,06	2,540
Y6A	0,975	5,351	0,75		2,352
X3A	0,375	2,058	0,30		1,294
X7A	3,300	18,110			0,000
X8A	0,670	3,677		1,06	1,247
Y7A	1,650	9,055			0,000
Y8A	0,670	3,677		0,91	1,070
Y9A	0,675	3,704	0,75		2,352
X9A	6,820	37,428		0,46	0,535
Y10A	0,675	3,704	0,75		2,352
Y11A	3,525	19,345	0,60		1,882
X2A	2,025	11,113	0,75		2,646
Y3A	0,820	4,500		0,46	0,535
Y4A	0,525	2,881	0,75		2,646
X6A	1,945	10,674	0,75	0,53	3,269
X10A	0,440	2,415		0,91	1,070
Y5A	0,970	5,323		0,46	0,535
Y12A	5,775	31,693	0,75		2,646
X1B	4,425	24,284	0,75		2,646
X5B	1,570	8,616		0,53	0,623
Y1B	0,825	4,528	0,75		2,352
Y2B	3,300	18,110			0,000
X4B	2,995	16,437	0,30	1,06	2,540
Y6B	0,975	5,351	0,75		2,352
X3B	0,375	2,058	0,30		1,294
X7B	3,300	18,110			0,000
X8B	0,670	3,677		1,06	1,247
Y7B	1,650	9,055			0,000
Y8B	0,670	3,677		0,91	1,070
Y9B	0,675	3,704	0,75		2,352
X9B	6,820	37,428		0,46	0,535
Y10B	0,675	3,704	0,75		2,352
Y11B	3,525	19,345	0,60		1,882
X2B	2,025	11,113	0,75		2,646
Y3B	0,820	4,500		0,46	0,535
Y4B	0,525	2,881	0,75		2,646
X6B	1,945	10,674	0,75	0,53	3,269
X10B	1,640	9,000		0,91	1,070
Y5B	0,970	5,323		0,46	0,535
Y12B	5,775	31,693	0,75		2,646

Tabela 22 – Distribuição das cargas das paredes para a Eficiência 03

(Conclusão)

Parede	L (m)	Peso Próprio Parede (kN)	Comprimento Janela (m)	Comprimento Porta (m)	Peso Próprio Aberturas (kN)
X1C	4,425	24,284	0,75		2,646
X5C	1,570	8,616		0,53	0,623
Y1C	0,825	4,528	0,75		2,352
Y2C	3,300	18,110			0,000
X4C	2,995	16,437	0,30	1,06	2,540
Y6C	0,975	5,351	0,75		2,352
X3C	0,375	2,058	0,30		1,294
X7C	3,300	18,110			0,000
X8C	0,670	3,677		1,06	1,247
Y7C	1,650	9,055			0,000
Y8C	0,670	3,677		0,91	1,070
Y9C	0,675	3,704	0,75		2,352
X9C	6,820	37,428		0,46	0,535
Y10C	0,675	3,704	0,75		2,352
Y11C	3,525	19,345	0,60		1,882
X2C	2,025	11,113	0,75		2,646
Y3C	0,820	4,500		0,46	0,535
Y4C	0,525	2,881	0,75		2,646
X6C	1,420	7,793		0,53	0,623
X10C	0,740	4,061		1,21	1,423
Y5C	0,970	5,323		0,46	0,535
Y12C	5,775	31,693	0,75		2,646
X1E	2,550	13,994			0,000
X6D	1,420	7,793		0,53	0,623
X10D	0,740	4,061		1,21	1,423
Y5D	0,970	5,323		0,46	0,535
Y12D	5,775	31,693	0,75		2,646
X1D	4,425	24,284	0,75		2,646
X5D	1,570	8,616		0,53	0,623
Y1D	0,825	4,528	0,75		2,352
Y2D	3,300	18,110			0,000
X4D	2,995	16,437	0,30	1,06	2,540
Y6D	0,975	5,351	0,75		2,352
X3D	0,375	2,058	0,30		1,294
X7D	3,300	18,110			0,000
X8D	0,670	3,677		1,06	1,247
Y7D	1,650	9,055			0,000
Y8D	0,670	3,677		0,91	1,070
Y9D	0,675	3,704	0,75		2,352
X9D	6,820	37,428		0,46	0,535
Y10D	0,675	3,704	0,75		2,352
Y11D	3,525	19,345	0,60		1,882
X2D	2,025	11,113	0,75		2,646
Y3D	0,820	4,500		0,46	0,535
Y4D	0,525	2,881	0,75		2,646

APÊNDICE C – Distribuição das cargas verticais sobre as paredes estruturais do edifício de um pavimento

Tabela 23 – Distribuição das cargas verticais para as Eficiências 01 e 02

(Continua)

Parede	L (m)	Total G (kN)	Total Q (kN)	Total G+Q (kN)
X1A	4,425	34,238	4,781	39,018
X5A	1,570	21,366	5,763	27,129
Y1A	0,825	9,866	1,701	11,567
Y2A	3,300	39,742	10,379	50,121
X4A	2,995	41,315	10,735	52,051
Y6A	0,975	7,400	0,342	7,741
X3A	0,375	3,670	0,342	4,012
X7A	3,300	37,691	9,501	47,192
X8A	0,670	7,646	1,468	9,114
Y7A	1,650	10,144	1,021	11,165
Y8A	0,670	7,101	1,299	8,400
Y9A	0,675	7,243	0,879	8,122
X9A	6,820	64,189	13,564	77,753
Y10A	0,675	8,342	1,350	9,693
Y11A	3,525	50,003	13,632	63,635
X2A	2,025	15,001	1,541	16,543
Y3A	0,820	11,578	3,552	15,130
Y4A	0,525	6,515	1,016	7,531
X6A	1,945	22,900	4,981	27,882
X10A	0,440	8,480	2,354	10,834
Y5A	0,970	11,552	3,225	14,778
Y12A	5,775	71,223	18,156	89,380
X1B	4,425	34,238	4,781	39,018
X5B	1,570	21,366	5,763	27,129
Y1B	0,825	9,866	1,701	11,567
Y2B	3,300	39,742	10,379	50,121
X4B	2,995	41,315	10,735	52,051
Y6B	0,975	7,400	0,342	7,741
X3B	0,375	3,670	0,342	4,012
X7B	3,300	37,691	9,501	47,192
X8B	0,670	7,646	1,468	9,114
Y7B	1,650	10,144	1,021	11,165
Y8B	0,670	7,101	1,299	8,400
Y9B	0,675	7,243	0,879	8,122
X9B	6,820	64,189	13,564	77,753
Y10B	0,675	8,342	1,350	9,693
Y11B	3,525	50,003	13,632	63,635
X2B	2,025	15,001	1,541	16,543
Y3B	0,820	11,578	3,552	15,130
Y4B	0,525	6,515	1,016	7,531
X6B	1,945	22,900	4,981	27,882
X10B	1,640	21,685	5,594	27,279
Y5B	0,970	11,552	3,225	14,778
Y12B	5,775	71,223	18,156	89,380

Tabela 23 – Distribuição das cargas verticais para as Eficiências 01 e 02

(Conclusão)

Parede	L (m)	Total G (kN)	Total Q (kN)	Total G+Q (kN)
X1C	4,425	34,238	4,781	39,018
X5C	1,570	21,386	5,771	27,157
Y1C	0,825	9,866	1,701	11,567
Y2C	3,300	39,742	10,379	50,121
X4C	2,995	41,315	10,735	52,051
Y6C	0,975	7,400	0,342	7,741
X3C	0,375	3,670	0,342	4,012
X7C	3,300	37,691	9,501	47,192
X8C	0,670	7,646	1,468	9,114
Y7C	1,650	10,144	1,021	11,165
Y8C	0,670	7,101	1,299	8,400
Y9C	0,675	7,243	0,879	8,122
X9C	6,820	67,450	14,961	82,411
Y10C	0,675	8,342	1,350	9,693
Y11C	3,525	50,967	14,046	65,013
X2C	2,025	15,001	1,541	16,543
Y3C	0,820	11,578	3,552	15,130
Y4C	0,525	6,515	1,016	7,531
X6C	1,420	20,345	5,917	26,262
X10C	0,740	11,712	3,005	14,717
Y5C	0,970	11,552	3,225	14,778
Y12C	5,775	44,298	6,617	50,914
X1E	2,550	11,995	0,000	11,995
X6D	1,420	20,345	5,917	26,262
X10D	0,740	11,712	3,005	14,717
Y5D	0,970	11,552	3,225	14,778
Y12D	5,775	44,298	6,617	50,914
X1D	4,425	34,238	4,781	39,018
X5D	1,570	21,386	5,771	27,157
Y1D	0,825	9,866	1,701	11,567
Y2D	3,300	39,742	10,379	50,121
X4D	2,995	41,315	10,735	52,051
Y6D	0,975	7,400	0,342	7,741
X3D	0,375	3,670	0,342	4,012
X7D	3,300	37,691	9,501	47,192
X8D	0,670	7,646	1,468	9,114
Y7D	1,650	10,144	1,021	11,165
Y8D	0,670	7,101	1,299	8,400
Y9D	0,675	7,243	0,879	8,122
X9D	6,820	67,450	14,961	82,411
Y10D	0,675	8,342	1,350	9,693
Y11D	3,525	50,967	14,046	65,013
X2D	2,025	15,001	1,541	16,543
Y3D	0,820	11,578	3,552	15,130
Y4D	0,525	6,515	1,016	7,531

Tabela 24 – Distribuição das cargas verticais para a Eficiência 03

(Continua)

Parede	L (m)	Total G (kN)	Total Q (kN)	Total G+Q (kN)
X1A	4,425	38,085	4,781	42,866
X5A	1,570	22,686	5,763	28,449
Y1A	0,825	10,849	1,701	12,550
Y2A	3,300	42,329	10,379	52,709
X4A	2,995	44,026	10,735	54,761
Y6A	0,975	8,500	0,342	8,842
X3A	0,375	4,149	0,342	4,491
X7A	3,300	40,279	9,501	49,779
X8A	0,670	8,349	1,468	9,817
Y7A	1,650	11,437	1,021	12,458
Y8A	0,670	7,779	1,299	9,078
Y9A	0,675	8,108	0,879	8,987
X9A	6,820	69,612	13,564	83,176
Y10A	0,675	9,208	1,350	10,558
Y11A	3,525	53,035	13,632	66,667
X2A	2,025	16,967	1,541	18,508
Y3A	0,820	12,297	3,552	15,850
Y4A	0,525	7,305	1,016	8,321
X6A	1,945	24,892	4,981	29,873
X10A	0,440	8,978	2,354	11,332
Y5A	0,970	12,389	3,225	15,614
Y12A	5,775	76,129	18,156	94,285
X1B	4,425	38,085	4,781	42,866
X5B	1,570	22,686	5,763	28,449
Y1B	0,825	10,849	1,701	12,550
Y2B	3,300	42,329	10,379	52,709
X4B	2,995	44,026	10,735	54,761
Y6B	0,975	8,500	0,342	8,842
X3B	0,375	4,149	0,342	4,491
X7B	3,300	40,279	9,501	49,779
X8B	0,670	8,349	1,468	9,817
Y7B	1,650	11,437	1,021	12,458
Y8B	0,670	7,779	1,299	9,078
Y9B	0,675	8,108	0,879	8,987
X9B	6,820	69,612	13,564	83,176
Y10B	0,675	9,208	1,350	10,558
Y11B	3,525	53,035	13,632	66,667
X2B	2,025	16,967	1,541	18,508
Y3B	0,820	12,297	3,552	15,850
Y4B	0,525	7,305	1,016	8,321
X6B	1,945	24,892	4,981	29,873
X10B	1,640	23,123	5,594	28,717
Y5B	0,970	12,389	3,225	15,614
Y12B	5,775	76,129	18,156	94,285

Tabela 24 – Distribuição das cargas verticais para a Eficiência 03

(Conclusão)

Parede	L (m)	Total G (kN)	Total Q (kN)	Total G+Q (kN)
X1C	4,425	38,085	4,781	42,866
X5C	1,570	22,706	5,771	28,477
Y1C	0,825	10,849	1,701	12,550
Y2C	3,300	42,329	10,379	52,709
X4C	2,995	44,026	10,735	54,761
Y6C	0,975	8,500	0,342	8,842
X3C	0,375	4,149	0,342	4,491
X7C	3,300	40,279	9,501	49,779
X8C	0,670	8,349	1,468	9,817
Y7C	1,650	11,437	1,021	12,458
Y8C	0,670	7,779	1,299	9,078
Y9C	0,675	8,108	0,879	8,987
X9C	6,820	72,873	14,961	87,835
Y10C	0,675	9,208	1,350	10,558
Y11C	3,525	54,000	14,046	68,045
X2C	2,025	16,967	1,541	18,508
Y3C	0,820	12,297	3,552	15,850
Y4C	0,525	7,305	1,016	8,321
X6C	1,420	21,548	5,917	27,464
X10C	0,740	12,496	3,005	15,501
Y5C	0,970	12,389	3,225	15,614
Y12C	5,775	49,203	6,617	55,820
X1E	2,550	13,994	0,000	13,994
X6D	1,420	21,548	5,917	27,464
X10D	0,740	12,496	3,005	15,501
Y5D	0,970	12,389	3,225	15,614
Y12D	5,775	49,203	6,617	55,820
X1D	4,425	38,085	4,781	42,866
X5D	1,570	22,706	5,771	28,477
Y1D	0,825	10,849	1,701	12,550
Y2D	3,300	42,329	10,379	52,709
X4D	2,995	44,026	10,735	54,761
Y6D	0,975	8,500	0,342	8,842
X3D	0,375	4,149	0,342	4,491
X7D	3,300	40,279	9,501	49,779
X8D	0,670	8,349	1,468	9,817
Y7D	1,650	11,437	1,021	12,458
Y8D	0,670	7,779	1,299	9,078
Y9D	0,675	8,108	0,879	8,987
X9D	6,820	72,873	14,961	87,835
Y10D	0,675	9,208	1,350	10,558
Y11D	3,525	54,000	14,046	68,045
X2D	2,025	16,967	1,541	18,508
Y3D	0,820	12,297	3,552	15,850
Y4D	0,525	7,305	1,016	8,321

APÊNDICE D – Distribuição das cargas verticais sobre os grupos isolados de paredes

Tabela 25 – Distribuição das cargas verticais para as Eficiências 01 e 02

Grupo	Carga Pavimento (kN/m)															
	8		7		6		5		4		3		2		1	
	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q
1	10,40	2,24	20,79	4,47	31,19	6,71	41,59	8,94	51,98	11,18	62,38	13,41	72,77	15,65	83,17	17,88
2	12,27	2,79	24,54	5,58	36,81	8,37	49,08	11,16	61,35	13,95	73,62	16,74	85,90	19,53	98,17	22,32
3	10,01	1,98	20,03	3,95	30,04	5,93	40,05	7,91	50,06	9,88	60,08	11,86	70,09	13,84	80,10	15,81
4	11,12	2,59	22,24	5,18	33,36	7,77	44,48	10,36	55,60	12,95	66,72	15,54	77,83	18,13	88,95	20,72
5	9,82	1,81	19,64	3,63	29,46	5,44	39,28	7,25	49,10	9,06	58,92	10,88	68,74	12,69	78,56	14,50
6	12,50	3,15	25,01	6,29	37,51	9,44	50,01	12,58	62,52	15,73	75,02	18,87	87,52	22,02	100,03	25,16
7	10,40	2,24	20,79	4,47	31,19	6,71	41,59	8,94	51,98	11,18	62,38	13,41	72,77	15,65	83,17	17,88
8	12,27	2,79	24,54	5,58	36,81	8,37	49,08	11,16	61,35	13,95	73,62	16,74	85,90	19,53	98,17	22,32
9	10,01	1,98	20,03	3,95	30,04	5,93	40,05	7,91	50,06	9,88	60,08	11,86	70,09	13,84	80,10	15,81
10	11,12	2,59	22,24	5,18	33,36	7,77	44,48	10,36	55,60	12,95	66,72	15,54	77,83	18,13	88,95	20,72
11	9,82	1,81	19,64	3,63	29,46	5,44	39,28	7,25	49,10	9,06	58,92	10,88	68,74	12,69	78,56	14,50
12	12,33	3,09	24,66	6,19	36,99	9,28	49,32	12,37	61,65	15,47	73,98	18,56	86,30	21,66	98,63	24,75
13	10,40	2,24	20,80	4,47	31,20	6,71	41,59	8,95	51,99	11,18	62,39	13,42	72,79	15,65	83,19	17,89
14	12,27	2,79	24,54	5,58	36,81	8,37	49,08	11,16	61,35	13,95	73,62	16,74	85,90	19,53	98,17	22,32
15	10,01	1,98	20,03	3,95	30,04	5,93	40,05	7,91	50,06	9,88	60,08	11,86	70,09	13,84	80,10	15,81
16	11,50	2,75	23,01	5,51	34,51	8,26	46,01	11,02	57,51	13,77	69,02	16,53	80,52	19,28	92,02	22,04
17	9,82	1,81	19,64	3,63	29,46	5,44	39,28	7,25	49,10	9,06	58,92	10,88	68,74	12,69	78,56	14,50
18	9,22	1,84	18,45	3,69	27,67	5,53	36,90	7,37	46,12	9,22	55,35	11,06	64,57	12,90	73,80	14,75
19	10,40	2,24	20,80	4,47	31,20	6,71	41,59	8,95	51,99	11,18	62,39	13,42	72,79	15,65	83,19	17,89
20	12,27	2,79	24,54	5,58	36,81	8,37	49,08	11,16	61,35	13,95	73,62	16,74	85,90	19,53	98,17	22,32
21	10,01	1,98	20,03	3,95	30,04	5,93	40,05	7,91	50,06	9,88	60,08	11,86	70,09	13,84	80,10	15,81
22	11,50	2,75	23,01	5,51	34,51	8,26	46,01	11,02	57,51	13,77	69,02	16,53	80,52	19,28	92,02	22,04
23	9,82	1,81	19,64	3,63	29,46	5,44	39,28	7,25	49,10	9,06	58,92	10,88	68,74	12,69	78,56	14,50

Tabela 26 – Distribuição das cargas verticais para a Eficiência 03

Grupo	Carga Pavimento (kN/m)															
	8		7		6		5		4		3		2		1	
	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q	G	Q
1	11,26	2,24	22,52	4,47	33,78	6,71	45,04	8,94	56,30	11,18	67,56	13,41	78,82	15,65	90,08	17,88
2	13,23	2,79	26,46	5,58	39,69	8,37	52,92	11,16	66,15	13,95	79,38	16,74	92,62	19,53	105,85	22,32
3	10,91	1,98	21,83	3,95	32,74	5,93	43,65	7,91	54,56	9,88	65,48	11,86	76,39	13,84	87,30	15,81
4	11,97	2,59	23,93	5,18	35,90	7,77	47,86	10,36	59,83	12,95	71,79	15,54	83,76	18,13	95,72	20,72
5	10,85	1,81	21,70	3,63	32,55	5,44	43,41	7,25	54,26	9,06	65,11	10,88	75,96	12,69	86,81	14,50
6	13,41	3,15	26,81	6,29	40,22	9,44	53,62	12,58	67,03	15,73	80,43	18,87	93,84	22,02	107,24	25,16
7	11,26	2,24	22,52	4,47	33,78	6,71	45,04	8,94	56,30	11,18	67,56	13,41	78,82	15,65	90,08	17,88
8	13,23	2,79	26,46	5,58	39,69	8,37	52,92	11,16	66,15	13,95	79,38	16,74	92,62	19,53	105,85	22,32
9	10,91	1,98	21,83	3,95	32,74	5,93	43,65	7,91	54,56	9,88	65,48	11,86	76,39	13,84	87,30	15,81
10	11,97	2,59	23,93	5,18	35,90	7,77	47,86	10,36	59,83	12,95	71,79	15,54	83,76	18,13	95,72	20,72
11	10,85	1,81	21,70	3,63	32,55	5,44	43,41	7,25	54,26	9,06	65,11	10,88	75,96	12,69	86,81	14,50
12	13,22	3,09	26,43	6,19	39,65	9,28	52,87	12,37	66,09	15,47	79,30	18,56	92,52	21,66	105,74	24,75
13	11,26	2,24	22,52	4,47	33,79	6,71	45,05	8,95	56,31	11,18	67,57	13,42	78,83	15,65	90,09	17,89
14	13,23	2,79	26,46	5,58	39,69	8,37	52,92	11,16	66,15	13,95	79,38	16,74	92,62	19,53	105,85	22,32
15	10,91	1,98	21,83	3,95	32,74	5,93	43,65	7,91	54,56	9,88	65,48	11,86	76,39	13,84	87,30	15,81
16	12,35	2,75	24,70	5,51	37,05	8,26	49,39	11,02	61,74	13,77	74,09	16,53	86,44	19,28	98,79	22,04
17	10,85	1,81	21,70	3,63	32,55	5,44	43,41	7,25	54,26	9,06	65,11	10,88	75,96	12,69	86,81	14,50
18	10,08	1,84	20,16	3,69	30,25	5,53	40,33	7,37	50,41	9,22	60,49	11,06	70,57	12,90	80,65	14,75
19	11,26	2,24	22,52	4,47	33,79	6,71	45,05	8,95	56,31	11,18	67,57	13,42	78,83	15,65	90,09	17,89
20	13,23	2,79	26,46	5,58	39,69	8,37	52,92	11,16	66,15	13,95	79,38	16,74	92,62	19,53	105,85	22,32
21	10,91	1,98	21,83	3,95	32,74	5,93	43,65	7,91	54,56	9,88	65,48	11,86	76,39	13,84	87,30	15,81
22	12,35	2,75	24,70	5,51	37,05	8,26	49,39	11,02	61,74	13,77	74,09	16,53	86,44	19,28	98,79	22,04
23	10,85	1,81	21,70	3,63	32,55	5,44	43,41	7,25	54,26	9,06	65,11	10,88	75,96	12,69	86,81	14,50

APÊNDICE E – Forças horizontais atuantes em cada pavimento nas direções x e y

Tabela 27 – Esforços horizontais na direção y para as Eficiências 01 e 02

Pavimento	Força Vento (kN)	Força Desaprumo (kN)	Força Total (kN)	F _{total} (Acumulado) (kN)	Momento (kN.m)
8	79,99	5,08	85,07	85,07	238,19
7	77,36	5,08	82,44	167,51	707,21
6	74,44	5,08	79,52	247,02	1398,88
5	71,12	5,08	76,20	323,22	2303,90
4	67,26	5,08	72,34	395,56	3411,48
3	62,59	5,08	67,67	463,24	4708,54
2	56,56	5,08	61,64	524,88	6178,19
1	47,56	5,08	52,64	577,51	7795,23

Tabela 28 - Esforços horizontais na direção x para a Eficiência 03

Pavimento	Força Vento (kN)	Força Desaprumo (kN)	Força Total (kN)	F _{total} (Acumulado) (kN)	Momento (kN.m)
8	61,57	5,42	66,99	66,99	187,57
7	59,55	5,42	64,97	131,96	557,06
6	57,30	5,42	62,72	194,68	1102,15
5	54,74	5,42	60,16	254,84	1815,71
4	51,77	5,42	57,19	312,04	2689,41
3	48,18	5,42	53,60	365,64	3713,19
2	43,54	5,42	48,96	414,59	4874,05
1	36,61	5,42	42,03	456,62	6152,60

Tabela 29 - Esforços horizontais na direção y para a Eficiência 03

Pavimento	Força Vento (kN)	Força Desaprumo (kN)	Força Total (kN)	F _{total} (Acumulado) (kN)	Momento (kN.m)
8	79,99	5,42	85,41	85,41	239,15
7	77,36	5,42	82,78	168,20	710,10
6	74,44	5,42	79,86	248,05	1404,65
5	71,12	5,42	76,54	324,60	2313,52
4	67,26	5,42	72,68	397,28	3425,91
3	62,59	5,42	68,02	465,30	4728,75
2	56,56	5,42	61,98	527,28	6205,14
1	47,56	5,42	52,98	580,26	7829,88

APÊNDICE F – Propriedades das paredes de contraventamento nas direções x e y

Tabela 30 – Propriedades das paredes de contraventamento na direção x

Paredes	I_y (cm⁴)	X - ESQ (cm)	X - DIR (cm)
X1A	190915389,0	221,5	228,0
X2A	18182542,0	109,8	99,7
X3A	211233,4	12,7	31,8
X4A	46233458,9	121,9	177,6
X5A	11217216,5	46,9	117,1
X6A	22225224,1	94,6	99,9
X7A	79424968,6	146,5	197,5
X8A	751874,4	28,2	45,8
X9A	478143859,9	326,6	362,4
X10A	118589,3	22,0	22,0
X1B	190915389,0	228,0	221,5
X2B	18182542,0	99,7	109,8
X3B	211233,4	31,8	12,7
X4B	46233458,9	177,6	121,9
X5B	11217216,5	117,1	46,9
X6B	22225224,1	99,9	94,6
X7B	79424968,6	197,5	146,5
X8B	751874,4	45,8	28,2
X9B	478143859,9	362,4	326,6
X10B	7964949,8	102,3	61,7
X1C	190915389,0	221,5	228,0
X2C	18182542,0	109,8	99,7
X3C	211233,4	12,7	31,8
X4C	46233458,9	121,9	177,6
X5C	11217216,5	46,9	117,1
X6C	17868484,3	85,3	63,7
X7C	79424968,6	146,5	197,5
X8C	751874,4	28,2	45,8
X9C	478143859,9	326,6	362,4
X10C	615897,3	29,0	45,0
X1D	190915389,0	228,0	221,5
X2D	18182542,0	99,7	109,8
X3D	211233,4	31,8	12,7
X4D	46233458,9	177,6	121,9
X5D	11217216,5	117,1	46,9
X6D	17868484,3	63,7	85,3
X7D	79424968,6	197,5	146,5
X8D	751874,4	45,8	28,2
X9D	478143859,9	362,4	326,6
X10D	615897,3	45,0	29,0
X1E	99255525,8	134,5	134,5

Tabela 31 – Propriedades das paredes de contraventamento na direção y

Paredes	Ix (cm ⁴)	Y - INF (cm)	Y - SUP (cm)
Y1A	1720112,9	63,0	26,5
Y2A	105911682,9	194,5	149,5
Y3A	1859726,4	66,1	22,9
Y4A	476948,5	41,2	18,3
Y5A	2410547,3	35,4	68,6
Y6A	2815195,4	30,2	74,3
Y7A	14483063	82,4	96,6
Y8A	1584552,9	29,6	44,4
Y9A	1131965,6	56,8	17,7
Y10A	1007425,3	21,2	53,3
Y11A	93880416,1	129,7	229,8
Y12A	337607915,1	313,4	271,1
Y1B	1720112,9	63,0	26,5
Y2B	105911682,9	194,5	149,5
Y3B	1859726,4	66,1	22,9
Y4B	476948,5	41,2	18,3
Y5B	2410547,3	35,4	68,6
Y6B	2815195,4	30,2	74,3
Y7B	14483063	82,4	96,6
Y8B	1584552,9	29,6	44,4
Y9B	1131965,6	56,8	17,7
Y10B	1007425,3	21,2	53,3
Y11B	93880416,1	129,7	229,8
Y12B	420407316,3	286,7	297,8
Y1C	1720112,9	26,5	63,0
Y2C	105911682,9	149,5	194,5
Y3C	1859726,4	22,9	66,1
Y4C	476948,5	18,3	41,2
Y5C	2410547,3	68,6	35,4
Y6C	2815195,4	74,3	30,2
Y7C	14483063	96,6	82,4
Y8C	1584552,9	44,4	29,6
Y9C	1131965,6	17,7	56,8
Y10C	1007425,3	53,3	21,2
Y11C	93880416,1	229,8	129,7
Y12C	345607368,8	301,5	283,0
Y1D	1720112,9	26,5	63,0
Y2D	105911682,9	149,5	194,5
Y3D	1859726,4	22,9	66,1
Y4D	476948,5	18,3	41,2
Y5D	2410547,3	68,6	35,4
Y6D	2815195,4	74,3	30,2
Y7D	14483063	96,6	82,4
Y8D	1584552,9	44,4	29,6
Y9D	1131965,6	17,7	56,8
Y10D	1007425,3	53,3	21,2
Y11D	93880416,1	229,8	129,7
Y12D	345607368,8	301,5	283,0

APÊNDICE G – Ações horizontais atuantes em cada parede de contraventamento para cada pavimento

Tabela 32 – Forças horizontais para as Eficiências 01 e 02 na direção x

Parede	Ri	Força horizontal (kN) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
X1A	0,0547	3,65	7,18	10,60	13,87	16,98	19,89	22,55	24,84
X2A	0,0052	0,35	0,68	1,01	1,32	1,62	1,89	2,15	2,37
X3A	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
X4A	0,0133	0,88	1,74	2,57	3,36	4,11	4,82	5,46	6,01
X5A	0,0032	0,21	0,42	0,62	0,81	1,00	1,17	1,33	1,46
X6A	0,0064	0,42	0,84	1,23	1,61	1,98	2,32	2,63	2,89
X7A	0,0228	1,52	2,99	4,41	5,77	7,06	8,28	9,38	10,33
X8A	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9A	0,1370	9,13	17,99	26,54	34,74	42,53	49,82	56,49	62,20
X10A	0,0000	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
X1B	0,0547	3,65	7,18	10,60	13,87	16,98	19,89	22,55	24,84
X2B	0,0052	0,35	0,68	1,01	1,32	1,62	1,89	2,15	2,37
X3B	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
X4B	0,0133	0,88	1,74	2,57	3,36	4,11	4,82	5,46	6,01
X5B	0,0032	0,21	0,42	0,62	0,81	1,00	1,17	1,33	1,46
X6B	0,0064	0,42	0,84	1,23	1,61	1,98	2,32	2,63	2,89
X7B	0,0228	1,52	2,99	4,41	5,77	7,06	8,28	9,38	10,33
X8B	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9B	0,1370	9,13	17,99	26,54	34,74	42,53	49,82	56,49	62,20
X10B	0,0023	0,15	0,30	0,44	0,58	0,71	0,83	0,94	1,04
X1C	0,0547	3,65	7,18	10,60	13,87	16,98	19,89	22,55	24,84
X2C	0,0052	0,35	0,68	1,01	1,32	1,62	1,89	2,15	2,37
X3C	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
X4C	0,0133	0,88	1,74	2,57	3,36	4,11	4,82	5,46	6,01
X5C	0,0032	0,21	0,42	0,62	0,81	1,00	1,17	1,33	1,46
X6C	0,0051	0,34	0,67	0,99	1,30	1,59	1,86	2,11	2,32
X7C	0,0228	1,52	2,99	4,41	5,77	7,06	8,28	9,38	10,33
X8C	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9C	0,1370	9,13	17,99	26,54	34,74	42,53	49,82	56,49	62,20
X10C	0,0002	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
X1D	0,0547	3,65	7,18	10,60	13,87	16,98	19,89	22,55	24,84
X2D	0,0052	0,35	0,68	1,01	1,32	1,62	1,89	2,15	2,37
X3D	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
X4D	0,0133	0,88	1,74	2,57	3,36	4,11	4,82	5,46	6,01
X5D	0,0032	0,21	0,42	0,62	0,81	1,00	1,17	1,33	1,46
X6D	0,0051	0,34	0,67	0,99	1,30	1,59	1,86	2,11	2,32
X7D	0,0228	1,52	2,99	4,41	5,77	7,06	8,28	9,38	10,33
X8D	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9D	0,1370	9,13	17,99	26,54	34,74	42,53	49,82	56,49	62,20
X10D	0,0002	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
X1E	0,0284	1,90	3,73	5,51	7,21	8,83	10,34	11,73	12,91

Tabela 33 – Forças horizontais para as Eficiências 01 e 02 na direção y

Parede	Ri	Força horizontal (kN) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Y1A	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2A	0,0449	3,82	7,52	11,09	14,52	17,76	20,80	23,57	25,94
Y3A	0,0008	0,07	0,13	0,19	0,25	0,31	0,37	0,41	0,46
Y4A	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5A	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,40	0,47	0,54	0,59
Y6A	0,0012	0,10	0,20	0,29	0,39	0,47	0,55	0,63	0,69
Y7A	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,98	2,43	2,84	3,22	3,55
Y8A	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9A	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10A	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25
Y11A	0,0398	3,39	6,67	9,83	12,87	15,75	18,44	20,89	22,99
Y12A	0,1432	12,18	23,98	35,36	46,27	56,63	66,31	75,14	82,67
Y1B	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2B	0,0449	3,82	7,52	11,09	14,52	17,76	20,80	23,57	25,94
Y3B	0,0008	0,07	0,13	0,19	0,25	0,31	0,37	0,41	0,46
Y4B	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5B	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,40	0,47	0,54	0,59
Y6B	0,0012	0,10	0,20	0,29	0,39	0,47	0,55	0,63	0,69
Y7B	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,98	2,43	2,84	3,22	3,55
Y8B	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9B	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10B	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25
Y11B	0,0398	3,39	6,67	9,83	12,87	15,75	18,44	20,89	22,99
Y12B	0,1783	15,16	29,86	44,04	57,62	70,51	82,58	93,57	102,95
Y1C	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2C	0,0449	3,82	7,52	11,09	14,52	17,76	20,80	23,57	25,94
Y3C	0,0008	0,07	0,13	0,19	0,25	0,31	0,37	0,41	0,46
Y4C	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5C	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,40	0,47	0,54	0,59
Y6C	0,0012	0,10	0,20	0,29	0,39	0,47	0,55	0,63	0,69
Y7C	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,98	2,43	2,84	3,22	3,55
Y8C	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9C	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10C	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25
Y11C	0,0398	3,39	6,67	9,83	12,87	15,75	18,44	20,89	22,99
Y12C	0,1465	12,47	24,55	36,20	47,37	57,97	67,89	76,92	84,63
Y1D	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2D	0,0449	3,82	7,52	11,09	14,52	17,76	20,80	23,57	25,94
Y3D	0,0008	0,07	0,13	0,19	0,25	0,31	0,37	0,41	0,46
Y4D	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5D	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,40	0,47	0,54	0,59
Y6D	0,0012	0,10	0,20	0,29	0,39	0,47	0,55	0,63	0,69
Y7D	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,98	2,43	2,84	3,22	3,55
Y8D	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9D	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10D	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,22	0,25
Y11D	0,0398	3,39	6,67	9,83	12,87	15,75	18,44	20,89	22,99
Y12D	0,1465	12,47	24,55	36,20	47,37	57,97	67,89	76,92	84,63

Tabela 34 – Momento (kN.m) para as Eficiências 01 e 02 na direção x

Parede	Ri	Momento (kN.m) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
X1A	0,0547	10,21	30,32	59,99	98,83	146,37	202,07	265,22	334,76
X2A	0,0052	0,97	2,89	5,71	9,41	13,94	19,25	25,26	31,88
X3A	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,29	0,37
X4A	0,0133	2,47	7,34	14,53	23,93	35,45	48,94	64,23	81,07
X5A	0,0032	0,60	1,78	3,52	5,81	8,60	11,87	15,58	19,67
X6A	0,0064	1,19	3,53	6,98	11,50	17,04	23,52	30,88	38,97
X7A	0,0228	4,25	12,62	24,96	41,11	60,89	84,07	110,34	139,27
X8A	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,04	1,32
X9A	0,1370	25,57	75,94	150,25	247,51	366,58	506,09	664,25	838,41
X10A	0,0000	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,13	0,16	0,21
X1B	0,0547	10,21	30,32	59,99	98,83	146,37	202,07	265,22	334,76
X2B	0,0052	0,97	2,89	5,71	9,41	13,94	19,25	25,26	31,88
X3B	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,29	0,37
X4B	0,0133	2,47	7,34	14,53	23,93	35,45	48,94	64,23	81,07
X5B	0,0032	0,60	1,78	3,52	5,81	8,60	11,87	15,58	19,67
X6B	0,0064	1,19	3,53	6,98	11,50	17,04	23,52	30,88	38,97
X7B	0,0228	4,25	12,62	24,96	41,11	60,89	84,07	110,34	139,27
X8B	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,04	1,32
X9B	0,1370	25,57	75,94	150,25	247,51	366,58	506,09	664,25	838,41
X10B	0,0023	0,43	1,27	2,50	4,12	6,11	8,43	11,07	13,97
X1C	0,0547	10,21	30,32	59,99	98,83	146,37	202,07	265,22	334,76
X2C	0,0052	0,97	2,89	5,71	9,41	13,94	19,25	25,26	31,88
X3C	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,29	0,37
X4C	0,0133	2,47	7,34	14,53	23,93	35,45	48,94	64,23	81,07
X5C	0,0032	0,60	1,78	3,52	5,81	8,60	11,87	15,58	19,67
X6C	0,0051	0,96	2,84	5,61	9,25	13,70	18,91	24,82	31,33
X7C	0,0228	4,25	12,62	24,96	41,11	60,89	84,07	110,34	139,27
X8C	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,04	1,32
X9C	0,1370	25,57	75,94	150,25	247,51	366,58	506,09	664,25	838,41
X10C	0,0002	0,03	0,10	0,19	0,32	0,47	0,65	0,86	1,08
X1D	0,0547	10,21	30,32	59,99	98,83	146,37	202,07	265,22	334,76
X2D	0,0052	0,97	2,89	5,71	9,41	13,94	19,25	25,26	31,88
X3D	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,29	0,37
X4D	0,0133	2,47	7,34	14,53	23,93	35,45	48,94	64,23	81,07
X5D	0,0032	0,60	1,78	3,52	5,81	8,60	11,87	15,58	19,67
X6D	0,0051	0,96	2,84	5,61	9,25	13,70	18,91	24,82	31,33
X7D	0,0228	4,25	12,62	24,96	41,11	60,89	84,07	110,34	139,27
X8D	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,04	1,32
X9D	0,1370	25,57	75,94	150,25	247,51	366,58	506,09	664,25	838,41
X10D	0,0002	0,03	0,10	0,19	0,32	0,47	0,65	0,86	1,08
X1E	0,0284	5,31	15,76	31,19	51,38	76,10	105,06	137,89	174,04

Tabela 35 – Momento (kN.m) para as Eficiências 01 e 02 na direção y

Parede	Ri	Momento (kN.m) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Y1A	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,68	2,49	3,43	4,51	5,69
Y2A	0,0449	10,70	31,76	62,82	103,47	153,21	211,46	277,46	350,08
Y3A	0,0008	0,19	0,56	1,10	1,82	2,69	3,71	4,87	6,15
Y4A	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,95	1,25	1,58
Y5A	0,0010	0,24	0,72	1,43	2,35	3,49	4,81	6,31	7,97
Y6A	0,0012	0,28	0,84	1,67	2,75	4,07	5,62	7,37	9,31
Y7A	0,0061	1,46	4,34	8,59	14,15	20,95	28,92	37,94	47,87
Y8A	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,29	3,16	4,15	5,24
Y9A	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,26	2,97	3,74
Y10A	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,98	1,46	2,01	2,64	3,33
Y11A	0,0398	9,48	28,15	55,69	91,71	135,80	187,44	245,94	310,31
Y12A	0,1432	34,10	101,24	200,25	329,81	488,37	674,05	884,43	1115,92
Y1B	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,68	2,49	3,43	4,51	5,69
Y2B	0,0449	10,70	31,76	62,82	103,47	153,21	211,46	277,46	350,08
Y3B	0,0008	0,19	0,56	1,10	1,82	2,69	3,71	4,87	6,15
Y4B	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,95	1,25	1,58
Y5B	0,0010	0,24	0,72	1,43	2,35	3,49	4,81	6,31	7,97
Y6B	0,0012	0,28	0,84	1,67	2,75	4,07	5,62	7,37	9,31
Y7B	0,0061	1,46	4,34	8,59	14,15	20,95	28,92	37,94	47,87
Y8B	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,29	3,16	4,15	5,24
Y9B	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,26	2,97	3,74
Y10B	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,98	1,46	2,01	2,64	3,33
Y11B	0,0398	9,48	28,15	55,69	91,71	135,80	187,44	245,94	310,31
Y12B	0,1783	42,46	126,07	249,37	410,70	608,14	839,36	1101,34	1389,60
Y1C	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,68	2,49	3,43	4,51	5,69
Y2C	0,0449	10,70	31,76	62,82	103,47	153,21	211,46	277,46	350,08
Y3C	0,0008	0,19	0,56	1,10	1,82	2,69	3,71	4,87	6,15
Y4C	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,95	1,25	1,58
Y5C	0,0010	0,24	0,72	1,43	2,35	3,49	4,81	6,31	7,97
Y6C	0,0012	0,28	0,84	1,67	2,75	4,07	5,62	7,37	9,31
Y7C	0,0061	1,46	4,34	8,59	14,15	20,95	28,92	37,94	47,87
Y8C	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,29	3,16	4,15	5,24
Y9C	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,26	2,97	3,74
Y10C	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,98	1,46	2,01	2,64	3,33
Y11C	0,0398	9,48	28,15	55,69	91,71	135,80	187,44	245,94	310,31
Y12C	0,1465	34,91	103,64	205,00	337,63	499,94	690,02	905,39	1142,36
Y1D	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,68	2,49	3,43	4,51	5,69
Y2D	0,0449	10,70	31,76	62,82	103,47	153,21	211,46	277,46	350,08
Y3D	0,0008	0,19	0,56	1,10	1,82	2,69	3,71	4,87	6,15
Y4D	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,95	1,25	1,58
Y5D	0,0010	0,24	0,72	1,43	2,35	3,49	4,81	6,31	7,97
Y6D	0,0012	0,28	0,84	1,67	2,75	4,07	5,62	7,37	9,31
Y7D	0,0061	1,46	4,34	8,59	14,15	20,95	28,92	37,94	47,87
Y8D	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,29	3,16	4,15	5,24
Y9D	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,26	2,97	3,74
Y10D	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,98	1,46	2,01	2,64	3,33
Y11D	0,0398	9,48	28,15	55,69	91,71	135,80	187,44	245,94	310,31
Y12D	0,1465	34,91	103,64	205,00	337,63	499,94	690,02	905,39	1142,36

Tabela 36 – Forças horizontais para a Eficiência 03 na direção x

Parede	Ri	Força horizontal (kN) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
X1A	0,0547	3,67	7,22	10,65	13,94	17,07	20,01	22,69	24,99
X2A	0,0052	0,35	0,69	1,01	1,33	1,63	1,91	2,16	2,38
X3A	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
X4A	0,0133	0,89	1,75	2,58	3,38	4,13	4,85	5,49	6,05
X5A	0,0032	0,22	0,42	0,63	0,82	1,00	1,18	1,33	1,47
X6A	0,0064	0,43	0,84	1,24	1,62	1,99	2,33	2,64	2,91
X7A	0,0228	1,52	3,00	4,43	5,80	7,10	8,32	9,44	10,39
X8A	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9A	0,1370	9,18	18,08	26,68	34,92	42,76	50,11	56,82	62,58
X10A	0,0000	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
X1B	0,0547	3,67	7,22	10,65	13,94	17,07	20,01	22,69	24,99
X2B	0,0052	0,35	0,69	1,01	1,33	1,63	1,91	2,16	2,38
X3B	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
X4B	0,0133	0,89	1,75	2,58	3,38	4,13	4,85	5,49	6,05
X5B	0,0032	0,22	0,42	0,63	0,82	1,00	1,18	1,33	1,47
X6B	0,0064	0,43	0,84	1,24	1,62	1,99	2,33	2,64	2,91
X7B	0,0228	1,52	3,00	4,43	5,80	7,10	8,32	9,44	10,39
X8B	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9B	0,1370	9,18	18,08	26,68	34,92	42,76	50,11	56,82	62,58
X10B	0,0023	0,15	0,30	0,44	0,58	0,71	0,83	0,95	1,04
X1C	0,0547	3,67	7,22	10,65	13,94	17,07	20,01	22,69	24,99
X2C	0,0052	0,35	0,69	1,01	1,33	1,63	1,91	2,16	2,38
X3C	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
X4C	0,0133	0,89	1,75	2,58	3,38	4,13	4,85	5,49	6,05
X5C	0,0032	0,22	0,42	0,63	0,82	1,00	1,18	1,33	1,47
X6C	0,0051	0,34	0,68	1,00	1,31	1,60	1,87	2,12	2,34
X7C	0,0228	1,52	3,00	4,43	5,80	7,10	8,32	9,44	10,39
X8C	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9C	0,1370	9,18	18,08	26,68	34,92	42,76	50,11	56,82	62,58
X10C	0,0002	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08
X1D	0,0547	3,67	7,22	10,65	13,94	17,07	20,01	22,69	24,99
X2D	0,0052	0,35	0,69	1,01	1,33	1,63	1,91	2,16	2,38
X3D	0,0001	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
X4D	0,0133	0,89	1,75	2,58	3,38	4,13	4,85	5,49	6,05
X5D	0,0032	0,22	0,42	0,63	0,82	1,00	1,18	1,33	1,47
X6D	0,0051	0,34	0,68	1,00	1,31	1,60	1,87	2,12	2,34
X7D	0,0228	1,52	3,00	4,43	5,80	7,10	8,32	9,44	10,39
X8D	0,0002	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
X9D	0,1370	9,18	18,08	26,68	34,92	42,76	50,11	56,82	62,58
X10D	0,0002	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08
X1E	0,0284	1,91	3,75	5,54	7,25	8,88	10,40	11,79	12,99

Tabela 37 – Forças horizontais para a Eficiência 03 na direção y

Parede	Ri	Força horizontal (kN) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Y1A	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2A	0,0449	3,84	7,55	11,14	14,58	17,84	20,90	23,68	26,06
Y3A	0,0008	0,07	0,13	0,20	0,26	0,31	0,37	0,42	0,46
Y4A	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5A	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,41	0,48	0,54	0,59
Y6A	0,0012	0,10	0,20	0,30	0,39	0,47	0,56	0,63	0,69
Y7A	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,99	2,44	2,86	3,24	3,56
Y8A	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9A	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10A	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25
Y11A	0,0398	3,40	6,70	9,87	12,92	15,81	18,52	20,99	23,10
Y12A	0,1432	12,23	24,08	35,51	46,47	56,87	66,61	75,48	83,07
Y1B	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2B	0,0449	3,84	7,55	11,14	14,58	17,84	20,90	23,68	26,06
Y3B	0,0008	0,07	0,13	0,20	0,26	0,31	0,37	0,42	0,46
Y4B	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5B	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,41	0,48	0,54	0,59
Y6B	0,0012	0,10	0,20	0,30	0,39	0,47	0,56	0,63	0,69
Y7B	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,99	2,44	2,86	3,24	3,56
Y8B	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9B	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10B	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25
Y11B	0,0398	3,40	6,70	9,87	12,92	15,81	18,52	20,99	23,10
Y12B	0,1783	15,23	29,98	44,22	57,86	70,82	82,95	93,99	103,44
Y1C	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2C	0,0449	3,84	7,55	11,14	14,58	17,84	20,90	23,68	26,06
Y3C	0,0008	0,07	0,13	0,20	0,26	0,31	0,37	0,42	0,46
Y4C	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5C	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,41	0,48	0,54	0,59
Y6C	0,0012	0,10	0,20	0,30	0,39	0,47	0,56	0,63	0,69
Y7C	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,99	2,44	2,86	3,24	3,56
Y8C	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9C	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10C	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25
Y11C	0,0398	3,40	6,70	9,87	12,92	15,81	18,52	20,99	23,10
Y12C	0,1465	12,52	24,65	36,35	47,57	58,22	68,19	77,27	85,04
Y1D	0,0007	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,34	0,38	0,42
Y2D	0,0449	3,84	7,55	11,14	14,58	17,84	20,90	23,68	26,06
Y3D	0,0008	0,07	0,13	0,20	0,26	0,31	0,37	0,42	0,46
Y4D	0,0002	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12
Y5D	0,0010	0,09	0,17	0,25	0,33	0,41	0,48	0,54	0,59
Y6D	0,0012	0,10	0,20	0,30	0,39	0,47	0,56	0,63	0,69
Y7D	0,0061	0,52	1,03	1,52	1,99	2,44	2,86	3,24	3,56
Y8D	0,0007	0,06	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,39
Y9D	0,0005	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28
Y10D	0,0004	0,04	0,07	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25
Y11D	0,0398	3,40	6,70	9,87	12,92	15,81	18,52	20,99	23,10
Y12D	0,1465	12,52	24,65	36,35	47,57	58,22	68,19	77,27	85,04

Tabela 38 – Momento para a Eficiência 03 na direção x

Parede	Ri	Momento (kN.m) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
X1A	0,0547	10,26	30,48	60,31	99,35	147,16	203,18	266,70	336,66
X2A	0,0052	0,98	2,90	5,74	9,46	14,02	19,35	25,40	32,06
X3A	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,30	0,37
X4A	0,0133	2,49	7,38	14,60	24,06	35,64	49,20	64,59	81,53
X5A	0,0032	0,60	1,79	3,54	5,84	8,65	11,94	15,67	19,78
X6A	0,0064	1,19	3,55	7,02	11,57	17,13	23,65	31,05	39,19
X7A	0,0228	4,27	12,68	25,09	41,33	61,22	84,53	110,95	140,06
X8A	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,05	1,33
X9A	0,1370	25,70	76,34	151,04	248,82	368,56	508,86	667,94	843,15
X10A	0,0000	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,13	0,17	0,21
X1B	0,0547	10,26	30,48	60,31	99,35	147,16	203,18	266,70	336,66
X2B	0,0052	0,98	2,90	5,74	9,46	14,02	19,35	25,40	32,06
X3B	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,30	0,37
X4B	0,0133	2,49	7,38	14,60	24,06	35,64	49,20	64,59	81,53
X5B	0,0032	0,60	1,79	3,54	5,84	8,65	11,94	15,67	19,78
X6B	0,0064	1,19	3,55	7,02	11,57	17,13	23,65	31,05	39,19
X7B	0,0228	4,27	12,68	25,09	41,33	61,22	84,53	110,95	140,06
X8B	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,05	1,33
X9B	0,1370	25,70	76,34	151,04	248,82	368,56	508,86	667,94	843,15
X10B	0,0023	0,43	1,27	2,52	4,14	6,14	8,48	11,13	14,05
X1C	0,0547	10,26	30,48	60,31	99,35	147,16	203,18	266,70	336,66
X2C	0,0052	0,98	2,90	5,74	9,46	14,02	19,35	25,40	32,06
X3C	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,30	0,37
X4C	0,0133	2,49	7,38	14,60	24,06	35,64	49,20	64,59	81,53
X5C	0,0032	0,60	1,79	3,54	5,84	8,65	11,94	15,67	19,78
X6C	0,0051	0,96	2,85	5,64	9,30	13,77	19,02	24,96	31,51
X7C	0,0228	4,27	12,68	25,09	41,33	61,22	84,53	110,95	140,06
X8C	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,05	1,33
X9C	0,1370	25,70	76,34	151,04	248,82	368,56	508,86	667,94	843,15
X10C	0,0002	0,03	0,10	0,19	0,32	0,47	0,66	0,86	1,09
X1D	0,0547	10,26	30,48	60,31	99,35	147,16	203,18	266,70	336,66
X2D	0,0052	0,98	2,90	5,74	9,46	14,02	19,35	25,40	32,06
X3D	0,0001	0,01	0,03	0,07	0,11	0,16	0,22	0,30	0,37
X4D	0,0133	2,49	7,38	14,60	24,06	35,64	49,20	64,59	81,53
X5D	0,0032	0,60	1,79	3,54	5,84	8,65	11,94	15,67	19,78
X6D	0,0051	0,96	2,85	5,64	9,30	13,77	19,02	24,96	31,51
X7D	0,0228	4,27	12,68	25,09	41,33	61,22	84,53	110,95	140,06
X8D	0,0002	0,04	0,12	0,24	0,39	0,58	0,80	1,05	1,33
X9D	0,1370	25,70	76,34	151,04	248,82	368,56	508,86	667,94	843,15
X10D	0,0002	0,03	0,10	0,19	0,32	0,47	0,66	0,86	1,09
X1E	0,0284	5,34	15,85	31,35	51,65	76,51	105,63	138,65	175,03

Tabela 39 – Momento para a Eficiência 03 na direção y

Parede	Ri	Momento (kN.m) por pavimento							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Y1A	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,69	2,50	3,45	4,53	5,71
Y2A	0,0449	10,74	31,89	63,08	103,90	153,85	212,36	278,67	351,63
Y3A	0,0008	0,19	0,56	1,11	1,82	2,70	3,73	4,89	6,17
Y4A	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,96	1,25	1,58
Y5A	0,0010	0,24	0,73	1,44	2,36	3,50	4,83	6,34	8,00
Y6A	0,0012	0,29	0,85	1,68	2,76	4,09	5,64	7,41	9,35
Y7A	0,0061	1,47	4,36	8,63	14,21	21,04	29,04	38,11	48,08
Y8A	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,30	3,18	4,17	5,26
Y9A	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,27	2,98	3,76
Y10A	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,99	1,46	2,02	2,65	3,34
Y11A	0,0398	9,52	28,27	55,92	92,10	136,38	188,24	247,01	311,69
Y12A	0,1432	34,24	101,65	201,08	331,19	490,43	676,94	888,29	1120,88
Y1B	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,69	2,50	3,45	4,53	5,71
Y2B	0,0449	10,74	31,89	63,08	103,90	153,85	212,36	278,67	351,63
Y3B	0,0008	0,19	0,56	1,11	1,82	2,70	3,73	4,89	6,17
Y4B	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,96	1,25	1,58
Y5B	0,0010	0,24	0,73	1,44	2,36	3,50	4,83	6,34	8,00
Y6B	0,0012	0,29	0,85	1,68	2,76	4,09	5,64	7,41	9,35
Y7B	0,0061	1,47	4,36	8,63	14,21	21,04	29,04	38,11	48,08
Y8B	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,30	3,18	4,17	5,26
Y9B	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,27	2,98	3,76
Y10B	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,99	1,46	2,02	2,65	3,34
Y11B	0,0398	9,52	28,27	55,92	92,10	136,38	188,24	247,01	311,69
Y12B	0,1783	42,63	126,58	250,40	412,42	610,71	842,96	1106,15	1395,78
Y1C	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,69	2,50	3,45	4,53	5,71
Y2C	0,0449	10,74	31,89	63,08	103,90	153,85	212,36	278,67	351,63
Y3C	0,0008	0,19	0,56	1,11	1,82	2,70	3,73	4,89	6,17
Y4C	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,96	1,25	1,58
Y5C	0,0010	0,24	0,73	1,44	2,36	3,50	4,83	6,34	8,00
Y6C	0,0012	0,29	0,85	1,68	2,76	4,09	5,64	7,41	9,35
Y7C	0,0061	1,47	4,36	8,63	14,21	21,04	29,04	38,11	48,08
Y8C	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,30	3,18	4,17	5,26
Y9C	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,27	2,98	3,76
Y10C	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,99	1,46	2,02	2,65	3,34
Y11C	0,0398	9,52	28,27	55,92	92,10	136,38	188,24	247,01	311,69
Y12C	0,1465	35,05	104,06	205,85	339,04	502,05	692,98	909,34	1147,44
Y1D	0,0007	0,17	0,52	1,02	1,69	2,50	3,45	4,53	5,71
Y2D	0,0449	10,74	31,89	63,08	103,90	153,85	212,36	278,67	351,63
Y3D	0,0008	0,19	0,56	1,11	1,82	2,70	3,73	4,89	6,17
Y4D	0,0002	0,05	0,14	0,28	0,47	0,69	0,96	1,25	1,58
Y5D	0,0010	0,24	0,73	1,44	2,36	3,50	4,83	6,34	8,00
Y6D	0,0012	0,29	0,85	1,68	2,76	4,09	5,64	7,41	9,35
Y7D	0,0061	1,47	4,36	8,63	14,21	21,04	29,04	38,11	48,08
Y8D	0,0007	0,16	0,48	0,94	1,55	2,30	3,18	4,17	5,26
Y9D	0,0005	0,11	0,34	0,67	1,11	1,64	2,27	2,98	3,76
Y10D	0,0004	0,10	0,30	0,60	0,99	1,46	2,02	2,65	3,34
Y11D	0,0398	9,52	28,27	55,92	92,10	136,38	188,24	247,01	311,69
Y12D	0,1465	35,05	104,06	205,85	339,04	502,05	692,98	909,34	1147,44

APÊNDICE H – Dimensionamento ao cisalhamento do primeiro pavimento para cada eficiência analisada

Tabela 40 – Dimensionamento ao cisalhamento para o primeiro pavimento da Eficiência 01

Paredes	fvd(KN/m ²)	t d (kN/m ²)	Verificação	Paredes	fvd(KN/m ²)	t d (kN/m ²)	Verificação
X1A	208,668	55,251	OK!	Y1A	208,668	4,706	OK!
X2A	201,262	11,290	OK!	Y2A	208,668	75,394	OK!
X3A	203,738	0,617	OK!	Y3A	201,262	5,117	OK!
X4A	232,767	20,081	OK!	Y4A	201,262	1,963	OK!
X5A	208,668	8,897	OK!	Y5A	235,758	5,676	OK!
X6A	235,758	14,865	OK!	Y6A	232,767	6,597	OK!
X7A	203,738	30,035	OK!	Y7A	203,738	19,813	OK!
X8A	203,738	1,322	OK!	Y8A	203,738	5,244	OK!
X9A	217,962	90,274	OK!	Y9A	203,738	3,721	OK!
X10A	235,758	0,351	OK!	Y10A	217,962	3,311	OK!
X1B	208,668	55,251	OK!	Y11A	217,962	63,948	OK!
X2B	201,262	11,290	OK!	Y12A	235,758	141,443	OK!
X3B	203,738	0,617	OK!	Y1B	208,668	4,706	OK!
X4B	232,767	20,081	OK!	Y2B	208,668	75,394	OK!
X5B	208,668	8,897	OK!	Y3B	201,262	5,117	OK!
X6B	233,518	14,865	OK!	Y4B	201,262	1,963	OK!
X7B	203,738	30,035	OK!	Y5B	233,518	5,676	OK!
X8B	203,738	1,322	OK!	Y6B	232,767	6,597	OK!
X9B	217,962	90,274	OK!	Y7B	203,738	19,813	OK!
X10B	233,518	6,318	OK!	Y8B	203,738	5,244	OK!
X1C	208,693	55,251	OK!	Y9B	203,738	3,721	OK!
X2C	201,262	11,290	OK!	Y10B	217,962	3,311	OK!
X3C	203,738	0,617	OK!	Y11B	217,962	63,948	OK!
X4C	232,767	20,081	OK!	Y12B	233,518	176,132	OK!
X5C	208,693	8,897	OK!	Y1C	208,693	4,706	OK!
X6C	193,600	15,600	OK!	Y2C	208,693	75,394	OK!
X7C	203,738	30,035	OK!	Y3C	201,262	5,117	OK!
X8C	203,738	1,322	OK!	Y4C	201,262	1,963	OK!
X9C	222,892	90,274	OK!	Y5C	193,600	5,676	OK!
X10C	193,600	1,083	OK!	Y6C	232,767	6,597	OK!
X1D	208,693	55,251	OK!	Y7C	203,738	19,813	OK!
X2D	201,262	11,290	OK!	Y8C	203,738	5,244	OK!
X3D	203,738	0,617	OK!	Y9C	203,738	3,721	OK!
X4D	232,767	20,081	OK!	Y10C	222,892	3,311	OK!
X5D	208,693	8,897	OK!	Y11C	222,892	63,948	OK!
X6D	193,600	15,600	OK!	Y12C	193,600	144,795	OK!
X7D	203,738	30,035	OK!	Y1D	208,693	4,706	OK!
X8D	203,738	1,322	OK!	Y2D	208,693	75,394	OK!
X9D	222,892	90,274	OK!	Y3D	201,262	5,117	OK!
X10D	193,600	1,083	OK!	Y4D	201,262	1,963	OK!
X1E	193,600	47,999	OK!	Y5D	193,600	5,676	OK!
				Y6D	232,767	6,597	OK!
				Y7D	203,738	19,813	OK!
				Y8D	203,738	5,244	OK!
				Y9D	203,738	3,721	OK!
				Y10D	222,892	3,311	OK!
				Y11D	222,892	63,948	OK!
				Y12D	193,600	144,795	OK!

Tabela 41 – Dimensionamento ao cisalhamento para o primeiro pavimento da Eficiência 02

Paredes	fvd(KN/m ²)	t d (kN/m ²)	Verificação	Paredes	fvd(KN/m ²)	t d (kN/m ²)	Verificação
X1A	308,668	55,251	OK!	Y1A	308,668	4,706	OK!
X2A	301,262	11,290	OK!	Y2A	308,668	75,394	OK!
X3A	303,738	0,617	OK!	Y3A	301,262	5,117	OK!
X4A	332,767	20,081	OK!	Y4A	301,262	1,963	OK!
X5A	308,668	8,897	OK!	Y5A	335,758	5,676	OK!
X6A	335,758	14,865	OK!	Y6A	332,767	6,597	OK!
X7A	303,738	30,035	OK!	Y7A	303,738	19,813	OK!
X8A	303,738	1,322	OK!	Y8A	303,738	5,244	OK!
X9A	317,962	90,274	OK!	Y9A	303,738	3,721	OK!
X10A	335,758	0,351	OK!	Y10A	317,962	3,311	OK!
X1B	308,668	55,251	OK!	Y11A	317,962	63,948	OK!
X2B	301,262	11,290	OK!	Y12A	335,758	141,443	OK!
X3B	303,738	0,617	OK!	Y1B	308,668	4,706	OK!
X4B	332,767	20,081	OK!	Y2B	308,668	75,394	OK!
X5B	308,668	8,897	OK!	Y3B	301,262	5,117	OK!
X6B	333,518	14,865	OK!	Y4B	301,262	1,963	OK!
X7B	303,738	30,035	OK!	Y5B	333,518	5,676	OK!
X8B	303,738	1,322	OK!	Y6B	332,767	6,597	OK!
X9B	317,962	90,274	OK!	Y7B	303,738	19,813	OK!
X10B	333,518	6,318	OK!	Y8B	303,738	5,244	OK!
X1C	308,693	55,251	OK!	Y9B	303,738	3,721	OK!
X2C	301,262	11,290	OK!	Y10B	317,962	3,311	OK!
X3C	303,738	0,617	OK!	Y11B	317,962	63,948	OK!
X4C	332,767	20,081	OK!	Y12B	333,518	176,132	OK!
X5C	308,693	8,897	OK!	Y1C	308,693	4,706	OK!
X6C	293,600	15,600	OK!	Y2C	308,693	75,394	OK!
X7C	303,738	30,035	OK!	Y3C	301,262	5,117	OK!
X8C	303,738	1,322	OK!	Y4C	301,262	1,963	OK!
X9C	322,892	90,274	OK!	Y5C	293,600	5,676	OK!
X10C	293,600	1,083	OK!	Y6C	332,767	6,597	OK!
X1D	308,693	55,251	OK!	Y7C	303,738	19,813	OK!
X2D	301,262	11,290	OK!	Y8C	303,738	5,244	OK!
X3D	303,738	0,617	OK!	Y9C	303,738	3,721	OK!
X4D	332,767	20,081	OK!	Y10C	322,892	3,311	OK!
X5D	308,693	8,897	OK!	Y11C	322,892	63,948	OK!
X6D	293,600	15,600	OK!	Y12C	293,600	144,795	OK!
X7D	303,738	30,035	OK!	Y1D	308,693	4,706	OK!
X8D	303,738	1,322	OK!	Y2D	308,693	75,394	OK!
X9D	322,892	90,274	OK!	Y3D	301,262	5,117	OK!
X10D	293,600	1,083	OK!	Y4D	301,262	1,963	OK!
X1E	293,600	47,999	OK!	Y5D	293,600	5,676	OK!
				Y6D	332,767	6,597	OK!
				Y7D	303,738	19,813	OK!
				Y8D	303,738	5,244	OK!
				Y9D	303,738	3,721	OK!
				Y10D	322,892	3,311	OK!
				Y11D	322,892	63,948	OK!
				Y12D	293,600	144,795	OK!

Tabela 42 – Dimensionamento ao cisalhamento para o primeiro pavimento da Eficiência 03

Paredes	fvd(KN/m ²)	t d (kN/m ²)	Verificação	Paredes	fvd(KN/m ²)	t d (kN/m ²)	Verificação
X1A	219,768	55,585	OK!	Y1A	219,768	4,729	OK!
X2A	214,518	11,358	OK!	Y2A	219,768	75,753	OK!
X3A	215,310	0,621	OK!	Y3A	214,518	5,141	OK!
X4A	245,110	20,203	OK!	Y4A	214,518	1,972	OK!
X5A	219,768	8,951	OK!	Y5A	247,350	5,703	OK!
X6A	247,350	14,955	OK!	Y6A	245,110	6,628	OK!
X7A	215,310	30,217	OK!	Y7A	215,310	19,908	OK!
X8A	215,310	1,330	OK!	Y8A	215,310	5,269	OK!
X9A	228,836	90,821	OK!	Y9A	215,310	3,738	OK!
X10A	247,350	0,353	OK!	Y10A	228,836	3,327	OK!
X1B	219,768	55,585	OK!	Y11A	228,836	64,253	OK!
X2B	214,518	11,358	OK!	Y12A	247,350	142,117	OK!
X3B	215,310	0,621	OK!	Y1B	219,768	4,729	OK!
X4B	245,110	20,203	OK!	Y2B	219,768	75,753	OK!
X5B	219,768	8,951	OK!	Y3B	214,518	5,141	OK!
X6B	244,935	14,955	OK!	Y4B	214,518	1,972	OK!
X7B	215,310	30,217	OK!	Y5B	244,935	5,703	OK!
X8B	215,310	1,330	OK!	Y6B	245,110	6,628	OK!
X9B	228,836	90,821	OK!	Y7B	215,310	19,908	OK!
X10B	244,935	6,356	OK!	Y8B	215,310	5,269	OK!
X1C	219,793	55,585	OK!	Y9B	215,310	3,738	OK!
X2C	214,518	11,358	OK!	Y10B	228,836	3,327	OK!
X3C	215,310	0,621	OK!	Y11B	228,836	64,253	OK!
X4C	245,110	20,203	OK!	Y12B	244,935	176,971	OK!
X5C	219,793	8,951	OK!	Y1C	219,793	4,729	OK!
X6C	204,623	15,695	OK!	Y2C	219,793	75,753	OK!
X7C	215,310	30,217	OK!	Y3C	214,518	5,141	OK!
X8C	215,310	1,330	OK!	Y4C	214,518	1,972	OK!
X9C	233,767	90,821	OK!	Y5C	204,623	5,703	OK!
X10C	204,623	1,089	OK!	Y6C	245,110	6,628	OK!
X1D	219,793	55,585	OK!	Y7C	215,310	19,908	OK!
X2D	214,518	11,358	OK!	Y8C	215,310	5,269	OK!
X3D	215,310	0,621	OK!	Y9C	215,310	3,738	OK!
X4D	245,110	20,203	OK!	Y10C	233,767	3,327	OK!
X5D	219,793	8,951	OK!	Y11C	233,767	64,253	OK!
X6D	204,623	15,695	OK!	Y12C	204,623	145,484	OK!
X7D	215,310	30,217	OK!	Y1D	219,793	4,729	OK!
X8D	215,310	1,330	OK!	Y2D	219,793	75,753	OK!
X9D	233,767	90,821	OK!	Y3D	214,518	5,141	OK!
X10D	204,623	1,089	OK!	Y4D	214,518	1,972	OK!
X1E	204,623	48,289	OK!	Y5D	204,623	5,703	OK!
				Y6D	245,110	6,628	OK!
				Y7D	215,310	19,908	OK!
				Y8D	215,310	5,269	OK!
				Y9D	215,310	3,738	OK!
				Y10D	233,767	3,327	OK!
				Y11D	233,767	64,253	OK!
				Y12D	204,623	145,484	OK!

APÊNDICE I – Dimensionamento à flexo-compressão: Verificação de tração do primeiro pavimento para cada eficiência analisada

Tabela 43 – Verificação de tração para o primeiro pavimento da Eficiência 01 na direção x

Paredes	Bordo esquerdo (verificação)	Bordo direito (verificação)	Bordo esquerdo (m)	Bordo direito (m)	As Esquerda (cm ²)	As direita (cm ²)	As Mínimo (cm ²)
X1A	9,08	25,03	-	-	-	-	-
X2A	-235,51	-260,30	-	-	-	-	-
X3A	-483,77	-436,89	-	-	-	-	-
X4A	-331,82	-195,09	-	-	-	-	-
X5A	-419,54	-247,21	-	-	-	-	-
X6A	-410,80	-397,79	-	-	-	-	-
X7A	-155,32	-30,12	-	-	-	-	-
X8A	-445,72	-402,52	-	-	-	-	-
X9A	229,91	317,79	0,94	1,29	0,69	1,32	9,65
X10A	-589,02	-589,02	-	-	-	-	-
X1B	25,03	9,08	-	-	-	-	-
X2B	-260,30	-235,51	-	-	-	-	-
X3B	-436,89	-483,77	-	-	-	-	-
X4B	-195,09	-331,82	-	-	-	-	-
X5B	-247,21	-419,54	-	-	-	-	-
X6B	-388,83	-401,84	-	-	-	-	-
X7B	-30,12	-155,32	-	-	-	-	-
X8B	-402,52	-445,72	-	-	-	-	-
X9B	317,79	229,91	1,29	0,94	1,32	0,69	9,65
X10B	-382,94	-482,61	-	-	-	-	-
X1C	8,98	24,93	-	-	-	-	-
X2C	-235,51	-260,30	-	-	-	-	-
X3C	-483,77	-436,89	-	-	-	-	-
X4C	-331,82	-195,09	-	-	-	-	-
X5C	-419,64	-247,31	-	-	-	-	-
X6C	-265,00	-318,03	-	-	-	-	-
X7C	-155,32	-30,12	-	-	-	-	-
X8C	-445,72	-402,52	-	-	-	-	-
X9C	210,18	298,07	0,86	1,21	0,58	1,17	9,65
X10C	-403,21	-363,93	-	-	-	-	-
X1D	24,93	8,98	-	-	-	-	-
X2D	-260,30	-235,51	-	-	-	-	-
X3D	-436,89	-483,77	-	-	-	-	-
X4D	-195,09	-331,82	-	-	-	-	-
X5D	-247,31	-419,64	-	-	-	-	-
X6D	-318,03	-265,00	-	-	-	-	-
X7D	-30,12	-155,32	-	-	-	-	-
X8D	-402,52	-445,72	-	-	-	-	-
X9D	298,07	210,18	1,21	0,86	1,17	0,58	9,65
X10D	-363,93	-403,21	-	-	-	-	-
X1E	-144,23	-144,23	-	-	-	-	-

Tabela 44 – Verificação de tração para o primeiro pavimento da Eficiência 01 na direção y

Paredes	Bordo inferior (verificação)	Bordo superior (verificação)	Bordo inferior (m)	Bordo superior (m)	As inferior (cm ²)	As superior (cm ²)	As Mínimo (cm ²)
Y1A	-243,14	-412,04	-	-	-	-	-
Y2A	365,38	157,14	0,79	0,34	0,93	0,17	4,82
Y3A	-199,17	-399,08	-	-	-	-	-
Y4A	-314,40	-420,37	-	-	-	-	-
Y5A	-479,22	-325,58	-	-	-	-	-
Y6A	-491,32	-287,24	-	-	-	-	-
Y7A	-133,64	-67,93	-	-	-	-	-
Y8A	-377,98	-309,49	-	-	-	-	-
Y9A	-252,11	-433,04	-	-	-	-	-
Y10A	-473,74	-325,20	-	-	-	-	-
Y11A	28,34	491,56	-	1,06	-	1,68	5,03
Y12A	807,23	611,49	1,74	1,32	4,53	2,60	8,18
Y1B	-243,14	-412,04	-	-	-	-	-
Y2B	365,38	157,14	0,79	0,34	0,93	0,17	4,82
Y3B	-199,17	-399,08	-	-	-	-	-
Y4B	-314,40	-420,37	-	-	-	-	-
Y5B	-470,26	-316,63	-	-	-	-	-
Y6B	-491,32	-287,24	-	-	-	-	-
Y7B	-133,64	-67,93	-	-	-	-	-
Y8B	-377,98	-309,49	-	-	-	-	-
Y9B	-252,11	-433,04	-	-	-	-	-
Y10B	-473,74	-325,20	-	-	-	-	-
Y11B	28,34	491,56	-	1,06	-	1,68	5,03
Y12B	692,64	744,00	1,50	1,61	3,34	3,85	8,18
Y1C	-412,14	-243,24	-	-	-	-	-
Y2C	157,04	365,28	0,34	0,79	0,17	0,93	4,82
Y3C	-399,08	-199,17	-	-	-	-	-
Y4C	-420,37	-314,40	-	-	-	-	-
Y5C	-156,95	-310,59	-	-	-	-	-
Y6C	-287,24	-491,32	-	-	-	-	-
Y7C	-67,93	-133,64	-	-	-	-	-
Y8C	-309,49	-377,98	-	-	-	-	-
Y9C	-433,04	-252,11	-	-	-	-	-
Y10C	-344,92	-493,46	-	-	-	-	-
Y11C	471,84	8,62	1,02	-	1,55	-	5,03
Y12C	920,79	835,19	1,99	1,80	5,90	4,85	8,18
Y1D	-412,14	-243,24	-	-	-	-	-
Y2D	157,04	365,28	0,34	0,79	0,17	0,93	4,82
Y3D	-399,08	-199,17	-	-	-	-	-
Y4D	-420,37	-314,40	-	-	-	-	-
Y5D	-156,95	-310,59	-	-	-	-	-
Y6D	-287,24	-491,32	-	-	-	-	-
Y7D	-67,93	-133,64	-	-	-	-	-
Y8D	-309,49	-377,98	-	-	-	-	-
Y9D	-433,04	-252,11	-	-	-	-	-
Y10D	-344,92	-493,46	-	-	-	-	-
Y11D	471,84	8,62	1,02	-	1,55	-	5,03
Y12D	920,79	835,19	1,99	1,80	5,90	4,85	8,18

Tabela 45 – Verificação de tração para o primeiro pavimento da Eficiência 02 na direção x

Paredes	Bordo esquerdo (verificação)	Bordo direito (verificação)	Bordo esquerdo (m)	Bordo direito (m)	As Esquerda (cm ²)	As direita (cm ²)	As Mínimo (cm ²)
X1A	9,08	25,03	-	-	-	-	-
X2A	-235,51	-260,30	-	-	-	-	-
X3A	-483,77	-436,89	-	-	-	-	-
X4A	-331,82	-195,09	-	-	-	-	-
X5A	-419,54	-247,21	-	-	-	-	-
X6A	-410,80	-397,79	-	-	-	-	-
X7A	-155,32	-30,12	-	-	-	-	-
X8A	-445,72	-402,52	-	-	-	-	-
X9A	229,91	317,79	0,94	1,29	0,69	1,32	9,65
X10A	-589,02	-589,02	-	-	-	-	-
X1B	25,03	9,08	-	-	-	-	-
X2B	-260,30	-235,51	-	-	-	-	-
X3B	-436,89	-483,77	-	-	-	-	-
X4B	-195,09	-331,82	-	-	-	-	-
X5B	-247,21	-419,54	-	-	-	-	-
X6B	-388,83	-401,84	-	-	-	-	-
X7B	-30,12	-155,32	-	-	-	-	-
X8B	-402,52	-445,72	-	-	-	-	-
X9B	317,79	229,91	1,29	0,94	1,32	0,69	9,65
X10B	-382,94	-482,61	-	-	-	-	-
X1C	8,98	24,93	-	-	-	-	-
X2C	-235,51	-260,30	-	-	-	-	-
X3C	-483,77	-436,89	-	-	-	-	-
X4C	-331,82	-195,09	-	-	-	-	-
X5C	-419,64	-247,31	-	-	-	-	-
X6C	-265,00	-318,03	-	-	-	-	-
X7C	-155,32	-30,12	-	-	-	-	-
X8C	-445,72	-402,52	-	-	-	-	-
X9C	210,18	298,07	0,86	1,21	0,58	1,17	9,65
X10C	-403,21	-363,93	-	-	-	-	-
X1D	24,93	8,98	-	-	-	-	-
X2D	-260,30	-235,51	-	-	-	-	-
X3D	-436,89	-483,77	-	-	-	-	-
X4D	-195,09	-331,82	-	-	-	-	-
X5D	-247,31	-419,64	-	-	-	-	-
X6D	-318,03	-265,00	-	-	-	-	-
X7D	-30,12	-155,32	-	-	-	-	-
X8D	-402,52	-445,72	-	-	-	-	-
X9D	298,07	210,18	1,21	0,86	1,17	0,58	9,65
X10D	-363,93	-403,21	-	-	-	-	-
X1E	-144,23	-144,23	-	-	-	-	-

Tabela 46 – Verificação de tração para o primeiro pavimento da Eficiência 02 na direção y

Paredes	Bordo inferior (verificação)	Bordo superior (verificação)	Bordo inferior (m)	Bordo superior (m)	As inferior (cm ²)	As superior (cm ²)	As Mínimo (cm ²)
Y1A	-243,14	-412,04	-	-	-	-	-
Y2A	365,38	157,14	0,79	0,34	0,93	0,17	4,82
Y3A	-199,17	-399,08	-	-	-	-	-
Y4A	-314,40	-420,37	-	-	-	-	-
Y5A	-479,22	-325,58	-	-	-	-	-
Y6A	-491,32	-287,24	-	-	-	-	-
Y7A	-133,64	-67,93	-	-	-	-	-
Y8A	-377,98	-309,49	-	-	-	-	-
Y9A	-252,11	-433,04	-	-	-	-	-
Y10A	-473,74	-325,20	-	-	-	-	-
Y11A	28,34	491,56	-	1,06	-	1,68	5,03
Y12A	807,23	611,49	1,74	1,32	4,53	2,60	8,18
Y1B	-243,14	-412,04	-	-	-	-	-
Y2B	365,38	157,14	0,79	0,34	0,93	0,17	4,82
Y3B	-199,17	-399,08	-	-	-	-	-
Y4B	-314,40	-420,37	-	-	-	-	-
Y5B	-470,26	-316,63	-	-	-	-	-
Y6B	-491,32	-287,24	-	-	-	-	-
Y7B	-133,64	-67,93	-	-	-	-	-
Y8B	-377,98	-309,49	-	-	-	-	-
Y9B	-252,11	-433,04	-	-	-	-	-
Y10B	-473,74	-325,20	-	-	-	-	-
Y11B	28,34	491,56	-	1,06	-	1,68	5,03
Y12B	692,64	744,00	1,50	1,61	3,34	3,85	8,18
Y1C	-412,14	-243,24	-	-	-	-	-
Y2C	157,04	365,28	0,34	0,79	0,17	0,93	4,82
Y3C	-399,08	-199,17	-	-	-	-	-
Y4C	-420,37	-314,40	-	-	-	-	-
Y5C	-156,95	-310,59	-	-	-	-	-
Y6C	-287,24	-491,32	-	-	-	-	-
Y7C	-67,93	-133,64	-	-	-	-	-
Y8C	-309,49	-377,98	-	-	-	-	-
Y9C	-433,04	-252,11	-	-	-	-	-
Y10C	-344,92	-493,46	-	-	-	-	-
Y11C	471,84	8,62	1,02	-	1,55	-	5,03
Y12C	920,79	835,19	1,99	1,80	5,90	4,85	8,18
Y1D	-412,14	-243,24	-	-	-	-	-
Y2D	157,04	365,28	0,34	0,79	0,17	0,93	4,82
Y3D	-399,08	-199,17	-	-	-	-	-
Y4D	-420,37	-314,40	-	-	-	-	-
Y5D	-156,95	-310,59	-	-	-	-	-
Y6D	-287,24	-491,32	-	-	-	-	-
Y7D	-67,93	-133,64	-	-	-	-	-
Y8D	-309,49	-377,98	-	-	-	-	-
Y9D	-433,04	-252,11	-	-	-	-	-
Y10D	-344,92	-493,46	-	-	-	-	-
Y11D	471,84	8,62	1,02	-	1,55	-	5,03
Y12D	920,79	835,19	1,99	1,80	5,90	4,85	8,18

Tabela 47 – Verificação de tração para o primeiro pavimento da Eficiência 03 na direção x

Paredes	Bordo esquerdo (verificação)	Bordo direito (verificação)	Bordo esquerdo (m)	Bordo direito (m)	As Esquerda (cm ²)	As direita (cm ²)	As Mínimo (cm ²)
X1A	-32,25	-16,20	-	-	-	-	-
X2A	-287,01	-311,94	-	-	-	-	-
X3A	-529,89	-482,73	-	-	-	-	-
X4A	-379,50	-241,99	-	-	-	-	-
X5A	-463,29	-289,98	-	-	-	-	-
X6A	-455,86	-442,77	-	-	-	-	-
X7A	-199,57	-73,66	-	-	-	-	-
X8A	-491,62	-448,17	-	-	-	-	-
X9A	190,95	279,33	0,77	1,13	0,48	1,02	9,65
X10A	-635,09	-635,09	-	-	-	-	-
X1B	-16,20	-32,25	-	-	-	-	-
X2B	-311,94	-287,01	-	-	-	-	-
X3B	-482,73	-529,89	-	-	-	-	-
X4B	-241,99	-379,50	-	-	-	-	-
X5B	-289,98	-463,29	-	-	-	-	-
X6B	-433,11	-446,20	-	-	-	-	-
X7B	-73,66	-199,57	-	-	-	-	-
X8B	-448,17	-491,62	-	-	-	-	-
X9B	279,33	190,95	1,13	0,77	1,02	0,48	9,65
X10B	-427,19	-527,42	-	-	-	-	-
X1C	-32,35	-16,30	-	-	-	-	-
X2C	-287,01	-311,94	-	-	-	-	-
X3C	-529,89	-482,73	-	-	-	-	-
X4C	-379,50	-241,99	-	-	-	-	-
X5C	-463,39	-290,08	-	-	-	-	-
X6C	-307,91	-361,23	-	-	-	-	-
X7C	-199,57	-73,66	-	-	-	-	-
X8C	-491,62	-448,17	-	-	-	-	-
X9C	171,22	259,61	0,69	1,05	0,38	0,88	9,65
X10C	-446,90	-407,40	-	-	-	-	-
X1D	-16,30	-32,35	-	-	-	-	-
X2D	-311,94	-287,01	-	-	-	-	-
X3D	-482,73	-529,89	-	-	-	-	-
X4D	-241,99	-379,50	-	-	-	-	-
X5D	-290,08	-463,39	-	-	-	-	-
X6D	-361,23	-307,91	-	-	-	-	-
X7D	-73,66	-199,57	-	-	-	-	-
X8D	-448,17	-491,62	-	-	-	-	-
X9D	259,61	171,22	1,05	0,69	0,88	0,38	9,65
X10D	-407,40	-446,90	-	-	-	-	-
X1E	-186,45	-186,45	-	-	-	-	-

Tabela 48 – Verificação de tração para o primeiro pavimento da Eficiência 03 na direção y

Paredes	Bordo inferior (verificação)	Bordo superior (verificação)	Bordo inferior (m)	Bordo superior (m)	As inferior (cm ²)	As superior (cm ²)	As Mínimo (cm ²)
Y1A	-286,24	-455,90	-	-	-	-	-
Y2A	324,98	115,81	0,70	0,25	0,73	0,09	4,82
Y3A	-250,84	-451,63	-	-	-	-	-
Y4A	-366,57	-473,01	-	-	-	-	-
Y5A	-524,86	-370,54	-	-	-	-	-
Y6A	-540,07	-335,09	-	-	-	-	-
Y7A	-178,24	-112,23	-	-	-	-	-
Y8A	-423,65	-354,86	-	-	-	-	-
Y9A	-297,23	-478,97	-	-	-	-	-
Y10A	-516,81	-367,60	-	-	-	-	-
Y11A	-12,49	452,78	-	0,97	-	1,42	5,03
Y12A	767,31	570,69	1,65	1,23	4,08	2,26	8,18
Y1B	-286,24	-455,90	-	-	-	-	-
Y2B	324,98	115,81	0,70	0,25	0,73	0,09	4,82
Y3B	-250,84	-451,63	-	-	-	-	-
Y4B	-366,57	-473,01	-	-	-	-	-
Y5B	-515,20	-360,88	-	-	-	-	-
Y6B	-540,07	-335,09	-	-	-	-	-
Y7B	-178,24	-112,23	-	-	-	-	-
Y8B	-423,65	-354,86	-	-	-	-	-
Y9B	-297,23	-478,97	-	-	-	-	-
Y10B	-516,81	-367,60	-	-	-	-	-
Y11B	-12,49	452,78	-	0,97	-	1,42	5,03
Y12B	652,86	704,46	1,40	1,52	2,95	3,44	8,18
Y1C	-456,00	-286,34	-	-	-	-	-
Y2C	115,71	324,88	0,25	0,70	0,09	0,73	4,82
Y3C	-451,63	-250,84	-	-	-	-	-
Y4C	-473,01	-366,57	-	-	-	-	-
Y5C	-199,64	-353,95	-	-	-	-	-
Y6C	-335,09	-540,07	-	-	-	-	-
Y7C	-112,23	-178,24	-	-	-	-	-
Y8C	-354,86	-423,65	-	-	-	-	-
Y9C	-478,97	-297,23	-	-	-	-	-
Y10C	-387,32	-536,53	-	-	-	-	-
Y11C	433,06	-32,21	0,93	-	1,30	-	5,03
Y12C	882,90	796,91	1,90	1,71	5,40	4,40	8,18
Y1D	-456,00	-286,34	-	-	-	-	-
Y2D	115,71	324,88	0,25	0,70	0,09	0,73	4,82
Y3D	-451,63	-250,84	-	-	-	-	-
Y4D	-473,01	-366,57	-	-	-	-	-
Y5D	-199,64	-353,95	-	-	-	-	-
Y6D	-335,09	-540,07	-	-	-	-	-
Y7D	-112,23	-178,24	-	-	-	-	-
Y8D	-354,86	-423,65	-	-	-	-	-
Y9D	-478,97	-297,23	-	-	-	-	-
Y10D	-387,32	-536,53	-	-	-	-	-
Y11D	433,06	-32,21	0,93	-	1,30	-	5,03
Y12D	882,90	796,91	1,90	1,71	5,40	4,40	8,18

APÊNDICE J – Dimensionamento à flexo-compressão: Verificação de compressão do primeiro pavimento para cada eficiência analisada

Tabela 49 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 01 na direção x

Paredes	i esquerda	ii esquerda	i direita	ii direita	Bordo esquerdo	Bordo direito	Bordo esquerdo	Bordo direito
X1A	0,87	0,90	0,88	0,91	-	-	-	-
X2A	0,74	0,74	0,74	0,73	-	-	-	-
X3A	0,70	0,65	0,72	0,67	-	-	-	-
X4A	0,95	0,92	0,99	0,98	-	-	-	-
X5A	0,76	0,72	0,81	0,79	-	-	-	-
X6A	0,97	0,92	0,97	0,92	-	-	-	-
X7A	0,79	0,79	0,82	0,84	-	-	-	-
X8A	0,71	0,67	0,72	0,69	-	-	-	-
X9A	1,00	1,06	1,02	1,10	0,58	0,94	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10A	0,92	0,84	0,92	0,84	-	-	-	-
X1B	0,88	0,91	0,87	0,90	-	-	-	-
X2B	0,74	0,73	0,74	0,74	-	-	-	-
X3B	0,72	0,67	0,70	0,65	-	-	-	-
X4B	0,99	0,98	0,95	0,92	-	-	-	-
X5B	0,81	0,79	0,76	0,72	-	-	-	-
X6B	0,96	0,91	0,95	0,90	-	-	-	-
X7B	0,82	0,84	0,79	0,79	-	-	-	-
X8B	0,72	0,69	0,71	0,67	-	-	-	-
X9B	1,02	1,10	1,00	1,06	0,94	0,58	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10B	0,96	0,91	0,93	0,87	-	-	-	-
X1C	0,87	0,90	0,88	0,91	-	-	-	-
X2C	0,74	0,74	0,74	0,73	-	-	-	-
X3C	0,70	0,65	0,72	0,67	-	-	-	-
X4C	0,95	0,92	0,99	0,98	-	-	-	-
X5C	0,76	0,72	0,81	0,79	-	-	-	-
X6C	0,70	0,68	0,68	0,66	-	-	-	-
X7C	0,79	0,79	0,82	0,84	-	-	-	-
X8C	0,71	0,67	0,72	0,69	-	-	-	-
X9C	1,03	1,09	1,05	1,12	0,84	1,20	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10C	0,66	0,62	0,67	0,64	-	-	-	-
X1D	0,88	0,91	0,87	0,90	-	-	-	-
X2D	0,74	0,73	0,74	0,74	-	-	-	-
X3D	0,72	0,67	0,70	0,65	-	-	-	-
X4D	0,99	0,98	0,95	0,92	-	-	-	-
X5D	0,81	0,79	0,76	0,72	-	-	-	-
X6D	0,68	0,66	0,70	0,68	-	-	-	-
X7D	0,82	0,84	0,79	0,79	-	-	-	-
X8D	0,72	0,69	0,71	0,67	-	-	-	-
X9D	1,05	1,12	1,03	1,09	1,20	0,84	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10D	0,67	0,64	0,66	0,62	-	-	-	-
X1E	0,73	0,73	0,73	0,73	-	-	-	-

Tabela 50 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 01 na direção y
(Continua)

Paredes	i inferior	ii inferior	i superior	ii superior	Bordo inferior	Bordo superior	Bordo inferior	Bordo superior
Y1A	0,81	0,79	0,76	0,72	-	-	-	-
Y2A	0,96	1,05	0,91	0,96	0,25	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
Y3A	0,75	0,75	0,70	0,67	-	-	-	-
Y4A	0,72	0,70	0,70	0,66	-	-	-	-
Y5A	0,95	0,89	0,99	0,95	-	-	-	-
Y6A	0,91	0,85	0,96	0,94	-	-	-	-
Y7A	0,79	0,80	0,81	0,83	-	-	-	-
Y8A	0,73	0,70	0,75	0,73	-	-	-	-
Y9A	0,76	0,75	0,72	0,67	-	-	-	-
Y10A	0,82	0,76	0,86	0,83	-	-	-	-
Y11A	0,95	0,97	1,07	1,17	-	0,87	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12A	1,28	1,43	1,23	1,35	2,35	1,93	Graute em Todos os Furos	Graute em Todos os Furos
Y1B	0,81	0,79	0,76	0,72	-	-	-	-
Y2B	0,96	1,05	0,91	0,96	0,25	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
Y3B	0,75	0,75	0,70	0,67	-	-	-	-
Y4B	0,72	0,70	0,70	0,66	-	-	-	-
Y5B	0,94	0,87	0,98	0,94	-	-	-	-
Y6B	0,91	0,85	0,96	0,94	-	-	-	-
Y7B	0,79	0,80	0,81	0,83	-	-	-	-
Y8B	0,73	0,70	0,75	0,73	-	-	-	-
Y9B	0,76	0,75	0,72	0,67	-	-	-	-
Y10B	0,82	0,76	0,86	0,83	-	-	-	-
Y11B	0,95	0,97	1,07	1,17	-	0,87	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12B	1,23	1,37	1,25	1,39	1,98	2,09	Graute em Todos os Furos	Graute em Todos os Furos
Y1C	0,76	0,72	0,81	0,79	-	-	-	-
Y2C	0,91	0,96	0,96	1,05	-	0,25	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3C	0,70	0,67	0,75	0,75	-	-	-	-
Y4C	0,70	0,66	0,72	0,70	-	-	-	-
Y5C	0,72	0,72	0,68	0,66	-	-	-	-
Y6C	0,96	0,94	0,91	0,85	-	-	-	-
Y7C	0,81	0,83	0,79	0,80	-	-	-	-
Y8C	0,75	0,73	0,73	0,70	-	-	-	-
Y9C	0,72	0,67	0,76	0,75	-	-	-	-
Y10C	0,89	0,85	0,85	0,79	-	-	-	-
Y11C	1,10	1,20	0,98	1,00	1,01	0,01	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12C	1,00	1,18	0,98	1,14	0,92	0,73	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos

**Tabela 50 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 01 na direção y
(Conclusão)**

Paredes	i inferior	ii inferior	i superior	ii superior	Bordo inferior	Bordo superior	Bordo inferior	Bordo superior
Y1D	0,76	0,72	0,81	0,79	-	-	-	-
Y2D	0,91	0,96	0,96	1,05	-	0,25	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3D	0,70	0,67	0,75	0,75	-	-	-	-
Y4D	0,70	0,66	0,72	0,70	-	-	-	-
Y5D	0,72	0,72	0,68	0,66	-	-	-	-
Y6D	0,96	0,94	0,91	0,85	-	-	-	-
Y7D	0,81	0,83	0,79	0,80	-	-	-	-
Y8D	0,75	0,73	0,73	0,70	-	-	-	-
Y9D	0,72	0,67	0,76	0,75	-	-	-	-
Y10D	0,89	0,85	0,85	0,79	-	-	-	-
Y11D	1,10	1,20	0,98	1,00	1,01	0,01	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12D	1,00	1,18	0,98	1,14	0,92	0,73	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos

Tabela 51 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 02 na direção x

Paredes	i esquerda	ii esquerda	i direita	ii direita	Bordo esquerdo	Bordo direito	Bordo esquerdo	Bordo direito
X1A	0,93	0,96	0,94	0,97	-	-	-	-
X2A	0,80	0,79	0,79	0,78	-	-	-	-
X3A	0,75	0,70	0,77	0,72	-	-	-	-
X4A	1,02	0,99	1,06	1,05	0,27	0,83	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5A	0,82	0,77	0,86	0,85	-	-	-	-
X6A	1,04	0,98	1,04	0,99	0,55	0,60	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X7A	0,84	0,85	0,88	0,90	-	-	-	-
X8A	0,76	0,72	0,78	0,74	-	-	-	-
X9A	1,07	1,14	1,09	1,18	1,22	1,58	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10A	0,99	0,90	0,99	0,90	-	-	-	-
X1B	0,94	0,97	0,93	0,96	-	-	-	-
X2B	0,79	0,78	0,80	0,79	-	-	-	-
X3B	0,77	0,72	0,75	0,70	-	-	-	-
X4B	1,06	1,05	1,02	0,99	0,83	0,27	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5B	0,86	0,85	0,82	0,77	-	-	-	-
X6B	1,03	0,97	1,02	0,97	0,39	0,34	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X7B	0,88	0,90	0,84	0,85	-	-	-	-
X8B	0,78	0,74	0,76	0,72	-	-	-	-
X9B	1,09	1,18	1,07	1,14	1,58	1,22	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10B	1,03	0,98	1,00	0,93	0,41	0,01	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X1C	0,93	0,96	0,94	0,97	-	-	-	-
X2C	0,80	0,79	0,79	0,78	-	-	-	-
X3C	0,75	0,70	0,77	0,72	-	-	-	-
X4C	1,02	0,99	1,06	1,05	0,27	0,83	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5C	0,82	0,77	0,86	0,85	-	-	-	-
X6C	0,75	0,73	0,73	0,70	-	-	-	-
X7C	0,84	0,85	0,88	0,90	-	-	-	-
X8C	0,76	0,72	0,78	0,74	-	-	-	-
X9C	1,10	1,16	1,13	1,20	1,57	1,93	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10C	0,71	0,66	0,72	0,68	-	-	-	-
X1D	0,94	0,97	0,93	0,96	-	-	-	-
X2D	0,79	0,78	0,80	0,79	-	-	-	-
X3D	0,77	0,72	0,75	0,70	-	-	-	-
X4D	1,06	1,05	1,02	0,99	0,83	0,27	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5D	0,86	0,85	0,82	0,77	-	-	-	-
X6D	0,73	0,70	0,75	0,73	-	-	-	-
X7D	0,88	0,90	0,84	0,85	-	-	-	-
X8D	0,78	0,74	0,76	0,72	-	-	-	-
X9D	1,13	1,20	1,10	1,16	1,93	1,57	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10D	0,72	0,68	0,71	0,66	-	-	-	-
X1E	0,78	0,78	0,78	0,78	-	-	-	-

Tabela 52 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 02 na direção y
(Continua)

Paredes	i inferior	ii inferior	i superior	ii superior	Bordo inferior	Bordo superior	Bordo inferior	Bordo superior
Y1A	0,86	0,85	0,82	0,77	-	-	-	-
Y2A	1,03	1,12	0,97	1,03	0,59	0,14	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3A	0,81	0,81	0,75	0,72	-	-	-	-
Y4A	0,78	0,75	0,75	0,71	-	-	-	-
Y5A	1,02	0,95	1,06	1,02	0,14	0,47	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y6A	0,97	0,91	1,03	1,01	-	0,24	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y7A	0,85	0,86	0,87	0,89	-	-	-	-
Y8A	0,78	0,75	0,80	0,78	-	-	-	-
Y9A	0,82	0,80	0,77	0,72	-	-	-	-
Y10A	0,88	0,82	0,92	0,88	-	-	-	-
Y11A	1,02	1,04	1,14	1,25	0,21	1,21	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12A	1,37	1,53	1,31	1,44	2,92	2,50	Graute em Todos os Furos	Graute em Todos os Furos
Y1B	0,86	0,85	0,82	0,77	-	-	-	-
Y2B	1,03	1,12	0,97	1,03	0,59	0,14	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3B	0,81	0,81	0,75	0,72	-	-	-	-
Y4B	0,78	0,75	0,75	0,71	-	-	-	-
Y5B	1,00	0,94	1,05	1,01	0,03	0,36	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y6B	0,97	0,91	1,03	1,01	-	0,24	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y7B	0,85	0,86	0,87	0,89	-	-	-	-
Y8B	0,78	0,75	0,80	0,78	-	-	-	-
Y9B	0,82	0,80	0,77	0,72	-	-	-	-
Y10B	0,88	0,82	0,92	0,88	-	-	-	-
Y11B	1,02	1,04	1,14	1,25	0,21	1,21	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12B	1,32	1,46	1,33	1,49	2,54	2,65	Graute em Todos os Furos	Graute em Todos os Furos
Y1C	0,82	0,77	0,87	0,85	-	-	-	-
Y2C	0,97	1,03	1,03	1,12	0,14	0,59	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3C	0,75	0,72	0,81	0,81	-	-	-	-
Y4C	0,75	0,71	0,78	0,75	-	-	-	-
Y5C	0,77	0,78	0,73	0,71	-	-	-	-
Y6C	1,03	1,01	0,97	0,91	0,24	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
Y7C	0,87	0,89	0,85	0,86	-	-	-	-
Y8C	0,80	0,78	0,78	0,75	-	-	-	-

Tabela 52 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 02 na direção y
(Conclusão)

Paredes	i inferior	ii inferior	i superior	ii superior	Bordo inferior	Bordo superior	Bordo inferior	Bordo superior
Y9C	0,77	0,72	0,82	0,80	-	-	-	-
Y10C	0,95	0,91	0,91	0,85	-	-	-	-
Y11C	1,18	1,28	1,05	1,07	1,40	0,40	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12C	1,07	1,26	1,04	1,22	1,26	1,07	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y1D	0,82	0,77	0,87	0,85	-	-	-	-
Y2D	0,97	1,03	1,03	1,12	0,14	0,59	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3D	0,75	0,72	0,81	0,81	-	-	-	-
Y4D	0,75	0,71	0,78	0,75	-	-	-	-
Y5D	0,77	0,78	0,73	0,71	-	-	-	-
Y6D	1,03	1,01	0,97	0,91	0,24	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
Y7D	0,87	0,89	0,85	0,86	-	-	-	-
Y8D	0,80	0,78	0,78	0,75	-	-	-	-
Y9D	0,77	0,72	0,82	0,80	-	-	-	-
Y10D	0,95	0,91	0,91	0,85	-	-	-	-
Y11D	1,18	1,28	1,05	1,07	1,40	0,40	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12D	1,07	1,26	1,04	1,22	1,26	1,07	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos

Tabela 53 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 03 na direção x

Paredes	i esquerda	ii esquerda	i direita	ii direita	Bordo esquerdo	Bordo direito	Bordo esquerdo	Bordo direito
X1A	0,92	0,95	0,93	0,96	-	-	-	-
X2A	0,80	0,80	0,80	0,79	-	-	-	-
X3A	0,76	0,70	0,77	0,72	-	-	-	-
X4A	1,01	0,98	1,04	1,03	0,10	0,66	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5A	0,81	0,77	0,86	0,84	-	-	-	-
X6A	1,02	0,97	1,02	0,97	0,32	0,37	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X7A	0,84	0,84	0,87	0,90	-	-	-	-
X8A	0,77	0,72	0,78	0,74	-	-	-	-
X9A	1,05	1,11	1,07	1,15	1,06	1,42	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10A	0,97	0,89	0,97	0,89	-	-	-	-
X1B	0,93	0,96	0,92	0,95	-	-	-	-
X2B	0,80	0,79	0,80	0,80	-	-	-	-
X3B	0,77	0,72	0,76	0,70	-	-	-	-
X4B	1,04	1,03	1,01	0,98	0,66	0,10	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5B	0,86	0,84	0,81	0,77	-	-	-	-
X6B	1,01	0,96	1,01	0,96	0,15	0,10	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X7B	0,87	0,90	0,84	0,84	-	-	-	-
X8B	0,78	0,74	0,77	0,72	-	-	-	-
X9B	1,07	1,15	1,05	1,11	1,42	1,06	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10B	1,01	0,96	0,99	0,92	0,18	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
X1C	0,92	0,95	0,93	0,96	-	-	-	-
X2C	0,80	0,80	0,80	0,79	-	-	-	-
X3C	0,76	0,70	0,77	0,72	-	-	-	-
X4C	1,01	0,98	1,04	1,03	0,10	0,66	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5C	0,81	0,77	0,86	0,84	-	-	-	-
X6C	0,75	0,73	0,73	0,71	-	-	-	-
X7C	0,84	0,84	0,87	0,90	-	-	-	-
X8C	0,77	0,72	0,78	0,74	-	-	-	-
X9C	1,08	1,14	1,10	1,18	1,32	1,68	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10C	0,71	0,67	0,72	0,69	-	-	-	-
X1D	0,93	0,96	0,92	0,95	-	-	-	-
X2D	0,80	0,79	0,80	0,80	-	-	-	-
X3D	0,77	0,72	0,76	0,70	-	-	-	-
X4D	1,04	1,03	1,01	0,98	0,66	0,10	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X5D	0,86	0,84	0,81	0,77	-	-	-	-
X6D	0,73	0,71	0,75	0,73	-	-	-	-
X7D	0,87	0,90	0,84	0,84	-	-	-	-
X8D	0,78	0,74	0,77	0,72	-	-	-	-
X9D	1,10	1,18	1,08	1,14	1,68	1,32	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
X10D	0,72	0,69	0,71	0,67	-	-	-	-
X1E	0,78	0,78	0,78	0,78	-	-	-	-

Tabela 54 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 03 na direção y
(Continua)

Paredes	i inferior	ii inferior	i superior	ii superior	Bordo inferior	Bordo superior	Bordo inferior	Bordo superior
Y1A	0,86	0,84	0,81	0,77	-	-	-	-
Y2A	1,01	1,10	0,96	1,01	0,51	0,06	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3A	0,81	0,81	0,76	0,73	-	-	-	-
Y4A	0,78	0,76	0,76	0,72	-	-	-	-
Y5A	1,00	0,94	1,04	1,00	0,02	0,35	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y6A	0,97	0,91	1,02	1,00	-	0,15	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y7A	0,85	0,85	0,86	0,88	-	-	-	-
Y8A	0,78	0,75	0,80	0,78	-	-	-	-
Y9A	0,82	0,80	0,77	0,73	-	-	-	-
Y10A	0,87	0,81	0,91	0,87	-	-	-	-
Y11A	1,00	1,02	1,12	1,22	0,13	1,13	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12A	1,33	1,49	1,28	1,40	2,80	2,38	Graute em Todos os Furos	Graute em Todos os Furos
Y1B	0,86	0,84	0,81	0,77	-	-	-	-
Y2B	1,01	1,10	0,96	1,01	0,51	0,06	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3B	0,81	0,81	0,76	0,73	-	-	-	-
Y4B	0,78	0,76	0,76	0,72	-	-	-	-
Y5B	0,99	0,93	1,03	0,99	-	0,24	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y6B	0,97	0,91	1,02	1,00	-	0,15	-	1 Graute a Cada 2 Furos
Y7B	0,85	0,85	0,86	0,88	-	-	-	-
Y8B	0,78	0,75	0,80	0,78	-	-	-	-
Y9B	0,82	0,80	0,77	0,73	-	-	-	-
Y10B	0,87	0,81	0,91	0,87	-	-	-	-
Y11B	1,00	1,02	1,12	1,22	0,13	1,13	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12B	1,29	1,42	1,30	1,44	2,42	2,53	Graute em Todos os Furos	Graute em Todos os Furos
Y1C	0,81	0,77	0,86	0,84	-	-	-	-
Y2C	0,96	1,01	1,01	1,10	0,06	0,51	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3C	0,76	0,73	0,81	0,81	-	-	-	-
Y4C	0,76	0,72	0,78	0,76	-	-	-	-
Y5C	0,77	0,77	0,73	0,71	-	-	-	-
Y6C	1,02	1,00	0,97	0,91	0,15	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
Y7C	0,86	0,88	0,85	0,85	-	-	-	-
Y8C	0,80	0,78	0,78	0,75	-	-	-	-
Y9C	0,77	0,73	0,82	0,80	-	-	-	-
Y10C	0,94	0,90	0,90	0,84	-	-	-	-

Tabela 54 – Verificação de compressão para o primeiro pavimento da Eficiência 03 na direção y
(Conclusão)

Paredes	i inferior	ii inferior	i superior	ii superior	Bordo inferior	Bordo superior	Bordo inferior	Bordo superior
Y11C	1,15	1,25	1,03	1,05	1,27	0,26	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12C	1,05	1,23	1,03	1,20	1,18	0,99	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y1D	0,81	0,77	0,86	0,84	-	-	-	-
Y2D	0,96	1,01	1,01	1,10	0,06	0,51	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y3D	0,76	0,73	0,81	0,81	-	-	-	-
Y4D	0,76	0,72	0,78	0,76	-	-	-	-
Y5D	0,77	0,77	0,73	0,71	-	-	-	-
Y6D	1,02	1,00	0,97	0,91	0,15	-	1 Graute a Cada 2 Furos	-
Y7D	0,86	0,88	0,85	0,85	-	-	-	-
Y8D	0,80	0,78	0,78	0,75	-	-	-	-
Y9D	0,77	0,73	0,82	0,80	-	-	-	-
Y10D	0,94	0,90	0,90	0,84	-	-	-	-
Y11D	1,15	1,25	1,03	1,05	1,27	0,26	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos
Y12D	1,05	1,23	1,03	1,20	1,18	0,99	1 Graute a Cada 2 Furos	1 Graute a Cada 2 Furos