

RELATÓRIO FINAL - TCC II

**PROJETO ESTRUTURAL E
ARQUITETÔNICO DE EDIFÍCIO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE
CONCRETO À TEMPERATURA AMBIENTE
E EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO**

Aluno: **RENATO ABBT KEPPE**

Orientador: **JORGE MUNAIAR NETO**

**São Carlos
2017**

Sumário

1. Introdução.....	3
2. Projeto Arquitetônico	4
2.1. Definição da Formatação	4
2.2. Arquitetura Influenciada pela Alvenaria Estrutural.....	9
2.3. Aspectos Arquitetônicos Relevantes para a Segurança Contra Incêndio	10
2.3.1. Compartimentação.....	10
2.3.2. Saída de Emergência	13
2.3.2.1. Quantidade de Saídas	13
2.3.2.2. Larguras.....	13
2.3.2.3. Distâncias	15
2.4. Desenhos.....	16
3. Projeto Estrutural à Temperatura Ambiente.....	17
3.1. Ações	17
3.1.1. Verticais.....	17
3.1.2. Horizontais	17
3.1.2.1. Desaprumo	17
3.1.2.2. Vento	18
3.2. Lajes Maciças de Concreto Armado	22
3.3. Paredes de Alvenaria Estrutural.....	44
3.3.1. O Sistema Estrutural.....	44
3.3.2. Memorial de Cálculo	49
3.3.2.1. Distribuição das Cargas Verticais	49
3.3.2.2. Distribuição das Ações Horizontais	51
3.3.2.3. Dimensionamento das Paredes.....	61
3.3.2.4. Dimensionamento das Vergas.....	87
3.3.2.5. Considerações Finais.....	88
4. Projeto Estrutural em Situação de Incêndio – Breve Abordagem.....	90
4.1. Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF).....	90
4.2. Alvenaria Estrutural em Situação de Incêndio	92
5. Bibliografia.....	96

1. Introdução

Este trabalho de conclusão do curso de engenharia civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) consiste de um edifício habitacional hipotético de dez pavimentos (térreo e nove pavimentos tipo) de alvenaria estrutural analisado à temperatura ambiente de acordo com as normas brasileiras ABNT NBR 6118 (para as lajes), e ABNT NBR 15961-1 e ABNT NBR 10837 (para as paredes), bem como em situação de incêndio de acordo com a norma europeia Eurocode 6: EN 2005- 1.2: *design of masonry structures: part 1-2: general rules: structural fire design*. Brussels, 2005, tendo em vista a inexistência de norma brasileira voltada a esse mesmo sistema estrutural submetido a temperaturas elevadas.

No que tange o projeto arquitetônico, foi elaborado o pavimento tipo do edifício. Foram previstas, através do posicionamento de paredes não estruturais, possíveis alterações futuras na formatação dos cômodos por parte dos usuários, bem como garantidas, seguindo as indicações de normas e textos específicos (que serão citados no item 2.3. deste relatório), as medidas de segurança contra incêndio.

Foram três as motivações para a escolha do projeto. Primeiramente, a alvenaria estrutural apresenta diversas vantagens se comparada ao concreto armado, tais como economia de fôrmas, redução dos revestimentos, menor desperdício de materiais em obra, redução do número de especialidades e flexibilidade maior no ritmo de execução (RAMALHO e CORRÊA, 2008).

No entanto, há uma desvantagem marcante: a dificuldade de se adaptar arquitetura para um novo uso dos espaços (RAMALHO e CORRÊA, 2008). Essa é a segunda motivação. Para sanar essa limitação, paredes de alvenaria não estrutural no interior das habitações foram planejadas para possíveis mudanças na formatação interna, como já dito.

Por último, vale destacar o pioneirismo da análise estrutural em situação de incêndio, ainda que breve, a qual vai além do dimensionamento habitual à temperatura ambiente, uma vez que a verificação em temperaturas elevadas também é fundamental para a segurança de uma construção. Apesar dessa importância indiscutível, inexistente norma brasileira que verifique elementos portantes de alvenaria submetidos a incêndio.

2. Projeto Arquitetônico

2.1. Definição da Formatação

Atualmente, os espaços internos das habitações “tendem a assemelhar-se a tipologias que vão do modelo da habitação burguesa europeia do século XIX, caracterizado pela trilogia de áreas social, íntima e de serviços, ao arquétipo moderno da habitação-para-todos, com sua uniformidade de soluções em nome de uma suposta democratização das características gerais dos espaços” (TRAMONTANO, 1997, p. 5). Segundo TRAMONTANO (1997, 2006), as duas formatações citadas foram planejadas para a família nuclear (termo usado para definir o grupo familiar composto por um casal de pais e, pelo menos, um filho), forma de moradia predominante em ambas as épocas.

O desenho dos espaços para habitação não mudou, mesmo que haja, cada vez em maior quantidade, diferentes perfis de grupos domésticos além da família nuclear convencional (de acordo com o IBGE (2016) – 42,3% de famílias nucleares, 20,0% de casais sem filhos, 16,3% de famílias monoparentais, 14,6% de pessoas sós, 6,5% de outros tipos de arranjo com parentesco e 0,3% de coabitações sem vínculo conjugal ou de parentesco), e “cujos modos de vida apresentam uma diversidade cada vez maior” (TRAMONTANO, 1997, p. 5). Os cômodos continuam estanques e com funcionalidade pré-definida: quartos pequenos para dormir; cozinha para serviços; e banheiros – exclusivamente para higienização – pequenos, azulejados e com janela diminuta.

Logo, é necessário redesenhar e revisar a formatação das plantas nos domicílios, sem diminuir os cômodos, pelo contrário, aumentá-los, aspecto que não tem sido seguido recentemente, conforme ressalta TRAMOTANO (2006, p. 4): “a imensa maioria da população das grandes cidades brasileiras tem se visto confinada em casas e apartamentos cada vez menores”. O dimensionamento e sua relação com os demais espaços precisam se referenciar em mais critérios.

Para este projeto arquitetônico, as decisões se basearam na pesquisa eletrônica (e-pesquisa) Nomads.usp sobre Comportamentos e Espaços de Morar, realizada em 2003 através do site do Nomads.usp na internet. Os valores estudados são importantes, pois “apontam descontentamentos diversos dos usuários com relação aos seus espaços domésticos atuais, e deixam entrever algumas de suas aspirações através da combinação e do cruzamento de diversas respostas” (TRAMONTANO e BENEVENTE, 2004, p. 9).

As principais ideias do projeto arquitetônico das unidades habitacionais serão a mudança da formatação costumeira dos cômodos e a possibilidade de alteração interna através da retirada de paredes não estruturais. Salienta-se que todos os dados estatísticos citados a seguir estão de acordo com essa pesquisa, presente em TRAMONTANO e BENEVENTE (2004).

De forma geral, optou-se por quartos maiores, pois hoje o cômodo abriga elementos diversos – como mesas de trabalho, racks, estantes e computadores – e é local de sobreposição de funções (TRAMONTANO e BENEVENTE, 2004). Apenas inacreditáveis 0,67% declararam que o usam só para dormir, enquanto cerca de 50% dizem ser o local preferido para fins de isolamento. A opção arquitetônica em questão valoriza o conforto e a privacidade propiciados pelo cômodo em questão.

Apesar de na maioria das habitações o ato de cozinhar ser um hábito diário (61,57%), a preparação e o consumo de refeições, de uma forma que não havia antes, começou a se deslocar para o exterior da habitação (71,16% entre as pessoas que vivem sós). Assim, cozinhar em casa passa por um processo de saída do caráter de serviços e entrada no de convívio e de lazer (TRAMONTANO e BENEVENTE, 2004). Há interesse em uma cozinha com vista para paisagem bonita (45,13%) e por divisória que a ligue a uma varanda ou um jardim (16,39%). Portanto, a proposta para a cozinha se refere não ao tamanho físico do cômodo, mas ao seu posicionamento no apartamento, de forma que seja integrado por uma sacada com vista.

O banho não é apenas um momento de higiene, mas também de relaxamento (50,00%), que busca se opor ao estresse do cotidiano. As pessoas gostariam que houvesse em seus banheiros: banheira (65,09%), vista para paisagem bonita (53,06%) e jardim interno (31,77%). Dos entrevistados, 56,20% manifestaram desejo por mais espaço no cômodo e apenas 9,15% dizem que seu banheiro é normal e suficiente para suas necessidades. Com esses dados, a ideia é aumentar o espaço costumeiro do banheiro com o intuito de permitir o arranjo de uma banheira e/ou um jardim interno, e para que haja uma vista (não a partir de uma janela minúscula).

Por fim, para ser possível realizar as alterações supracitadas na forma dos apartamentos, é necessário manter o tamanho costumeiro da sala de estar. O que não terá prejuízos, uma vez que o espaço já é o suficiente para o lazer e o convívio.

Decidiu-se que o projeto arquitetônico seria uma tríade de apartamentos no pavimento tipo do conjunto habitacional para contemplar a recente distribuição das formas de habitação. São previstas paredes divisórias não estruturais nas unidades habitacionais para não haver a estanqueidade que o sistema em alvenaria pode causar. Os apartamentos previstos são (conferir planta completa nos anexos A e B):

- Apartamento com um quarto (aproximadamente 80 m²), conforme Figura 1:

Destinado, a priori, às pessoas sós e casais sem filhos (totalizando 34,6% da população brasileira, segundo IBGE (2016)). Constitui um terço dos apartamentos do edifício, satisfazendo os 34,6% citados acima.

Apartamento composto por sala, cozinha, área de serviço, quarto, banheiro e duas sacadas. Uma das sacadas integra a cozinha e o quarto, enquanto a outra é destinada ao banheiro. A parede entre a sala e o quarto não é estrutural, caso se queira unir os dois ambientes e transformar em um cômodo de grandes proporções.

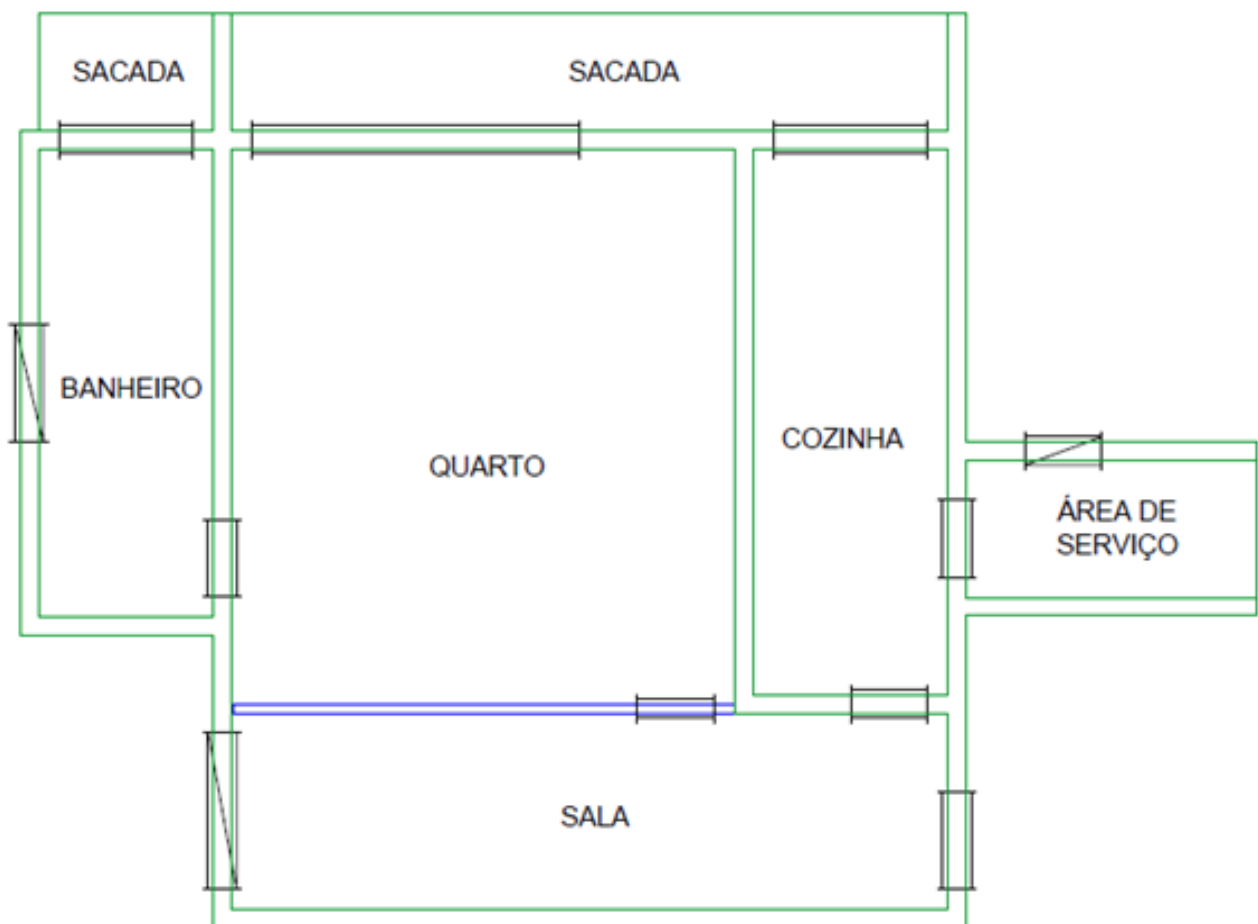


Figura 1 - Apartamento com 1 Quarto

- Apartamento com, a princípio, dois quartos ($\cong 110 \text{ m}^2$), conforme Figura 2:

Destinado, a priori, para famílias nucleares, famílias monoparentais e coabitações sem vínculo conjugal ou de parentesco (totalizando 58,9% da população, segundo IBGE (2016)). Constitui um terço dos apartamentos do edifício, no entanto uma grande parcela dos 58,9% citados também será abastecida pelo apartamento com 4 quartos que será explicado a seguir.

Apartamento composto por sala, cozinha, área de serviço, dois quartos (a priori), dois banheiros e seis sacadas. Os dois quartos são suítes e têm sacada. Uma das sacadas é para a cozinha, outra é para a sala e as duas restantes são para os banheiros. Caso pessoas sós ou casais sem filhos queiram morar neste apartamento existirá a possibilidade da retirada da parede não estrutural entre um dos quartos e a sala, assim haveria uma sala maior com lavabo e com mais uma sacada.

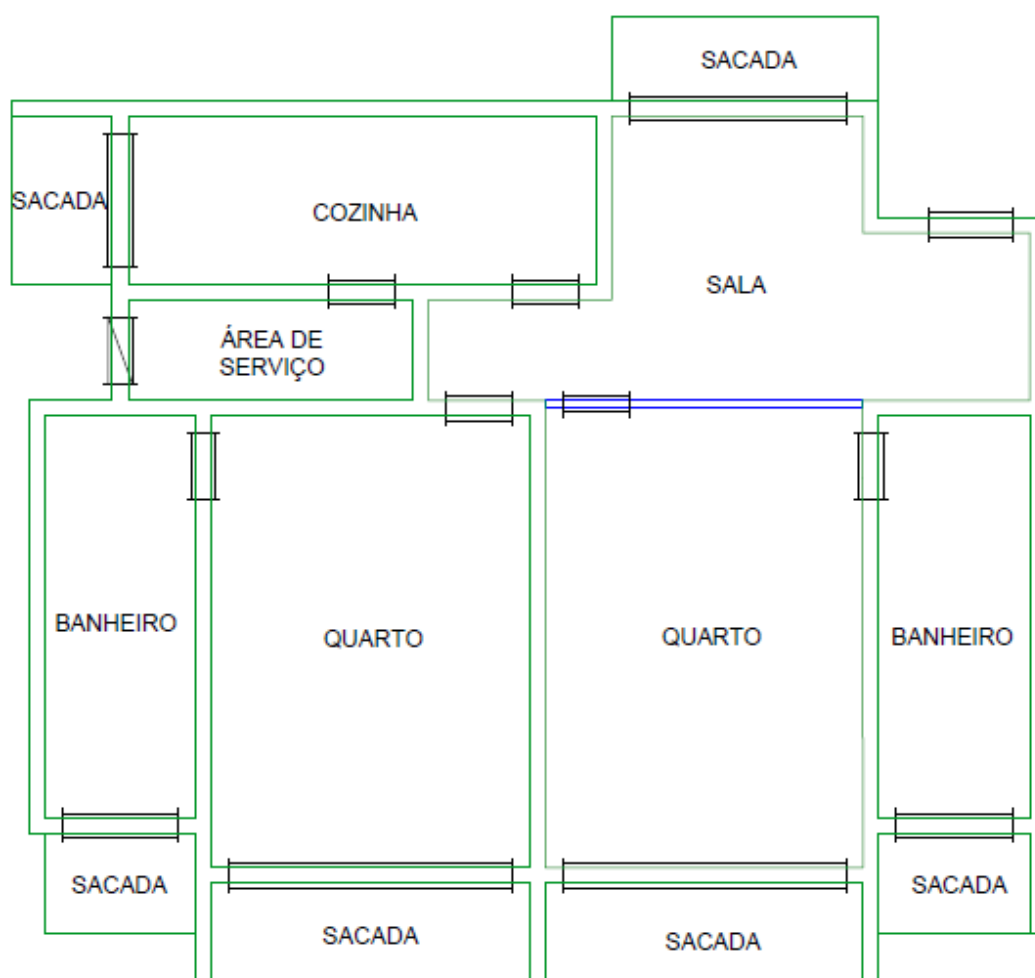


Figura 2 - Apartamento com 2 Quartos

- Apartamento com, a princípio, quatro quartos ($\cong 195 \text{ m}^2$), conforme Figura 3:

Destinado, a priori, para famílias nucleares, famílias monoparentais e coabitações sem vínculo conjugal ou de parentesco (totalizando 58,9% da população, segundo IBGE (2016)). Constitui um terço dos apartamentos do edifício e, junto com o apartamento de 110 m^2 , contempla os 58,9%.

Apartamento composto por sala, cozinha, área de serviço, quatro quartos (a princípio), três banheiros (sendo um lavabo) e sete sacadas (a princípio). Os quatro quartos têm o mesmo tamanho e as sacadas são destinadas à cozinha, aos quartos e aos dois banheiros maiores. Caso seja de interesse, é possível retirar uma ou duas paredes não estruturais que separa, cada uma, dois quartos distintos, deixando assim o apartamento com 3 quartos (sendo um deles maior) ou 2 quartos (ambos com o mesmo tamanho).

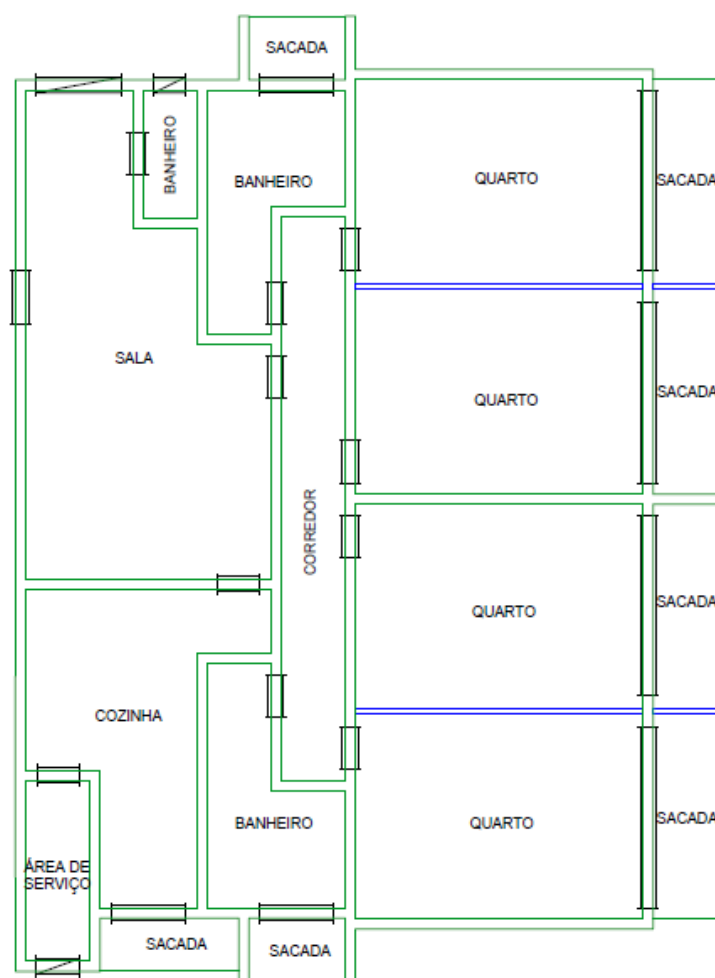


Figura 3 - Apartamento com 4 Quartos

2.2. Arquitetura Influenciada pela Alvenaria Estrutural

Segundo RAMALHO e CORRÊA (2008, p. 13), “a unidade é o comprimento básico da alvenaria. Uma unidade será sempre definida por três dimensões principais: comprimento, largura e altura”. Portanto, já é sabido que todo o desenho arquitetônico de um edifício de alvenaria estrutural deve estar condicionado às dimensões do bloco. Disso vem a modulação, que é a compatibilização das dimensões em planta e do pé-direito com as medidas da alvenaria.

Há dois tipos de modulação: horizontal e vertical. Para a modulação horizontal empregou-se no projeto blocos com módulo de 20 centímetros e espessura de 19 centímetros, opção que visa a impedir o uso de blocos especiais nas amarrações entre paredes. Com essa escolha, todas as decisões no que diz respeito aos comprimentos das paredes e das aberturas seguiram valores múltiplos de 20 centímetros. A Figura 4 mostra um exemplo genérico de amarração com os blocos adotados (também vale observar o anexo G, que será mais comentado à frente neste relatório).

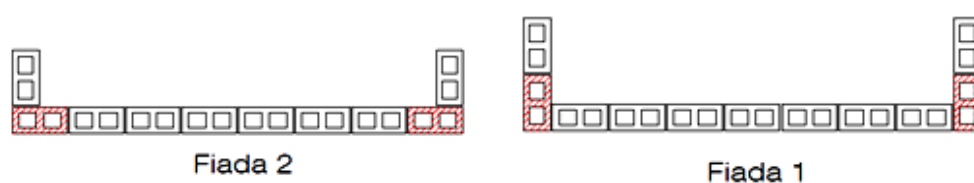


Figura 4 - Blocos com Modulação de 20 Centímetros (fonte: RAMALHO e CORRÊA, 2008, p. 18)

Já para a vertical, a modulação também é de 20 centímetros, pois esta é a altura do bloco. O pé-direito adotado em projeto é de 312 centímetros, que equivale a 15 fiadas da alvenaria mais uma laje de concreto com 12 centímetros (novamente, o anexo G mostra essas informações). Portanto, é uma modulação de piso a teto.

Por fim, vale salientar a importância desta metodologia: “a modulação é um procedimento absolutamente fundamental para que uma edificação em alvenaria estrutural possa resultar econômica e racional. Se as dimensões de uma edificação não forem moduladas, como os blocos não devem ser cortados, os enchimentos resultantes certamente levarão a um custo maior e uma racionalidade menor para a obra em questão” (RAMALHO e CORRÊA, 2008, p. 13). Tendo isso em vista, este projeto se certificará de fornecer as circunstâncias favoráveis para uma hipotética execução com qualidade.

2.3. Aspectos Arquitetônicos Relevantes para a Segurança Contra Incêndio

No projeto arquitetônico também será trabalhada a questão da segurança contra o incêndio, aspecto que basicamente busca inserir o planejamento da saída de emergência e da compartimentação do fogo. Inicialmente, vale dizer que, uma vez que a escada do projeto é enclausurada, haveria todo um projeto de pressurização o qual não será aqui considerado por extrapolar escopo do presente trabalho.

2.3.1. Compartimentação

Segundo ONO (2011, p. 14), “a compartimentação é uma medida de proteção passiva que visa à contenção do incêndio em seu ambiente de origem, e é obtida pela subdivisão do edifício em células capazes de suportar a ação da queima dos materiais combustíveis nelas contidos, impedindo o rápido alastramento do fogo. Esta medida, adicionalmente, restringe a livre movimentação da fumaça e dos gases quentes no interior do edifício, tendendo a facilitar o abandono seguro dos seus ocupantes, assim como as operações de combate ao fogo”.

A compartimentação horizontal do fogo, através de elementos verticais, será proporcionada pelas próprias paredes. Elas estão projetadas com espaçamentos horizontais seguros entre aberturas ou com prolongamentos (semelhantes à aba resistente ao fogo na Figura 5) na região limítrofe do edifício.

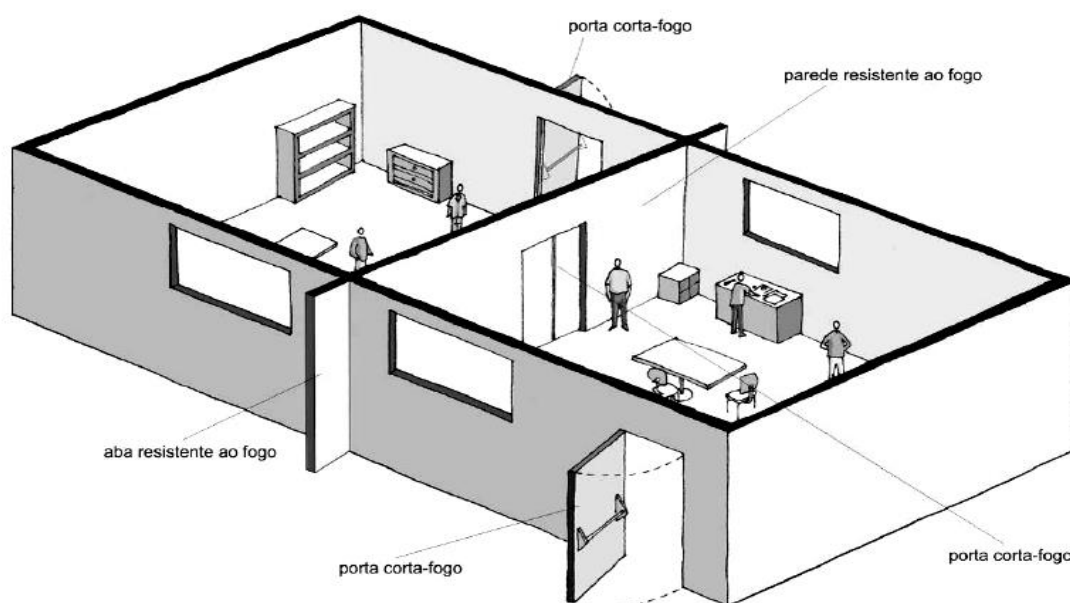


Figura 5 - Compartimentação Horizontal do Fogo (fonte: ONO, 2011, p. 16)

Segundo a IT nº 09/04, a compartimentação horizontal é garantida desde que as aberturas situadas na mesma fachada tenham afastamento de pelo menos 2 metros. Na presente proposta, há dois exemplos no projeto: um na separação entre o quarto e a cozinha do apartamento de um quarto (Figura 6), e outro entre a área de serviço do apartamento de um quarto e a sala do apartamento de quatro quartos (Figura 7). Caso essa condição não seja atendida, deve haver prolongamento da parede, externo à edificação, de pelo menos 90 centímetros, valor esse garantido neste trabalho, pois as extensões têm 100 ou 120 centímetros (como exemplo, vide Figura 8).

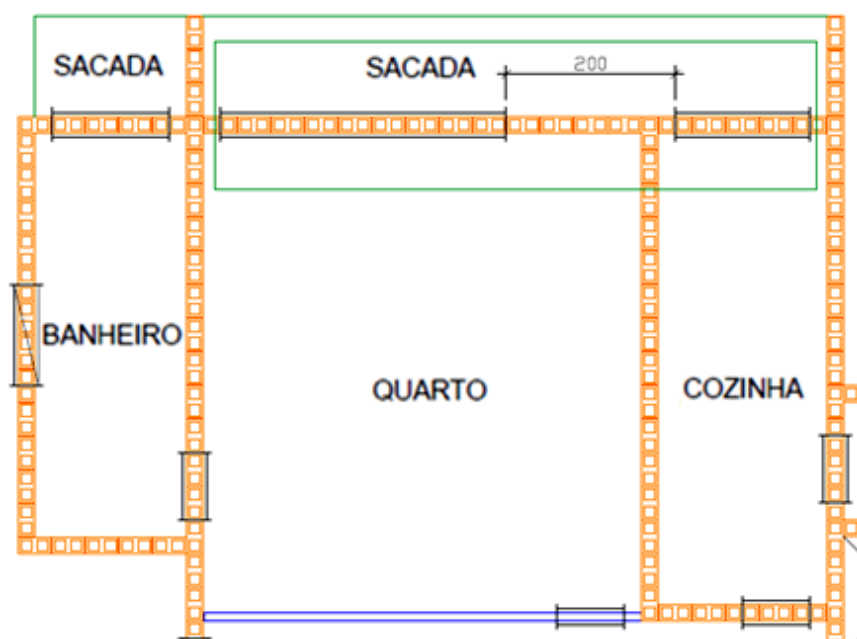


Figura 6 - Primeiro Caso de Afastamento de 2 Metros entre Aberturas

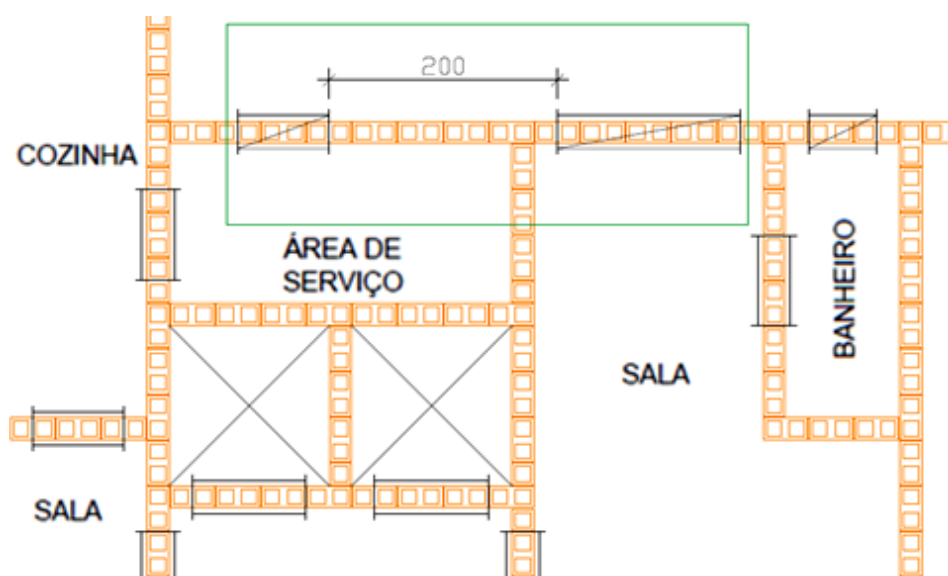


Figura 7 - Segundo Caso de Afastamento de 2 Metros entre Aberturas

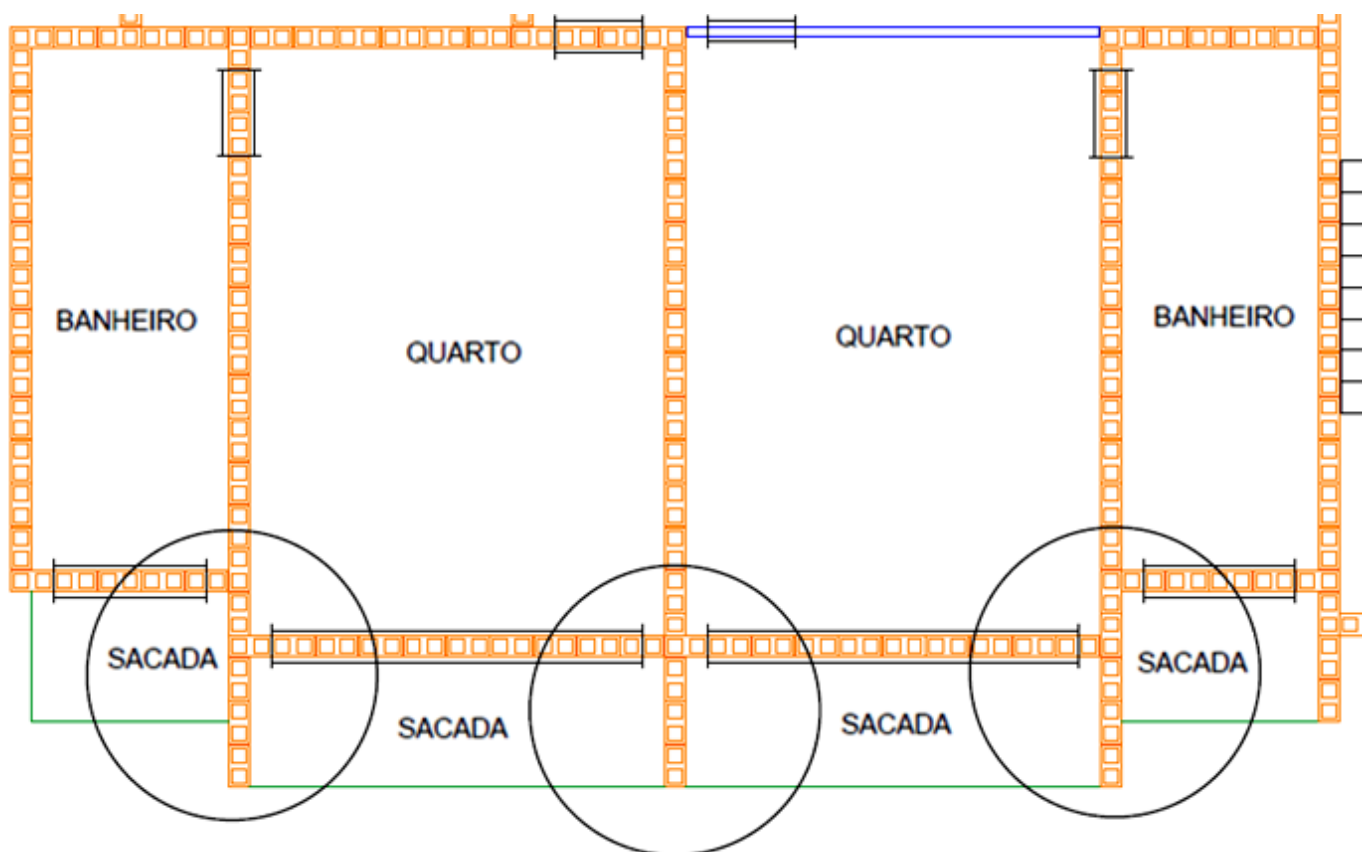


Figura 8 - Exemplos de Prolongamento de Paredes

Já a compartimentação vertical do fogo, através de elementos horizontais, será garantida pelas lajes e suas extensões devidas às sacadas (semelhante à Figura 9), e pelos espaçamentos verticais entre aberturas na fachada.

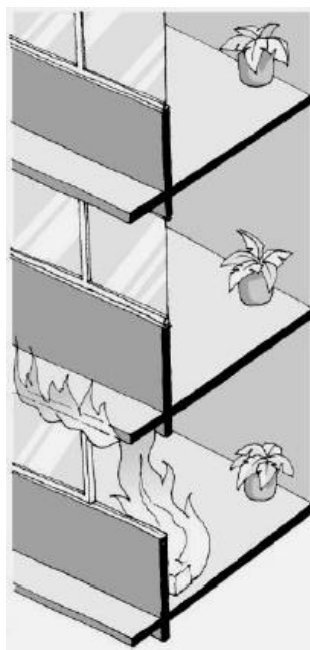


Figura 9 - Compartimentação Vertical do Fogo (fonte: ONO, 2011, p. 17)

A IT nº 09/04, de forma semelhante à compartimentação horizontal, regula a necessidade de separação vertical de, pelo menos, 120 centímetros entre aberturas da fachada. Se essa condição não for satisfeita, deverá haver elemento de prolongamento dos entresijos de, no mínimo, 90 centímetros. Ambos os casos ocorrem no projeto: o primeiro nas janelas dos apartamentos (só o peitoril teria o valor exigido, como pode ser visto no anexo G) e o segundo nas sacadas (que atendem ao comprimento mínimo de 90 centímetros, pois elas têm 100 ou 120 centímetros de prolongamento).

2.3.2. Saída de Emergência

As saídas de emergência devem garantir a desocupação do edifício em situação de incêndio de forma segura e rápida. Elas são compostas, segundo estabelecido na ABNT NBR 9077, pelos acessos à saída, pelas escadas ou rampas e pela descarga. O dimensionamento da rota de fuga depende da lotação e do tipo de ocupação dos edifícios, conforme se segue.

2.3.2.1. Quantidade de Saídas

A ABNT NBR 9077 prescreve em seu item 4.5.3.2 (p. 7): “admite-se saída única nas habitações multifamiliares (A-2), quando não houver mais de quatro unidades autônomas por pavimento”. Logo, já que no projeto há três unidades habitacionais por andar e é uma habitação tipo A-2 (conforme será abordado a seguir no tópico 2.3.2.2. deste relatório), pode-se planejar apenas uma saída de emergência.

2.3.2.2. Larguras

Segundo a classificação da tabela 1 da ABNT NBR 9077, o edifício do projeto se encaixa na categoria A-2: habitações multifamiliares – edifícios de apartamentos em geral. E pela tabela 5 da mesma norma, utilizada no cálculo da população da edificação, recomenda-se considerar duas pessoas por dormitório. Portanto, já que são 10 pavimentos (térreo mais nove) com apartamentos com um, dois e quatro quartos:

$$P = 10 \times 2 \times (1 + 2 + 4) = 140 \text{ pessoas}$$

Com isso, é possível calcular a largura das saídas com a seguinte equação:

$$N = \frac{P}{C}$$

Com relação à última equação, valem:

- N = número de unidades de passagem (equivalente a 55 centímetros, que, aproximadamente, é a largura de ombro-a-ombro de um adulto);
- P = população;
- C = capacidade da unidade de passagem, conforme tabela 5 da ABNT NBR 9077 (no caso, vale 60 para acessos e descargas, 45 para escadas e rampas, e 100 para portas).

Logo, para a região de acessos e descargas vale $N = 2$, para escadas e rampas vale $N = 3$, e para portas vale $N = 1$. Entretanto, a largura mínima prevista pela ABNT NBR 9077 é 1,10 metro, o que corresponde a duas unidades de passagem.

Assim, para acessos e descargas e para portas a largura será igual à mínima. Os acessos estão com mais que 1,10 metro, sendo o menor deles igual a 1,20 metro na antecâmara. As portas corta-fogo (duas separadas por uma antecâmara) têm 1 metro de largura, enquadrando-se na condição de duas unidades de passagem para portas, de acordo com o item 4.5.4.2 da norma supracitada, conforme Figura 11. Já para as escadas, a largura deverá ser, no mínimo, igual a 165 centímetros. Utilizou-se 204 centímetros para os lances de escada e 184,5 centímetros para os patamares intermediários, conforme Figura 11.

Em suma, as condições referentes às larguras da rota de fuga foram atendidas de acordo com a ABNT NBR 9077. A última condição referente à largura é da antecâmara. Como indica a Figura 10, o comprimento do compartimento deve ser, pelo menos, uma vez e meia maior que a largura. No caso do projeto, isso foi respeitado, pois a largura é 1,21 metro e o comprimento 4,21 metros (conforme Figura 11).

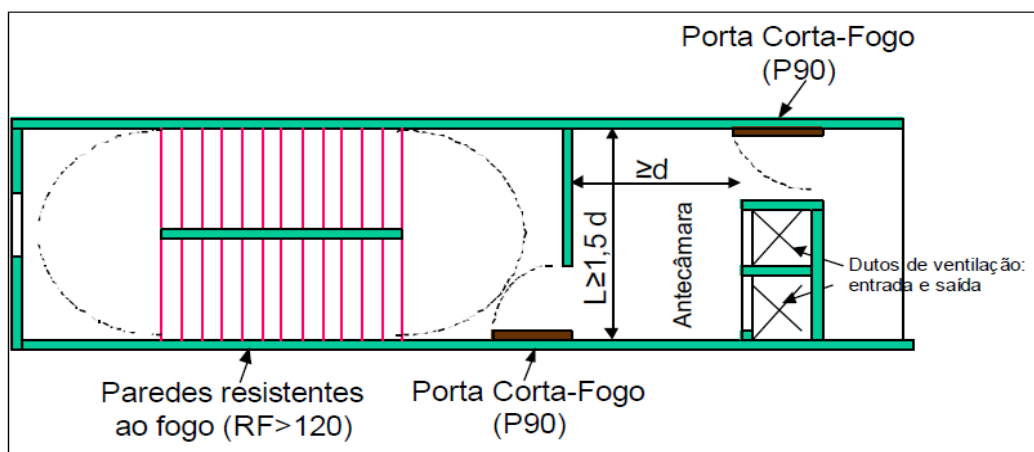


Figura 10 - Detalhe de Escada com Segurança Frente ao Fogo (fonte: ONO, 2011, p. 46)

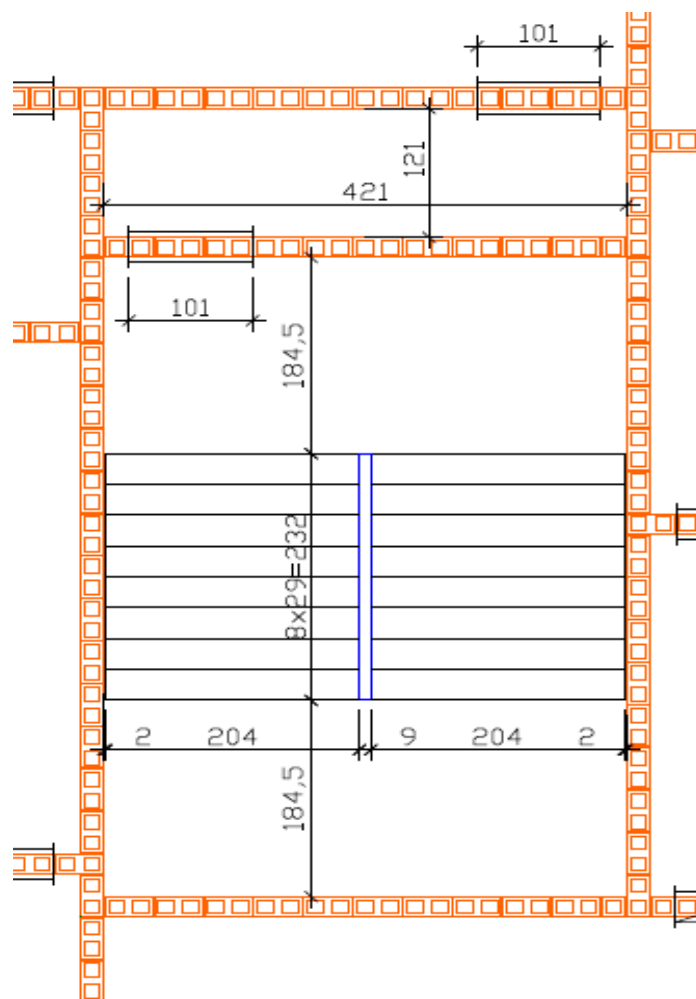


Figura 11 - Antecâmara e Escada

2.3.2.3. Distâncias

Para a verificação da distância máxima a ser percorrida em caso de incêndio, o edifício do projeto foi considerado, segundo a tabela 4 da ABNT NBR 9077, dentro da classificação Y – mediana resistência ao fogo. Apesar de consistir de edificação que visa à segurança em tal situação, optou-se pela classificação supracitada ao invés de Z – edificações em que a propagação do fogo é difícil, devido ao tópico (a) do item 4.5.2.6 da ABNT NBR 9077, a qual exige que o edifício classificado em Z tenha sua estrutura em concreto armado ou protendido.

Segundo a tabela 6 da ABNT NBR 9077, a distância máxima – definida como o caminho do ponto mais afastado do edifício até à saída de emergência – deve ser 20 metros (sem chuveiros automáticos) ou 35 metros (com chuveiros automáticos). Como pode ser visto na Figura 12, é preciso prever chuveiros automáticos para o edifício estar regular, pois a distância supracitada resultou entre 20 e 35 metros.

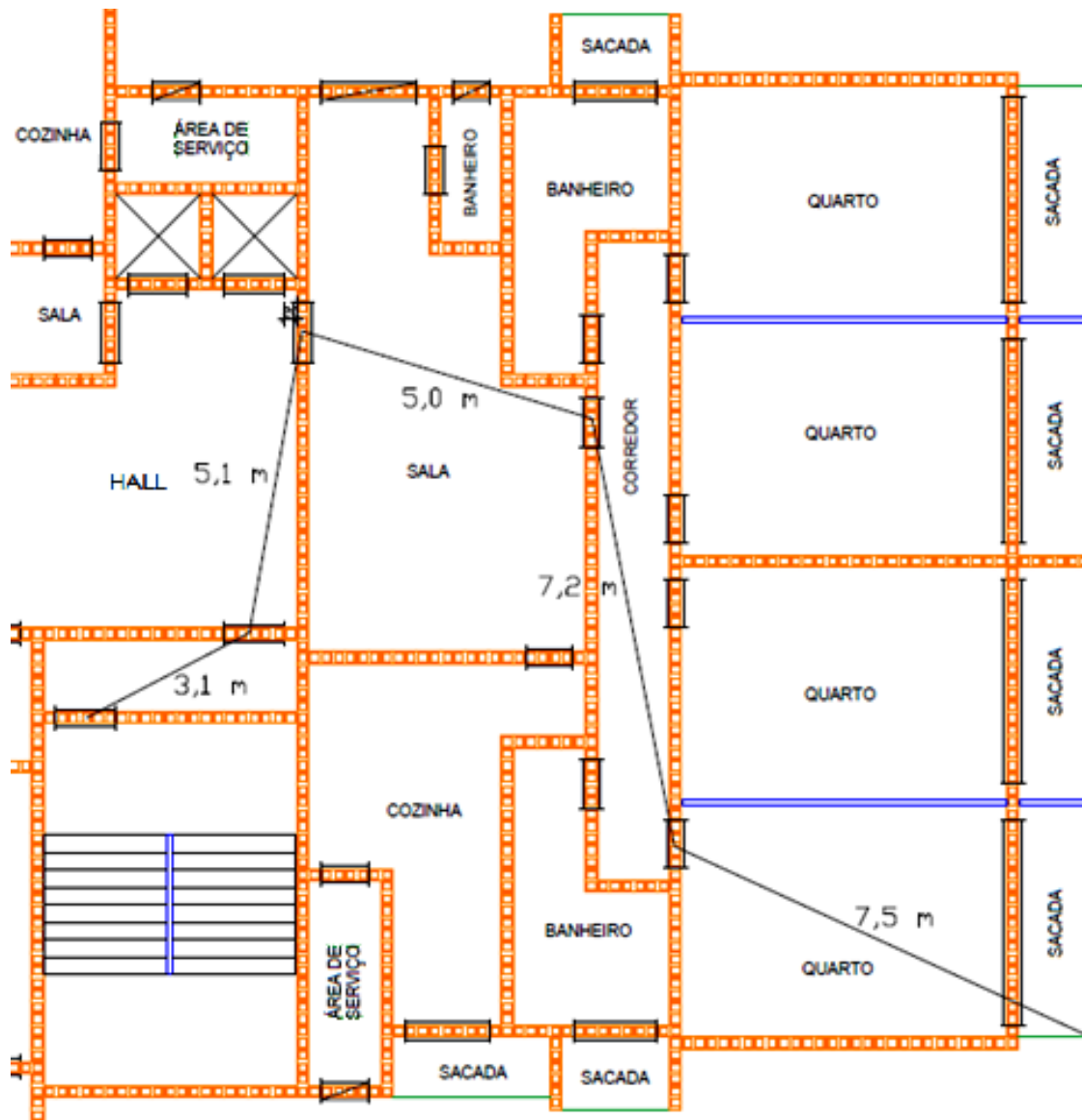


Figura 12 - Distância Máxima

2.4. Desenhos

Dois desenhos que ilustram a arquitetura seguem anexos a esse mesmo texto. O primeiro, Anexo A, se refere à modulação da alvenaria em que há o posicionamento dos blocos de concreto. Nesse mesmo anexo as paredes estruturais estão em laranja, as paredes não estruturais em azul e as linhas verdes são as lajes das sacadas.

O segundo, Anexo B, se volta ao desenho de fôrma das lajes. Os contornos das paredes estruturais estão em verde, e das não estruturais tracejados em azul.

3. Projeto Estrutural à Temperatura Ambiente

3.1. Ações

3.1.1. Verticais

No caso de edifícios residenciais em alvenaria estrutural, as principais forças verticais a serem consideradas na edificação são as ações associadas às lajes e o peso próprio das paredes (RAMALHO e CORRÊA, 2008). Segundo a ABNT NBR 6120, para dormitórios, salas, copas, cozinhas e banheiros de edifícios residenciais, a ação permanente é no mínimo igual a $1,5 \text{ kN/m}^2$; para despensa, área de serviço e lavanderia, no mínimo igual a $2,0 \text{ kN/m}^2$; e para terraços com acesso ao público, no mínimo igual a $3,0 \text{ kN/m}^2$. Esses serão os valores adotados para as ações permanentes, acrescentando-se os pesos próprios das lajes de concreto (25 kN/m^3) e das paredes estruturais (14 kN/m^3 para blocos vazados de concreto e 24 kN/m^3 para blocos vazados de concreto preenchidos com graute) e não estruturais (considerado, a favor da segurança, 12 kN/m^3 , valor referente a blocos cerâmicos estruturais).

“Já as cargas variáveis são cobertas pela sobrecarga de utilização, que para os edifícios residenciais variam de $1,5$ a $2,0 \text{ kN/m}^2$ ” (RAMALHO e CORRÊA, 2008, p. 27). A favor da segurança, será considerada sobrecarga igual a $2,0 \text{ kN/m}^2$.

3.1.2. Horizontais

3.1.2.1. Desaprumo

Segundo a ABNT NBR 15961-1, o ângulo de desaprumo em edifícios de alvenaria estrutural é calculado pela equação θ_a escrita na forma que segue:

$$\theta_a = \frac{1}{100 \times \sqrt{H}} \leq \frac{1}{40 \times H}$$

Para a última equação, valem:

- θ_a = ângulo de desaprumo (em radianos);
- H = altura total da edificação em metros.

Com base na última equação, resulta:

$$\theta_a = \frac{1}{100 \times \sqrt{(10 \times 3,12)}} = 0,0018 > \frac{1}{40 \times (10 \times 3,12)} = 0,00080$$

Nota-se que a condição verificada não resulta satisfeita, razão pela qual se adota o ângulo de desaprumo como sendo igual ao seu valor máximo no contexto deste projeto (0,00080 radianos).

Por fim, determina-se uma força horizontal equivalente, para o desaprumo ser acrescido ao vento no item 3.1.2.2. do presente trabalho. De acordo com RAMALHO e CORRÊA (2008), essa força pode ser calculada da seguinte maneira:

$$F_d = \Delta P \times \theta_a$$

Para a última equação, valem:

- F_d = força horizontal equivalente ao desaprumo;
- ΔP = peso total do pavimento considerado.

O peso total do pavimento foi calculado com os dados do item 3.1.1 do presente texto, multiplicando os valores citados pelas áreas dos cômodos e das paredes, e no fim somando-os. Assim, calculou-se a força horizontal equivalente ao desaprumo:

$$F_d \cong 6000 \times 0,0008 = 4,8 \text{ kN}$$

3.1.2.2. Vento

Determinar-se-á a força de arrasto e o momento de tombamento da edificação, somando-se a esses valores a força horizontal equivalente ao desaprumo calculada no item 3.1.2.1 deste texto. O procedimento de cálculo da ação devida ao vento seguirá a ABNT NBR 6123.

Primeiramente, a velocidade básica (V_0) da cidade de São Carlos (SP) é, segundo a figura 1 da referida norma, 40 m/s. Para o cálculo da velocidade característica, utiliza-se a seguinte expressão:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

Para a última equação, valem:

- V_k = velocidade característica;
- S_1 = fator topográfico;
- S_2 = fator de rugosidade do terreno e dimensões da edificação;
- S_3 = fator estatístico.

Segundo GONÇALVES, MUNAIAR NETO, DE SALES e MALITE (2013, p. 18), “o fator topográfico S_1 considera os efeitos das variações do relevo do terreno onde a edificação será construída. Este fator considera, portanto, o aumento ou a diminuição da velocidade básica em função da topografia do terreno”. A ABNT NBR 6123 diz que S_1 vale 1,0 para terrenos planos com poucas ondulações. Considerando que o projeto seria implantado em um local similar, tem-se $S_1 = 1,0$.

Já o fator de rugosidade do terreno e dimensões da edificação, “considera as particularidades de uma dada edificação no que se refere às suas dimensões e à rugosidade média geral do terreno no qual a edificação será construída” (GONÇALVES, MUNAIAR NETO, DE SALES e MALITE, 2013, p. 20). Como esse parâmetro depende da altura do edifício, ele será determinado posteriormente. Mas a categoria e a classe da edificação já podem ser estabelecidas: categoria IV (considerada para cidades pequenas e seus arredores) e classe B (utilizada para casos nos quais a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície em que incide o vento esteja entre 20 e 50 metros, representativa do caso em análise, pois a altura do edifício é 31,2 metros e as laterais têm 29,79 e 22,59 metros).

Por fim, o fator estatístico, relacionado com a utilização da edificação considerando, para isto, conceitos probabilísticos e o tipo de ocupação da mesma (GONÇALVES, MUNAIAR NETO, DE SALES e MALITE, 2013, p. 25). Segundo a tabela 3 da ABNT NBR 6123, para o caso em análise de adota $S_3 = 1,0$.

A Tabela 1 mostra o cálculo da pressão de obstrução por pavimento (que é feito pela fórmula descrita abaixo), nas direções x e y da orientação usada nos desenhos de plantas em anexo, ainda sem a multiplicação pelo coeficiente de arrasto (C_a), que será feita posteriormente.

$$q_{eq} = l \times q = l \times (0,613 \times 10^{-3} \times V_k^2)$$

Para a última equação, valem:

- q_{eq} = pressão de obstrução equivalente;
- l = comprimento horizontal da face analisada do edifício (para vento na direção x vale 22,59 metros e para vento na direção y vale 29,79 metros);
- q = pressão de obstrução.

Pavimento	H (m)	V ₀ (m/s)	S ₁	S ₂	S ₃	V _k (m/s)	q (kN/m ²)	q _{eq} (kN/m)	
								Direção x	Direção y
1	3,12	40	1,0	0,76	1,0	30,4	0,567	12,8	16,9
2	6,24	40	1,0	0,78	1,0	31,2	0,597	13,5	17,8
3	9,36	40	1,0	0,82	1,0	32,8	0,659	14,9	19,6
4	12,48	40	1,0	0,85	1,0	34,0	0,709	16,0	21,1
5	15,60	40	1,0	0,88	1,0	35,2	0,760	17,2	22,6
6	18,72	40	1,0	0,90	1,0	36,0	0,794	17,9	23,7
7	21,84	40	1,0	0,92	1,0	36,8	0,830	18,8	24,7
8	24,96	40	1,0	0,93	1,0	37,2	0,848	19,2	25,3
9	28,08	40	1,0	0,95	1,0	38,0	0,885	20,0	26,4
10	31,20	40	1,0	0,96	1,0	38,4	0,904	20,4	26,9

Tabela 1 - Cálculo da Pressão de Obstrução

Será considerado, a favor da segurança, que a localização da implantação deste projeto seria em uma região com vento de baixa turbulência, pois, sendo São Carlos uma cidade pequena, existe a possibilidade de os preceitos para vento de alta turbulência do item 6.5.3 da ABNT NBR 6123 não serem satisfeitos.

Assim, pela figura 4 da ABNT NBR 6123, determina-se o coeficiente de arrasto em cada face do edifício. Para tanto, é preciso se conhecer as relações a seguir.

$$\frac{l_{1x}}{l_{2x}} = \frac{22,59}{29,79} = 0,76 \text{ e } \frac{h}{l_{1x}} = \frac{31,20}{22,59} = 1,38$$

$$\frac{l_{1y}}{l_{2y}} = \frac{29,79}{22,59} = 1,32 \text{ e } \frac{h}{l_{1y}} = \frac{31,20}{29,79} = 1,05$$

Logo, para a direção x, C_a = 1,05; e para a direção y, C_a = 1,20. Então, define-se a pressão de obstrução com o coeficiente de arrasto, conforme apresentado na Tabela 2. Para concluir o cálculo do vento, precisa-se determinar a força de arrasto e o momento de tombamento em cada direção.

Utilizou-se as pressões de obstrução já multiplicadas pelo coeficiente de arrasto, segundo Tabela 2. Após a tabela, seguem as equações, já incluindo, em cada pavimento, a força de 4,8 kN devida ao desaprumo.

Pavimento	q _{eq} (kN/m) - sem C _a		q _{eq} (kN/m) - com C _a	
	Direção x	Direção y	Direção x	Direção y
1	12,8	16,9	13,4	20,3
2	13,5	17,8	14,2	21,3
3	14,9	19,6	15,6	23,6
4	16,0	21,1	16,8	25,3
5	17,2	22,6	18,0	27,2
6	17,9	23,7	18,8	28,4
7	18,8	24,7	19,7	29,7
8	19,2	25,3	20,1	30,3
9	20,0	26,4	21,0	31,6
10	20,4	26,9	21,4	32,3

Tabela 2 - Inclusão do Coeficiente de Arrasto na Pressão de Obstrução

$$F_{ax} = (13,4 \times 3,12) + (14,2 \times 3,12) + (15,6 \times 3,12) + (16,8 \times 3,12) + (18,0 \times 3,12) + (18,8 \times 3,12) + (19,7 \times 3,12) + (20,1 \times 3,12) + (21,0 \times 3,12) + (21,4 \times 3,12) + (4,8 \times 10) = 606,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} = & [(13,4 \times 3,12) \times 1,56] + [(14,2 \times 3,12) \times 4,68] + [(15,6 \times 3,12) \times 7,80] \\ & + [(16,8 \times 3,12) \times 10,92] + [(18,0 \times 3,12) \times 14,04] \\ & + [(18,8 \times 3,12) \times 17,16] + [(19,7 \times 3,12) \times 20,28] \\ & + [(20,1 \times 3,12) \times 23,40] + [(21,0 \times 3,12) \times 26,52] \\ & + [(21,4 \times 3,12) \times 29,64] + [4,8 \\ & \times (3,12 + 6,24 + 9,36 + 12,48 + 15,60 + 18,72 + 21,84 + 24,96 \\ & + 28,08 + 31,20)] = 10273,8 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ay} = & (20,3 \times 3,12) + (21,3 \times 3,12) + (23,6 \times 3,12) + (25,3 \times 3,12) + (27,2 \\ & \times 3,12) + (28,4 \times 3,12) + (29,7 \times 3,12) + (30,3 \times 3,12) + (31,6 \\ & \times 3,12) + (32,3 \times 3,12) + (4,8 \times 10) = 890,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} = & [(20,3 \times 3,12) \times 1,56] + [(21,3 \times 3,12) \times 4,68] + [(23,6 \times 3,12) \times 7,80] \\ & + [(25,3 \times 3,12) \times 10,92] + [(27,2 \times 3,12) \times 14,04] \\ & + [(28,4 \times 3,12) \times 17,16] + [(29,7 \times 3,12) \times 20,28] \\ & + [(30,3 \times 3,12) \times 23,40] + [(31,6 \times 3,12) \times 26,52] \\ & + [(32,3 \times 3,12) \times 29,64] + [4,8 \\ & \times (3,12 + 6,24 + 9,36 + 12,48 + 15,60 + 18,72 + 21,84 + 24,96 \\ & + 28,08 + 31,20)] = 15074,8 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

3.2. Lajes Maciças de Concreto Armado

O concreto adotado foi o C50, que apresenta resistência à compressão igual a 5 kN/cm². Para determinar o cobrimento utilizado nas lajes de concreto armado, de faz necessário saber a classe de agressividade ambiental do local de implantação do projeto. Considerou-se o meio urbano, logo, pela tabela 6.1 da ABNT NBR 6118, classifica-se a presente edificação na categoria II, com agressividade moderada. Assim, segundo a tabela 7.2 da mesma norma, o cobrimento nominal é igual a 25 milímetros.

A numeração das lajes encontra-se no anexo B. Primeiramente, há um pré-dimensionamento da espessura, conforme valores apresentados na Tabela 3, cuja expressão que permite estimar tal espessura se escreve como segue:

$$h_{est} = 2,5 + d_{est} = 2,5 + \left(\frac{(2,5 - 0,1 \times n) \times l}{100} \right)$$

Para a última equação, valem:

- h_{est} = espessura estimada da laje;
- d_{est} = altura útil estimada;
- n = número de bordas engastadas;
- l = menor valor entre l_x (menor lado de uma laje) e 70% de l_y (maior lado de uma laje).

Como foi dito no item 2.2 deste relatório, as lajes terão 12 centímetros, totalizando um pé-direito de 312 centímetros. Se, por exemplo, fossem adotadas lajes com 10 centímetros, provavelmente resultariam contra a segurança, pois pelo pré-dimensionamento desses elementos estruturais constatou-se que seria recomendado usar espessura maior (chegando a valores da ordem de 18 centímetros).

Laje	l_x (cm)	l_y (cm)	$0,7 \cdot l_y$ (cm)	l^* (cm)	n	d_{est} (cm)	h_{est} (cm)	h (cm)
L01	129,5	190,5	133,4	133,4	2	3,1	5,6	12
L02	129,5	760,0	532,0	532,0	1	12,8	15,3	12
L03	200,0	500,0	350,0	350,0	1	8,4	10,9	12
L04	600,0	630,0	441,0	600,0	0	15,0	17,5	12
L05	220,0	580,0	406,0	406,0	2	9,3	11,8	12
L06	129,5	200,0	140,0	140,0	1	3,4	5,9	12
L07	160,0	320,0	224,0	224,0	2	5,2	7,7	12
L08	375,0	735,0	514,5	514,5	3	11,3	13,8	12
L09	120,0	260,0	182,0	182,0	3	4,0	6,5	12
L10	210,0	360,0	252,0	252,0	2	5,8	8,3	12
L11	560,0	800,0	560,0	560,0	1	13,4	15,9	12
L12	129,5	800,5	560,4	560,4	2	12,9	15,4	12
L13	140,0	1080,0	756,0	756,0	4	15,9	18,4	12
L14	500,0	550,0	385,0	500,0	1	12,0	14,5	12
L15	109,5	310,5	217,4	217,4	2	5,0	7,5	12
L16	129,5	210,5	147,4	147,4	1	3,5	6,0	12
L17	220,0	580,0	406,0	406,0	1	9,7	12,2	12
L18	450,0	560,0	392,0	450,0	0	11,3	13,8	12
L19	140,0	440,0	308,0	308,0	4	6,5	9,0	12
L20	315,0	405,0	283,5	315,0	1	7,6	10,1	12
L21	210,0	360,0	252,0	252,0	3	5,5	8,0	12
L22	560,0	800,0	560,0	560,0	1	13,4	15,9	12
L23	129,5	800,5	560,4	560,4	2	12,9	15,4	12
L24	140,0	360,0	252,0	252,0	3	5,5	8,0	12
L25	200,0	500,0	350,0	350,0	1	8,4	10,9	12
L26	400,0	560,0	392,0	400,0	1	9,6	12,1	12
L27	200,0	500,0	350,0	350,0	2	8,1	10,6	12
L28	140,0	360,0	252,0	252,0	2	5,8	8,3	12
L29	129,5	190,5	133,4	133,4	2	3,1	5,6	12
L30	129,5	400,0	280,0	280,0	2	6,4	8,9	12
L31	129,5	400,0	280,0	280,0	2	6,4	8,9	12
L32	129,5	200,0	140,0	140,0	2	3,2	5,7	12
L33	109,5	280,0	196,0	196,0	3	4,3	6,8	12
L34	129,5	200,0	140,0	140,0	2	3,2	5,7	12

Tabela 3 - Pré-dimensionamento das Lajes

As reações de apoio (r_x , r'_x , r_y e r'_y) e os momentos fletores (m_x , m'_x , m_y e m'_y) nas lajes são determinados conforme as tabelas de lajes apresentadas em PINHEIRO (2007). O cálculo se encontra na Tabela 4, na Tabela 5, na Tabela 6 e na Tabela 7.

Os tipos de lajes segue a classificação proposta pelo mesmo texto citado no parágrafo anterior. As ações se basearam no tópico 3.1.1 deste projeto. O cálculo das reações de apoio seguiu o processo das áreas proposto pela ABNT NBR 6118 e dos momentos fletores nas equações de BARES (1972); e são feitos, respectivamente, conforme as equações que seguem.

$$r_x = v_x \times \frac{p \times l_x}{10} \quad m_x = \mu_x \times \frac{p \times l_x^2}{100}$$

	Lajes	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10
Características	Tipo	14	9	2B	1	3	9	4A	5B	5B	3
	l_y/l_x	1,47	5,87	2,50	1,05	2,64	1,54	2,00	1,96	2,17	1,71
Ações (kN/m ²)	Peso Próprio	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Peso de Uso	3,00	3,00	1,50	1,50	1,50	3,00	2,00	1,50	1,50	1,50
	Paredes Não Estruturais	0,00	0,00	0,00	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	g	6,00	6,00	4,50	7,74	4,50	6,00	5,00	4,50	4,50	4,50
	q	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	p	8,00	8,00	6,50	9,74	6,50	8,00	7,00	6,50	6,50	6,50
Reações de Apoio (kN/m)	v_x	0,00	0,00	4,38	2,62	4,38	0,00	2,83	0,00	0,00	3,07
	v'_x	0,00	0,00	6,25	0,00	6,25	0,00	0,00	3,99	5,00	4,49
	v_y	0,00	0,00	1,83	2,50	2,17	0,00	0,00	1,71	1,71	2,17
	v'_y	0,00	0,00	0,00	0,00	3,17	0,00	4,33	2,50	2,50	3,17
	r_x	0,00	0,00	5,69	15,31	6,26	0,00	3,17	0,00	0,00	4,19
	r'_x	0,00	0,00	8,13	0,00	8,94	0,00	0,00	9,73	3,90	6,13
	r_y	0,00	0,00	2,38	14,61	3,10	0,00	0,00	4,17	1,33	2,96
	r'_y	0,00	0,00	0,00	0,00	4,53	0,00	4,85	6,09	1,95	4,33
Momentos Fletores (kN.m/m)	μ_x	0,00	2,72	7,03	4,62	7,03	2,56	8,35	4,10	4,17	5,23
	μ'_x	0,00	12,48	12,50	0,00	12,50	12,35	0,00	8,45	8,33	11,19
	μ_y	0,00	12,50	1,48	4,25	1,60	8,65	3,52	0,90	0,88	1,90
	μ'_y	0,00	0,00	0,00	0,00	8,20	0,00	11,88	5,61	5,64	8,15
	m_x	0,00	0,36	1,83	16,20	2,21	0,34	1,50	3,75	0,39	1,50
	m'_x	0,00	1,67	3,25	0,00	3,93	1,66	0,00	7,72	0,78	3,21
	m_y	0,00	1,68	0,38	14,90	0,50	1,16	0,63	0,82	0,08	0,54
	m'_y	0,00	0,00	0,00	0,00	2,58	0,00	2,13	5,13	0,53	2,34

Tabela 4 - Ações, Reações e Momentos (L01 a L10)

Vale ressaltar que os momentos e as reações com o índice x são paralelos ao l_y , e os momentos e as reações com o índice y são paralelos ao l_x . Para os momentos, o traço

na parte superior do parâmetro, por exemplo, m'_x , representa a borda, enquanto que, sem o traço o momento é referente ao meio da laje. Já para as reações, o mesmo traço representa o lado engastado.

Nos casos em que a laje não é retangular, em formato L por exemplo, seus lados foram alterados para poder utilizar as tabelas supracitadas. Para tanto, foram realizadas médias ponderadas (que levaram em consideração a parcela da laje onde havia a variação de forma) que resultaram em tamanhos retangulares aproximados.

	Lajes	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18
Características	Tipo	2A	16	6	2A	16	14	2A	1
	l_y/l_x	1,43	6,18	7,71	1,10	2,84	1,63	2,64	1,24
Ações (kN/m²)	Peso Próprio	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Peso de Uso	1,50	3,00	1,50	1,50	3,00	3,00	1,50	1,50
	Paredes Não Estruturais	3,24	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24
	g	7,74	9,24	4,50	4,50	6,00	6,00	4,50	7,74
	q	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	p	9,74	11,24	6,50	6,50	8,00	8,00	6,50	9,74
Reações de Apoio (kN/m)	v_x	2,61	0,00	0,00	2,01	0,00	0,00	3,29	2,98
	v'_x	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	v_y	2,96	0,00	0,00	2,85	0,00	0,00	2,96	2,50
	v'_y	4,33	0,00	2,50	4,17	0,00	0,00	4,33	0,00
	r_x	14,24	0,00	0,00	6,53	0,00	0,00	4,70	13,06
	r'_x	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	r_y	16,15	0,00	0,00	9,26	0,00	0,00	4,23	10,96
	r'_y	23,62	0,00	2,28	13,55	0,00	0,00	6,19	0,00
Momentos Fletores (kN.m/m)	μ_x	5,99	0,00	4,17	3,61	0,00	0,00	12,50	6,07
	μ'_x	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	μ_y	3,92	0,00	0,88	3,74	0,00	0,00	3,36	4,18
	μ'_y	10,97	0,00	5,64	9,18	0,00	0,00	12,20	0,00
	m_x	18,30	0,00	0,53	5,87	0,00	0,00	3,93	11,97
	m'_x	0,00	0,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	m_y	11,97	0,00	0,11	6,08	0,00	0,00	1,06	8,24
	m'_y	33,51	0,00	0,72	14,92	0,00	0,00	3,84	0,00

Tabela 5 - Ações, Reações e Momentos (L11 a L18)

	Lajes	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26
Características	Tipo	6	2A	5B	2A	16	5B	2B	2B
	l_y/l_x	3,14	1,29	1,71	1,43	6,18	2,57	2,50	1,40
Ações (kN/m²)	Peso Próprio	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Peso de Uso	1,50	1,50	1,50	1,50	3,00	2,00	1,50	1,50
	Paredes Não Estruturais	0,00	0,00	0,00	3,24	3,24	0,00	0,00	0,00
	g	4,50	4,50	4,50	7,74	9,24	5,00	4,50	4,50
	q	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	p	6,50	6,50	6,50	9,74	11,24	7,00	6,50	6,50
Reações de Apoio (kN/m)	v_x	0,00	2,36	0,00	2,61	0,00	0,00	4,38	3,20
	v'_x	5,00	0,00	3,85	0,00	0,00	5,00	6,25	4,68
	v_y	0,00	2,95	1,71	2,96	0,00	1,71	1,83	1,83
	v'_y	2,50	4,32	2,50	4,33	0,00	2,50	0,00	0,00
	r_x	0,00	4,83	0,00	14,24	0,00	0,00	5,69	8,32
	r'_x	4,55	0,00	5,26	0,00	0,00	4,90	8,13	12,17
	r_y	0,00	6,04	2,33	16,15	0,00	1,68	2,38	4,76
	r'_y	2,28	8,85	3,41	23,62	0,00	2,45	0,00	0,00
Momentos Fletores (kN.m/m)	μ_x	4,17	4,94	3,96	5,99	0,00	4,17	7,03	5,00
	μ'_x	8,33	0,00	8,26	0,00	0,00	8,33	12,50	10,75
	μ_y	0,88	3,91	1,12	3,92	0,00	0,88	1,48	2,25
	μ'_y	5,64	10,05	5,58	10,97	0,00	5,64	0,00	0,00
	m_x	0,53	3,19	1,14	18,30	0,00	0,57	1,83	5,20
	m'_x	1,06	0,00	2,37	0,00	0,00	1,14	3,25	11,18
	m_y	0,11	2,52	0,32	11,97	0,00	0,12	0,38	2,34
	m'_y	0,72	6,48	1,60	33,51	0,00	0,77	0,00	0,00

Tabela 6 - Ações, Reações e Momentos (L19 a L26)

	Lajes	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34
Características	Tipo	3	3	16	12	12	12	10	12
	l_y/l_x	2,50	2,57	1,47	3,09	3,09	1,54	2,56	1,54
Ações (kN/m²)	Peso Próprio	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Peso de Uso	1,50	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Paredes Não Estruturais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	g	4,50	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	q	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	p	6,50	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Reações de Apoio (kN/m)	v_x	4,38	4,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	v'_x	6,25	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	v_y	2,17	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	v'_y	3,17	3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	r_x	5,69	4,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	r'_x	8,13	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	r_y	2,82	2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	r'_y	4,12	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Momentos Fletores (kN.m/m)	μ_x	7,03	7,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00
	μ'_x	12,50	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,56	0,00
	μ_y	1,60	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00
	μ'_y	8,20	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00
	m_x	1,83	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
	m'_x	3,25	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00
	m_y	0,42	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
	m'_y	2,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00

Tabela 7 - Ações, Reações e Momentos (L27 a L34)

No que segue, realiza-se a determinação das armaduras negativas (Tabela 8), positivas (Tabela 9), negativas de distribuição (Tabela 10) e negativas de borda (Tabela 11). Antes desse cálculo, fez-se a compatibilização de momento da forma mostrada na Figura 13. Para determinar as armaduras, as tabelas presentes em PINHEIRO (2007) foram utilizadas. Nesse material, primeiramente se calcula o parâmetro k_c :

$$k_c = \frac{b \times d^2}{M_d}$$

Para a última equação, valem:

- b = largura (adota-se 1 metro para lajes);

- d = altura útil;
- M_d = momento de cálculo.

Com isso, encontra-se o valor de k_s pela tabela e se determina a área necessária de armadura pela fórmula:

$$A_s = \frac{k_s \times M_d}{d}$$

Essa armadura precisa ser maior que a mínima definida pela ABNT NBR 6118 (Figura 14). Já as armaduras negativas de distribuição e as negativas de borda são dimensionadas pelos valores mínimos (também Figura 14). Os momentos de cálculo foram encontrados pela seguinte expressão:

$$M_d = 1,4 \times M_{kg} + 1,4 \times M_{kq}$$

Para a última equação, valem:

- M_{kg} = momento característico para cargas permanentes;
- M_{kq} = momento característico para cargas variáveis.

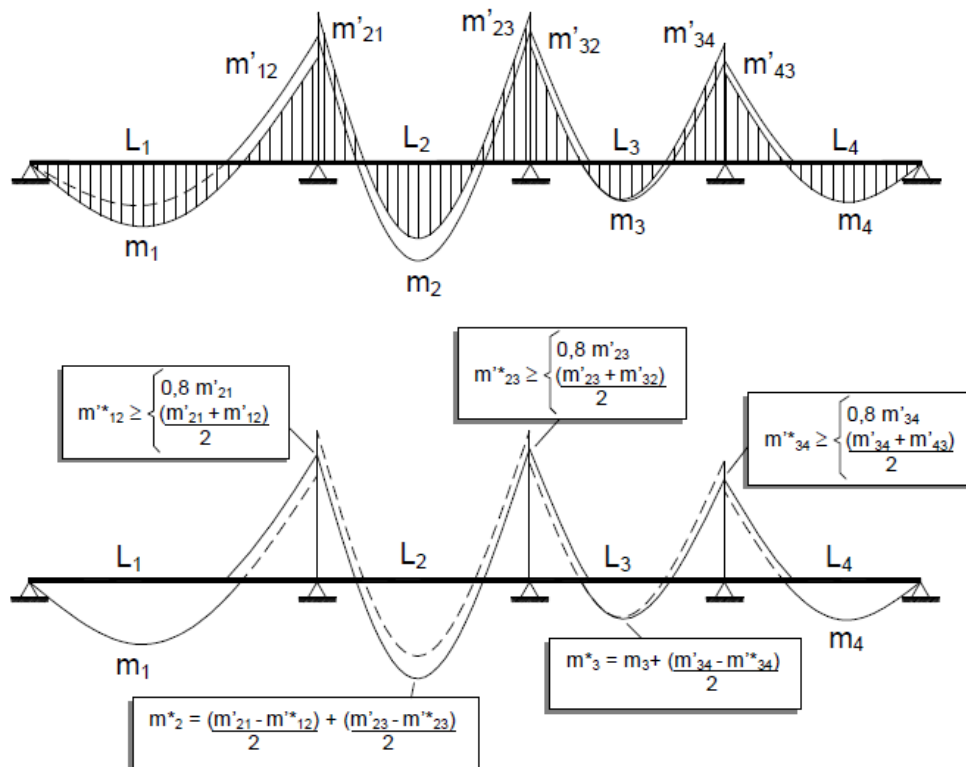


Figura 13 - Processo de Compatibilização de Momentos (fonte: PINHEIRO, 2016, p. 15)

Armaduras negativas	$\rho_s \geq \rho_{\min}$
Armaduras negativas de bordas sem continuidade	$\rho_s \geq 0,67 \cdot \rho_{\min}$
Armaduras positivas de lajes armadas nas duas direções	$\rho_s \geq 0,67 \rho_{\min}$
Armadura positiva (principal) de lajes armadas em uma direção	$\rho_s \geq \rho_{\min}$
Armadura positiva (secundária) de lajes armadas em uma direção	$A_s / s \geq 20\%$ da armadura principal $A_s / s \geq 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\rho_s \geq 0,5 \cdot \rho_{\min}$

Figura 14 - Armaduras Mínimas (fonte: PINHEIRO, 2016, p. 16)

Lajes	m_k (kN.m)	m_d (kN.m)	h (cm)	ϕ (mm)	d (cm)	k_c	k_s	$a_{s,nec}$ (cm ² /m)	$a_{s,min}$ (cm ² /m)	Armadura	$a_{s,ef}$ (cm ² /m)
L01-L02	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L01-L03	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L02-L04	1,3395	2,5316	12	6,3	9,19	33,3	0,023	0,63	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L02-L05	2,1270	4,0201	12	6,3	9,19	21,0	0,023	1,01	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L03-L04	2,6000	3,6400	12	6,3	9,19	23,2	0,023	0,91	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L04-L05	3,1460	4,4044	12	6,3	9,19	19,2	0,023	1,10	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L04-L14	11,9340	16,7076	12	10	9,00	4,8	0,024	4,46	2,50	10 c/ 17,5	4,49
L05-L07	3,1460	4,4044	12	6,3	9,19	19,2	0,023	1,10	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L06-L10	2,5661	4,8499	12	6,3	9,19	17,4	0,023	1,21	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L07-L08	6,1791	8,6507	12	6,3	9,19	9,8	0,024	2,26	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L08-L09	6,1791	8,6507	12	6,3	9,19	9,8	0,024	2,26	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L08-L10	6,1791	8,6507	12	6,3	9,19	9,8	0,024	2,26	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L08-L13	6,1791	8,6507	12	6,3	9,19	9,8	0,024	2,26	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L08-L14	11,9340	16,7076	12	10	9,00	4,8	0,024	4,46	2,50	10 c/ 17,5	4,49
L08-L20	5,8049	8,1268	12	6,3	9,19	10,4	0,023	2,04	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L09-L10	2,5661	3,5925	12	6,3	9,19	23,5	0,023	0,90	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L10-L11	2,5661	3,5925	12	6,3	9,19	23,5	0,023	0,90	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L10-L13	2,5661	3,5925	12	6,3	9,19	23,5	0,023	0,90	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L11-L12	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L11-L13	0,8490	1,1886	12	6,3	9,19	71,0	0,023	0,30	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L11-L22	33,5075	46,9105	12	16	8,70	1,6	0,026	14,02	2,50	16 c/ 14	14,36
L12-L23	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L13-L20	0,8490	1,1886	12	6,3	9,19	71,0	0,023	0,30	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L13-L21	1,8942	2,6519	12	6,3	9,19	31,8	0,023	0,66	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L13-L22	0,8490	1,1886	12	6,3	9,19	71,0	0,023	0,30	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L14-L15	11,9340	22,5553	12	10	9,00	3,6	0,024	6,01	2,50	10 c/ 13	6,04
L14-L18	11,9340	16,7076	12	10	9,00	4,8	0,024	4,46	2,50	10 c/ 17,5	4,49

Tabela 8 - Armaduras Negativas

Lajes	m _k (kN.m)	m _d (kN.m)	h (cm)	φ (mm)	d (cm)	k _c	k _s	a _{s,nec} (cm ² /m)	a _{s,min} (cm ² /m)	Armadura	a _{s,ef} (cm ² /m)
L14-L19	0,8490	1,1886	12	6,3	9,19	71,0	0,023	0,30	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L15-L18	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L16-L17	3,0705	5,8032	12	6,3	9,19	14,5	0,023	1,45	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L17-L18	3,0705	4,2987	12	6,3	9,19	19,6	0,023	1,08	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L17-L24	0,9143	1,2800	12	6,3	9,19	65,9	0,023	0,32	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L18-L19	0,5748	0,8048	12	6,3	9,19	104,8	0,023	0,20	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L18-L24	0,6190	0,8667	12	6,3	9,19	97,3	0,023	0,22	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L18-L26	8,9440	12,5216	12	8	9,10	6,6	0,024	3,30	2,50	8 c/ 15	3,35
L18-L27	2,6000	3,6400	12	6,3	9,19	23,2	0,023	0,91	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L18-L31	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L19-L20	0,8490	1,1886	12	6,3	9,19	71,0	0,023	0,30	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L20-L21	5,1855	7,2597	12	6,3	9,19	11,6	0,023	1,82	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L20-L28	5,1855	7,2597	12	6,3	9,19	11,6	0,023	1,82	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L20-L33	5,1855	9,8006	12	6,3	9,19	8,6	0,024	2,56	2,50	6,3 c/ 12	2,60
L21-L22	1,8942	2,6519	12	6,3	9,19	31,8	0,023	0,66	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L21-L34	1,2796	2,4185	12	6,3	9,19	34,9	0,023	0,61	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L22-L23	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L24-L25	0,9143	1,2800	12	6,3	9,19	65,9	0,023	0,32	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L24-L26	0,9143	1,2800	12	6,3	9,19	65,9	0,023	0,32	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L25-L26	8,9440	12,5216	12	8	9,10	6,6	0,024	3,30	2,50	8 c/ 15	3,35
L25-L29	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L26-L30	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L27-L32	1,7056	3,2236	12	6,3	9,19	26,2	0,023	0,81	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L28-L33	1,3720	2,5931	12	6,3	9,19	32,5	0,023	0,65	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L29-L30	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L30-L31	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L31-L32	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
L33-L34	0,6392	1,2081	12	6,3	9,19	69,8	0,023	0,30	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50

Tabela 8 (continuação) - Armaduras Negativas

Lajes	Direção	m _k (kN.m)	m _d (kN.m)	h (cm)	φ (mm)	d (cm)	k _c	k _s	a _{s,nec} (cm ² /m)	a _{s,min} (cm ² /m)	Armadura	a _{s,ef} (cm ² /m)
L01	m _x	0,0000	0,0000	12	5	9,25	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
	m _y	0,0000	0,0000	12	5	8,75	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
L02	m _x	0,3649	0,6897	12	6,3	9,19	122,3	0,023	0,17	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m _y	1,6770	3,1696	12	5	8,62	23,4	0,023	0,85	1,25	5 c/ 15	1,31
L03	m _x	2,1528	3,0139	12	6,3	9,19	28,0	0,023	0,75	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m _y	0,3848	0,5387	12	5	8,62	137,9	0,023	0,14	1,25	5 c/ 15	1,31
L04	m _x	16,1996	22,6794	12	10	9,00	3,6	0,024	6,05	1,67	10 c/ 12,5	6,28
	m _y	14,9022	20,8631	12	10	8,00	3,1	0,024	6,26	1,67	10 c/ 12,5	6,28

Tabela 9 - Armaduras Positivas

Lajes	Direção	m_k (kN.m)	m_d (kN.m)	h (cm)	ϕ (mm)	d (cm)	k_c	k_s	$a_{s,nec}$ (cm ² /m)	$a_{s,min}$ (cm ² /m)	Armadura	$a_{s,ef}$ (cm ² /m)
L05	m_x	3,7806	5,2929	12	6,3	9,19	15,9	0,023	1,33	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,5034	0,7047	12	5	8,62	105,4	0,023	0,19	1,25	5 c/ 15	1,31
L06	m_x	0,3435	0,6491	12	5	9,25	131,8	0,023	0,16	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	1,1605	2,1933	12	5	8,75	34,9	0,023	0,58	1,67	5 c/ 11	1,78
L07	m_x	1,4963	2,0948	12	5	9,25	40,8	0,023	0,52	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,6308	0,8831	12	5	8,75	86,7	0,023	0,23	1,67	5 c/ 11	1,78
L08	m_x	4,5200	6,3281	12	5	9,25	13,5	0,023	1,57	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,8227	1,1517	12	5	8,75	66,5	0,023	0,30	1,67	5 c/ 11	1,78
L09	m_x	0,3903	0,5464	12	6,3	9,19	154,4	0,023	0,14	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,0824	0,1153	12	5	8,62	644,4	0,023	0,03	1,25	5 c/ 15	1,31
L10	m_x	1,4992	2,0989	12	5	9,25	40,8	0,023	0,52	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,5446	0,7625	12	5	8,75	100,4	0,023	0,20	1,67	5 c/ 11	1,78
L11	m_x	18,2962	25,6147	12	12,5	8,88	3,1	0,024	6,93	1,67	12,5 c/ 17,5	7,01
	m_y	45,0565	63,0791	12	16	7,45	0,9	0,03	25,40	1,67	16 c/ 7,5	26,81
L12	m_x	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,62	-	-	-	1,25	5 c/ 15	1,31
L13	m_x	0,5313	0,7438	12	6,3	9,19	113,4	0,023	0,19	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,1121	0,1570	12	5	8,62	473,4	0,023	0,04	1,25	5 c/ 20	0,98
L14	m_x	5,8663	8,2128	12	6,3	9,19	10,3	0,023	2,06	1,67	6,3 c/ 15	2,08
	m_y	9,0610	12,6854	12	8	8,47	5,7	0,024	3,59	1,67	8 c/ 14	3,59
L15	m_x	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,62	-	-	-	1,25	5 c/ 15	1,31
L16	m_x	0,0000	0,0000	12	5	9,25	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,75	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
L17	m_x	3,9325	5,5055	12	6,3	9,19	15,3	0,023	1,38	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	2,5190	3,5266	12	5	8,62	21,1	0,023	0,94	1,25	5 c/ 15	1,31
L18	m_x	11,9722	16,7610	12	10	9,00	4,8	0,024	4,47	1,67	10 c/ 17,5	4,49
	m_y	8,2444	11,5422	12	8	8,10	5,7	0,024	3,42	1,67	8 c/ 14	3,59
L19	m_x	0,8806	1,2328	12	6,3	9,19	68,4	0,023	0,31	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,1121	0,1570	12	5	8,62	473,4	0,023	0,04	1,25	5 c/ 15	1,31
L20	m_x	3,1861	4,4606	12	5	9,25	19,2	0,023	1,11	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	8,1547	11,4166	12	8	8,60	6,5	0,024	3,19	1,67	8 c/ 15	3,35
L21	m_x	1,9160	2,6824	12	5	9,25	31,9	0,023	0,67	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,3210	0,4495	12	5	8,75	170,3	0,023	0,12	1,67	5 c/ 11	1,78
L22	m_x	18,2962	25,6147	12	10	9,00	3,2	0,024	6,83	1,67	10 c/ 11	7,14
	m_y	45,0565	63,0791	12	16	7,70	0,9	0,031	25,40	1,67	16 c/ 7,5	26,81
L23	m_x	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,62	-	-	-	1,25	5 c/ 15	1,31
L24	m_x	0,8340	1,1677	12	6,3	9,19	72,3	0,023	0,29	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,1207	0,1690	12	5	8,62	439,6	0,023	0,05	1,25	5 c/ 15	1,31
L25	m_x	4,6206	6,4689	12	6,3	9,19	13,0	0,023	1,62	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,3848	0,5387	12	5	8,62	137,9	0,023	0,14	1,25	5 c/ 15	1,31

Tabela 9 (continuação) - Armaduras Positivas

Lajes	Direção	m_k (kN.m)	m_d (kN.m)	h (cm)	ϕ (mm)	d (cm)	k_c	k_s	$a_{s,nec}$ (cm ² /m)	$a_{s,min}$ (cm ² /m)	Armadura	$a_{s,ef}$ (cm ² /m)
L26	m_x	15,9228	22,2920	12	10	9,00	3,6	0,024	5,94	1,67	10 c/ 13	6,04
	m_y	2,3400	3,2760	12	5	8,25	20,8	0,023	0,91	1,67	5 c/ 11	1,78
L27	m_x	2,9250	4,0950	12	6,3	9,19	20,6	0,023	1,03	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,4160	0,5824	12	5	8,62	127,6	0,023	0,16	1,25	5 c/ 15	1,31
L28	m_x	0,9645	1,3503	12	5	9,25	63,4	0,023	0,34	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,2195	0,3073	12	5	8,75	249,1	0,023	0,08	1,67	5 c/ 11	1,78
L29	m_x	0,0000	0,0000	12	5	9,25	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,75	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
L30	m_x	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,62	-	-	-	1,25	5 c/ 15	1,31
L31	m_x	0,0000	0,0000	12	6,3	9,19	-	-	-	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,62	-	-	-	1,25	5 c/ 15	1,31
L32	m_x	0,0000	0,0000	12	5	9,25	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,75	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
L33	m_x	0,0806	0,1523	12	6,3	9,19	554,0	0,023	0,04	2,50	6,3 c/ 12,5	2,50
	m_y	0,4000	0,7560	12	5	8,62	98,3	0,023	0,20	1,25	5 c/ 15	1,31
L34	m_x	0,0000	0,0000	12	5	9,25	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78
	m_y	0,0000	0,0000	12	5	8,75	-	-	-	1,67	5 c/ 11	1,78

Tabela 9 (continuação) - Armaduras Positivas

Lajes	$a_{s,dist}$ (cm ² /m)	Armadura	$a_{s,ef}$ (cm ² /m)
L01-L02	1,25	5 c/ 15	1,31
L01-L03	1,25	5 c/ 15	1,31
L02-L04	1,25	5 c/ 15	1,31
L02-L05	1,25	5 c/ 15	1,31
L03-L04	1,25	5 c/ 15	1,31
L04-L05	1,25	5 c/ 15	1,31
L04-L14	1,25	5 c/ 15	1,31
L05-L07	1,25	5 c/ 15	1,31
L06-L10	1,25	5 c/ 15	1,31
L07-L08	1,25	5 c/ 15	1,31
L08-L09	1,25	5 c/ 15	1,31
L08-L10	1,25	5 c/ 15	1,31
L08-L13	1,25	5 c/ 15	1,31
L08-L14	1,25	5 c/ 15	1,31
L08-L20	1,25	5 c/ 15	1,31
L09-L10	1,25	5 c/ 15	1,31
L10-L11	1,25	5 c/ 15	1,31
L10-L13	1,25	5 c/ 15	1,31

Tabela 10 - Armaduras Negativas de Distribuição

Lajes	$a_{s,dist}$ (cm ² /m)	Armadura	$a_{s,ef}$ (cm ² /m)
L11-L12	1,25	5 c/ 15	1,31
L11-L13	1,25	5 c/ 15	1,31
L11-L22	2,87	6,3 c/ 10	3,12
L12-L23	1,25	5 c/ 15	1,31
L13-L20	1,25	5 c/ 15	1,31
L13-L21	1,25	5 c/ 15	1,31
L13-L22	1,25	5 c/ 15	1,31
L14-L15	1,25	5 c/ 15	1,31
L14-L18	1,25	5 c/ 15	1,31
L14-L19	1,25	5 c/ 15	1,31
L15-L18	1,25	5 c/ 15	1,31
L16-L17	1,25	5 c/ 15	1,31
L17-L18	1,25	5 c/ 15	1,31
L17-L24	1,25	5 c/ 15	1,31
L18-L19	1,25	5 c/ 15	1,31
L18-L24	1,25	5 c/ 15	1,31
L18-L26	1,25	5 c/ 15	1,31
L18-L27	1,25	5 c/ 15	1,31
L18-L31	1,25	5 c/ 15	1,31
L19-L20	1,25	5 c/ 15	1,31
L20-L21	1,25	5 c/ 15	1,31
L20-L28	1,25	5 c/ 15	1,31
L20-L33	1,25	5 c/ 15	1,31
L21-L22	1,25	5 c/ 15	1,31
L21-L34	1,25	5 c/ 15	1,31
L22-L23	1,25	5 c/ 15	1,31
L24-L25	1,25	5 c/ 15	1,31
L24-L26	1,25	5 c/ 15	1,31
L25-L26	1,25	5 c/ 15	1,31
L25-L29	1,25	5 c/ 15	1,31
L26-L30	1,25	5 c/ 15	1,31
L27-L32	1,25	5 c/ 15	1,31
L28-L33	1,25	5 c/ 15	1,31
L29-L30	1,25	5 c/ 15	1,31
L30-L31	1,25	5 c/ 15	1,31
L31-L32	1,25	5 c/ 15	1,31
L33-L34	1,25	5 c/ 15	1,31

Tabela 10 (continuação) - Armaduras Negativas de Distribuição

Laje	a _{s,mín} (cm ² /m)	Armadura	a _{s,ef} (cm ² /m)
L01	1,67	5 c/ 11	1,78
L02	1,67	5 c/ 11	1,78
L03	1,67	5 c/ 11	1,78
L04	1,67	5 c/ 11	1,78
L05	1,67	5 c/ 11	1,78
L06	1,67	5 c/ 11	1,78
L07	1,67	5 c/ 11	1,78
L08	1,67	5 c/ 11	1,78
L09	1,67	5 c/ 11	1,78
L10	1,67	5 c/ 11	1,78
L11	1,67	5 c/ 11	1,78
L12	1,67	5 c/ 11	1,78
L14	1,67	5 c/ 11	1,78
L15	1,67	5 c/ 11	1,78
L16	1,67	5 c/ 11	1,78
L17	1,67	5 c/ 11	1,78
L22	1,67	5 c/ 11	1,78
L23	1,67	5 c/ 11	1,78
L24	1,67	5 c/ 11	1,78
L25	1,67	5 c/ 11	1,78
L28	1,67	5 c/ 11	1,78
L29	1,67	5 c/ 11	1,78
L30	1,67	5 c/ 11	1,78
L31	1,67	5 c/ 11	1,78
L32	1,67	5 c/ 11	1,78
L33	1,67	5 c/ 11	1,78
L34	1,67	5 c/ 11	1,78

Tabela 11 - Armaduras Negativas de Borda

Por fim, são feitas as verificações de flecha (da Tabela 12 à Tabela 20), bem como de cisalhamento e esmagamento da biela (da Tabela 21 à Tabela 24). Para verificar as flechas, primeiramente é preciso saber se a laje está fissurada, cuja averiguação está na Tabela 12 à Tabela 15, e é feita pela comparação do momento solicitante com o m_r (momento de fissuração), dado pela equação:

$$m_r = \frac{\alpha \times f_{ct} \times I_c}{y_t}$$

Para a última equação, valem:

- α = fator que correlaciona a resistência à tração na flexão com a resistência à tração direta (para seções retangulares, vale 1,5);
- y_t = distância do centro de gravidade da seção bruta de concreto à fibra mais tracionada;
- I_c = momento de inércia da seção bruta de concreto.

Se o momento solicitante for maior que o de fissuração, há a ocorrência de fissuras, cujo aspecto só ocorreu nas lajes 04, 11, 18, 22 e 26. Nelas, é preciso reduzir o momento de inércia para I_{eq} , segundo a seguinte equação:

$$I_{eq} = \left(\frac{m_r}{m_a}\right)^3 \times I_c + \left[1 - \left(\frac{m_r}{m_a}\right)^3\right] \times I_2$$

Para a última equação, valem:

- I_{eq} = momento de inércia equivalente;
- m_a = momento solicitante de cálculo;
- I_2 = momento de inércia da seção fissurada (calculado conforme fórmula abaixo).

$$I_2 = \frac{b \times x^3}{3} + \alpha_e \times a_s \times (d - x)^2$$

Onde,

- α_e = divisão entre o módulo de elasticidade do aço pelo módulo de elasticidade do concreto;
- a_s = área de aço;
- x = calculado segundo a fórmula que segue abaixo.

$$\frac{b \times x^2}{2} - \alpha_e \times a_s \times (d - x) = 0$$

Com isso, pode-se calcular a flecha nas lajes. A flecha total é dividida em duas: a imediata e a diferida. A primeira é calculada pela expressão:

$$a_i = \frac{\alpha}{100} \times \frac{b}{12} \times \frac{p \times l_x^4}{E_c \times I_c}$$

Onde,

- α = coeficiente tabelado no mesmo trabalho de PINHEIRO (2007);
- p = valor da carga para combinação quase permanente;

E a flecha diferida, é calculada pela seguinte fórmula:

$$a_f = \alpha_f \times a_i = \frac{\Delta\xi}{1 + 50 \times \rho'} \times a_i$$

Onde,

- $\Delta\xi = \xi(t) - \xi(t_0)$ ($\xi(t)$ vale 2 para um tempo maior 70 meses e $\xi(t_0)$ vale 0,68)
- $\rho' = A_s'/bd$ (A_s' é a armadura de compressão no caso de armadura dupla, que aqui não há).

Em geral, as forças cortantes são satisfatoriamente resistidas pelo concreto de lajes maciças, mas é preciso fazer a verificação para checar a necessidade de armadura transversal. Em elementos de concreto em que a largura é maior ou igual a 5 vezes a altura útil (caso de lajes em geral), dispensa-se armadura transversal se a força cortante solicitante de cálculo for menor que V_{Rd1} , dado pela expressão:

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \times k \times (1,2 + 40 \times \rho_1) \times d \times b_w$$

Onde,

- τ_{Rd} = valor de cálculo da tensão resistente ao cisalhamento;
- $k = [1,6 - d]$ (nos casos em que ao menos 50% da armadura chega até os apoios);
- ρ_1 = área de armadura longitudinal dividida pela área de concreto;
- d = altura útil;
- b_w = largura (adotada 1 metro para lajes).

Já para verificar o esmagamento da biela, a força cortante solicitante de cálculo precisa ser menor que V_{Rd2} , dado pela expressão:

$$V_{Rd2} = 0,27 \times \alpha_{v2} \times f_{cd} \times b_w \times d$$

Onde,

- $\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/25)$, com f_{ck} em kN/cm^2 ;
- f_{cd} = resistência de cálculo do concreto.

Lajes	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
h (cm)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
$m_{d,rara}$ (kN.cm/m)	0,0	317,0	301,4	2267,9	529,3	219,3	209,5	632,8	54,6	209,9
α	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{ct} (kN/cm ²)	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407
I_c (cm ⁴)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
y_t (cm)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
m_r (kN.cm/m)	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8
Existência de Fissuras	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Tabela 12 - Fissuração das Lajes (L01 a L10)

Lajes	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
h (cm)	12	12	12	12	12	12	12	12
$m_{d,rara}$ (kN.cm/m)	6307,9	0,0	74,4	1268,5	0,0	0,0	550,6	1676,1
α	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{ct} (kN/cm ²)	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407
I_c (cm ⁴)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
y_t (cm)	6	6	6	6	6	6	6	6
m_r (kN.cm/m)	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8
Existência de Fissuras	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim

Tabela 13 - Fissuração das Lajes (L11 a L18)

Lajes	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
h (cm)	12	12	12	12	12	12	12	12
$m_{d,rara}$ (kN.cm/m)	123,3	1141,7	268,2	6307,9	0,0	116,8	646,9	2229,2
α	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{ct} (kN/cm ²)	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407
I_c (cm ⁴)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
y_t (cm)	6	6	6	6	6	6	6	6
m_r (kN.cm/m)	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8
Existência de Fissuras	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Tabela 14 - Fissuração das Lajes (L19 a L26)

Lajes	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
h (cm)	12	12	12	12	12	12	12	12
$m_{d,rara}$ (kN.cm/m)	409,5	135,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,6	0,0
α	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{ct} (kN/cm ²)	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407
I_c (cm ⁴)	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400	14400
y_t (cm)	6	6	6	6	6	6	6	6
m_r (kN.cm/m)	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8	1465,8
Existência de Fissuras	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Tabela 15 - Fissuração das Lajes (L27 a L34)

Lajes	L04	L11	L18	L22	L26
E_s (kN/cm ²)	21000,0	21000,0	21000,0	21000,0	21000,0
E_c (kN/cm ²)	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8
α_e	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30
d (cm)	9,0	7,5	9,0	7,7	9,0
a_s (cm ² /m)	6,28	26,81	4,49	26,81	6,04
x (cm)	2,14	3,39	1,85	3,45	2,10
I_2 (cm ⁴)	1894,0	3642,3	1428,4	3936,9	1833,7
I_{eq} (cm ⁴)	5270,2	3777,3	10104,1	4068,2	5406,2

Tabela 16 - Momento de Inércia Equivalente

Flecha Imediata										
Laje	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10
Tipo	14	9	2B	1	3	9	4A	5B	5B	3
I_y/I_x	1,47	5,87	2,50	1,05	2,64	1,54	2,00	1,96	2,17	1,71
α	2,96	15,63	6,50	5,26	6,50	10,06	9,90	1,96	3,13	4,99
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
p (kN/cm ²)	8,00	8,00	6,50	9,74	6,50	8,00	7,00	6,50	6,50	6,50
lx (cm)	129,5	129,5	200,0	600,0	220,0	129,5	160,0	375,0	120,0	210,0
Ec (kN/cm ²)	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8
I (cm ⁴)	14400,0	14400,0	14400,0	5270,2	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0
a _i (cm)	0,001	0,005	0,010	0,970	0,014	0,003	0,007	0,037	0,001	0,009
Flecha diferida										
$\xi(t_0)$	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
$\xi(t)$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ρ'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α_f	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Flecha Total										
a _t (cm)	0,002	0,012	0,023	2,251	0,034	0,008	0,015	0,085	0,001	0,021
a _{lim} (cm)	0,518	0,518	0,800	2,400	0,880	0,518	0,640	1,500	0,480	0,840
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 17 - Flecha (L01 a L10)

Flecha Imediata								
Laje	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18
Tipo	2A	16	6	2A	16	14	2A	1
l_y/l_x	1,43	6,18	7,71	1,10	2,84	1,63	2,64	1,24
α	6,99	1,76	3,13	4,11	1,76	3,63	15,63	6,99
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
p (kN/cm ²)	9,74	11,24	6,50	6,50	8,00	8,00	6,50	9,74
l_x (cm)	560,0	129,5	140,0	500,0	109,5	129,5	220,0	450,0
E_c (kN/cm ²)	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8
I (cm ⁴)	3777,3	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	10104,1
a_i (cm)	0,939	0,001	0,001	0,244	0,000	0,001	0,035	0,581
Flecha diferida								
$\xi(t_0)$	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
$\xi(t)$	2	2	2	2	2	2	2	2
ρ'	0	0	0	0	0	0	0	0
α_f	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Flecha Total								
a_t (cm)	2,179	0,002	0,003	0,566	0,001	0,003	0,081	1,349
a_{lim} (cm)	2,240	0,518	0,560	2,000	0,438	0,518	0,880	1,800
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 18 - Flecha (L11 a L18)

Flecha Imediata								
Laje	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26
Tipo	6	2A	5B	2A	16	5B	2B	2B
I_y/I_x	3,14	1,29	1,71	1,43	6,18	2,57	2,50	1,40
α	3,13	5,79	2,84	6,99	1,76	3,13	6,50	4,73
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
p (kN/cm ²)	6,50	6,50	6,50	9,74	11,24	7,00	6,50	6,50
lx (cm)	140,0	315,0	210,0	560,0	129,5	140,0	200,0	400,0
Ec (kN/cm ²)	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8
I (cm ⁴)	14400,0	14400,0	14400,0	4068,2	14400,0	14400,0	14400,0	5406,2
a _i (cm)	0,001	0,054	0,005	0,939	0,001	0,001	0,010	0,306
Flecha diferida								
$\xi(t_0)$	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
$\xi(t)$	2	2	2	2	2	2	2	2
ρ'	0	0	0	0	0	0	0	0
α_f	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Flecha Total								
a _t (cm)	0,003	0,126	0,012	2,179	0,002	0,003	0,023	0,711
a _{lim} (cm)	0,560	1,260	0,840	2,240	0,518	0,560	0,800	1,600
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 19 - Flecha (L19 a L26)

Flecha Imediata								
Laje	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34
Tipo	3	3	16	12	12	12	10	12
l_y/l_x	2,50	2,57	1,47	3,09	3,09	1,54	2,56	1,54
α	6,50	6,50	1,31	5,12	5,12	3,68	3,13	3,68
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
p (kN/cm ²)	6,50	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
l _x (cm)	200,0	140,0	129,5	129,5	129,5	129,5	109,5	129,5
E _c (kN/cm ²)	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8	3959,8
I (cm ⁴)	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0	14400,0
a _i (cm)	0,010	0,003	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
Flecha diferida								
$\xi(t_0)$	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
$\xi(t)$	2	2	2	2	2	2	2	2
ρ'	0	0	0	0	0	0	0	0
α_f	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Flecha Total								
a _t (cm)	0,023	0,006	0,001	0,004	0,004	0,003	0,001	0,003
a _{lim} (cm)	0,800	0,560	0,518	0,518	0,518	0,518	0,438	0,518
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 20 - Flecha (L27 a L34)

Lajes	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10
V _{sk,máx} (kN)	0,00	0,00	8,13	15,31	8,94	0,00	4,85	9,73	3,90	6,13
V _{sd} (kN)	0,00	0,00	11,38	21,44	12,51	0,00	6,79	13,62	5,46	8,58
d (cm)	8,75	8,62	8,62	8,00	8,62	8,75	8,75	8,75	8,62	8,75
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
f _{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
f _{cd} (kN/cm ²)	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
α_v	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
V _{Rd1} (kN)	86,31	87,40	87,40	93,70	87,40	86,31	86,31	86,31	87,40	86,31
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
V _{Rd2} (kN)	675,00	664,97	664,97	617,14	664,97	675,00	675,00	675,00	664,97	675,00
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 21 – Cisalhamento e Esmagamento da Biela (L01 a L10)

Lajes	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18
$V_{sk,m\acute{a}x}$ (kN)	23,62	0,00	4,55	13,55	0,00	0,00	6,19	13,06
V_{sd} (kN)	33,06	0,00	6,37	18,97	0,00	0,00	8,67	18,29
d (cm)	7,45	8,62	8,62	8,47	8,62	8,75	8,62	8,10
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{cd} (kN/cm ²)	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
α_v	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
V_{rd1} (kN)	152,67	87,40	87,40	89,46	87,40	86,31	87,40	89,03
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
V_{rd2} (kN)	574,71	664,97	664,97	653,40	664,97	675,00	664,97	624,86
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 22 - Cisalhamento e Esmagamento da Biela (L11 a L18)

Lajes	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26
$V_{sk,m\acute{a}x}$ (kN)	4,55	8,85	5,26	23,62	0,00	4,90	8,13	12,17
V_{sd} (kN)	6,37	12,38	7,36	33,06	0,00	6,86	11,38	17,04
d (cm)	8,62	8,60	8,75	7,70	8,62	8,62	8,62	8,25
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{cd} (kN/cm ²)	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
α_v	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
V_{rd1} (kN)	87,40	89,85	86,31	154,75	87,40	87,40	87,40	95,12
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
V_{rd2} (kN)	664,97	663,43	675,00	594,00	664,97	664,97	664,97	636,43
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 23 – Cisalhamento e Esmagamento da Biela (L19 a L26)

Lajes	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34
$V_{sk,m\acute{a}x}$ (kN)	8,13	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V_{sd} (kN)	11,38	8,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d (cm)	8,62	8,75	8,75	8,62	8,62	8,75	8,62	8,75
b (cm)	100	100	100	100	100	100	100	100
f_{ck} (kN/cm ²)	5	5	5	5	5	5	5	5
f_{cd} (kN/cm ²)	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
α_v	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
V_{rd1} (kN)	87,40	86,31	86,31	87,40	87,40	86,31	87,40	86,31
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
V_{rd2} (kN)	664,97	675,00	675,00	664,97	664,97	675,00	664,97	675,00
Verificação	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Tabela 24 – Cisalhamento e Esmagamento da Biela (L27 a L34)

Para concluir este tópico, os desenhos de armação de lajes forem feitos. Eles estão nos anexos C e D, o primeiro é referente à armação positiva e o segundo é referente à armação negativa.

3.3. Paredes de Alvenaria Estrutural

3.3.1. O Sistema Estrutural

A alvenaria estrutural tem sido bastante utilizada na construção civil. Em uma obra desse tipo, a organização do canteiro requer atenção, pois, pelo fato de serem estruturais, os blocos precisam ser devidamente conservados. Como pode ser visto na Figura 15, é feita a separação desses em *pallets*, costumeiramente agrupados pela resistência (já que na construção de edifícios em alvenaria estrutural a resistência dos blocos varia conforme o pavimento, como será abordado no item 3.3.2.3.) e distribuídos em regiões de paredes (com a finalidade de agilizar a construção).



Figura 15 - Pallets em Obra de um Edifício em Alvenaria Estrutural (fonte: http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/imagens/ABCP%2031_05_2011%20Fotos%20Chico%20Rivers0091.jpg)

A elevação de paredes, nesse caso portantes, segue um controle de qualidade muito mais rígido se comparado às à elevação de paredes apenas de vedação. Inicialmente, a primeira fiada do pavimento é lançada (Figura 16), possibilitando

certificar a compatibilidade da planta com a construção, aspecto que não exclui a necessidade de verificar prumo e ortogonalidade.



Figura 16 - Primeira Fiada de um Pavimento (fonte: <https://www.ufrgs.br/eso/content/up/3.-Execu%C3%A7%C3%A3o-da-primeira-fiada.jpg>)

As lajes de edifícios em alvenaria estrutural podem ser de concreto armado, mas, ao invés de serem apoiadas em vigas e pilares, elas são executadas sobre as paredes, de modo que as cargas fazem este mesmo caminhamento. E é necessário prever na arquitetura *shafts* para passagem das instalações elétricas e hidráulicas pelas lajes, aspecto esse que não será abordado no presente trabalho.

Em contexto de conceito estrutural a alvenaria, assim como o concreto, resiste prioritariamente a tensões de compressão, razão pela qual os componentes do sistema estrutural em alvenaria são os blocos, as juntas de argamassa, os reforços de graute e as armaduras.

Há algumas classes de blocos, a depender da modulação que se quer utilizar na concepção da construção (já explicado no item 2.2.). Uma vez adotada a família, existe o bloco inteiro, o meio bloco, o bloco canaleta, a canaleta, o bloco jota, o bloco compensador e os blocos especiais. A priori, serão usados no presente projeto o bloco inteiro (Figura 17a), o meio bloco (Figura 17b), o bloco canaleta (Figura 17c) e a canaleta (Figura 17d).

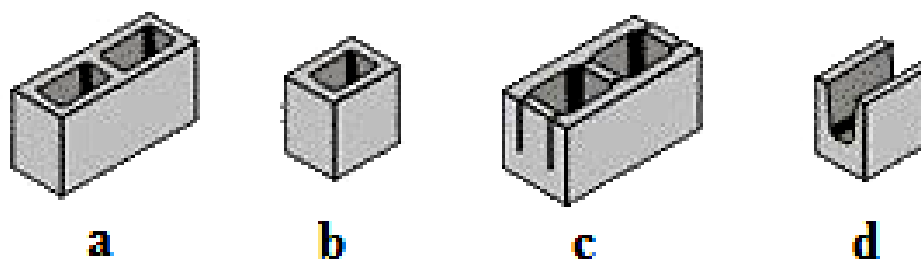


Figura 17 - Tipos de Bloco (adaptado da fonte:
<http://www.iporablocos.com.br/imagens/informacoes/bloco-concreto-estrutural-04.jpg>)

A junta de argamassa, conforme Figura 18, a qual no presente trabalho possui 1 centímetro de espessura e será executada nas faces longitudinais e transversais do bloco, tem “as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações” (RAMALHO e CORRÊA, 2008, p. 7 e 8).

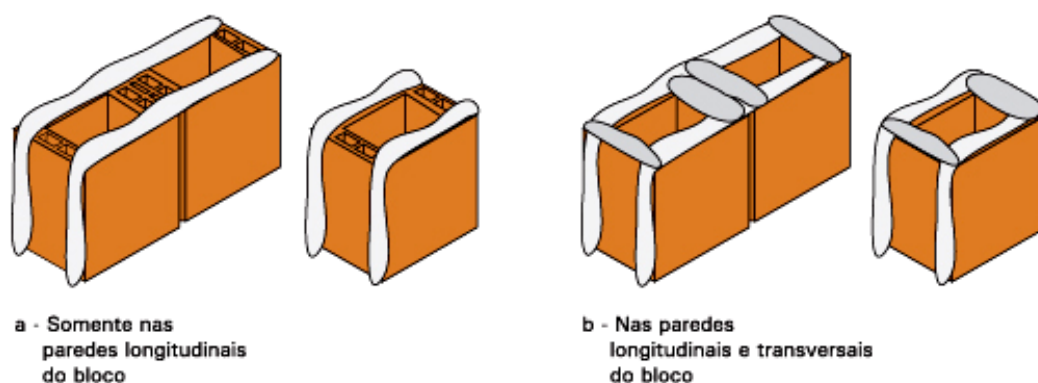


Figura 18 - Junta de Argamassa (fonte:
[http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/imagens/6\(2\).jpg](http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/imagens/6(2).jpg))

O graute, por sua vez, consiste de concreto com agregados de pequenas dimensões, é relativamente fluído e utilizado como preenchimento de espaços vazios de blocos quando há necessidade de aumentar a capacidade resistente do bloco ou de solidarizar armaduras à alvenaria (Figura 19). Logo, quando há graute, não necessariamente haverá armadura.

A respeito de aberturas, tais como janelas e portas, é preciso considerar a construção de vergas com a finalidade de transmitir esforços verticais para os trechos de parede adjacentes. Sob aberturas são construídas as contravergas, conforme Figura 20, com o intuito de resistir a concentração de tensões de tração nos cantos inferiores das aberturas



Figura 19 - Bloco Grauteado e Armado (fonte: http://4.bp.blogspot.com/-x131GKAdQXE/UvQpBe4xt6I/AAAAAAAAAD50/8QEzDh9iOV0/s1600/preview_html_5f34c62f.jpg)

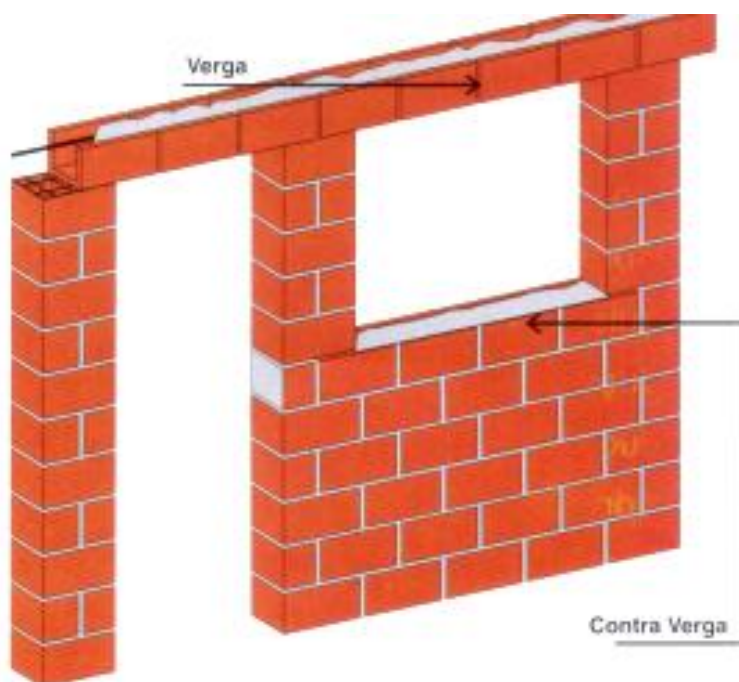


Figura 20 - Verga e Contraverga (fonte: <https://i.pinimg.com/originals/a1/0a/70/a10a709a0c99e11512a72487b1e4b534.png>)

Outra prática pertinente de ser aqui apresentada é a cinta, conforme Figura 21, a qual consiste de grauteamento de toda fiada ao redor da edificação que tem as funções de uniformizar cargas e de realizar um travamento do todo. No presente projeto, foram concebidas duas cintas por pavimento, uma à meia altura e outra na última fiada (esta é obrigatória por norma).

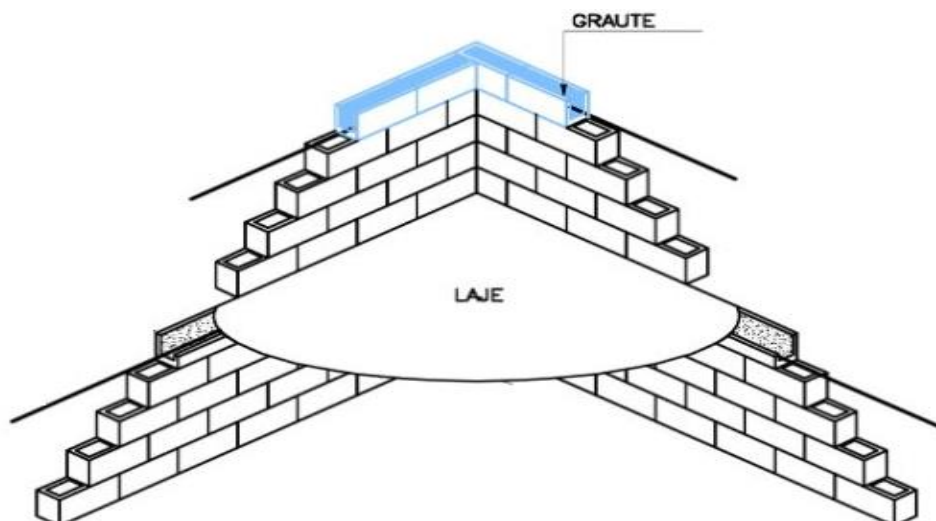
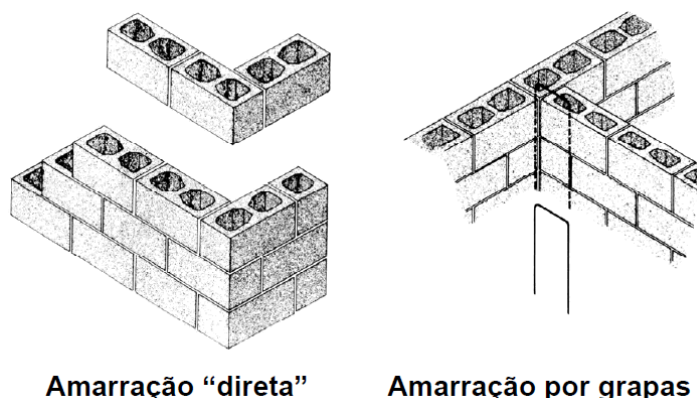


Figura 21 – Cintas (adaptado da fonte:
<https://media.licdn.com/mpr/mpr/AAEAAQAAAAAAAAAeDAAAJDQ4YThiNThkLTllyTktNDg2NS04NTE3LTlhZjdmNzliYWE2NA.jpg>**)**

Por fim, a amarração entre paredes é um procedimento essencial para garantir que haja transmissão de esforços nos encontros da edificação. Essa ligação pode ser realizada pela colocação conveniente dos blocos, chamada de amarração direta (mais garantida) – opção adotada neste trabalho, com o grauteamento e colocação de uma barra de 10 milímetros de diâmetro nos cantos; ou com o uso de grampos que ligam as paredes, chamada de amarração indireta (ensaios indicam que um grampo formado por uma barra de 10 milímetros de diâmetro a cada duas fiadas funciona aproximadamente como uma amarração direta), como mostra a Figura 22.



Amarração “direta”

Amarração por grampos

Figura 22 - Opções de Amarração para Paredes Estruturais (fonte:
<https://image.slidesharecdn.com/alvenarias-120816141303-phpapp02/95/alvenarias-19-728.jpg?cb=1345126416>**)**

O anexo G mostra o esquema de uma elevação (como uma vista) de uma parede portante genérica. Nesse mesmo esquema é possível observar os aspectos referentes à modulação, às vergas e contravergas, às cintas e à amarração entre paredes.

3.3.2. Memorial de Cálculo

3.3.2.1. Distribuição das Cargas Verticais

Primeiramente, vale dizer que será considerada a uniformização das cargas através de grupos isolados de paredes (separados por aberturas), conforme proposta pela ABNT NBR 15961-1. Os grupos isolados de paredes, devidamente numerados, encontram-se apresentados na Figura 23, ressaltando-se que na mesma figura 23 foram retiradas as aberturas para facilitar a visualização dos conjuntos.

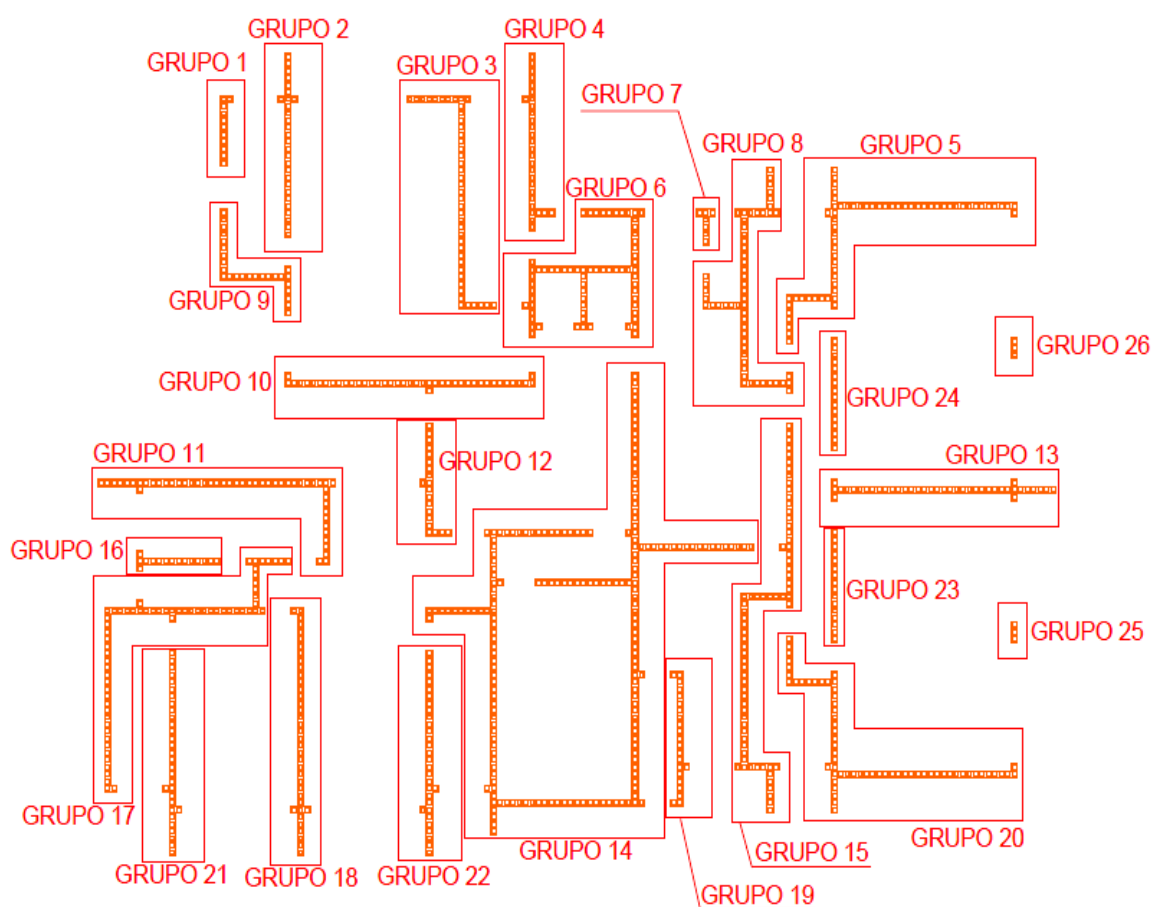


Figura 23 - Grupos de Paredes da Pavimento Tipo

A Tabela 25 mostra o carregamento de um pavimento por grupo de parede. O peso próprio da alvenaria estrutural foi feito através da multiplicação do seu peso específico (considerado bloco de concreto sem graute) pela espessura e pela altura da parede, sem deixar de incluir os peitoris das janelas (considerado bloco de concreto sem graute) e os blocos localizados acima das portas e janelas (considerado bloco de concreto com graute) – esses dois últimos são divididos meio a meio pelos grupos adjacentes.

A força advinda das lajes são as reações de apoio presentes na Tabela 4, na Tabela 5, na Tabela 6 e na Tabela 7 (que se encontram no item 3.2. deste texto). Já na Tabela 26, foi feito o acúmulo de carga do nono pavimento ao térreo.

Grupo	Comprimento total (m)	Peso próprio (kN/m)	Laje (kN/m)	Total (kN/m)
1	2,19	10,9	4,0	15,0
2	5,78	9,3	21,3	30,6
3	8,88	8,9	40,9	49,8
4	5,98	8,9	12,4	21,3
5	12,88	8,7	37,4	46,1
6	10,05	9,3	26,7	36,0
7	1,49	13,5	4,5	18,0
8	11,57	8,6	24,2	32,8
9	5,29	10,0	9,6	19,6
10	8,49	9,1	19,9	29,0
11	10,18	8,7	18,9	27,5
12	4,09	9,9	15,6	25,6
13	8,08	9,4	54,2	63,6
14	38,94	8,4	85,0	93,3
15	14,37	8,5	25,6	34,1
16	3,09	9,8	10,3	20,1
17	13,57	8,6	31,3	39,9
18	7,78	9,3	26,6	36,0
19	4,49	9,2	13,9	23,0
20	12,97	8,7	36,5	45,1
21	6,38	9,2	19,2	28,4
22	6,38	9,2	18,9	28,1
23	3,19	8,7	9,3	18,0
24	3,19	8,7	9,3	18,0
25	0,59	23,8	8,5	32,3
26	0,59	23,8	8,5	32,3

Tabela 25 - Carregamento Vertical dos Grupos de Paredes por Pavimento

Grupo	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
1	32,8	65,6	98,4	131,2	164,0	196,8	229,6	262,4	295,2	328,0
2	177,0	354,0	530,9	707,9	884,9	1061,9	1238,8	1415,8	1592,8	1769,8
3	442,3	884,5	1326,8	1769,0	2211,3	2653,6	3095,8	3538,1	3980,4	4422,6
4	127,3	254,6	381,9	509,2	636,5	763,8	891,1	1018,4	1145,7	1273,0
5	593,8	1187,6	1781,4	2375,2	2968,9	3562,7	4156,5	4750,3	5344,1	5937,9
6	361,4	722,8	1084,3	1445,7	1807,1	2168,5	2530,0	2891,4	3252,8	3614,2
7	26,8	53,7	80,5	107,4	134,2	161,0	187,9	214,7	241,6	268,4
8	379,4	758,9	1138,3	1517,8	1897,2	2276,6	2656,1	3035,5	3414,9	3794,4
9	103,4	206,9	310,3	413,8	517,2	620,6	724,1	827,5	931,0	1034,4
10	246,1	492,2	738,3	984,4	1230,5	1476,6	1722,7	1968,8	2214,9	2461,0
11	280,3	560,6	840,8	1121,1	1401,4	1681,7	1961,9	2242,2	2522,5	2802,8
12	104,6	209,1	313,7	418,3	522,8	627,4	732,0	836,5	941,1	1045,7
13	514,1	1028,2	1542,3	2056,4	2570,5	3084,6	3598,7	4112,8	4626,9	5141,0
14	3634,8	7269,7	10904,5	14539,3	18174,1	21809,0	25443,8	29078,6	32713,4	36348,3
15	489,4	978,7	1468,1	1957,4	2446,8	2936,1	3425,5	3914,9	4404,2	4893,6
16	62,2	124,4	186,6	248,8	311,0	373,2	435,4	497,6	559,8	622,0
17	541,7	1083,4	1625,1	2166,9	2708,6	3250,3	3792,0	4333,7	4875,4	5417,1
18	279,8	559,6	839,4	1119,2	1399,1	1678,9	1958,7	2238,5	2518,3	2798,1
19	103,5	207,0	310,4	413,9	517,4	620,9	724,4	827,8	931,3	1034,8
20	585,1	1170,2	1755,3	2340,5	2925,6	3510,7	4095,8	4680,9	5266,0	5851,2
21	181,4	362,8	544,2	725,6	907,0	1088,4	1269,8	1451,2	1632,6	1814,0
22	179,4	358,8	538,2	717,6	897,0	1076,4	1255,8	1435,2	1614,6	1794,0
23	57,4	114,8	172,2	229,6	286,9	344,3	401,7	459,1	516,5	573,9
24	57,4	114,8	172,2	229,6	286,9	344,3	401,7	459,1	516,5	573,9
25	19,1	38,2	57,2	76,3	95,4	114,5	133,5	152,6	171,7	190,8
26	19,1	38,2	57,2	76,3	95,4	114,5	133,5	152,6	171,7	190,8

Tabela 26 - Acúmulo das Cargas Verticais (em kN)

3.3.2.2. Distribuição das Ações Horizontais

A atuação das ações horizontais é considerada sem excentricidades, portanto atuam nas direções x e y. Foi adotado, para a distribuição dessas ações, o procedimento das paredes isoladas, sem considerar pórticos associados. Para se realizar a distribuição deste tópico precisa-se fazer a determinação dos momentos de inércia dos painéis que resistirão ao vento em ambas as direções. Para essa avaliação, a seção de cada painel contou com as abas representantes das paredes ortogonais (valendo no máximo seis vezes a espessura da alma). O procedimento para vento na direção x se encontra na Figura 24 e na Tabela 27, e para direção y, na Figura 25 e na Tabela 28.

A porcentagem da carga horizontal que age em cada painel de paredes é determinada pela proporção de momento inércia (na direção perpendicular a do vento atuante) do grupo em questão pelo total de paredes do pavimento.

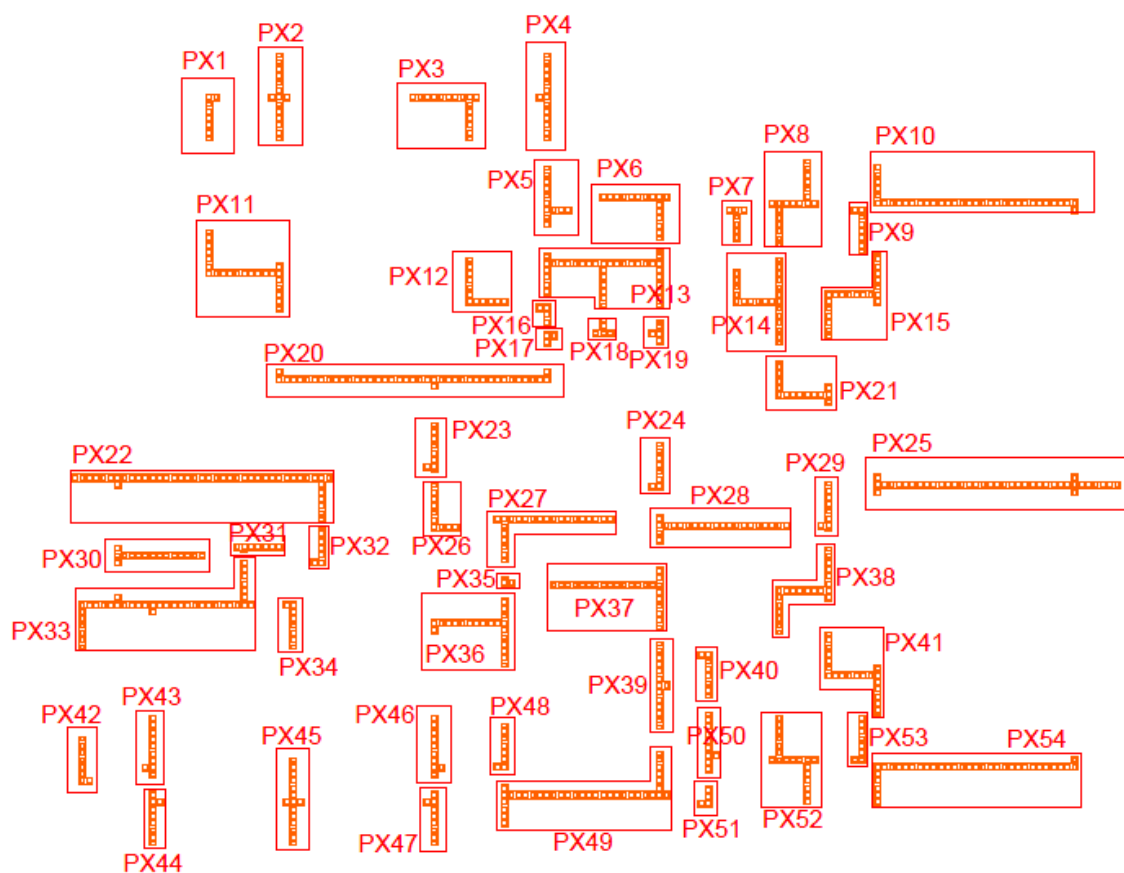


Figura 24 - Painéis para Vento na Direção x (Horizontal)

Painel	$I_y \text{ (cm}^4\text{)}$	Porcentagem da carga (%)
PX1	214294	0,004
PX2	455504	0,009
PX3	19187605	0,384
PX4	287519	0,006
PX5	1761538	0,035
PX6	19290592	0,386
PX7	370910	0,007
PX8	11313751	0,226
PX9	214294	0,004
PX10	472514093	9,459
PX11	61209128	1,225

Tabela 27 - Painéis para Vento na Direção x

Painel	I_y (cm ⁴)	Porcentagem da carga (%)
PX12	5498930	0,110
PX13	178476361	3,573
PX14	22143725	0,443
PX15	28900009	0,579
PX16	154304	0,003
PX17	130472	0,003
PX18	340616	0,007
PX19	161283	0,003
PX20	859601488	17,209
PX21	17541699	0,351
PX22	886261215	17,742
PX23	219121	0,004
PX24	214294	0,004
PX25	664882932	13,310
PX26	1643747	0,033
PX27	93518920	1,872
PX28	118805417	2,378
PX29	219121	0,004
PX30	37011583	0,741
PX31	4458828	0,089
PX32	194814	0,004
PX33	433680253	8,682
PX34	214294	0,004
PX35	109199	0,002
PX36	42690855	0,855
PX37	95983563	1,922
PX38	29503546	0,591
PX39	287519	0,006
PX40	214294	0,004
PX41	28900009	0,579
PX42	214294	0,004
PX43	245275	0,005
PX44	228243	0,005
PX45	455504	0,009
PX46	245275	0,005
PX47	228243	0,005
PX48	214294	0,004
PX49	370140572	7,410

Tabela 27 (continuação) - Painéis para Vento na Direção x

Painel	$I_y \text{ (cm}^4\text{)}$	Porcentagem da carga (%)
PX50	241396	0,005
PX51	154820	0,003
PX52	11313751	0,226
PX53	214294	0,004
PX54	472514093	9,459
$I_{y,\text{total}} = 4995191693$		

Tabela 27 (continuação) - Painéis para Vento na Direção x

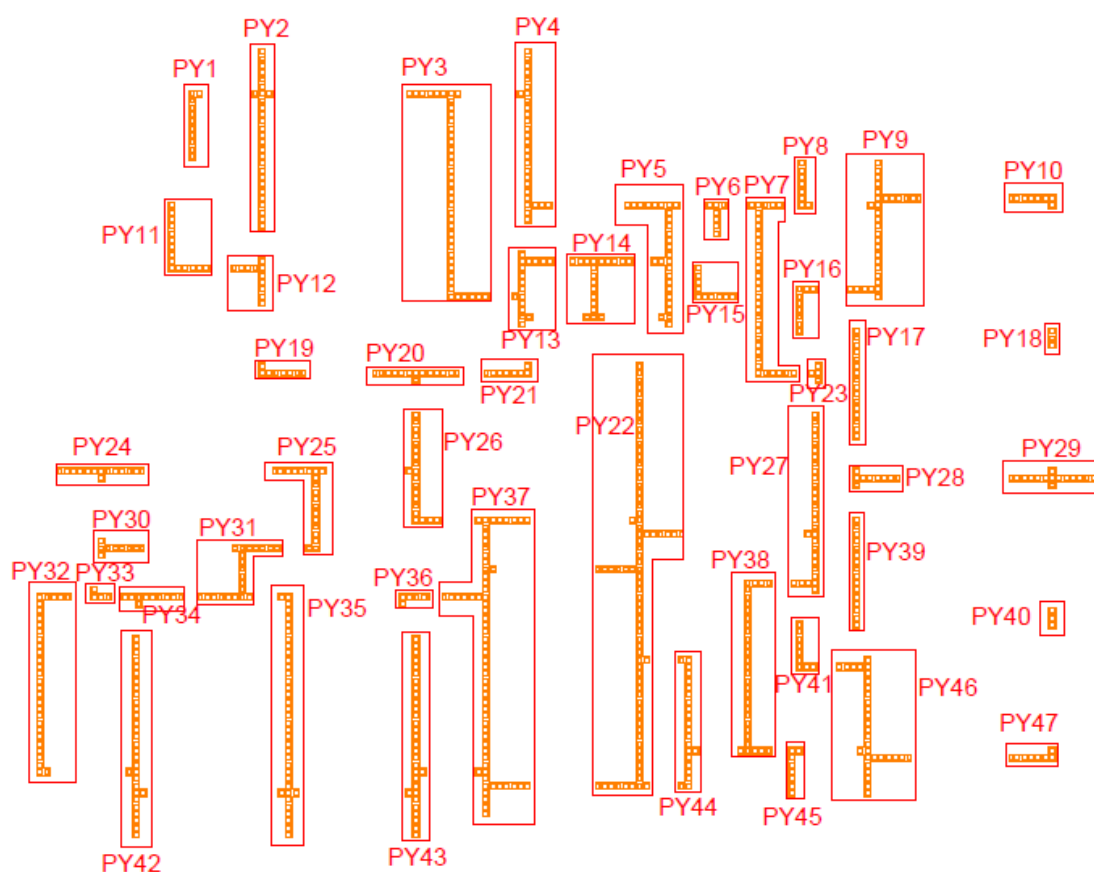


Figura 25 - Painéis para Vento na Direção y (Vertical)

Painel	$I_x \text{ (cm}^4\text{)}$	Porcentagem da carga (%)
PY1	15285951	0,147
PY2	233295195	2,242
PY3	710645245	6,829
PY4	244825018	2,353
PY5	141589633	1,361
PY6	2425242	0,023

Tabela 28 - Painéis para Vento na Direção y

Painel	I_x (cm ⁴)	Porcentagem da carga (%)
PY7	394340399	3,790
PY8	5459586	0,052
PY9	163915497	1,575
PY10	214294	0,002
PY11	22777616	0,219
PY12	5841555	0,056
PY13	27925993	0,268
PY14	28923754	0,278
PY15	3105827	0,030
PY16	6399697	0,062
PY17	51397785	0,494
PY18	325183	0,003
PY19	214294	0,002
PY20	287519	0,003
PY21	214294	0,002
PY22	3797371858	36,492
PY23	336615	0,003
PY24	287519	0,003
PY25	49505668	0,476
PY26	73101036	0,702
PY27	277057863	2,663
PY28	390344	0,004
PY29	455504	0,004
PY30	390344	0,004
PY31	30112891	0,289
PY32	334215716	3,212
PY33	154304	0,001
PY34	241072	0,002
PY35	621405320	5,972
PY36	179055	0,002
PY37	1829933911	17,586
PY38	350368423	3,367
PY39	51397785	0,494
PY40	325183	0,003
PY41	6399697	0,062
PY42	320053066	3,076
PY43	320053066	3,076

Tabela 28 (continuação) - Painéis para Vento na Direção y

Painel	$I_x \text{ (cm}^4\text{)}$	Porcentagem da carga (%)
PY44	113176068	1,088
PY45	5459586	0,052
PY46	163915497	1,575
PY47	214294	0,002
$I_{x,\text{total}} = 10405911262$		

Tabela 28 (continuação) - Painéis para Vento na Direção y

Com as inércias calculadas, pode-se quantificar a ação do vento em cada painel. Para tanto, usou-se os valores calculados de força de arrasto e de momento de tombamento no item 3.1.2.2 deste relatório, dividindo-os para cada pavimento da edificação. A Tabela 29 mostra a força de arrasto para o vento na direção x, e a Tabela 30 mostra o momento de tombamento para a mesma direção. Já a Tabela 31 e a Tabela 32 mostram os mesmos parâmetros, respectivamente, para o vento na direção y.

Vento direção x – Força de Arrasto (kN) por pavimento e por painel										
Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PX1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
PX3	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,3
PX4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
PX6	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,3
PX7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX8	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4
PX9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX10	6,8	13,4	19,8	26,1	32,1	37,8	43,3	48,3	53,0	57,4
PX11	0,9	1,7	2,6	3,4	4,2	4,9	5,6	6,3	6,9	7,4
PX12	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
PX13	2,6	5,1	7,5	9,8	12,1	14,3	16,3	18,2	20,0	21,7
PX14	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7
PX15	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,2	3,5
PX16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX20	12,3	24,4	36,0	47,4	58,4	68,8	78,7	87,9	96,3	104,4
PX21	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1
PX22	12,7	25,2	37,2	48,9	60,2	71,0	81,1	90,6	99,3	107,6
PX23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 29 - Força de Arrasto para Vento na Direção x

Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PX25	9,5	18,9	27,9	36,7	45,1	53,3	60,9	68,0	74,5	80,7
PX26	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
PX27	1,3	2,7	3,9	5,2	6,3	7,5	8,6	9,6	10,5	11,4
PX28	1,7	3,4	5,0	6,6	8,1	9,5	10,9	12,1	13,3	14,4
PX29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX30	0,5	1,1	1,6	2,0	2,5	3,0	3,4	3,8	4,1	4,5
PX31	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
PX32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX33	6,2	12,3	18,2	23,9	29,4	34,7	39,7	44,3	48,6	52,7
PX34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX36	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,4	3,9	4,4	4,8	5,2
PX37	1,4	2,7	4,0	5,3	6,5	7,7	8,8	9,8	10,8	11,7
PX38	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
PX39	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX41	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,2	3,5
PX42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
PX46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX48	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX49	5,3	10,5	15,5	20,4	25,1	29,6	33,9	37,8	41,5	44,9
PX50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX51	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX52	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4
PX53	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PX54	6,8	13,4	19,8	26,1	32,1	37,8	43,3	48,3	53,0	57,4

Tabela 29 (continuação) - Força de Arrasto para Vento na Direção x

Vento direção x - Momento de Tombamento (kN.m) por pavimento e por painel										
Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PX1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9
PX3	0,5	1,8	3,9	6,8	10,5	15,0	20,2	26,0	32,4	39,5
PX4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
PX5	0,0	0,2	0,4	0,6	1,0	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6
PX6	0,5	1,8	3,9	6,9	10,6	15,1	20,3	26,1	32,6	39,7
PX7	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8

Tabela 30 - Momento de Tombamento para Vento na Direção x

Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PX8	0,3	1,0	2,3	4,0	6,2	8,8	11,9	15,3	19,1	23,3
PX9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX10	11,3	43,5	96,0	168,3	259,7	369,5	496,8	640,3	799,0	971,8
PX11	1,5	5,6	12,4	21,8	33,6	47,9	64,3	82,9	103,5	125,9
PX12	0,1	0,5	1,1	2,0	3,0	4,3	5,8	7,5	9,3	11,3
PX13	4,3	16,4	36,3	63,6	98,1	139,6	187,6	241,9	301,8	367,1
PX14	0,5	2,0	4,5	7,9	12,2	17,3	23,3	30,0	37,4	45,5
PX15	0,7	2,7	5,9	10,3	15,9	22,6	30,4	39,2	48,9	59,4
PX16	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PX17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
PX18	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
PX19	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PX20	20,5	79,1	174,7	306,2	472,5	672,3	903,7	1164,9	1453,6	1768,0
PX21	0,4	1,6	3,6	6,2	9,6	13,7	18,4	23,8	29,7	36,1
PX22	21,1	81,5	180,1	315,7	487,2	693,1	931,7	1201,0	1498,7	1822,8
PX23	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PX24	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX25	15,9	61,2	135,1	236,8	365,5	520,0	699,0	901,0	1124,3	1367,5
PX26	0,0	0,2	0,3	0,6	0,9	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4
PX27	2,2	8,6	19,0	33,3	51,4	73,1	98,3	126,7	158,1	192,3
PX28	2,8	10,9	24,1	42,3	65,3	92,9	124,9	161,0	200,9	244,4
PX29	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PX30	0,9	3,4	7,5	13,2	20,3	28,9	38,9	50,2	62,6	76,1
PX31	0,1	0,4	0,9	1,6	2,5	3,5	4,7	6,0	7,5	9,2
PX32	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
PX33	10,3	39,9	88,1	154,5	238,4	339,2	455,9	587,7	733,4	892,0
PX34	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
PX36	1,0	3,9	8,7	15,2	23,5	33,4	44,9	57,9	72,2	87,8
PX37	2,3	8,8	19,5	34,2	52,8	75,1	100,9	130,1	162,3	197,4
PX38	0,7	2,7	6,0	10,5	16,2	23,1	31,0	40,0	49,9	60,7
PX39	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
PX40	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX41	0,7	2,7	5,9	10,3	15,9	22,6	30,4	39,2	48,9	59,4
PX42	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX43	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
PX44	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PX45	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9
PX46	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
PX47	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PX48	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX49	8,8	34,1	75,2	131,8	203,5	289,5	389,1	501,6	625,9	761,3

Tabela 30 (continuação) - Momento de Tombamento para Vento na Direção x

Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PX50	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
PX51	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PX52	0,3	1,0	2,3	4,0	6,2	8,8	11,9	15,3	19,1	23,3
PX53	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
PX54	11,3	43,5	96,0	168,3	259,7	369,5	496,8	640,3	799,0	971,8

Tabela 30 (continuação) - Momento de Tombamento para Vento na Direção x

Vento direção y – Força de Arrasto (kN) por pavimento e por painel										
Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PY1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
PY2	2,4	4,7	6,9	9,1	11,2	13,2	15,1	16,8	18,4	20,0
PY3	7,2	14,3	21,1	27,7	34,1	40,2	45,9	51,3	56,2	60,8
PY4	2,5	4,9	7,3	9,5	11,7	13,9	15,8	17,7	19,3	20,9
PY5	1,4	2,8	4,2	5,5	6,8	8,0	9,2	10,2	11,2	12,1
PY6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
PY7	4,0	7,9	11,7	15,4	18,9	22,3	25,5	28,5	31,2	33,7
PY8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
PY9	1,7	3,3	4,9	6,4	7,9	9,3	10,6	11,8	13,0	14,0
PY10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY11	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9
PY12	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
PY13	0,3	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
PY14	0,3	0,6	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5
PY15	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
PY16	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
PY17	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,4
PY18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY22	38,5	76,3	112,5	148,1	182,2	214,9	245,4	274,1	300,1	324,9
PY23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY25	0,5	1,0	1,5	1,9	2,4	2,8	3,2	3,6	3,9	4,2
PY26	0,7	1,5	2,2	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,8	6,3
PY27	2,8	5,6	8,2	10,8	13,3	15,7	17,9	20,0	21,9	23,7
PY28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 31 - Força de Arrasto para Vento na Direção y

Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PY31	0,3	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6
PY32	3,4	6,7	9,9	13,0	16,0	18,9	21,6	24,1	26,4	28,6
PY33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY35	6,3	12,5	18,4	24,2	29,8	35,2	40,2	44,8	49,1	53,2
PY36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY37	18,6	36,7	54,2	71,4	87,8	103,6	118,3	132,1	144,6	156,6
PY38	3,6	7,0	10,4	13,7	16,8	19,8	22,6	25,3	27,7	30,0
PY39	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,4
PY40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PY41	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
PY42	3,2	6,4	9,5	12,5	15,4	18,1	20,7	23,1	25,3	27,4
PY43	3,2	6,4	9,5	12,5	15,4	18,1	20,7	23,1	25,3	27,4
PY44	1,1	2,3	3,4	4,4	5,4	6,4	7,3	8,2	8,9	9,7
PY45	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
PY46	1,7	3,3	4,9	6,4	7,9	9,3	10,6	11,8	13,0	14,0
PY47	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 31 (continuação) - Força de Arrasto para Vento na Direção y

Vento direção y - Momento de Tombamento (kN.m) por pavimento e por painel										
Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PY1	0,3	1,0	2,2	3,8	5,9	8,4	11,3	14,6	18,2	22,1
PY2	3,9	15,0	33,3	58,4	90,2	128,5	172,8	222,7	277,9	338,0
PY3	11,8	45,8	101,4	178,0	274,9	391,3	526,2	678,4	846,5	1029,5
PY4	4,1	15,8	34,9	61,3	94,7	134,8	181,3	233,7	291,6	354,7
PY5	2,3	9,1	20,2	35,5	54,8	78,0	104,8	135,2	168,7	205,1
PY6	0,0	0,2	0,3	0,6	0,9	1,3	1,8	2,3	2,9	3,5
PY7	6,5	25,4	56,3	98,8	152,5	217,2	292,0	376,4	469,7	571,3
PY8	0,1	0,4	0,8	1,4	2,1	3,0	4,0	5,2	6,5	7,9
PY9	2,7	10,6	23,4	41,1	63,4	90,3	121,4	156,5	195,3	237,5
PY10	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PY11	0,4	1,5	3,3	5,7	8,8	12,5	16,9	21,7	27,1	33,0
PY12	0,1	0,4	0,8	1,5	2,3	3,2	4,3	5,6	7,0	8,5
PY13	0,5	1,8	4,0	7,0	10,8	15,4	20,7	26,7	33,3	40,5
PY14	0,5	1,9	4,1	7,2	11,2	15,9	21,4	27,6	34,5	41,9
PY15	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,7	2,3	3,0	3,7	4,5
PY16	0,1	0,4	0,9	1,6	2,5	3,5	4,7	6,1	7,6	9,3
PY17	0,9	3,3	7,3	12,9	19,9	28,3	38,1	49,1	61,2	74,5
PY18	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PY19	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PY20	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4

Tabela 32 - Momento de Tombamento para Vento na Direção y

Painel	9°	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°	Térreo
PY21	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PY22	62,8	244,6	541,8	951,1	1469,0	2091,1	2811,9	3625,1	4523,5	5501,2
PY23	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PY24	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
PY25	0,8	3,2	7,1	12,4	19,2	27,3	36,7	47,3	59,0	71,7
PY26	1,2	4,7	10,4	18,3	28,3	40,3	54,1	69,8	87,1	105,9
PY27	4,6	17,8	39,5	69,4	107,2	152,6	205,2	264,5	330,0	401,4
PY28	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
PY29	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7
PY30	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
PY31	0,5	1,9	4,3	7,5	11,6	16,6	22,3	28,7	35,9	43,6
PY32	5,5	21,5	47,7	83,7	129,3	184,0	247,5	319,1	398,1	484,2
PY33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
PY34	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
PY35	10,3	40,0	88,7	155,6	240,4	342,2	460,1	593,2	740,2	900,2
PY36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
PY37	30,3	117,9	261,1	458,3	707,9	1007,7	1355,1	1746,9	2179,8	2651,0
PY38	5,8	22,6	50,0	87,8	135,5	192,9	259,4	334,5	417,4	507,6
PY39	0,9	3,3	7,3	12,9	19,9	28,3	38,1	49,1	61,2	74,5
PY40	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
PY41	0,1	0,4	0,9	1,6	2,5	3,5	4,7	6,1	7,6	9,3
PY42	5,3	20,6	45,7	80,2	123,8	176,2	237,0	305,5	381,2	463,7
PY43	5,3	20,6	45,7	80,2	123,8	176,2	237,0	305,5	381,2	463,7
PY44	1,9	7,3	16,1	28,3	43,8	62,3	83,8	108,0	134,8	164,0
PY45	0,1	0,4	0,8	1,4	2,1	3,0	4,0	5,2	6,5	7,9
PY46	2,7	10,6	23,4	41,1	63,4	90,3	121,4	156,5	195,3	237,5
PY47	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3

Tabela 32 (continuação) - Momento de Tombamento para Vento na Direção y

3.3.2.3. Dimensionamento das Paredes

Para o dimensionamento das paredes foram consideradas as prescrições estabelecidas pela ABNT NBR 15961-1 e pela ABNT NBR 10837. Primeiramente, é necessário verificar a espessura mínima e a esbeltez desses elementos.

A espessura mínima vale 14 centímetros (ABNT NBR 10837), a qual está atendida uma vez que a espessura das paredes do projeto aqui proposto é igual a 19 centímetros. Também segundo a mesma norma, a esbeltez máxima é igual a 20 para paredes e pilares de alvenaria não armada (caso mais desfavorável), cujo parâmetro é calculado com a seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{\text{altura}}{\text{espessura}} = \frac{300}{19} = 15,8$$

Portanto, também não há problemas com a esbeltez. Para tensões normais devidas ao carregamento vertical, calculado no item 3.3.2.1 deste trabalho, são definidas na Tabela 33, cujos valores estão com unidade em MPa. Elas estão separadas pelos grupos de paredes.

Grupo	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
1	0,079	0,158	0,236	0,315	0,394	0,473	0,552	0,631	0,709	0,788
2	0,167	0,333	0,500	0,667	0,833	1,000	1,166	1,333	1,500	1,666
3	0,265	0,530	0,795	1,060	1,326	1,591	1,856	2,121	2,386	2,651
4	0,116	0,231	0,347	0,463	0,579	0,694	0,810	0,926	1,041	1,157
5	0,248	0,496	0,745	0,993	1,241	1,489	1,738	1,986	2,234	2,482
6	0,144	0,288	0,433	0,577	0,721	0,865	1,010	1,154	1,298	1,442
7	0,102	0,203	0,305	0,407	0,508	0,610	0,711	0,813	0,915	1,016
8	0,178	0,357	0,535	0,714	0,892	1,071	1,249	1,428	1,606	1,785
9	0,105	0,210	0,315	0,420	0,524	0,629	0,734	0,839	0,944	1,049
10	0,154	0,309	0,463	0,618	0,772	0,926	1,081	1,235	1,389	1,544
11	0,148	0,295	0,443	0,591	0,738	0,886	1,034	1,181	1,329	1,477
12	0,138	0,276	0,414	0,552	0,690	0,828	0,966	1,103	1,241	1,379
13	0,347	0,695	1,042	1,389	1,737	2,084	2,431	2,779	3,126	3,473
14	0,504	1,007	1,511	2,014	2,518	3,021	3,525	4,029	4,532	5,036
15	0,184	0,368	0,552	0,736	0,921	1,105	1,289	1,473	1,657	1,841
16	0,109	0,219	0,328	0,438	0,547	0,657	0,766	0,876	0,985	1,095
17	0,216	0,432	0,648	0,865	1,081	1,297	1,513	1,729	1,945	2,162
18	0,194	0,388	0,582	0,776	0,970	1,164	1,358	1,552	1,746	1,940
19	0,124	0,248	0,372	0,496	0,620	0,744	0,868	0,992	1,117	1,241
20	0,245	0,489	0,734	0,978	1,223	1,468	1,712	1,957	2,201	2,446
21	0,154	0,308	0,463	0,617	0,771	0,925	1,080	1,234	1,388	1,542
22	0,153	0,305	0,458	0,610	0,763	0,915	1,068	1,220	1,373	1,525
23	0,095	0,189	0,284	0,379	0,473	0,568	0,663	0,757	0,852	0,947
24	0,095	0,189	0,284	0,379	0,473	0,568	0,663	0,757	0,852	0,947
25	0,170	0,340	0,511	0,681	0,851	1,021	1,191	1,361	1,532	1,702
26	0,170	0,340	0,511	0,681	0,851	1,021	1,191	1,361	1,532	1,702

Tabela 33 - Tensões Normais (em MPa) devidas às Cargas Verticais

É preciso verificar o cisalhamento na alvenaria devido às forças que têm atuação horizontal. Para tanto, divide-se a força advinda do vento (a força de arrasto) pela área

da alma dos painéis que resistem ao vento. Os valores necessários para esse cálculo se encontram no tópico 3.3.2.2 do texto. Os resultados encontrados estão na Tabela 34 e na Tabela 35, separados pela direção de atuação do vento. Os valores apresentados estão em MPa.

A tabela 2 da ABNT NBR 10837 estabelece como limite resistente da alvenaria ao cisalhamento 0,15 MPa (no caso mais desfavorável). Constatou-se que, quanto ao cisalhamento, as paredes estão seguras, não havendo necessidade de armação vertical a priori; pois não houve valores maiores que 0,15 MPa.

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
PX4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
PX7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
PX9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX10	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
PX11	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX13	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
PX14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PX15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PX16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX20	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07
PX21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
PX22	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08
PX23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX25	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
PX26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX27	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
PX28	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02

Tabela 34 - Cisalhamento (em MPa) devido ao Vento na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PX31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX33	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
PX34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PX37	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX38	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PX39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX41	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PX42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX49	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
PX50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
PX53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PX54	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05

Tabela 34 (continuação) - Cisalhamento (em MPa) devido ao Vento na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
PY3	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
PY4	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
PY5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
PY6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY7	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
PY8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY9	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Tabela 35 – Cisalhamento (em MPa) devido ao Vento na Direção y

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
PY12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
PY14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
PY15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
PY18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY22	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14
PY23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PY26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PY27	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PY28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PY32	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
PY33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY35	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
PY36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY37	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
PY38	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
PY39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
PY40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY42	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PY43	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PY44	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PY45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PY46	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PY47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 35 (continuação) – Cisalhamento (em MPa) devido ao Vento na Direção y

Também é preciso averiguar a necessidade de armação vertical na alvenaria por causa de possível inversão de esforços, ou seja, de uma possível região tracionada. Para

isso, primeiramente, é preciso calcular as tensões normais agora devidas ao momento causado pelo vento (momento de tombamento).

Esses mesmos valores, em MPa, se encontram na Tabela 36 e na Tabela 37 (para vento na direção x, a primeira trata das tensões normais nas fibras extremas localizadas à esquerda da planta – desenhos em anexo – e a segunda nas fibras à direita), e na Tabela 38 e na Tabela 39 (para vento na direção y, a primeira trata das tensões normais nas fibras extremas superiores – segundo plantas em anexo – e a segunda nas fibras inferiores).

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX3	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,10	0,13	0,17	0,21	0,26
PX4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
PX6	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,10	0,13	0,17	0,21	0,26
PX7	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX8	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14
PX9	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX10	0,01	0,02	0,05	0,09	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,53
PX11	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23
PX12	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
PX13	0,00	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,19	0,24	0,30	0,37
PX14	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18
PX15	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17
PX16	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
PX17	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
PX18	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX19	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
PX20	0,01	0,04	0,08	0,14	0,21	0,31	0,41	0,53	0,66	0,80
PX21	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14
PX22	0,01	0,04	0,08	0,15	0,22	0,32	0,43	0,55	0,69	0,84
PX23	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX24	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX25	0,01	0,03	0,07	0,12	0,19	0,27	0,36	0,47	0,58	0,71
PX26	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PX27	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14	0,18	0,23	0,28
PX28	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34
PX29	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX30	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23

Tabela 36 - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção x, nas Fibras à Esquerda da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX31	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14
PX32	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
PX33	0,01	0,02	0,05	0,09	0,13	0,19	0,25	0,33	0,41	0,50
PX34	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX35	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
PX36	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,30
PX37	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,43
PX38	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17
PX39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
PX40	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX41	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17
PX42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX43	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX45	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX47	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX48	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX49	0,01	0,02	0,05	0,09	0,13	0,19	0,25	0,33	0,41	0,50
PX50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX51	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
PX52	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14
PX53	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX54	0,01	0,02	0,05	0,09	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,53

Tabela 36 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção x, nas Fibras à Esquerda da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX3	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15
PX4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
PX5	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12
PX6	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15
PX7	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX8	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14
PX9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX10	0,01	0,03	0,07	0,11	0,18	0,25	0,34	0,44	0,54	0,66
PX11	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,15	0,18	0,22
PX12	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17
PX13	0,00	0,01	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,27	0,33
PX14	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10

Tabela 37 - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção x, nas Fibras à Direita da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX15	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16
PX16	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
PX17	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05
PX18	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX19	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
PX20	0,01	0,04	0,08	0,14	0,21	0,30	0,41	0,53	0,66	0,80
PX21	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,19
PX22	0,01	0,03	0,07	0,12	0,18	0,26	0,35	0,45	0,56	0,68
PX23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX25	0,01	0,03	0,07	0,13	0,20	0,28	0,37	0,48	0,60	0,73
PX26	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
PX27	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,42
PX28	0,01	0,02	0,04	0,08	0,12	0,17	0,23	0,29	0,36	0,44
PX29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX30	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,30
PX31	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15
PX32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
PX33	0,01	0,02	0,05	0,09	0,14	0,20	0,27	0,35	0,43	0,53
PX34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX35	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PX36	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15
PX37	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23
PX38	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16
PX39	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX41	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16
PX42	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX44	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX45	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX46	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX49	0,01	0,02	0,05	0,08	0,13	0,19	0,25	0,32	0,40	0,49
PX50	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
PX51	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
PX52	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14
PX53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
PX54	0,01	0,03	0,07	0,11	0,18	0,25	0,34	0,44	0,54	0,66

Tabela 37 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção x, nas Fibras à Direita da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13
PY2	0,00	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,19	0,24	0,30	0,36
PY3	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,21	0,27	0,34	0,42
PY4	0,00	0,02	0,04	0,07	0,10	0,15	0,20	0,25	0,32	0,39
PY5	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,21
PY6	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
PY7	0,00	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,19	0,24	0,31	0,37
PY8	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11
PY9	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,19	0,24	0,29
PY10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
PY11	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,19
PY12	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
PY13	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14
PY14	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09
PY15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10
PY16	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
PY17	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23
PY18	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY19	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04
PY20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
PY21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04
PY22	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,48	0,62	0,77	0,94
PY23	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
PY25	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,13
PY26	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14	0,17	0,22	0,26
PY27	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,21	0,27	0,34	0,41
PY28	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY29	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY31	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12
PY32	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34
PY33	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
PY34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
PY35	0,01	0,02	0,05	0,09	0,14	0,19	0,26	0,34	0,42	0,51
PY36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
PY37	0,01	0,03	0,06	0,10	0,15	0,22	0,29	0,38	0,47	0,58
PY38	0,00	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,37
PY39	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23
PY40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY41	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12
PY42	0,00	0,02	0,04	0,07	0,12	0,16	0,22	0,28	0,35	0,43

Tabela 38 - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção y, nas Fibras Superiores (Planta)

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY43	0,00	0,02	0,04	0,07	0,12	0,16	0,22	0,28	0,35	0,43
PY44	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,11	0,14	0,18	0,23	0,28
PY45	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09
PY46	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,28
PY47	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04

Tabela 38 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção y, nas Fibras Superiores (Planta)

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY1	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16
PY2	0,00	0,02	0,04	0,07	0,10	0,15	0,20	0,26	0,32	0,39
PY3	0,01	0,02	0,04	0,08	0,12	0,17	0,23	0,30	0,37	0,45
PY4	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34
PY5	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,12	0,16	0,21	0,26	0,31
PY6	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09
PY7	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,18	0,23	0,29	0,35
PY8	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09
PY9	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,28
PY10	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04
PY11	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10
PY12	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12
PY13	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18
PY14	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17
PY15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12
PY17	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23
PY18	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
PY20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
PY21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
PY22	0,01	0,04	0,08	0,14	0,22	0,31	0,42	0,54	0,68	0,82
PY23	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY24	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
PY25	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,18	0,22
PY26	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,16	0,20
PY27	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34
PY28	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY29	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY31	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11

Tabela 39 - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção y, nas Fibras Inferiores (Planta)

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY32	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,21	0,27	0,34	0,41
PY33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
PY34	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
PY35	0,01	0,02	0,05	0,09	0,13	0,19	0,26	0,33	0,41	0,50
PY36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
PY37	0,01	0,03	0,07	0,12	0,18	0,25	0,34	0,44	0,55	0,67
PY38	0,00	0,02	0,03	0,06	0,09	0,13	0,18	0,23	0,29	0,35
PY39	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23
PY40	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
PY41	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
PY42	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,15	0,21	0,27	0,33	0,41
PY43	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,15	0,21	0,27	0,33	0,41
PY44	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14	0,18	0,22	0,27
PY45	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11
PY46	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,15	0,19	0,24	0,29
PY47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

Tabela 39 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) devidas ao Vento na Direção y, nas Fibras Inferiores (Planta)

Com os valores de tensão devida às ações verticais e horizontais, pode-se verificar a tração na alvenaria. A combinação de ações feita é:

$$f_{alv,h} - 0,75 \times f_{alv,v} \leq f_{alv,máximo}$$

Com relação à última equação, valem:

- $f_{alv,h}$ = tensão de tração devida à carga horizontal;
- $f_{alv,v}$ = tensão de compressão devida à carga vertical;
- $f_{alv,máximo}$ = tensão de tração admissível na alvenaria, segundo a tabela 2 da ABNT NBR 10837 vale 0,10 MPa (no caso mais desfavorável).

Os resultados seguem na Tabela 40, na Tabela 41, na Tabela 42 e na Tabela 43; separadas da mesma forma que as tabelas de tensões normais devidas ao vento. Valores positivos se referem à tensões de tração, enquanto os negativos se referem à tendões de compressão. Não há regiões tracionadas, logo não há necessidade do uso de armaduras verticais na alvenaria. Vale salientar que as paredes não sofrem tração pelo fato das cargas verticais serem bem mais significativas que as horizontais.

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX1	-0,06	-0,12	-0,17	-0,23	-0,29	-0,35	-0,40	-0,46	-0,51	-0,57
PX2	-0,12	-0,25	-0,37	-0,49	-0,61	-0,73	-0,84	-0,96	-1,07	-1,19
PX3	-0,20	-0,39	-0,57	-0,75	-0,93	-1,10	-1,26	-1,42	-1,58	-1,73
PX4	-0,09	-0,17	-0,25	-0,34	-0,42	-0,50	-0,58	-0,66	-0,73	-0,81
PX5	-0,09	-0,17	-0,26	-0,34	-0,42	-0,51	-0,59	-0,67	-0,75	-0,83
PX6	-0,11	-0,20	-0,30	-0,39	-0,47	-0,55	-0,63	-0,70	-0,76	-0,82
PX7	-0,08	-0,15	-0,22	-0,29	-0,36	-0,43	-0,50	-0,57	-0,64	-0,70
PX8	-0,13	-0,26	-0,39	-0,51	-0,63	-0,75	-0,86	-0,98	-1,09	-1,20
PX9	-0,19	-0,37	-0,55	-0,74	-0,92	-1,10	-1,27	-1,45	-1,63	-1,81
PX10	-0,18	-0,35	-0,51	-0,65	-0,79	-0,92	-1,03	-1,14	-1,24	-1,33
PX11	-0,08	-0,15	-0,21	-0,28	-0,33	-0,39	-0,43	-0,48	-0,52	-0,56
PX12	-0,20	-0,39	-0,59	-0,78	-0,97	-1,17	-1,36	-1,54	-1,73	-1,92
PX13	-0,10	-0,20	-0,29	-0,37	-0,44	-0,51	-0,57	-0,62	-0,67	-0,71
PX14	-0,13	-0,26	-0,38	-0,50	-0,62	-0,73	-0,84	-0,95	-1,05	-1,15
PX15	-0,18	-0,36	-0,54	-0,72	-0,89	-1,05	-1,22	-1,38	-1,54	-1,69
PX16	-0,11	-0,21	-0,32	-0,42	-0,53	-0,63	-0,73	-0,83	-0,93	-1,03
PX17	-0,11	-0,21	-0,32	-0,43	-0,53	-0,64	-0,74	-0,84	-0,95	-1,05
PX18	-0,11	-0,21	-0,32	-0,42	-0,52	-0,63	-0,73	-0,83	-0,92	-1,02
PX19	-0,11	-0,21	-0,32	-0,42	-0,53	-0,63	-0,73	-0,83	-0,93	-1,03
PX20	-0,11	-0,20	-0,27	-0,32	-0,36	-0,39	-0,40	-0,40	-0,38	-0,35
PX21	-0,13	-0,26	-0,39	-0,51	-0,63	-0,75	-0,87	-0,98	-1,09	-1,20
PX22	-0,10	-0,18	-0,25	-0,30	-0,33	-0,35	-0,35	-0,33	-0,31	-0,27
PX23	-0,10	-0,20	-0,30	-0,40	-0,50	-0,60	-0,70	-0,79	-0,89	-0,98
PX24	-0,38	-0,75	-1,13	-1,50	-1,87	-2,25	-2,62	-2,98	-3,35	-3,72
PX25	-0,25	-0,49	-0,71	-0,92	-1,11	-1,29	-1,46	-1,62	-1,76	-1,90
PX26	-0,10	-0,20	-0,31	-0,41	-0,51	-0,60	-0,70	-0,80	-0,89	-0,99
PX27	-0,37	-0,74	-1,11	-1,46	-1,81	-2,16	-2,50	-2,84	-3,17	-3,50
PX28	-0,37	-0,74	-1,10	-1,45	-1,80	-2,14	-2,47	-2,80	-3,12	-3,44
PX29	-0,14	-0,27	-0,41	-0,54	-0,68	-0,81	-0,94	-1,07	-1,20	-1,33
PX30	-0,08	-0,15	-0,22	-0,29	-0,35	-0,40	-0,46	-0,50	-0,55	-0,59
PX31	-0,16	-0,32	-0,47	-0,62	-0,77	-0,92	-1,06	-1,21	-1,34	-1,48
PX32	-0,11	-0,22	-0,33	-0,43	-0,54	-0,64	-0,75	-0,85	-0,95	-1,05
PX33	-0,16	-0,30	-0,44	-0,56	-0,68	-0,78	-0,88	-0,97	-1,05	-1,12
PX34	-0,14	-0,29	-0,43	-0,57	-0,71	-0,85	-0,99	-1,13	-1,26	-1,40
PX35	-0,38	-0,75	-1,13	-1,50	-1,88	-2,25	-2,62	-3,00	-3,37	-3,74
PX36	-0,37	-0,74	-1,10	-1,46	-1,81	-2,15	-2,49	-2,82	-3,15	-3,48
PX37	-0,37	-0,74	-1,09	-1,44	-1,77	-2,10	-2,42	-2,74	-3,05	-3,35
PX38	-0,14	-0,27	-0,40	-0,52	-0,64	-0,76	-0,88	-0,99	-1,10	-1,21
PX39	-0,38	-0,75	-1,13	-1,51	-1,88	-2,26	-2,63	-3,01	-3,38	-3,75
PX40	-0,09	-0,18	-0,27	-0,36	-0,45	-0,54	-0,62	-0,71	-0,79	-0,88
PX41	-0,18	-0,36	-0,53	-0,70	-0,87	-1,04	-1,20	-1,36	-1,51	-1,67
PX42	-0,16	-0,32	-0,48	-0,64	-0,80	-0,96	-1,12	-1,28	-1,44	-1,60

Tabela 40 - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção x, nas Fibras à Esquerda da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX43	-0,12	-0,23	-0,34	-0,45	-0,56	-0,67	-0,78	-0,89	-0,99	-1,10
PX44	-0,12	-0,23	-0,34	-0,46	-0,57	-0,68	-0,80	-0,91	-1,02	-1,13
PX45	-0,14	-0,29	-0,43	-0,57	-0,71	-0,85	-0,99	-1,12	-1,26	-1,39
PX46	-0,11	-0,23	-0,34	-0,45	-0,57	-0,68	-0,79	-0,90	-1,01	-1,12
PX47	-0,11	-0,23	-0,34	-0,45	-0,56	-0,67	-0,77	-0,88	-0,98	-1,09
PX48	-0,38	-0,75	-1,13	-1,50	-1,87	-2,24	-2,62	-2,98	-3,35	-3,72
PX49	-0,37	-0,73	-1,08	-1,42	-1,76	-2,08	-2,39	-2,70	-2,99	-3,28
PX50	-0,09	-0,19	-0,28	-0,37	-0,46	-0,55	-0,64	-0,73	-0,82	-0,91
PX51	-0,09	-0,18	-0,27	-0,36	-0,45	-0,54	-0,63	-0,71	-0,80	-0,88
PX52	-0,14	-0,27	-0,40	-0,53	-0,65	-0,77	-0,89	-1,01	-1,13	-1,24
PX53	-0,18	-0,36	-0,54	-0,72	-0,90	-1,08	-1,26	-1,43	-1,61	-1,78
PX54	-0,18	-0,34	-0,50	-0,64	-0,78	-0,90	-1,01	-1,12	-1,22	-1,31

Tabela 40 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção x, nas Fibras à Esquerda da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX1	-0,06	-0,12	-0,17	-0,23	-0,28	-0,33	-0,39	-0,44	-0,49	-0,54
PX2	-0,12	-0,25	-0,37	-0,49	-0,61	-0,73	-0,84	-0,96	-1,07	-1,19
PX3	-0,20	-0,39	-0,58	-0,77	-0,95	-1,14	-1,31	-1,49	-1,67	-1,84
PX4	-0,09	-0,17	-0,26	-0,34	-0,43	-0,51	-0,60	-0,68	-0,76	-0,85
PX5	-0,09	-0,17	-0,25	-0,33	-0,40	-0,47	-0,55	-0,61	-0,68	-0,75
PX6	-0,11	-0,21	-0,31	-0,41	-0,50	-0,59	-0,68	-0,76	-0,85	-0,93
PX7	-0,08	-0,15	-0,22	-0,29	-0,36	-0,43	-0,50	-0,57	-0,64	-0,70
PX8	-0,13	-0,26	-0,39	-0,51	-0,63	-0,75	-0,86	-0,98	-1,09	-1,20
PX9	-0,19	-0,37	-0,56	-0,74	-0,92	-1,11	-1,29	-1,47	-1,66	-1,84
PX10	-0,18	-0,34	-0,49	-0,63	-0,75	-0,87	-0,97	-1,05	-1,13	-1,20
PX11	-0,08	-0,15	-0,21	-0,28	-0,33	-0,39	-0,44	-0,48	-0,53	-0,56
PX12	-0,12	-0,24	-0,36	-0,47	-0,58	-0,68	-0,79	-0,89	-0,98	-1,08
PX13	-0,10	-0,20	-0,29	-0,38	-0,45	-0,52	-0,59	-0,65	-0,70	-0,75
PX14	-0,13	-0,26	-0,39	-0,52	-0,64	-0,76	-0,88	-1,00	-1,12	-1,24
PX15	-0,18	-0,37	-0,54	-0,72	-0,89	-1,06	-1,22	-1,38	-1,54	-1,70
PX16	-0,11	-0,21	-0,32	-0,43	-0,53	-0,64	-0,74	-0,85	-0,95	-1,05
PX17	-0,11	-0,21	-0,32	-0,42	-0,53	-0,63	-0,73	-0,83	-0,93	-1,03
PX18	-0,11	-0,21	-0,32	-0,42	-0,52	-0,63	-0,73	-0,83	-0,92	-1,02
PX19	-0,11	-0,22	-0,32	-0,43	-0,53	-0,64	-0,74	-0,85	-0,95	-1,05
PX20	-0,11	-0,20	-0,27	-0,32	-0,37	-0,39	-0,40	-0,40	-0,39	-0,36
PX21	-0,13	-0,26	-0,38	-0,50	-0,62	-0,73	-0,84	-0,95	-1,05	-1,15
PX22	-0,10	-0,19	-0,27	-0,33	-0,37	-0,41	-0,43	-0,44	-0,44	-0,43
PX23	-0,10	-0,21	-0,31	-0,41	-0,51	-0,61	-0,71	-0,81	-0,91	-1,01
PX24	-0,38	-0,75	-1,13	-1,51	-1,88	-2,26	-2,63	-3,01	-3,38	-3,75

Tabela 41 - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção x, nas Fibras à Direita da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PX25	-0,25	-0,49	-0,71	-0,92	-1,11	-1,28	-1,45	-1,60	-1,74	-1,87
PX26	-0,10	-0,20	-0,30	-0,39	-0,49	-0,58	-0,66	-0,75	-0,83	-0,92
PX27	-0,37	-0,74	-1,09	-1,44	-1,78	-2,11	-2,43	-2,74	-3,05	-3,36
PX28	-0,37	-0,74	-1,09	-1,43	-1,77	-2,10	-2,42	-2,73	-3,04	-3,34
PX29	-0,14	-0,28	-0,41	-0,55	-0,68	-0,82	-0,95	-1,09	-1,22	-1,36
PX30	-0,08	-0,15	-0,22	-0,28	-0,33	-0,38	-0,42	-0,46	-0,49	-0,52
PX31	-0,16	-0,32	-0,47	-0,62	-0,77	-0,92	-1,06	-1,20	-1,34	-1,47
PX32	-0,11	-0,22	-0,33	-0,44	-0,55	-0,65	-0,76	-0,87	-0,98	-1,08
PX33	-0,16	-0,30	-0,43	-0,56	-0,67	-0,77	-0,86	-0,95	-1,02	-1,09
PX34	-0,15	-0,29	-0,43	-0,58	-0,72	-0,86	-1,01	-1,15	-1,29	-1,43
PX35	-0,38	-0,75	-1,13	-1,50	-1,88	-2,25	-2,62	-2,99	-3,36	-3,73
PX36	-0,38	-0,75	-1,12	-1,48	-1,85	-2,21	-2,57	-2,92	-3,28	-3,63
PX37	-0,38	-0,75	-1,11	-1,47	-1,83	-2,18	-2,53	-2,87	-3,21	-3,55
PX38	-0,14	-0,27	-0,40	-0,53	-0,65	-0,77	-0,89	-1,00	-1,11	-1,22
PX39	-0,38	-0,75	-1,13	-1,50	-1,87	-2,24	-2,61	-2,98	-3,35	-3,72
PX40	-0,09	-0,18	-0,28	-0,37	-0,46	-0,55	-0,64	-0,73	-0,82	-0,91
PX41	-0,18	-0,36	-0,53	-0,71	-0,87	-1,04	-1,20	-1,36	-1,52	-1,68
PX42	-0,16	-0,32	-0,48	-0,64	-0,80	-0,95	-1,11	-1,26	-1,41	-1,57
PX43	-0,12	-0,23	-0,34	-0,46	-0,57	-0,69	-0,80	-0,91	-1,02	-1,13
PX44	-0,12	-0,23	-0,34	-0,45	-0,56	-0,67	-0,78	-0,89	-0,99	-1,10
PX45	-0,14	-0,29	-0,43	-0,57	-0,71	-0,85	-0,99	-1,12	-1,26	-1,39
PX46	-0,11	-0,23	-0,34	-0,45	-0,56	-0,66	-0,77	-0,88	-0,98	-1,09
PX47	-0,11	-0,23	-0,34	-0,45	-0,57	-0,68	-0,79	-0,90	-1,01	-1,12
PX48	-0,38	-0,75	-1,13	-1,51	-1,88	-2,26	-2,63	-3,01	-3,38	-3,75
PX49	-0,37	-0,73	-1,08	-1,43	-1,76	-2,08	-2,39	-2,70	-3,00	-3,29
PX50	-0,09	-0,18	-0,27	-0,36	-0,45	-0,54	-0,62	-0,71	-0,79	-0,87
PX51	-0,09	-0,18	-0,28	-0,37	-0,46	-0,55	-0,64	-0,72	-0,81	-0,90
PX52	-0,14	-0,27	-0,40	-0,53	-0,65	-0,77	-0,89	-1,01	-1,13	-1,24
PX53	-0,18	-0,37	-0,55	-0,73	-0,91	-1,09	-1,27	-1,45	-1,63	-1,81
PX54	-0,18	-0,34	-0,49	-0,62	-0,74	-0,85	-0,95	-1,03	-1,11	-1,17

Tabela 41 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção x, nas Fibras à Direita da Planta

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY1	-0,06	-0,11	-0,16	-0,21	-0,26	-0,30	-0,35	-0,39	-0,42	-0,46
PY2	-0,12	-0,23	-0,34	-0,44	-0,53	-0,61	-0,69	-0,76	-0,83	-0,89
PY3	-0,19	-0,38	-0,56	-0,72	-0,88	-1,03	-1,18	-1,32	-1,45	-1,57
PY4	-0,08	-0,16	-0,22	-0,28	-0,33	-0,37	-0,41	-0,44	-0,46	-0,48
PY5	-0,11	-0,21	-0,30	-0,40	-0,49	-0,57	-0,65	-0,73	-0,80	-0,87
PY6	-0,08	-0,15	-0,22	-0,30	-0,37	-0,44	-0,51	-0,57	-0,64	-0,71

Tabela 42 - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção y, nas Fibras Superiores (Planta)

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY7	-0,13	-0,25	-0,36	-0,47	-0,57	-0,66	-0,75	-0,83	-0,90	-0,97
PY8	-0,13	-0,26	-0,39	-0,52	-0,64	-0,76	-0,88	-1,00	-1,11	-1,23
PY9	-0,18	-0,36	-0,53	-0,69	-0,85	-1,01	-1,15	-1,30	-1,43	-1,57
PY10	-0,19	-0,37	-0,56	-0,74	-0,93	-1,11	-1,29	-1,48	-1,66	-1,84
PY11	-0,08	-0,15	-0,22	-0,28	-0,34	-0,40	-0,45	-0,51	-0,55	-0,60
PY12	-0,08	-0,15	-0,23	-0,30	-0,37	-0,44	-0,51	-0,58	-0,64	-0,71
PY13	-0,11	-0,21	-0,31	-0,41	-0,50	-0,60	-0,69	-0,77	-0,86	-0,94
PY14	-0,11	-0,21	-0,32	-0,42	-0,52	-0,61	-0,71	-0,80	-0,90	-0,99
PY15	-0,13	-0,26	-0,39	-0,52	-0,64	-0,76	-0,89	-1,00	-1,12	-1,24
PY16	-0,19	-0,37	-0,55	-0,73	-0,91	-1,09	-1,26	-1,44	-1,61	-1,78
PY17	-0,07	-0,13	-0,19	-0,24	-0,29	-0,34	-0,38	-0,42	-0,45	-0,48
PY18	-0,13	-0,25	-0,38	-0,50	-0,63	-0,75	-0,87	-0,99	-1,11	-1,23
PY19	-0,12	-0,23	-0,34	-0,46	-0,57	-0,68	-0,79	-0,90	-1,01	-1,12
PY20	-0,12	-0,23	-0,35	-0,46	-0,57	-0,69	-0,80	-0,92	-1,03	-1,14
PY21	-0,12	-0,23	-0,34	-0,46	-0,57	-0,68	-0,79	-0,90	-1,01	-1,12
PY22	-0,37	-0,71	-1,04	-1,35	-1,64	-1,91	-2,16	-2,40	-2,62	-2,83
PY23	-0,13	-0,27	-0,40	-0,53	-0,66	-0,79	-0,92	-1,04	-1,17	-1,30
PY24	-0,11	-0,22	-0,33	-0,44	-0,55	-0,66	-0,77	-0,88	-0,98	-1,09
PY25	-0,11	-0,22	-0,32	-0,42	-0,52	-0,62	-0,71	-0,80	-0,89	-0,98
PY26	-0,10	-0,20	-0,28	-0,37	-0,45	-0,52	-0,59	-0,65	-0,71	-0,77
PY27	-0,13	-0,26	-0,37	-0,48	-0,58	-0,67	-0,75	-0,83	-0,90	-0,97
PY28	-0,26	-0,52	-0,78	-1,03	-1,29	-1,55	-1,80	-2,06	-2,31	-2,56
PY29	-0,26	-0,52	-0,78	-1,03	-1,29	-1,55	-1,80	-2,06	-2,31	-2,56
PY30	-0,08	-0,16	-0,24	-0,32	-0,40	-0,48	-0,55	-0,63	-0,70	-0,78
PY31	-0,16	-0,32	-0,47	-0,63	-0,78	-0,93	-1,07	-1,22	-1,36	-1,50
PY32	-0,16	-0,31	-0,45	-0,59	-0,72	-0,84	-0,96	-1,07	-1,18	-1,28
PY33	-0,16	-0,32	-0,48	-0,64	-0,80	-0,96	-1,12	-1,27	-1,43	-1,59
PY34	-0,16	-0,32	-0,48	-0,65	-0,81	-0,97	-1,13	-1,29	-1,45	-1,60
PY35	-0,14	-0,27	-0,39	-0,49	-0,59	-0,68	-0,76	-0,83	-0,89	-0,95
PY36	-0,38	-0,75	-1,13	-1,51	-1,88	-2,26	-2,63	-3,01	-3,38	-3,76
PY37	-0,37	-0,73	-1,08	-1,41	-1,73	-2,05	-2,35	-2,64	-2,93	-3,20
PY38	-0,13	-0,26	-0,38	-0,49	-0,59	-0,69	-0,78	-0,86	-0,94	-1,01
PY39	-0,07	-0,13	-0,19	-0,24	-0,29	-0,34	-0,38	-0,42	-0,45	-0,48
PY40	-0,13	-0,25	-0,38	-0,50	-0,63	-0,75	-0,87	-0,99	-1,11	-1,23
PY41	-0,18	-0,36	-0,54	-0,71	-0,89	-1,06	-1,22	-1,39	-1,55	-1,71
PY42	-0,11	-0,21	-0,30	-0,39	-0,46	-0,53	-0,59	-0,64	-0,69	-0,73
PY43	-0,11	-0,21	-0,30	-0,38	-0,46	-0,52	-0,58	-0,63	-0,67	-0,71
PY44	-0,09	-0,17	-0,25	-0,32	-0,39	-0,45	-0,51	-0,56	-0,61	-0,65
PY45	-0,14	-0,27	-0,41	-0,54	-0,67	-0,79	-0,92	-1,05	-1,17	-1,29
PY46	-0,18	-0,35	-0,52	-0,68	-0,84	-0,99	-1,14	-1,28	-1,42	-1,55
PY47	-0,18	-0,37	-0,55	-0,73	-0,91	-1,09	-1,26	-1,44	-1,62	-1,80

Tabela 42 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção y, nas Fibras Superiores (Planta)

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY1	-0,06	-0,11	-0,16	-0,21	-0,25	-0,30	-0,33	-0,37	-0,40	-0,43
PY2	-0,12	-0,23	-0,34	-0,43	-0,52	-0,60	-0,68	-0,74	-0,80	-0,86
PY3	-0,19	-0,38	-0,55	-0,72	-0,87	-1,02	-1,16	-1,29	-1,42	-1,54
PY4	-0,08	-0,16	-0,23	-0,29	-0,34	-0,39	-0,43	-0,47	-0,50	-0,53
PY5	-0,10	-0,20	-0,29	-0,38	-0,46	-0,53	-0,60	-0,66	-0,72	-0,77
PY6	-0,08	-0,15	-0,22	-0,29	-0,36	-0,42	-0,49	-0,55	-0,61	-0,67
PY7	-0,13	-0,25	-0,37	-0,47	-0,58	-0,67	-0,76	-0,84	-0,92	-0,99
PY8	-0,13	-0,26	-0,39	-0,52	-0,65	-0,77	-0,89	-1,01	-1,13	-1,25
PY9	-0,18	-0,36	-0,53	-0,70	-0,85	-1,01	-1,16	-1,30	-1,44	-1,58
PY10	-0,19	-0,37	-0,55	-0,74	-0,92	-1,10	-1,28	-1,46	-1,64	-1,82
PY11	-0,08	-0,15	-0,23	-0,30	-0,37	-0,43	-0,50	-0,56	-0,63	-0,69
PY12	-0,08	-0,15	-0,22	-0,29	-0,36	-0,43	-0,49	-0,55	-0,61	-0,66
PY13	-0,11	-0,21	-0,31	-0,40	-0,49	-0,58	-0,67	-0,75	-0,83	-0,90
PY14	-0,11	-0,21	-0,31	-0,40	-0,50	-0,59	-0,67	-0,76	-0,84	-0,92
PY15	-0,13	-0,27	-0,40	-0,53	-0,66	-0,79	-0,92	-1,04	-1,17	-1,30
PY16	-0,18	-0,37	-0,55	-0,72	-0,90	-1,07	-1,24	-1,41	-1,58	-1,74
PY17	-0,07	-0,13	-0,19	-0,24	-0,29	-0,34	-0,38	-0,42	-0,45	-0,48
PY18	-0,13	-0,25	-0,38	-0,50	-0,63	-0,75	-0,87	-0,99	-1,11	-1,23
PY19	-0,12	-0,23	-0,35	-0,46	-0,57	-0,69	-0,80	-0,91	-1,03	-1,14
PY20	-0,12	-0,23	-0,34	-0,46	-0,57	-0,68	-0,79	-0,90	-1,01	-1,12
PY21	-0,12	-0,23	-0,35	-0,46	-0,57	-0,69	-0,80	-0,91	-1,03	-1,14
PY22	-0,37	-0,72	-1,05	-1,37	-1,67	-1,95	-2,22	-2,48	-2,72	-2,95
PY23	-0,13	-0,27	-0,40	-0,53	-0,66	-0,79	-0,92	-1,04	-1,17	-1,30
PY24	-0,11	-0,22	-0,33	-0,44	-0,54	-0,65	-0,75	-0,86	-0,96	-1,07
PY25	-0,11	-0,21	-0,31	-0,41	-0,50	-0,58	-0,66	-0,74	-0,82	-0,89
PY26	-0,10	-0,20	-0,29	-0,38	-0,46	-0,55	-0,62	-0,70	-0,77	-0,84
PY27	-0,13	-0,26	-0,38	-0,49	-0,60	-0,70	-0,79	-0,88	-0,97	-1,04
PY28	-0,26	-0,52	-0,78	-1,03	-1,29	-1,55	-1,80	-2,06	-2,31	-2,56
PY29	-0,26	-0,52	-0,78	-1,03	-1,29	-1,55	-1,80	-2,06	-2,31	-2,56
PY30	-0,08	-0,16	-0,24	-0,32	-0,40	-0,48	-0,55	-0,63	-0,70	-0,78
PY31	-0,16	-0,32	-0,48	-0,63	-0,78	-0,93	-1,08	-1,22	-1,37	-1,51
PY32	-0,16	-0,31	-0,45	-0,58	-0,70	-0,82	-0,92	-1,03	-1,12	-1,21
PY33	-0,16	-0,32	-0,48	-0,64	-0,80	-0,96	-1,12	-1,28	-1,44	-1,60
PY34	-0,16	-0,32	-0,48	-0,64	-0,80	-0,96	-1,11	-1,27	-1,43	-1,58
PY35	-0,14	-0,27	-0,39	-0,50	-0,59	-0,68	-0,76	-0,83	-0,90	-0,95
PY36	-0,38	-0,75	-1,13	-1,50	-1,88	-2,25	-2,62	-3,00	-3,37	-3,74
PY37	-0,37	-0,73	-1,07	-1,40	-1,71	-2,01	-2,30	-2,58	-2,85	-3,11
PY38	-0,13	-0,26	-0,38	-0,49	-0,60	-0,70	-0,79	-0,87	-0,95	-1,03
PY39	-0,07	-0,13	-0,19	-0,24	-0,29	-0,34	-0,38	-0,42	-0,45	-0,48
PY40	-0,13	-0,25	-0,38	-0,50	-0,63	-0,75	-0,87	-0,99	-1,11	-1,23

Tabela 43 - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção y, nas Fibras Inferiores (Planta)

Painel	9° Pavimento	8° Pavimento	7° Pavimento	6° Pavimento	5° Pavimento	4° Pavimento	3° Pavimento	2° Pavimento	1° Pavimento	Térreo
PY41	-0,18	-0,36	-0,54	-0,72	-0,90	-1,07	-1,24	-1,41	-1,58	-1,75
PY42	-0,11	-0,21	-0,31	-0,39	-0,47	-0,54	-0,60	-0,66	-0,71	-0,75
PY43	-0,11	-0,21	-0,30	-0,39	-0,46	-0,53	-0,59	-0,65	-0,69	-0,74
PY44	-0,09	-0,17	-0,25	-0,33	-0,39	-0,46	-0,51	-0,57	-0,62	-0,66
PY45	-0,14	-0,27	-0,40	-0,53	-0,66	-0,79	-0,91	-1,03	-1,15	-1,27
PY46	-0,18	-0,35	-0,52	-0,68	-0,84	-0,99	-1,13	-1,27	-1,41	-1,54
PY47	-0,18	-0,37	-0,55	-0,73	-0,91	-1,09	-1,28	-1,46	-1,64	-1,82

Tabela 43 (continuação) - Tensões Normais (em MPa) Resultantes nos Painéis na Direção y, nas Fibras Inferiores (Planta)

Considerando o exposto, no que segue são definidas as resistências dos blocos utilizados no edifício. No entanto, preliminarmente, define-se a resistência do prisma respeitando os limites:

$$\frac{f_{alv,v}}{f_{alv,vmáx}} \leq 1,00$$

$$\frac{f_{alv,v}}{f_{alv,vmáx}} + \frac{f_{alv,h}}{f_{alv,hmáx}} \leq 1,33$$

Com relação à última equação, valem:

- $f_{alv,v}$ = tensão devida à carga vertical;
- $f_{alv,vmáx}$ = tensão máxima admissível devida à carga vertical;
- $f_{alv,h}$ = tensão devida à carga horizontal;
- $f_{alv,hmáx}$ = tensão máxima admissível devida à carga horizontal.

Para alvenaria não armada:

$$f_{alv,vmáx} = 0,20 \times f_p \times R$$

$$f_{alv,hmáx} = 0,30 \times f_p$$

Onde,

- f_p = resistência do prisma;
- R = parâmetro que envolve a altura e a espessura da parede.

$$R = 1 - \left(\frac{h}{40 \times t} \right)^3 = 1 - \left(\frac{300}{40 \times 19} \right)^3 = 0,938$$

Onde,

- h = altura da parede;
- e = espessura da parede.

Vale destacar que há dois pilares de alvenaria (quando o comprimento não ultrapassa 5 vezes a espessura da parede), que são os painéis PY18 e PY40. O único parâmetro que muda é a tensão máxima admissível devida à carga vertical, que vale:

$$f_{alv,vm\acute{a}x} = 0,18 \times f_p \times R$$

A definição da resistência do prisma (em MPa) para cada pavimento e cada painel segue na Tabela 44 e na Tabela 45.

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX1	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2
PX2	0,9	1,8	2,7	3,6	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,9
PX3	1,4	2,8	4,2	5,6	7,1	8,5	9,9	11,3	12,7	14,1
PX4	0,6	1,2	1,8	2,5	3,1	3,7	4,3	4,9	5,5	6,2
PX5	0,6	1,2	1,8	2,5	3,1	3,7	4,3	4,9	5,5	6,2
PX6	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PX7	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9	5,4
PX8	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PX9	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9	13,2
PX10	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9	13,2
PX11	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,0	5,6
PX12	1,4	2,8	4,2	5,6	7,1	8,5	9,9	11,3	12,7	14,1
PX13	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PX14	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PX15	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9	13,2
PX16	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PX17	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PX18	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PX19	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PX20	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PX21	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PX22	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	8,0
PX23	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3
PX24	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX25	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7	18,5
PX26	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3

Tabela 44 – Resistências (em MPa) do Prisma para os Painéis na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX27	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX28	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX29	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
PX30	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8
PX31	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PX32	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9
PX33	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PX34	1,0	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,2	8,3	9,3	10,3
PX35	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX36	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX37	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX38	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
PX39	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX40	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6
PX41	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0
PX42	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PX43	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PX44	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PX45	1,0	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,2	8,3	9,3	10,3
PX46	0,8	1,6	2,4	3,3	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1
PX47	0,8	1,6	2,4	3,3	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1
PX48	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX49	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PX50	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6
PX51	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6
PX52	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
PX53	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0
PX54	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0

Tabela 44 (continuação) – Resistências (em MPa) do Prisma para os Painéis na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY1	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2
PY2	0,9	1,8	2,7	3,6	4,4	5,3	6,2	7,1	8,0	8,9
PY3	1,4	2,8	4,2	5,6	7,1	8,5	9,9	11,3	12,7	14,1
PY4	0,6	1,2	1,8	2,5	3,1	3,7	4,3	4,9	5,5	6,2
PY5	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PY6	0,5	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9	5,4

Tabela 45 – Resistências (em MPa) do Prisma para os Painéis na Direção y

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY7	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PY8	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PY9	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9	13,2
PY10	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9	13,2
PY11	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,0	5,6
PY12	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,4	3,9	4,5	5,0	5,6
PY13	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PY14	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7
PY15	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PY16	1,3	2,6	4,0	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9	13,2
PY17	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
PY18	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,1	8,1	9,1	10,1
PY19	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PY20	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PY21	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PY22	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PY23	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6	9,5
PY24	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9
PY25	0,8	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9
PY26	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7	4,4	5,1	5,9	6,6	7,3
PY27	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
PY28	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7	18,5
PY29	1,9	3,7	5,6	7,4	9,3	11,1	13,0	14,8	16,7	18,5
PY30	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8
PY31	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PY32	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PY33	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PY34	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5
PY35	1,0	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,2	8,3	9,3	10,3
PY36	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PY37	1,9	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	18,8
PY38	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
PY39	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
PY40	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,1	8,1	9,1	10,1
PY41	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0
PY42	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,8	6,6	7,4	8,2
PY43	0,8	1,6	2,4	3,3	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1
PY44	0,7	1,3	2,0	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6

Tabela 45 (continuação) – Resistências (em MPa) do Prisma para os Painéis na Direção y

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY45	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,8	8,8	9,8
PY46	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0
PY47	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13,0

Tabela 45 (continuação) – Resistências (em MPa) do Prisma para os Painéis na Direção y

Para definir a resistência do bloco a partir da resistência do prisma, adotou-se a relação de 0,8 entre ambos. Neste caso, basta dividir os valores de resistência do prisma por 0,8. Os resultados estão na Tabela 46 e na Tabela 47.

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX1	0,5	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2
PX2	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1
PX3	1,8	3,5	5,3	7,1	8,8	10,6	12,4	14,1	15,9	17,7
PX4	0,8	1,5	2,3	3,1	3,9	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7
PX5	0,8	1,5	2,3	3,1	3,9	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7
PX6	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PX7	0,7	1,4	2,0	2,7	3,4	4,1	4,7	5,4	6,1	6,8
PX8	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PX9	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5
PX10	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5
PX11	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
PX12	1,8	3,5	5,3	7,1	8,8	10,6	12,4	14,1	15,9	17,7
PX13	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PX14	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PX15	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5
PX16	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PX17	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PX18	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PX19	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PX20	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,3	10,3
PX21	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PX22	1,0	2,0	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	10,0
PX23	0,9	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,3	9,2
PX24	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX25	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,1
PX26	0,9	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,3	9,2
PX27	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX28	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5

Tabela 46 - Resistências (em MPa) do Bloco para os Painéis na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX29	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3
PX30	0,7	1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,6	7,3
PX31	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PX32	1,0	2,0	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,8
PX33	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PX34	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,0	10,3	11,6	12,9
PX35	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX36	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX37	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX38	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3
PX39	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX40	0,8	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3
PX41	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16,3
PX42	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PX43	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3
PX44	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3
PX45	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,0	10,3	11,6	12,9
PX46	1,0	2,0	3,0	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2
PX47	1,0	2,0	3,0	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2
PX48	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX49	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PX50	0,8	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3
PX51	0,8	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3
PX52	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3
PX53	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16,3
PX54	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16,3

Tabela 46 (continuação) - Resistências (em MPa) do Bloco para os Painéis na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY1	0,5	1,0	1,6	2,1	2,6	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2
PY2	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1
PY3	1,8	3,5	5,3	7,1	8,8	10,6	12,4	14,1	15,9	17,7
PY4	0,8	1,5	2,3	3,1	3,9	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7
PY5	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PY6	0,7	1,4	2,0	2,7	3,4	4,1	4,7	5,4	6,1	6,8
PY7	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PY8	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PY9	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5

Tabela 47 – Resistências (em MPa) do Bloco para os Painéis na Direção y

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY10	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5
PY11	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
PY12	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
PY13	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PY14	1,0	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,7	8,6	9,6
PY15	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PY16	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	16,5
PY17	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,4	5,0	5,7	6,3
PY18	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,6	8,8	10,1	11,3	12,6
PY19	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,3	10,3
PY20	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,3	10,3
PY21	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,3	10,3
PY22	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PY23	1,2	2,4	3,6	4,8	5,9	7,1	8,3	9,5	10,7	11,9
PY24	1,0	2,0	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,8
PY25	1,0	2,0	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,8
PY26	0,9	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,3	9,2
PY27	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3
PY28	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,1
PY29	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,1
PY30	0,7	1,5	2,2	2,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,6	7,3
PY31	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PY32	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PY33	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PY34	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,4
PY35	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,0	10,3	11,6	12,9
PY36	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PY37	2,3	4,7	7,0	9,4	11,7	14,1	16,4	18,8	21,1	23,5
PY38	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3
PY39	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,4	5,0	5,7	6,3
PY40	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,6	8,8	10,1	11,3	12,6
PY41	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16,3
PY42	1,0	2,1	3,1	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3
PY43	1,0	2,0	3,0	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2
PY44	0,8	1,7	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3
PY45	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3
PY46	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16,3
PY47	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16,3

Tabela 47 (continuação) – Resistências (em MPa) do Bloco para os Painéis na Direção y

Analisando a Tabela 46 e a Tabela 47, chega-se à resistência do bloco por pavimento, conforme Tabela 48. Para as paredes que não resistem apenas com a resistência do bloco, há necessidade de grauteamento. O procedimento é simples, bastando saber a porcentagem que falta de resistência (Tabela 49 e Tabela 50), e assim preencher determinada quantidade de furos de acordo com a Tabela 51.

Pavimento	Bloco (Mpa)
Térreo e 1	12
2 ao 4	10
5 ao 7	8
8 e 9	6

Tabela 48 – Resistência (em MPa) do Bloco no Edifício

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX3	0	0	0	0	10	6	24	41	32	47
PX4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX9	0	0	0	0	3	0	16	32	24	38
PX10	0	0	0	0	3	0	16	32	24	38
PX11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX12	0	0	0	0	10	6	24	41	32	47
PX13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX15	0	0	0	0	3	0	16	32	24	38
PX16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX24	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX25	0	0	0	16	45	39	62	85	73	93

Tabela 49 - Porcentagem Restante para a Resistência do Bloco, para os Painéis na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PX26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX27	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX28	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PX30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX31	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PX32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX33	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PX34	0	0	0	0	0	0	0	3	0	8
PX35	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX36	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX37	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PX39	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX41	0	0	0	0	2	0	14	30	22	36
PX42	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PX43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX45	0	0	0	0	0	0	0	3	0	8
PX46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX48	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX49	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PX50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PX52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PX53	0	0	0	0	2	0	14	30	22	36
PX54	0	0	0	0	2	0	14	30	22	36

Tabela 49 (continuação) - Porcentagem Restante para a Resistência do Bloco, para os Painéis na Direção x

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY3	0	0	0	0	10	6	24	41	32	47
PY4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 50 - Porcentagem Restante para a Resistência do Bloco, para os Painéis na Direção y

Painel	9º Pavimento	8º Pavimento	7º Pavimento	6º Pavimento	5º Pavimento	4º Pavimento	3º Pavimento	2º Pavimento	1º Pavimento	Térreo
PY8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY9	0	0	0	0	3	0	16	32	24	38
PY10	0	0	0	0	3	0	16	32	24	38
PY11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY16	0	0	0	0	3	0	16	32	24	38
PY17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
PY19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY22	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PY23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PY28	0	0	0	16	45	39	62	85	73	93
PY29	0	0	0	16	45	39	62	85	73	93
PY30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY31	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PY32	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PY33	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PY34	0	0	0	0	0	0	1	15	8	20
PY35	0	0	0	0	0	0	0	3	0	8
PY36	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PY37	0	0	0	17	47	41	64	88	76	96
PY38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PY39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY40	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5
PY41	0	0	0	0	2	0	14	30	22	36
PY42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PY45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PY46	0	0	0	0	2	0	14	30	22	36
PY47	0	0	0	0	2	0	14	30	22	36

Tabela 50 (continuação) - Porcentagem Restante para a Resistência do Bloco, para os Painéis na Direção y

Furos grauteados	Acréscimo de área (%)
Todos	51-100
1 a cada 2	34-50
1 a cada 3	26-33
1 a cada 4	21-25
1 a cada 5	1 a 20

Tabela 51 - Grauteamento

Para concluir o dimensionamento das paredes, optou-se por grautear e armar os pilares de alvenaria (grupos 25 e 26) com 1 ϕ 10mm por furo, mesmo não sendo necessário considerando o procedimento descrito anteriormente. Trata-se de decisão de a favor da segurança e que visa a tornar o sistema mais redundante, uma vez que esses pilares poderiam ser pontos de carregamento crítico.

No anexo E, encontra-se o desenho de grauteamento e armação da alvenaria do pavimento térreo, que é o mais carregado do projeto.

3.3.2.4. Dimensionamento das Vergas

Quanto ao dimensionamento das vergas, solucionou-se o problema com o auxílio da tabela IA de RAMALHO e CORRÊA (2008). Primeiramente, determina-se o valor de resistência do prisma. Pegando o caso crítico, a resistência do bloco é 12 MPa, logo, pela relação 0,8, a do prisma é algo próximo de 9,5 MPa. Pode-se, então, definir um dos parâmetros da tabela: k_{alv} , que vale 20,93 para o caso apresentado acima. Com isso, calcula-se:

$$d = \sqrt{\frac{k_{alv} \times M}{b}}$$

Onde,

- b = largura;
- d = altura útil;
- M = momento solicitante.

Para então calcular a armação necessária:

$$A_s = \frac{k_s \times M}{d}$$

Onde,

- k_s = outro parâmetro da tabela IA de RAMALHO e CORRÊA (2008);
- A_s = área de aço.

Todo o procedimento se encontra na Tabela 52 que segue. Vale destacar que para vergas com o mesmo vão, mas aberturas e pavimentos diferentes, essas foram dimensionadas pela situação que apresentou maior solicitação. No anexo F do presente texto encontra-se o detalhamento das vergas.

Verga	Vão (m)	Carga (kN/m)	M (kN.cm)	k_{alv} (cm ² /kN)	d (cm)	k_s (cm ² /kN)	A_s (cm ²)	Armadura
1	0,61	3,54	16,5	20,93	4,3	0,0685	0,26	1 ϕ 6,3
2	0,81	5,52	45,3	20,93	7,1	0,0685	0,44	1 ϕ 8
3	1,01	6,00	76,5	20,93	9,2	0,0685	0,57	1 ϕ 10
4	1,21	4,63	84,8	20,93	9,7	0,0685	0,60	1 ϕ 10
5	1,41	5,76	143,0	20,93	12,6	0,0685	0,78	1 ϕ 10
6	1,61	6,12	198,4	20,93	14,8	0,0685	0,92	2 ϕ 8
7	2,61	7,49	637,5	20,93	26,5	0,0685	1,65	2 ϕ 12,5
8	3,41	12,55	1823,5	20,93	44,8	0,0685	2,79	3 ϕ 12,5

Tabela 52 - Dimensionamento das Vergas

3.3.2.5. Considerações Finais

Cabem três adendos no que concerne o projeto da alvenaria estrutural. Primeiramente, quanto à estabilidade global, que certamente não geraria problemas, visto que as ações horizontais nem exigiram armação vertical na alvenaria; assim não proporcionariam deslocamentos horizontais significativos. Logo, efeitos de segunda ordem não precisaram ser considerados.

Outra observação é em relação aos esforços de torção que surgiriam no edifício por causa de sua assimetria, aspecto não considerado no projeto. Segundo RAMALHO e CORRÊA (2008, p. 45 e 46): “sempre que possível, assimetrias significativas devem ser evitadas. Quando a ação se dá segundo um eixo de simetria da estrutura, as lajes apresentam apenas translações nessa direção. Entretanto, em caso de ações que atuem segundo direções em que essa simetria não se faça presente, além da mencionada translação ocorrem rotações nos pavimentos. [...]. O fato é que assimetrias acentuadas, além de tornarem a distribuição das ações muito mais complicada ao nível do projeto, são inconvenientes para o próprio funcionamento da estrutura, gerando maiores tensões nas lajes em si, em seu comportamento de membrana”. A assimetria do edifício se deu

pela falta da consideração de sua importância na etapa do desenho arquitetônico, que focou em outros aspectos (discutidos no item 2. deste trabalho). Já que se trata de um projeto hipotético, optou-se por não alterar a arquitetura.

E a última observação é em relação aos reservatórios de água do edifício. Apesar disso não estar no escopo do projeto, vale salientar que esses elementos não foram considerados como cargas atuantes no topo do edifício.

4. Projeto Estrutural em Situação de Incêndio – Breve Abordagem

No presente item, tem-se por objetivo proceder, ainda que seja uma breve abordagem, à verificação do sistema estrutural de alvenaria estrutural apresentado nos itens anteriores, porém agora em contexto de temperatura elevada, situação essa usualmente identificada quando da ocorrência de incêndio.

No entanto, antes de proceder à previsão da segurança da estrutura contra incêndio em contexto de dimensionamento, vale ressaltar que há várias outras medidas importantes para se reduzir o risco dos usuários e dos integrantes do corpo de bombeiros, que também devem ser consideradas, tais como: reduzir o uso de material combustível na edificação, compartimentar os ambientes, instalar sistema de detecção de fumaça e calor com alarme, instalar equipamentos de combate ao fogo (extintores, mangueiras e reservas de água de incêndio). Salientando que tais medidas, ainda que de fato importantes, não serão abordadas no que segue por extrapolarem o escopo do presente trabalho.

4.1. Procedimento com Base no Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF)

De acordo com a ABNT NBR 14432, o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) é o tempo mínimo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito ao denominado “incêndio-padrão”, o qual permite obter a evolução do aquecimento dos gases ao longo do tempo de um ambiente em chamas e, conseqüentemente, a evolução do aquecimento dos elementos nele inseridos. Adicionalmente, vale destacar que “resistência ao fogo” é a propriedade de um elemento estrutural resistir à ação do fogo por determinado período de tempo, mantendo sua segurança estrutural, estanqueidade e isolamento, onde aplicável.

O procedimento para a determinação do TRRF da edificação em análise seguiu as prescrições da norma brasileira ABNT NBR 14432 ou da IT nº 08/2011. Conforme tabela A.1 da ABNT NBR 14432, ou tabela A da IT nº 08/2011, a edificação aqui em análise se encaixa no grupo A (residencial) e na classe P5 (altura maior que 30 metros, tendo em vista a existência de 10 pavimentos, com pé direito de 3,12 metros, totalizando 31,2 metros). Conseqüentemente, o TRRF dessa edificação resulta em 120

minutos, conforme Figura 26, considerando apenas as partes mais importantes que a constituem, no caso, as lajes de concreto armado e as paredes de alvenaria.

Grupo	Ocupação/Uso	Divisão	Profundidade do subsolo h		Altura da edificação h					
			Classe S ₂ h _s > 10m	Classe S ₁ h _s ≤ 10m	Classe P ₁ h ≤ 6m	Classe P ₂ 6m < h ≤ 12m	Classe P ₃ 12m < h ≤ 23m	Classe P ₄ 23m < h ≤ 30m	Classe P ₅ 30m < h ≤ 80m	Classe P ₆ 80m < h ≤ 120m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60	30	30	60	90	120	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60	60	90	120	150
C	Comercial varejista	C-1	90	60	60	60	60	90	120	150
		C-2 e C-3	90	60	60	60	60	90	120	150
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60	60	90	120	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	120

Figura 26 - Determinação do TRRF de acordo com a Tabela A (Parcialmente Reproduzida) e Extraída da IT nº 08/2011

4.2. Verificação das Lajes de Concreto Armado

Para verificar as lajes de concreto armado para o TRRF obtido, utiliza-se a ABNT NBR 15200, que é voltada ao dimensionamento das estruturas de concreto armado em temperaturas elevadas.

Em sua tabela 6 (lajes simplesmente apoiadas) ou tabela 7 (lajes contínuas), está estabelecido que para o TRRF obtido (120 minutos), a altura mínima para as lajes de concreto é 120 milímetros, conforme Figura 27, cujo valor é atendido, uma vez que as lajes aqui previstas possuem justamente 120 milímetros de espessura, conforme mostrado no item 3.2. do presente texto. Quanto ao cobrimento, se a laje for simplesmente apoiada, esse varia conforme a situação de armação da laje:

Se armada em duas direções, com $l_y/l_x \leq 1,5$ o valor mínimo deve ser igual a 20 milímetros, ou se $1,5 < l_y/l_x \leq 2$ esse mesmo valor deve ser 25 milímetros (ambos respeitados, pois, segundo o item 3.2 deste projeto, as lajes estão com cobrimento de 25 milímetros);

Se armada em uma direção, o valor mínimo é de 40 milímetros, valor esse não respeitado. No entanto, o cálculo da armação das lajes não é prejudicado, pois a variação seria sutil e apenas no valor da altura útil (d), porém no detalhamento tal aspecto deveria ser destacado, ainda que esse processo não esteja no escopo do presente projeto.

Tabela 6 – Dimensões mínimas para lajes simplesmente apoiadas^c

TRRF min	h^a mm	c_1 mm		
		Laje armada em duas direções ^b		Laje armada em uma direção $\ell_y/\ell_x > 2$
		$\ell_y/\ell_x \leq 1,5$	$1,5 < \ell_y/\ell_x \leq 2$	
30	60	10	10	10
60	80	10	15	20
90	100	15	20	30
120	120	20	25	40
180	150	30	40	55

^aDimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.
^bLajes apoiadas nas quatro bordas; caso contrário, a laje deve ser considerada armada em uma direção.
^cOs valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Tabela 7 – Dimensões mínimas para lajes contínuas^c

TRRF min	h^a mm	c_1^b mm
30	60	10
60	80	10
90	100	15
120	120	20
180	150	30

^aDimensões mínimas para garantir a função corta-fogo.
^bVálido para lajes armadas em uma ou duas direções.
^cOs valores de c_1 indicados nesta tabela são válidos para armadura passiva. No caso de elementos protendidos, os valores de c_1 para as armaduras ativas são determinados acrescentando-se 10 mm para barras e 15 mm para fios e cordoalhas.

Figura 27 - Dimensões Mínimas para Lajes de Concreto, Simplesmente Apoiadas ou Contínuas, em Função do TRRF de Acordo com as Tabelas 6 e 7 Extraídas da ABNT NBR 15200

4.3. Verificação das Paredes Alvenaria Estrutural

Em uma segunda etapa, a verificação das paredes de alvenaria estrutural é feita, lembrando que não há documento normativo brasileiro para o seu dimensionamento em situação de incêndio.

Por essa razão, são adotadas informações presentes no anexo B da IT nº 08/2011, onde indica que para paredes com blocos vazados de concreto de 19

centímetros de espessura e com revestimento, a resistência ao fogo é de 180 minutos e, portanto, maior que o TRRF igual a 120 minutos, conforme Figura 28.

Paredes ensaiadas (*)		Resultado dos ensaios				
		Duração do ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (horas)			Resistência ao fogo (horas)
			Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica	
Parede de tijolos de barro cozido (dimensões nominais dos tijolos) 5 cm x 10 cm x 20 cm; Massa: 1,5 kg	Meio tijolo sem revestimento	120	≥ 2	≥ 2	1½	1½
	Um tijolo sem revestimento	395 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6	≥ 6
	Meio tijolo com revestimento	300	≥ 4	≥ 4	4	4
	Um tijolo com revestimento	300 (**)	≥ 6	≥ 6	≥ 5	> 6
Parede de blocos vazados de concreto (2 furos) blocos com dimensões nominais: 14 cm x 19 cm x 39 cm e 19 cm x 19 cm x 39 cm; e massas de 13 kg e 17 kg respectivamente	Bloco de 14 cm sem revestimento	100	≥ 1½	≥ 1½	1½	1½
	Bloco de 19 cm sem revestimento	120	≥ 2	≥ 2	1½	1½
	Bloco de 14 cm com revestimento	150	≥ 2	≥ 2	2	2
	Bloco de 19 cm com revestimento	185	≥ 3	≥ 3	3	3

Figura 28 - Verificação do Bloco de Concreto, em Função do TRRF de Acordo com o Anexo B (Parcialmente Reproduzido) e Extraído da IT nº 08/2011

Desse modo, considerando as poucas informações para fins de verificação ao fogo em contexto nacional (análise mais precisa com o Eurocode 6: EN 2005- 1.2 será feita no tópico 4.2.), constata-se a existência de capacidade resistente em temperaturas elevadas dos elementos de alvenaria estrutural na presente edificação. Vale destacar que, de acordo com essa mesma instrução técnica, questões voltadas à estanqueidade e ao isolamento térmico também resultam garantidas.

Uma alternativa à verificação apresentada no parágrafo anterior remete ao anexo B da norma europeia Eurocode 6: EN 2005- 1.2, em que se apresenta um método simplificado de verificação de alvenaria estrutural em situação de incêndio, cuja análise se faz por meio de tabelas. A confiabilidade do procedimento é garantida pela mesma norma.

Primeiramente, define-se o que a norma em estudo chama de “critério da parede”. Para este trabalho, é o critério REI (separating and loadbearing), pois as paredes analisadas são as estruturais, as quais são separadas devidamente no que concerne a compartimentação do fogo (inclusive respeitando todas as normas nacionais, conforme discutido no item 2.3.1. do presente texto). Com isso, é possível verificar a resposta da alvenaria estrutural em situação de incêndio pela Figura 29, na qual é apresentada apenas a parte de interesse (blocos de concreto em situação de incêndio) da tabela N.B.3.2, presente no Eurocode 6: EN 2005- 1.2.

row number	material properties unit strength f_b [N/mm ²] gross density ρ [kg/m ³]	Minimum wall thickness (mm) t_F for fire resistance classification REI for time (minutes) $t_{R,d}$						
		30	45	60	90	120	180	240
1	Group 1 units mortar: <u>general purpose, thin layer, lightweight</u>							
1.1	lightweight aggregate $2 \leq f_b \leq 15$ $400 \leq \rho \leq 1600$							
1.1.1		90 / 170	90 / 170	90 / 170	100 / 170	100 / 190	140 / 240	150 / 300
1.1.2	$\alpha \leq 1,0$	(90 / 140)	(90 / 140)	(90 / 140)	(90 / 140)	(90 / 170)	(100 / 190)	(100 / 240)
1.1.3		70 / 140	70 / 140	70 / 140	90 / 170	90 / 170	100 / 190	100 / 240
1.1.4	$\alpha \leq 0,6$	(60 / 100)	(60 / 100)	(60 / 100)	(70 / 100)	(70 / 140)	(90 / 170)	(90 / 190)

Figura 29 - Espessuras Mínimas para Blocos de Concreto em Situação de Incêndio

A primeira linha de valores (30, 45, 60, 90, 120, 180 e 240) se refere ao tempo de resistência ao fogo em minutos. Já os valores subsequentes representam as espessuras (em milímetros) necessárias para suportar o tempo em questão. Nota-se que a resistência do bloco para a tabela em questão varia entre 2 e 15 (valores em MPa), aspecto atendido, já que os blocos aqui usados estão entre 6 e 12 MPa.

Em seguida, são utilizadas as informações constantes na linha com $\alpha \leq 1,0$, pois essa não considera nenhum ajuste feito na superfície da parede após seu levantamento, representativo do caso mais desfavorável. Essa linha é dividida em outras duas linhas: valores sem e com parênteses. Aqui é preciso utilizar a primeira (sem parênteses), pois esses valores são referentes às paredes sem tratamento especial contra o fogo, não especificado neste projeto.

Como pode ser visto pela Figura 29, as paredes com espessura de 19 centímetros (valor neste projeto), resistiriam, no mínimo, a 120 minutos de exposição ao fogo (valores de espessura entre 100 e 190 milímetros). Também seria possível admitir que resistam a 180 minutos (valores entre 140 e 240 milímetros), e ainda a 240 minutos

(valores entre 150 e 300 milímetros). Em suma, a alvenaria estrutural também está assegurada frente ao fogo por meio das especificações europeias.

5. Bibliografia

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Code Requirements for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies*.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1980). NBR 6120 – *Cargas para o cálculo de estruturas de edificações*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1988). NBR 6123 – *Forças devidas ao vento em edificações*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). NBR 10837 – *Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2000). NBR 14432 – *Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2001). NBR 9077 – *Saídas de emergência em edifícios*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). NBR 8681 – *Ações e segurança nas estruturas – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2011). NBR 15961-1 – *Alvenaria estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2012). NBR 15200 – *Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). NBR 6118 – *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT.

BARES, R. *Tablas para el calculo de placas y vigas pared*. 2. ed. Barcelona, 1981.

EUROCODE 6: EN 2005- 1.2: *design of masonry structures: part 1-2: general rules: structural fire design*. Brussels, 2005.

GONÇALVES, R. M.; NETO, J. M.; DE SALES, J. J.; MALITE, M. *Ação do Vento nas Edificações*. 2. ed. São Carlos, 2013.

LEITE, H. A. L.; MORENO JÚNIOR, A. L.; TORRES, D. L. *Dimensionamento da alvenaria estrutural em situação de incêndio: contribuição à futura normatização nacional*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 89-107, abr./jun. 2016.

MEYER, U. *Fire resistance assessment of masonry structures*. Workshop “Structural Fire Design of Buildings according to the Eurocodes” – Brussels, 27-28 de Novembro de 2012.

NORMA DE PROCEDIMENTO TÉCNICO (2012). NPT 008 – *Resistência ao fogo dos elementos de construção*.

ONO, R. *Mini-curso: Aspectos do Projeto Arquitetônico Relevantes para a Segurança Contra Incêndio*. 1º Congresso Ibero-Latino-Americano em Segurança Contra Incêndio (CILASCI) – Natal (RN), 10-12 de Março de 2011.

PARSEKIAN, G. A. *Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto*. 1. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. *Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural*. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. *Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos: projeto, execução e controle*. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PINHEIRO, L. M. *Projeto de Edifícios – Lajes Maciças – Capítulo 4*. São Carlos: 2016.

PINHEIRO, L. M. *Tabelas de Lajes*. São Carlos: 2007.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. *Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural*. 1. ed. São Paulo: Pini, 2008.

RIGÃO, A. O. *Comportamento de Pequenas Paredes de Alvenaria Estrutural Frente a Altas Temperaturas*. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA. POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. CORPO DE BOMBEIROS (2004). *Instrução Técnica nº 08. Segurança Estrutural nas Edificações. Resistência ao fogo dos elementos de construção*. São Paulo.

SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA. POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. CORPO DE BOMBEIROS (2004). *Instrução Técnica nº 09. Compartimentação Horizontal e Compartimentação Vertical*. São Paulo.

SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA SEGURANÇA PÚBLICA. POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. CORPO DE BOMBEIROS (2010). *Instrução Técnica nº 011. Saídas de Emergência*. São Paulo.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. *Alvenaria Estrutural*. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

TRAMONTANO, M. . *Alice no país da especulação imobiliária: habitação e modos de vida na cidade de São Paulo*. Cidades. Comunidades e Territórios, Lisboa, Portugal, v. 6, p. 75-82, 2003. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/site/livraria/livraria.html> Acessado em: 09 / 04 / 2017.

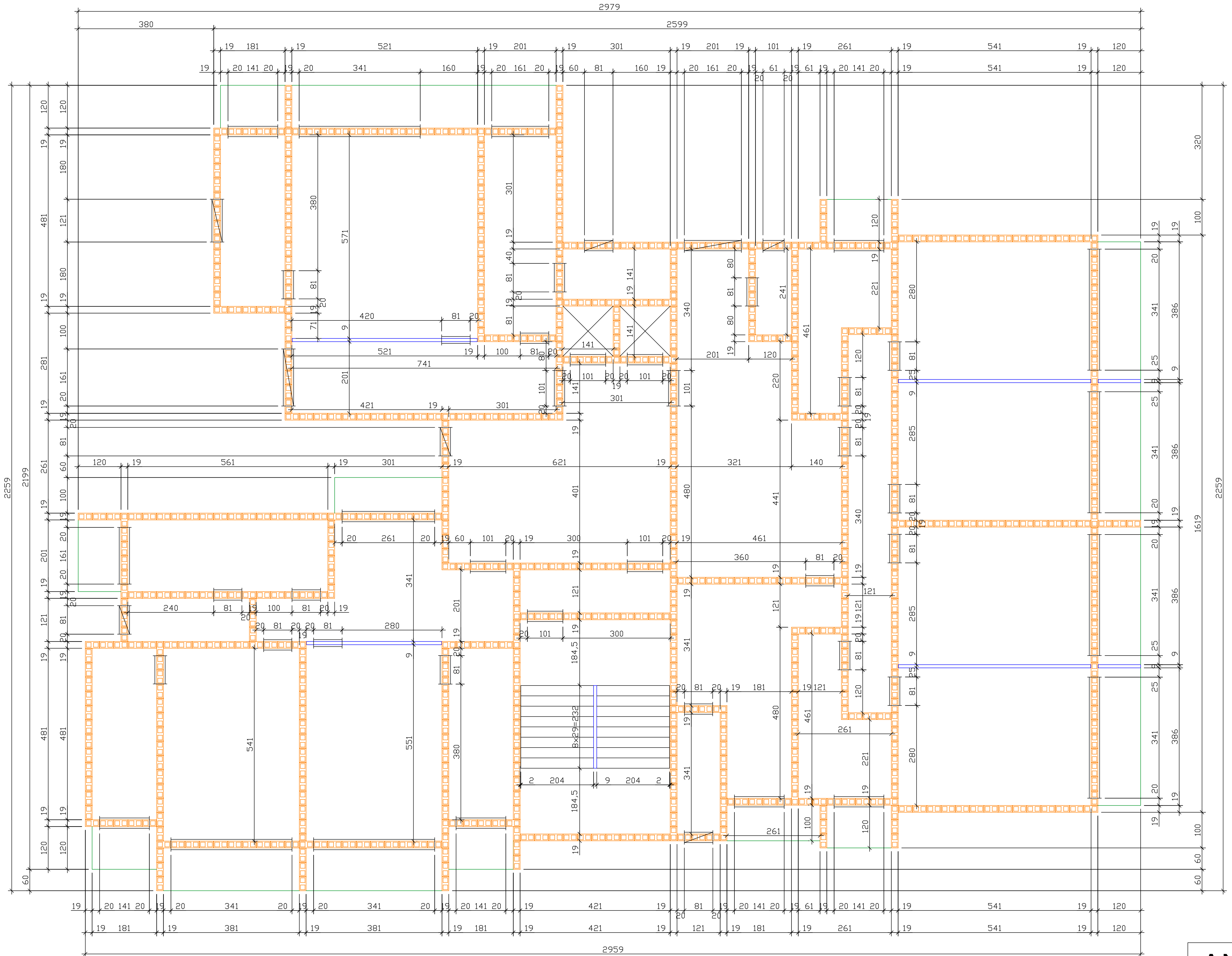
TRAMONTANO, M. . Apartamentos em São Paulo: brevíssimo exame de uma história controversa. In: revista AU. Arquitetura e Urbanismo, v. abril, p. 68-71, 2006. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/site/livraria/livraria.html> Acessado em: 09 / 04 / 2017.

TRAMONTANO, M. Habitações, metrópoles e modos de vida. Por uma reflexão sobre o espaço doméstico contemporâneo. 3o. Prêmio Jovens Arquitetos, categoria “Ensaio Crítico”. São Paulo: Instituto dos Arquitetos do Brasil / Museu da Casa Brasileira, 1997. 210mmx297mm. 10 p. Ilustr. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/site/livraria/livraria.html> Acessado em: 09 / 04 / 2017.

TRAMONTANO, M. ; BENEVENTE, V. A. . Comportamentos & espaços de morar: leituras preliminares das e-pesquisas Nomads. In: ENTAC’04, 2004, São Paulo. Anais, 2004. 210mmx297mm. 10 p. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/site/livraria/livraria.html> Acessado em: 09 / 04 / 2017.

SILVA, V. P.; COSTA, C. N.; MELÃO, A. R. *Procedimento para redução do tempo requerido de resistência ao fogo de edifícios de múltiplos andares*. Revista IBRACON de estruturas e materiais, 2017.

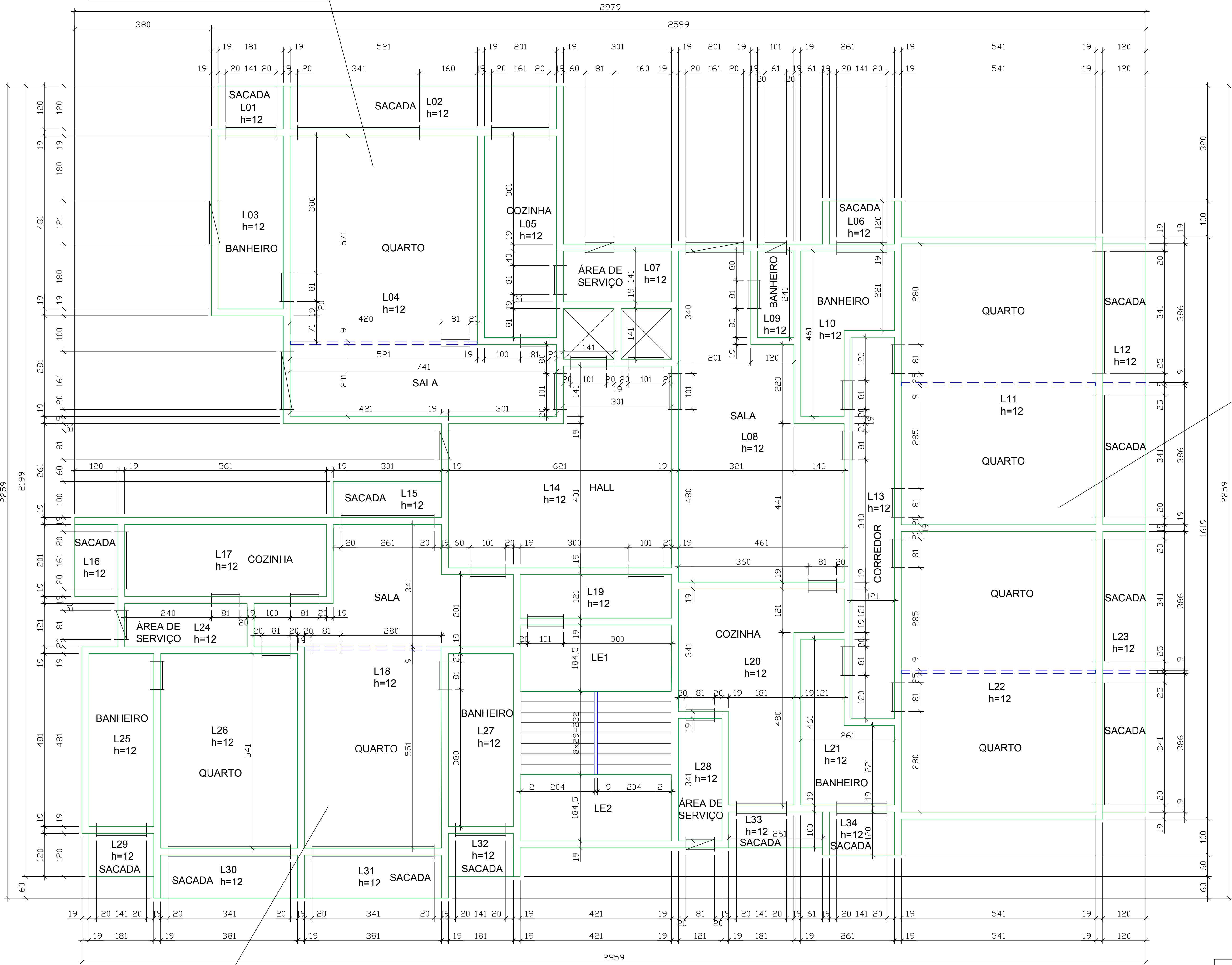
Síntese de indicadores sociais : uma análise das condições de vida da população brasileira : 2016 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro : IBGE, 2016. 146 p. - (Estudos e pesquisas. Informação demográfica e socioeconômica, ISSN 1516-3296 ; n. 36).



ESCALA 1:50

ANEXO A

APARTAMENTO COM 1 QUARTO

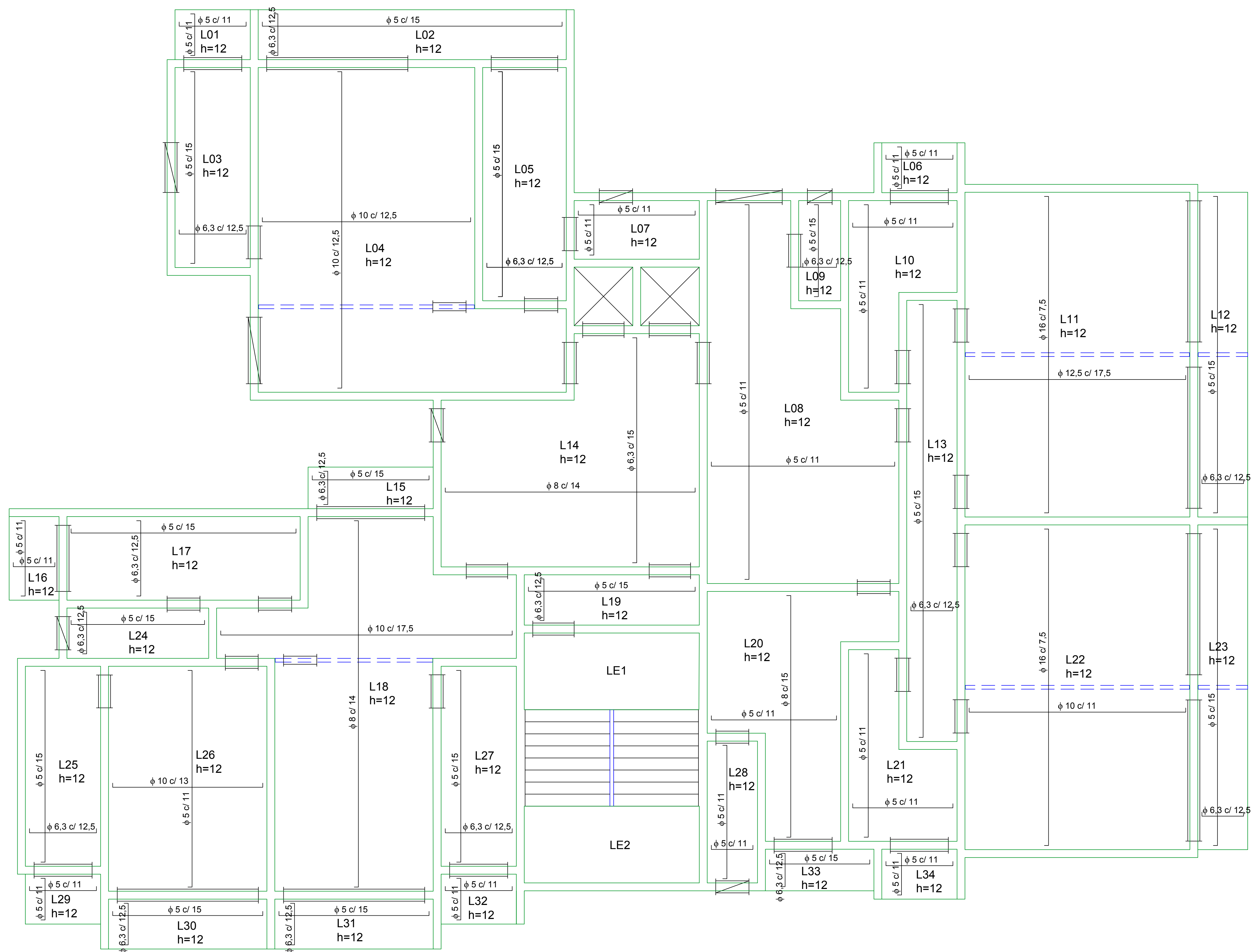


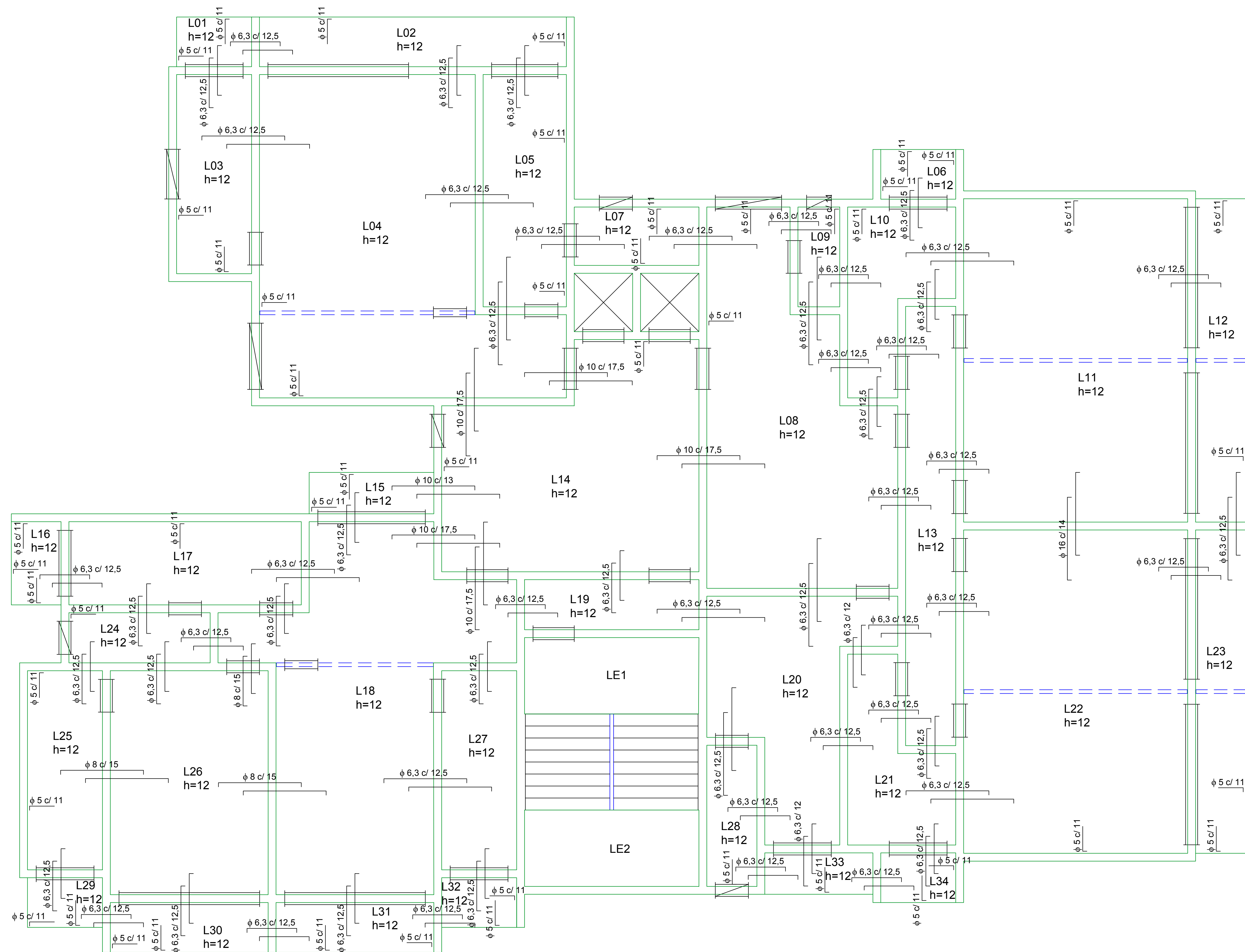
APARTAMENTO
COM 4 QUARTOS

APARTAMENTO COM 2 QUARTOS

ESCALA 1:50

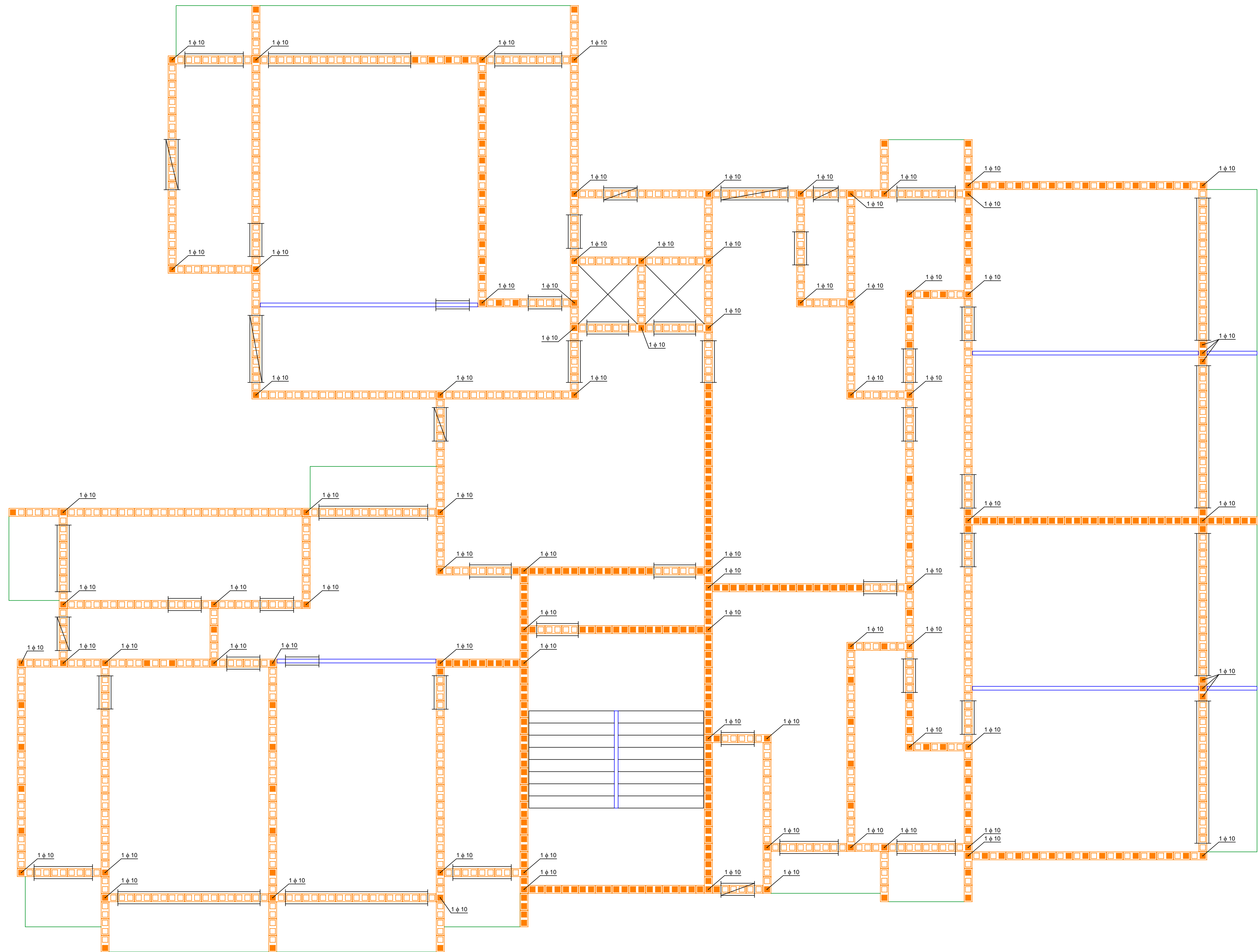
ANEXO B





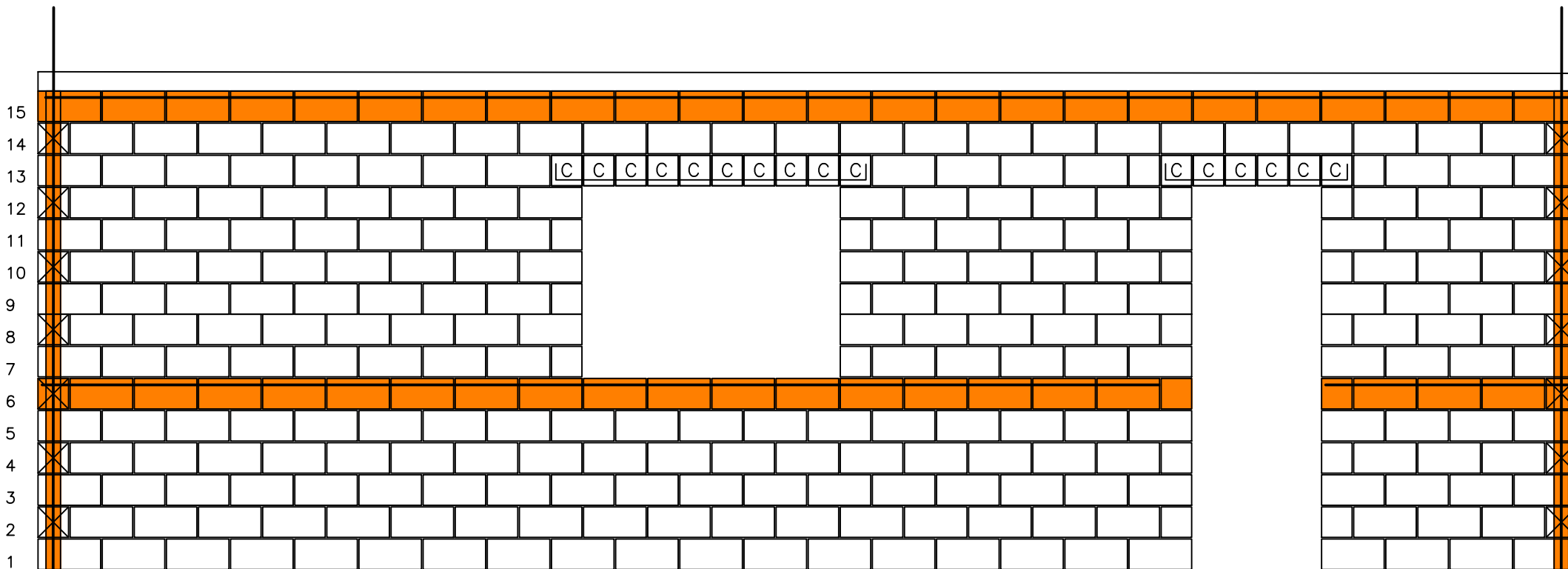
ESCALA 1:50

ANEXO D



ESCALA 1:50

ANEXO E



ELEVAÇÃO GENÉRICA

SEM ESCALA

ANEXO G