



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
Faculdade de Engenharia
Engenharia Civil - FAEN

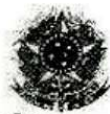
WELLINGTON VALTER DUARTE DE AMORIM

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADO IN LOCO PARA HABITAÇÕES SOCIAIS

WELLINGTON VALTER DUARTE DE AMORIM

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE CONCRETO
MOLDADO IN LOCO PARA HABITAÇÕES SOCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da GrandeDourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Profº André Felipe Aparecido de Mello com área de concentração 3.01.00.00-3 – Engenharia Civil.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 09:30 horas do dia 20 de abril de 2023, realizou-se no(a) Lab 01 - Video-conf. e Proc. de Imagens (SELAB/FAEN) da Faculdade de Engenharia - UFGD a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado “ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO PARA HABITAÇÕES SOCIAIS”, de autoria do(a) discente Wellington Valter Duarte de Amorim, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

- Aprovado
 Reprovado

O(A) discente(a) declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O(A) orientador(a) se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo(a) discente(a) para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

Wellington Valter Duarte de

DISCENTE

Nome: Wellington Valter Duarte de Amorim Assinatura: Wellington Valter Duarte de Amorim

BANCA EXAMINADORA

Orientador: André Felipe Aparecido de Mello Assinatura: André Mello

Membro: Domingos Jorge Ferreira da Silva Assinatura: Domingos Jorge Ferreira da Silva

Membro: Maria Aparecida G. T. C. Machado Assinatura: Maria Aparecida G. T. C. Machado

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE PAREDES DE CONCRETO MOLDADO IN LOCO PARA HABITAÇÕES SOCIAIS

Wellington Valter Duarte de Amorim¹; André Felipe Aparecido de Mello²

wellington.amorim@academico.ufgd.edu.br¹; andremello@ufgd.edu.br²

RESUMO - A construção civil é um setor em constante mudança, seja por motivos geográficos, ambientais ou econômicos, buscando formas de otimizar seu processo. No Brasil ocorre ainda a predominância do sistema construtivo de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos, seja pela facilidade de encontrar materiais, como por sua mão de obra, que não exige especialização e é consequentemente mais barata. O sistema parede de concreto aparece como uma alternativa para a construção convencional, onde consiste em fôrmas que finalizam as paredes e lajes, sendo concretados de uma só vez, não existindo vigas ou pilares. O seguinte trabalho consiste em um estudo sobre o sistema parede de concreto e sua forma de dimensionamento com foco em habitações sociais, considerando uma residência de 50m² e tendo como base principal a NBR 16055:2022. Ao fim da análise do sistema, foi possível dimensionar as armaduras principais, sendo telas soldadas do tipo Q159 e armaduras de reforço do tipo vergalhão entre as aberturas, além de demonstrar seu detalhamento.

Palavras-chave: Construção Industrial; Habitação Social; Telas Soldadas.

ABSTRACT - The construction industry is constantly changing, whether due to geographical, environmental, or economic reasons, seeking ways to optimize its processes. In Brazil, there is still a predominance of the masonry block wall construction system, either due to the ease of finding materials or its labor force, which does not require specialization and is consequently cheaper. The concrete wall system appears as an alternative to conventional construction, consisting of forms that finish the walls and slabs, which are concreted all at once, without beams or columns. The following work consists of a study on the concrete wall system and its sizing method focused on social housing, considering a 50m² residence and based mainly on NBR 16055:2022. At the end of the system analysis, it was possible to size the main reinforcements, being welded Q159 screens and reinforcement bars between openings, as well as demonstrating its detailing.

Keywords: Industrial Construction; Social Housing; Welded Screens.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor em constante mudança, desenvolvendo ao longo do tempo uma variedade de técnicas, além de ser um importante indicador de crescimento da economia e até de movimentação da população pelo País. (UDIAÇO,2022). Com isso, a atual variedade de sistemas construtivos permite construções em maiores escalas e em menor espaço de tempo, surgindo como opções para suprir essas necessidades.

Porém no Brasil, de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (2019), coordenada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), traz em seus dados que a alvenaria está presente em 88,2% das construções brasileiras. Os fatores como poucas limitações para o projeto arquitetônico, permitindo a aplicação de grandes vãos, além de utilização de portas e janelas fora das medidas padronizadas e mão de obra barata pesam para a permanência do sistema em nosso canteiro. No entanto, mostra-se um sistema de baixa produtividade e de grande desperdício, visto que seu processo é feito “in loco” e sem a necessidade de mão de obra especializada. (ALTAIR, 2019)

Um dos principais fatores para o atraso de implementação de soluções inovadoras, limpas e eficientes para a construção civil ocorre pelo fato do ramo ser ainda conservador, sentindo receio de sair a zona de conforto, mesmo entendendo que seus processos atuais não são tão eficientes quanto deveriam. (CTE,2020).

De acordo com a Fundação João Pinheiro (2021), o déficit habitacional brasileiro cresceu 4% entre 2016 e 2019, de 5,66 milhões para 5,88 milhões de domicílios, logo a construção necessita de sistemas mais rápidos que possam atender essa necessidade social do país. Com isso, o Brasil começa aos poucos a entender que precisa gerar tal tipo de sistema, como por exemplo, o sistema de paredes de concreto, que vem ganhando espaço nas obras do tipo Minha Casa Minha Vida. (SALVINO,2020)

Ainda, de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP ,2008) As paredes de concreto têm como característica sua agilidade à obra (principalmente em níveis industriais), maior qualidade de desempenho técnico, diminuição da mão de obra e dos custos indiretos.

Com a necessidade de adoção de sistemas construtivos que tragam agilidade para as obras como um todo, seja por menores prazos, menores desperdícios e maior produtividade, o sistema de parede de concreto vem surgindo como uma opção frente ao comum dentro do mercado da construção civil. (SALVINO,2020)

Portanto, esse trabalho tem como objetivo, analisar as características do sistema Parede de Concreto, suas particularidades construtivas em comparação ao sistema de

alvenaria convencional e demonstrar o processo de dimensionamento das paredes do sistema, seguindo as diretrizes especificadas na NBR 16055:2022, tendo como exemplo, uma habitação de caráter social.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Paredes de Concreto

Segundo a NBR 16055:2022 parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, moldado no local, com comprimento maior que dez vezes sua espessura é capaz de suportar carga no mesmo plano da parede.

O sistema consiste em fôrmas que finalizam todas as paredes e lajes de uma ou mais unidades habitacionais, que serão concretados de uma só vez, não existindo vigas ou pilares. O conjunto forma uma grande peça única estrutural como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Parede de Concreto moldado in loco



Fonte: (Engenharia 360, 2012)

De acordo com a ABCP (2008), a montagem normalmente se inicia pela parede hidráulica (banheiro ou cozinha), colocando-se primeiro os painéis de canto, formando um “L”, e depois os painéis da face interna da parede hidráulica, podendo ser montados primeiramente pelo lado interno e depois externo, ou ambos serem instalados ao mesmo tempo. A técnica chega a ser três vezes mais produtiva em comparação ao método convencional e duas vezes mais veloz do que a alvenaria estrutural. Por ser uma boa alternativa indicada para obras com alto grau de repetição, programas habitacionais como o Minha Casa, Minha Vida podem se aproveitar bastante dessa solução, podendo ser aplicada tanto na construção de casas térreas quanto de edifícios. (AECWEB, 2023.)

Pelo fato desse modelo de parede não existir vigas ou pilares, permite-se que se produza mais com menos recurso, além de não haver alvenaria e reboco, logo, isso faz com que de 13 a 14 etapas de obra sejam transformadas em duas ou três. A construtora antecipa seu prazo de entrega em 45% e tem uma obra sustentável. (LUNARDELLI, 2021).

Por ser racionalizado, o sistema conta com equipamentos que privilegiam a segurança dos operários. O processo executivo incorpora andaimes e guarda-corpos integrados aos painéis de fôrmas. O uso de materiais industrializados e sujeitos a normas técnicas também é fator de controle e segurança para o construtor. Por fim, a sistematização do processo garante o cumprimento do cronograma físico-financeiro, trazendo segurança comercial ao empreendedor. (MACEDO, 2016).

Por outro lado, há alguns pontos que devem ser levados em conta quanto ao sistema, como o alto custo das fôrmas quando pensado para apenas obras de um único imóvel, além de restrições quanto a mudanças no projeto, quando a parede já está concretada. (ABCP, 2008). O sistema requer que o concreto tenha boa funcionalidade. Segundo a ABCP (2008), são usados quatro tipos de concretos, o Quadro 1 demonstra cada tipo de classe, além de sua massa específica, resistência mínima à compressão e sua finalidade:

Quadro 1 – Classes de concreto

Tipo	Descrição	Massa Específica (kg/m³)	Resistência Mínima à compressão (Mpa)	Tipologia usualmente utilizada
L1	Celular	1.500 a 1.600	4	Casas de até 2 pavimentos
L2	Com agregado leve	1.500 a 1.800	20	Qualquer tipologia
M	Com alto teor de incorporado	1.900 a 2000	6	Casas de até 2 pavimentos
N	Convencional ou autoadensável	2.000 a 2.800	20	Qualquer tipologia

Fonte: (ABCP, 2008)

De acordo com a ABCP (2008) a fundação deverá ser feita como indicado em projeto, não existindo restrições a respeito do tipo a ser escolhido, sendo os mais comuns as fundações rasas, tendo como o mais comum, o radier. A Figura 2 demonstra como a fundação é realizada.

Figura 2 – Fundação do tipo Radier



Fonte: (Neoformas, s.d.)

De acordo com a NBR 16055:2022 o sistema de fôrmas é composto de estruturas provisórias, cujo objetivo é moldar o concreto fresco, devendo resistir a todas as pressões durante o lançamento do concreto até que adquira resistência suficiente para a desforma. A desforma deve ser feita quando o concreto atingir a resistência e a elasticidade prevista no projeto. A retirada das fôrmas e do escoramento deve ser feita sem choques, evitando assim o aparecimento de fissuras por ações mecânicas. Os tipos de forma podem ser metálicos ou plásticos. Como demonstrado pela Figura 3 e Figura 4.

Figura 3 Fôrma Metálica



Fonte: (Ecopore, 2021)

Figura 4 – Forma Plástica

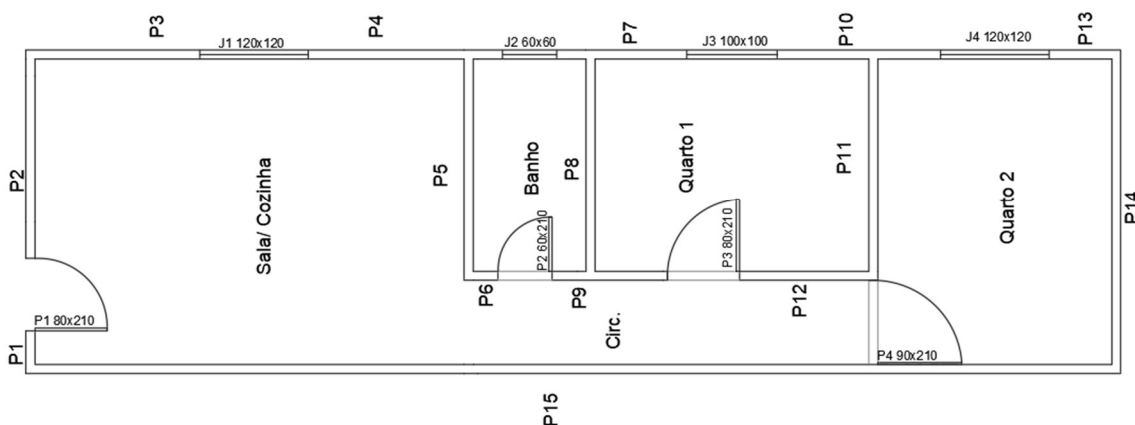


Fonte: (Santos, 2016)

3 METODOLOGIA

O projeto segue como base casas populares do tipo programas habitacionais, com cerca de 50 m² de área construída, em parede de concreto armado com resistência característica de f_{ck} 25 MPa e armaduras de aço em tela CA-60, já as armaduras de reforço são de barras de aço CA-50. A altura adotada para as paredes é de 2,88 m e espessura de 10cm. A Figura 5 demonstra como será a planta baixa do projeto.

Figura 5 - Planta Baixa



Fonte: Autor (2023)

3.1. Ações a Considerar

Os carregamentos atuantes na estrutura são cargas verticais provenientes do peso próprio da estrutura e carga do telhado (cargas permanentes) e sobrecargas (cargas acidentais). Pela estrutura ser de caráter térreo, as cargas horizontais são desprezadas. (CARVALHO,2012)

As cargas verticais atuantes estão indicadas a seguir de acordo com a NBR 6120:2019

- Peso Próprio das Lajes: 2,5 kN/m²;
- Sobrecarga nas lajes proveniente do forro, sem acesso a pessoas: 0,5 kN/m².

O peso próprio das paredes pode ser calculado pela seguinte equação:

$$p = \gamma \cdot e \cdot h \quad (1)$$

Onde:

p = peso próprio

γ = peso específico do concreto

e = espessura da parede

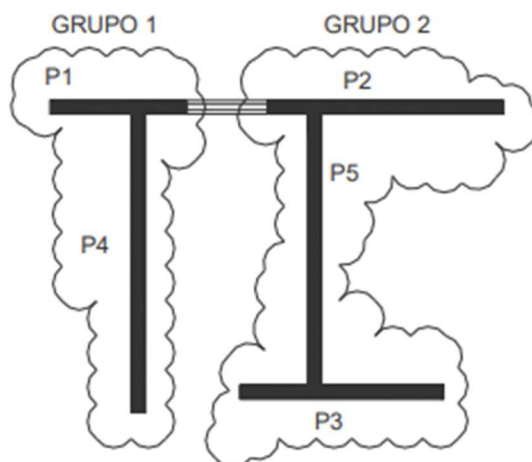
h = altura da parede

As ações solicitantes às paredes de concreto são as cargas verticais, que incluem as cargas permanentes, variáveis e sobrecargas. Já as cargas horizontais são advindas pela força do vento e desaprumo.

De acordo com a NBR 16055:2022, as cargas verticais são admitidas de forma linearmente distribuídas nas paredes de concreto, podendo ser tratadas como elementos de chapa. O procedimento de distribuição de cargas pode ser feito pelo método de paredes isoladas ou grupo de paredes isoladas.

De acordo com BASTOS (2019) o método paredes isoladas, a distribuição de cargas ocorre de forma que as paredes não interagem entre si, ou seja, onde as cargas das paredes não influenciam umas nas outras. O método grupo de paredes isoladas ocorre de forma que o dimensionamento é realizado por um conjunto de paredes que tem como limites portas e janelas. A carga vertical é considerada uniforme em cada grupo. A Figura 6 demonstra o processo de divisão dos grupos de paredes. Sua carga total é a soma das cargas de cada parede distribuída linearmente no comprimento total do grupo de parede.

Figura 6 – Exemplo de grupos isolados de parede



Fonte: (CARVALHO,2012)

Pelo fato de a residência analisada se tratar de uma construção térrea e de caráter simples, não será necessário considerar as ações horizontais devidas ao vento na contribuição dos esforços solicitantes. (CARVALHO,2012),

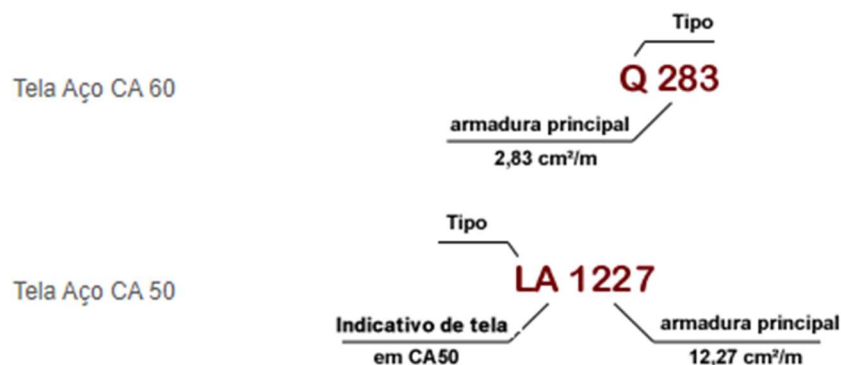
3.2. Armadura principal

De acordo com a NBR 16055:2022, a seção mínima de aço das armaduras verticais com aço CA-60, deve corresponder a 0,09% da seção de concreto. Para construções de até dois pavimentos permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 66% deste valor.

Para armaduras horizontais, deve corresponder a 0,15% da seção de concreto, por fim, o espaçamento máximo entre as barras não pode ser maior que duas vezes a espessura da parede, sendo de no máximo 30 cm. (NBR 16055:2022)

Conforme a NBR 16055:2022, as paredes podem conter apenas uma tela soldada, disposta longitudinalmente e próxima ao centro geométrico da seção horizontal da parede. Somente é permitido o uso de tela soldada para as duas faces da parede quando a espessura da parede for maior que 15cm ou em andar térreo de edificações, quando está sujeita a choque de veículos, além de paredes que engastam marquises e terraços em balanço.

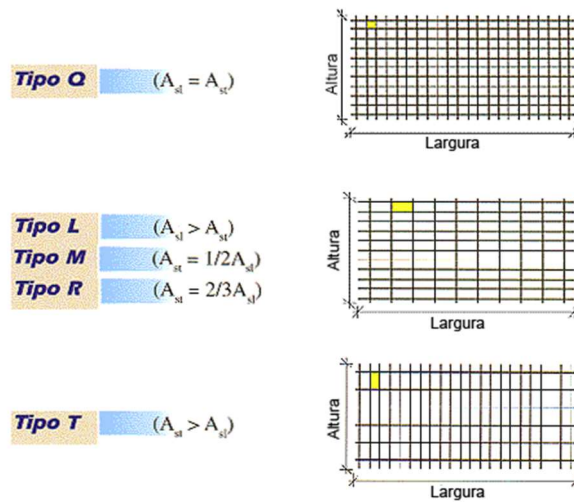
As telas possuem identificações diversas, designadas através de letras (Q, L, M, R) que definem sua forma. A Figura 7 apresenta as características das telas de aço soldadas.



Fonte: IBTS (2022)

De acordo com CARVALHO (2012), as telas Q possuem mesma área de seção de aço em ambos os sentidos, transversais e longitudinais, já as telas L, M e R têm sua seção longitudinal maior que transversal, cada uma com suas diferenças de proporções e por fim, a tela T, caracterizada pela seção transversal ser maior que a longitudinal, as telas estão demonstradas pela Figura 8.

Figura 8 – Tipos de Telas Soldadas



Fonte: (IBTS, 2022)

3.3. Índice de esbeltez

O índice de esbeltez é a razão entre o comprimento de flambagem e o raio de giração, no caso para paredes de concreto de seção retangular, é calculado pela seguinte equação: (NBR 6118:2014).

$$\lambda = \frac{\sqrt{12} l_e}{h} \quad (2)$$

Onde:

λ : Índice de esbeltez.

l_e : comprimento equivalente

h : altura da parede

3.4. Verificação da força de compressão

De acordo com a NBR 16055:2022, a resistência de cálculo, para a pressão máxima de vento de 1 kN/m², deve ser determinada conforme a equação a seguir:

$$N_{d,resist} = \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + f_{scd}) \cdot t}{k1 \cdot [1 + 3 \cdot k2 \cdot (2 - k2)]} \leq \frac{(0,85 \cdot f_{cd} + f_{scd}) \cdot t}{1,643} \leq 0,4 f_{cd} \cdot A_c \quad (3)$$

Sendo:

$N_{d,resist}$ é a normal resistente de cálculo, por unidade de comprimento, admitida no plano médio da parede;

t é a espessura da parede;

f_{cd} é o valor de cálculo da resistência do concreto, $f_{cd} = f_{ck}/1,4$;

$f_{scd} = \frac{ES \cdot 0,002}{\gamma_s}$ resistência de cálculo à compressão do aço;

ES : Módulo de elasticidade do aço de armadura passiva;

γ_s : Coeficiente de ponderação da resistência do aço;

A_c = área de seção transversal de concreto da parede;

k_1 e k_2 são determinados a partir da esbeltez λ .

Para λ entre $35 \leq \lambda \leq 86$ utilizar o valor de $k_1 = \lambda/35$ e $k_2 = 0$ para λ entre $86 \leq \lambda \leq 120$ utilizar o valor de $k_1 = \lambda/35$ e $k_2 = (\lambda - 86)/35$

Segundo a NBR 16055:2022 o dimensionamento é satisfatório se os esforços solicitantes por metro forem menores que a normal resistente de cálculo em cada um de seus trechos.

Após a conferência de todos os carregamentos para cada trecho de parede, permite-se considerar que a segurança ao estado limite último foi atendida para as solicitações normais sempre que a condição a seguir for atendida:

$$N_{d,resist} \frac{[3N_{d,max} + N_{d,min}]}{4} \quad (4)$$

$N_{d,max}$ é o maior valor normal por unidade de comprimento, para o carregamento considerado, no trecho escolhido;

$N_{d,min}$ é o menor valor normal por unidade de comprimento, para o carregamento considerado, no trecho escolhido.

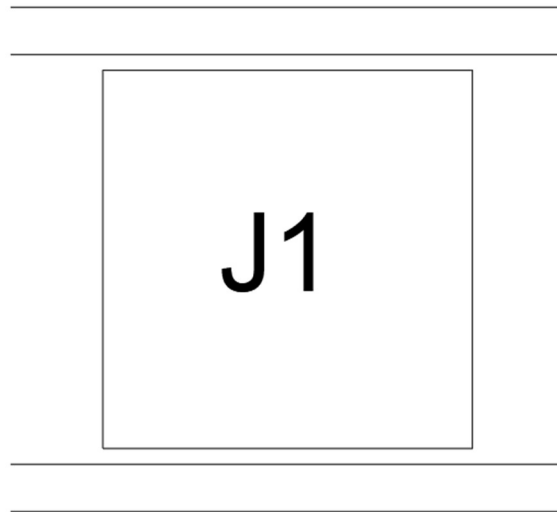
Os valores representados por $N_{d,max}$ e $N_{d,min}$ e devem corresponder aos esforços das seções dos extremos do trecho considerado, onde ao longo de todo o trecho os sinais dos valores são constantes.

3.5 Armadura de reforço das aberturas

De acordo com a NBR 16055:2022, todas as aberturas com dimensão horizontal maior ou igual a 40cm devem ser reforçadas com armaduras horizontais nas faces superior e inferior da abertura, sendo a seção da armadura determinada por modelo elástico ou biela-tirante. Sendo a armadura longitudinal das vergas calculada como viga apoiada nas laterais, considerando o peso próprio da parede e a reação da laje na sua projeção, considerando a altura da viga no máximo a metade do vão da abertura. Para armaduras

mínimas, 1 cm² como valor mínimo para vergas e 0,5 cm² para contravergas. A Figura 9 indica como ficará o reforço nas aberturas.

Figura 9 – Armadura de Reforço

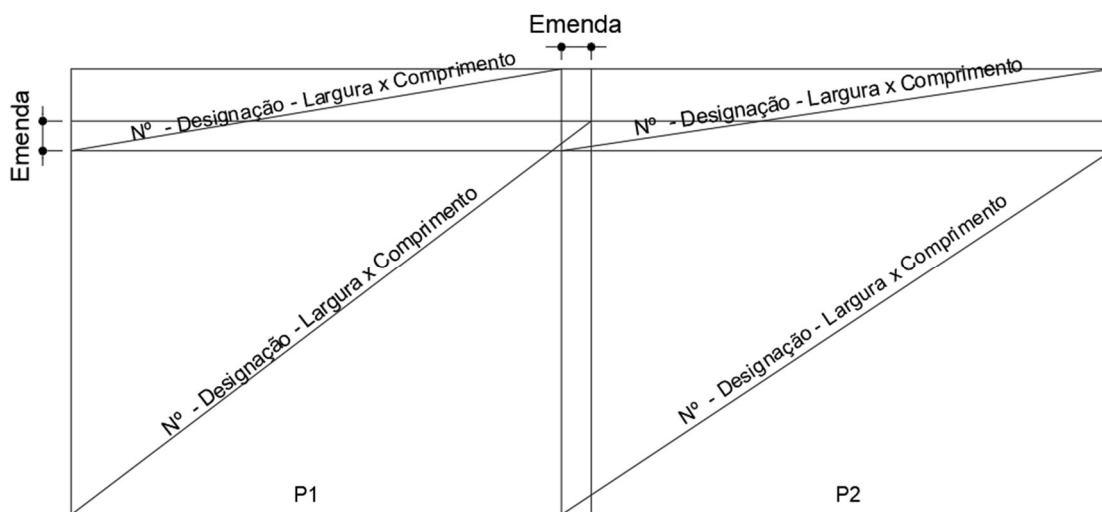


Fonte (Autor, 2023)

3.6 Detalhamento

De acordo com o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS,2022.) O detalhamento das armaduras deve apresentar o tipo de tela soldada, largura e comprimento conforme a Figura 10.

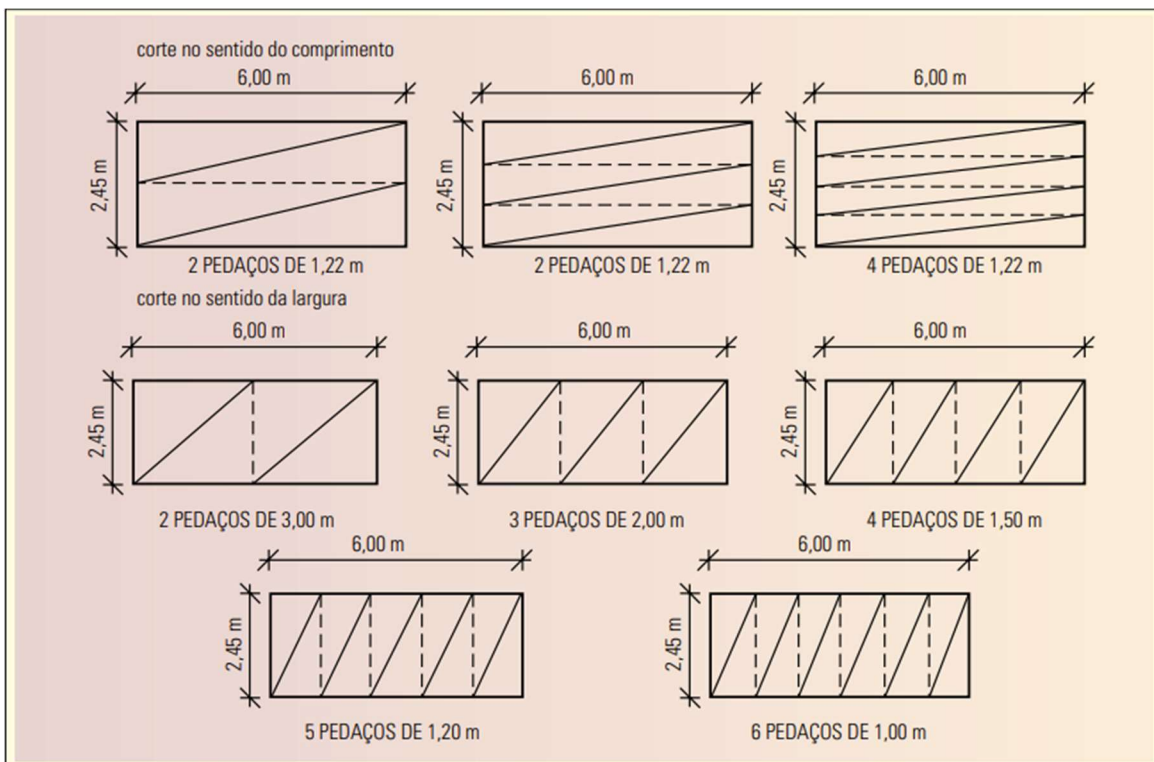
Figura 10 - Detalhamento de Armadura



Fonte: (Autor,2023)

As telas tem como padrão comercial as dimensões 2,45m x 6,00m (largura e comprimento), caso seja necessário, pode ser feito o pedido à fábrica para realizar com comprimento maior, porém para largura, sua dimensão de 2,45m é máxima, pois é feita para respeitar a dimensão padrão do caminhão que irá transportar a tela soldada. Caso seja necessário, emendas serão feitas in loco e recortes nas áreas de abertura. A Figura 11 demonstra possibilidades de cortes entre as telas.

Figura 11 - Corte das Telas



Fonte: IBTS (2022.)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Distribuição das cargas verticais

Primeiramente, foram calculadas as reações das lajes em cada parede de concreto, com auxílio das tabelas de reações da laje em vigas. (BASTOS, 2015)

Em seguida, para realizar o procedimento de distribuição de cargas, usa-se o método das paredes isoladas, podendo analisar as cargas verticais que são distribuídas em cada parede, como peso próprio, cargas da laje e aberturas como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Cargas atuantes nas paredes isoladas

Parede	Comprimento (m)	Peso Próprio (kN/m)	Laje (kN/m)	Abertura (kN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
P1	0,42	7,20	4,31	4,78	16,29	6,84
P2	2,26	7,20	4,31	4,78	16,29	36,82
P3	1,88	7,20	2,66	2,83	12,69	23,86
P4	2,15	7,20	2,66	3,93	13,79	29,65
P5	2,45	7,20	7,88	0,00	15,08	36,95
P6	0,38	7,20	5,27	7,33	19,80	7,52
P7	1,44	7,20	2,28	3,15	12,63	18,19
P8	2,45	7,20	3,91	0,00	11,11	27,22
P9	1,28	7,20	11,76	15,33	34,29	43,89
P10	1,81	7,20	3,07	4,29	14,56	26,35
P11	2,45	7,20	6,00	0,00	13,20	32,34
P12	1,53	7,20	10,75	8,00	25,95	39,70
P13	0,74	7,20	1,48	2,24	10,92	8,08
P14	3,48	7,20	2,51	0,00	9,71	33,79
P15	12,02	7,20	5,49	0,00	12,69	152,53

Fonte: Autor (2022)

Após obter os valores de cada parede, são divididos em grupos de parede, onde o limite entre cada grupo de parede ocorre a partir das aberturas que se dispõem entre as paredes. O comprimento total de cada grupo é o somatório do comprimento de cada parede, assim como sua carga total. A Tabela 2 demonstra como ficaram os grupos, estes, divididos conforme as aberturas da residência (Figura 5).

Tabela 2 – Cargas atuantes por grupos de paredes

Grupos	Paredes	Comprimento total (m)	Carga Total (kN)	Carga Média (kN/m)
G1	P1+P13 +P14+P15	16,66	201,25	12,08
G2	P2+P3	4,14	223,14	53,90
G3	P4+P5+P6	4,98	176,39	35,42
G4	P7+P8+P9	5,17	29,65	5,73
G5	P10+P11+P12	5,78	36,95	6,39

Fonte: Autor (2022)

4.2 Resistência e Verificação aos esforços normais

A partir dos cálculos realizados (Apêndice B) foi conferido que a resistência de cálculo aos esforços normais ($Nd, resist$) foi igual a 191,41 kN/m, se mostrando então suficiente para combater o esforço solicitante máximo que é de 53,90 kN/m.

4.3 Dimensionamento das Armaduras

4.3.1 Armadura Principal

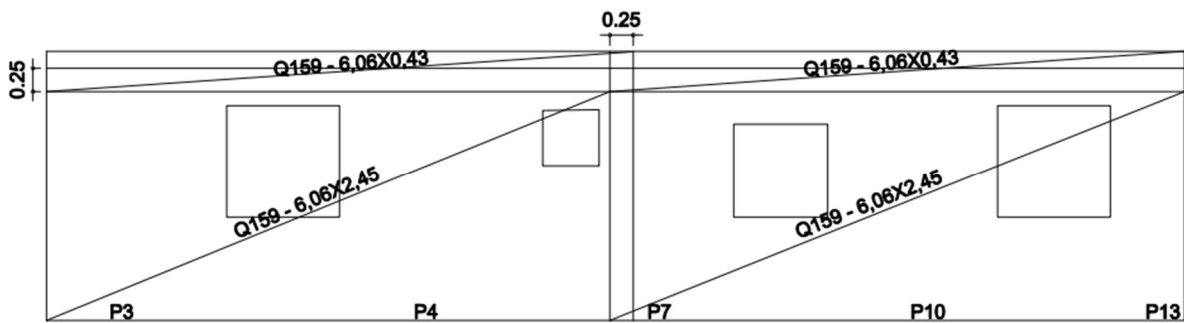
Por não haver esforços de tração nas paredes, de acordo com a NBR 16055:2022 será adotado a armadura mínima para o dimensionamento conforme item 4.1:

$$A_{s,Horizontal} = 100cm \cdot 10cm \cdot 15\% = 1,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,Vertical} = 100cm \cdot 10 \cdot 9,0\% = 0,9 \text{ cm}^2$$

Com isso, pela tabela de telas soldadas, as opções de telas são Q159, R159, M159 e L159. Por motivos de melhor facilidade em sua trabalhabilidade, foi escolhida a tela Q159 para todas as paredes de concreto. (ARCELORMITTAL,2019). A Figura 16 demonstra o detalhamento das telas entre as paredes P3 e P13.

Figura 12 – Detalhamento Armadura Principal



Fonte: Autor (2023)

4.3.2 Armadura de Reforço

O esforço analisado para o dimensionamento da abertura J1 será de 9,86kN/m.

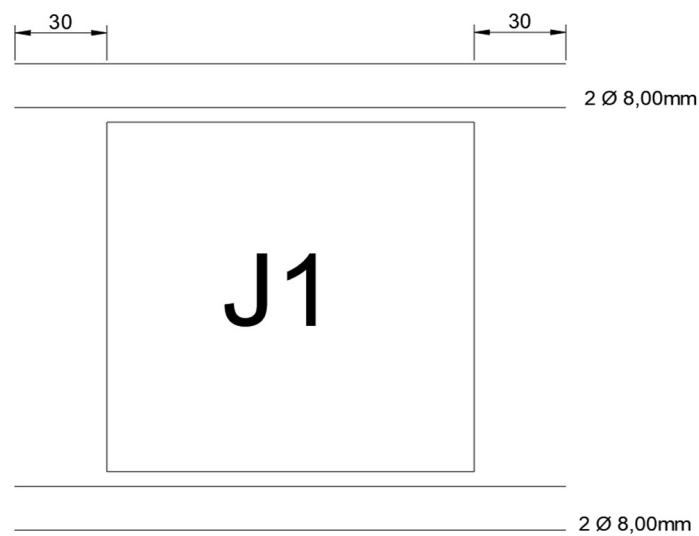
As armaduras necessárias para reforçar as aberturas foram as mínimas estabelecidas pela norma ABNT NBR 16055:2022, calculadas conforme Apêndice B.

Tabela 3 – Armadura de Reforço

Abertura	Verga	Contraverga
J1	2 Ø 8,00mm	2 Ø 8,00mm
J2	2 Ø 8,00mm	2 Ø 8,00mm
J3	2 Ø 8,00mm	2 Ø 8,00mm
J4	2 Ø 8,00mm	2 Ø 8,00mm
P1	2 Ø 8,00mm	-
P2	2 Ø 8,00mm	-
P3	2 Ø 8,00mm	-
P4	2 Ø 8,00mm	-

Fonte: Autor (2023)

O detalhamento da armadura de reforço está exemplificado pela janela J1 na Figura 13.

Figura 13 – Detalhamento Armadura de Reforço

Fonte: Autor (2023)

4.3.3 Consumo de aço e concreto

O consumo de aço para a tela soldada Q196 é de 2,52kg/m² (ArcelorMittal,2023). O concreto foi calculado a partir da multiplicação entre comprimento, altura e espessura da parede. A Tabela 4 apresenta os valores de consumo de aço e concreto de cada parede, além de seu total.

Tabela 4 - Consumo de Aço e concreto

Parede	Consumo de aço (kg)	Consumo de Concreto (m³)
P1	3,05	0,12
P2	16,40	0,65
P3	13,64	0,54
P4	15,60	0,62
P5	17,78	0,71
P6	2,76	0,11
P7	10,45	0,41
P8	17,78	0,71
P9	9,29	0,37
P10	13,14	0,52
P11	17,78	0,71
P12	11,10	0,44
P13	5,37	0,21
P14	24,55	1,00
P15	87,24	3,46
Total	265,94	10,58

Fonte: Autor (2023)

5 CONCLUSÃO

Com a necessidade de trazer novas formas construtivas na produção da engenharia civil, o sistema de parede de concreto vem sendo um dos mais implementados no canteiro de obras, desde do alto padrão, que o escolhem por caráter estético, como também para obras do segmento de conjuntos habitacionais, com o intuito de entregar de forma mais rápida, além de gerar menos desperdício, causando menor impacto ao meio ambiente e maior economia.

Neste trabalho, foi possível trazer o conhecimento sobre as particularidades a respeito de sua forma de dimensionamento, tendo como base a norma ABNT NBR 16055:2022. Com auxílio da norma e das demais referências foi possível apresentar as características do dimensionamento de uma edificação de pequeno porte, como o tipo de armadura em tela soldada, além de seu detalhamento e suas regiões onde são necessários reforços nas armaduras, estas, dispostas nas aberturas da estrutura, que estão sujeitas a esforços de flexão simples.

Como sugestão para futuros trabalhos, pode-se apresentar comparativo físico-financeiro para residenciais de caráter social entre o sistema parede de concreto e o sistema de construção de alvenaria convencional, para ser possível perceber suas diferenças dentro do canteiro de obras, podendo ainda adicionar outros sistemas de construção que estão crescendo dentro do mercado da construção, como o light steel frame e poliestireno expandido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parede de Concreto: Coletânea de ativos 2007/2008**. São Paulo, 2008.

AECweb. **Manual de Execução Paredes de Concreto**. São Paulo, [2021]. Disponível em:

https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/astra/ebook_manual_paredes_de_concreto_astra.pdf. Acesso em 17 de set. de 2021.

ARCELORMITTAL. **Telas Soldadas Nervuradas**. [2019]. Disponível em:

<http://ibts.org.br/pdfs/IT.pdf>. Acesso em: 16 de set. de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055:2022**. Parede de Concreto Moldada no local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimentos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2014** Projeto de estruturas de concreto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480:2022** Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:2019** Ações para o cálculo de estruturas de edificações. - Requisitos.

CARVALHO, Leandro. **Sistema construtivo em parede de concreto para edifícios: Dimensionamento**. Trabalho de Pós Graduação (Mestre em Engenharia das Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Acesso em 16 de Set de 2022.

CTE. **Inovação na Construção Civil: necessidade ou sobrevivência?**

. [2020]. Disponível em: <https://cte.com.br/blog/inovacao-tecnologia/inovacao-na-construcao-civil/>. Acesso em: 19 de set. de 2021.

ECOPORE. **Sistema construtivo de paredes em concreto celular.** [2021]. Disponível em: <https://ecopore.com.br/aplicações/sistema-construtivo-de-paredes-em-concreto-celular/>. Acesso em: 19 de set. de 2021.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Diretoria de Estatística e Informações. **Metodologia do déficit habitacional e da inadequação de domicílios no Brasil – 2016 - 2019.** Belo Horizonte: FJP, 2021. Acesso em 17 de set. de 2021

IBTS. INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Informações técnicas.** [2022]. Disponível em: <http://ibts.org.br/pdfs/IT.pdf>. Acesso em: 20 de dez. de 2022.

LUNARDELLI, Paula. **Industrialização da construção civil: como as novas tecnologias contribuem com a constante melhoria.** 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/industrializacao-na-construcao-civil/>. Acesso em 18 de set. de 2021.

MACÊDO, Julianne. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

NEOFORMAS. **Passo a passo paredes de concreto.** Cuiabá, [2021]. Disponível em: <https://www.neoformas.com.br/passo-a-passo-paredes-de-concreto-estrutura-1>. Acesso em: 17 de set. de 2021.

SALVINO, Thayana. **Sistema construtivo em parede de concreto: Uma solução para déficit habitacional no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

SANTOS, Altair. **Alvenaria ainda domina, mas desperdício segue em alta.** 2019. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/alvenaria-ainda-domina-mas-desperdicio-segue-em-alta/>. Acesso em: 18 de set. de 2021.

SANTOS, Altair. **Formas para parede de concreto protagonizam na Bauma.** 2016. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/formas-para-parede-de-concreto-bauma/>. Acesso em: 18 de set. de 2021. **APÊNDICES**

APÊNDICE A - CÁLCULO DE RESISTÊNCIA AOS ESFORÇOS NORMAIS

Para a verificação da resistência a esforços normais, calcula-se os seguintes parâmetros.

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa};$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^2/1,4 = 1,786 \text{ kN/cm}^2;$$

$$f_{scd} = 23800.0,002/1,15 = 41,39 \text{ kN/cm}^2;$$

$$\rho = 0,15\% = 0,0015;$$

$$t = 0,10 \text{ m};$$

$$H = 2,88 \text{ m};$$

$$\lambda = H\sqrt{12}/t = 2,88\text{m} \cdot 3,46/0,10\text{m} = 99,77$$

$$\text{Como: } 86 < \lambda = 99,77 < 120$$

$$K_1 = \lambda/35 = 99,97/35 = 2,85$$

$$K_2 = 0,39$$

Substituindo na equação:

$$\eta d, resist = \frac{(0,85 \cdot 1,786 + 41,39) \cdot 10}{2,85[1 + 3 \cdot 0,39(2 - 0,39)]} \leq \frac{(0,85 \cdot 1,786 + 41,39) \cdot 10}{1,643}$$

$$\leq 0,4 \cdot 1,786 \cdot (30 \cdot 0,1)$$

$$\eta d, resist = 191,41 \frac{kN}{m} \leq 961,6 \frac{kN}{m} \leq 2142,86 \frac{kN}{m}$$

Com o cálculo da resistência de acordo, realiza-se a verificação:

$$\eta d, resist = 191,41 \frac{kN}{m} \geq 53,90 \frac{kN}{m}$$

Portanto, a resistência está de acordo, sendo superior que a maior solicitação de carga dentre os grupos de parede.

Verificando a segurança ao estado limite último para as solicitações normais, temos que a força resistente deve ser maior ou igual a soma entre o carregamento máximo e mínimo, ou seja, $191,41 \text{ kN/m} \geq 14,91 \text{ kN/m}$. Portanto está de acordo com as exigências da norma.

APÊNDICE B - CÁLCULO DA ARMADURA DE REFORÇO

Para dimensionar a armadura de reforço nas aberturas, é necessário primeiramente obter o esforço solicitante, sendo este a soma entre o peso próprio da parede e a reação da laje. Com isso, as armaduras de verga e contraverga devem ser calculadas como vigas, apoiadas nas laterais. As dimensões da viga são:

Comprimento (L) – 1,20m

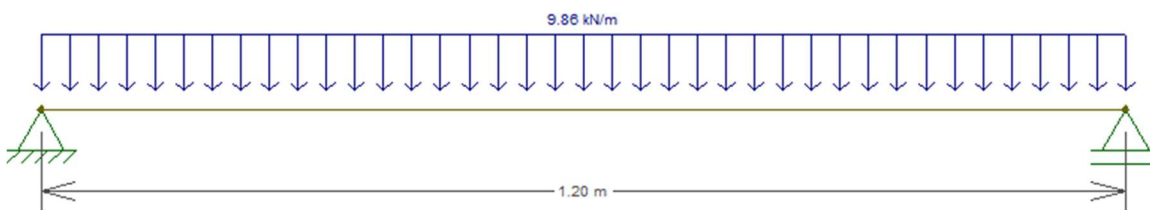
Altura (h) – 60cm

Largura (bw) – 10cm

Altura útil (d) – 57cm

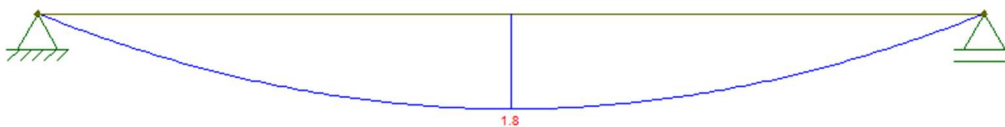
O esforço total para a abertura janela J1 será:

Esforço total na Janela J1



Com isso, temos a reação de momento Md para a abertura J1.

Reação de Momento na Abertura Janela J1



Calcula-se então o coeficiente Kc pela seguinte fórmula:

$$K_c = \frac{b_w \cdot d^2}{1,4 * M_d}$$

$$Kc = \frac{10 * 57^2}{1,4 * 180}$$

$$Kc = 128,93$$

Usando o coeficiente Kc, buscamos pelo coeficiente Ks pela tabela de flexão simples em seção retangular.

FLEXÃO SIMPLES EM SEÇÃO RETANGULAR - ARMADURA SIMPLES										
$\beta_x = \frac{x}{d}$	Kc (cm ² /kN)								Kc (cm ² /kN)	Dom.
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	CA-50	
0.01	137,8	103,4	82,7	68,9	59,1	51,7	45,9	41,3	0,023	2
0.02	69,2	51,9	41,5	34,6	29,6	25,9	23,1	20,8	0,023	
0.03	46,3	34,7	27,8	23,2	19,8	17,4	15,4	13,9	0,023	
0.04	34,9	26,2	20,9	17,4	14,9	13,1	11,6	10,5	0,023	
0.05	28,0	21,0	16,8	14,0	12,0	10,5	9,3	8,4	0,023	
0.06	23,4	17,6	14,1	11,7	10,0	8,8	7,8	7,0	0,024	
0.07	20,2	15,1	12,1	10,1	8,6	7,6	6,7	6,1	0,024	
0.08	17,7	13,3	10,6	8,9	7,6	6,6	5,9	5,3	0,024	
0.09	15,8	11,9	9,5	7,9	6,8	5,9	5,3	4,7	0,024	
0.10	14,3	10,7	8,6	7,1	6,1	5,4	4,8	4,3	0,024	
0.11	13,1	9,8	7,8	6,5	5,6	4,9	4,4	3,9	0,024	
0.12	12,0	9,0	7,2	6,0	5,1	4,5	4,0	3,6	0,024	
0.13	11,1	8,4	6,7	5,6	4,8	4,2	3,7	3,3	0,024	
0.14	10,4	7,8	6,2	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	0,024	
0.15	9,7	7,3	5,8	4,9	4,2	3,7	3,2	2,9	0,024	
0.16	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4	3,1	2,7	0,025	
0.17	8,7	6,5	5,2	4,3	3,7	3,2	2,9	2,6	0,025	
0.18	8,2	6,2	4,9	4,1	3,5	3,1	2,7	2,5	0,025	
0.19	7,8	5,9	4,7	3,9	3,4	2,9	2,6	2,3	0,025	
0.20	7,5	5,6	4,5	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	0,025	
0.21	7,1	5,4	4,3	3,6	3,1	2,7	2,4	2,1	0,025	
0.22	6,8	5,1	4,1	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	0,025	
0.23	6,6	4,9	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2	2,0	0,025	
0.24	6,3	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	0,025	
0.25	6,1	4,6	3,7	3,1	2,6	2,3	2,0	1,8	0,026	
0.26	5,9	4,4	3,5	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8	0,026	
0.27	5,7	4,3	3,4	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7	0,026	
0.28	5,5	4,1	3,3	2,8	2,4	2,1	1,8	1,7	0,026	
0.29	5,4	4,0	3,2	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	0,026	
0.30	5,2	3,9	3,1	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	0,026	
0.31	5,1	3,8	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	0,026	
0.32	4,9	3,7	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	0,026	
0.33	4,8	3,6	2,9	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	0,026	
0.34	4,7	3,5	2,8	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	0,027	
0.35	4,6	3,4	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	0,027	
0.36	4,5	3,3	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	0,027	
0.37	4,4	3,3	2,6	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3	0,027	
0.38	4,3	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	0,027	
0.40	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	0,027	
0.42	3,9	2,9	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	0,028	
0.44	3,8	2,8	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	0,028	
0.45	3,7	2,8	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,028	
0.46	3,7	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,028	
0.48	3,5	2,7	2,1	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	0,028	
0.50	3,4	2,6	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,029	
0.52	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,029	
0.54	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,029	
0.56	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,030	
0.58	3,1	2,3	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,030	
0.60	3,0	2,3	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,030	
0.62	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,031	
0.63	2,9	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,031	

Encontramos que o valor de Ks será 0,023.

Partindo então para o cálculo da área de aço da armadura para a seguinte abertura, temos a fórmula:

$$As = ks \cdot 1,4 \cdot \frac{Md}{d}$$

$$As = 0,1 \text{ cm}^2$$

Por ser menor que a armadura mínima requerida pela norma ABNT NBR 16055:2022, adotamos que a área de aço será de 1cm² para verga e 0,5cm² para contraverga. Pela tabela de área de aço da NBR 7480:2022, temos que 2Ø será o suficiente para suprir as armaduras mínimas.