



2022

## PAREDES DE CONCRETO ARMADO: SÍNTESE DO MÉTODO CONSTRUTIVO E DIMENSIONAMENTO

Ederley Soares Marques <sup>a</sup>; Munir Mohamed Kassab <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Aluno de Graduação em Engenharia Civil, [ederley\\_marques@hotmail.com](mailto:ederley_marques@hotmail.com)

<sup>b</sup> Professor Orientador da UFMS - FAENG, [munir.kassab@ufms.br](mailto:munir.kassab@ufms.br)

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

---

### RESUMO

As estruturas de concreto armado compõem um dos sistemas construtivos mais utilizados no Brasil quando comparado quantitativamente às de madeira, aço ou mistas. Na maioria das construções, elementos estruturais de concreto armado, que compõem uma superestrutura, formam uma espécie de esqueleto onde os mesmos se apoiam, quase que “hierarquicamente”, numa sequência tradicional de elementos planos, lineares e volumétricos. As lajes apoiadas em vigas, as vigas em pilares e estes nas fundações, exemplificam a sequência. Contudo, alguns métodos alternativos de construção podem interromper esta suposta “hierarquia” mostrando-se também eficientes. A utilização de elementos estruturais de concreto armado em fechamento de vãos, como por exemplo, as paredes de concreto armado, tem se mostrado como uma alternativa ao sistema convencional de paredes construídas de tijolos. Em se tratando de uma estrutura autoportante, estas recebem as cargas oriundas das lajes e as transferem diretamente aos elementos de fundações, eliminando, portanto, as vigas de respaldo ou vigas cintas e também as vigas baldrames. Portanto, num pensamento dentro de um contexto construtivo e inovador, um sistema alternativo para edificações de pequeno e médio porte é o de paredes de concreto armado moldadas *in loco*. Este sistema, proporcionou às empresas construtoras redução dos custos operacionais e, principalmente, maior rapidez na produtividade. Diante disso, apresenta-se neste trabalho, uma sistemática produtiva de paredes de concreto armado moldadas *in-loco*, abordando as principais etapas construtivas, as prescrições normativas nacionais vigentes e, finalizando com a idealização de dois exemplos numéricos de cálculo. Convém ressaltar que este trabalho não tem a intenção de substituir os livros textos, apostilas ou artigos técnicos-científicos que tratam do assunto de uma forma bem mais ampla, senão o fato de apresentar sucintamente esse sistema construtivo.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto armado. Sistema construtivo e Dimensionamento.

### ABSTRACT

Reinforced concrete structures are one of the most used building systems in Brazil when compared quantitatively to wood, steel or mixed. In most constructions, structural elements of reinforced concrete, which make up a superstructure, form a kind of skeleton where they are supported, almost “hierarchically”, in a traditional sequence of flat, linear and volumetric elements. The slabs supported on beams, the beams on pillars and these on foundations, exemplify the sequence. However, some alternative construction methods can interrupt this supposed “hierarchy” and also prove to be efficient. The use of reinforced concrete structural elements to close gaps, such as reinforced concrete walls, has been shown to be an alternative to the conventional system of brick walls. In the case of a self-supporting structure, these receive the loads from the slabs and transfer them directly to the foundation elements, therefore eliminating the support beams or belt beams. Therefore, in a thinking within a constructive and innovative context, an alternative system for small and medium-sized buildings is that of cast-in-place reinforced concrete walls. This system provided construction companies with a reduction in operating costs and, above all, faster productivity. In view of this, this work presents a productive systematic of cast-in-place reinforced concrete walls, addressing the main construction stages, the current national normative prescriptions, ending with the idealization of two numerical examples of calculation. It should be noted that this work is not intended to replace existing textbooks, handouts or technical-scientific articles that deal with the subject in a broader way, but the fact of succinctly presenting this constructive system.

**Keywords:** Reinforced Concrete Walls. Construction System and Dimensioning.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil apresenta de certa forma um atraso ou lentidão frente à outros setores de produções industrializados. Os meios de produção na maior parte das obras, principalmente de pequeno e médio porte, não possuem uma estratégia eficiente de produção, pois não há planejamento adequado previamente estabelecido, que visa desde o atendimento às necessidades do cliente, logística de produção, controle de qualidade, controle de custos até a competitividade de preços de mercado.

Em paralelo a todas essas deficiências, existe uma necessidade cada vez maior de construções mais eficientes, reduzindo grandemente a produção de resíduos e aumentando a velocidade da produção. O problema ainda é potencializado devido ao déficit habitacional presente em todo o território nacional.

Desse modo, configura-se uma grande demanda por moradias populares, onde o custo é o principal fator de viabilidade de um empreendimento. Essa realidade exige que as construtoras busquem alguma alternativa nas metodologias construtivas que tragam maior industrialização aos canteiros de obras.

Muitas são as possibilidades de inovação e, sendo o concreto o material mais utilizado na construção civil no país, as opções quase sempre são as mesmas, ou seja, variações do seu método tradicional de fabricação e suas aplicações.

O sistema construtivo em paredes de concreto armado, desempenha um papel importantíssimo nessa modernização. A sua rápida execução, juntamente com uma considerável diminuição de perdas, permite que ela tenha uma função primordial nesse processo.

Parede de concreto armado moldada *in loco* é um conhecido método construtivo estrutural que pode ser empregado desde casas térreas, sobrados e até mesmo em edifícios de múltiplos pavimentos. Nesse sistema, a parede de concreto acumula as funções estruturais e de fechamento, instalações elétricas e hidráulicas são previamente embutidas e podem haver aberturas para portas e janelas.

Segundo Missureli e Massuda (2009) o método surgiu com experiências bem-sucedidas com concreto celular e concreto convencional, nas décadas de 70 e 80. Entretanto, devido à desaceleração econômica do período, o sistema foi descontinuado. Seu retorno se deu a partir dos anos 2000 com o aquecimento do setor motivado por políticas públicas de incentivo à moradia popular.

As recomendações normativas com requisitos e procedimentos são recentes, tomando por base a NBR 16055 (ABNT, 2012) – Parede de concreto moldada

no local para construções de edificações – Requisitos e procedimentos (atualmente em processo de revisão). Para que se chegasse a esse código, de acordo com Missureli e Massuda (2009), foi necessário a adaptação da NBR 6118, da norma norte-americana ACI 318 e da norma francesa DTU 23.1.

## 2 OBJETIVO

Motivado pela demanda crescente do uso sistema de paredes de concreto moldado *in-loco*, este trabalho tem como objetivo geral, apresentar primeiramente os aspectos normativos e construtivos vigentes no Brasil, mostrar por meio de um exemplo prático idealizado de cálculo e dimensionamento estrutural de uma parede de concreto, com intuito principal de deixar um legado ou fornecer uma possibilidade extra como fonte de consulta ou pesquisa, para construtores, técnicos em edificações, estudantes de engenharia ou engenheiros que estão diretamente ligados a esse tipo de construção.

Particularizando como objetivo específico, o trabalho apresenta a evolução do uso de paredes de concreto armado, desde seu início nos anos 70 até os dias atuais, descreve o sistema construtivo, demonstra os principais quesitos normativos vigentes e finaliza com dois exemplos idealizados de cálculo para o dimensionamento.

## 3 METODOLOGIA

Para se alcançar o objetivo proposto neste trabalho, foi realizada inicialmente uma pesquisa bibliográfica para se identificar cronologicamente a utilização desse sistema construtivo.

Em seguida são apresentadas, os principais aspectos e técnicas construtivas empregadas no Brasil, destacando-se algumas peculiaridades que a diferem da metodologia convencional de paredes de tijolos.

Finalmente, apresentam-se os exemplos numéricos de cálculo e dimensionamento de duas paredes de concreto armado moldado *in loco*, tomando-se como base a norma vigente NBR 16055 (ABNT, 2012).

## 4 HISTÓRICO

Segundo Sacht, Rossignolo e Bueno (2011), a criação do Banco Nacional da Habitação BNH em 1966 fez despontar grandes programas habitacionais na década de 70. Contudo na década de 80, a extinção desse Banco foi o motivador para a busca por sistemas inovadores, em que as construtoras buscavam novas tecnologias a fim de racionalizar a produção, otimizar as atividades e minimizar os custos de execução. Atendendo a esses requisitos, destacou-se o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*.

Uma dessas empresas foi a Gethal, fundada 1946 em Caxias do Sul/RS, que em 1980 desenvolveu o sistema de paredes e lajes em concreto moldadas no local, sistema este que permitia, já na ocasião, a construção de paredes e lajes em apenas um dia. A Gethal fez pesquisa internacional e junto com empresas do setor desenvolveu a tecnologia de produção e aplicação de formas para paredes de concreto moldadas no local para habitações, Missureli e Massuda (2009).

Na mesma época, segundo Macêdo (2016), a empresa francesa Outinord utilizava um sistema de paredes de concreto moldadas no local, onde eram utilizadas formas metálicas em formato de túnel que permitiam a concretagem simultânea de paredes e lajes. Essa tecnologia foi importada para o Brasil, na tentativa de implantá-la, mas não houve sucesso.

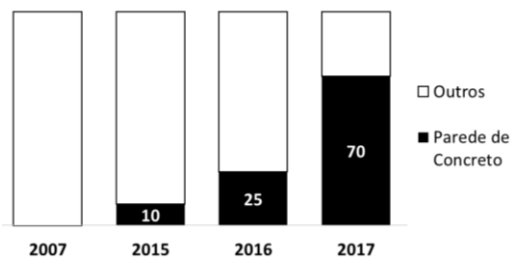
Segundo Missureli e Massuda (2009), devido à falta de escala e de continuidade de obras nesses padrões, principalmente pelas limitações financeiras da época, essas tecnologias não se consolidaram no mercado brasileiro e retornaram há menos de duas décadas com o crescimento do mercado imobiliário impulsionado pelas contínuas medidas públicas de incentivo para ampliar a oferta de moradias populares.

A formalização dos procedimentos e métodos utilizados atualmente no país, segundo o IBRACON (2018), é fruto de um trabalho técnico-científico iniciado em 2007 pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em parceria com a Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC) e o Instituto Brasileiro de Tela Soldada (IBTS), e posteriormente, algumas construtoras como a MRV Engenharia, Brookfield, dentre outras. Como resultado dessa união ocorreu o surgimento de cinco publicações denominadas “Coletânea de Ativos – Paredes de Concreto”, pela ABCP. Além disso, grande parte do conhecimento adquirido foi a base para a norma brasileira NBR 16055 (ABNT, 2012) “Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos” (atualmente em revisão).

A construtora MRV exemplifica a evolução da adoção do sistema construtivo. Segundo o IBRACON (2018), até o ano de 2009 a alvenaria estrutural era unanimidade em suas obras, mas, aos poucos começou a ser substituída. Nos últimos anos a construtora vem implantando gradativamente o sistema das paredes de concreto armado nos empreendimentos com perfil popular, para financiamento por programas como o “Minha Casa Minha Vida” (atualmente Casa Verde Amarelo), prioridade comercial da construtora, tanto aqui no Estado de Mato Grosso do Sul como nos demais Estados Brasileiros onde a construtora atua.

Anda conforme IBRACON (2018), entre os anos de 2015 e 2017, a aplicação do método construtivo nos canteiros de obras de novos condomínios aumentou 60% e a previsão foi de que até o final de 2018 o número crescesse ainda mais. Estima-se que neste ano ocorra um avanço de até 15%, resultando em um total de 85% de obras da empresa produzidas exclusivamente de paredes de concreto, conforme pode-se observar na Figura 1.

Figura 1 – Evolução da aplicação do método construtivo das paredes de concreto nos empreendimentos MRV (%)



Fonte: IBRACON (2018)

Em Campo Grande/MS não foi diferente, o sistema começou a ser utilizado pela referida construtora em grande escala a partir da segunda metade da década passada, em empreendimentos do tipo condomínio de apartamentos com blocos de 16 unidades individuais em 4 pavimentos. Essa empresa já atuava no mesmo seguimento na cidade anteriormente com o sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto.

Mais recentemente, a construtora Skanix está utilizando, de maneira pioneira, o sistema construtivo aplicado às casas de alto padrão em empreendimentos do tipo condomínio.

Baseado no II Congresso Iberoamericano de Habitação, conforme o IBRACON (2018), atualmente o sistema construtivo absorve 20% menos mão de obra, gera redução no custo final da obra de 30% e permite construir a edificação utilizando a metade do tempo consumido pelas alvenarias convencionais e estruturais.

No mesmo congresso foram mostrados dados da Caixa Econômica Federal de 2016 que revelam que a tecnologia foi predominante em 52% dos projetos apresentados aos bancos para captação de recursos. Isso revela um rápido crescimento na adesão às paredes de concreto, já que em 2014 apenas 36% das unidades produzidas com recursos da Caixa utilizavam o sistema. A tecnologia também começa a ser dominante no México, na Costa Rica, na Colômbia, na Bolívia e no Chile.

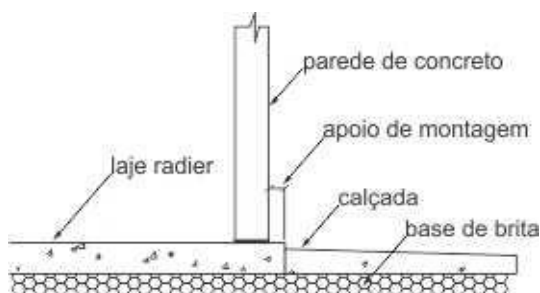
## 5 SISTEMA CONSTRUTIVO

Parede de concreto armado, é um tipo de elemento estrutural e de vedação, moldada *in loco*, construída monoliticamente e apresenta uma característica singular: ligação diretamente a um elemento de fundação.

Para que o sistema parede-fundação se torne rígido e solidário, é necessário que haja travamento entre ambos os elementos estruturais. No caso de haver alguma impossibilidade de travamento, a parede deverá ser então calculada como pilar-parede segundo recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014).

O tipo mais utilizado como elemento de fundação é a laje tipo radier, pois além da rapidez em sua construção, impede as deformações por recalques de apoio, maximizando a rigidez necessária as paredes. A Figura 2 mostra uma laje tipo radier suportando uma parede de concreto moldado *in loco*.

Figura 2 – Laje do tipo radier apoiando uma parede de concreto moldado *in-loco*.



Fonte: ABCP (2007).

### 5.1 ELEMENTOS DE FORMAS

Da mesma forma que no sistema convencional de estruturas de concreto armado, utilizam-se formas provisórias para acomodar e confinar o concreto, as ferragens necessárias e também todos os elementos hidráulicos e elétricos, alcançando a geometria desejada e conveniente ao projeto arquitetônico.

Em contraste com sua praticidade de montagem, desmontagem, durabilidade e resistência, as formas utilizadas para este tipo de construção, constituem um elemento oneroso ao projeto como um todo, pois devido ao seu custo relativamente elevado, poderá encarecê-lo tornando de certa forma até inviável.

Segundo ABCP (2007), há basicamente três tipos diferentes de formas utilizadas na fabricação de paredes de concreto: formas metálicas, formas mistas e formas poliméricas.

As formas metálicas, principalmente de alumínio, devido a sua leveza, flexibilidade, resistência e durabilidade, são as mais utilizadas neste tipo de construção, Figura 3. Por outro lado, apesar de ter o

custo mais elevado em relação as demais tipos de formas, oferecem a vantagem de poderem ser reutilizadas diversas vezes, reduzindo assim, o custo global da edificação.

Figura 3 – Formas Metálicas - Alumínio Monoportante



Fonte: COSTA (2013).

As formas mistas, possuem uma parte metálica composta por alumínio ou aço e outra parte por chapas de madeira compensada ou material sintético. O metal empregado em sua parte estrutural, forma um quadro estável e rígido, fornecendo suporte à parte de madeira. As chapas de madeira são devidamente fixadas no suporte metálico para estancar ou confinar o concreto e dar forma geométrica à peça a ser concretada, Figura 4.

Figura 4 – Formas Mistas (metal e madeira)



Fonte: ABCP (2007).

Por fim, as formas compostas por polímeros utilizam quadros e chapas feitas em plástico reciclável, tanto para estruturação de seus painéis como para dar acabamento à peça concretada, com estruturas metálicas de contraventamento, garantindo estabilidade ao painel, conforme Figura 5 abaixo.

Figura 5 – Formas de Polímeros



Fonte: ABCP (2007).

## 5.2 ARMADURAS DE AÇO NECESSÁRIAS

As armaduras de aço, imprescindíveis a elementos de concreto armado, em se tratando de paredes de concreto, além de serem empregadas para resistirem aos esforços de flexo-torção, que solicitam o plano longitudinal e transversal do elemento e controlar a retração do concreto, também dão suporte à fixação das tubulações para instalações elétricas, hidráulicas, lógica e de gás, (ABCP, 2007).

Usualmente, utilizam-se telas soldadas posicionadas no eixo das paredes ou nas duas faces, dependendo do dimensionamento do projetista, além de barras em pontos específicos, como: cinta de travamento nas paredes, vergas e contra-vergas nas portas e janelas.

As armaduras mínimas são definidas no item 17.3.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012), para as armaduras verticais, horizontais, de ligação e duplas.

## 5.3 CONCRETO – ESPECIFICAÇÕES

A NBR 16055 (ABNT, 2012), estabelece as diretrizes para o preparo, lançamento e responsabilidades técnicas relativas ao cumprimento total das prescrições constante nas NBR 126655 (ABNT, 2022) e NBR 7212 (ABNT, 2021).

Para efeitos práticos, segundo a ABCP (2007), considera-se as classes de concreto conforme a Tabela 1, exclusivamente para as paredes de concreto.

As classes L1 e M com resistência igual à resistência mínima especificada nesta tabela, só podem ser utilizadas para paredes de concreto em construções de até dois pavimentos.

Tabela 1 – Classes de concreto para paredes estruturais

Tipo	Descrição	Massa Específica [kg/m³]	Resistência à compressão mínima [MPa]
L1	Concreto Celular	1500 a 1600	4
L2	Concreto com agregado leve	1500 a 1800	20
M	Concreto com ar incorporado	1900 a 2000	6
N	Concreto normal	2000 a 2800	20

Fonte: ABCP (2007).

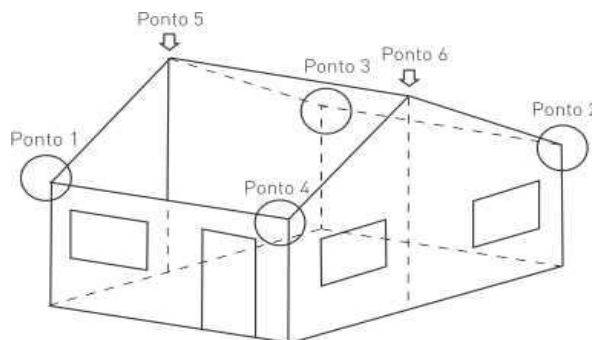
### 5.3.1 CONCRETO – LANÇAMENTO

De acordo com a ABCP (2007), o lançamento do concreto nas fôrmas deve ser precedido de um plano de concretagem levando-se em consideração as características do concreto que será utilizado, a geometria das fôrmas e o layout do canteiro.

A Figura 6, mostra uma numeração sequencial de uma concretagem de uma edificação térrea de pequeno porte. Iniciando-se em um dos cantos da edificação,

até que uma significativa parcela das paredes próximas ao ponto esteja totalmente cheia, muda-se a concretagem para uma posição de canto oposto ou diagonal, seguindo assim até que se complete o rodízio nos quatro cantos opostos da estrutura. Por último, é realizada a concretagem na linha mais elevada das fôrmas e dos oitões.

Figura 6 – Sequência de lançamento do concreto.



Fonte: ABCP (2007).

## 5.4 JUNTAS DE DILATAÇÃO

Nas interfaces de elementos estruturais com diferentes características reológicas, módulo de elasticidade, rigidez, coeficientes de dilatação térmica, dentre outros fatores, é comum o aparecimento de fissuras causadas por variações de tensões causadas por diferentes solicitações, como por exemplo: tensões de flexão, tensões de cisalhamento, tensões térmicas, etc.

Diante dessa situação, para controlar as possíveis fissuras, deve-se analisar a necessidade da colocação de juntas verticais nas interfaces alvenaria-concreto, principalmente.

As juntas podem ser passantes ou não passantes, pré-formadas ou serradas. Na falta de ensaios específicos, adota-se o distanciamento máximo de 8,0m entre as juntas para paredes internas e 6,0m para paredes externas. Essas juntas são denominadas juntas de controle. No caso em que a deformação por efeito da variação da temperatura vir a comprometer a integridade do conjunto, recomenda-se o uso de juntas de dilatação devidamente especificadas em normas.

## 5.5 INSTALAÇÕES

É característica importante do sistema a exigência de que após a desforma, as paredes contenham, embutidos em seu interior, todos os elementos previstos em projeto tais como: esquadriais (batentes de portas e caixilhos de janelas), tubulações elétricas hidráulicas, elementos de fixação de cobertura e de fixação com a laje de fundação.

### 5.5.1 INSTALAÇÕES DAS ESQUADRIAS

Os elementos de esquadrias (batentes de portas e caixilhos de janelas) podem ser colocados simultaneamente à montagem dos demais componentes das paredes. O procedimento mais recomendado é embutir esses elementos nos painéis de fôrmas. Logicamente, todos os elementos de esquadrias devem ter espessura igual ou inferior à largura das paredes.

A repetitividade dos projetos é uma característica desse sistema, fazendo com que as janelas e portas estejam posicionadas sempre nos mesmos painéis de fôrmas, para isto, lança-se mão de uma numeração apropriada e prática para todos elementos envolvidos nesta etapa.

### 5.5.2 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Os pontos de conexões da rede hidráulica devem ser marcados previamente em todos os painéis de fôrmas a serem utilizados nesta etapa já na primeira montagem, assinalando sempre as mesmas posições visando operações futuras de execução.

Para as fôrmas que utilizam chapas metálicas como acabamento, deve-se evitar as furações para a fixação das peças hidráulicas. Nesses casos, além de amarrarmos nas armaduras, deve-se colocar espaçadores entre a rede de tubos hidráulicos e as faces dos painéis para garantir o recobrimento e o posicionamento das peças.

Para aumentar a produtividade dos serviços e a qualidade das instalações, há a possibilidade de se trabalhar com kits hidráulicos, montando os tubos e conexões previamente em uma central. Porém, antes de posicionar nas fôrmas, os kits deverão ser testados, prevenindo eventuais vazamentos.

### 5.5.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A montagem da rede elétrica segue a mesma sistemática apresentada para a rede hidráulica. Os pontos elétricos são fixados nos painéis de fôrmas de paredes por meio de gabaritos, de acordo com a posição indicada nos respectivos projetos. Em caixas que apresentem orifícios por onde possa entrar o concreto, devem ser feitos preenchimentos com papel ou pó de serra, impedindo assim que o concreto obstrua os orifícios dos dutos elétricos.

Os eletrodutos devem ser fixados às armaduras, evitando-se que sejam deslocados durante o lançamento do concreto. Devem ser colocados espaçadores entre a rede de dutos e os moldes de paredes para garantir o recobrimento e o posicionamento conforme Figura 7 abaixo.

Figura 7 – Rede elétrica no sistema parede de concreto



Fonte: COSTA (2013).

## 6 DIMENSIONAMENTOS DE PAREDES DE CONCRETO

Neste item são apresentadas as verificações de cálculo e os dimensionamentos necessários à estrutura de concreto em questão. As verificações são realizadas quanto as resistências de cálculo da estrutura frente aos esforços solicitantes de compressão e de cisalhamento, enquanto que o dimensionamento é realizado em relação ao esforço de tração. Recomendações segundo a norma em relação às aberturas nas paredes também são apresentadas.

Do mesmo modo em que são verificadas as peças de concreto armado, conforme NBR 6118 (ABNT,2014), a resistência aos esforços solicitantes de uma parede de concreto armado deve ser sempre maior ou igual aos esforços solicitantes, ou seja, a resistência tem que ser maior ou igual às solicitações. Em se tratando de paredes de concreto armado, a única diferença em relação à NBR 6118 (ABNT, 2014), está na forma como se determinam os valores dessas resistências e sua comparação com o valor dos esforços solicitantes.

### 6.1.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

No item 17.5 da NBR 16055 (ABNT, 2014). define-se a resistência normal de cálculo a compressão, tomando-se como parâmetro de cálculo, uma carga de pressão de vento agindo perpendicularmente ao plano frontal da parede com valor máximo de 1,0kN/m<sup>2</sup>, conforme pode ser obtido pela equação 1 abaixo:

$$n_{d, resist} = \frac{(0,85 f_{cd} + \rho \times f_{scd}) t}{k_1 [1 + 3k_2 (2 - k_2)]} \leq \frac{(0,85 f_{cd} + \rho \times f_{scd}) t}{1,643} \leq (0,4 f_{cd} \times A_c) \quad (1)$$

Onde:

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

$\rho$  é a taxa geométrica da armadura vertical da parede, que segundo o item 17.5.1 NBR 16055 (ABNT, 2012), não deve ser maior que 1%;

$t$  é a espessura da parede;

$A_c$  é a área da seção transversal de concreto da parede.

Sendo:

$f_{cd}$  = resistência de cálculo do concreto.

$f_{sca} = E_s \cdot 0,002 / \gamma_s$  tensão no aço considerando a compatibilização da deformação no aço com a do concreto adjacente

$\gamma_c = 1,4 \cdot 1,2 = 1,68$  e  $\gamma_s = 1,15$

Para:  $35 \leq \lambda \leq 86 \rightarrow k_1 = \lambda/35, k_2 = 0$

Para:  $86 \leq \lambda \leq 120 \rightarrow k_1 = \lambda/35, k_2 = \frac{\lambda-86}{35}$

Onde:  $\lambda$  representa o índice de esbeltez dado pela razão entre o comprimento equivalente descrito na Figura 14 do anexo A.1, e o raio de giração da peça.

As paredes do último pavimento devem ser calculadas como engastadas na parte inferior e apoiadas na laje de cobertura na parte superior. As paredes dos demais pavimentos devem ser calculadas como bi engastadas.

### 6.1.1.1 VERIFICAÇÃO À COMPRESSÃO

O dimensionamento é atendido se os esforços solicitantes obtidos, por metro linear, forem menores que o valor resistente de cálculo da força normal de compressão, obtida pela equação 1, para cada trecho de parede.

Quanto à segurança no estado limite último, considera-se atendida, caso a equação 2 dada a seguir seja comprovada.

$$n_{d, resist} \geq \frac{3 \times n_{d, max} + n_{d, min}}{4} \quad (2)$$

Onde:

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

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

No caso de tração o  $n_{d, min}$  é igual a zero.

### 6.1.2 VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO

De acordo com o item 17.6.2 da NBR 16055/2012, a força cortante solicitante de cálculo, em cada parede,

não pode superar a força cortante resistente de cálculo. A equação 3 abaixo, exemplifica esta proposição.

$$V_d \leq f_{vd} \quad (3)$$

Onde:

$$f_{vd} = 0,3 \times f_{ct,d} \times \left( 1 + \frac{3\sigma_{cmd}}{f_{ck}} \right) \sum (t \times l) \quad (4)$$

Na equação 4, há um limite para o termo abaixo:

$$1 + \left( \frac{3\sigma_{cmd}}{f_{ck}} \right) \leq 2,0 \quad (5)$$

Sendo:

$$f_{ct,d} = \frac{0,21 \times (f_{ck})^{2/3}}{\gamma_c} \quad (6)$$

Onde:

$\sigma_{cmd}$  é a tensão média de cálculo no concreto comprimido, expressa em megapascal (MPa);

$t$  é a largura de cada trecho que compõe uma mesma parede, expressa em metros (m);

$l$  é o comprimento de cada trecho que compõe uma mesma parede tomado sempre da direção do esforço cortante, expresso em metros (m);

$f_{ck}$  é a resistência característica à compressão do concreto, expressa em megapascal (MPa).

Caso a equação 3 não seja atendida, deve-se armar a parede ao cisalhamento com área de armadura calculada utilizando as equações 7 e 8 a seguir:

$$A_{sh}/s \leq V_d/f_{yd} \quad (7)$$

$$A_{sv}/s \leq (V_d - n_d/2)/f_{yd} \quad (8)$$

Sendo  $V_d$  a força cortante por unidade de comprimento e  $n_d$  a força de compressão por unidade de comprimento na mesma seção.

### 6.1.3 VERIFICAÇÃO À TRAÇÃO

Os efeitos de tração ocorrem devido às resultantes de forças e momentos fletores no plano da parede.

De acordo com o item 17.5.3 da NBR 16055/2012, para efeito de dimensionamento à tração, devem ser considerados todos os casos de carregamento e combinações que ocorrem em cada trecho da parede.

Na falta de método mais preciso permite-se utilizar a equação 2, em todo o trecho tracionado.

### 6.1.4 CARGAS LOCALIZADAS

A tensão de contato de cálculo provocada por elementos não contínuos não pode superar o valor dado pela equação 9, constante no item 17.7 da NBR 16055 (ABNT, 2012).

$$\sigma_{cont,d} \leq 0,85 f_{cd} \quad (9)$$

### 6.1.5 DIMENSIONAMENTO PARA ABERTURAS

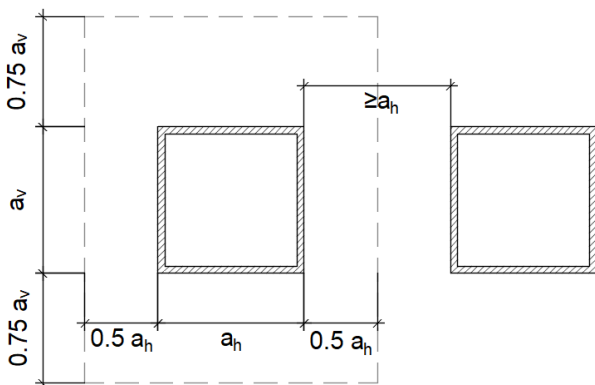
No caso de haver aberturas em paredes, o item 17.8 da NBR 16055/2012, estabelece algumas diretrizes a serem seguidas quanto ao seu dimensionamento.

Assim, o dimensionamento das paredes ao redor de uma abertura, deve ser realizada determinando-se uma região de influência nas proximidades da abertura.

Para uma abertura de dimensão horizontal  $a_h$  e dimensão vertical  $a_v$ , deve ser considerada uma região de influência de  $0,5 a_h$  de cada lado, horizontalmente, e de  $0,75 a_h$  de cada lado, verticalmente.

No caso de existirem aberturas consecutivas na direção horizontal na mesma parede, elas devem estar espaçadas entre si de no mínimo  $a_h$ , conforme mostrada Figura 8. Caso isto não ocorra, o trecho entre as aberturas deverá ser dimensionado como sendo um pilar ou pilar-parede.

Figura 8 – Modelo horizontal de aberturas consecutivas em uma parede de concreto armado.



Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012).

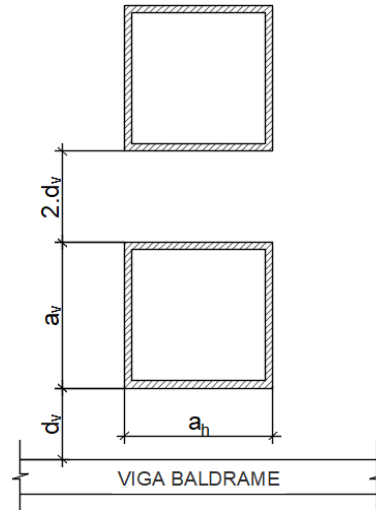
Quando se projeta aberturas em paredes de concreto armado, deve-se estudar as tensões de cisalhamento concentradas que agem no entorno dessas aberturas.

O item 17.8.2.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012), estabelece que para que as tensões cisalhantes tenham valores constantes, é necessário que haja uma distância de influência, medida na vertical, de no mínimo  $d_v$  entre a extremidade inferior da abertura e uma estrutura fixa de apoio, como por exemplo, uma viga baldrame.

No caso de haver duas aberturas consecutivas na direção vertical, então considera-se que as tensões

cisalhantes sejam constantes apenas a partir de uma distância mínima de  $2d_v$ . A Figura 9 a seguir exemplifica esta situação no projeto.

Figura 9 – Modelo vertical de aberturas consecutivas em uma parede de concreto armado.



Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012).

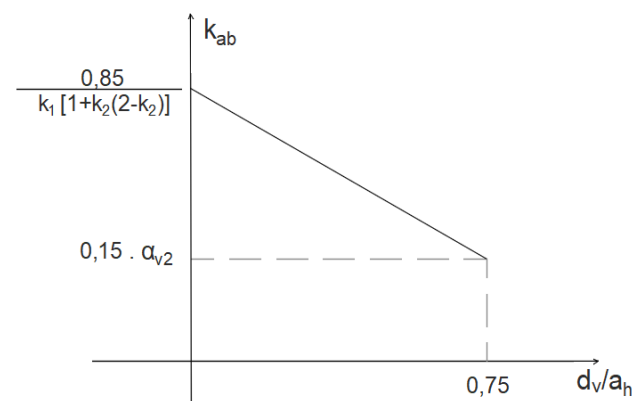
Ainda com relação ao modelo vertical de aberturas, a parcela de carga que se desvia sob a abertura é obtida em função da distância de influência e também do coeficiente  $K_{ab}$ . Esta parcela de desvio é nula para aberturas contínuas ( $d_v = 0$ ) e é total para  $d_v = 0,75 a_h$ . Os valores de  $K_{ab}$  variam da seguinte forma:

a) Para  $d_v \geq 0,75 a_h \rightarrow K_{ab} = 0,15 \cdot \alpha_{v2}$

sendo:  $\alpha_{v2} = 1 - (f_{ck} / 250) \rightarrow f_{ck}$  (MPa).

b) Para  $d_v < 0,75 a_h$ , deve-se interpolar linearmente utilizando o gráfico da Figura 10, com  $k_1$  e  $k_2$ , obtidos conforme item 17.5.1 da NBR 16055 (ABNT, 2012).

Figura 10 – Valores do coeficiente  $k_{ab}$ .



Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012).

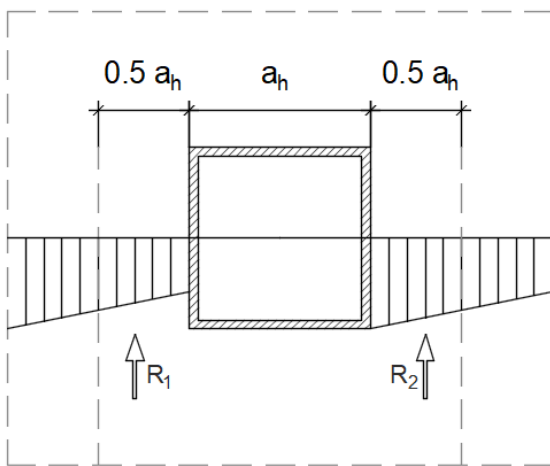


### 6.1.6 CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO RELATIVAS AO ESFORÇO SOLICITANTE

No que diz respeito às considerações relativas ao esforço solicitante no cálculo do dimensionamento de uma parede de concreto armado que possui abertura, conforme item 17.8.2.3 da NBR 16055 (ABNT, 2012) deve-se considerar a maior força resultante vertical obtida no modelo estrutural que necessariamente deve contemplar as aberturas.

Sendo assim, toma-se então a maior entre as duas forças resultantes R1 e R2 obtidas pela integração das tensões normais atuantes numa região não menor do que  $a_h/2$  de cada lado das aberturas. A Figura 11 mostrada a seguir, ilustra este fato.

Figura 11 – Esforço Solicitante atuante.



Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012).

### 6.1.7 VERIFICAÇÃO DO CONCRETO RELATIVA AO ESFORÇO SOLICITANTE

Quanto a verificação do concreto frente a maior resultante vertical obtida no modelo estrutural, a mesma deve ser realizada por meio da equação 10 da seguinte forma:

$$R_{d,max} \leq k_{ab} \cdot f_{cd} \cdot t \cdot a_h \quad (10)$$

Onde:

$R_{d,máx}$  é o maior valor entre R1 e R2, majorado do fator de segurança  $\gamma_f$ .

t é a espessura da parede.

$f_{cd}$  é a resistência de cálculo à compressão do concreto.

$a_h$  é a medida horizontal da abertura.

### 6.1.8 ARMADURAS DE REFORÇO AO REDOR DAS ABERTURAS

As armaduras de aço, utilizadas como reforço ao redor de aberturas com dimensões horizontais e verticais  $a_h$  e  $a_v$ , devem ser distribuídas em faixas com dimensões de  $a_h/2$  e  $a_v/2$ , respectivamente conforme mostrado na Figura 12. Além disso, devem ter um comprimento mínimo, além da abertura, como sendo o maior entre os valores obtidos nas equações 11 e 12.

$$\frac{a_h}{2} + 10\phi \quad (11)$$

$$lb = \frac{\phi}{4} \times \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (12)$$

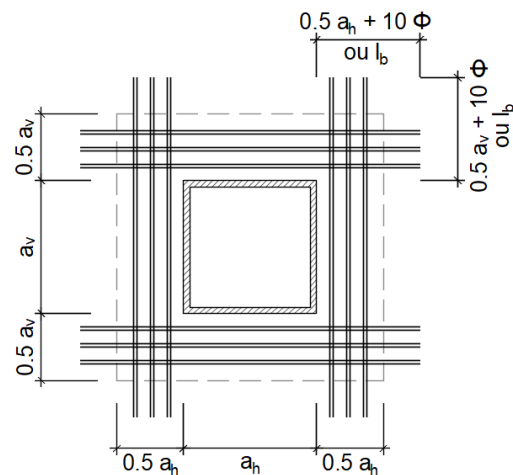
Sendo:

$\phi$  o diâmetro da seção transversal da barra utilizada.

$f_{bd}$  obtido conforme item 9.3.2.1 da NBR 6118/2014.

lb o comprimento de ancoragem.

Figura 12 – Armadura de Reforço ao redor de aberturas.



Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012).

A armadura horizontal deve ser o somatório entre a armadura calculada para a função de verga mais a armadura necessária para equilibrar o desvio da força vertical, sendo esta última dada pela equação 13, com  $d_v$  menor ou igual a 0,75 de  $a_h$ .

$$A_{slh} \geq \frac{R_{d,max}}{2 \cdot f_{yd}} \times \frac{d_v}{0,75 \cdot a_h} \quad (13)$$

Na parte inferior da abertura, como contraverga deve-se prever no mínimo uma armadura igual a  $A_{slh}$ .

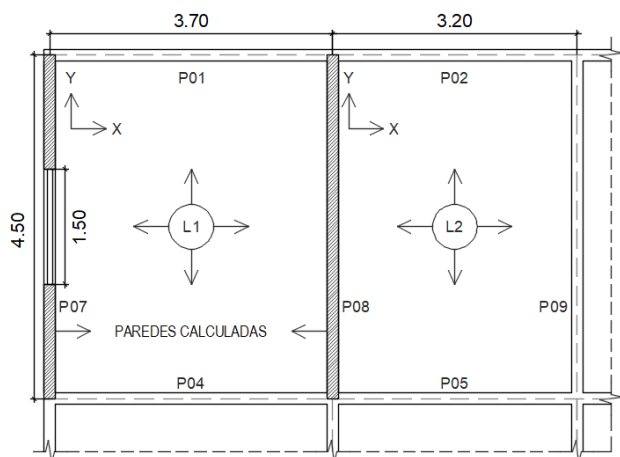
Quanto à armadura vertical, disposta em cada lado da abertura, a mesma é obtida pela equação 14.

$$\frac{A_{slv}}{s} \geq \frac{\frac{2 \times R_{d,max}}{a_h} - k_{ab} \times f_{cd} \times t}{f_{yd}} \quad (14)$$

## 7 EXEMPLOS DE DIMENSIONAMENTO

Nessa seção, como exemplos de aplicações práticas, serão realizados os dimensionamentos de duas paredes genéricas, sendo uma com abertura de janela (P07) e outra sem abertura (P08). Ambas as paredes, pertencem a um detalhe de uma planta arquitetônica mostrada na Figura 13 abaixo.

Figura 13 – Detalhe de uma planta arquitetônica contendo as paredes calculadas.



Fonte: Autor.

### 7.1 REAÇÕES DAS LAJES NAS PAREDES

De acordo com Carvalho e Filho (2014), as reações das lajes maciças nas vigas de contorno com bordas simplesmente apoiadas e bordas engastadas, são obtidas utilizando-se as equações 15 e 16 mostradas abaixo, respectivamente.

$$q_x = k_x \times p \times \frac{l_x}{10} \quad (15)$$

$$q'_x = k'_x \times p \times \frac{l_x}{10} \quad (16)$$

Considerando-se que a laje L1 seja simplesmente apoiada na parede P07 e, sendo as lajes L1 e L2 contínuas no apoio comum entre elas (parede P08), logo são consideradas como engastadas. A figura 15 no anexo A.2 exemplifica esta situação de cálculo.

O cálculo para a obtenção dos quinhões de carga, (reações das lajes maciças nas vigas de apoio) para as paredes P07 e P08, foram aqui omitidos por não consistir em foco principal deste trabalho. Entretanto, os resultados sintetizados dos cálculos estão mostrados nas Tabelas 9 e 10 no anexo A.2.

Tabela 2 – Reações das lajes nas paredes P07 e P08.

Laje h12	$l_x$ (m)	$\lambda = l_y/l_x$	$p$ (kN/m <sup>2</sup> )	$k_x$	$q_x$ (kN/m)	$k'_x$	$q'_x$ (kN/m)	
L1	3,70	1,22	3,84	2,16	3,07	3,74	5,31	
L2	3,20	1,41	3,84	-	-	3,61	4,44	
R (kN/m)	Reação da laje L1 na parede P07						3,07	
	Reação das lajes L1 e L2 na parede P08						9,75	

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

As dimensões das paredes a serem calculadas são iguais e estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Geometria das paredes (P07) e (P08).

Dimensões	Valor
Comprimento	4,50 m
Espessura	0,10 m
Altura	3,00 m
Área da seção transversal vertical ( $A_{ct}$ )	0,30 m <sup>2</sup>
Área da seção transversal horizontal ( $A_{ch}$ )	0,45 m <sup>2</sup>

Fonte: Autor.

O esforço normal de cálculo ( $n_d$ ) nas paredes P07 e P08, é obtido somando-se os pesos próprios das paredes ( $P_p$ ) às reações das lajes que nelas se apoiam. Esses valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Carga normal atuante de cálculo.

Parede	$P_p$ (kN/m)	R (kN/m)	$n_k$ (kN/m)	$n_d$ (kN/m)
P07	7,50	3,07	10,57	14,80
P08	7,50	9,75	17,25	24,15

Fonte: Autor.

### 7.2 RESISTÊNCIA LIMITE QUANTO À SOLICITAÇÃO NORMAL

A equação 1, apresentada na seção 6.1.1, é empregada juntamente com as variáveis de cálculo necessárias (Tabelas 3 e 4) são mostradas na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Variáveis da Solicitação Normal.

Variável	Valor
Taxa geométrica da armadura vertical da parede ( $\rho$ )	0,010 cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup>
Resistência de cálculo do concreto, considerando a compatibilização da deformação no aço com a do concreto ( $f_{scd}$ )	25,000 kN/cm <sup>2</sup>
Coefficiente $k_1$	2,429
Coefficiente $k_2$	0,000

Fonte: Autor.

Assim, resolvendo-se a equação 1, chega-se à:

$$n_{d, resist} = 792,85 \leq 992,15 \leq 2678,57.$$

Logo, tomando-se o menor valor, tem-se:

$$n_{d, resist} = 792,85 \text{ kN/m}.$$

Observa-se que esse critério foi atendido, uma vez que a normal resistente de cálculo é muito superior às normais atuantes de cálculo apresentadas na tabela 4, para cada parede:

$$P07 = 14,80 \text{ kN/m} \leq 792,85 \text{ kN/m}.$$

$$P08 = 24,15 \text{ kN/m} \leq 792,85 \text{ kN/m}.$$

Com esse critério atendido serão suficientes as armaduras mínimas obtidas conforme o item 17.3.1 da NBR 6118/2014, onde são previstas as armaduras verticais e horizontais com possibilidades de redução para edifícios de até dois pavimentos, ou seja:

- Armadura mínima vertical

$$\frac{0,09\% \times A_{Cr}}{l} = \frac{0,09\% \times 3000}{300} = 0,60 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad (17)$$

$$0,90 \times 66\% = 0,60 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad (18)$$

- Armadura mínima horizontal

$$\frac{0,15\% \times A_{Ch}}{b} = \frac{0,15\% \times 4500}{450} = 1,50 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad (19)$$

$$1,50 \times 60\% \times 40\% = 0,40 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad (20)$$

A tela soldada Q61 atende o dimensionamento, com área de aço de 0,61 cm<sup>2</sup>/m tanto na horizontal quanto na vertical, conforme fabricante [4] e cujo detalhamento mostrado na Figura 16 no anexo A.3.

### 7.3 RESISTÊNCIA LIMITE QUANTO AO CISALHAMENTO

O dimensionamento apresentado na seção 6.1.2 é verificado com variáveis apresentadas na Tabela 7:

Tabela 7 – Variáveis de cálculo ao cisalhamento

Símbolo	Valor
Resistência característica do concreto à compressão ( $f_{ck}$ )	25,00 MPa
Resistência de cálculo do concreto à tração ( $f_{ctd}$ )	1,07 MPa
Tensão média de cálculo no concreto comprimido ( $\sigma_{cmd}$ )	14,88 MPa

Fonte: Autor.

Por meio da equação 5, calcula-se:

$$1 + \left[ 3 \left( \frac{14,88}{25} \right) \right] = 2,78 \geq 2,0 \rightarrow \text{adotar } 2,0$$

Aplicando o resultado na equação 4 obtém-se a força cortante resistente de cálculo:

$$f_{vd} = 0,30 \times 1068,73 \times 2,0 \times 0,10 \times 2,08 = 133,38 \text{ kN}$$

A força cortante solicitante é resultante da força normal de cálculo ( $n_d$ ), distribuída ao longo do comprimento da parede, determinada na seção 7.1 (Tabela 4). Logo, verifica-se satisfatoriamente a equação 3, para ambas as paredes:

$$P07 = 14,80 \times 4,50 = 66,60 \text{ kN} \leq 133,38 \text{ kN}$$

$$P08 = 24,15 \times 4,50 = 108,68 \text{ kN} \leq 133,38 \text{ kN}$$

Observa-se que esse critério foi atendido, uma vez que a força cortante resistente de cálculo é muito superior à força cortante solicitante de cálculo para ambas as paredes. Sendo assim, não é necessário armar as paredes quanto às tensões de cisalhamento, conforme descrito na seção 6.1.2 deste trabalho. Caso fosse necessário, a área das armaduras seria calculada utilizando as equações 7 e 8 apresentadas no texto.

### 7.4 VERIFICAÇÃO AO ESFORÇO SOLICITANTE NA ABERTURA DA PAREDE

A parede **P07** possui uma abertura com dimensões apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Dimensões da abertura na parede P07.

Dimensão	Valor
Comprimento horizontal ( $a_h$ )	1,50 m
Comprimento vertical ( $a_v$ )	1,00 m
Peitoril ( $d_v$ )	1,10 m
Coefficiente desvio de carga ( $K_{ab}$ )	0,41

Fonte: Autor.

Como a abertura está centralizada na parede P07, as áreas de influência são iguais para R1 e R2 apresentados na Figura 11. Assim o esforço solicitante na área de influência da abertura é obtido conforme item 6.1.6.

$$R_{sd, máx} = \int_0^{1,5} (n_k \cdot \gamma_f) dx = 22,22 \text{ kN} \quad (21)$$

$$R_{d, máx} \leq k_{ab} \cdot f_{cd} \cdot t \cdot a_h = 908,48 \text{ kN} \quad (22)$$

Observa-se que este critério de verificação também foi atendido uma vez que o resultante do esforço solicitante de cálculo é muito menor que o esforço resistente de cálculo para a parede P07.

Conforme a seção 6.1.8, as armaduras de reforço deverão ser distribuídas numa faixa vertical de 0,50 m acima e abaixo da abertura e numa faixa horizontal de 0,75 m a direita e a esquerda da abertura. Além disso,

adotando-se uma barra de diâmetro 4,0 mm para o reforço, obteve-se os seguintes resultados para as equações 11 e 12, respectivamente:

$$\frac{1,5}{2} + 10 \times 0,004 = 0,79m$$

$$lb = \frac{0,004}{4} \times \frac{521,74}{2,41} = 0,22m$$

Tomando-se o maior dos dois valores obtidos no cálculo anterior, tem-se os valores dos comprimentos mínimos das barras de aço de reforço, empregadas em torno da abertura, nas direções horizontal e vertical, respectivamente:

$$lb_h = 1,5 + 2(0,79) = 3,08m$$

$$lb_v = 1,0 + 2(0,54) = 2,08m$$

Por meio da equação 13, obtém-se a amadura de reforço na direção horizontal da abertura. Esta armadura é obtida pela soma da armadura calculada como função de verga com a armadura necessária para equilibrar o desvio da força vertical da seguinte forma:

$$A_{slh} \geq \frac{22,20}{2 \times 52,174} \times \frac{1,10}{0,75 \times 1,50} = 0,208cm^2$$

Com a equação 14, determina-se a armadura vertical de reforço para cada lado da abertura, ou seja:

$$\frac{A_{slv}}{s} \geq \frac{\frac{2 \times 22,20}{1,50} - 0,407 \times 1,488 \times 0,10}{52,174} = 0,083cm^2/m$$

Sendo assim, para o reforço da abertura é suficiente uma barra de diâmetro 6.3mm ( $A_s=0,31cm^2$ ) em cada direção. A Figura 17 do Anexo A.4, mostra o detalhamento desta armadura em questão.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentou-se nesse trabalho o sistema construtivo de “paredes de concreto armado moldadas *in loco*”, de forma sintética, porém abrangente e sequencial.

Para o estudo proposto, utilizou-se como metodologia, além de uma significativa pesquisa bibliográfica do método construtivo tanto em âmbito nacional como local, as prescrições normativas vigentes, as quais foram recorrentemente citadas ao longo do texto.

Procurou-se abordar as principais partes constantes em sua sistemática construtiva juntamente com os elementos necessários e imprescindíveis aos projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico e elétrico; sempre de forma clara, objetiva e hierárquica. Figuras ilustrativas, tabelas e gráficos presentes no texto, além de conferir um caráter explicativo ao texto, também organizaram os valores dos cálculos efetuados.

Quanto ao cálculo do dimensionamento e verificação da segurança da seção, as paredes de concreto armado, da mesma forma que outros elementos estruturais de concreto armado, tem seu comportamento físico-estrutural regidos por equações matemáticas. Todas equações necessárias foram descritas e enumeradas sequencialmente.

Como exemplo numérico de dimensionamento e verificação, duas paredes de concreto armado foram apresentadas, sendo que uma delas contém abertura para janela e a outra não. Ambas as paredes recebem a ação de carregamento, ou seja, além de seu peso próprio, os quinhões de carga relativas ao peso de duas lajes maciças de concreto que sobre elas se apoiam.

Com a análise dos resultados numéricos obtidos no cálculo, para ambas as paredes analisadas, pôde-se verificar que a capacidade resistente das paredes é muito maior que os esforços solicitantes nelas atuantes, tanto no que diz respeito às tensões normais quanto às de cisalhamento. Esse fato fez com que armadura mínima prevalecesse frente a calculada.

Por fim, calculou-se a armadura necessária para abertura de janela da parede 07, devidamente detalhada na Figura 17 no anexo A.4.

Embora a sequência construtiva desse sistema seja diferente das construções convencionais, o que torna um desafio a sua implantação, a repetição de atividades e reuso de materiais é o que torna o sistema atrativo aliado à velocidade de execução que é primordial para demanda contemporânea.

## 9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, uma abordagem técnico-econômica identificando e propondo soluções para os principais problemas patológicos, que por ventura possam surgir na estrutura, poderá ser realizado.

As interfaces de ligação entre os elementos estruturais, fluência, fadiga e até mesmo as fissuras, podem comprometer o funcionamento da edificação caso atinjam o estado limite de serviço. Isto poderá ser especificamente analisado em uma futura pesquisa.

Possibilidades de reformas e acréscimos de carregamento também poderão ser abordados numa análise em estado limite último.

Por fim, no tocante ao custo de implantação e manutenção desse sistema construtivo, comparado à construção convencional, poderiam sem dúvida acrescentar valiosa informação não só no âmbito da construção civil corrente no Brasil como também no mundo acadêmico.

## 10 BLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCRETO PORTLAND (ABCP): Coletânea de Ativos em Parede de Concreto, 2008. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCRETO PORTLAND (ABCP): Coletânea de Ativos em Parede de Concreto, 2009. 180p.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. de F. Concreto Armado. 4a. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

COSTA, MICHELE CRISTINA DE FREITAS. A industrialização da construção habitacional através do sistema construtivo paredes de concreto fabricadas in loco. 65 p. Monografia (Esp. em Eng. Civil) — Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

FUSCO, P. B. Tecnologia do Concreto Estrutural. 1a. ed. São Paulo: Pini, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). Revista Concreto & Construções, Edição 90. Jun. 2018.

MACÊDO, JULIANE DE. Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade Federal da Paraíba, 2016.

MISURELLI, HUGO; MASSUDA, CLOVIS. Como Construir Paredes de Concreto, Revista Técnica, Edição 147. Jun. 2009.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 2a. ed. São Paulo: Pini, 1997.

SACH, H.M.; ROSSIGNOLO, J.A.; BUENO, C. Vedações verticais em concreto moldadas in loco: avaliação do conforto térmico de habitações térreas no Estado de São Paulo. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v.4, p.31-48, São Paulo, 2011.

### 10.1 SITES PESQUISADOS

[1]<https://engenhariacompartilhada.com.br/noticia/exibir/2629332> – acesso em 20-04-2022

[2]<http://gethal.com.br/site/empresa/index.html> – acesso em 12-04-2022

[3]<https://nucleoparededeconcreto.com.br/formas-de-aluminio-opcoes-para-paredes-de-concreto/> – acesso em 14-03-2022.

[4]<https://brasil.arcelormittal.com/produtos-solucoes/construcao-civil/telas-soldadas-nervuradas?asCatalogo=pdf> – acesso em 03-03-2023.

### 10.2 Códigos Normativos:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7212: Concreto Dosado em Central – Preparo, Fornecimento e Controle. Rio de Janeiro, 2021. 25p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022. 22p

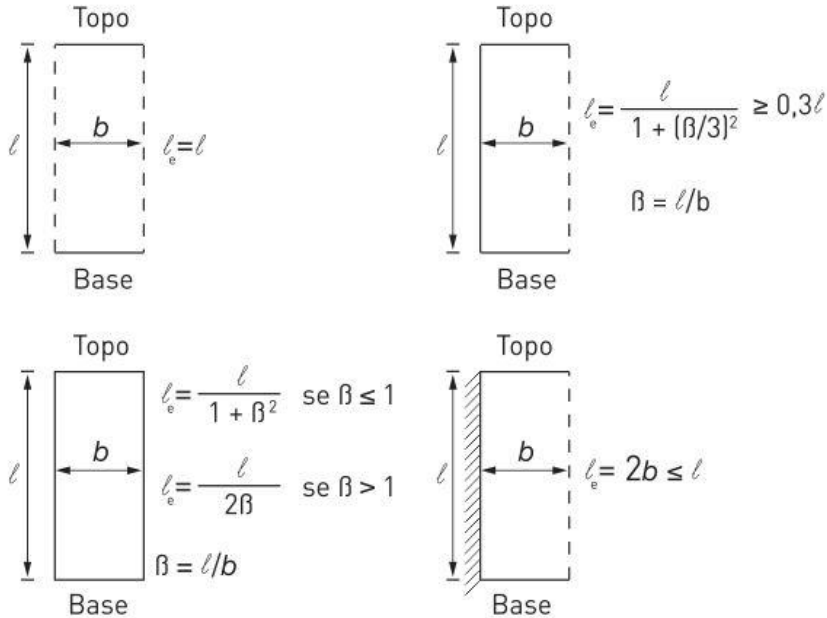
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 16055: Parede de Concreto Moldada no Local para a Construção de Edificações – Requisitos e Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 35p

## ANEXOS

### A.1. Comprimento equivalente de paredes de concreto

Para o cálculo da esbeltez da parede de concreto será necessário observar a Figura 14.

Figura 14 – Comprimentos Equivalentes ( $l_e$ )

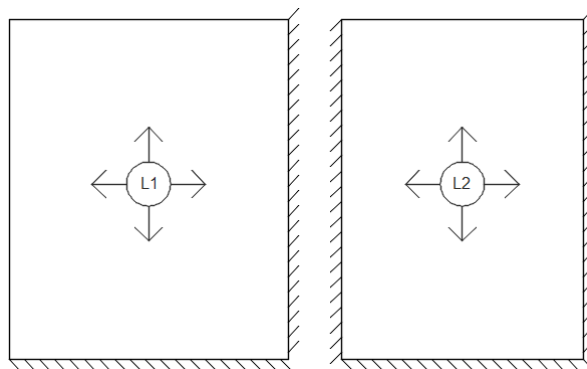


Fonte: NBR 16055 (ABNT, 2012).

### A.2. Dimensionamento de Lajes Maciças

Baseado em Carvalho e Filho (2014), as lajes foram consideradas maciças e seus dimensionamentos foi realizado considerando as vinculações apontadas na Figura 15, onde a lajes L1 e L2 se enquadram nos casos 4 e 8, respectivamente.

Figura 15 – Vinculação das Lajes



Fonte: Carvalho e Filho (2014).

Utilizando os ábacos e realizando as ponderações necessárias chegou-se aos momentos positivos e negativos das lajes organizados na Tabela 9.

Tabela 9 – Momentos Característicos da Lajes

Laje	Caso	lx (m)	ly (m)	$\lambda$	$\alpha$	f (cm)	p (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu_x$	mx	$\mu_y$	my	$\mu'_x$	Xx	$\mu'_y$	Xy
L1	4	3,70	4,50	1,22	2,276	0,04240	3,84	3,84	2,02	2,77	1,46	8,83	4,64	7,67	4,03
L2	8	3,20	4,50	1,41	2,572	0,02681	3,84	3,65	1,44	1,63	0,64	7,84	3,08	5,74	2,26

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Com os momentos fletores obtidos, foi determinado os mementos de cálculo e realizado o dimensionamento das lajes, apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Dimensionamento das Lajes

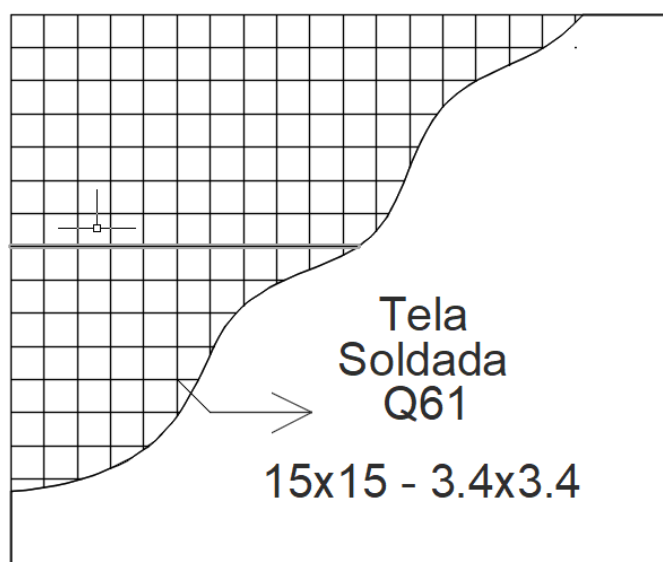
Laje	L1				L2			
	mx	my	Xx	Xy	mx	my	Xx	Xy
kNm/m	2,83	2,04	6,50	5,64	2,01	0,90	4,31	3,16
KMD	0,011	0,008	0,025	0,022	0,008	0,003	0,017	0,012
KZ	0,993	0,950	0,985	0,987	0,995	0,998	0,990	0,993
As	0,454	0,327	1,053	0,913	0,323	0,144	0,700	0,511

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

### A.3. Detalhamento de armadura mínima das paredes

Conforme determinado na seção 7.2 desse trabalho as armaduras mínimas para as paredes P07 e P08 são suficientemente atendidas pela tela soldada Q61 com espaçamentos horizontais de 15x15cm e diâmetro de 3,4mm na seção transversal dos fios de aço, Figura 16.

Figura 16 – Detalhamento tela soldada

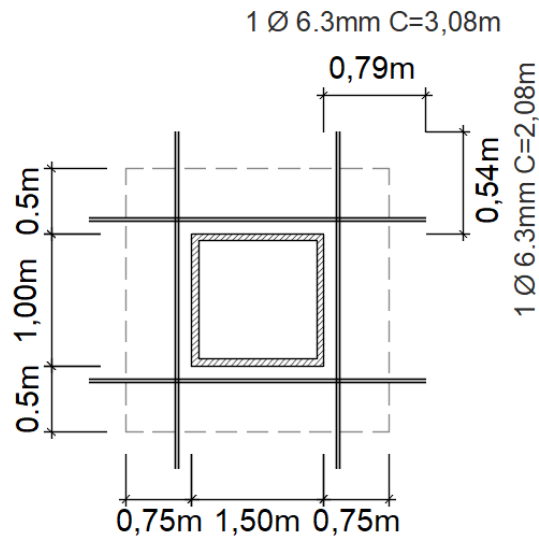


Fonte: Autor.

#### A.4. Detalhamento de armadura de reforço ao redor da abertura

Conforme determinado na seção 7.4 desse trabalho as armaduras de reforço ao redor da parede P07 são suficientemente atendidas utilizando barras de diâmetro 6,3mm dispostos na Figura 17 abaixo.

Figura 17 – Detalhamento de reforço ao redor da abertura



Fonte: Autor.