

CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM CONCRETO ARMADO

Anna Luiza de Lima Silva; Felipe Gustavo Ferreira de Carvalho; Yuri Ivankio

limaannaluiza98@gmail.com; felipefc2008@hotmail.com; yuriivankio@gmail.com

Professor orientador: Elker Lucas Garroni

Resumo

A concepção estrutural tem por base direcionar a posição ideal de elementos de travamento e sustentação, prevendo possíveis incompatibilidades e otimização de custos, trazendo assim o melhor estudo possível para a execução da edificação, desde o primeiro pavimento até a última laje. Com a intenção de realizar a integração entre a engenharia e a arquitetura, compatibilizando todas as demandas oferecidas pelo desenho e tendo que ser executada de forma segura, econômica e principalmente funcional a atender os requisitos necessários de uma construção, de maneira a se evitar retrabalhos e paralisações de etapas por falta de compatibilização entre os projetos.

Palavras-chave: concepção estrutural, engenharia, concreto armado, estrutura.

1. Introdução

A concepção estrutural é uma das etapas mais importantes na realização do projeto estrutural de um edifício, nesta etapa é escolhido um sistema estrutural que irá formar, de forma eficiente, a parte resistente do edifício e estabelecido o arranjo correto dos elementos estruturais desse sistema. É quando é somada a teoria e a prática do engenheiro responsável pelo projeto.

Segundo Pinheiro, Muzardo e Santos (2003), a escolha do sistema estrutural a ser utilizado depende de fatores técnicos e econômicos, como por exemplo: disponibilidade de mão de obra qualificada, equipamentos e materiais necessários e competência técnica para o desenvolvimento do projeto e execução. No caso dos edifícios residenciais os fatores que mais influenciam são os econômicos.

Está cada vez mais comum encontrar patologias advindas de erros de projeto, dimensionamento ou execução que poderiam ser evitados se fossem seguidas todas as normas técnicas, erros que podem comprometer toda a integridade do edifício.

Segundo a NBR 6118 (2014), as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que preservem a sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço, durante o período correspondente à sua vida útil.

Embora a concepção estrutural possa ser feita de forma personalizada de cada projetista, segundo GIONGO (2007), os projetos de estruturas de concreto armado devem ser feitos de acordo com a finalidade da edificação e em compatibilidade com a concepção arquitetônica.

Saber fazer uma concepção estrutural correta e de acordo com as exigências das normas, assegura que não ocorrerão contratemplos relacionados à estabilidade do edifício e nem às questões orçamentárias no que diz respeito a parte estrutural, que são desafios comumente enfrentados na construção civil.

2. Concepção estrutural de edifícios

De acordo com Giongo (2007), a disposição dos elementos estruturais é de extrema importância para a segurança da edificação e deve estar compatibilizado com o projeto arquitetônico. Nos edifícios de concreto armado, os elementos que compõem o sistema estrutural são as lajes, vigas e pilares, ou a união desses elementos (Figura 1).

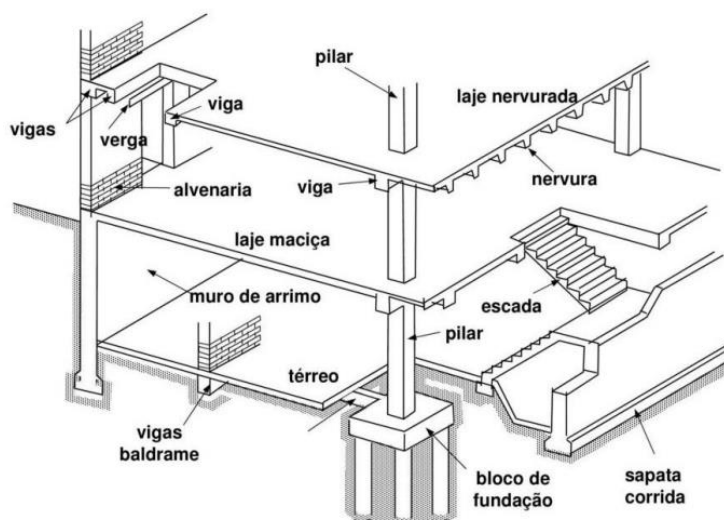


Figura 1 – Perspectiva de parte de um edifício: principais elementos estruturais (Fonte: <http://docplayer.com.br/2211178-Aula-introdutoria-gerson-moacyr-sisniegas-alva.html>)

Nas palavras de Pinheiro, Muzardo e Santos (2003):

O projeto estrutural deve ainda estar em harmonia com os demais projetos, tais como: de instalações elétricas, hidráulicas, telefonia, segurança, som, televisão, ar condicionado, computador e outros, de modo a permitir a coexistência, com qualidade, de todos os sistemas.

Ainda segundo Giongo (2007), cada um dos elementos estruturais deve ter sua funcionalidade compatível com os esforços solicitantes e sua segurança garantida. Todos os elementos trabalham com a transferência de cargas, transferindo-as um para o outro até que todas as cargas sejam descarregadas na fundação e, conseqüentemente, no solo, conforme mostrado na Figura 2.

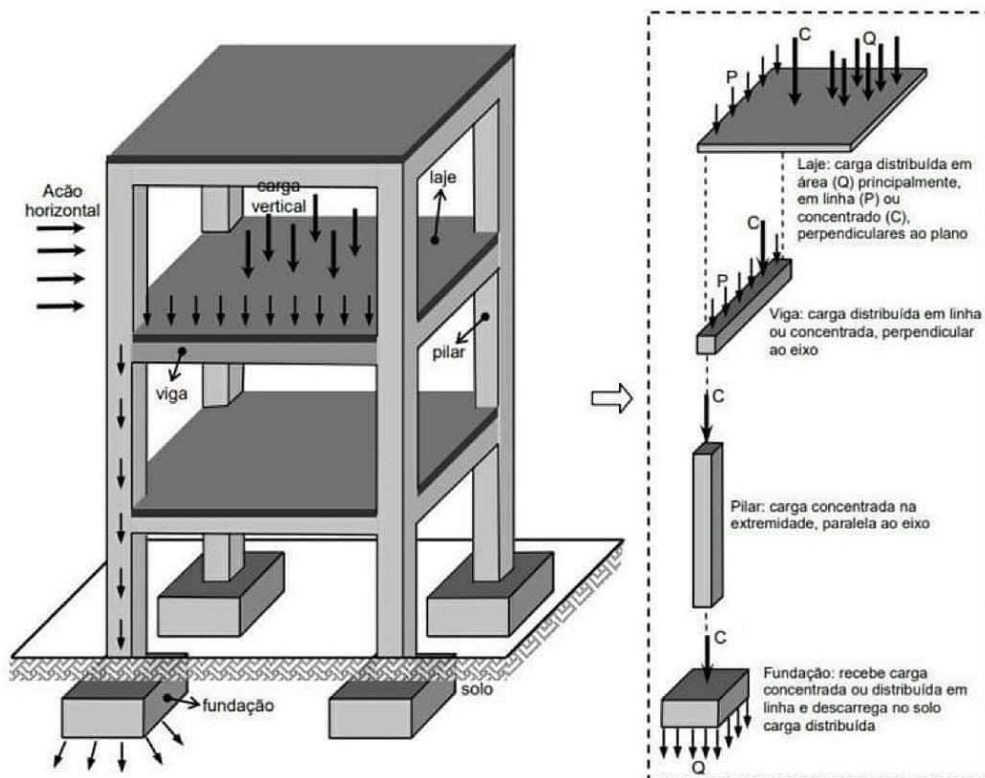


Figura 2 – Fluxo de carga em uma estrutura (Fonte: Freitas, 2016)

3. Elementos estruturais em concreto armado

3.1. Classificação geométrica

Bastos (2006) classifica os elementos estruturais de acordo com a ordem de grandeza do comprimento, altura e espessura dos elementos, da seguinte maneira:

- Elementos lineares: aqueles que têm a altura e a espessura com a mesma ordem de grandeza, mas muito menores do que o comprimento. São chamados de “barras”. Exemplo: vigas e pilares;
- Elementos bidimensionais: aqueles onde o comprimento e a largura são da mesma ordem de grandeza e muito maiores do que a espessura. Exemplo: lajes;
- Elementos tridimensionais: aqueles em que as três dimensões têm as mesmas ordens de grandezas. Exemplo: blocos e sapatas de fundação.

3.2. Principais elementos estruturais

Para Bastos (2006), nas construções de concreto armado os elementos estruturais mais importantes são as lajes, as vigas e os pilares, independente do porte da edificação. Há também outros elementos, como por exemplo: blocos e sapatas de fundação, muros de arrimo, vigas-parede, escadas, entre outros.

3.2.1. Lajes

“Laje” é definida por uma “placa contínua apoiada em seu perímetro e por vezes tb. em colunas, que constitui os pavimentos e tetos de edificações estruturadas em concreto armado” (LAJE, 2021).

Araújo (2010) explica que “as lajes são elementos estruturais que têm a função básica de receber as cargas de utilização das edificações, aplicadas nos pisos, a transmiti-las às vigas”. As lajes também distribuem as ações horizontais entre os elementos estruturais de contraventamento. Segundo Bastos (2021), as lajes recebem a maioria das cargas da edificação, que geralmente são provenientes de: pessoas, móveis, máquinas, equipamentos, paredes, veículos, e outros diversos tipos de cargas que podem haver conforme a finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte.

Giongo (2007), diz que as lajes são responsáveis por consumir em média 50% de todo o volume de concreto a ser utilizado na construção de um edifício. Araújo (2010) cita que existem vários tipos de lajes, como, por exemplo, as lajes maciças, as lajes nervuradas, e vários outros tipos de lajes pré-moldadas. A escolha da laje a ser usada depende de fatores econômicos e de segurança, além de ter que ser compatível com o projeto arquitetônico.

3.2.1.1. Lajes maciças

Nas palavras de Bastos (2021):

Laje maciça é aquela onde toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas. Lajes com uma ou mais bordas livres são casos particulares de lajes maciças.

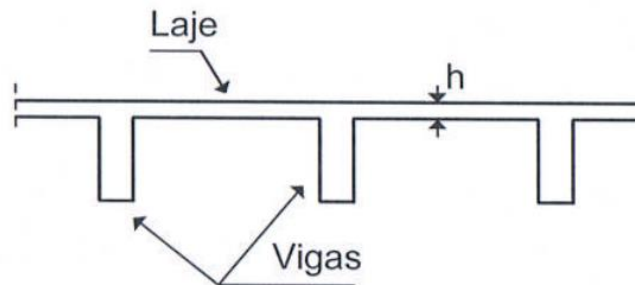


Figura 3 – Laje maciça (Fonte: Araújo, 2010)

O item 13.2.4.1 da ABNT NBR 6118 explica que devem ser respeitados alguns limites mínimos para a espessura de uma laje maciça, que são eles:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de $\frac{l}{42}$ para lajes de piso bi apoiadas e $\frac{l}{50}$ para lajes de piso contínuas;
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

No geral, as lajes maciças cobrem vãos de até 6 metros (EXEMPLO..., 2001, p. 36).

3.2.1.2. Lajes nervuradas

A ABNT NBR 6118 (item 14.7.7) define lajes nervuradas como “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para

momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”

As lajes nervuradas geralmente são utilizadas para vencer vãos maiores do que 8 metros. Nas suas nervuras são colocadas armaduras longitudinais de tração, eliminando a parte do concreto que ficaria na região tracionada, reduzindo seu peso próprio. O material inerte colocado entre as nervuras possui baixo peso específico, servindo somente para deixar a parte inferior da laje plana, não tendo função estrutural (ARAÚJO, 2010).

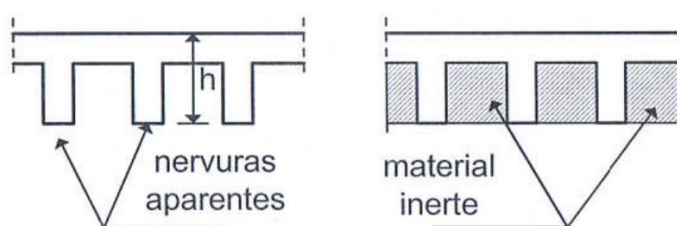


Figura 4 – Lajes nervuradas (Fonte: Araújo, 2010)

Liu (2010) mostra algumas vantagens e desvantagens das lajes nervuradas, dentre as vantagens estão: melhor distribuição das cargas sobre os apoios, vantagens econômicas em virtude da relação altura/vão para solicitações mais altas de carga e menor peso próprio em relação aos outros tipos de lajes para vãos em torno de 10 metros.

3.2.2. Vigas

Define-se “viga” como “peça de madeira, ferro ou concreto armado, us. para dar sustentação horizontal à construção, transmitindo os esforços às colunas” (VIGA, 2021). A NBR 6118 (item 3.2.2) define que uma viga, em sua seção transversal, não pode ter largura menor que 12 cm, exceto em alguns casos excepcionais que pode chegar no mínimo absoluto de 10 cm.

Bastos (2017) diz que os engenheiros e arquitetos preferem que as vigas fiquem embutidas nas paredes de vedação, para não serem perceptíveis visualmente. Para isso, a largura das vigas é escolhida de acordo com a largura final da parede, que vai depender do tipo de alvenaria a ser utilizada e da espessura da argamassa de revestimento dos dois lados da parede. Já a altura das vigas depende de vários fatores, os mais importantes são: o vão, o carregamento e a resistência do

concreto. Essa altura deve garantir a resistência mecânica e baixa deformidade da peça.

3.2.3. Pilares

A definição de “pilar” se dá por “coluna sem ornamentos que constitui elemento vertical da estrutura de uma construção” (PILAR, 2021). A NBR 6118 (item 13.2.3) diz que os pilares, independente da sua forma, não podem ter dimensão menor do que 19 cm. Em alguns casos especiais, são permitidos pilares entre 14 e 19 cm, mas devem ser seguidas algumas imposições da norma.

Segundo Scadelai e Pinheiro (2005), os pilares têm função de receber as ações atuantes nos diversos níveis da edificação e transmiti-las para as fundações. Os pilares, juntamente com as vigas, formam os pórticos, que resistem às ações horizontais e verticais e garantem a estabilidade da estrutura.

3.2.4. Fundações

Segundo Barros (2011), as fundações são definidas como “elementos estruturais destinados a transmitir ao terreno as cargas da estrutura”, sua resistência deve ser capaz de suportar as tensões provocadas pelos esforços solicitantes do edifício. O solo deve ser rígido e resistente o suficiente para que não ocorram deformações, ou até mesmo a ruptura do sistema estrutural. As fundações são divididas em diretas/rasas e indiretas/profundas.

3.2.4.1. Fundações diretas/rasas

Mello (2019) define por fundações diretas as “estruturas executadas em valas rasas, com profundidade máxima de 3,0 metros, ou as que repousam diretamente sobre solo firme e aflorado”. A ABNT NBR 6118 (2019) cita como fundações rasas: blocos, sapatas e radier, que são apresentados na Figura 5.

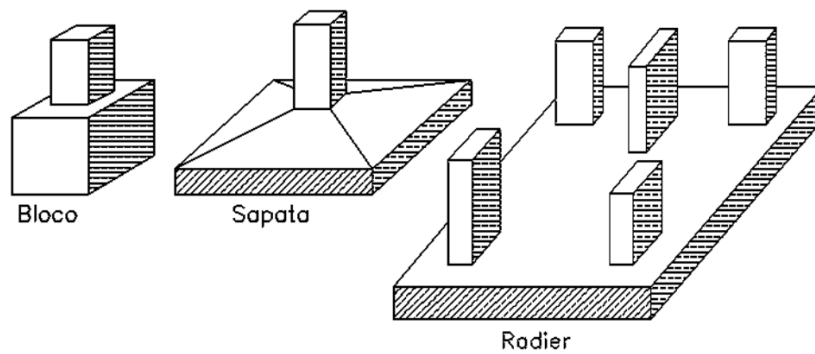


Figura 5 - Tipos de fundações superficiais (Fonte: Carvalho, 2015 apud Velloso e Lopes, 2012)

3.2.4.1.1. Sapatas

A ABNT NBR 6122 (2019) define sapata como

elemento de fundação rasa, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim.

Carvalho (2015 apud Rebello, 2008) ainda subdivide as sapatas em: isoladas, que suportam a carga de apenas um pilar; associada, que suportam a carga de dois ou mais pilares, mas o centro de gravidade da carga dos pilares e da sapata sejam o mesmo; corrida, que suportam cargas distribuídas linearmente em seu comprimento, que é muito maior do que sua largura.

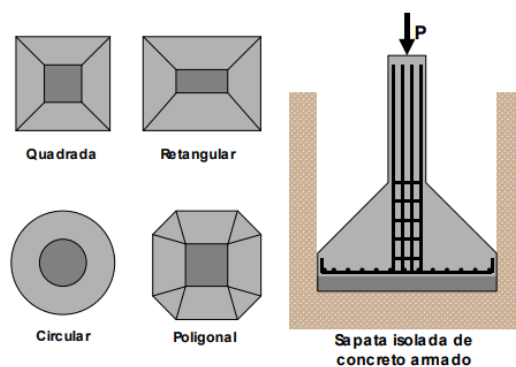


Figura 6 - Forma da seção das sapatas isoladas (Fonte: Mello, 2019)

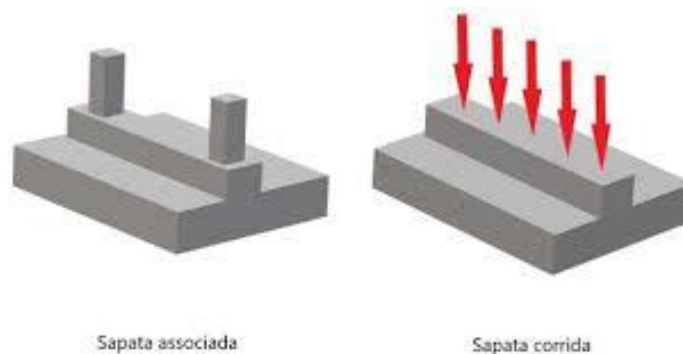


Figura 7 - Sapatas associada e corrida (Fonte: Lara, 2020)

3.2.4.1.2. Radier

A definição da ABNT NBR 6122 (2019) para radier é “elemento de fundação rasa dotado de rigidez para receber e distribuir mais do que 70% das cargas da estrutura”. Segundo Barros (2011) é, basicamente, uma laje que recebe as cargas de todos os pilares, podendo ser feita em concreto armado, protendido ou reforçado com fibras de aço.

Mello (2019) ainda subdivide o radier em dois tipos: flexível, que é feito com uma laje; rígido, que é composto por lajes e vigas.

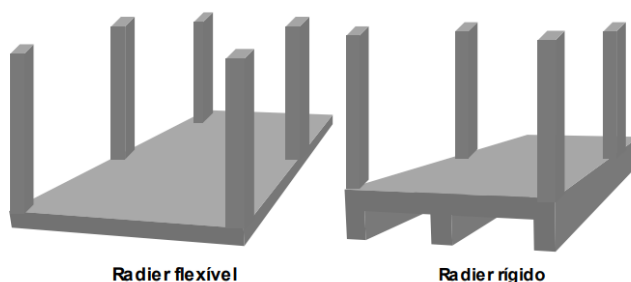


Figura 8 - Tipos de radier (Fonte: Mello, 2019)

3.2.4.2. Fundações indiretas/profundas

Conforme a ABNT NBR 6122 (2019), uma fundação profunda é um

elemento de fundação que transmite a carga do terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fusta) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m.

A norma ainda cita como fundações profundas as brocas, estacas e tubulões. As estacas, que são as mais comuns de serem utilizadas, de acordo com a ABNT

NBR 6122 (2019) são subdivididas em: de concreto moldada *in loco*, de reação (mega ou prensada), escavada com uso de fluido estabilizante, escavada mecanicamente, Franki, hélice contínua monitorada, hélice de deslocamento monitorada, hélice monitorada com trado segmentado, metálica ou de aço, mista, pré-moldada ou pré-fabricada de concreto, raiz, Strauss e trado vazado segmentado.

3.2.4.2.1. Estacas escavadas

Mello (2019) diz que as estacas escavadas são moldadas *in loco*. Na sua perfuração é feita a retirada do material do solo através de um trado helicoidal mecânico. Barros (2011, apud Falconi et al. 1998) ressalta que o emprego desse tipo de estaca é restrito quanto ao nível d'água, não podendo ser executada abaixo do mesmo.

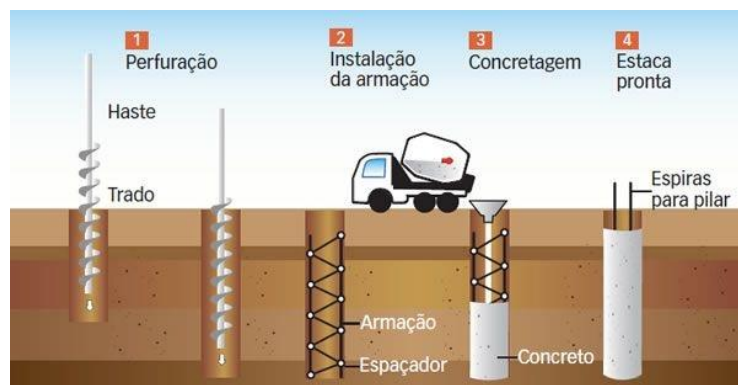


Figura 9 - Processo executivo de uma estaca escavada (Fonte: Ilhe Engenharia, 2020)

3.2.4.2.2. Estaca hélice contínua monitorada

O conceito de estaca hélice contínua monitorada é dado pela ABNT NBR 6122 (2019) por

estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado, simultaneamente à sua retirada, sendo a armadura introduzida após a concretagem da estaca.

Entre as suas vantagens estão a ausência de vibração no terreno, monitoramento do seu processo executivo e a capacidade de vencer grandes vãos e a capacidade de alcançar grandes profundidades (MELLO, 2019).

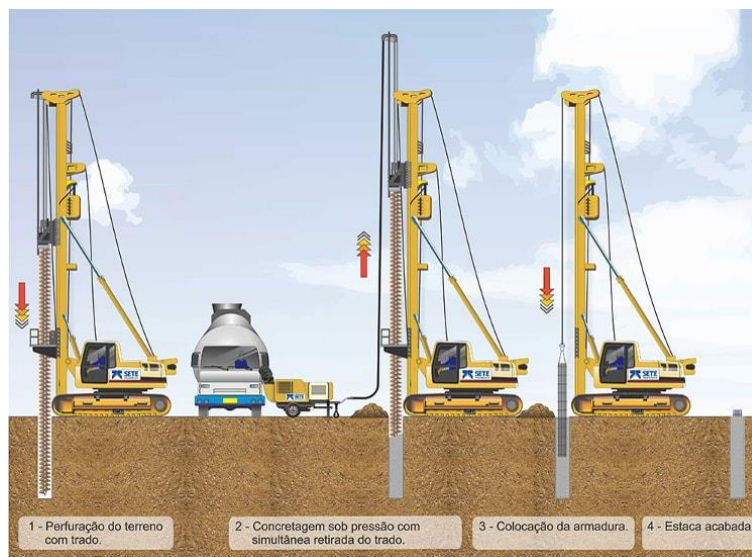


Figura 10 - Processo executivo de uma estaca hélice contínua (Fonte: Pereira, 2019)

4. Lançamento estrutural

Rebello (2000) descreve o lançamento estrutural como sendo “o procedimento de locar, sobre a arquitetura, as vigas e pilares resultantes da concepção estrutural adotada”. Não existem regras que determinem uma metodologia específica para fazer esse lançamento da estrutura, mas que há alguns fundamentos que são usados como ponto de partida para fazer a disposição desses elementos estruturais. É recomendado que se faça mais de uma configuração de lançamento para encontrar a que vai atender melhor os pré-requisitos da arquitetura da edificação.

Alva (2007) explica que ao fazer o lançamento dos elementos estruturais devem-se levar em consideração alguns pontos, que são eles: estética, funcionalidade, economia, resistência às ações horizontais. Segundo Pinheiro, Muzardo e Santos (2003), essa é uma das etapas mais importantes do projeto estrutural.

4.1. Locação dos pilares

Os pilares geralmente são os primeiros elementos a serem locados em um projeto estrutural, através do desenho da locação dos pilares, juntamente com as sondagens do terreno, é escolhido o tipo de fundação ideal para a edificação (ALVA, 2007). Apesar de não existir uma metodologia fundamentada para a locação dos elementos estruturais, Giongo (2007) diz que

As posições dos pilares são escolhidas de tal modo que a distância entre pilares consecutivos e que recebam ações de uma mesma viga, não provoque a necessidade de altura excessiva para a viga, pois há necessidade de atender as dimensões indicadas pelo projeto arquitetônico para caixilhos, janelas e portas. Do mesmo modo se cuida para não ter lajes com vãos efetivos muito grandes, o que gera lajes com espessuras elevadas e, portanto, com grande consumo de concreto.

Rebello (2000) explica que a quantidade de pilares no projeto estrutural de um edifício deve ser dosada, para que a estrutura seja de fácil execução e economicamente viável. Em obras de pequeno e médio porte, ou até mesmo edifícios altos, para que hajam espaçamentos econômicos os pilares devem ser locados de 4 a 6 metros de distância, de modo que as vigas tenham a mesma ordem de grandeza, tendo no máximo 20% de diferença. Para facilitar a locação dos pilares na obra, é melhor locá-los no mesmo eixo.

Já Júnior (1993) recomenda: locar os pilares de preferência nos cantos da edificação e nos encontros com as vigas, com 3 a 7 metros de distância entre um e outro; escolher as posições de modo que não fiquem aparentes em salas e dormitórios; verificar se os lançamentos no pavimento tipo são compatíveis com o térreo e garagens, para que se possa fazer uma boa distribuição das vagas dos automóveis.

Como não há uma metodologia específica para a locação, a escolha das posições dos pilares fica a critério do profissional responsável pelo projeto estrutural, mas é de extrema importância fazer de maneira que a execução da edificação seja o mais viável possível.

4.2. Locação das vigas

As vigas devem ser locadas de uma maneira que os panos das lajes tenham dimensões da mesma ordem de grandeza. Quando acontece dos vãos serem de tamanhos muito diferentes, as lajes precisam ter espessuras diferentes, que dificulta na hora da execução. Normalmente as vigas são locadas sobre as alvenarias, evitando que as lajes se apoiem nas mesmas transmitindo esforços que não foram previstos no dimensionamento (REBELLO, 2000).

Júnior (1993) sugere que se posicionem as vigas, juntamente com os pilares, de forma que enrijeçam a estrutura, formando os pórticos. Não há a necessidade de que uma parede seja suportada por uma viga, a parede pode apoiar-se sobre uma laje, que ficará encarregada da distribuição desse carregamento.

4.3. Definição do modelo de laje

As lajes maciças são mais comuns de serem utilizadas em edifícios de vários pavimentos e construções de grande porte, como em: escolas, hospitais, indústrias, entre outros. Já em obras de pequeno porte e construções residenciais são mais utilizadas as lajes nervuradas pré-fabricadas, pois nesses tipos de edificação são mais vantajosas economicamente e mais fáceis de serem executadas (BASTOS, 2006).

Diniz et al. (2013) cita como uma das principais vantagens da laje maciça a viabilidade de singularidade estrutural, isso significa que a laje que pode ter de um a três bordos livres, possibilitando variações da sua forma geométrica e mantendo o seu desempenho na boa eficácia da distribuição dos esforços. Outra vantagem é a facilidade na sua montagem e execução, não necessitando de mão-de-obra especializada. Quanto às desvantagens da laje maciça, estão que ela não é recomendada para vencer grandes vãos, pois a sua espessura aumenta de acordo com a distância a ser vencida, aumentando também o peso próprio e as reações em seus apoios, e a outra é

o grande consumo de formas e escoramento e o envolvimento de grande quantidade de profissionais como carpinteiro na construção dos escoramentos e formas, armador na montagem da armadura da peça, pedreiro e servente no processamento de concretagem e desforma e desmontagem do cimbramento.

Conforme dito anteriormente, as lajes nervuradas possuem um material inerte na sua região tracionada, reduzindo seu peso próprio. Souza e Lopes (2016) dizem que com essa redução do peso próprio, as lajes nervuradas têm a vantagem de vencer maiores vãos comparados com as lajes maciças. Isso resulta em pilares mais afastados, aproveitando melhor o espaço da edificação e dando mais flexibilidade no projeto arquitetônico.

Como lajes nervuradas são mais fáceis de transportar e montar, seu tempo de execução é reduzido. Seu custo também é menor, o que torna mais acessível financeiramente para pessoas de renda mais baixa (DINIZ et al., 2013).

Souza e Lopes (2016, apud CUNHA, 1998) destacam como desvantagem desse tipo de laje “o fato da distribuição da carga concentrada não ser feita de forma

tão eficiente quanto nas lajes maciças”. E Diniz (2013) cita a desvantagem da dificuldade na fixação de elementos de instalações.

4.4. Definição do modelo de fundação

Segundo Barros (2011), devem ser levadas em consideração várias variáveis para a escolha da fundação ideal, dentre elas estão:

- topografia do terreno: necessidade de efetuar cortes e aterros, a presença de obstáculos (aterros com lixos ou matacões), dados sobre encosta e talude;
- características do solo: variabilidade das camadas do solo, a sua compressibilidade, sua resistência, posição do nível d'água;
- dados da estrutura: tipo da edificação, cargas atuantes, arquitetura;
- dados sobre a vizinhança: tipo da estrutura e das fundações vizinhas, possíveis consequências caso sejam provocadas vibrações no solo, danos já existentes;
- aspectos econômicos: não só o custo financeiro da fundação impacta nesse aspecto, mas também o seu tempo de execução. Às vezes o custo da fundação pode ser mais elevado, mas oferece um tempo menor de execução, o que pode ser mais atrativo. Essa redução do prazo de execução pode gerar economia em outras etapas.

5. Metodologia

A execução desse trabalho baseia-se no levantamento de informações teóricas referenciadas em pesquisas bibliográficas citadas, buscando detalhar o processo da concepção de uma estrutura desde seu ponto crítico, através de profissionais dessa área, como Libânio Pinheiro, Cassiane Muzardo, Sandro Santos, Bastos, entre outros que serão descritos no decorrer do trabalho.

Nesse estudo, visam-se todos os aspectos necessários para a execução de um projeto estrutural bem definido sendo eles: custo, segurança, prazo, funcionalidade, entre outros fatores.

Levando em conta ser uma pesquisa bibliográfica, coletaram-se dados e informações de pesquisas realizadas ao longo do tempo, produzindo material suficiente para entendimento conceitual de uma estrutura, dentro de todos os processos executivos, práticos e teóricos.

6. Resultados e discussões

Para desenvolvimento do projeto arquitetônico foi utilizado o software AutoCAD e os cálculos do pré-dimensionamento dos elementos estruturais foram feitos à mão.

5.1. Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico base, é um edifício multifamiliar de múltiplos pavimentos, sendo eles divididos em 3 andares, 4 apartamentos por andar e mais uma casa para caixa d'água.

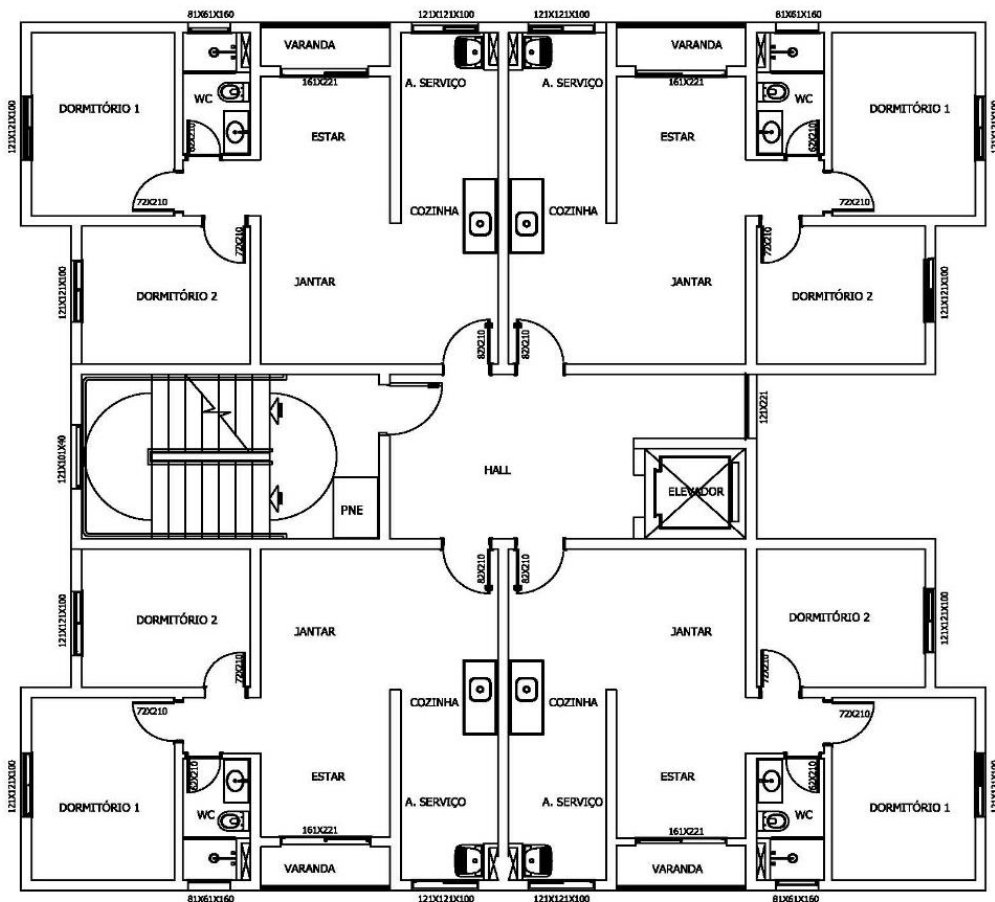


Figura 11 - Planta baixa do pavimento térreo (Fonte: autor próprio)

O edifício é constituído por 4 pavimentos: 1 térreo, 1 pavimento intermediário/tipo, 1 pavimento de cobertura e 1 pavimento para o ático. A seguir é apresentado um quadro com detalhes de cada um destes pavimentos.

Pavimentos	Piso a Piso (m)	Cota (m)	Área (m ²)
Caixa d'água	2,60	11,60	7,07
Último Tipo	3,00	9,00	253,82
Tipo	3,00	6,00	254,12
Térreo	3,00	3,00	254,12
TOTAL	---	---	769,13

Quadro 1 - Informações sobre cada pavimento (Fonte: autor próprio)

A altura total do edifício é de 11.6 m.

5.2. Lançamento dos elementos estruturais

O lançamento dos elementos estruturais é feito de acordo com que garanta que não interfira na arquitetura do edifício e busca a formação de pórticos para estabilizar melhor a estrutura e economizar na altura dos elementos.

Os pilares são lançados nos cantos da edificação e nos encontros das paredes, conforme a imagem a seguir:

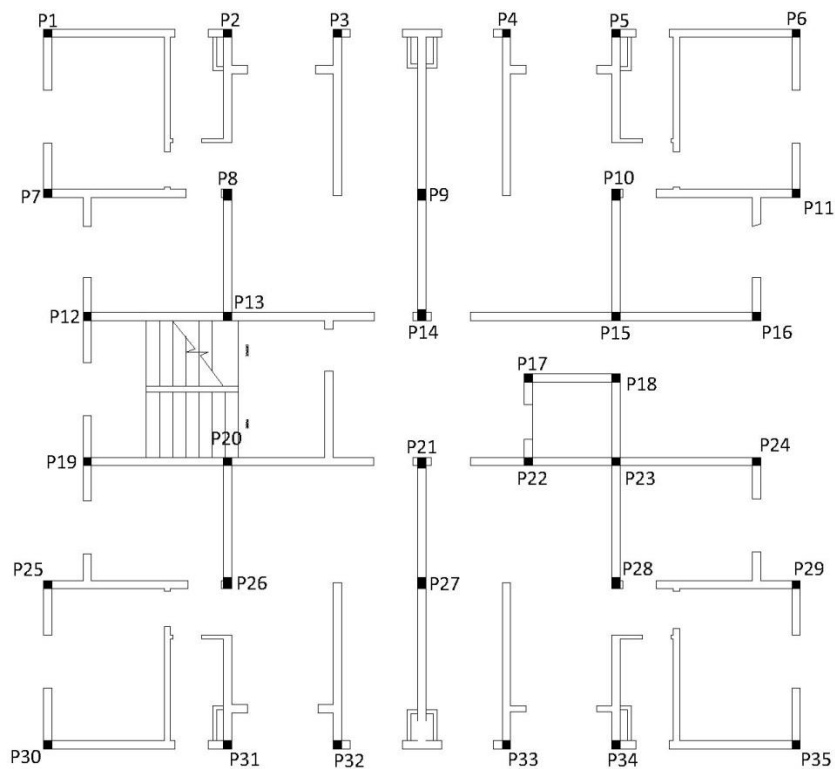


Figura 12 - Localização dos pilares da primeira concepção estrutural (Fonte: autor próprio)

A etapa seguinte é posicionar as vigas, seguindo com o fechamento das lajes maciças.

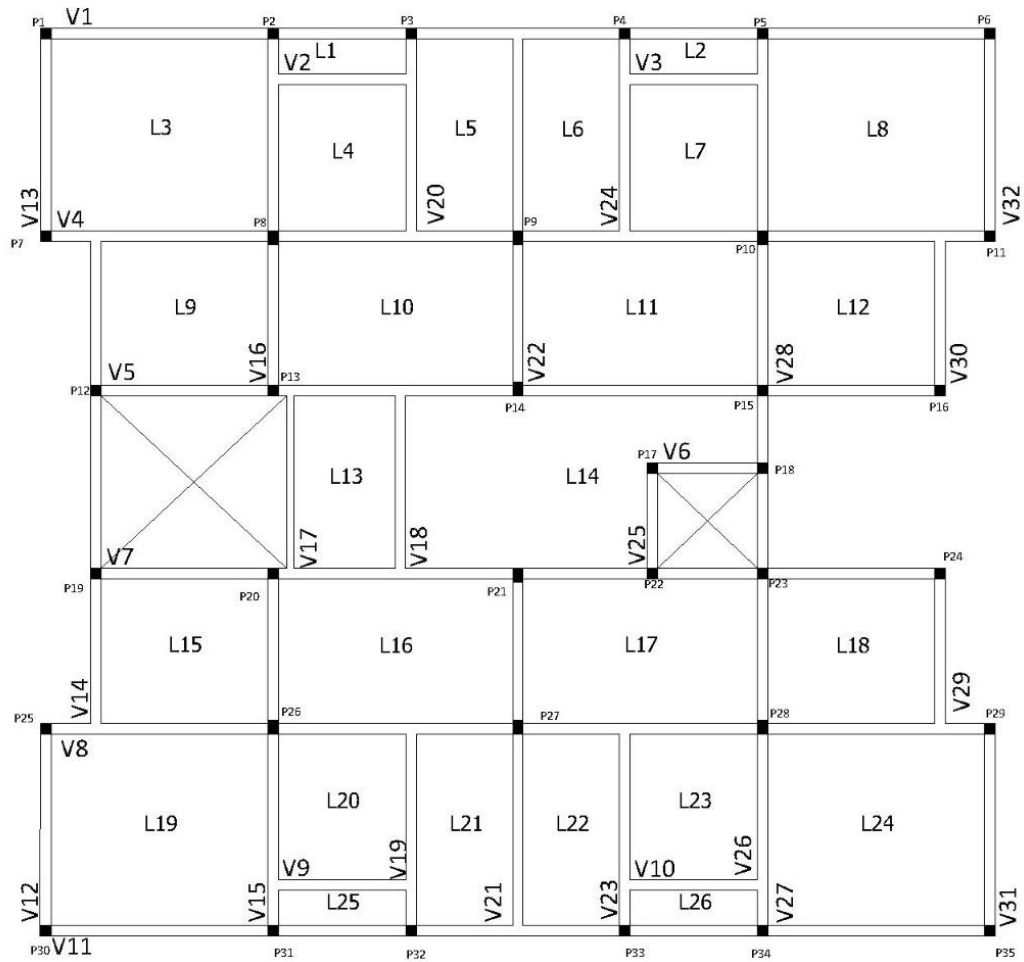


Figura 13 - Localização das vigas e lajes da primeira concepção estrutural (Fonte: autor próprio)

Uma outra concepção estrutural foi realizada a partir do mesmo projeto arquitetônico, porém com 2 pilares a menos que a concepção anterior, que ficou conforme a Figura 14.

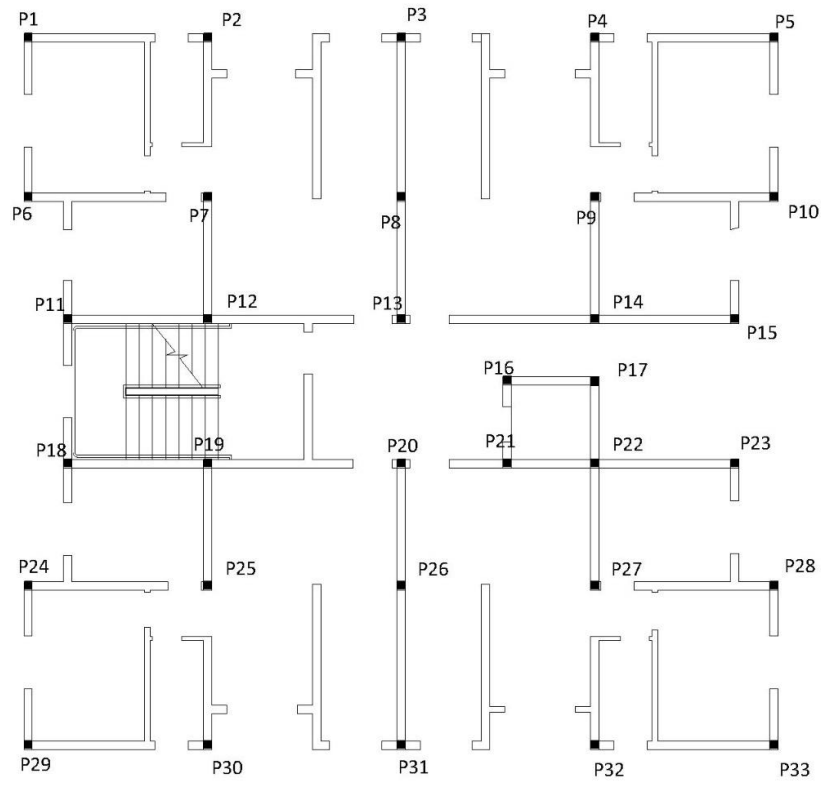


Figura 14 - Locação dos pilares da segunda concepção estrutural (Fonte: autor próprio)

E o posicionamento das vigas e lajes ficou da seguinte maneira:

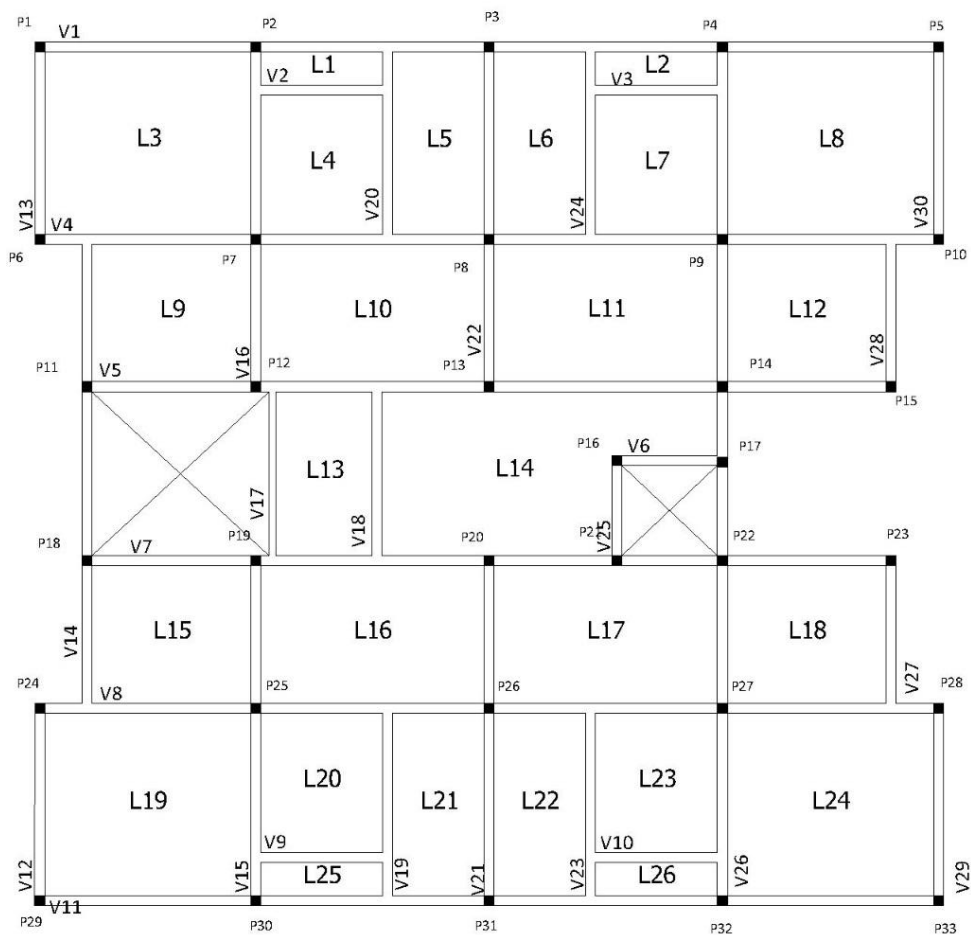


Figura 2 - Localização das vigas e lajes da segunda concepção estrutural (Fonte: autor próprio)

5.3. Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento é calculado com intuito de se aproximar das dimensões reais dos elementos estruturais, isso faz com que o tempo na hora de escolher as dimensões fique menor. Começando pelos pilares: a largura das paredes não acabadas, conforme o projeto arquitetônico, é de 19 centímetros. Então para que não afete a arquitetura do projeto, se inicia a dimensão do pilar com a mesma medida.

Para se chegar ao resultado da pré-dimensão do pilar, primeiro é observada a área de influência a qual ele está ligado, que é determinado pela média da distância, vertical e horizontal, que ele está de outro pilar.

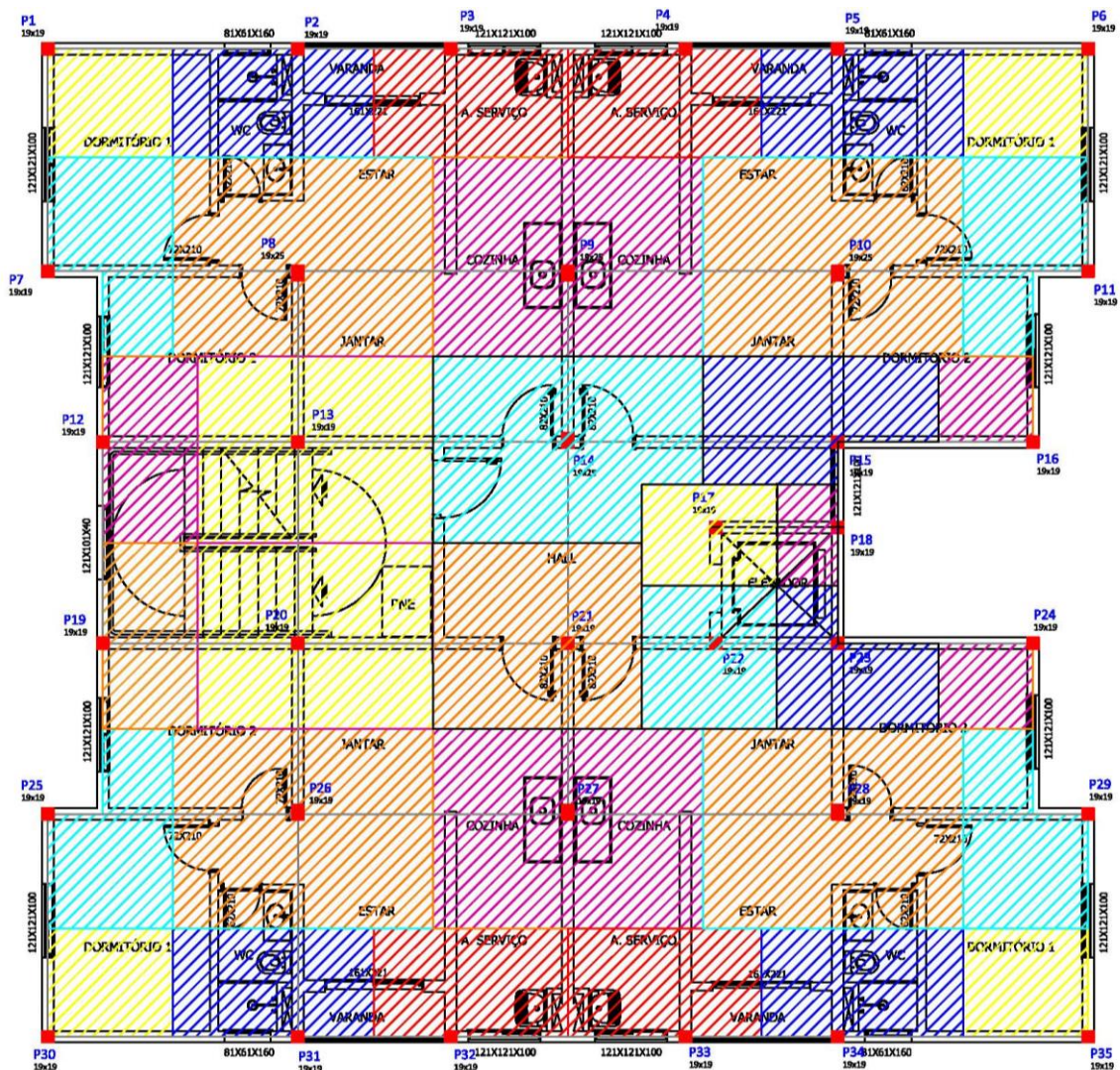


Figura 3 - Área de influência dos pilares da primeira concepção estrutural (Fonte: autor próprio)

Em seguida, são utilizadas as fórmulas a seguir nos cálculos para se obter a dimensão mínima que o pilar deve ter, de acordo com a sua área de influência.

$$P_{\text{tipo/pilar}} = A_{\text{infl/pilar}} * P_{\text{méd}} * n$$

Onde:

- $P_{\text{tipo/pilar}}$: carga do pilar
- A_{infl} : área de influência do pilar
- $P_{\text{méd}}$: peso médio do pilar (adotado 12kN/m² em todos os pilares)
- N : número de pavimentos

$$A_{c,pilar} = \frac{P_{\text{tipo/pilar}}}{\sigma_{adm}}$$

Onde:

- $A_{c,pilar}$: área de cálculo do pilar
- σ_{adm} : tensão admissível (adotado $0,5 \cdot F_{ck}$)

$$L = \frac{A_{c,pilar}}{x}$$

Onde:

- L: comprimento do pilar
- X: largura do pilar (adotado 19 cm em todos os pilares)

Conforme a ABNT NBR 6118 (2014), a área mínima de um pilar não pode ser inferior a 360 cm², então nos pilares em que a área calculada foi menor que esse valor, foram utilizados os 360 cm² como área. Portanto, a partir dos cálculos, o pré-dimensionamento dos pilares fica da seguinte maneira: os pilares P₈, P₉, P₁₀, P₁₄, P₂₆, P₂₇ e P₂₈ ficaram com as dimensões 19x25 cm e os demais com 19x19 cm. Já as vigas foram pré-dimensionadas em 19x45 cm. E todas as lajes com 10 cm de altura.

Para a segunda concepção estrutural, tem-se uma área de influência um pouco diferente da primeira.

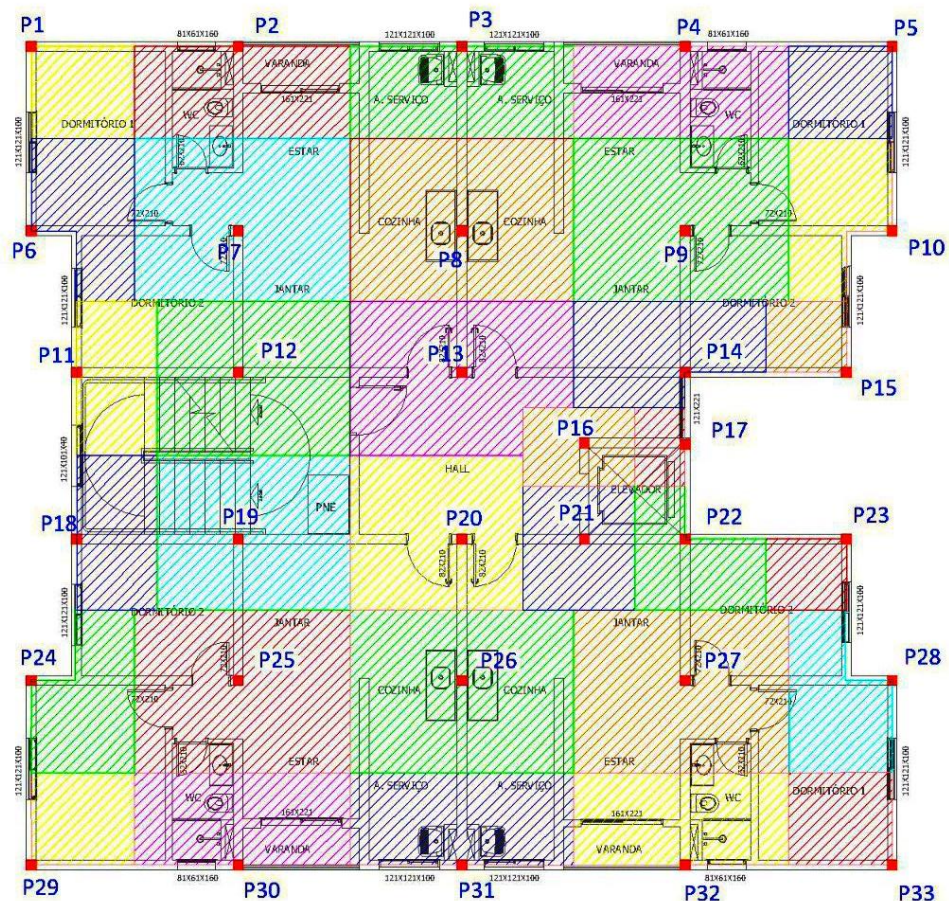


Figura 4 - Área de influência dos pilares da segunda concepção estrutural (Fonte: autor próprio)

Conforme os cálculos realizados do pré-dimensionamento da segunda concepção, com as mesmas fórmulas utilizadas para aos cálculos da primeira concepção, as dimensões dos pilares, das vigas e das lajes não mudam em relação à primeira. O que pode ser mais econômico, pois tem 2 pilares a menos para serem executados.

6. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo explicar o que é uma concepção estrutural e a elaboração de duas concepções de um edifício multifamiliar de 5 pavimentos, sendo inclusos a fundação e o reservatório de água. A interpretação da norma 6118 de 2014 foi de grande importância para as métricas alcançadas, com ela foi possível criar uma base sólida para embasar o desenvolvimento do trabalho.

Foi iniciado um estudo para entender e local cada elemento composto no projeto estrutural, como os principais elementos, pilares, vigas, lajes e fundações. A partir do conhecimento adquirido com referências de grandes nomes da engenharia

civil, foi escolhido um projeto arquitetônico onde foram desenvolvidas as concepções estruturais.

Portanto, apesar da pequena diferença entre as duas concepções, a segunda mostrou que um arranjo bem projetado pode trazer economia, gastando menos aço e concreto, além de não interferir na arquitetura do projeto.

7. Referências Bibliográficas

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Universidade de São Paulo – USP. Departamento de Engenharia de Estruturas EESC. São Paulo. 2003.

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

GIONGO, S. J. **Concreto armado: projeto estrutural de edifícios**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas EESC. 2007.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: Universidade Estadual Paulista – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2006. 92 p. Apostila.

FREITAS, L. W. **Análise estrutural de um edifício em concreto armado e proposta de um novo projeto estrutural – estudo de caso**. 2016. 103 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG, Varginha, 2016.

BASTOS, P. S. **Vigas de concreto armado**. Bauru: Universidade Estadual Paulista – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2017. 57 p. Apostila.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 3ª edição. Rio Grande: DUNAS, 2010. 395 p.

BASTOS, P. S. **Lajes de concreto armado**. Bauru: Universidade Estadual Paulista – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2021. 109 p. Apostila.

sem autor. EXEMPLO de um projeto completo de um edifício de concreto armado. Professor PUC Goiás, 2001. Disponível em <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14280/material/ES-013%20-%20Exemplo%20de%20C%C3%A1lculo%20Completo%20Edifício.pdf>>. Acesso em 18/11/2021.

LIU, A. W. **Diretrizes para projetos de edifícios de escritórios**. 2010. 249 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCADELAI, M. A.; PINHEIRO L. M. Pilares. In: PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Universidade de São Paulo – USP – São Paulo/SP. Departamento de Engenharia de Estruturas EESC. 2003.

ALVA, G. M. S. **Concepção estrutural de edifícios em concreto armado**. 2007. 23 p. Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

CARDOSO, D. S. et al. Concepção estrutural e linguagem arquitetônica: projeto “fábrica de ideias e inovação”, menção honrosa no 12º concurso CBCA para estudantes de arquitetura. **Cultura, estética & linguagens**, v. 5, n. 2, p. 77-104,

setembro, 2020. Disponível em <file:///C:/Users/Cliente/Downloads/10779-Texto%20do%20artigo-41288-2-10-20210407.pdf>. Acesso em 18/11/2021.

REBELLO, Y. C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zingurate, 2000. 271 p.

ALVA, G. M. S. **Desenhos de formas estruturais em edifícios de concreto armado**. 2007. 9 p. Departamento de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

JÚNIOR, A. L. M. (1993). **Lançamento da estrutura de um edifício: posicionamento e pré-dimensionamento de seus elementos estruturais**. Campinas: Unicamp – Departamento de Estruturas, 1993. 25 p. Apostila.

DINIZ, A. L. S. M. et al. **Lajes de concreto: tipos, aplicações e vantagens**. 2013. 94 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2013.

SOUZA, C. G. S.; LOPES, R. C. **Estudo comparativo entre laje maciça convencional e lajes nervuradas**. 2016. 132 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia civil) – Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

BARROS, C. **Apostila de fundações**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, 2011. 22 p. Apostila.

MELLO, T. **Fundações**. Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco, 2019. 64 p. Apostila.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2019. 108 p.

CARVALHO, A. D. **Fundações superficiais: análise comparativa entre fundação superficial do tipo sapata isolada e radier liso em obra de edificação**. 2015. 91 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia civil) – Faculdade de Santa Rita, Conselheiro Lafaiete, 2015.