

PROJETO ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO DE 20 PAVIMENTOS COM HELIPONTO

STRUCTURAL DESIGN OF A 20 FLOORS BUILDING WITH A HELIPAD

NAYANE FERREIRA DE MELO

Engenheira Civil - Universidade Estadual de Goiás
nayanefmelo@gmail.com

FRANCIELLY DJANIRA DE OLIVEIRA

Engenheira Civil - Universidade Estadual de Goiás
franciellyoliveira@hotmail.com

MARCIO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

Engenheiro Civil - Universidade Estadual de Goiás
marcio_alves5@hotmail.com

JULIANO RODRIGUES DA SILVA

Professor e Doutor do Curso de Engenharia Civil – UEG / Campus Henrique
Santillo, Anápolis (GO)
julianorodriguessilva@gmail.com

Resumo: Este trabalho visa apresentar subsídios para a elaboração do projeto estrutural de um heliponto em concreto armado para utilização de helicópteros de forma eficiente e segura, apoio logístico, movimentação de cargas e o deslocamento de pessoas. A elaboração do projeto de um heliponto elevado requer a análise de requisitos preliminares como: características do helicóptero, limites sonoros, operações com o vento, temperatura, dimensionamento das áreas de pouso e decolagem, área de toque, fatores de segurança, etc. Após os estudos preliminares inicia-se a análise estrutural do projeto do heliponto, com base no *Helipont Manual – “(Internacional Civil Aviation Organization, 1995)”*, onde está dividida em dois casos: caso A (Helicóptero na aterrissagem) e caso B (Helicóptero em repouso) e por fim os detalhes construtivos que consiste a elaboração do projeto arquitetônico e estrutural de um edifício de 20 pavimentos. O resultado final foi à elaboração de um heliponto elevado com as dimensões 21 m x 21 m (441 m² de área) em concreto armado sustentado no alto por oito pilares e ligado a superfície superior do edifício, destacando as principais considerações a ser analisadas e o foco das normas e técnicas utilizadas.

Palavra-Chave: Heliponto. Projeto Estrutural. Helicóptero. Edifício.

Abstract: This This work aims to contribute for the development of the structural design of a helipad in reinforced concrete for use in an efficient and safe manner helicopters, logistical support, cargo handling and movement of people. The development of a high helipad project requires the analysis of requirements as helicopter characteristics, noise limits, operations with the wind, temperature, sizing the areas of takeoff and landing, touch area, safety factors, etc. After preliminary studies begins the structural analysis of the helipad project, based on the *Helipont Manual - International Civil Aviation Organization, (1995)*, which is divided into two cases: if a (helicopter on the landing) and case B (Helicopter in rest) and finally the construction details which is the development of architectural and structural design of a 20 floors building. The end result was the development of a high helipad with dimensions 21 m x 21 m (441 m²) in reinforced concrete held aloft by eight pillars and connected to the top surface of the building, highlighting the key considerations to be analyzed and the focus standards and techniques.

Keywords: Helipad. Structural Design. Helicopter. Building.

Introdução

O uso eficiente e seguro de helicópteros para o apoio logístico com a movimentação de cargas, deslocamento de pessoas e de emergência promove a crescente construção de helipontos, logo a elaboração do projeto de um heliponto elevado requer a análise de requisitos como: características do helicóptero, temperatura, limites sonoros, dimensões do heliponto com suas respectivas áreas de pouso e decolagem, área periférica, área de toque, fatores de segurança, etc.

Segundo a Portaria do Ministério da Aeronáutica n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974, o heliponto consiste na área homologada ou registrada, ao nível do solo ou elevada utilizada para pousos e decolagens de helicópteros.

De acordo com a NBR 6.118/2014 (ABNT, 2014), na análise estrutural deve se levar em consideração a influência de todas as ações que possam produzir efeito significativo para a segurança da estrutura, levando em conta os estados de limite último e de serviço. Essas ações podem ser classificadas como: permanentes, variáveis e excepcionais. Neste estudo evidencia-se a ação da sobrecarga causada pela construção do heliponto no topo do edifício, conforme Figura 1.



Figura 1 - Heliponto do hotel e resort Bourbon
Fonte: Goincorp, 2013- Modificada

A área de pouso e decolagem deve ser dimensionada com base nas características (dimensão e peso) do helicóptero, além de prever o peso de pessoas e equipamentos. Através do estudo do helicóptero, do esforço transmitido pelo seu trem de pouso e de outros

carregamentos será possível determinar uma resistência (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974).

Considerações Iniciais para a Construção do Heliponto

O conhecimento das características dos helicópteros é de grande importância ao se projetar, especificamente, helipontos privados (Portaria do Ministério da Aeronáutica n. 18/GM5 de 14 de fevereiro de 1974). Apesar dos helicópteros monoturbina serem os mais utilizados para serviços aéreos privados, para efeito de cálculos do projeto do heliponto o helicóptero utilizado será o H145, por ser um helicóptero biturbina oferecerá um fator de segurança com relação aos demais monoturbina, conforme Figura 2.



Figura 2 - Helicóptero H145
Fonte: Helibras, 2014 - Modificada

Todo aeródromo civil ou compartilhado deve ter, obrigatoriamente, um Plano de Zoneamento de Ruídos (PZR) que será cadastrado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). O PZR regulamenta e estabelece para os operadores de aeródromos os requisitos de elaboração e os critérios técnicos aplicáveis na análise de questões relacionadas ao ruído aeronáutico na aviação civil (Regulamento Brasileiro da Aviação Civil n. 161, 2011). Os limites sonoros causados pelos ruídos do helicóptero devem estar em conformidade com a legislação para não trazer incômodos à coletividade vizinha.

A situação e o traçado do heliponto devem ser tais que sejam mínimas as operações com vento de lado ou a favor. E ainda aeródromos ou helipontos devem possuir indicador visual de condições de vento de superfície, biruta, para informar aos pilotos dos helicópteros a

direção do vento de superfície e uma estimativa da sua intensidade. E as regras para a localização e cores segundo NBR 12.647/2008 (ABNT, 2008) e Portaria DAC n. 192/DGAC, de 10 de março de 2005.

Outro fator é a temperatura, locais onde predominem temperaturas elevadas ou que estejam muito acima do nível do mar exigirão correção nas dimensões da área de pouso. O valor da temperatura de referência deve ser calculado ao longo de um período de alguns anos e deve ser a média mensal das temperaturas máximas diárias para o mês mais quente do ano (REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL n. 154, 2012).

Áreas do Heliponto

As áreas de um heliponto compreendem em: área de toque, área de pouso e decolagem e área periférica, conforme Figura 3. A área de toque localiza-se no centro da área de pouso e decolagem (HELIPORT MANUAL – INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Doc. 9261, 1995).

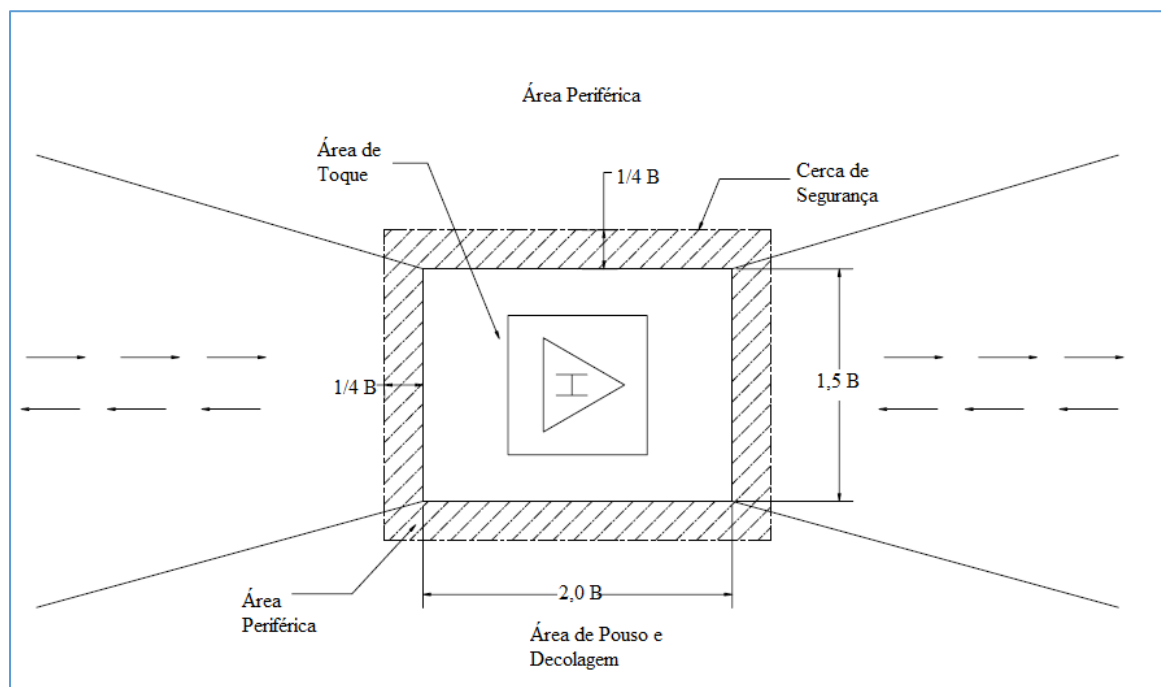


Figura 3 – Dimensões das áreas do heliponto
Fonte: Portaria 18/GM5, 1974 - Modificada

As dimensões da área de toque e da área de pouso e decolagem são em função da dimensão do maior helicóptero que irá operar no heliponto, denominado dimensão B, conforme Figura 4. Porém a geometria da área de toque será em conformidade com a área de pouso, ou seja, se a área de pouso for circular, a área de toque será também circular e se a área de pouso for quadrada ou retangular, a área de toque será quadrada, situada no centro da área de pouso (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974).

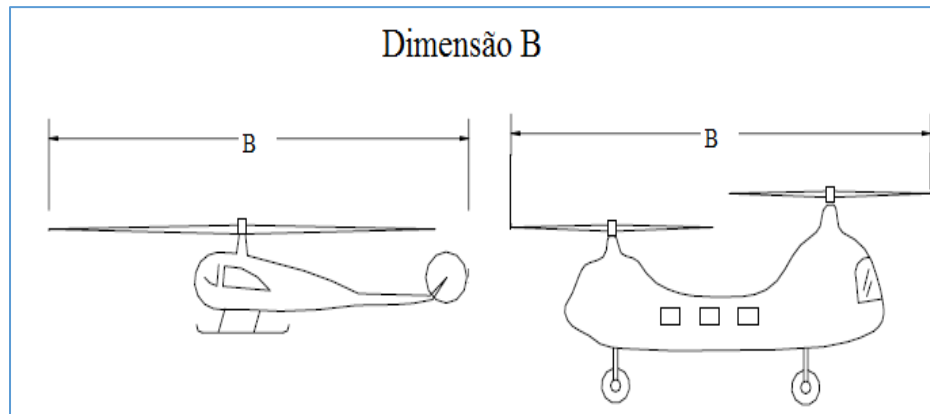


Figura 4 - Dimensão B
Fonte: Portaria 18/GM5, 1974 - Modificada

É sempre cabível, mas não obrigatório, a existência de uma área periférica ou faixa periférica, livre de obstáculos, envolvendo a área de pouso, com dimensão mínima de $\frac{1}{4}$ de B (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974).

Para helipontos elevados consiste na trajetória de aproximação e saída que exigirá para operação dos helicópteros, a existência de locais que permitam um pouso de emergência ao longo da rota de aproximação ou de saída dada no exame das alturas das edificações vizinhas (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974).

Análise Estrutural

Após o dimensionamento das áreas do heliponto, citadas anteriormente, o próximo passo compreende no cálculo das cargas atuantes. De acordo com Heliport Manual (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Doc. 9261, 1995), um heliponto elevado pode ser concebido para um determinado tipo de helicóptero, a área de pouso e

decolagem deve ser projetada para o maior ou mais pesado helicóptero atuante e levar em conta outros tipos de carga, tais como: pessoal, bens, equipamentos de reabastecimento, etc. Para fins de projeto deve-se presumir que o helicóptero vai pousar com as duas rodas do trem de pouso principal, seja qual for o número de rodas do trem de pouso ou em dois patins, se instalados. As cargas impostas sobre a estrutura devem ser consideradas como cargas pontuais sobre os eixos das rodas, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Detalhe das cargas pontuais e das cargas totais sobrepostas

Categoria do Helicóptero	Carga Máxima de decolagem		Carga pontual em cada roda/patins	Eixo das rodas do trem de aterrizagem	Carga Sobreposta (S_{Ha})	Carga Sobreposta (S_{Hb})
	Kg	kN	kN	m	kN/m ²	kN/m ²
1	Até 2300	Até 22,60	12	1,75	0,50	1,50
2	2301 – 5000	22,60 – 49,20	25	2,00	0,50	2,50
3	5001 – 9000	49,20 – 88,50	45	2,50	0,50	2,50
4	9001 – 13500	88,50 – 133,00	67	3,00	0,50	3,00
5	13501 – 19500	133,00 – 192,00	96	3,50	0,50	3,00
6	19501 – 2700	192,00 – 266,00	133	4,50	0,50	3,00

Fonte: Heliport Manual - International Civil Aviation Organization, 1995

Segundo Heliport Manual (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Doc. 9261, 1995), a área de pouso e decolagem deve ser projetada para a pior condição a partir do estudo de dois casos: Caso A - Helicóptero na aterrissagem e Caso B - Helicóptero em repouso.

No cálculo da carga atuante na laje do heliponto foi considerado o caso A que segue as seguintes análises:

- Carga dinâmica devido ao impacto na área de toque: deverá ser dirigido ao contato regular com uma taxa de descida de 1,80 m/s, o equivalente a condição de contorno

de serviço. Neste caso, a carga de impacto é igual a 1,50 vezes a massa máxima à descolagem do helicóptero e também deve ser adicionado o fator referente à aterrissagem de emergência para uma razão de descida de 3,60 m/s, equivalente a última condição de contorno. O fator de segurança parcial, neste caso, deve ser igual a 1,66. Portanto a carga de projeto final é igual a 2,50 (1,66 x 1,50) vezes a massa máxima à descolagem.

- Fator de resposta estrutural: a carga dinâmica deve ser aumentada pela multiplicação de um fator de resposta estrutural que depende da frequência natural da laje de plataforma quando considerado a criação de vigas e pilares de apoio. Esse aumento de carga é aplicado para situações onde a placa possui uma ou mais bordas livres. Ao determinar a carga de projeto final é recomendado o uso do fator médio resposta estrutural (R) de 1,30.

- Carga geral sobreposta à área de toque (S_{Ha}): para atender às cargas de neve, pessoal, bens e equipamentos, etc., devem ser incluídas no projeto, além da carga impostas pelas rodas ou pelos patins, uma margem de 0,50 quilonewtons por metro quadrado (kN/m²).

- Carga lateral nos suportes da plataforma: o suporte da plataforma deve ser projetado para resistir a uma carga pontual horizontal equivalente a 0,50 vezes a massa máxima à descolagem do helicóptero, juntamente com carga de vento aplicado no sentido de que proporciona um tempo máximo de flexão.

- Carga morta sobre elementos estruturais: o fator parcial de segurança utilizado para a carga morta deve ser de 1,40.

- Carga devido ao vento: na avaliação da carga devido ao vento, a velocidade do vento de base (V), correspondente à localização da estrutura, a velocidade estimada de explosão de 3 segundos que há de superar em média, uma vez em 50 anos. A velocidade de base e multiplicar por três fatores: fator topográfico, fator da dimensão e altura do edifício e fator estatístico, isto irá fornecer a velocidade do vento (V_s), que logo em seguida será convertido em pressão dinâmica (q). A pressão dinâmica é multiplicada pelo coeficiente apropriado de pressão (C_p), dando a pressão (p) exercida em qualquer ponto sobre a superfície da estrutura.

- Tensão de ruptura: verificar a tensão de perfuração das rodas ou patins do trem de aterrissagem, aplicando uma carga de projeto final para uma área de contato de $64,5 \times 10^3$ mm².

A Tabela 2 compreende as cargas de projeto atuantes de acordo com o caso A, helicóptero na aterrissagem, utilizado no projeto.

Tabela 2 – Cargas atuantes na laje do heliponto

Helicópteros	$2,5 \times L_H \times R$	$2,5 \times 36,50 \text{ kN} \times 1,3 = 118,63 \text{ kN}$
Carga lateral	$1,6 \times L_H/2$	$1,6 \times (36,50 \text{ kN}/2) = 29,2 \text{ kN}$
Carga total sobreposta	$1,4 \times S_{Ha}$	$1,4 \times 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 441 \text{ m}^2 = 308,70 \text{ kN}$
Carga morta	$1,4 \times G$	$1,4 \times 441 \text{ m}^2 \times 0,18 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 2.778,30 \text{ kN}$
Carga devido ao vento	$1,4 \times W$	$1,4 \times 140 \text{ kN} = 196 \text{ kN}$
TOTAL = 3.430,83 kN – Adotar: 3500 kN		

Fonte: Autores, 2017

Detalhes Construtivos

As lajes, vigas e pilares do heliponto podem ser de concreto armado ou estrutura metálica. Segundo o engenheiro civil Carlos Freire¹, diretor do Escritório Técnico especializado no desenvolvimento de projetos e na construção de helipontos, para um periódico da Revista Finestra, observa que a melhor solução estrutural para o heliponto é aquela que já está sendo usada nos pavimentos anteriores. O uso de estrutura metálica sobre uma estrutura de concreto só é necessário quando há um balanço ou quando se procura uma forma mais delgada para a base do heliponto (FINESTRA / arco.web, 2006).

A ligação da laje da cobertura com os pilares da estrutura do heliponto será engastada através da armadura do pilar com a armadura da laje e assim da mesma forma o pilar de apoio do heliponto com as vigas e a lajes. E por fim a concretagem das peças estruturais.

O sinal de identificação de área de pouso será uma letra indicadora do tipo de heliponto (público, privado ou militar), colocada no centro da área de toque, dentro de um triângulo equilátero com o vértice pintado apontado para o norte magnético, além do sinal de identificação, deverão apresentar um número indicador do máximo de toneladas correspondente à resistência do seu piso, arredondados para número inteiro inferior mais próximo, colocado à direita do vértice pintado do triângulo e com a mesma orientação da letra (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974).

A Figura 5 compreende no corte frontal do heliponto com suas respectivas dimensões de 14 m x 14 m de área de toque e 21 m x 21 m de área de pouso e decolagem.

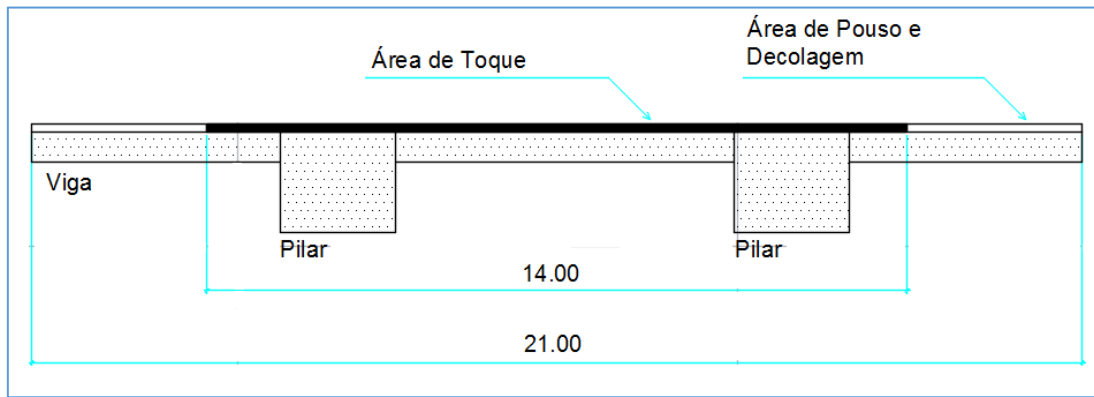


Figura 5 - Corte Frontal do heliponto
Fonte: Autores, 2017

Memorial de Cálculo - Lançamento preliminar dos Pilares e das Vigas

O primeiro passo estrutural consiste em definir a localização dos pilares e das vigas e suas dimensões preliminares, levando em consideração fatores como: vão de lajes, vigas, altura, número de pilares e sempre mantendo a compatibilização com os demais projetos, conforme Figura 6 e 7.

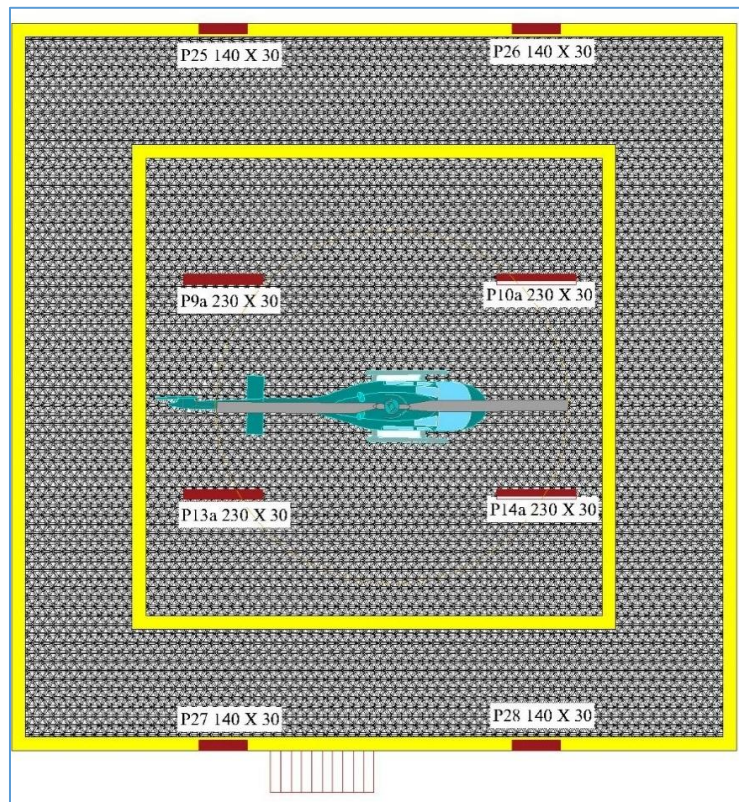


Figura 6 - Lançamento preliminar dos pilares do heliponto
Fonte: Autores, 2017

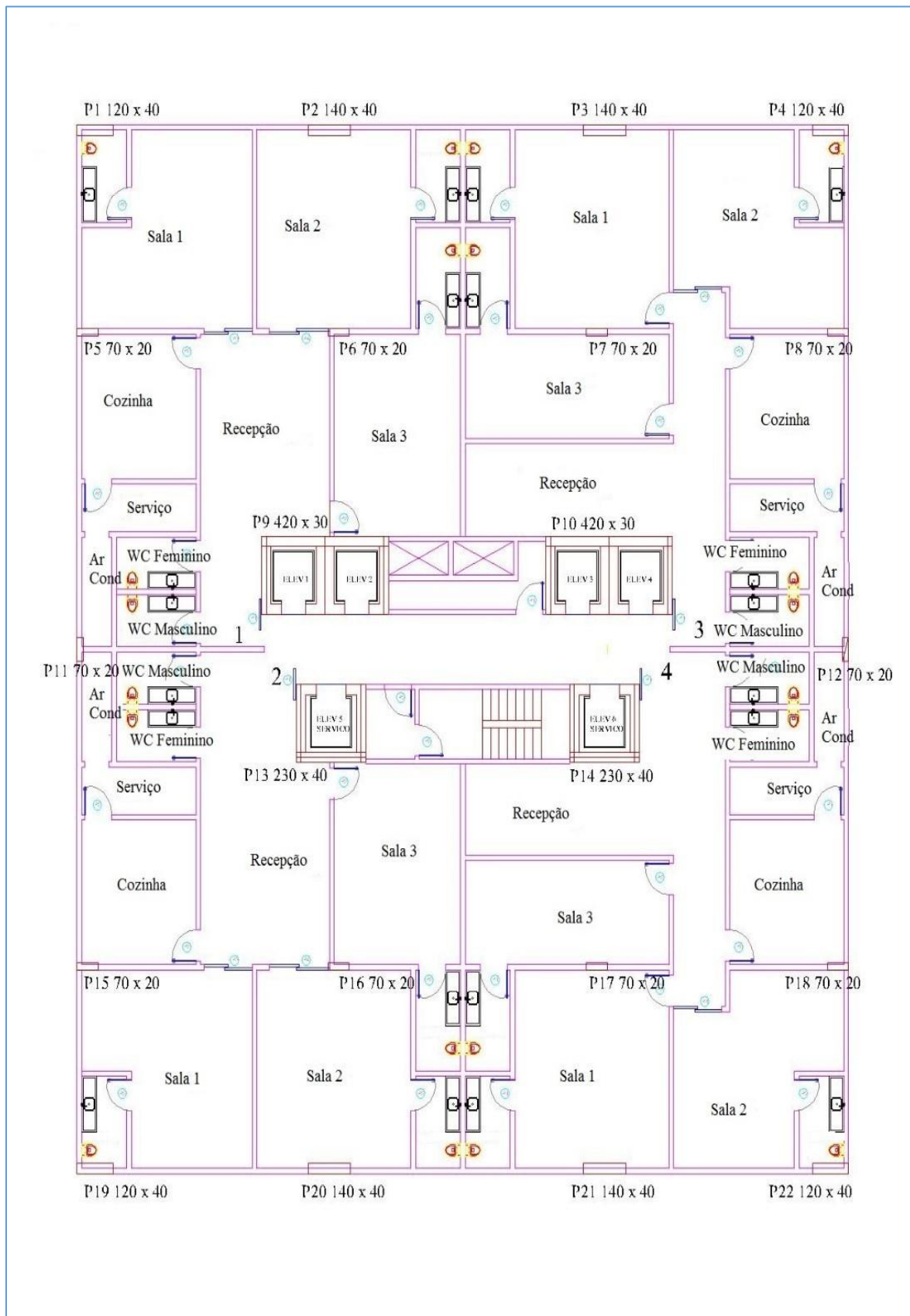


Figura 7 – Lançamento preliminar dos pilares do edifício
Fonte: Autores, 2017

Verificação da Indeslocabilidade

No resultado dos esforços finais, considerou-se a análise da não linearidade geométrica (efeito de segunda ordem) e da não linearidade (devido fissuração). Porém costumam dividir a estrutura do edifício em duas subestruturas contraventada e de contraventamento. A subestrutura de contraventamento é formada por elementos de maior rigidez e que tem a função de resistir às ações horizontais e também uma parcela do carregamento vertical. Já a subestrutura contraventada resiste apenas ao carregamento vertical (ARAÚJO, 2009).

Segundo Araújo (2009), a estrutura é considerada indeslocável quando, sob a ação de forças horizontais, seus nós sofrem deslocamentos pequenos, que não chegam a introduzir esforços globais de segunda ordem significativos, sendo analisada de acordo com a teoria de primeira ordem.

De acordo com a NBR 6.118/2014 (ABNT, 2014), a indeslocabilidade da estrutura pode ser comprovada através de dois critérios: o parâmetro de instabilidade alfa (α) e o coeficiente (γ_z).

Os limites que segundo a NBR 6.118/2014 (ABNT, 2014) para o parâmetro de instabilidade alfa (α) variam de 0,5 à 0,7. O limite de 0,7 é para quando o contraventamento for constituído exclusivamente por pilares parede, 0,6 para quando o contraventamento é garantido pela associação de pórticos e pilares parede e reduzido para 0,5 quando o contraventamento por feito apenas por pórticos.

De acordo com a Figura 7 na direção x temos os pórticos de contraventamento denominados por: PO1 (P1, P2, P3, P4), PO2 (P9, P10), PO3 (P13, P14) e PO4 (P19, P20, P21, P22) e os pórticos contraventados: PO5 (P5, P6, P7, P8), PO6 (P11 e P12) e PO7 (P15, P16, P17, P18). E na direção y temos os pórticos de contraventamento denominados por: PO1 (P2, P6, P9, P13, P16, P20) e PO2 (P3, P7, P10, P14, P17, P21) e os pórticos contraventados: PO3 (P1, P5, P11, P15, P19) e PO4 (P4, P8, P12, P18, P22).

Para o cálculo do parâmetro de instabilidade alfa (α) são considerados os pórticos de contraventamento na direção y (PO1 e PO2) e direção x (PO1, PO2, PO3 e PO4) e, conforme Figuras 8 e 9.

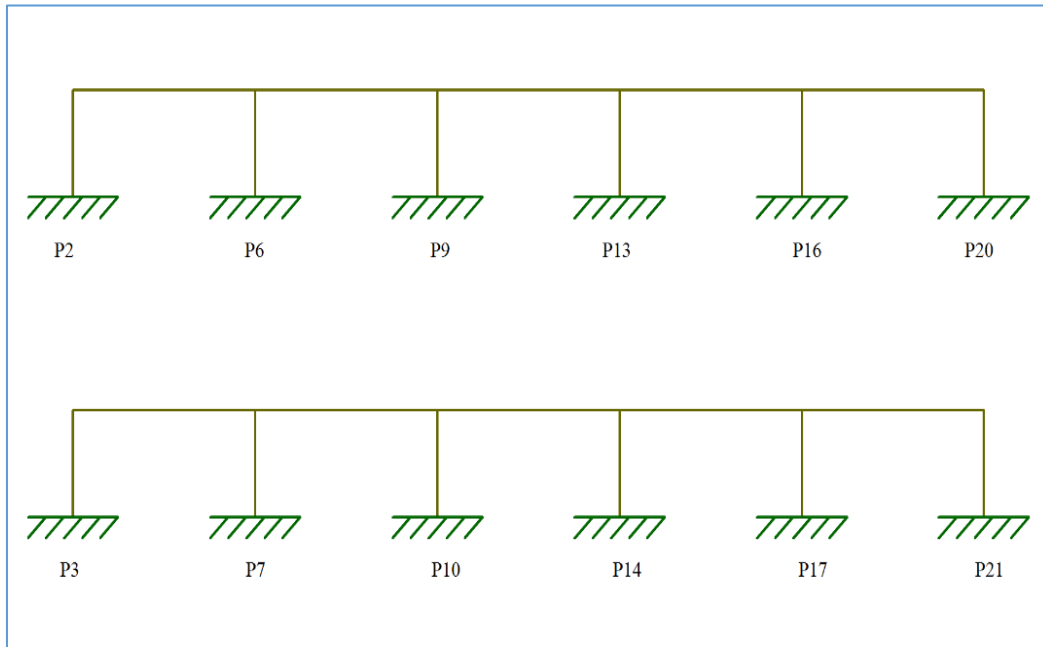


Figura 8 – Pórticos na direção y
Fonte: Autores, 2017

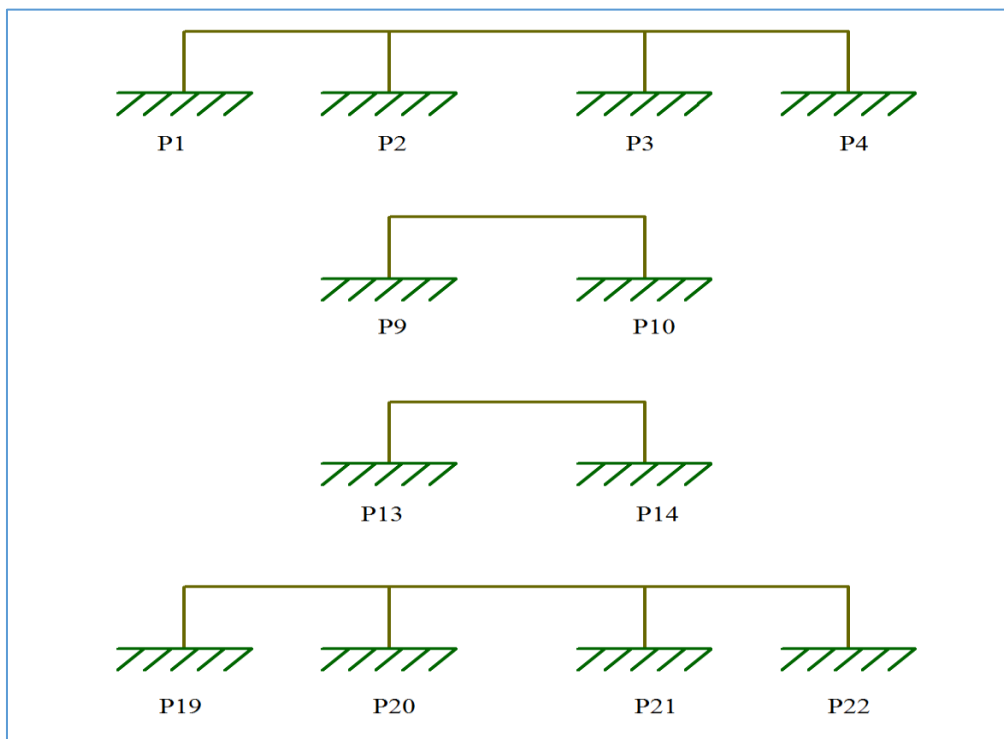


Figura 9 – Pórticos na direção x
Fonte: Autores, 2017

Para o edifício em estudo composto por pórticos e pilares parede e sua análise feita para as forças verticais nas direções x e y de ação do vento, conforme Tabela 3 e 4.

Tabela 3 - Parâmetro alfa na direção x

Vento na direção x						
Carga concentrada - FH						
Pórtico	Carga kN	h _{total} m	U cm	EI _q kN/m ²	Verificação do α	
PO1 = PO4	100,00	65,50	0,42	2,21E+09	0,32	OK
PO2	100,00	65,50	0,29	3,20E+09		
PO3	100,00	65,50	0,93	1,01E+09		
Carga distribuída - p						
Pórtico	Carga kN/m ²	h _{total} m	U cm	EI _q kN/m ²	Verificação do α	
PO1 = PO4	31,00	65,50	3,82	1,87E+09	0,32	OK
PO2	31,00	65,50	2,44	2,93E+09		
PO3	31,00	65,50	4,23	1,69E+09		

Fonte: Autores, 2017

Tabela 4 - Parâmetro alfa na direção y

Vento na direção y						
Carga concentrada - FH						
Pórtico	Carga kN	h _{total} m	U cm	EI _q kN/m ²	Verificação do α	
PO1 = PO2	80,00	65,50	0,24	3,19E+09	0,37	OK
Carga concentrada - p						
Pórtico	Carga kN/m ²	h _{total} m	U cm	EI _q kN/m ²	Verificação do α	
PO1 = PO2	25,00	65,50	1,86	3,09E+09	0,38	OK

Fonte: Autores, 2017

E da mesma forma para o cálculo do coeficiente (γ_z), segundo Araújo (2009), resolve-se o pórtico adotando 80% do módulo de deformação secante do concreto e multiplica o momento de tombamento e o deslocamento médio pelo fator de segurança 1,40 e a resultante das forças verticais pelo fator de segurança 1,30. Para o resultado do coeficiente (γ_z) < 1,10 conclui-se que a estrutura pode ser considerada indeslocável, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo do coeficiente (γ_z)

Direção x			Direção y		
M _{1tot,dx} kN/m	Fator	M _{1tot,dx} kN/m	M _{1tot,dx} kN/m	Fator	M _{1tot,dx} kN/m
68.252,45	1,40	95.553,43	56.239,55	1,40	78.735,37
U média cm	Fator	U média cm	U média cm	Fator	U média cm
2,15	1,40	3,00	1,43	1,40	2,00
P _{tot,d} kN	Fator	P _{tot,d} kN	P _{tot,d} kN	Fator	P _{tot,d} kN
203.845,60	1,30	264.999,28	203.845,60	1,30	264.999,28
γ_{zx}	1,09	OK	γ_{zy}	1,07	OK

Fonte: Autores, 2017

Cálculo estrutural no Software Comercial

Após a análise da indeslocabilidade foi calculado, através do *software* comercial, resultando nas dimensões finais dos elementos estruturais: laje, pilar e viga, conforme “Tabelas 6, 7 e 8”. E por fim suas respectivas armaduras, conforme Tabelas 9, 10 e 11.

Tabela 6 - Dimensões das lajes do heliponto

Laje	Tipo	Altura cm
L2, L3, L4, L5, L7, L8, L9, L10	Maciça	18

Fonte: *Software* comercial

Tabela 7 - Dimensões dos pilares da laje do heliponto

Pilar	Dimensões cm	Coefs. Engastamento		Coefs Flambagem Falmb x Flamb y
		Ext. Superior	Ext. Inferior	
P9a, P10a, P13a, P14a	230 x 30	0,30	1,00	1,00 1,00
P25, P26, P27, P28	140 x 30	0,30	1,00	1,00 1,00

Fonte: *Software* comercial

Tabela 8 - Dimensões das vigas da laje do heliponto

Vigas							
* V3	Dimensão cm	* V4	Dimensão cm	* V5	Dimensão cm	* V6	Dimensão cm
V-2303	30 x 60	V-2306	40 x 60	V2309	30 x 60	V-2312	30 x 60
V-2304	30 x 60	V-2307	30 x 60	V2310	30 x 60	V-2313	30 x 60
V-2305	30 x 60	V-2308	30 x 60	V2311	30 x 60	V-2314	30 x 60
* V7	Dimensão cm	* V9	Dimensão cm	* V10	Dimensão cm	* V12	Dimensão cm
V-2315	30 x 60	V-2319	30 x 60	V-2322	30 x 60	V-2326	30 x 60
V-2316	30 x 60	V-2320	30 x 60	V-2323	30 x 60	V-2327	30 x 60
V-2317	30 x 60	V-2321	30 x 60	V-2324	30 x 60	V-2328	30 x 60

Fonte: *Software* comercial

Tabela 9 - Armaduras das lajes do heliponto

Laje	Armadura Longitudinal Inferior	Armadura Transversal Inferior
L2	34 \approx 8,0 c/ 20 cm	58 \approx 8,0 c/ 10 cm
L3	44 \approx 8,0 c/ 16 cm	88 \approx 8,0 c/ 10 cm
L4	52 \approx 6,3 c/ 13cm	53 \approx 8,0 c/ 10 cm
L5	32 \approx 8,0 c/ 18 cm	49 \approx 8,0 c/ 18 cm
L6	33 \approx 6,3 c/ 17,5 cm	30 \approx 8,0 c/ 18 cm
L7	33 \approx 6,3 c/ 17,5 cm	32 \approx 8,0 c/ 18 cm
L8	54 \approx 6,3 c/ 13 cm	64 \approx 8,0 c/ 9 cm
L9	42 \approx 8,0 c/ 17 cm	88 \approx 8,0 c/ 10 cm
L10	54 \approx 6,3 c/ 13 cm	53 \approx 8,0 c/ 10 cm

Fonte: *Software* comercial

Tabela 10 – Armadura das vigas da laje do heliponto

Viga	A. neg Kg	A. pos Kg	A. mon Kg	A. pele Kg	A. est Kg	∅ 5.0 Kg	∅ 6.3 Kg	∅ 8.0 Kg	∅ 10.0 Kg	∅ 12.5 Kg	∅ 16.0 Kg	∅ 20.0 Kg	∅ 25.0 Kg	Vol conc m³
* V3														
V2303	210,8	70,3			13,3		13,3				20,6	49,7	210,8	1,06
V2304	199,7	50,6	1,5		18,4		19,9		13,7	36,9			199,7	1,63
V2305		59,1			12,4		12,4				59,1			1,00
Total	410,5	180,0	1,5		44,1		45,6		13,7	36,9	79,7	49,7	410,5	3,69
* V4														
V2306	430,7	169,6			96,7					96,7		169,6	430,7	1,36
V2307	336,6	108,0	6,2		54,5					60,7	35,7	72,3	336,6	1,70
V2308		141,9			49,0					49,0			141,9	0,97
Total	767,3	419,5	6,2		200,2					206,4	35,7	241,9	909,2	4,03
* V5														
V2309	370,7	178,6			58,1					58,1			549,3	1,06
V2310	308,5	110,7	5,8		50,9					56,7			419,2	1,63
V2311		145,5			54,5					54,5			145,5	1,00
Total	679,2	434,8	5,8		163,5					169,3			1114,0	3,69
* V6														
V2312	234,4	79,5			13,7		13,7						313,9	1,06
V2313	200,3	55,0	1,5		18,4		19,9			10,7	44,3		200,3	1,63
V2314		63,1			12,4		12,4					63,1		1,00
Total	434,7	197,6	1,5		44,5		46,0			10,7	44,3	63,1	514,2	3,69
* V7														
V2315	32,1	53,0	2,3		18,0		20,3	1,5		83,6				1,35
V2316	10,3	14,7			13,7		13,7		12,9	12,1				1,02
V2317	1,5	42,4	1,7		16,7		18,4	1,5	12,0	30,4				1,25
Total	43,9	110,1	4,0		48,4		52,4	3,0	24,9	126,1				3,62
* V9														
V2319	57,7	74,6	1,8		16,7		18,5			3,8	55,6	72,9		1,34
V2320	54,4	26,5			14,1		14,1		7,5	19,0	13,2	41,2		1,34
V2321	5,6	75,1	1,8		16,7		18,5			5,6	16,5	58,6		1,34
Total	117,7	176,2	3,6		47,5		51,1		7,5	28,4	85,3	172,7		4,02
* V10														
V2322	61,4	75,3	1,8		17,1		18,9		5,8		71,9	59		1,34
V2323	55,5	30,2			14,1		14,1		11,1	19,1		55,5		1,12
V2324	6,0	75,3	1,8		17,1		18,9		2,2	3,8	16,3	59,0		1,34
Total	122,9	180,8	3,6		48,3		51,9		19,1	22,9	88,2	173,5		3,80
* V12														
V2326	32,6	48,2	2,1	0,9	16,7		19,7	1,5		31,1	48,2			1,26
V2327	4,2	15,2			14,1		14,1		6,6	12,8				1,06
V-2328	1,5	42,2	1,9		16,7		18,6	1,5	11,8	30,4				1,26
Total	38,3	105,6	4,0	0,9	47,5		52,4	3,0	18,4	74,3	48,2			3,58
Total Final	2614,5	1804,6	30,2	0,9	644,0	0,0	299,4	6,0	83,6	675,0	381,4	700,9	2947,9	30,1

Fonte: Software comercial

Tabela 11 - Armaduras dos pilares da laje do heliponto

Pilar	Armadura			As/Ac	Estribo
	canto	face X	face Y	%	
P9a, P10a, P13a, P14a	4 \varnothing 16,00	12 \varnothing 12,50	8 \varnothing 12,50	0,48	\varnothing 6,3 c/ 15 cm
P25, P26, P27, P28	4 \varnothing 12,50	6 \varnothing 10,00	6 \varnothing 12,50	0,41	\varnothing 5,0 c/12 cm

Fonte: Software comercial

De acordo com os dados do *Software Comercial*, o volume total de concreto nas lajes é de 71,14 m³ e 7165 Kg de barras de aço.

A “Figura 7” ilustra a planta a forma do heliponto.

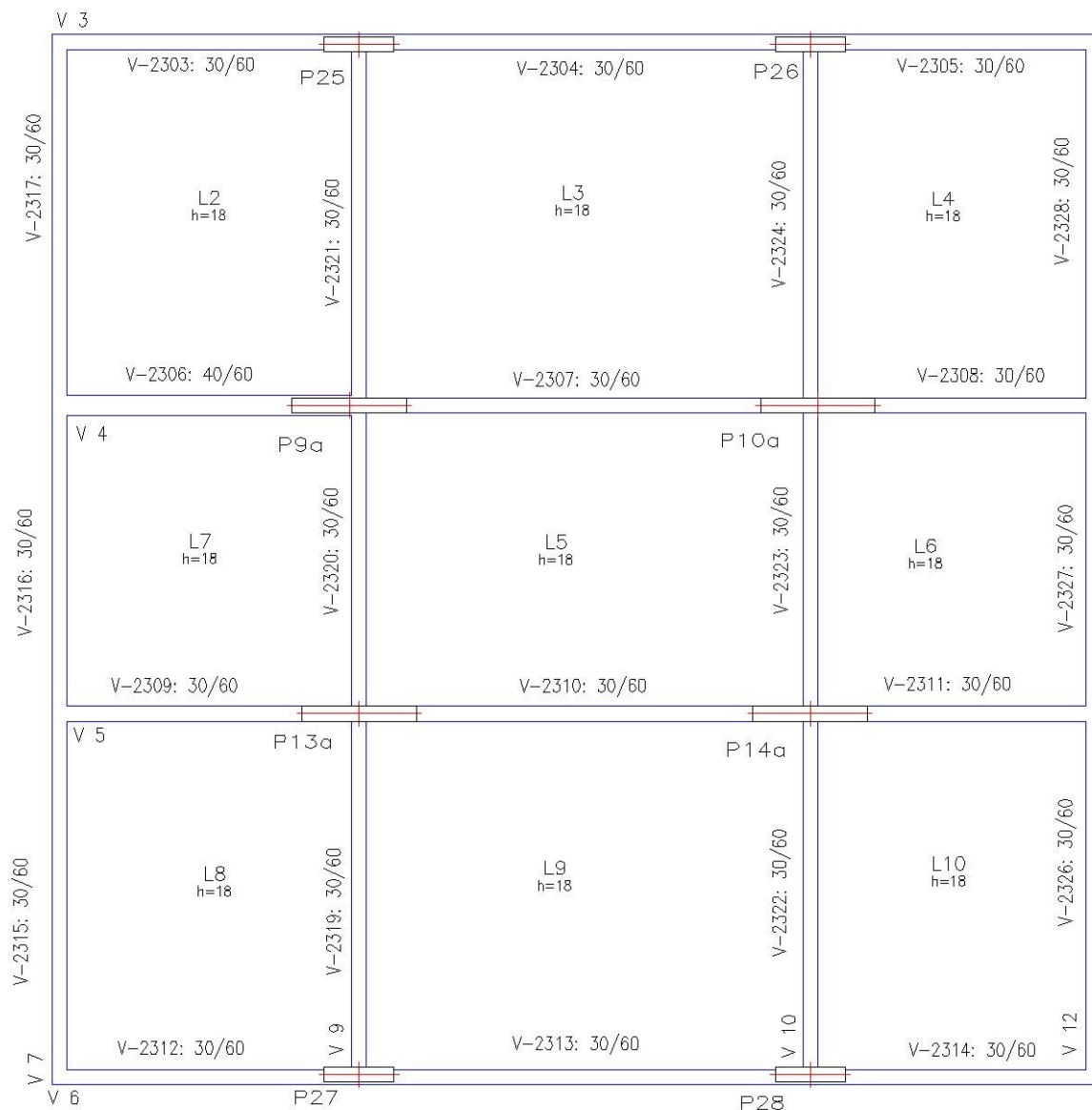


Figura 10 - Planta de forma da laje do heliponto

Fonte: Autores, 2017

Conclusão

Este trabalho foi realizado com o objetivo de subsidiar a elaboração do projeto estrutural de um heliponto em concreto armado, relatando as fases construtivas, com enfoque principal no projeto estrutural.

As fases construtivas do heliponto foram divididas em: considerações iniciais, áreas do heliponto, análise estrutural, detalhamento construtivo e por fim o memorial de cálculo. As considerações iniciais relatam a importância das características do helicóptero, que serviram futuramente para a construção das áreas do heliponto, da obrigatoriedade do Plano de Zoneamento de Ruídos e o estudo das operações do heliponto com o vento e a temperatura.

Para a construção de um heliponto a principal base nacional é a Portaria do Ministério da Aeronáutica nº 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974 que demonstra de forma direcionada os aspectos construtivos, porém os processos para o cálculo estrutural são relatados de maneira concisa.

Os estudos nessa área, dissertações, monografias e teses, são relacionados a critérios específicos como: segurança, escolha do local, melhor material a ser utilizado, análise setorial aeronáutico, entre outros. Por isso em relação aos aspectos estruturais da edificação foram embasados no manual internacional, Heliport Manual (International Civil Aviation Organization, 1995) que apresenta um estudo com mais riqueza de detalhes separando o projeto de cálculo das áreas do heliponto em dois casos.

Na análise estrutural foi considerado o caso A, helicóptero na aterrissagem por abranger um estudo mais amplo das cargas atuantes e servir de modelo para outros helicópteros através da utilização da Tabela 2, demonstrando os fatores a serem considerados para determinar a carga atuante na laje do heliponto.

O projeto do heliponto demonstrou-se viável para o edifício em estudo, comprovado através da obtenção do parâmetro de instabilidade alfa (α) e do coeficiente (γ_z). Para o contraventamento associado de pórticos e pilares parede obteve alfa (α) < 0,60 e (γ_z) < 1,10. E por fim com o auxílio do *Software Comercial* o resultado final das dimensões e armaduras dos pilares, vigas e lajes do heliponto.

Referências

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6118 (2014) – **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. ABNT, 2014.

ARAÚJO, J. M. **Projeto estrutural de edifícios de concreto armado**. Rio Grande: Dunas, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 154 de 12 de junho de 2012**. Projeto de aeródromos. RBAC, 2012. Diário Oficial da União nº 122, de 26 de junho de 2012, Seção 1, página 20.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil n. 161 de 29 de setembro de 2011**. Plano de zoneamento de ruídos de aeródromos. RBAC, 2011. Diário Oficial da União de 29 de setembro de 2011, Seção 1, página 25.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica Comando Geral de Apoio Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo. **Portaria do Ministério da Aeronáutica n. 18/GM5, de 14 de fevereiro de 1974**. Instruções para operação de helicópteros para construção e utilização de heliportos ou heliportos.

BRASIL. Ministério da Defesa Comando da Aeronáutica - Departamento de Aviação Civil. **Portaria do Departamento de Aviação Civil n. 192/DGAC, de 10 de março de 2005**. Instrução da Aviação Civil - Localização de ventos em aeródromos.

CARLOS FREIRE ESCRITÓRIO TÉCNICO¹. Disponível em <http://www.carlosfreire.com.br/carlosfreire/empresa_portifolio.asp> Acesso em: 09 nov. 2015.

HELIBRAS. **Produtos civil H145**. Disponível em: <<http://www.helibras.com.br/produtos/civil/h120/>>. Acesso em 07 set. 2015.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION – ICAO – **Heliport Manual, Doc. 9261**, 1995.

REVISTA FINESTRA. **Projeto de heliportos** - equipamento estratégico para resolver os problemas de trânsito e segurança dos executivos, os helicópteros estão modificando o cenário das metrópoles e de suas edificações. São Paulo: Ed95, 2006. Disponível em: <<https://arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/heliportos-01-04-2006>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

¹ Carlos Freire – Engenheiro civil formado na Escola de Engenharia de Mauá em 1980, especialista em Engenharia Estrutural. Disponível em: <http://www.carlosfreire.com.br/carlosfreire/empresa_portifolio.asp>. Acesso em: 09 nov. 2005.