

Análise Comparativa de Consumo de Aço e Concreto Entre Duas Configurações de Investimento em Balneário Camboriú

Anderson Germano Lach¹, Jeniffer Espírito Santo Bulin¹
(anderson.germano@hotmail.com, jenifferbulin@gmail.com)

Professora orientadora: Michela Steluti Poleti Faria

Coordenação de Curso de Engenharia Civil

Resumo

Para o dimensionamento de estruturas de edifícios é necessário o devido conhecimento quanto aos esforços que esta estrutura estará exposta, já que o peso próprio (peso da estrutura em si), das pessoas que frequentarão o edifício, os possíveis equipamentos presentes, por exemplo, elevadores e reservatórios, além das considerações de segurança deverão ser consideradas. O estudo analisou a estimativa de consumo de aço e concreto de duas configurações de investimento, sendo uma com duas torres gêmeas de 34 pavimentos, e outra com uma torre única de 57 pavimentos, em um mesmo terreno na cidade de Balneário Camboriú. Foi utilizado o software estrutural TQS, realizado os lançamentos das estruturas, adotando os carregamentos e coeficientes gerados pelo mesmo, obtendo assim um resumo estrutural, que proporcionou a análise comparativa de consumo. Ao final deste estudo conclui-se que as estruturas analisadas estão diretamente afetadas pelo vento e que o estudo do mesmo no dimensionamento de qualquer estrutura é de vital importância para a segurança da edificação e de quem for utilizar a mesma.

Palavras-chave: Consumo, concreto, aço, análise comparativa, vento.

1. INTRODUÇÃO

A engenharia estrutural é uma área de estudo importantíssima para a engenharia civil, os conhecimentos oferecidos nesta área tornam possível o projeto e a execução de edifícios, oferecendo segurança, eficiência no uso de materiais, de equipamentos e de funcionários, sem ocorrerem riscos de superdimensionamento ou de subdimensionamento (AZEREDO, 1997).

Para o dimensionamento de estruturas de edifícios, é necessário o devido conhecimento quanto aos esforços que esta estrutura estará exposta, já que o peso próprio (peso da estrutura em si), das pessoas que frequentarão o edifício, os possíveis equipamentos presentes, por exemplo elevadores e reservatórios, além das considerações de segurança deverão ser consideradas. Um dos esforços que são importantes de serem considerados, são os esforços realizados pelo vento, em que este representa uma carga em apenas uma direção da edificação e esta deve estar pronta para recebê-lo em todas as direções possíveis (CHÁVEZ, 2006).

Na execução de projetos estruturais, o concreto armado é um dos materiais mais utilizados por conta da sua versatilidade e pela sua boa resistência à tração e à compressão.

¹ Graduação em Engenharia Civil – Centro Universitário UNISOCIESC.

No entanto, é um material caro e que representa um elevado peso próprio, dessa forma, devendo ser usado com cautela para que não represente um problema mecânico e econômico para a estrutura e para a empresa responsável pela execução da obra (QUEIROZ; MESQUITA, 2018).

O consumo de aço por m² é um dos fatores influenciados pela altura da edificação, e deve ser analisado o custo adicional comparando as duas configurações. Além dos custos de aço e concreto, também se faz necessário o estudo e planejamento de utilização de espaço, considerando duas implantações diferentes (TARANATH, 2010).

Em um edifício convencional de até 50 pavimentos o custo estrutural varia entre 20% e 30%. Para edifícios mais altos, quando essa marca é ultrapassada, o custo do sistema de contraventamento pode chegar a 10% do custo total da edificação (TARANATH, 2010). Sendo assim, o presente artigo se faz necessário para analisar o consumo de aço e concreto de um edifício de 57 pavimentos, se comparados com um de duas torres de 34 pavimentos, em que a influência do vento é muito menor.

Assim, tem-se as seguintes hipóteses da problemática: influência da ação do vento em um edifício; consumo de aço para estabilizar uma estrutura com altura superior a 150 metros; utilização do espaço visando melhor investimento.

O objetivo do presente estudo é apresentar uma análise comparativa de consumo de dois modelos de investimento. Ainda, especificamente: analisar resultados de consumo de aço e a concreto utilizando o software estrutural TQS;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Barboza et al. (2011) a construção civil em grandes cidades do Brasil tem apresentado edifícios para usos residenciais e comerciais cada vez mais altos e esbeltos, consequências de uma condição econômica favorável, além do avanço tecnológico dos materiais e processos construtivos. Esta tendência arquitetônica fez com que as edificações apresentassem sistemas estruturais muito leves e flexíveis, tornando as frequências naturais muito baixas e, por consequentemente, mais suscetíveis a problemas de vibrações excessivas, abertura de fissuras indesejáveis e, em casos mais graves, fadiga estrutural e o colapso da estrutura. Um dos maiores causadores de vibrações indesejadas em estruturas esbeltas e altas, são os ventos.

2.1 Aço e Concreto Armado

O setor da economia que mais consome aço é o setor da construção civil. No ano de 2019, o consumo desse material correspondeu à um quantitativo superior a 37,6% do total. É uma fatia grande e crescente, cuja tendência tende a expandir com as vantagens e as aplicações de alto desempenho que o aço pode oferecer na indústria da construção civil. As inovações tecnológicas que foram introduzidas no processo siderúrgico trouxeram para o processo de fabricação uma economia dos custos totais, melhor qualidade e redução de prazos, fazendo o aço ter suas vantagens cada vez mais reconhecidas, e atendendo aos desejos da construção civil (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020).

O concreto armado é o material mais utilizado na construção civil no Brasil e no mundo, deste modo, é dever do engenheiro civil possuir o conhecimento técnico do assunto ao realizar um projeto estrutural eficiente. Levando em consideração a influência que a

classe de resistência do concreto tem no comportamento da estrutura e no custo final da edificação, é de suma importância que o profissional compreenda quão significativa é esta influência na variação no consumo de concreto e aço, afirmam Gonçalves, Carelli e Foiato (2021). Além disso, a escolha do concreto, com sua devida resistência afeta diretamente no consumo de aço na edificação, já que é um dos fatores importantes para o dimensionamento de estruturas.

Mesmo o concreto armado sendo o tipo de material para estruturas mais utilizado no Brasil, este representa elevadas quantidades de uso de materiais, com um aumento em torno de 23% no peso total da estrutura, quando comparado com edificações com sistema misto de aço e concreto, que a partir do esforço exercido, é utilizado um dos materiais, conforme Queiroz e Mesquita (2018).

O dimensionamento também é um fator importante para definir o consumo de aço e o custo com a obtenção do material. O estudo de Queiroz e Mesquita (2018) realizou a verificação do consumo de aço no dimensionamento de uma mesma estrutura de aço, para a mesma edificação e constatou que a diferença entre duas metodologias utilizadas reduziu em 12,1% o consumo de aço na estrutura, representando uma grande economia.

De acordo com Pinheiro (2005), os diferentes perfis estruturais necessitam de propriedades mecânicas e químicas, a depender do uso que será realizado do material, sendo que a escolha correta desse material é um fator importante na resistência desse perfil quanto aos esforços solicitantes. O autor lista as seguintes características dos aços estruturais: ductibilidade, resistência, tenacidade, dureza e fadiga. Sendo que Bellei, Pinho e Pinho (2008) afirmam que a resistência e a ductibilidade são as propriedades mais importantes na escolha do material.

2.2 A Ação dos ventos na construção civil

Oliveira (2014) afirma que o vento é a expressão utilizada para designar os movimentos do ar relativos à superfície terrestre. Ele é provocado essencialmente por forças geradas através de diferenças de pressões na atmosfera e através do movimento de rotação da terra.

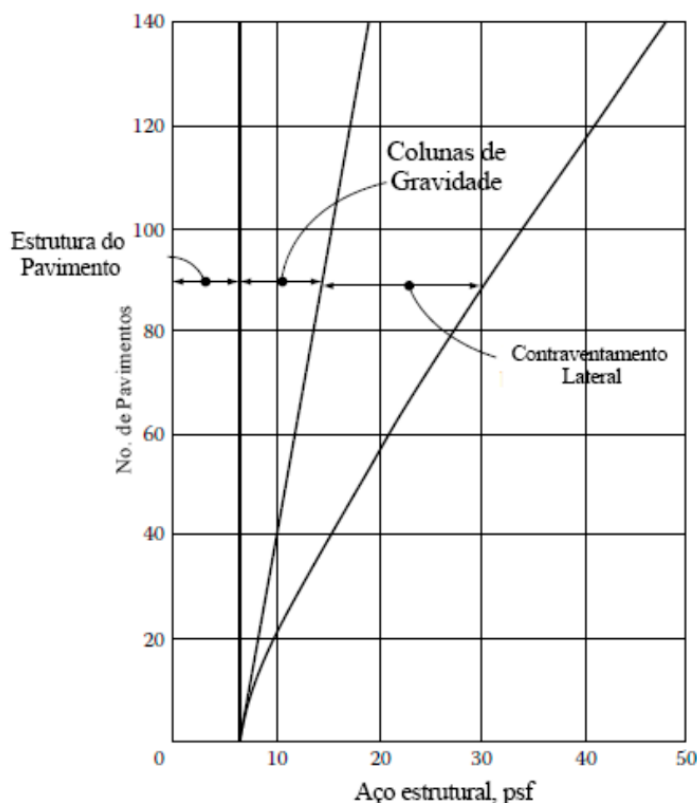
Conforme Pitta (2005), o vento é o movimento das massas de ar causado por condições de pressão e de temperatura na atmosfera. O surgimento do vento é causado, basicamente, pelo aquecimento não uniforme da atmosfera, tal aquecimento é provocado principalmente pelos raios ultravioletas emitidos pelo Sol que aquecem a superfície da Terra. Além disso, o sol emite também raios infravermelhos que contribuem no aquecimento. As diferenças entre as superfícies, a evaporação da água, sua precipitação e a rotação da Terra, dentre outros, produzem a movimentação de massas que originam os ventos.

Trein (2005) reforça que o vento é um resultado da rotação do planeta terra e das massas de ar em relação à própria superfície terrestre. Em grandes altitudes, o regime de escoamento do vento é caracterizado como laminar, no entanto o autor afirma que em regiões mais próximas da superfície, o vento apresenta um comportamento turbulento causado pela rugosidade e devidas irregularidades da superfície terrestre, isso faz com que surja uma camada limite atmosférica, sendo que dentro dessa camada, o vento se caracteriza pela variação da velocidade média em função da altitude e pela geração das rajadas de vento. Estas características são de fundamental importância na determinação dos ventos mais fortes, os quais são considerados no projeto estrutural.

A ação do vento sobre uma estrutura é maior, conforme a altura da edificação aumenta. Desta forma, seu efeito é significativo em edifícios altos de múltiplos pavimentos. Porém, o vento é um fenômeno natural instável, com variações aleatórias de velocidade em torno de um valor médio, as quais são conhecidas como rajadas, apresentando frequência e intensidade de curta duração e uma ocorrência sequencial, afirma Chavez (2006).

O impacto no consumo de aço estrutural pode ser observado na Figura 1.

Figura 01 – Consumo de aço por número de pavimentos



Fonte: Adaptado de Taranath, 2010.

Nascimento et. al. (2016) afirmam que um projeto deve ser elaborado de modo a resguardar a edificação de todas as maneiras, sendo que o principal critério a ser considerado é a segurança. E que todas as etapas de um projeto devem ser realizadas atentamente para evitar qualquer falha quanto aos fatores que solicitam esta estrutura.

A ação dos ventos pode ser caracterizada por duas ações existentes: a velocidade constante dos ventos e a presença de rajadas de vento. A primeira se caracteriza por velocidades próximas da média registrada e costumam ocorrer ao longo do tempo, no entanto, Viana e Araújo (2009) explicam que as rajadas de vento ocorrem numa sequência aleatória de frequências e intensidades. Pequenos turbilhões, cuja ação é localizada e desordenada, dão origem a rajadas de vento mais violentas, que podem gerar forças de dois tipos: forças com componentes de altas frequências e baixa intensidade; e forças contendo componentes de baixas frequências e alta intensidade.

A ação do vento é dividida em estática e dinâmica. Esta é uma simplificação amplamente aceita para determinação de cargas em estruturas, derivada dos coeficientes aerodinâmicos presentes na norma. No entanto, como mencionado anteriormente, o vento é um fenômeno natural aleatório e essa divisão não é real. A pressão exercida no edifício varia

com as flutuações de velocidade e as mudanças de linhas de corrente induzidas pelo edifício, de modo que as cargas de vento são sempre dinâmicas (VIANA e ARAÚJO, 2009).

2.3 Normativa Brasileira

Para servir de instrumento de orientação para engenheiros durante o projeto estrutural, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a NBR 6123/1988 em que nesta norma são definidos parâmetros de projeto para o cálculo de estruturas sujeitas às forças do vento, considerando as ações estática e dinâmica. Esta norma é importante quando são consideradas as cargas que uma edificação estará exposta, já que podem evitar com que a estrutura tenha sua segurança questionada (subdimensionamento) ou o gasto excessivo e dimensionamentos além do necessário (superdimensionamento).

A NBR 6123, “Forças devidas ao vento em edificações”, publicado em 1988, desde então se tornou referência para os mais diversos projetos arquitetônicos do Brasil. Após mais de 25 anos de publicação, a NBR 6123 só foi revisada duas vezes em 1990 e 2013 e, mais recentemente, está sendo atualizada para introduzir métodos de análise da dinâmica do vento mais precisos do que as versões anteriores da norma. A ABNT (1990) explica que quando se trata do vento natural, o módulo e a orientação da velocidade instantânea do ar apresentam flutuações em torno da velocidade média, designadas por rajadas. Entende-se que nesse caso a velocidade média mantém-se constante durante um intervalo de tempo de 10 min ou mais, produzindo nas edificações efeitos puramente estáticos, designados como uma resposta média. Já as flutuações da velocidade podem levar em estruturas muito flexíveis, especialmente em edificações altas e esbeltas, a oscilações importantes na direção da velocidade média, designadas como resposta flutuante

Os padrões de vento destinam-se ao fornecimento de diretrizes para cálculos de construção que levem em consideração os efeitos estáticos e dinâmicos do vento. A NBR 6123:1988 não se aplica a edificações com “formas e dimensões inusitadas” e estudos especiais utilizando túneis de vento para obtenção dos coeficientes são recomendados nestes casos.

O efeito do vento nos edifícios depende das condições meteorológicas e aerodinâmicas, entre outras coisas, a localização do edifício em estudo, o tipo de terreno em que o edifício está localizado, a rugosidade, altura, forma e tamanho do terreno, tipo de ocupação e, por fim, a aleatoriedade dos eventos de vento (CURCI et al. 2017).

A norma abrange o cálculo de forças de vento nas edificações considerando geometrias mais comuns nos perfis das edificações. Em prédios com geometria fora do convencional, devem ser realizados estudos para a verificação da ação das forças do vento. Para este cálculo são consideradas variáveis como: velocidade básica do vento (depende apenas do local em que a estrutura está inserida), velocidade característica do vento (são multiplicados fatores à velocidade básica do vento, considerando diversos fatores presentes na edificação) e pressão dinâmica do vento (é calculada a partir da velocidade característica, podendo assim ser aplicada uma carga ao edifício).

2.4 Dimensões da Edificação

A velocidade do vento varia continuamente e seu valor médio é calculado em qualquer intervalo de tempo. O menor desses intervalos é de 3 segundos, correspondendo a rajadas capazes de envolver obstáculos de até 20 m na direção do vento médio. Aumentar o intervalo de tempo em que a velocidade média é calculada aumenta a distância percorrida pela rajada (COSTA, 2003).

Para determinar quais partes de um edifício devem ser consideradas ao determinar os efeitos do vento, é necessário considerar construções ou características estruturais que criam pouca ou nenhuma continuidade estrutural em todo o edifício, como:

- a) Edifícios com juntas de separação que dividem a estrutura em duas ou mais partes separadas;
- b) o edifício tem pouca rigidez na direção perpendicular ao vento e, portanto, tem pouca capacidade de redistribuir cargas.

A NBR 6123 classifica as edificações e seus componentes em três categorias, calculando a velocidade média em intervalos de 3, 5 e 10 segundos e as dimensões verticais e horizontais máximas de 20, 50 e 80 metros. Em edifícios com dimensões máximas superiores a 80 m, o intervalo de tempo é obtido conforme descrito no Anexo A da norma acima.

Além disso as edificações são divididas em classes:

- a) Todas as vedações, seus fixadores e peças individuais da estrutura são vedadas. Qualquer edifício com dimensão horizontal ou vertical máxima não superior a 20 metros;
- b) Qualquer edifício ou parte de edifício com dimensão horizontal ou vertical máxima da fachada entre 20 e 50 metros;
- c) Qualquer edifício ou parte de um edifício, a dimensão horizontal ou vertical máxima da sua fachada excede 50 m.

2.5 Classificação das Ações em Edificações

Quanto a classificação das ações, deve-se seguir a classificação conforme NBR 8681: Permanente, Variável e Especial. Para cada tipo de estrutura, o comportamento a ser considerado deve respeitar suas propriedades e as regras que se aplicam a ela (ABNT, 2003).

2.5.1 Ações permanentes

Ações permanentes são aquelas que ocorrem com valores quase constantes ao longo da vida útil da edificação. Ações permanentes devem levar em conta sua representação mais prejudicial para a segurança. Efeitos permanentes imediatos incluem o peso da própria estrutura e o peso de elementos estruturais fixos e acessórios permanentes.

Quanto ao Peso Próprio, o autor Costa (2003, p.32) apresenta que:

Nas construções correntes admite-se que o peso próprio da estrutura seja avaliado conforme descrito a seguir: específica Esta Norma se aplica a concretos de massa específica normal que são aqueles que, depois de secos em estufa, têm massa específica (ρ_c) compreendida entre 2 000 kg/m³ e 2 800 kg/m³. Em não se conhecendo a massa específica real, para efeito de cálculo, pode-se adotar para o concreto simples o valor 2 400 kg/m³ e para o concreto armado 2 500 kg/m³. Quando se conhecer a massa específica do concreto utilizado, pode-se considerar para valor da massa específica do concreto armado, aquela do concreto simples acrescida de 100 kg/m³ a 150 kg/m³.

Além disso, o peso de elementos estruturais fixos e instalações permanentes, a massa específica do material de construção atual pode ser avaliada de acordo com os valores

indicados na NBR 6120. O peso da unidade permanente é levado em consideração com o valor nominal indicado pelo respectivo fornecedor

2.5.2 Ações variáveis

O efeito das variáveis diretas é constituído pelas cargas inesperadas de uso previsto da edificação, efeito do vento e da chuva e deve respeitar as disposições da norma específica brasileira. Cargas acidentais de estruturas previstas para serem utilizadas devem ser colocadas no local mais desfavorável para o elemento em estudo, a menos que certas normas brasileiras permitam simplificações, que normalmente correspondem a:

- cargas verticais de uso da construção;
- cargas móveis, considerando o impacto vertical;
- impacto lateral;
- força longitudinal de frenação ou aceleração;
- força centrífuga (COSTA, 2003, p.33).

Essas cargas devem ser dispostas nas posições mais desfavoráveis para o elemento estudado, ressalvadas as simplificações permitidas por normas específicas brasileiras. Por fim, o esforço devido à ação do vento deve ser considerado e determinado de acordo com o disposto na NBR 6123, permitindo a utilização de regras simplificadas especificadas em normas brasileiras específicas.

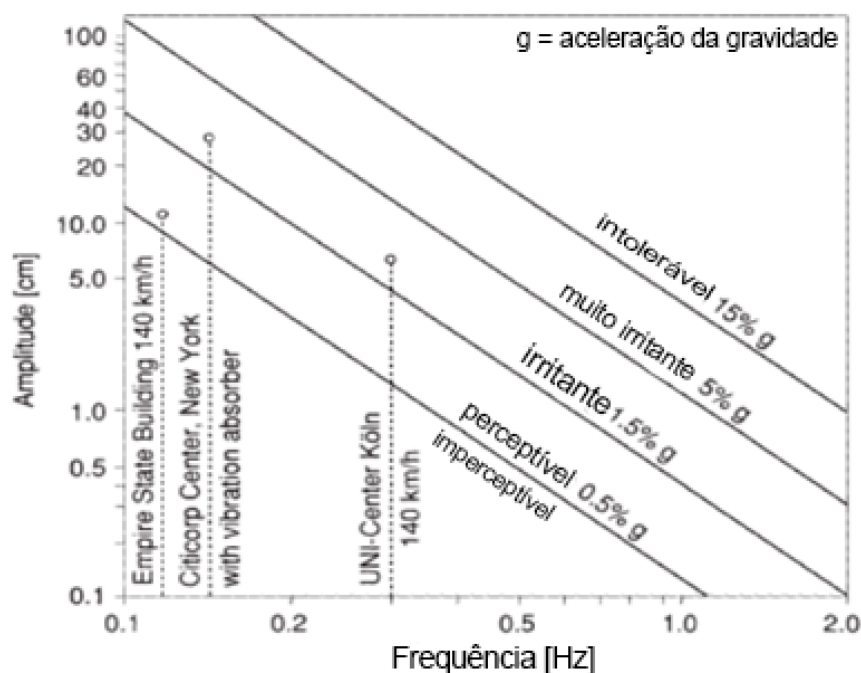
2.6 Conforto do Usuário

O vento afeta não apenas a segurança estrutural, mas também as condições de uso dos edifícios. Em particular, a avaliação da aceleração produzida pela rajada de vento permite inferir o conforto do utilizador, que pode ir desde acelerações imperceptíveis até valores que provocam náuseas e tonturas aos ocupantes do edifício (MARTINS, 2018).

A norma brasileira, NBR 6123/1988, traz apenas um limite de $0,1 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da estrutura, aplicável a qualquer tipo de situação e edificação, sendo que em média este valor pode ser ultrapassado uma vez a cada dez anos. No entanto, existem classificações mais finas que representam conforto.

A Figura 2 traz essa classificação, onde os limites entre os níveis percebidos são dados em função da aceleração gravitacional. O mapa ainda mostra onde estão localizados alguns dos arranha-céus mais famosos do mundo, como o *Empire State Building*. Portanto, em geral, essa aceleração é função das características do vento local e da geometria do edifício.

Figura 02: Percepção humana da vibração do edifício devido ao vento



Fonte: Adaptado de Martins, 2018.

3. METODOLOGIA

No presente estudo foi analisado os resultados de lançamento no software estrutural TQS de duas propostas de investimento no mesmo terreno, sendo uma com duas torres gêmeas de 35 pavimentos e outra com uma torre única de 57 pavimentos, a fim de comparar os resultados de consumo de aço e concreto por metro quadrado.

Neste item serão apresentados a caracterização da pesquisa, o ambiente da pesquisa e todas as etapas desenvolvidas.

3.1 CARACTERÍSTICA DA PESQUISA

Este estudo se caracteriza como quantitativa experimental, pois o lançamento realizado foi feito controlando as variáveis, a fim de obter resultados numéricos e analisá-los comparativamente.

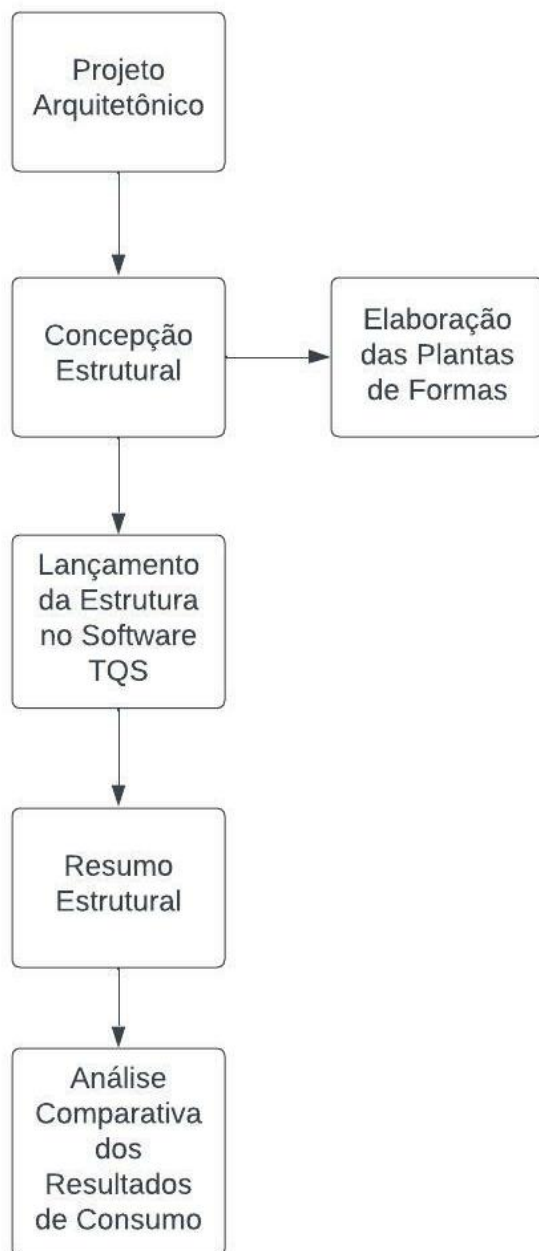
3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

O terreno em que foi desenvolvido as duas propostas de investimento fica na cidade de Balneário Camboriú, a partir do projeto arquitetônico (anexos A e B) do pavimento tipo, que foi utilizado como base para o desenvolvimento das plantas de forma (apêndice A e B), foi feito o lançamento da estrutura no software TQS para os dois modelos. A partir disso, foi realizado um levantamento de dados quanto ao consumo por metro quadrado necessário por configuração.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

O fluxograma mostrado na Figura 3 a seguir expõe as etapas que constituem a pesquisa.

Figura 03 – Fluxograma da Pesquisa



Fonte: Autores, 2022.

3.3 PROCEDIMENTO

O desenvolvimento deste estudo partiu do projeto arquitetônico do pavimento tipo de ambas as configurações, expostos nos anexos A e B, e com base neles foram desenvolvidas as plantas de formas dos edifícios (vide apêndice A e B), desconsiderando a fundação, subsolo e o embasamento dos edifícios.

As normas adotadas em ambas as configurações são:

- NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos;
- NBR6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimentos;
- NBR6123 - Forças devidas ao vento em edificações - Procedimentos;
- NBR8681 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos;

Segue abaixo um memorial descritivo do lançamento dessas estruturas.

3.4.1 Memorial Descritivo

Configuração 1: para o edifício que contará com duas torres gêmeas foi considerado 35 pavimentos, sendo eles: 1 pavimento térreo; 33 pavimentos intermediários; 1 pavimento cobertura. A seguir, na Tabela 1, observa-se os detalhes desses pavimentos.

Tabela 1 – Descrição para edifício de 35 pavimentos

<i>Pavimentos</i>	<i>Piso a Piso (m)</i>	<i>Cota (m)</i>	<i>Área (m²)</i>
<i>COBERTURA</i>	3,24	108,72	386,07
<i>TIPO 26X (26X)</i>	3,24	24,48	386,22
<i>LAZER SUPERIOR</i>	3,24	21,24	386,07
<i>LAZER INFERIOR</i>	3,24	18,00	386,07
<i>GARAGEM G2 G5 (4X)</i>	2,85	6,21	387,14
<i>GARAGEM G1</i>	3,36	3,36	386,17
<i>TERREO</i>	1,70	0,00	386,07
<i>SUBSOLO</i>	0,00	-1,70	0,00
<i>TOTAL</i>	---	---	13520,6

Fonte: Autores, 2022.

Configuração 2: para o edifício com uma torre única de 57 pavimentos foi considerado: 1 pavimento térreo; 55 pavimentos intermediários; 1 pavimento cobertura. A Tabela 2 a seguir detalha esses pavimentos.

Tabela 2 – Descrição para edifício de 57 pavimentos

<i>Pavimentos</i>	<i>Piso a Piso (m)</i>	<i>Cota (m)</i>	<i>Área (m2)</i>
COBERTURA	3,24	181,00	415,92
TIPO 48X (48X)	3,24	25,48	415,92
LAZER SUPERIOR	3,24	22,24	415,97
LAZER INFERIOR	3,24	19,00	415,98
GARAGEM G2 G5 (4X)	2,85	7,21	415,98
GARAGEM G1	4,36	4,36	415,98
TERREO	1,70	0,00	415,97
SUBSOLO	0,00	-1,70	0,00
TOTAL	---	---	23708,0

Fonte: Autores, 2022.

3.4.1.1 Materiais

Para o dimensionamento da estrutura foi utilizado o concreto armado, que é composto por aço estrutural e concreto. Abaixo, as características adotadas para cada um desses materiais

3.4.1.1.1 Concreto

Considerando a segurança utilizou-se o concreto com Feature Compression Know (fck) de 45Mpa para o edifício de 35 pavimentos. Já para o edifício de 57 pavimentos, visando além de segurança um melhor custo benefício, foi utilizado o concreto com fck de 50Mpa.

As tabelas 3 e 4 a seguir mostram os valores adotados de concreto para cada configuração por pavimento.

Tabela 3 – Concreto adotado para edifício de 35 pavimentos

<i>Pavimento</i>	<i>Lajes</i>	<i>Vigas</i>	<i>Pilares</i>
COBERTURA	45	45	45
TIPO 26X	45	45	45
LAZER SUPERIOR	45	45	45
LAZER INFERIOR	45	45	45
GARAGEM G2 G5	45	45	45
GARAGEM G1	45	45	45
TERREO	45	45	45
SUBSOLO	45	45	45

Fonte: Autores, 2022

Tabela 4 - Concreto adotado para edifício de 57 pavimentos

<i>Pavimento</i>	<i>Lajes</i>	<i>Vigas</i>	<i>Pilares</i>
COBERTURA	50	50	50
TIPO 48X	50	50	50
LAZER SUPERIOR	50	50	50
LAZER INFERIOR	50	50	50
GARAGEM G2 G5	50	50	50
GARAGEM G1	50	50	50
TERREO	50	50	50
SUBSOLO	50	50	50

Fonte: Autores, 2022.

3.4.1.1.2 Aço Estrutural

O aço utilizado nos projetos foram o CA-50 e CA-60, por se tratar dos materiais mais utilizados e bem difundidos na área da construção civil.

Tabela 5 – Característica aço estrutural

<i>Tipo de barra</i>	<i>fyk(MPa)</i>	<i>Massa específica(kg/m3)</i>
CA-50	500	7.850
CA-60	600	7.850

Fonte: Autores, 2022.

3.4.1.2 Classe de agressividade

Para o dimensionamento das estruturas foram consideradas a Classe de Agressividade Ambiental: III – Forte, pois se trata de um ambiente marinho, baseando-se na Figura 4 a seguir, retirada da normativa brasileira.

Figura 04 – Classe de Agressividade Ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Norma Brasileira, 2014.

3.4.1.3 Cobrimentos gerais

Os cobrimentos tabelados a seguir foram com base na Classe de Agressividade Ambiental, vista na seção 3.4.1.2.

Figura 05 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: Norma Brasileira, 2014.

Foi considerado um adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução, o que permitiu a redução do cobrimento nominal em 5mm, conforme visto nas tabelas a seguir.

Tabela 6 – Cobrimentos Adotados

<i>Elemento Estrutural</i>	<i>Cobrimento (cm)</i>
<i>Lajes convencionais (superior / inferior)</i>	3,0 / 3,0
<i>Vigas</i>	3,5
<i>Pilares</i>	3,5

Fonte: Autores, 2022.

3.4.1.4 Vento

Os fatores de cálculo utilizados para definir as ações do vento incidentes na estrutura foram:

Velocidade básica (m/s): 42,0;

Fator topográfico (S1): 1,0;

Categoria de rugosidade (S2): V - Terrenos com obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. Florestas com árvores altas, centros de grandes cidades, complexos industriais;

Classe da edificação (S2): C - Maior dimensão horizontal ou vertical > 50m;

Fator estatístico (S3): 1,00 - Edificações em geral. Hotéis, residências, comércio e indústria com alta taxa de ocupação.

Um edifício raramente não estará sujeito à aplicação de várias ações ao mesmo tempo. Como exemplo, podemos citar que o vento sempre atuará em uma estrutura juntamente com o peso próprio da mesma. Desta forma, se torna de suma importância saber combinar estas ações de forma correta. Os sistemas computacionais tem a capacidade para analisar os resultados dessas ações de forma isolada, mas o que realmente importa, são as combinações. Assim, todos os elementos serão verificados para ações atuando conjuntamente, como na prática.

Essas combinações se dividem em dois grupos: combinações últimas e combinações de serviço. E, respectivamente, elas se referem à verificação dos estados limites últimos (resistência da estrutura) e à verificação dos estados limites de serviço (funcionamento da estrutura).

Foram consideradas as seguintes combinações no modelo global:

Tabela 7 – Combinações no modelo global

<i>Tipo</i>	<i>Descrição</i>	<i>N. Combinações</i>
<i>ELU1</i>	Verificações de estado limite último - Vigas e lajes	18
<i>ELU2</i>	Verificações de estado limite último - Pilares	18
<i>FOGO</i>	Verificações em situação de incêndio	2
<i>ELS</i>	Verificações de estado limite de serviço	12
<i>COMBFLU</i>	Cálculo de fluência (método geral)	2

Fonte: Autores, 2022.

3.4.1.5 Modelo Estrutural

Para análise estrutural do edifício foi utilizado o ‘Modelos 6’ do sistema TQS, que significa que o edifício será modelado por um pórtico espacial único, composto por elementos que simularão as vigas, os pilares e as lajes da estrutura. Desta maneira, as lajes passarão, juntamente com as vigas e os pilares, a resistir parte dos esforços gerados pelas cargas horizontais. Ou seja, os efeitos causados pelas ações verticais e horizontais nas vigas, pilares e lajes, serão calculados com o pórtico espacial único.

No modelo de pórtico foram incluídos todos os elementos principais da estrutura, ou seja, pilares e vigas, além da consideração do diafragma rígido formado nos planos de cada pavimento (lajes). A rigidez à flexão das lajes foi desprezada na análise de esforços horizontais (vento).

Os pórticos espaciais foram modelados com todos os pavimentos do edifício, para a avaliação dos efeitos das ações horizontais e os efeitos de redistribuição de esforços em toda a estrutura devido aos carregamentos verticais.

As cargas verticais atuantes nas vigas e pilares do pórtico foram extraídas de modelos de grelha de cada um dos pavimentos.

Foram utilizados dois modelos de pórtico espacial: um específico para análises de Estado Limite Último - ELU e outro para o Estado Limite de Serviço - ELS. As características de cada um destes modelos são apresentadas a seguir.

No modelo de pórtico, são incluídos todos os principais elementos da estrutura, ou seja, pilares e vigas, além dos diafragmas rígidos formados no plano de cada pavimento (laje). A rigidez à flexão da laje é ignorada na análise da força horizontal (vento).

O pórtico espacial foi modelado com todos os pavimentos do edifício para avaliar o efeito da ação horizontal e o efeito da redistribuição de forças ao longo da estrutura devido às cargas verticais.

Para o dimensionamento da estrutura, foram utilizados dois modelos de pórtico espacial, um dedicado à análise do estado limite último (ELU) e outro ao estado limite de serviço (ELS).

3.4.1.5.1 Modelo ELU

Para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais foi utilizado o modelo ELU para obtenção dos esforços necessários. Os coeficientes de não linearidade física foram baseados no item 15.7.3 da NBR6118, e são apresentados na Tabela 8. O módulo de elasticidade utilizado foi o de secante, de acordo com o f_{ck} do elemento estrutural.

Tabela 8 – Coeficientes de não linearidade física adotados

<i>Elemento estrutural</i>	<i>Coef. NLF</i>
<i>Pilares</i>	0,80
<i>Vigas</i>	0,40
<i>Lajes</i>	0,30

Fonte: Autores, 2022.

3.4.1.5.2 Modelo ELS

Para a análise de deslocamento horizontal foi utilizado o Modelos ELS, que fez a utilização da inércia bruta para os elementos estruturais.

3.4.1.6 Esforços de Cálculo

Para o dimensionamento de vigas e pilares foram utilizados os esforços obtidos na análise de pórtico, em que um conjunto de combinações conciliou os esforços de cargas verticais e de vento, seguindo ponderações das normas NBR8681 e NBR6118. Uma envoltória de esforços solicitantes de todas as combinações pertencentes ao grupo ELU1 foram usadas para o dimensionamento das armaduras de vigas. Já para o dimensionamento das armaduras dos pilares, foram utilizadas todas as hipóteses de solicitações (combinações do grupo ELU2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos após o lançamento das estruturas no software TQS são apresentadas a seguir.

4.1 Ação do Vento

Na Tabela 9 e 10 que se segue são apresentados os valores de coeficiente de arrasto, área de projeção do edifício e pressão calculada com os fatores apresentados anteriormente:

Tabela 9 – Ação do vento para edifício de 35 pavimentos

Ângulo (°)	Coef. arrasto	Área (m ²)	Pressão (tf/m ²)
90	1,47	2703,5	0,120
270	1,47	3239,9	0,128
0	1,11	1285,4	0,091
180	1,11	1285,4	0,091

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 10 – Ação do vento para edifício de 57 pavimentos

Ângulo (°)	Coef. arrasto	Área (m ²)	Pressão (tf/m ²)
90	1,58	5108,0	0,157
270	1,58	5707,1	0,163
0	1,16	2316,6	0,115
180	1,16	2316,6	0,115

Fonte: Autores, 2022.

Analisando as duas Tabelas observa-se que o edifício de 57 pavimentos sofre com uma maior pressão de vento devido a sua maior velocidade.

Observa-se que o aumento da pressão na estrutura de 57 pavimento é da ordem de 27,9% em média, conforme visto na Tabela 11. A variação do vento foi calculada pelo TQS com base nos dados coletados e organizados no relatório, após o TQS calcular foi feita a tabela.

Tabela 11 – Variação da ação do vento na estrutura

	35 PV	57 PV	Variação
90°	0,12	0,157	1,308333
270°	0,128	0,163	1,273438
0°	0,091	0,115	1,263736
180°	0,091	0,115	1,263736
Soma	0,43	0,55	1,279069
Média	0,1075	0,1375	1,27907

Fonte: Autores, 2022.

A altura do prédio de 35 pavimentos é de 108,7 metros e a do prédio de 57 pavimentos é de 181 metros, uma variação de aproximadamente 66%.

4.2 Estabilidade Global

GamaZ é o parâmetro para avaliação da estabilidade de uma estrutura, ele não considera os deslocamentos horizontais provocados pelas cargas verticais, de acordo com o item 15.5.3 da NBR 6118.

FAVt é o fator de amplificação de esforços horizontais que pode considerar os deslocamentos horizontais gerados pelas cargas verticais (calculado para combinações ELU com a mesma formulação do GamaZ).

Alfa é o parâmetro de instabilidade de uma estrutura reticulada conforme definido pelo item 15.5.2 da NBR 6118.

Os valores máximos para os principais parâmetros de instabilidade obtidos na análise estrutural foram:

Tabela 12 – Parâmetros de instabilidade para edifício de 35 pavimentos

Parâmetro	Valor
GamaZ	1,11
FAVt	1,12
Alfa	0,86

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 13 – Parâmetros de instabilidade para edifício de 57 pavimentos.

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor</i>
<i>GamaZ</i>	1,16
<i>FAVt</i>	1,16
<i>Alfa</i>	0,95

Fonte: Autores, 2022.

4.3 Consumo de Concreto

As tabelas 14 e 15 a seguir mostram os resultados de consumo de concreto para as configurações estudadas.

Tabela 14 – Consumo de concreto para edifício de 35 pavimentos

Pavimento	Concreto (m3)					Fôrmas (m2)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	57.7	19.8	49.2	0.0	0.0	382.8	177.7	330.0	0.0	0.0
TIPO 25X	1501.0	514.8	1286.4	0.0	0.0	9953.8	4608.5	8583.0	0.0	0.0
LAZER SUPERIOR	57.7	19.8	49.5	0.0	0.0	382.8	177.8	330.0	0.0	0.0
LAZER INFERIOR	58.1	19.7	49.2	0.0	0.0	385.4	177.2	330.0	0.0	0.0
GARAGEM G2 G5	204.5	78.9	196.9	0.0	0.0	1356.1	708.9	1319.9	0.0	0.0
GARAGEM G1	60.3	19.7	49.2	0.0	0.0	399.7	177.2	330.0	0.0	0.0
TERREO	30.5	19.7	49.2	0.0	0.0	202.2	177.2	330.0	0.0	0.0
SUBSOLO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sapatas/Blocos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	1969.8	692.5	1729.7	0.0	0.0	13063.0	6204.6	11552.8	0.0	0.0

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 15 – Consumo de concreto para edifício de 57 pavimentos

Pavimento	Concreto (m3)					Fôrmas (m2)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	141.8	34.8	48.1	0.0	0.0	496.2	291.8	319.5	0.0	0.0
TIPO 48X	6807.9	1686.8	2319.9	0.0	0.0	23819.4	14368.6	15394.0	0.0	0.0
LAZER SUPERIOR	149.4	35.0	48.0	0.0	0.0	500.1	298.2	318.6	0.0	0.0
LAZER INFERIOR	149.4	33.6	48.6	0.0	0.0	500.1	290.1	322.2	0.0	0.0
GARAGEM G2 G5	525.8	124.2	194.2	0.0	0.0	1759.7	1054.7	1288.8	0.0	0.0
GARAGEM G1	201.1	31.1	48.6	0.0	0.0	673.0	264.1	322.2	0.0	0.0
TERREO	78.4	31.0	48.6	0.0	0.0	262.4	263.6	322.2	0.0	0.0
SUBSOLO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sapatas/Blocos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	8053.9	1976.5	2755.9	0.0	0.0	28011.0	16831.0	18287.5	0.0	0.0

Fonte: Autores, 2022.

4.4 Consumo de aço estrutural

As tabelas 16 e 17 a seguir mostram os resultados de consumo de concreto para as configurações estudadas.

Tabela 16 – Consumo de aço estrutural para edifício de 35 pavimentos

Pasta	Aço (kg)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	3256.6	1982.3	2897.9	0.0	0.0
TIPO 25X	102257.7	63625.7	75063.5	0.0	0.0
LAZER SUPERIOR	5544.2	2355.1	2919.4	0.0	0.0
LAZER INFERIOR	5089.7	2235.5	2887.2	0.0	0.0
GARAGEM G2 G5	19029.7	8953.2	11373.5	0.0	0.0
GARAGEM G1	7245.1	1846.1	2831.7	0.0	0.0
TERREO	4539.6	2133.3	2846.9	0.0	0.0
TOTAL	146962.6	83131.2	100820.1	0.0	0.0

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 17 – Consumo de aço estrutural para edifício de 57 pavimentos

Pasta	Aço (kg)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
COBERTURA	9355.3	4148.0	2701.6	0.0	0.0
TIPO 48X	585697.3	212593.6	129026.1	0.0	0.0
LAZER SUPERIOR	15738.0	3810.7	2699.8	0.0	0.0
LAZER INFERIOR	16956.0	3681.6	2635.2	0.0	0.0
GARAGEM G2 G5	65137.4	13460.8	10587.1	0.0	0.0
GARAGEM G1	25757.9	3210.8	2612.4	0.0	0.0
TERREO	14052.2	2957.0	2664.2	0.0	0.0
TOTAL	732694.2	243862.6	152926.5	0.0	0.0

Fonte: Autores, 2022.

4.5 Relação de materiais por metro quadrado

As tabelas 18 e 19 apresentam um resumo de materiais de cada configuração, juntamente com suas taxas de consumo por m².

Tabela 18 – Relação de consumo para edifício de 35 pavimentos

Pavimento/Pasta	Concreto		Fôrmas		Aço		
	Consumo (m3)	Taxa (m3/m2)	Consumo (m2)	Taxa (m2/m2)	Consumo (kg)	Taxa (kg/m2)	Taxa (kg/m3)
COBERTURA	126.8	0.33	890.5	2.3	8136.8	21.2	64.2
TIPO 25X	3302.1	0.33	23145.3	2.3	240946.9	24.1	73.0
LAZER SUPERIOR	127.0	0.33	890.6	2.3	10818.7	28.2	85.2
LAZER INFERIOR	127.1	0.33	892.6	2.3	10212.3	26.6	80.4
GARAGEM G2 G5	480.4	0.31	3384.9	2.2	39356.4	25.6	81.9
GARAGEM G1	129.2	0.34	906.9	2.4	11922.9	31.0	92.3
TERREO	99.5	0.26	709.4	1.8	9519.8	24.8	95.7
SUBSOLO	0.0		0.0		0.0		
TOTAL	4392.0	0.33	30820.3	2.3	330913.9	24.6	75.3

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 19 – Relação de consumo para edifício de 57 pavimentos

Pavimento/Pasta	Concreto		Fôrmas		Aço		
	Consumo (m3)	Taxa (m3/m2)	Consumo (m2)	Taxa (m2/m2)	Consumo (kg)	Taxa (kg/m2)	Taxa (kg/m3)
COBERTURA	224.8	0.54	1107.5	2.7	16204.9	39.0	72.1
TIPO 48X	10814.6	0.54	53582.0	2.7	927317.0	46.4	85.7
LAZER SUPERIOR	232.5	0.56	1116.9	2.7	22248.6	53.5	95.7
LAZER INFERIOR	231.6	0.56	1112.4	2.7	23272.8	55.9	100.5
GARAGEM G2 G5	844.3	0.51	4103.2	2.5	89185.3	53.6	105.6
GARAGEM G1	280.7	0.67	1259.4	3.0	31581.1	75.9	112.5
TERREO	158.0	0.38	848.2	2.0	19673.4	47.3	124.5
SUBSOLO	0.0		0.0		0.0		
TOTAL	12786.4	0.54	63129.5	2.7	1129483.2	47.6	88.3

Os valores /m2 são divididos pela área do pavimento e o /m3 pelo volume de concreto.

Fonte: Autores, 2022.

Na tabela 20 é mostrado um comparativo dos resultados obtidos das duas configurações.

Tabela 20 – Comparação dos resultados de consumo por m²

Edifício	Área total da estrutura (m ²)	Taxa do consumo de concreto por m ²	Taxa do consumo de aço por m ²
Edifício de 35 pavimentos (2x)	27.041,20	0,33	24,60
Edifício de 57 pavimentos	23.708,00	0,54	47,60
Comparativo	1,14	1,64	1,94

Fonte: Autores, 2022.

Percebe-se, comparando os resultados, que a configuração com duas torres obteve uma taxa de consumo do concreto 64% menor, e a diferença no consumo de aço estrutural chegou a 94%. Importante lembrar que a resistência de concreto do edifício de 35 pavimentos é menor, e essa diferença de consumo seria ainda mais discrepante caso utilizado a mesma que o empreendimento de 57 pavimentos.

5. CONCLUSÃO

Ao final deste estudo conclui-se que as estruturas analisadas além de sofrerem esforços verticais devido aos seus carregamentos de peso próprio, cargas permanentes e cargas acidentas, também são diretamente afetadas pelas ações do vento, que se intensificam de acordo com sua altura. Essas solicitações geradas pela influência no vento na estrutura interferem de forma significativa no consumo de aço e concreto.

A análise dos resultados mostrou que o aumento no consumo em edificações que ultrapassam 150 metros pode aumentar quase duas vezes na relação aço por metro quadrado, o que causa custo mais elevado para construção de edifícios super altos. Portanto, este trabalho evidenciou a necessidade de uma análise dos esforços gerados pelo vento, e que o estudo do mesmo no dimensionamento de qualquer estrutura é de vital importância para a segurança da edificação e de quem for utilizar a mesma.

Entretanto, outras discussões se tornam necessárias para o estudo de viabilidade econômica. O melhor aproveitamento do terreno e a valorização de edifícios mais altos na localização em que o empreendimento será executado, bem como custos de combate a

incêndio em edifícios superiores com mais de 50 pavimentos, devem ser analisados de forma a garantir o melhor custo-benefício da estrutura.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela vida e por nos ajudar a ultrapassar todos os desafios e obstáculos encontrados ao longo do curso de engenharia civil, as nossas famílias que nos incentivaram em momentos difíceis e compreenderam nossa ausência enquanto nos dedicávamos a realização dessa etapa acadêmica, aos professores, pelas correções e ensinamentos que permitiram apresentar um melhor desempenho e crescimento profissional, a nossa orientadora Michela, por aceitar orientar nosso trabalho e tê-lo feito de forma primorosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 256. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, p. 66. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devido ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, p. 66. 1988.

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

AZEREDO, H.A. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. p. 29-47.

BARBOZA, R. R., SILVA, J. G. S., SOEIRO, F. J. C. P., GOULART, E. S., LIMA, L. R. **O. Análise dinâmica de edifícios em aço e mistos submetidos à ação do vento**. XXXII Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, 1-16, Ouro Preto, 2011.

BELLEI, Ildony H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. Pini, 2008.

CHÁVEZ, E. S. **Análise estrutural de edifício alto submetido às pressões flutuantes induzidas pela ação do vento**. 2006. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

COSTA, João Paulo Duarte. **A Influência Do Efeito De Vento Na Análise Estrutural De Edifícios**. Universidade Federal de Minas Gerais Escola De Engenharia. Belo Horizonte, 2003.

CURCI, Henrique Chiaradia Falcão; et al. **Estudo Da Ação Do Vento Em Um Edifício De Múltiplos Pavimentos**. Avaliação Da Resposta Estrutural A Partir De Ensaio De Túnel De

Vento E Programa Comercial. Trabalho de Formatura apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo. SÃO PAULO. 2017

GONÇALVES, L. M; CARELLI, J. M; FOIATO, M. **Estudo comparativo do consumo e custos do concreto e aço para estrutura de um edifício alto dimensionada em diferentes classes de resistência do concreto.** Revista Conhecimento em Construção, v. 8, p. 119-148, 2021.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Mercado Brasileiro do Aço.** 2020.

MACIEL, Elton F., ROCHA, Ricardo A. **A utilização dos perfis metálicos na construção civil.** MBA Empresarial – Consórcio 2 / 2002. Fundação Dom Cabral, Belo Horizonte, 2003.

MARTINS, Yuri Luiz Dias. **Ação Dinâmica Do Vento Em Edifícios Altos.** Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. GOIÂNIA. 2018

NASCIMENTO, B. M; MORATTI, D. G; OLIVEIRA JUNIOR, J. L; SCOTÁ, N. M. D; BROETTO, R. B; SARGILO, R. G. V; FERREIRA, W. G. **Abordagem didática e prática da ação do vento em edificações.** Anais do Congresso LatinoAmericano de Construção Metálica. São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, B. D. C. **Efeito do Vento como Ação Dinâmica em Edifícios Altos.** 2014. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas) – Instituto Superior de Engenharia do Porto. 2014.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas Metálicas - Cálculos, Detalhes, Exercícios e Projetos.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005. 316 p.

PITTA, J. A. A. **Ações devidas ao vento em edificações.** (Série apontamentos) São Carlos: EdUFSCar, 2015, 48p.

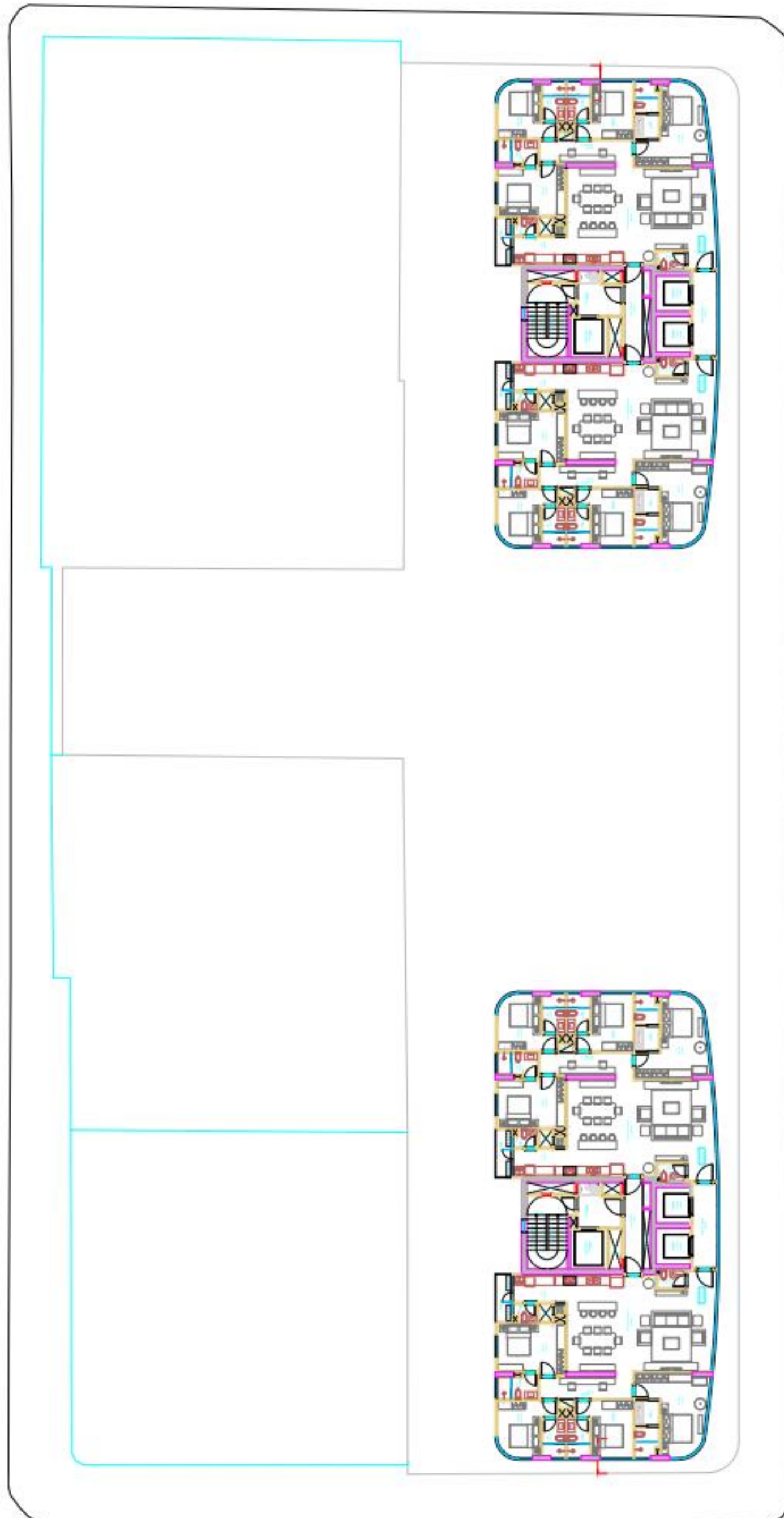
QUEIROZ, M. N; MESQUITA, L. C. **Comparativo de Custos, Consumo de Materiais de Peso entre Sistema Estrutural em Concreto Armado E Sistema Misto De Aço E Concreto Aplicados em um edificio de multiplos andares.** Revista de Engenharia Civil da Universidade de Viçosa. 2018.

TARANATH, Bungale S.. **Reinforced Concrete Design of Tall Buildings.** Boca Raton: Crc Press, 2010. 907 p.

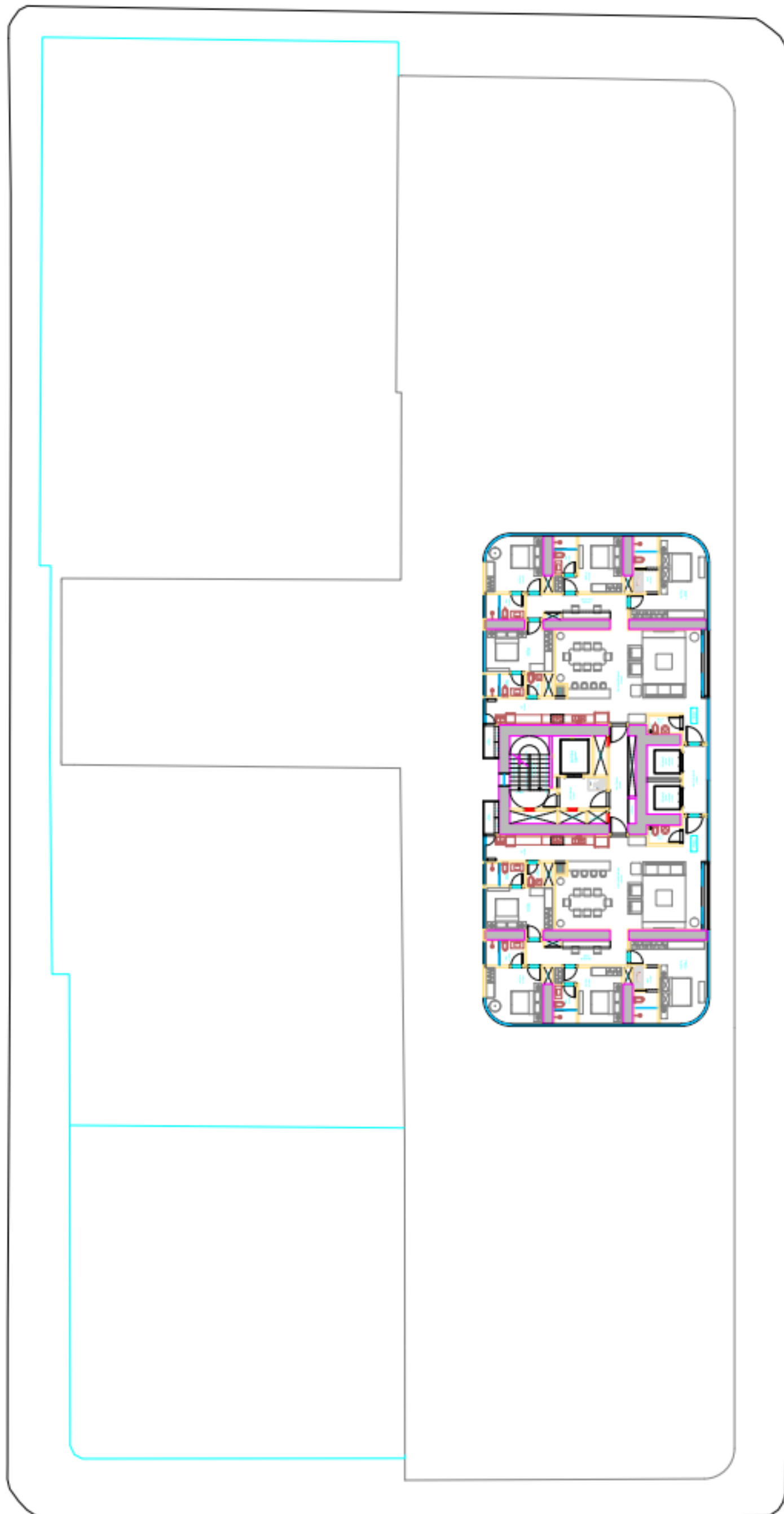
TREIN, C. A. **Modelagem Dinâmica Equivalente de Edifícios Altos Submetidos à Ação do Vento.** 2005. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.

VIANA, A.C.P., ARAÚJO, T.D. **Análise dinâmica bidimensional de edifício submetido a rajadas de vento.** XXX Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering, CD-ROM, 15 páginas, Armação de Búzios, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2009.

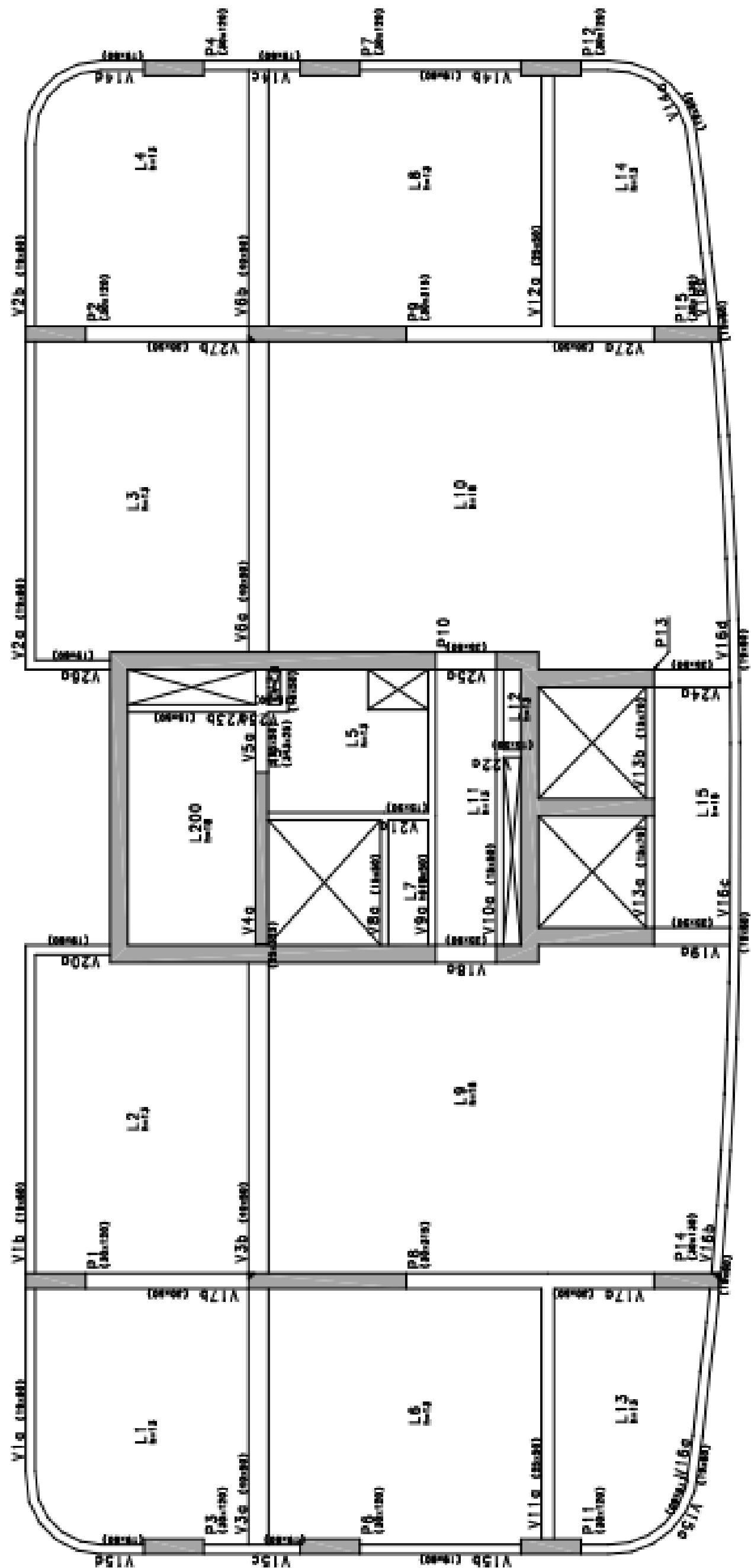
**ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO PAVIMENTO TIPO
(EDIFÍCIO DE 35 PAVIMENTO)**



**ANEXO B – PROJETO ARQUITETÔNICO PAVIMENTO TIPO
(EDIFÍCIO DE 57 PAVIMENTO)**



APÊNDICE A – PLANTA DE FORMA
(EDIFÍCIO 35 PAVIMENTOS)



ERRATA APÊNDICE B – PLANTA DE FORMA (EDIFÍCIO 57 PAVIMENTOS)

