

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

ALEXANDRE INALBIS SIMIM
BRUNO ANTÔNIO DE ALMEIDA SILVA
MAGNO VICTOR BAMBA MADUREIRA

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RELACIONADAS À GALPÃO
DE ESTRUTURAS METÁLICAS:
estudo de caso em um galpão comercial situado em Contagem / MG

BELO HORIZONTE – MG
JUNHO – 2021

ALEXANDRE INALBIS SIMIM
BRUNO ANTÔNIO DE ALMEIDA SILVA
MAGNO VICTOR BAMBA MADUREIRA

**DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RELACIONADAS À GALPÃO
DE ESTRUTURAS METÁLICAS:**

estudo de caso em um galpão comercial situado em Contagem / MG

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof(a) Ms Diego de Jesus Queiroz Rosa

Co-orientador: Prof(a). Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira Martins.

Orientador de metodologia: Prof(a). Ms. Raquel Ferreira de Souza

BELO HORIZONTE – MG

JUNHO – 2021

FOLHA DE APROVAÇÃO



FEAMIG - PPDC

Gameleira: Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837 – Nova Gameleira
CEP 30510-120 - Tel: (31)3372-3703

CARTA DE ACEITE

Certificamos para os devidos fins que o artigo ***DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RELACIONAS A GALPÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS ESTUDO DE CASO DE UM GALPÃO SITUADO EM CONTAGEM – MG*** foi aceito para publicação no **4º CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS** do Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão – SEAG, promovido pelo Centro de Extensão da FEAMIG, nos dias 14, 15 e 16/05/2021 – **ISSN 2675-1879**.

Belo Horizonte, 09 de junho de 2021.

Professora Raquel Ferreira de Souza
Coordenadora do CENEX e do PPDC da FEAMIG
E-mail: raquel.ferreira@feamig.br

AGRADECIMENTOS

Agradecemos sempre em primeiro lugar a Deus, pelo privilégio de gozarmos da vida com boa saúde em tempos tão difíceis para todo o planeta, e também por nos conceder o livre arbítrio de planejar o nosso futuro, nos atribuindo força e coragem para vencermos nossos desafios e obstáculos que quase sempre somos nós mesmos.

Agradecemos também aos nossos familiares, que sempre nos apoiaram como pilares na construção de mais uma etapa de nossa vida. Ao pessoal do apoio, cantina, xerox, biblioteca, laboratório, e administrativo .Aos mestres pela dedicação, pela paciência, pela solidariedade e pela empatia que em inúmeras vezes nos acolheram.

Aos amigos que fizemos ao longo dessa jornada, aqueles que caminharam juntos, aqueles que ficaram pelo caminho, aqueles que partiram, aos companheiros de estudos, aos companheiros de conversa nos intervalos entre as aulas que nos entretinham, e a todos que de alguma forma se tornaram parceiros, que com muito esforço, cumplicidade, respeito e dedicação fizeram possível este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho visou à elaboração do dimensionamento do cálculo estrutural das fundações referente ao projeto de um galpão de manutenção de veículos de grande porte, localizado na rua Rio Paranaguá, 1375, Riacho das pedras em Contagem, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), projetado em estrutura metálica, onde se verificou a ação do vento atuando nesta estrutura e a carga transmitida para as fundações. As fundações foram dimensionadas através de um roteiro de cálculo considerando as normas NBR 6122/2019 (Projeto e execução de fundações) e NBR 6123/1988 versão corrigida 2:2013. (Forças devidas a vento em edificações) obtidos através de planilhas de Excel, o qual permitiu o dimensionamento correto das fundações em função da estrutura metálica frente a ação da carga do vento. Os cálculos apresentados foram alternativos demonstrando-se então uma real aplicabilidade nesta pesquisa, tornando o projeto exequível, considerando informações verídicas que contribuiram para a obtenção dos resultados.

Palavras-chave: Fundações; Carga do vento; Estrutura metálica.

ABSTRACT

This work aimed at preparing the dimensioning of the structural calculation of foundations related to the design of a large vehicle maintenance shed, located at 1375 Rio Paranaguá Street, Riacho das Pedras in Contagem, in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH) , designed in metallic structure, where the action of the wind acting in this structure and the load transmitted to the foundations were verified. These foundations were dimensioned through a calculation script considering the norms NBR 6122/2019 (Design and execution of foundations) and NBR 6123/1988 corrected version 2: 2013. (Forces due to wind in buildings) Obtained through Excel spreadsheets, which changes the correct dimensioning of the foundations in function of the metallic structure in face of the action of the wind load. The calculations were calculated were alternative, demonstrating then a real applicability in this research, making the project feasible, considering true information that contributed to obtain the results.

Keywords: Foundations; Wind load; Metal structure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A Ponte de Coalbrookdale em 1779.....	27
Figura 2 - Ciclo de vida da estrutura metálica	29
Figura 3 - Principais tipos de fundação rasa.....	33
Figura 4 - Fundação direta e profunda	35
Figura 5 - Bloco de fundação.....	41
Figura 6 - Bloco de fundação dimensionamento.	41
Figura 7 -Ilustração diferença entre as fundações.....	44
Figura 8 - Atrito do solo na estaca.....	45
Figura 9 - Cosequências de fundação mal dimensionada ou mal executadas.	50
Figura 10 - Laudo de sondagem.....	52
Figura 11 - Equipamento de sondagem do solo.....	54
Figura 12 - Terreno vazio antes do início das obras.....	72
Figura 13 -Vista aérea da locação.....	73
Figura 14 - Cobertura de galpão arrancado pela força do vento	74
Figura 15 – Ilustração mostra a tensão nos blocos	76
Figura 16 - Sistema de contraventamento.....	77
Figura 17 - Tipos de fundação.....	79
Figura 18 – Planilha de calculo de cargas do vento	84
Figura 19 - Localização da estacas	85
Figura 20 : Planilha de cálculo da carga estaca	88
Figura 21 –Detalhe da base do bloco de coroamento	89
Figura 22 - ilustração bloco de coroamento.....	90
Figura 23 – Detalhe dos chumbadores.....	90
Figura 24 - Planilha de calculo do Bloco 1.....	91
Figura 25 -Planilha de calculo do Bloco 2.....	96
Figura 26 - Coroa da estaca.....	100
Figura 27 - Bloco de coroamento da estaca	100
Figura 28 -Base dos pilares.....	101
Figura 29 - Pilares	101
Figura 30 - Montagem da estrutura do galpão.....	102

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculos de dimensionamento das sapatas - Pilar retangular.....	37
Equação 2 -Cálculos de dimensionamento das sapatas - Pilar Quadrado	38
Equação 3 - Cálculos de dimensionamento do bloco de fundação	42
Equação 4 - Método semi – empírico, Aoki Veloso.	45
Equação 5 - Memória de cálculo	92
Equação 6 - Memória de cálculo bloco 1,Excel.	94
Equação 7 - Memória de cálculo bloco 2,Excel.	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Resumo das fundações rasas.	40
Quadro 2 - Tipos de Ensaios	53
Quadro 3 - Valores Alfa e Beta.....	75
Quadro 4 - Fator de rugosidade	82
Quadro 5 - Classe	82
Quadro 6 - Grupo	83
Quadro 7 - Informações retiradas do projeto	86
Quadro 8 - Informações retiradas do projeto	86
Quadro 9 - Posição pilares	86
Quadro 10 - Descrição material.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Edificação.....	24
Tabela 2 - Tipos de Estaca	46
Tabela 3 - tipos de Solo.	47
Tabela 4 - Analise de solo.....	75

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráficos 1** - Organograma de fundações **Error! Bookmark not defined.**
- Gráficos 2** - Diagrama de tensão deformação do concreto.**Error! Bookmark not defined.**
- Gráficos 3** - Ábaco para dimensionamento de fundações profundas.....48
- Gráficos 4** - Velocidade Média Dos Ventos - Velocidade média horária do vento (linha cinza escuro), com faixas do 25^o ao 75^o e do 10^o ao 90^o percentil.**Error! Bookmark not defined.**
- Gráficos 5** - Gráfico 5 - Direção do vento78

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BH	Belo Horizonte
CG	Centro de Gravidade
CPT	Ensaio de penetração de cone
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
EUA	Estados Unidos da América
FEAMIG	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
IE	Instituto de Engenharia
M ²	Metro quadrado
MG	Minas Gerais
MPA	Mega pascal
NBR	Normal Brasileira
NT	Norma técnica
NTSC	Tração solicitante
NSCD	Compressão atuante
Msd	Momento fletor atuante
RMBH	Região metropolitana de Belo Horizonte
SPT	Ensaio de penetração padrão
TCC	Trabalho de Conclusão de curso
UB	Seções Universais Britânicas
VSD	Força cortante solicitante
W	Wide (Larga)

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Contexto de pesquisa.....	17
1.2 Problemas da pesquisa	17
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo geral	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4. Justificativa	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 Contexto histórico das estruturas metálicas	20
2.1.1 Linha do tempo dos destaques da construção em aço:	22
2.1.2 A estrutura metálica na engenharia civil.....	23
2.1.3 A relação entre a estrutura metálica e a estrutura de concreto segundo a história	24
2.2 Fundações em Construções.....	29
2.2.1 Tipos de Fundações	32
2.2.2 Blocos.....	40
2.2.3 Estacas.....	43
2.2.4 Tubulão	49
2.4 a carga do vento sobre a estrutura metálica	54
3 METODOLOGIA	59
3.1 Pesquisa quanto aos fins	59
3.1.1 Pesquisas Exploratórias	60
3.1.2 Pesquisas Descritivas.	61
3.2 Pesquisa quanto aos meios	63
3.2.1 Pesquisa Bibliográfica	64
3.2.2 Pesquisa documental	64
3.2.3 Pesquisa Ação	65
3.2.4 Pesquisa de Campo	65
3.2.5 Estudo de caso.....	66
3.3 Organização em estudo	67
3.4 Universo e amostra	68

3.5 Formas de coletas e análise dos dados	68
3.6 Limitações da pesquisa	71
4 RESULTADOS E ANÁLISES	72
4.1 Processo executivo de fundações em galpões de estruturas metálicas mediante a atuação da carga do vento	73
4.2 Principais tipos de fundações utilizados em estruturas metálicas	78
4.3 Dimensionando as fundações através de planilhas de Excel aproximando mais dos resultados realísticos	80
4.3.1 Cálculo da ação do vento	80
4.3.2 Cálculo estacas	85
4.3.3 Dimensionamento dos blocos de coroamento da estaca	88
4.3.4 Geometria do bloco de coroamento	93
5 CONCLUSÃO	103
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES	Error! Bookmark not defined.

1 INTRODUÇÃO

A relação entre a engenharia civil e a estrutura metálica, vem atravessando os séculos de forma técnica, harmoniosa e econômica, o metal é sem dúvida, uma das maravilhas revolucionárias do nosso tempo. De acordo com Almeida (2011) o Brasil figura entre os cinco maiores produtores de aço do mundo, extraído, sobretudo nos estados do Pará, Mato Grosso do sul e Minas Gerais, que aparece entre os três primeiros produtores de aço do país, na cidade de Belo Horizonte no bairro do Barreiro, funciona um dos complexos siderúrgicos mais atuantes no mercado internacional, atuando na produção de aço, abastecendo entre outros setores, também o setor da construção civil.

Segundo Santiago (2017) Assim, sempre presente em nosso meio, a estrutura metálica aparece em forma de linhas férreas, pontes, viadutos, edifícios, meios de transporte, maquinários, ferramentas, torres de transmissão de energia elétrica, plataformas petrolíferas tubulações de água, ambientes urbanos, sociais, utensílios de uso doméstico etc.

Dentre as aplicações citadas acima, e ainda na era das grandes construções imponentes e das altas torres erguidas, presente em diversos monumentos e artes pelo mundo, o metal é um aliado constante na construção civil, seja na parte estrutural ou fundação. Assim Cortez, et al (2017) diz que o crescimento da utilização do aço no Brasil e no mundo, tem salientado a busca do aprofundamento analítico de estudos em temas relacionados, pois as construções em estrutura de aço, são consideradas uma obra cara no primeiro momento, mas o valor é diluído nos itens, fase de execução, rapidez, mão de obra, e quebra de atividades corriqueiras, economizando nas fundações que são considerados um item caro.

Diante disso, esse estudo de caso, pôs se em evidência a utilização desse material na edificação de um galpão específico, analisando a escolha do tipo de fundação adotada na locação, das dificuldades encontradas no canteiro de obras, sobre todo o processo construtivo, relacionado ao projeto, a referida obra está situada na Rua rio Paranaguá nº1375, bairro Riacho das pedras, na cidade de Contagem Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), obra executada pela construtora Mart Engenharia, onde foi estudado o tipo de fundação, e o comportamento dessa edificação diante da ação do vento na região, demonstrou se ainda os demais tipos de fundações utilizadas, conforme o laudo de sondagem, o tipo de solo, que serviu como

parte de um componente de fundação e que teve como propósito diagnosticar os parâmetros mais importantes, que possibilitou determinar as características reais desse solo, e com estes dados definiu se então a tensão admissível do mesmo, e determinou-se as fundações mais adequadas ao tipo de projeto implantado.

1.1 Contexto de pesquisa

A pesquisa em questão, se fundamenta ao enfatizar que a fundação é a base estrutural de qualquer edificação, ressalta ainda que essa base é encarregada de transferir todas as cargas de uma construção ao solo, a fundação em questão dará suporte a um galpão projetado em estrutura metálica, situado na Rua rio Paranaguá nº1375, bairro Riacho das pedras, na cidade de Contagem RMBH , analisou ainda o impacto recebido diante da ação do vento sobre essa sustentação, o dimensionamento e o comportamento de cada tipo nesse ambiente a partir das características físicas do galpão, por se tratar de um espaço amplo voltado para receber carretas, caminhões, máquinas e veículos de grande porte.

Optou-se por esse tipo de estrutura pela necessidade de vencer grandes vãos, e por se tratar de um processo racional, gerando poucos resíduos podendo serem aproveitados em usinas.

Os insumos chegam na obra para montagem, e como se trata de uma estrutura leve, é importante entender o comportamento desta estrutura em função da carga do vento e como esta carga será transmitida para o solo mantendo a estrutura estática exigindo então a definição de uma fundação adequada.

1.2 Problemas da pesquisa

Quais são as análises que possibilitam identificar o comportamento da ação do vento mediante a uma estrutura metálicas e quais as fundações mais adequadas que podem ser utilizadas para uma edificação comercial situada na RMBH ?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral Analisar todos os parâmetros que influenciam no comportamento e desempenho na adoção de fundações orientando a elaboração de projetos e execução dos mesmos com a utilização de planilhas de Excel, mediante as cargas oriundas de estruturas metálicas e a ação da carga dos ventos ,determinar a correta execução conforme a NBR 6123/1988 versão corrigida 2:2013. A pesquisa se baseia em obra real a ser realizada no endereço: Rua Rio Paranaguá,1375 no bairro riacho das Pedras.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Descrever o processo executivo de fundações em galpões de estruturas metálicas mediante a atuação da carga do vento.
- b) Identificar os principais tipos de fundações utilizados em estruturas metálicas.
- c) Dimensionar as fundações através de planilhas de Excel aproximando mais dos resultados realísticos.

1.4. Justificativa

O engenheiro define o tipo de fundação em função do mapeamento das cargas que advém do projeto arquitetônico, sobretudo de estrutura a ser utilizada atendendo aos anseios do cliente. Determinadas precauções nas etapas de um projeto são de suma importância no que tange a economia de tempo, dinheiro e mão de obra especializada.

Para a empresa é fundamental a concepção de um projeto estrutural que possua efetiva sustentabilidade na construção civil, agregando, menor tempo de execução, confiabilidade, facilidade de desmontagem, entre outros.

Construções em estruturas metálicas, desvelam significativos benefícios ao meio ambiente, tendo em conta um panorama em relação às condições para o bem-estar global do indivíduo.

Aos discentes, a oportunidade de rever os métodos aplicados durante o curso, atrelando teoria à prática, no que concerne à formação do Engenheiro Civil, faz-se desse trabalho, um meio de informação com o propósito de fornecer uma visão

técnica, sustentável e capaz de criar soluções inteligentes para problemas complexos na área de projetos.

Direcionado a profissionais e estudantes da área de engenharia civil, mantendo a finalidade de capacitá-los e habituá-los para enfrentarem as adversidades que certamente surgirão durante a execução de um projeto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A construção em aço oferece várias vantagens: é estruturalmente sólida, tem uma alta relação resistência / peso e é muito durável. Para Bellei (2010) essas características do aço o tornam ideal para a construção de edifícios, galpões e outras estruturas de todos os tamanhos, mas inicialmente o desenvolvimento do aço estrutural como material de construção e sua indústria de fabricação que o acompanha desempenhou um papel importante no crescimento do mundo industrializado e ajudou a criar nosso modo de vida moderno. Sem aço estrutural, a construção das ferrovias, a construção de pontes, a abertura de minas, a construção de fábricas para a manufatura de mercadorias e a produção e transmissão de energia nunca teriam avançado para o estágio em que se encontram hoje.

2.1 Contexto histórico das estruturas metálicas

Portanto, para imaginar um mundo sem aço (exceto armamentos), basta voltar 200 anos, até o ano de 1812, quando o Grande Armée de Napoleão estava em plena retirada de Moscou. Seus homens não marchavam mais de bruços, mas a pé em temperaturas de -30º graus Celsius. Seria um ponto de viragem nos assuntos mundiais.

Enquanto Napoleão espalhava “Le Revolution” pela Europa continental, os britânicos (para Napoleão, uma nação de lojistas) estavam ocupados causando sua própria revolução, a de um tipo industrial; isso foi conseguido aproveitando a energia do vapor e aumentando a produção de ferro.

Ainda de acordo com Bellei (2010) O período entre 1730 e 1830 foi de grande invenção, o que, na época do advento das ferrovias, colocou a Grã-Bretanha na vanguarda do comércio e da indústria. Três formas de metal ferroso eram então conhecidas: Ferro Forjado, Ferro Fundido e Aço. O ferro forjado foi trabalhado pelo ferreiro durante séculos e encontrou uso na fabricação de portões, grades e móveis de portas, mas no início do reinado da Rainha Vitória (1837), estava a ponto de se tornar um importante material estrutural. O Ferro Fundido foi usado comercialmente para substituir a madeira em itens como arados e máquinas têxteis e para fundir painéis, mas falhou como material estrutural. O aço estava no segmento premium do mercado e era reservado para itens como relógios, molas, foices e espadas e era caro

de produzir pelo método do cadinho de Benjamin Huntsman, Platão disse que “A necessidade é a mãe da invenção”, e um material estrutural que fosse forte em tração e compressão foi procurado para a fabricação de trilhos sobre os quais as locomotivas funcionariam.

O Ferro Forjado era adequado para o propósito e tinha um preço razoável e boa disponibilidade, tendo sido produzido em quantidade por muitos anos, pelo processo de poça de Henry Cort, no qual o ferro fundido era agitado para remover as impurezas. Isso levou a um maior uso, primeiro em cascos de navios e depois em pontes.

No entanto, a fraternidade da engenharia estava bem ciente dos benefícios do aço, se apenas o custo de produção pudesse ser reduzido. O pai da siderurgia moderna foi um britânico chamado Henry Bessemer, que em 1856 anunciou uma descrição do processo, que leva seu nome, que acabaria por produzir aço mais barato e mais importante em grandes quantidades. Logo atrás dele estava Charles William Siemens, que era um súdito britânico naturalizado, nascido na Alemanha, que inventou o forno aberto para a produção de aço; os dois métodos foram implementados e, em questão de vinte anos, o aço suplantou o ferro forjado como principal material estrutural. A última grande estrutura feita de ferro forjado foi a Torre Eiffel, que foi construída para a Exposição de Paris de 1889, para celebrar o Centenário da Revolução Francesa; nesse mesmo ano viu a conclusão da ponte Forth que era feita de aço.

Na verdade, o aço produzido naquela época era apenas marginalmente mais forte do que o ferro forjado; entretanto, o aço poderia ser produzido em maior quantidade e mais barato, como foi provado por Andrew Carnegie nos Estados Unidos da América; suas palavras famosas foram “Adeus, então, Idade do Ferro; todos saúdam, King Steel”.

No início do século 20, a América estava produzindo mais aço anualmente do que a Grã-Bretanha, a Alemanha combinada e liderou a exportação de perfis laminados a quente, ou seja, Carnegie Beams, laminados pelo processo Gray. Estes viriam a ser conhecidos como vigas flangeadas largas (W) nos Estados Unidos da América (EUA) e vigas Universais Britânicas (UB) na Grã-Bretanha, Austrália e África do Sul.

O Grande Incêndio de Chicago de 1871 devastou a cidade, cujas construções eram predominantemente feitas de madeira. Na sequência, a cidade foi rapidamente

reconstruída; com as lições aprendidas, os regulamentos de incêndio foram tornados muito mais rígidos, exigindo materiais de construção não combustíveis, o que foi atendido primeiro por colunas de ferro fundido e vigas de ferro forjado para suporte estrutural interno e paredes externas de alvenaria de suporte de carga. Conforme Chicago crescia, era cercada pelo lago e pelo rio, portanto, a única maneira de crescer era subindo. Assim, o primeiro arranha-céu, o Edifício do Seguro Residencial, foi construído em 1885 e tinha 10 andares. Desenhado por William Le Baron Jenny; o edifício era sustentado por uma estrutura esquelética de aço e tinha paredes externas de cortina, o que permitia muito mais altura e estabilidade sem o peso da construção em alvenaria. Este edifício foi o precursor de mais arranha-céus em Chicago e depois em Nova York. A tendência foi a exportação da arquitetura americana para todo o mundo e os edifícios com estrutura de aço se tornaram comuns em todas as grandes cidades, durante a primeira década do século XX.

2.1.1 Linha do tempo dos destaques da construção em aço:

Conforme abaixo, a construção utilizando o aço se tornou item de suma importância na construção civil, seguindo o destaque pode se acompanhar essa evolução de forma cronológica, desde pontes a edifícios de grande porte.(MATOS,2019)

- Ponte do Brooklyn 1883 concluída
- 1885 Edifício do seguro residencial concluído, geralmente visto como o primeiro arranha-céu
- Torre Eiffel de 1889 concluída
- Edifício Woolworth 1912 concluído
- 1930 O Edifício Chrysler
- Edifício Empire State de 1931 concluído

Assim,o aço estrutural tornou-se o material de construção pelo qual outros materiais seriam julgados e não demorou muito para que outro material fosse encontrado que se tornaria o principal concorrente do aço durante o século 20; esse material era concreto armado,hoje elemento fundamental na engenharia civil.

2.1.2 A estrutura metálica na engenharia civil

Logo, a engenharia civil é o setor da engenharia que abrange um conceito amplo, que alcança todas as áreas inerentes à construção, conservação e manutenção de todos os tipos de edificações, viabilizando condições indispensáveis ao bem estar e ao desenvolvimento da sociedade, garantindo através de cálculos e estudos a construção de edifícios, casas, estradas, portos, ferrovias, pontes, viadutos e usinas hidrelétricas, entre outros, assegurando que as obras sejam erguidas de maneira segura econômica e sustentável.

Gervásio (2005) ressalta que o aço é normalmente identificado como um material “amigo do ambiente” devido essencialmente ao seu potencial de reciclagem. No entanto, não são só os benefícios ambientais do aço que contribuem para os objetivos da construção sustentável. As estruturas metálicas apresentam características naturais que se coadunam com os requisitos da construção sustentável e que tornam este tipo de construção imbatível na realização dos mesmos.

No primeiro momento as construções em estruturas metálicas, assustam um pouco devido ao dispêndio financeiro imediato, porém ao analisar a monta mais de perto, os benefícios econômicos e ambientais são incrivelmente satisfatórios, e eficientes estruturalmente, se comparado a outras estruturas, feitas de madeira ou concreto, as estruturas feitas de aço, não sofrem tanto os impactos provocados pela ação do vento.

Para Nogueira (2009) na engenharia civil, planejar é a primeira etapa na concepção de um processo construtivo, é exatamente nessa fase que se estabelece, quais instrumentos, métodos e recursos serão empregados, durante a execução da obra, analisando os meios práticos, técnicos e financeiros. O crescimento da construção em aço no Brasil e no mundo, tem salientado a busca do aprofundamento analítico de estudos em temas relacionados.

Diante disso, pôs se em evidência o estudo sobre a utilização desse metal em edificações de galpões e seguimentos treliçados. A estrutura em pauta, ressalta como objetivo de estudo o uso do tipo de aço adequado, o dimensionamento o tipo de fundação, e o comportamento de cada estrutura nesse ambiente. Dessa forma, os diversos tipos de aço, tanto o aço carbono como o aço inox, vêm contribuindo com versatilidade plural na engenharia civil para os infinitos fins designados.

De acordo com Santiago (2017), aços inoxidáveis, são grupos de aços resistentes à corrosão e ao calor que contêm uma parcela mínima de 10,5% de cromo em sua composição química, quando aumentada essa quantidade de cromo, forma-se uma película, que tem a sua estabilidade condicionada à composição química do aço do tratamento da superfície desse material, e da corrosividade do ambiente onde o aço tenha sido aplicado.

De acordo com Inaba (2017) as estruturas em aço permitem grande trabalhabilidade seja em edificações com ambientes abertos ou fechados a Tabela 1 abaixo, apresenta um quadro com o peso aproximado da estrutura metálica de acordo com os mais variados tipos de construção.

Tabela 1 - Tipos de Edificação.

	TIPO DE EDIFICAÇÃO	PESO Kg m²
Edifícios	Até 4 pav.padrão popular	20 a 35
	Até 4 pav.padrão médio/alto	35 a 50
	De 4 a 12 pavimentos	40 a 50
	Maior que 12 pavimentos	45 a 60
Residências		20 a 70
Galpões industriais sem ponte rolante		20 a 25
Shopping Centers		50 a 55

Fonte: Roberto Inaba 2017

Ainda, de acordo com Inaba (2017), arquiteto especialista em projetos de estruturas em aço, conhecer o peso da estrutura em função do tipo de construção é fundamental para se definir uma estimativa no custo do empreendimento, o que viabiliza a construção nesse tipo de material em relação à estrutura e concreto.

2.1.3 A relação entre a estrutura metálica e a estrutura de concreto segundo a história

O aço geralmente é unido ao concreto por ter algumas características que estruturalmente e economicamente o torna viável como: Possui um baixo custo relativo. A disponibilidade de encontrar o aço é fácil em praticamente todos os locais. É versátil, possui fácil adaptação, além de ser um material com grande durabilidade.

Nogueira (2009) cita que para que o concreto utilizado na estrutura possua as características esperadas, ou seja, boa aparência da armadura e durabilidade, é necessária que a sua utilização seja bem elaborada, que os seus componentes e propriedades sejam bem investigados em laboratório, e que todos os cuidados de seleção destes para a utilização em campo estejam adequados para seu uso e para que a união do aço com o concreto seja bem sucedida. Atualmente existem no mercado mais de 3000 tipos de aço que estão atrelados à construção civil. Porém com a evolução dos métodos construtivos e com a preservação ambiental, vem sendo estudado cada vez mais métodos menos agressivos ao meio ambiente de utilização do conjunto aço e concreto e também cada vez mais os projetos vem se tornando complexos e ousados o que torna a utilização do aço indispensável para a realização do mesmo. O aço pode ser utilizado de duas maneiras na construção civil.

Na parte estrutural onde a estrutura base é realizada com componentes de aço. Em forma de armadura compondo assim estruturas de concreto armado. No Brasil a maior parte das construções são feitas com concreto armado, porém vem notando-se um grande crescimento na utilização de estruturas de aço.

De acordo com o texto traduzido por Guimarães (2017) os romanos ficaram conhecidos, por abusarem do uso de uma substância bem próxima do concreto, o texto relata que os romanos, usavam uma mistura composta de cascalho, areia grossa, cal quente, água e sangue de animal, e outra mistura consistia em pozolona, leite, gordura e sangue animal, essa primeira liga era usada na construção de estradas e a segunda era utilizada nas construções de concreto.

Outrora Guimarães (2017) relata que a pedra foi utilizada em larga escala na construção de casas, templos, pontes, fortes entre outros, a pedra era considerada um material imprescindível na construção por possuir alta resistência á compressão, quando usada como pilares, usada também como vigas em algumas edificações, no intuito de vencer vãos no entanto essas pedras se partiam, e esses vãos que se podia vencer utilizando vigas de pedras se tornavam cada vez mais limitados.

Marchett (2011) cita que no intuito de vencer grandes vãos eram usados diversos arcos, e os desafios de se construir usando pedras surgiam constantemente. Após o surgimento do concreto, uma mistura de (agregados graúdos, agregados miúdos, cimento e água), o quadro não mudou muito, as dificuldades persistiam, as vigas de centro eram limitadas em seus vãos pelo esforço de tração, tendo em vista que o concreto resiste a compressão dez vezes mais que a tração.

No entanto Novelli [s.d],o aço aparece na construção civil no início do ano de 1779 na construção da ponte Coalbrookdale ou ponte de ferro, (Figura 1) que cruza o rio Severn em Ironbridge na Inglaterra, durante a revolução industrial, essa estrutura trouxe uma grande inovação no jeito de construir, trazendo junto uma nova perspectiva, muito mais moderna, inovadora, sustentável, dinâmica e econômico à obra, sendo possível aspirar a possibilidade de utilização dessa estrutura em grandes construções para vencer vãos.

Ao final do século XVI, o bandeirante Afonso Sardinha, juntamente com seu filho, deram início à industrialização do ferro no Brasil, eles encontraram minério de ferro em uma de suas excursões pela serra de Araçoiaba, hoje o atual Morro de Ipanema, que tem sua localização no estado de São Paulo, dominador da alquimia de fundir e transformar metais brutos em preciosidades fundou a forjaria que mais tarde se tornaria uma usina siderúrgica pioneira reconhecida no Brasil. Neves(2013)

Já quatro séculos adiante, foi inaugurada a primeira fábrica, Companhia Brasileira de Cimento Portland em Perus, zona noroeste do município de São Paulo, dessa associação ferro cimento, surgiu o concreto armado.

No entanto,ainda conforme Novelli[s.d] somente no século XIX que o aço foi reconhecido como um material indispensável na construção civil aqui no Brasil. Foi o estopim para que o aço e o concreto se unissem em uma liga única, trazendo junto os benefícios desses dois materiais, que mais tarde seria chamado de concreto.

Na Figura 1,a ponte de Coalbrookdale, uma inovação a época, a primeira ponte construída em ferro fundido é quando o aço aparece na construção civil,logo no início do ano de 1779.

Figura 1 - A Ponte de Coalbrookdale em 1779



Fonte: Noves engenharia, 2011.

Tanto a estrutura metálica quanto a estrutura de concreto, possuem grandes vantagens e dependendo do tipo de projeto para que forem utilizadas, no entanto no caso específico do objeto de estudo, a estrutura metálica será empregada na edificação de um galpão comercial sem ponte rolante que será utilizado para manutenção de veículos e máquinas de grande porte. Nesses casos são muitas as vantagens dessa edificação ser executada em estrutura metálica.

Entretanto Pereira (2018) cita que o aço tem um módulo de elasticidade que permite que a estrutura metálica seja projetada em seções mais esbeltas, otimizando o uso do espaço, reduzindo a carga sobre a fundação, o acabamento simples permite a aplicação com estrutura aparente sem prejuízos na estética.

2.1.4 Os benefícios da construção de um galpão em estrutura metálica

Contudo, a principal função de um galpão em estrutura metálica é armazenar mercadorias, portanto um espaço amplo é uma das características do galpão. O armazém com estrutura metálica, combina esse recurso, possui grandes vãos e maior área de utilização.

Os edifícios em estrutura de aço são mais leves do que outros tipos de edifícios com a mesma resistência. Além disso, os armazéns de grande porte precisam de grandes vãos, e as estruturas de aço são mais adequadas para esse tipo de edifícios

como fábricas, estádios e assim por diante, haja vista que a necessidade de construções de depósitos são mais urgentes.

Para Scheid (2010) o tempo é a vantagem mais significativa da construção de armazéns com estrutura de aço. O período de construção é mais curto, a construção mais conveniente e o tempo e os custos de investimento significativamente reduzidos. Além disso, com o desenvolvimento do negócio ou outros fatores, alguns armazéns de estrutura metálica enfrentarão o problema de remanejamento de endereços.

Outra vantagem da estrutura de aço destacada (Figura 2) abaixo, é que, por ser leve, uma obra de realocação será mais cômoda, ecológica e reciclável. Em uma era de forte poluição do ar, uma vez que o depósito de estrutura de aço não é mais necessário, ele ainda pode ser reciclado sem poluição, e ainda o emprego da pintura a pó reduzem consideravelmente a emissão de gases no ambiente.

Assim Benite, et. al, (2019) diz que controlando os processos de produção de estruturas metálicas, as fábricas atuais, geram apenas 1% de resíduos sólidos, no ambiente, e o resíduo mais surpreendente em termos ambientais, é o resíduo de classe 1 procedente das câmaras de pintura e de jateamentos de granalha, são resíduos de descarte controlado por empresas certificadas, os resíduos de metal são vendidos para empresas especializadas que beneficiam esses refugos e os reutilizam em outras indústrias.

Figura 2 - Ciclo de vida da estrutura metálica



Fonte: Manual de sustentabilidade do aço, 2019.

2.2 Fundações em Construções

Aliás, sabe-se instintivamente, que uma boa base é fundamental para qualquer projeto de construção. Na verdade, é de conhecimento tão comum que é usado como uma metáfora para estabilidade em dezenas de cenários diferentes. Stach (2010) cita que sobre relacionamentos que precisam de uma base sólida de confiança, por exemplo, ou de conhecimento básico em um determinado assunto, funcionando como uma base para o aprendizado posterior. Até a educação dos primeiros anos dos filhos é rotulada como anos de fundação. Construir qualquer tipo de estrutura diretamente no solo está quase certamente fadado ao fracasso. Mesmo com os menores edifícios pesando várias toneladas, a terra despreparada simplesmente não será capaz de suportar o peso. Antes que possa sequer pensar em construir, é necessário lançar uma base sólida que aguarde a tensão de todo esse peso, enquanto mantém a estrutura estável pelo resto de sua existência.

Stach (2010) menciona que o objetivo principal de uma fundação - apoiar a construção - é também seu principal benefício, casa, galpão e etc. No entanto, seu papel é muito mais importante do que apenas ser uma pedra angular. Uma boa fundação, devidamente assentada e instalada, também serve para manter a umidade

da propriedade, formando uma represa de efeito contra as águas subterrâneas. Isso ajuda a evitar problemas de mofo e umidade, especialmente nos níveis mais baixos ou no porão de sua propriedade - qualquer um dos quais poderia prejudicar seriamente a integridade estrutural de toda a casa. Existe uma

base para cada projeto e local. Eles podem assumir muitas formas, podem ser rasos ou profundos e podem ser feitos de muitos materiais. Mesmo locais de construção realmente difíceis e áreas com solo ruim podem ser superados com a fundação certa. É levado em consideração os solos do local, a localização e a estrutura pretendida ao determinar o melhor tipo de fundação. A construção da fundação prossegue com cuidado e os testes são realizados ao longo do caminho para garantir que a capacidade de carga seja alcançada.

Ao construir uma fundação, às vezes nos deparamos com condições especiais. Por exemplo, o solo adjacente às vezes é solto ou a trincheira é grande. Neste caso, pode ser suportado com a utilização de escoramento durante a construção da fundação. As adições aos edifícios podem exigir uma base para estabilizar a estrutura existente. Ambas as situações adicionam custos ao projeto. Quando se trata de construção civil, a força de qualquer edifício está em suas fundações, por isso é tão importante que você as acerte e entenda por que são um elemento tão crucial. (SCHEID 2010 P.22)

O principal objetivo da fundação de um edifício é manter a estrutura acima dele e garantir que o edifício permaneça de pé. Quando uma fundação é mal construída, pode representar um sério risco para os habitantes e para o bairro como um todo. Quanto maior o edifício, mais poderosa deve ser a fundação. Portanto, é essencial que as fundações sejam sempre levadas a sério quando se trata de construção civil.

A fundação de uma construção tem três funções cruciais, que incluem suportar a carga de toda a construção, mantendo a estrutura em pé mesmo quando os elementos causam estragos e evitando que a umidade do terreno se infiltre no edifício. De acordo com Scheid (2010) em construção, a fundação de uma propriedade, qualquer propriedade, deve ser capaz de suportar o peso morto e o peso vivo combinados.

A carga morta é o peso da própria estrutura, é chamada de carga morta, pois permanece constante. Já a carga viva é o peso das pessoas e objetos do imóvel. A fundação de uma propriedade deve ser forte, firme e capaz de canalizar todo o peso do edifício para o solo. Se a construção estiver sendo construído em uma área

inclinada ou em solo úmido, a fundação deve ser personalizada para garantir que permaneça tão durável quanto necessário.

Quando se trata de uma edificação em estrutura metálica, o input chega na obra para montagem, e por ser uma estrutura leve, é importante entender o comportamento desta estrutura em função da carga do vento e como esta carga será transmitida para o solo, mantendo a estrutura estática exigindo então a definição de uma fundação adequada. Existem muitos casos em que as fundações de um edifício podem ser comprometidas e exigir algum suporte estrutural, Isso pode ocorrer quando:

- A base original não é mais tão forte ou estável como deveria ser.
- O uso de estruturas mudou, como uma propriedade doméstica sendo convertida em comercial com maior movimentação.
- As propriedades do solo sob a propriedade mudaram.
- Para aumentar a quantidade de peso que o edifício pode suportar com segurança.
- Um desastre natural tornou a fundação insegura, como uma inundação, ou tempestade.

Para Nogueira (2009) ocasionalmente, com o tempo, a fundação de uma construção pode ser danificada, o que pode tornar o edifício inseguro para uso. Por exemplo, a viga de aterramento pode ser danificada, tornando as fundações inseguras. No entanto, existem várias etapas que podem ser executadas para consertar uma fundação danificada, como a base de construção. Este é um processo de fortalecimento de uma estrutura existente fixando sua base em uma posição ou outra. Embora o suporte tradicional seja um dos métodos mais populares, não é o único disponível. Há sustentação de viga e base, sustentação de mini pilha, sustentação por injeção de resina em expansão, existem várias opções para escolher. No que diz respeito ao reforço das fundações de um edifício, também existem muitas opções à escolha, bastando apenas determinar qual a melhor opção para cada projeto de construção individual.

2.2.1 Tipos de Fundações

Sob o mesmo ponto de vista, para Pinho (2005) a Fundação é a parte “invisível” de uma construção, por estar sobre o solo, e diretamente em contato com o mesmo, em outros termos a fundação é a raiz de um edifício, de um sistema estrutural, seja ela direta ou indireta a função primordial da fundação é receber as tensões oriundas das edificações e redistribuí-las ao solo de maneira uniforme absorvendo os impactos externos, causados por inúmeros elementos, entre eles o próprio peso, e os efeitos de cargas acidentais sobre a estrutura em função de sua utilização, (pessoas, móveis, máquinas, veículos, objetos) e a demais, os impactos causados por um agente de fator externo, ou a ação da força causada por fenômenos naturais.

Para Pravia (2010) na engenharia civil as fundações, são classificadas através da profundidade, do modo de transferência de tensões ao solo e pela forma de atrito dos meios utilizados, porém o conceito de definição do tipo de fundação, se dá através dos ensaios de sondagens, são ensaios técnicos de verificação da qualidade do solo.

A NBR 6122:2019 orienta o engenheiro civil, sobre os termos e definições dos diversos tipos e conceitos de fundações, salientando sobre as condições, as técnicas, os tipos de solo e a topografia do terreno em que estas estruturas poderão ser aplicadas.

As Cargas recebidas por esse tipo de fundação podem causar pequenos recalques suportadas pela edificação, sem que haja ruptura e escoamentos do solo impedindo assim que a superestrutura sofra impactos que possam causar patologias, ou que possam levar a edificação ao colapso.

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 6122/2019, fundações rasas ou diretas, ou ainda superficiais superficiais são elementos de fundação em que a ação é transmitida predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação; geralmente são aquelas em que a profundidade de escavação é inferior a 3 metros, sendo mais empregues em casos de cargas leves, como residências, ou no caso de solo firme.

A fundação profunda possui grande comprimento em relação a sua base, apresenta capacidade de suporte de carga de ponta e também capacidade de carga devido ao atrito lateral do corpo do elemento de fundação com o solo. A fundação profunda dispensa abertura da cava de fundação, sendo executada por meio de trados

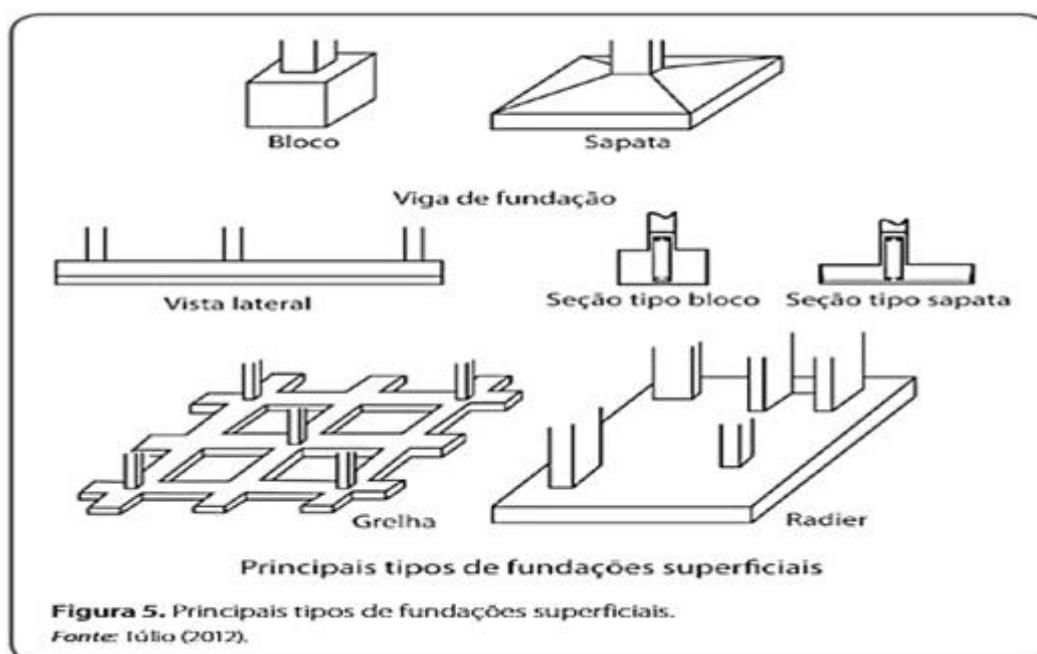
ou por cravação.

As

fundações superficiais, podem ser ainda isoladas quando o elemento suporta apenas a carga de um pilar que passa pelo seu Centro de Gravidade (CG), ou excêntrica quando a resultante das cargas aplicadas não passa pelo CG da base, é o caso das fundações em divisa de terreno. Usualmente, uma fundação com carga excêntrica é associada por meio de uma viga de equilíbrio, com a de um pilar mais próximo.

A Figura 3 apresenta os mais comuns tipos de fundações diretas utilizados na engenharia civil, para a primeira sigla representa um bloco de fundação, segundo a NBR 6122/2019, os blocos de fundação são dimensionados sem a necessidade do uso de armadura as tensões de tração e cargas atuantes nesses elementos podem ser absorvidas pelo concreto devido as dimensões do bloco.

Figura 3 - Principais tipos de fundação rasa.



Fonte: Escola de engenharia 2018

Ao lado as sapatas são elementos de fundação direta executadas em concreto armado, ou seja, nela existe o emprego do uso de armaduras que atendem a necessidade de dimensionamento que resistam as tensões de tração

As grelhas, a NBR 6122/2019 não cita a grelha como elemento de fundação, no entanto o manual de fundação da rede federal Setec, cita que esse tipo de

fundação. É composto por um conjunto de vigas que se cruzam nos pilares, exatamente conforme mostra a ilustração.

O Radier também ilustrado na Figura acima, conforme a NBR6122/2019 é um elemento de fundação superficial atribuído de rigidez para absorver e distribuir mais do que 70 % das cargas da estrutura, estrutura um pouco mais onerosa em relação as demais.

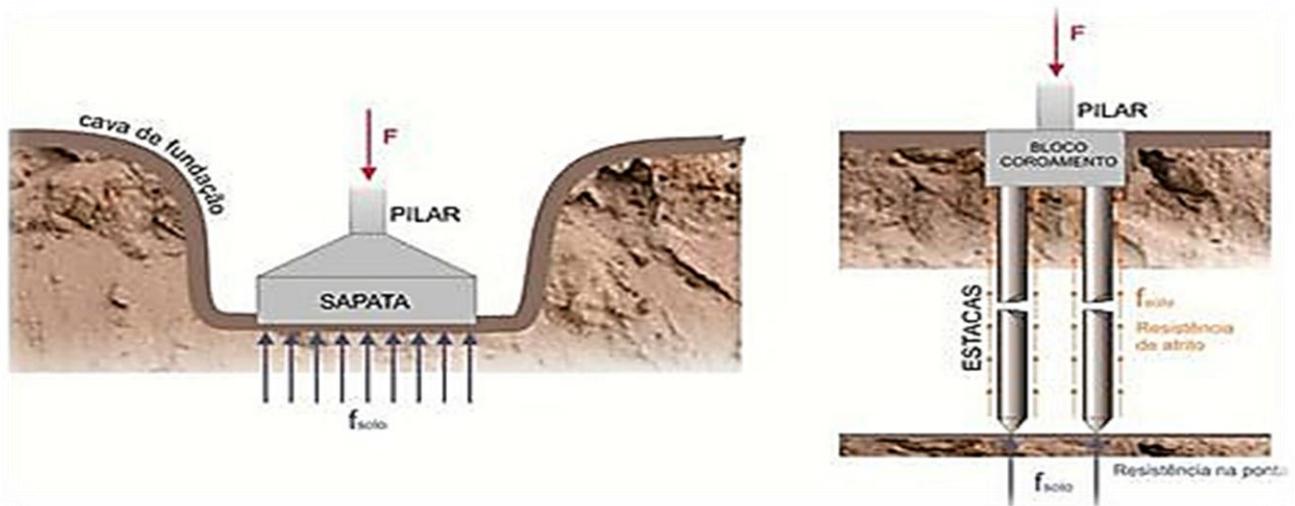
Na norma NBR 6122/1996, a viga de fundação se distinguia da sapata corrida na medida em que a primeira recebia pilares num mesmo alinhamento e a segunda, uma carga distribuída (por exemplo, uma parede). De acordo com a NBR 6122/2010, os dois tipos passaram a se chamar sapata corrida, mas sua análise será objeto do Cap. 8, sob a denominação vigas de fundação. Ainda, na norma antiga, a expressão radier era reservada para a fundação que recebia todos os pilares de uma estrutura, ficando a expressão sapata associada para a fundação que recebesse parte dos pilares da estrutura. A nova norma permite o uso da expressão radier em qualquer caso. Seria interessante adotar as expressões utilizadas na França (país onde se originou a expressão radier): radier o caso de receber parte dos pilares e radier geral, para o caso de receber todos os pilares da obra. (VELOSO E LOPES, 2011, p. 12).

De acordo com a NBR 6122/2019, a fundação indireta se difere da base em relação a sua dimensão, esse tipo de fundação, tem a capacidade de transmitir a carga ao solo, através do atrito lateral, chamado de resistência do fuste e também pela base que é chamado de resistência da base, a fundação indireta ou profunda, dispensa abertura da cava de fundação, incluem-se nesse grupo as estacas, os tubulões e os caixões.

Velloso e Lopes (2011) dizem que o projetista de fundação deve ser cauteloso, ao empregar a terminologia, para que não haja contratempos técnicos, pois as fundações são separadas em dois grupos, indiretas ou profundas, e fundações superficiais, ou rasas e diretas, (Figura 4) no entanto, as fundações diretas são as fundações mais baratas e de simples execução que existem na construção civil.

Isso se deve pela facilidade da construção dos elementos de fundação que dispensam equipamentos sofisticados, tanto na sua execução quanto na locação dos elementos no canteiro, e pelo fato de elas serem bem na superfície do terreno o que se dá o nome a elas.

Figura 4 - Fundação direta e profunda



Fonte: pinterest.com.br, 2014

A ilustração da Figura 4, mostra a diferença entre as fundações diretas e profundas .

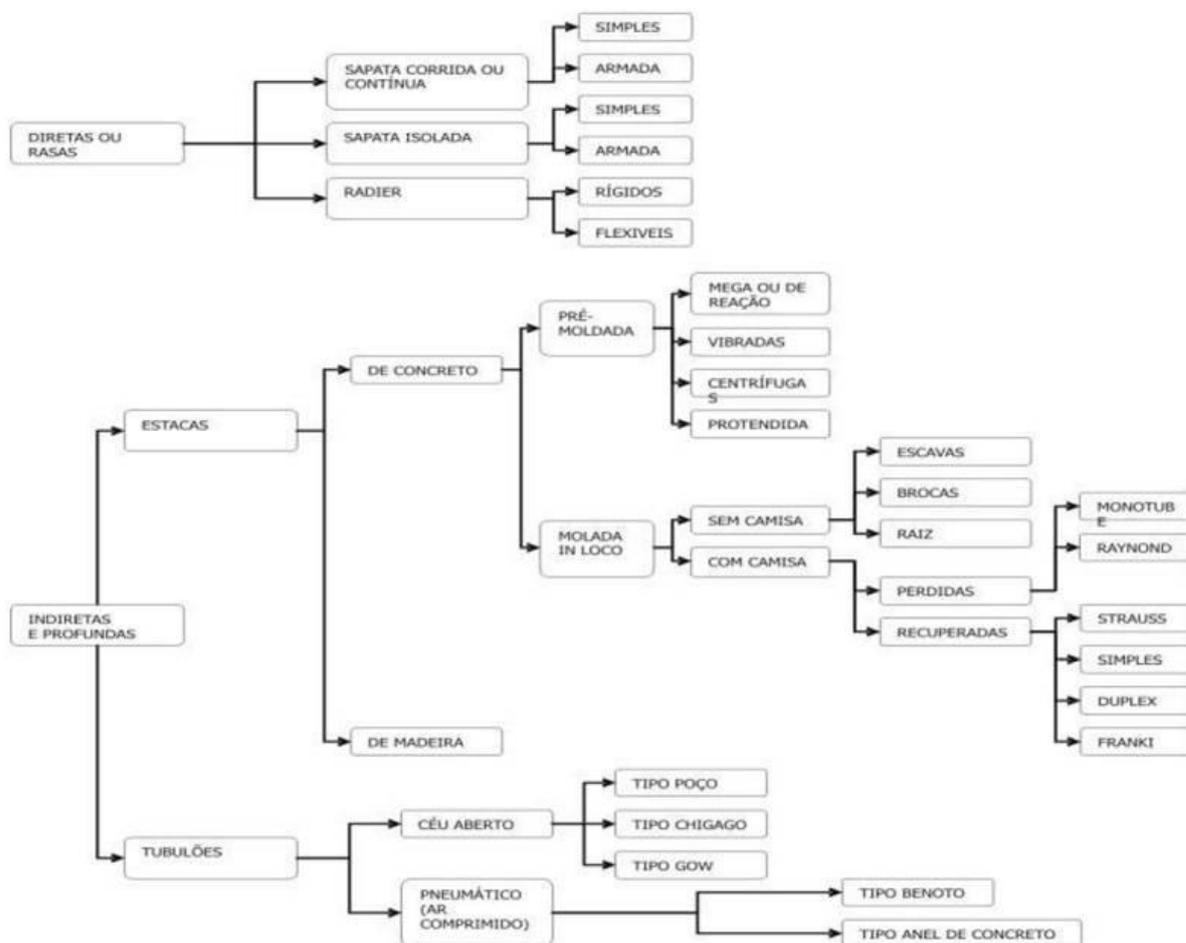
Fundação rasa

- Cavas de fundação
- Sapatas
- Espera do pilar

Fundações profundas

- Estacas
- Bloco de coroamento
- Espera do pilar

Gráfico 1- Organograma de fundações



Fonte: Pinterest, 2014

O organograma representa os tipos de fundações mais usuais destacando-se as fundações diretas/rasas e as fundações profundas. Outra característica das fundações rasas, são as sapatas, são elementos de fundação de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não podem ser resistidas pelo concreto, de que resulta o emprego de armadura. Pode ter espessura constante ou variável e sua base em planta é normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal.

Outra característica das sapatas é a sua pequena altura em relação às dimensões da base, são "semiflexíveis" que ao contrário dos blocos, que trabalham à compressão simples, as sapatas trabalham à flexão. A definição de sapatas segundo a NBR6122/2019, são elementos estruturais de fundação direta, que se apoia diretamente no solo, feitas de concreto e aço que absorvem as cargas de tensão

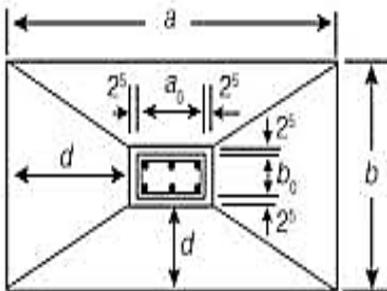
através da armadura. Parte mais larga e inferior do alicerce. Há dois tipos básicos: a isolada e a corrida. A primeira é um elemento de concreto de forma piramidal construídos nos pontos que recebem as cargas dos pilares. Como ficam isoladas, essas sapatas são interligadas pelas vigas baldrame, ou cintamentos. Já a sapata corrida é uma pequena laje armada colocada ao longo da alvenaria que recebe o peso das paredes, distribuindo-o por uma faixa maior do terreno.

Ambos os elementos são indicados para a composição de fundações assentadas em terrenos firmes. Dependendo da relação peso da construção / resistência do terreno, o baldrame poderá não ser o tipo adequado de fundação. Por isso as sapatas são de extrema importância para a sustentação da construção, e ficam simplesmente apoiadas no terreno, de acordo com o carregamento ou tipo de solo.

Para, Pereira Caio (2016) Sua principal função é transmitir para o solo, por meio de sua base, a carga do pilar. Podem ser de concreto armado, em forma de pirâmide, quadrada, retangular e demais formas ou recebem a carga de um pilar ou um conjunto de colunas, dependendo da sapata. Isto acontece quando a peso da casa é grande (como em sobrados) ou quando a casa é construída em terrenos fracos. Neste caso deverá ser adotada a sapata como fundação. Devemos ter cuidado com o tipo de solo e qual tipo de sapata utilizar. Abaixo as Equações 1 e 2 mostram os cálculos para dimensionamento de sapatas, a NBR 6122/2019, estabelece que em planta as sapatas isoladas não devem ter dimensões inferiores a 0,60m.

Equação 1 - Cálculos de dimensionamento das sapatas - Pilar retangular.

$$a \times b = \frac{P}{\sigma_s}$$

$$\left. \begin{array}{l} a - a_0 = 2d \\ b - b_0 = 2d \end{array} \right\} \therefore a - b = a_0 - b_0$$


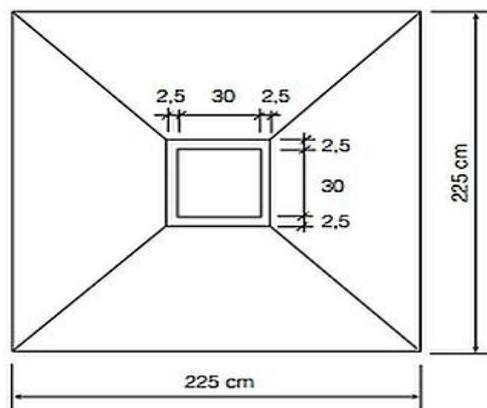
Fonte: Bastos (2016)

Dimensões da sapata retangular

$$B = \frac{b-a}{2} + \sqrt{\left(\frac{b-a}{4}\right)^2 + A_{sap}}$$

$$A \cdot B = A_{sap} \Rightarrow A = \frac{A_{sap}}{B}$$

Equação 2 - Cálculos de dimensionamento das sapatas - Pilar Quadrado



Fonte: Bastos ,2016

Dimensão da Sapata Quadrada

$$A = B = \sqrt{\frac{P}{\sigma_{solo.}}}$$

Dimensionamento alturas útil, total e do troco de cone da sapata

$$\text{Altura útil: } d \geq \left\{ \begin{array}{l} \frac{A-a}{4} \\ \frac{B-b}{4} \\ 1,44 \cdot \sqrt{\frac{1,4 \cdot P}{f_c}} \Rightarrow f_c = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{1,4} \end{array} \right.$$

Dimensionamento

Altura da sapata : $h=d+5 \text{ cm}$

Altura do tronco de cone : $H = h - 10 \text{ cm}$

Armação das sapatas

$$\text{Direção A} \rightarrow \text{Força : } T = \frac{Px(A-a)}{8xd}$$

$$\text{Direção B} \rightarrow \text{Força : } T = \frac{Px(B-b)}{8xd}$$

$$\text{Armação : } A_s = \frac{\gamma_f x T}{f_y d}$$

Calculo do volume de concreto da sapata isolada

$$V = \frac{h-h_0}{3} x (Ax B + axb + \sqrt{Ax B x axb} + Ax B x h_0)$$

Quadro 1-Resumo das fundações rasas.

Tipos	Quando utilizar	Custo	Características executivas
Bloco	Utilizado quando o solo apresenta alta resistência, não havendo restrição ao emprego em cargas elevadas	Baixo	Simple execução
Sapata		Baixo, porém maior que o bloco para cargas reduzidas	Simple execução Pode assumir diversas formas geométricas, para facilitar o apoio dos pilares com formatos excêntricos.
Radier	Quando as sapatas se aproximam umas das outras ou se sobrepõem Quando se deseja uniformizar os recalques	Custo alto	Prazo alto, devido a necessidade de deixar toda a área a ser executada desimpedida antes de iniciar o serviço.

Fonte: biblioteca Feamig , 2017.

O Quadro 1 representa o resumo das fundações rasas, os tipos de fundações superficiais mais utilizadas, a categoria de custos, indicando a forma de utilização de cada uma e as características de execução.

Para Bastos (2016) a sapata isolada pode ser representada como tendo volumes de concreto em balanço que se projetam da seção transversal do pilar em ambas as direções, e submetidos à pressão do solo de baixo para cima. Assim, a sapata pode ser comparada a uma laje lisa invertida, em balanço ao redor do pilar, onde se apoia diretamente, e submetida aos esforços solicitantes internos de momento fletor e força cortante.

2.2.2 Blocos

Os blocos de fundação (Figura-5), e blocos de coroamento, são dois tipos de bloco diferentes, (NBR 6122/2019) o bloco de coroamento é um componente das fundações profundas que absorvem as tensões dos pilares, distribuindo as entre os elementos da fundação profunda, já os blocos de fundação rasa, que ao contrário dos blocos de coroamento, são elementos isentos de armaduras, que absorvem as cargas dos pilares transmitindo as diretamente ao solo

Equação 3 - Cálculos de dimensionamento do bloco de fundação

Geometria da base do bloco:

$$A = P * 1.4 * \frac{pp}{\sigma S}$$

$$a = b = \sqrt{A}$$

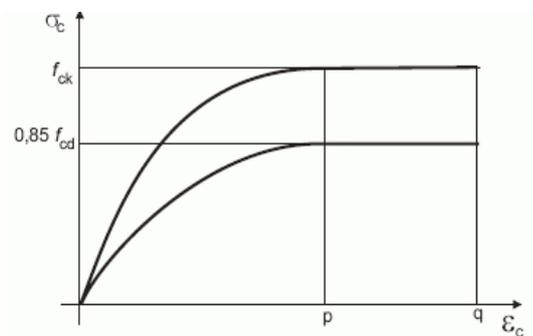
Dimensionamento da altura do bloco:

$$\sigma t \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{fck}{25} \\ 0,8 \text{ Mpa} \end{array} \right\}$$

Calculo da tensão de tração do concreto:

$$\frac{\sigma S}{\sigma t}$$

Gráfico 2 - Diagrama de tensão ,deformação do concreto



estudegratis.com.br

Fonte: fundação Cesgrandio, 2013.

Verificação

$$h \geq \frac{a - ap}{2} * tg\alpha$$

$$h \leq \frac{a - bp}{2} * tg\alpha$$

Onde:

A = Área

P = Peso do pilar (tensão)

pp = Peso proprio

a = Lado a

b = lado b

a_p = > lado(a) do pilar

b_p = < lado(b) do pilar

σ_t = tensão de resistência a tração do concreto

σ_s = tensão do solo

2.2.3 Estacas

A NBR 6118/2010 destaca que estacas, são elementos de fundação indireta executadas através de ferramentas ou equipamentos, sem a intervenção de qualquer trabalho manual em profundidade, e podem ser utilizados em sua confecção, diversos materiais como, aço, madeira, concretos, argamassa ou calda de cimento.

Figura 7 -Ilustração diferença entre as fundações.



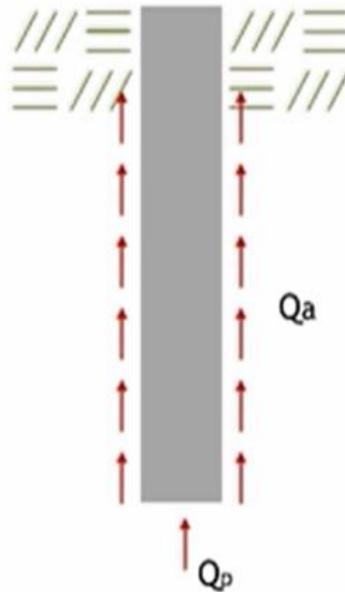
Fonte: Livro Fundações, ed. completa,2011

A Figura 7, mostra diferença entre fundações rasas e profundas e tubulações e estacas, a NBR6118/2010, diz que estacas transmitem as tensões da edificação diretamente ao solo, essa transmissão é feita pelo atrito lateral e pela ponta da estaca, os principais tipos de estacas são:

- Estaca escavada
- Estaca franki
- Estaca straus
- Estaca raiz
- Estaca hélice contínua
- Estaca premoldada de concreto
- Estaca de concreto moldada in loco
- Estaca metálica
- Estaca prancha
- Estaca de madeira

Cálculo de capacidade cargas das estaca

Figura 8 - Atrito do solo na estaca.



Equação 4 - Método

semi – empírico, Aoki

Veloso.

$$Q_u = Q_p + Q_a$$

↓

$$Q_p = \frac{K \times N}{F_1} \times A_p$$

$$Q_a = \frac{\sum \alpha x (K \times N)}{F_2} \times P_1$$

Onde:

A_p → área da ponta.;

K → Coef.tab.conforme tipo de solo;

Q_u → capacidade de carga da estaca;

N → N° do Spt na ponta da estaca;

Q_p → Reação da ponta da estaca;

F_1 → Coef.tab.conforme tipo estaca;

Q_a → Reação atrito lateral na estaca;

F_2 → Coef.tab.conforme tipo estaca;

α → % tipo de solo conforme tabela;

P_1 → Perímetro da estaca;

Tabela 2 - Tipos de Estaca

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,50	2F1
Metálica	1,75	2F1
Pré moldada	1 + D/080	2F1
Escavada	3,0	2F1
Raiz,Hélice Continua e ômega	2,0	2F1

Fonte: Fundação obras de terra, [s.d].

Conforme a NBR 6122/2019, (Tabela 2), estacas são elemento de fundação indireta que são completamente executadas sem que haja intervenção de operários em seu interior, esse tipo de fundação é inteiramente executado de forma mecânica, a (Equação 4) mostra os cálculos de capacidade de carga ,onde os fatores de correção F1,F2, são determinados pelo tipo da estaca que será utilizada, repare que o coeficiente F2,(Tabela 2) é duas vezes maior que o coeficiente F1, exatamente por ser o índice responsável pelo calculo da resistência lateral da estaca, enquanto o F1.é responsável pela tensão da ponta da estaca.(VELLOSO e LOPES,2011,p.273)

Tabela 3 - tipos de Solo.

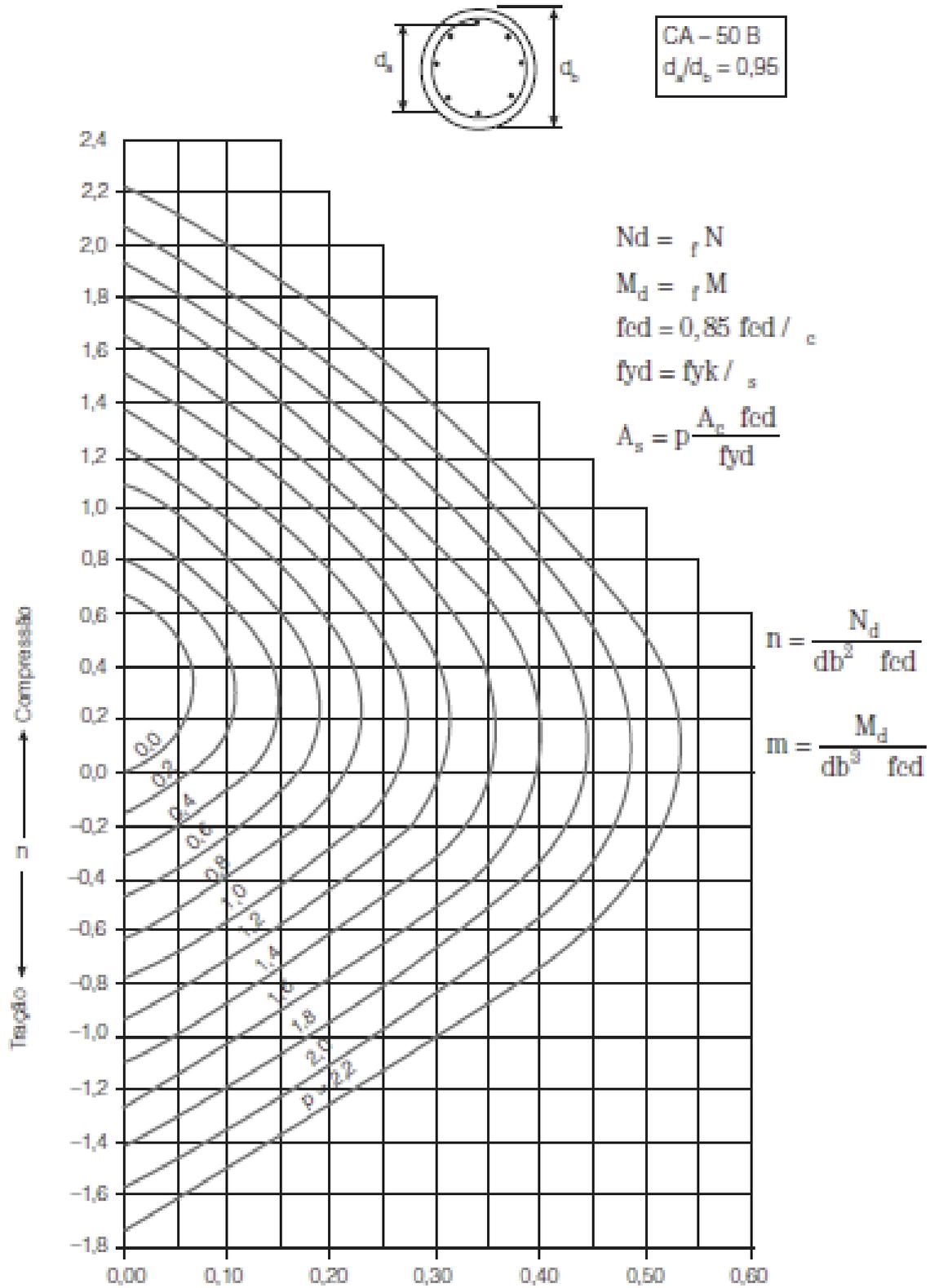
Tipo de solo	K (Mpa)	α (%)
Areia	1,00	1,40
Areia siltosa	0,80	2,00
Areia silto-argilosa	0,70	2,40
Areia argilosa	0,60	3,00
Areia argilo-siltosa	0,50	2,80
Silte	0,40	3,00
Silte arenoso	0,55	2,20
Silte areno-argiloso	0,45	2,80
Silte argiloso	0,23	3,40
Silte argilo-arenoso	0,25	3,00
Argila	0,20	6,00
Argila arenosa	0,35	2,40
Argila areno-siltosa	0,30	2,80
Argila siltosa	0,22	4,00
Argila silto-arenosa	0,33	3,00

Fonte: Fundação obras de terra, [s.d].

Ainda na Equação 4, a (Tabela 3) mostra o coeficiente k e a razão de atrito alfa,exibe ainda os tipos de solos que se encontram na camada pesquisada,são fatores que compõe os calculos de capacidade de carga na estaca. (VELLOSO e LOPES,2011,p.273).

O Ábaco,(Gráfico 3) é utilizado para calcular o dimensionamento de armadura em estacas que ultrapassem as cargas de compressão, que imponham tensões médias superiores a 5 Mega Pascal (Mpa), até a profundidade, em que a transferência de carga por atrito na latera diminua a compressão no concreto, para tensões médias inferiores a 5 Mpa. (ALONSO,2012 ,p.62)

Gráfico 3 - Âbaco para dimensionamento de fundações profundas



Gráficos 1 -

Fonte:

Livro dimensionamento fundações profundas 2ª edição,2011.

2.2.4 Tubulão

Conforme,NBR 6118/2010,tubulões são elementos cilíndricos de fundação indireta em que parte do trabalho é executado manualmente, onde o diâmetro da base é maior que o diâmetro do fuste, o diâmetro mínimo do fuste é de 70cm, o ângulo de 60° na base permite a ausência de armadura nesse ponto, o tubulão a céu aberto é executados acima do lençol freático existe os pneumáticos que são executados na presença de água.e é executado logo acima do lençol freático, é composto por coroa, base e fuste. Pereira (2015) cita que tubulões podem ser construídos com ou sem revestimento, os 70 cm mínimos de diâmetro da seção circular do fuste, é para permitir a passagem do profissional responsável pela sua execução.

Já a NBR6122/2019 relata que inerente ao cálculo para efeito do impacto do vento em fundações,quando houver combinações, onde a força do vento é a principal variável,deverá ser majorada as taxas de tensões admissíveis de sapatas e tubulões, e as cargas admissíveis em estacas, em até 15%.

2.3 Tensão no solo e investigação geotécnica

Visto que,para Guanabara (2010) antes de iniciar o processo de construção, o terreno deve ser inspecionado profissionalmente e demarcado para nivelamento. Os construtores precisam conhecer os limites do terreno. A medição do terreno afetará muito a forma como a fundação deve ser projetada, assim como a qualidade do solo. A classificação molda o solo de acordo com a altura e conformação do terreno, conforme marcado pelas estacas do agrimensor.

Conforme ilustra a (Figura 9) Segundo Brito (2016),cerca de 80% dos problemas estruturais ou colapsos causados em edificações,estão diretamente ligados a fundação.

Figura 9 - Cosequências de fundação mal dimensionada ou mal executadas.



Fonte: Pr^o Diego A.de Brito [s.d]

Guanabara (2010) afirma que os engenheiros precisarão conhecer os limites do terreno, para que saibam quanto espaço têm para trabalhar. As medições do seu terreno, bem como a qualidade do solo, terão um impacto significativo em como a fundação deve ser projetada. A classificação do terreno moldará o solo de acordo com a altura e conformação do terreno marcada pelas estacas do agrimensor. Se o solo em seu terreno for de baixa qualidade, pode levar ao afundamento e deslocamento de edifícios de aço, não importa como a fundação seja projetada. As fundações podem ser projetadas em torno de solo pobre, mas é muito menos caro e arriscado escavar a terra existente e substituí-la por solo de alta qualidade, abaixo dois tipos de ensaios.

SPT :(*The standard penetration teste*) Ensaio de penetração padrão

[...] Consiste na medição do número de golpes necessários à penetração de um amostrador padrão de 50,2 mm de \varnothing externo sob a ação de um martelo padronizado de 65 kg em queda livre de uma altura padronizada de 75 cm. O índice de resistência à penetração (N), correspondente ao número de golpes associados à penetração dos últimos 30 cm do amostrador padrão, juntamente com a amostra coletada no amostrador ou por outro processo, fornece apenas uma indicação qualitativa das propriedades mecânicas e estratigráfica solo. Este ensaio é padronizado pela ABNT através da NBR-6484. (MARANGON, p.35,2018)

CPT: (Cone penetration test) Ensaio de penetração de cone

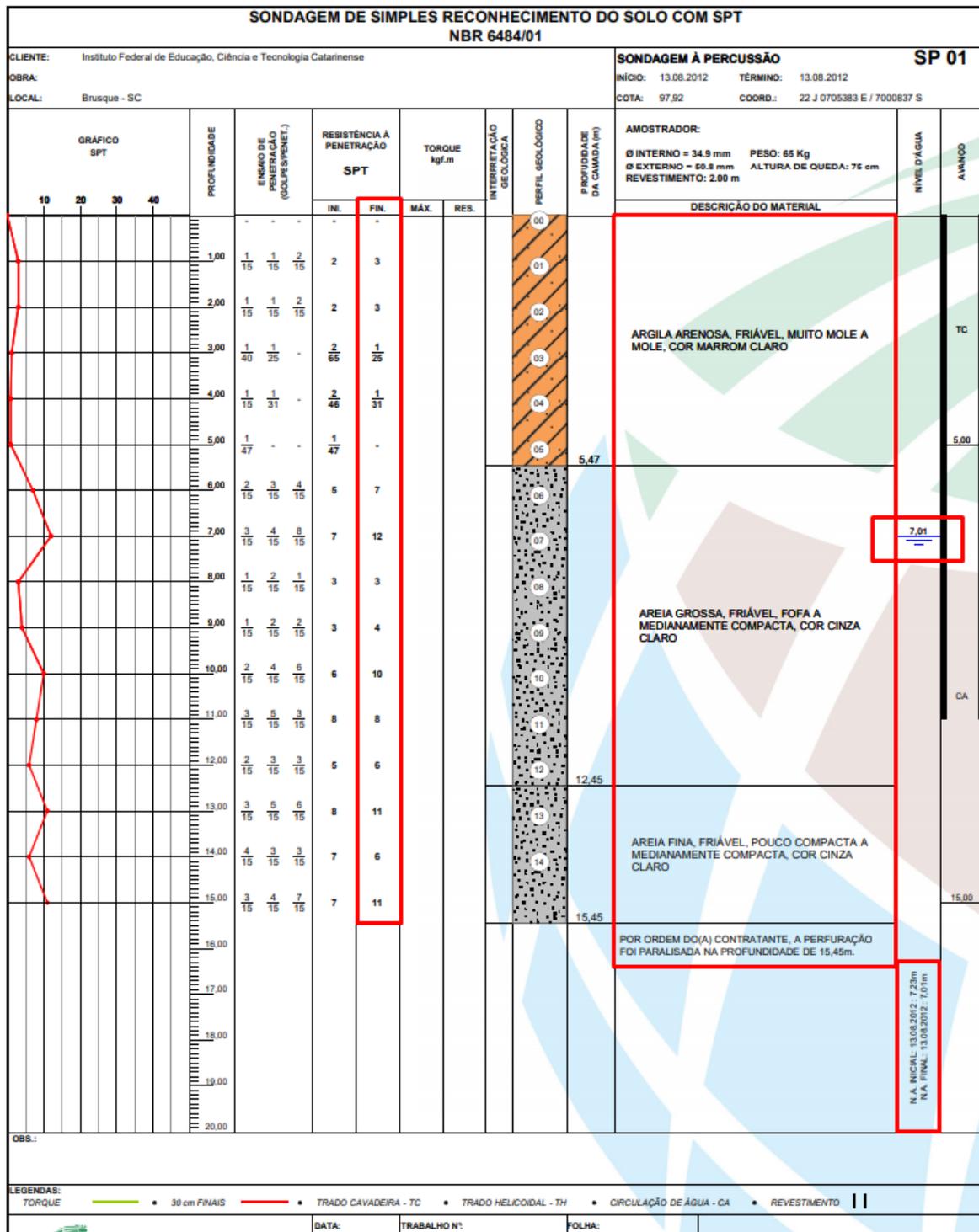
[...] Consiste na medição do esforço necessário à cravação no solo de um cone penetrômetro padronizado sob velocidade constante. Este ensaio indica o valor da resistência de ponta (q_c ou q_T) e o valor da resistência lateral, total ou localizada (f_s) (MARANGON, p.36 2018).

Conforme Velloso e Lopes (2011), o projetista de fundações, deverá acompanhar o processo de análise do solo do início ao fim, pois em caso de suspeitas de algo que não permita o desenvolvimento do projeto em relação ao processo de sondagem do solo, uma investigação preliminar deverá ser iniciada, às etapas para iniciar um processo investigativo no solo, devem seguir a seguinte ordem:

- Investigação preliminar
- Investigação complementar do projeto
- Investigação para a fase de execução

A (Figura 10), representa o laudo de sondagem, ou perfil geotécnico, esse documento acompanha a planta de situação dos furos, trata-se de um relatório contendo várias informações em função da profundidade do solo, onde se é possível interpretar as condições do solo, onde se inicia o processo investigativo. (VIANA, 2018).

Figura 10 - Laudo de sondagem.



Fonte: Nelson Schneider.com.br ,2018.

Assim, a primeira etapa para se iniciar um processo investigativo no solo, será a fase onde se conhecerá as principais características do terreno, na investigação complementar, serão executadas outras sondagens até que se atenda as exigências da norma através de sondagens mistas ou especiais que colem mais amostras indeformadas, em caso de necessidade. Serão necessários ensaios *in situ* (Quadro 1), ensaios de (SPT) e ensaios (CPT), já as amostras indeformadas coletadas, podem ser utilizadas em ensaios de laboratório, e devem ser assistidas pelo projetista.

A terceira e última etapa do processo investigativo, consiste em confirmar as condições de projetos em áreas críticas da obra.

O (Quadro, 2) mostra os tipos de ensaios, utilizados nos diversos tipos de solo, e as principais características de cada ensaio.

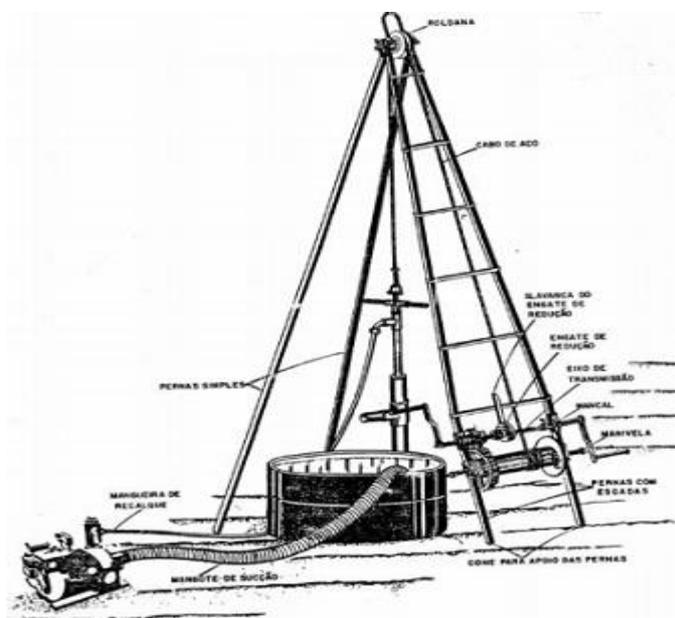
Quadro 2 - Tipos de Ensaios

Tipo de Ensaio	Tipo de Solo		Principais características que podem ser determinadas
	Melhor Aplicável	Não Aplicável	
1 - Ensaio Padronizado de Penetração (SPT)	Granulares		Avaliação qualitativa do estado de compactação.* Comparação qualitativa da estratigrafia do subsolo. * ou consistência
2 - Ensaio de Penetração de Cone (CPT)	Granulares		Avaliação contínua da compactação e resistência de solos granulares. Avaliação contínua de resistência não drenada de solos argilosos.
3 - Ensaio de Palheta	Coesivos	Granulares	Resistência não drenada de solos argilosos.
4 - Ensaio Pressiométrico	Granulares		Coefficiente de empuxo no repouso; compressibilidade e resistência ao cisalhamento.

* Segundo Rocha Filho et al. Interpretações dos Ensaios de SPT, CPT, Palheta e Pressiométricos para Projetos Geotécnicos. Ed. PUC – Rio.

Esta ferramenta, (Figura 11) é utilizada na realização das sondagens de simples reconhecimento através da escavação por circulação de água.

Figura 11 - Equipamento de sondagem do solo.



Fonte: Geotecnia de fundação e obras de terra-2018

Assim, o processo de investigação e sondagem visa a garantia de que a fundação resista às tensões e as cargas que serão dissipadas através das superestruturas e absorvidas pelo solo através dos componentes de fundação.

2.4 a carga do vento sobre a estrutura metálica

Por outro lado, edifícios de aço tendem a ter uma carga horizontal mais alta, o que significa que são mais impactados por forças laterais, como ventos fortes e terremotos. Forças como essas podem fazer com que edifícios tombem ou deslizem de suas fundações. A fundação pode ajudar a distribuir ou resistir à alta reação da coluna horizontal de edifícios de aço com o uso de tirantes de aço conectados a chumbadores ou com um aumento do tamanho da base, embora este último possa resultar em custos mais elevados.

Para Madeira (2009) a maioria dos edifícios de aço tem uma carga horizontal mais alta, o que significa que são mais impactados por forças laterais, como ventos fortes e terremotos. Forças como essas podem fazer com que edifícios tombem ou

escorreguem de suas fundações. Uma fundação adequada pode ajudar a distribuir ou resistir à alta reação da coluna horizontal de edifícios de aço com o uso de barras de ligação de aço conectadas a parafusos de ancoragem. Uma fundação com um tamanho de base maior também pode ajudar a resistir à alta reação da coluna horizontal, mas um tamanho de base maior geralmente resulta em custos mais altos.

O vento é o movimento ou deslocamento de massas de ar sobre a superfície terrestre, isto é consequência do deslocamento do ar de um local com pressão atmosférica maior para um local de pressão atmosférica menor, os principais fatores de interferência da pressão são a temperatura e a altitude. Cada estrutura que se eleva acima do nível do solo deve ser capaz de lidar com ventos extremos e eventos climáticos. Como a distribuição da radiação solar é desigual na superfície da terra existem zonas com diferentes densidades o que gera os movimentos no ar, criando os diversos tipos de ventos, com variações de velocidade que tem total interferência da rotação da terra.

Para Pfeil (2009) o levantamento colunar ocorre quando ventos fortes criam um efeito de sucção que levanta um edifício de sua fundação. Uma construção de aço apresenta alto risco de levantamento colunar, cuja prevenção começa na fundação. Fundações mais pesadas, uma fundação com solo superficial ou bases mais profundas na fundação são opções para reduzir a elevação em um edifício de aço. Os ventos fortes podem criar um efeito de sucção que pode erguer um edifício desde a sua fundação. Isso é conhecido como elevação colunar. Edifícios de aço correm maior risco de levantamento colunar e a prevenção começa com a fundação. Fundações pesadas, fundações com solo superficial ou fundações mais profundas na fundação são opções para reduzir a elevação em um edifício de aço.

As considerações adicionais incluem:

- Linhas de geada locais
- Peso do equipamento ou veículos a serem alojados no edifício
- Localizações dos parafusos de ancoragem para anexar colunas de estrutura de aço
- Dimensões e peso da construção.

O tipo de fundação é determinado pelo terreno, pela carga e pelo aumento do vento estimado para a construção. Em última análise, o objetivo da fundação é ancorar as colunas do edifício, dando estabilidade e resistência. O tipo de fundação deve ser decidido de acordo, tendo esses fatores em mente.

Pfeil (2009) cita que os ventos nada mais são do que fluídos em movimento, é considerado um fluído incompressível, por sua formação ser basicamente de gases. Na idealização de um projeto estrutural os ventos, a localização da construção, as forças que esse tipo de vento vai exercer sobre a edificação, assim como a velocidade média do mesmo nesta determinada região, são de importantes para o dimensionamento desta estrutura, já que estará constantemente em contato com as forças exercidas pelo vento. As forças do vento se dividem em carga de cisalhamento, carga lateral e carga de levantamento. A carga de cisalhamento é causada pela pressão do vento horizontal e pode forçar uma estrutura a se inclinar e balançar. A carga lateral inclui as forças do vento horizontal que empurram ou puxam e podem mover um edifício para fora da fundação. A carga de levantamento é a pressão de levantamento exercida pelo vento sobre uma superfície, danificando telhados e paredes. O impacto das forças do vento depende da orientação do edifício em relação à direção do vento, do método de construção e da força do vento.

Assim, torna-se necessário o estudo da velocidade, pressão, assim como outros aspectos dessas forças atuantes, e em grandes alturas, ou seja, grandes construções, as forças se tornam maiores, assim como a velocidade, o que aumenta os efeitos dos mesmos nas estruturas, portanto o dimensionamento deve levar em consideração estes aspectos visando o sucesso da edificação e a sua durabilidade. Um ponto determinante na hora de se dimensionar uma estrutura é considerar a velocidade dos ventos no local, determinando assim a força que o mesmo vai exercer sobre a estrutura.

Uma revisão da NBR6118 realizada em 2003 determina que é obrigatório a análise do vento antes da construção de uma edificação. Já a NBR6123 denominada como “forças devidas ao vento em edificações” determina todas as condições a serem consideradas para o dimensionamento de uma edificação, assim como os casos na qual se considera o vento básico ou o vento característico.

A fórmula utilizada para medir a velocidade característica do vento (VK), ou seja, a velocidade do vento levando em consideração os aspectos do solo e da edificação: $VK = V0 * S1 * S2 * S3$

Onde:

V_0 = é a velocidade básica .

V_K = é a velocidade característica levando em consideração os aspectos específicos, da edificação.

S_1 = o fator topográfico do terreno.

S_2 = rugosidade do terreno (presença ou não de obstáculos – perfil de velocidade) e as dimensões da edificação.

S_3 = fator estático (o tipo de ocupação e os riscos à vida humana). (ABNT. NBR6123, 2003).

Através desta fórmula usada para medir a velocidade característica do vento então obtem-se o valor real da velocidade em metros por segundo, levando em consideração as influências externas e próprias da construção a ser realizada.

Todos os corpos possuem uma frequência natural de vibração, ou seja, uma série de impulsos que fazem com que o mesmo oscile, o que nada mais é do que a frequência natural do corpo ou estrutura, porém quando uma fonte externa coincide com essa frequência, a amplitude do sistema aumenta, (o seu número de vibrações por segundo), gerando assim o fenômeno de ressonância.

Em grandes estruturas como uma ponte, o vento exerce uma força sobre a estrutura, porém quando esta força é de intensidade muito grande as interferências que ela gera nesta estrutura pode gerar uma força tão grande a ponto de abalar sua estrutura e a mesma vir a entrar em colapso.

Santiago (2017) por esse motivo é tão necessário se levar em consideração o tipo de vento comum no local a ser construído uma ponte, assim como a velocidade básica ou característica do mesmo, evitando assim transtornos através do fenômeno de ressonância. Um grande exemplo da importância do estudo dos ventos antes da construção de uma ponte é o caso ocorrido no ano de 1940 nos Estados Unidos da América, com a ponte de Tacoma Narrows. A ponte Tacoma Narrows foi uma ponte construída em 1940 nos Estados Unidos, que ficou famosa pela sua grande oscilação e conseqüente colapso, na presença de ventos considerados fracos, porém, constantes, fato que gerou o efeito da ressonância. Apesar de sua trágica história, essa ponte permitiu o avanço na tecnologia de construção de pontes e viadutos, além da melhor compreensão do efeito da ressonância em construções.

Portanto o estudo das forças exercidas pelas influências externas é de extrema

importância no dimensionamento de grandes estruturas, evitando assim erros de cálculos e projetos que podem inclusive gerar riscos a vida humana.

As cargas de vento podem mudar e um edifício de aço é facilmente ajustado a novas cargas, reduzindo a necessidade de demolir e reconstruir. O aço tem uma alta relação resistência-peso, o que significa que adiciona resistência sem peso excessivo.

O aço requer pouca manutenção e pode ser reparado rapidamente quando danificado. A durabilidade aumenta a segurança; há menos chance de falha devido ao desgaste. Mantenha o telhado limpo e livre de detritos, bem como inspecione e substitua os fixadores para manter os painéis do telhado intactos. Repare rapidamente os arranhões no acabamento para evitar a entrada de umidade que promove ferrugem e corrosão. Mas com tudo, o aço é um material versátil que pode ser adaptado a qualquer desenho ou formato. As opções de cores e texturas são praticamente infinitas, permitindo a instalação de uma cobertura resistente com alto apelo de meio-fio. Você pode atender aos requisitos de projeto ao instalar um telhado durável que atenda ou exceda os códigos de construção locais.

3 METODOLOGIA

O que é pesquisa

Para Gil (2002) “o conceito de pesquisa é como um “procedimento racional e sistemático que tem como propósito prover respostas aos problemas propostos” normalmente as pesquisas são solicitadas em momentos que as informações são obtidas de forma incompletas, ou até mesmo não existem o que se torna um obstáculo para se chegar até as respostas aos problemas da pesquisa. (GIL, 2002).

Já Cervo;Bervian (2010) a investigação pode ser determinada como a metodologia racional e sistemática com a intensão de encontrar as respostas para os problemas que são propostos em trabalhos de pesquisa.

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), pesquisa é “uma atividade voltada á busca de respostas e á solução de problemas para questões propostas, através da utilização de métodos científicos”.

Ainda para Vergara (2007), a pesquisa é desenvolvida e estudada quando não se dispõe de informações suficientes para alcançar a resposta do problema, ou quando as informações disponíveis encontram se em desordem, de forma a dificultar a relação com o problema.

Tendo como base as características dessa pesquisa, optou-se pelo estudo de caso com pesquisa aplicada, já que pesquisa aplicada busca gerar conhecimento para a aplicação prática e dirigida à solução de problemas que contenham objetivos anteriormente definidos.

3.1 Pesquisa quanto aos fins

Sobretudo Vergara (2007), diz que uma pesquisa pode ter diversos fins tais como:

1. Aplicada: resolve problemas já existentes na prática (VERGARA, 2007);
2. Explicativa: torna o objeto de estudo de fácil compreensão, justificando o “porque” das coisas (VERGARA, 2007);

3. Descritiva: Expões de forma clara as características de uma determinada população ou fenômenos, possui técnicas bem estruturadas de coleta de dados (VERGARA, 2007);
 4. Exploratória: É realizado em áreas de pouco conhecimento sistematizado, assim sendo, não comporta hipótese na sua fase final, mais pode ocorrer durante a pesquisa (VERGARA, 2007);
 5. Metodológica: está relacionada com o caminho, formas, maneiras e procedimentos de se alcançar determinado fim, (VERGARA, 2007);
- Intervencionista: Interfere na realidade, no dia-a-dia, não sendo satisfatório apenas na explicação de que está sendo estudado.

3.1.1 Pesquisas Exploratórias

Portanto, de acordo com Gil (2008) o principal objetivo das pesquisas exploratórias, é justificar os conceitos e os princípios, com o objetivo de se elaborar problemas mais específicos e cenários pesquisáveis para estudos subsequentes, ele diz que a pesquisa exploratória, em comparação com as demais, é o tipo que apresenta maior flexibilidade no planejamento.

Pois usualmente abrangem investigação bibliográfica e documental, entrevistas sem um tipo específico de padrão e estudos de caso. Metodologia de amostragem técnicas quantitativas de coleta de dados geralmente não são utilizados neste tipo de pesquisas.

Prodanov e Freitas (2013) afirmam o que diz Gil (2008), quando enfatiza que a finalidade da pesquisa exploratória, é propiciar um leque maior de informações sobre o assunto pesquisado, facilitando a delimitação do tema de pesquisa, permitindo o estudo do conteúdo sob diversos ângulos e aspectos, envolvendo:

- Levantamento bibliográfico;
- Entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado.
- Análise de exemplos que estimulem a compreensão.

3.1.2 Pesquisas Descritivas.

As pesquisas descritivas assim como as pesquisa exploratórias, usualmente desempenham pesquisas sociais pensando na atuação prática, assemelham-se quando possibilitam uma visão do problema de um outro ângulo, as circunstâncias são observadas, analisadas, registradas, classificadas e interpretadas, sem que haja interferência do investigador, os fenômenos são pesquisados sem que sejam manipulados (PRODANOVE e FREITAS,2013,p.52)

Assim, maioria das pesquisas aprofundadas nas ciências humanas e sociais, como as pesquisas mercadológicas, pesquisas de opinião, as pesquisas socioeconômicos, os levantamentos e as pesquisas psicossociais, que têm como propósito analisar as particularidades de um coletivo, incluem-se entre esse tipo de pesquisa, as técnicas padronizadas de coletas de dados, assim como a utilização de questionários, e a observação sistemática são peculiaridades da pesquisa descritiva.

Igualmente, Bortoloti (2015), acrescenta que o projeto de pesquisa descritiva experimental, deve incluir um conjunto de dados sobre diferentes aspectos do estudo, tais como:

- Tipo de pesquisa;
- Limitação do assunto, com o ponto de vista a ser estudado;
- Compreensão do problema, indicando a dúvida a ser esclarecida;
- População e amostragem, com sua descrição e indicação dos processos para sua composição;
- Hipótese, que é a tentativa de explicação do problema observado
- Revisão da literatura inerente à questão;
- Definição operacional das variáveis da hipótese; com a indicação das variáveis de controle;
- Objetivos, com a indicação do que se pretende alcançar com a pesquisa;
- Motivo que envolva a delimitação do problema, análise de situação que o projeto pretende modificar e uma demonstração de como a modificará;
- Instrumentos da pesquisa e como estes serão aplicados na coleta de dados;
- Discussão dos resultados, que possibilite a interpretação e à generalização dos resultados a partir da análise dos dados;

- Conclusão e observações sobre o projeto
- Bibliografia referente ao assunto de pesquisa
- Anexos, com as normas e os instrumentos de coleta de dados, de acompanhamento, de avaliação e controle
- Procedimentos para constituição ou não de grupo de controle e com relação a como serão conduzidos a coleta é o registro das informações;
- Análise dos dados, em que se fará a comparação e confronto dos dados e das provas destinadas a comprovar ou a rejeitar a hipótese;
- Orçamento, com previsão de despesas com pessoal, materiais e serviços;
- Cronograma de execução, com a indicação do escalonamento no tempo de todas as fases e tarefas da pesquisa;

Para que o estudo e suas etapas sejam confiáveis, sem riscos de imprevistos desagradáveis, e para a garantia de êxito, todo o projeto de pesquisa deverá ser estudado e planejado.

Finalmente, Gil (2008) completa, que são diversos os estudos que podem ser classificados, sob o título em questão, os o principal objetivo desse tipo de pesquisa, é descrever os aspectos de determinados indivíduos, povos, fenômenos ou estabelecimentos de relações entre variáveis, e afirmando o que diz o autor anterior, as características mais relevantes estão justamente na utilização das técnicas padronizadas de coleta de dados.

Um bom exemplo e como estamos em período eleitoral, são as próprias pesquisas eleitorais que apontam a relação entre o favoritismo político-partidário e o nível de escolaridade e rendimentos dos eleitores.

Além disso, existem pesquisas que apesar de serem estabelecidas como descritivas a partir dos objetivos, de certa forma servem para propiciar uma visão diferente da questão, e acabam deixando esses estudos bem próximos das pesquisas exploratórias.

3.1.3 Pesquisas Explicativas

Assim, Gil (2008) observa que pesquisas explicativas, são pesquisas que tem como principal objetivo identificar os elementos que colaboram para o acontecimento

de fenômenos, esse modelo de pesquisa observa mais de perto a percepção da realidade pelo fato de explicar a razão e o porquê das coisas, o que faz desse tipo de estudo mais aprofundado, e bem mais meticoloso em relação aos demais modelos de pesquisa, uma vez que o risco de se cometer erros é consideravelmente maior.

No entanto, isso não desvaloriza os modelos de pesquisas exploratórios e descritivos, pois regularmente integram a fase prévia, o que é imprescindível para obtenção de explicações científicas.

Analogamente, Prodanov e Freitas(2013) reiteram, que as pesquisas explicativas por serem mais complexas ao ser exercida nas ciências sociais, propõe a utilização do método observacional, assumindo as formas de pesquisa experimental e pesquisa *Ex-post-facto*.

3.1.4 Método utilizado pelo grupo inerente ao trabalho

No presente estudo, será adotada quanto aos fins a pesquisa exploratória e aplicada, e tem como objetivo, fazer com que o pesquisador tenha mais conhecimento sobre um determinado assunto ainda pouco explorado e ou conhecido, e consiga através das planilhas de excel, determinar as possíveis fundações, mediante a carga da estrutura e do vento .

Desta forma, o objetivo do grupo é trazer para a realidade os conceitos vivenciados em sala de aula, aplicando os conhecimentos adquiridos na resolução ou explicação de problemas específicos ,por meio de estudos bibliográficos de autores que falem sobre o tema pesquisado, através da consulta com profissionais que tiveram experiências práticas e específicas sobre o assunto,

Assim, espera-se que ao final deste trabalho, que o pesquisador obtenha um bom conhecimento do assunto, e que esteja apto para formular hipóteses e solucionar problemas existentes na prática (SANTOS, 1999).

3.2 Pesquisa quanto aos meios

Para Vergara (2007) os tipos de pesquisas quanto aos meios são:

- Laboratório: Realizada em um local determinado e limitado (VERGARA, 2007);

- Campo: O estudo é realizado exatamente no local onde são observados os fenômenos estudados (VERGARA, 2007);
- Bibliográfica: É feito com base em livros, jornais, revistas e site na internet (VERGARA, 2007);
- Documental: Análise em documentos encontrados em órgãos públicos, privados ou com pessoas que detenham a guarda destes documentos (VERGARA, 2007).

3.2.1 Pesquisa Bibliográfica

Esse tipo de pesquisa, é desenvolvida quando o material já foi todo constituído a partir de livros e artigos científicos, Gil (2008) destaca que a principal vantagem desse tipo de pesquisa ,consiste em permitir ao pesquisador, alcançar uma quantidade de fenômenos bem mais extensa do que a que ele conseguiria pesquisar diretamente ,o que acaba se tornando uma grande vantagem quando o problema necessita de dados que se encontram muito pulverizados.

Entretanto, ainda conforme com Gil (2008), estas vantagens ,em alguns momentos podem comprometer a qualidade da pesquisa, caso as fontes secundárias divulguem dados de coleta incorretos fazendo com que o trabalho seja comprometido de forma que os erros sejam reproduzidos.

Assim,Gil (2008) sugere ainda, nesse caso que os pesquisadores certifiquem se de averiguar as condições em que esses dados foram coletados, e que seja feita uma análise minuciosa, sobre as informações,para que se evite possíveis contradições

3.2.2 Pesquisa documental

Segundo Kauark et al.(2010),diz que este tipo de pesquisa é bem similar á pesquisa bibliográfica, embora a pesquisa documental, utilize documentos ainda não estudados, o que nesse caso beneficia o pesquisador com a vantagem de buscar a informação direto na fonte, evitando assim a probabilidade de se contaminar a qualidade da pesquisa, tal como pode acontecer na pesquisa bibliográfica.

Analogamente, Bortolot (2015),relata que na pesquisa documental, a coleta de materiais é executada entre documentos predominantemente vinculados a fonte

documental, diferentemente da pesquisa bibliográfica, onde o conteúdo vem da contribuição de autores diversos, no tipo de pesquisa em questão, a documentação é a própria fonte, materiais que não passaram por nenhuma análise técnica, e ainda podem ser reelaborados, alguns exemplos incluem, jornais, filmes, fotografias, reportagens, boletins, documentos oficiais entre tantos outros.

3.2.3 Pesquisa Ação

Conforme, Kauark, et al (2010) Pesquisa ação se fundamenta em realizar uma investigação associada a uma solução de um problema coletivo, onde os pesquisadores representantes do problema estão envolvidos de forma participativa.

Bem como afirma Vergara (2006.p.203 apud ALYRIO,2009,p.69) ,a pesquisa-ação (PA), não é um modelo de pesquisa convencional ,é um tipo de pesquisa que acontece de forma empírica, sendo planejada e desenvolvida, associada a solução de um problema geral, onde os pesquisadores se envolvem de forma cooperativa.

Por fim, Thiollent (1986) esclarece que a pesquisa ação, pode assim ser classificada, quando houver realmente a ação, e a participação, de pessoas ou grupos que de alguma forma estejam relacionados ao problema observado, sendo necessário que a ação, não seja um tipo de ação que ocorra cotidianamente, ou seja. Algo que não exija algum tipo de investigação, para ser desenvolvida e conduzida.

3.2.4 Pesquisa de Campo

Prodanov,(2013) diz que, pesquisa de campo é aquela que tem como objetivo obter informações a respeito de um problema do qual se procura uma resposta, buscar evidências que comprovem hipóteses, verificar os fatos os fenômenos, e como eles se manifestam durante a pesquisa de campo, o pesquisador deve efetuar antes de tudo uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, estabelecer as técnicas que serão utilizadas para a coleta de dados ,determinar os tipos de amostragens, e definir técnicas de registros dos dados, e os métodos que serão aplicados em análise posterior.

3.2.5 Estudo de caso

Conforme Menezes, et al. (2019), o estudo de caso é uma forma de pesquisa onde o estudante investiga um assunto específico, com o objetivo de conhecer as causas de uma maneira mais aprofundada, no entanto ele completa que durante um tempo atrás ;alguns estudiosos ,não via o estudo de caso com bons olhos por ser um tipo de estudo generalizado ,assim, esse tipo de pesquisa que visava estudar um caso específico, na visão desses acadêmicos, esse modelo de pesquisa, não permitiria o entendimento e a explicação de demais casos.

[...] O termo estudo de caso vem de uma tradição de pesquisa médica e psicológica ,na qual se refere a uma análise detalhada de um caso individual que explica a dinâmica e a patologia de uma doença dada. Este método supõe que se pode adquirir conhecimento do fenômeno estudado a partir da exploração intensa de um único caso. Adaptado da tradição médica, o estudo de caso tornou-se uma das principais modalidades de pesquisa qualitativa em ciências sociais. O estudo de caso não é uma técnica específica ,mas uma análise holística, a mais completa possível ,que considera a unidade social estudada como um todo, seja um indivíduo, uma família ,uma instituição ou uma comunidade, com o objetivo de compreendê-los em seu próprios termos. O estudo de caso reúne o maior número de informações detalhadas, por meio de diferentes técnicas de pesquisa, com o objetivo de apreender a totalidade de uma situação e descrever a complexidade de um caso concreto. Através de um mergulho profundo e exaustivo em um objetivo delimitado, o estudo de caso possibilita a penetração na realidade social, não conseguida pela análise estatística.(GOLDENBERG, p.33,2004)

Sob o mesmo ponto de vista, Gil (2014), relata que a principal característica do estudo de caso é a imersão profunda e exaustiva pelo estudo de um ou de poucos objetos de estudo, de forma que se permita o conhecimento amplo e minucioso do caso. Os pesquisadores vem buscando cada vez mais a utilização desse modelo de pesquisa em objetivos bem diferentes como:

- Explorar situações da vida real onde os limites não estão definidos com clareza;
- Expor a situação do cenário em que está sendo realizada alguma pesquisa;
- explicar as aspectos causais de determinado fenômeno em situações mais complexas, que impedem a utilização de levantamentos e ensaios.

Para Gomes (2008) regularmente, o estudo de caso vem sendo escolhido como o caminho para pesquisas sobre fenômenos educativos, no entanto muitas vezes essas escolhas são efetuadas sem que haja uma compreensão, um entendimento do que realmente seja um estudo de caso. Algumas perguntas alimentam a discussão, sobre o embasamento do estudo de caso como objeto de pesquisa para o desenvolvimento científico

- Quando é que um estudo de caso é digno de ser estudado ?
- O que o torna relevante para ser estudado ?

Um estudo de caso é caracterizado por exigir ao pesquisador que se utilize de procedimentos metodológicos ,como ata de estudo, preparação para o trabalho de campo, estabelecimento de base de dados, Assim, esse modelo de pesquisa deve ser, completo e significativo, por serem de interesse publico geral. Completo por obter pelo menos as características que possam identifica-lo como um estudo de caso, quanto aos limites, quanto a coleção de evidências, quanto ao tempo e aos recursos necessários.

Este trabalho se enquadra como estudo de caso, o qual conta com uma pesquisa bibliográfica. Além disso, foi realizado através de dados baseados em livros, revistas, jornais e site da internet e com visitas ao local estudado (VERGARA, 2007).

3.3 Organização em estudo

O presente trabalho teve como propósito apresentar um estudo elaborado sobre o dimensionamento de fundações, relacionado a um galpão de estrutura metálica, situado na rua Rio Paranaguá,1375 no bairro Riacho das pedras na cidade de Contagem-MG, a edificação citada terá como finalidade de utilização, o acolhimento e manutenção de caminhões e carretas do tipo cegonheiras,de propriedade da empresa MNV transportes Ltda,que será alocada nesse mesmo endereço.

A obra em questão é um empreendimento da construtora Mart engenharia Ltda, uma sociedade empresarial limitada de Contagem, Minas Gerais (MG),fundada em 10/01/2003. Sua atividade principal é obras de engenharia civil, e projetos, trazendo soluções econômicas e práticas para atender a demanda de mercado da construção civil.

3.4 Universo e amostra

O conceito básico de acordo com Gil (2008), é fundamental para se entender a questão da amostragem na pesquisa social, segundo Gil (2008), universo, é definido como uma coletividade de elementos que apresentam características, que geralmente são chamados de população, com alusão a uma multidão, grupo de pessoas, ou reunião de itens o que em termos estatísticos se definem como amostras, ele cita como exemplos, alunos de uma escola, integrantes de uma cooperativa, ou a produção de determinado eletro doméstico em determinado período.

Todavia, e ainda segundo Gil, (2008) amostras são sub conjuntos do universo, são elementos que definem as características desse universo ou população, a amostras podem ser compostas, pela quantidade de cooperados da cooperativa citada no exemplo acima participam diretamente do grupo diretor, ou ainda de quantos alunos são acima da média em uma escola, ou quais os tamanhos dos objetos produzidos no terceiro turno de uma indústria foram refugados, e quais os tamanhos produzidos no primeiro turno dessa mesma indústria foram aproveitados, enfim amostras são ocorrências e itens do universo.

Diante disso, o universo dessa pesquisa é composto por empreendimentos da construção civil, mais especificamente galpões de estrutura metálica, projetado por construtoras diversas, em construção em todo o município de Belo Horizonte e RMBH, e determina como amostra a edificação do galpão de estrutura metálica em construção, na rua rio paranágua, 1375 Riacho das pedras Contagem, região metropolitana de Belo Horizonte, o empreendimento em pauta foi projetado pela construtora Mart engenharia, e é objeto de estudo desse trabalho.

3.5 Formas de coletas e análise dos dados

A coleta e análise de dados são de suma importância para a metodologia científica. Para elaborar um instrumento de pesquisa, é essencial que o pesquisador preveja como os dados coletados serão analisados. Existem infinitas formas de coletar dados de pesquisa, e isso ocorre porque existem inúmeras possibilidades quanto aos próprios instrumentos de pesquisa (APPOLINÁRIO, 2006).

- Observação simples: para Gil (2007) é aquela em que o pesquisador, observa de forma espontânea os fatos que aí ocorre, o pesquisador é considerado um espectador, pode ser caracterizado por ser informal, não planejada, a coleta de dados por observação é seguida de um processo de análise e interpretação, conferindo-lhe a sistematização e o controle requeridos dos procedimentos científicos, o registro da observação simples se faz geralmente mediante diários ou cadernos de notas;
- Observação participante: também conhecida por observação ativa, consiste na participação real do conhecimento na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada, o observador assume por certo tempo o papel de membro do grupo (GIL, 2007);
- Observação sistemática: Gil (2007) disse que este método é frequentemente utilizado em pesquisas que tem como objetivo a descrição precisa dos fenômenos ou o teste de hipóteses, o pesquisador deve saber quais os aspectos significativos para alcançar os objetivos pretendidos, elaborando previamente um plano de observação para organização e o registro das informações que podem ser laudos, formulários, gravações de som e imagens, deve se estabelecer critérios para registro das ações;
- Entrevista: é um procedimento de coleta de dados que envolvem o encontro de duas pessoas – entrevistador e entrevistado, deve ressaltar a grande dependência das habilidades relacionais e de comunicação do entrevistador, demandam de competência técnica, possui baixo grau de precisão e fidedignidade principalmente no caráter quantitativo (APPOLINÁRIO, 2006);
- Análise Documental: toda pesquisa fundamentada demanda da análise de dados como artigos, arquivos históricos, registros estatísticos, diários, biografias, jornais, revistas, laudos técnicos, etc., são capazes de proporcionar ao pesquisador dados suficientemente ricos para dar embasamento à pesquisa, deve possuir um plano de pesquisas bem elaborados indicando com clareza a natureza dos dados a serem obtidos (GIL, 2007).

Assim, o levantamento dessa pesquisa teve início em meados do segundo semestre de 2020, com previsão de término para meados do primeiro semestre de 2021. Os dados foram coletados com autorização do engenheiro responsável, em tempo real durante o período de estágio no canteiro de obras, foi criada uma rotina de

procedimentos para coleta dessas informações, sem que prejudicasse o objetivo primário, o próprio estágio.

O período diário de intervalos de trinta minutos em média, entre segundas e sextas feiras foram de suma importância, para aquisição dessas informações, através de um documento de dados relevantes de questionamentos técnicos, elaborado no software word, pelo grupo de estudantes a que esse trabalho defende, onde foram registrados, por partes as fases de construção do galpão.

Além da coleta de dados através de pesquisa documental, foram efetuadas entrevistas com o engenheiro responsável ,para a composição de dados técnicos, com o mestre de obras, para fins de saber das etapas em que o trabalho foi executado, e com o encarregado da empresa de estrutura metálica responsável pela montagem, com quem foi obtido dados específicos sobre a tarefa.

Ainda, fotos das etapas e projetos ,foram anexados ao presente relatório, assim como o relato dos profissionais acima citados, os cálculos inerentes á fundação serão executados através de planilhas de software de cálculo do Excel destinada tão somente para esse fim, o relatório em questão foi alimentado durante o intervalo citado no parágrafo acima ,sendo entrevistado um profissional por dia, durante dez dias, o documento em word, consta de cargo, função, tipo de serviço a executado, material utilizado, quantidade, etapa da obra,tempo médio de execução,grau de importância da etapa, sendo grau I terciário, grau II secundário, grau III primário, e observação,para relato de algum item não constante no documento,ou que mereça uma atenção, a graduação acima se deu da seguinte forma:

- Grau III - serviços primordiais que precisam ser executados para que uma próxima etapa,possa ser inserida;
- Grau II - serviços que dependem da execução de outro serviço;
- Grau I - serviços que podem ser efetuados em outro momento;

Consta ainda no rol de documentos, além do questionário, planilhas de cálculos de estruturas elaborados no software Microsoft excel, pesquisas bibliográficas, projetos,e fotografias que serão efetuadas desde a etapa do inicio das fundações até a etapa em que se encontrar o desenvolvimento das atividades no ato da análise das ações comportamentais da estrutura que é objeto de estudo.

As informações foram tabuladas, e lançados na planilha de cálculo, de onde se extraiu os dados para o sequenciamento posterior que serviu de base para efetivação do objetivo que é o propósito desse trabalho.

3.6 Limitações da pesquisa.

Segundo Vergara (1998), toda metodologia apresenta possibilidades e limitações, contudo, é sadio se adiantar às críticas que o leitor poderá cometer ao trabalho, apontando quais as limitações que o método escolhido oferece. Porém, ainda assim, justificando-o como o mais adequado aos desígnios da pesquisa.

A pesquisa realizada,apontou limitações como a não disponibilidade pela empresa de todos os documentos necessários para a solidez da pesquisa, e também limitações consideráveis, como a pouca desenvoltura dos participantes diante do software word da Microsoft, o que causou um atraso e até a não inclusão de um tema específico, simplesmente pela falta de habilidade com o programa, houve limitações de cunho bibliográfico, como a busca por autores, livros e literaturas que falem sobre o assunto pesquisado, editados em um período menor igual a cinco anos, fazendo com que a pesquisa se tornasse maçante, obrigando assim aos pesquisadores a recorrerem a livros e se utilizarem de uma biblioteca com um período de edição maior que o período mencionado.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

O presente trabalho tem como objetivo geral a análise de todos os parâmetros que influenciam no comportamento e desempenho na adoção de fundações, orientando a elaboração do projeto e execução de cálculos efetuados em planilhas de Excel, mediante as cargas oriundas de estruturas metálicas e a ação da carga do vento, descartando a possibilidade de execução de uma fundação superficial simples, determinando a correta execução conforme a NBR 6123/1988 versão corrigida 2:2013.

A pesquisa se baseia em uma obra realizada em Contagem, na Rua Rio Paranaguá, 1375 no bairro riacho das Pedras. A (Figura 12) mostra a área já completamente vazia, onde antes funcionava uma espécie de estacionamento de caminhões.

Figura 12 - Terreno vazio antes do início das obras



Fonte: Própria autoria - 2020

4.1 Processo executivo de fundações em galpões de estruturas metálicas mediante a atuação da carga do vento.

Através de uma visita técnica realizada no dia 09 de Julho de 2020 para o acompanhamento da obra, pode-se observar o local onde será erguido o galpão, assim como as características físicas do terreno, e suas dimensões, a Figura 13 mostra a localização e os espaços, numa área de aproximadamente 1260m².

Figura 13-Vista aérea da locação



Fonte: Google Maps 2020

Os ventos fortes podem criar um efeito de sucção que pode erguer um edifício desde a sua fundação. Isso é conhecido como elevação colunar. Edifícios de aço correm maior risco de levantamento colunar e a prevenção começa com a fundação. Fundações pesadas, fundações com solo superficial ou fundações mais profundas na fundação são opções para reduzir a elevação em um edifício de aço.

Foi efetuado um sistema de dimensionamento destas estruturas com a elaboração de uma folha de cálculo para auxiliar na escolha da solução final retirando toda a informação necessária para dimensionar os elementos de fundações, a partir dos valores obtidos e garantir um dimensionamento correto da fundação. O tipo de fundação é determinado pelo terreno, pela carga e pelo aumento do vento estimado para a construção.

Em última análise, o objetivo da fundação é ancorar as colunas do edifício, dando estabilidade e resistência. O tipo de fundação deve ser decidido de acordo, tendo esses fatores em mente.

As fundações terão processos executivos distintos, levando em consideração as cargas oriundas das superestruturas, o solo e tipo de edificação, no caso dos galpões ,exigem fundações compostas por sistemas complexos que suportem ainda os efeitos causados pela ação do vento.

Na Figura 14, cobertura de um galpão arrancado da estrutura pela força do vento.

Figura 14 - Cobertura de galpão arrancado pela força do vento



Fonte:abanataw.com.br [s.d]

De acordo com a NBR6123:1988 versão corrigida 2:2013, para a definição das partes da edificação a considerar na determinação das ações do vento, é necessário também considerar algumas características construtivas ou estruturais que originem pouca ou nenhuma continuidade estrutural ao longo da edificação, assim por ser construído em material leve no caso da estrutura metálica, há uma tendência em essa estrutura sofrer com os impactos gerados pela força do vento que tenta levantar a edificação como uma pipa, esses esforços tracionam os pilares transmitindo esse impacto para a fundação, nesse caso o tipo de fundação será definido pela carga de tração.

Nesse caso específico, o grupo de pesquisa não teve acesso ao laudo de sondagem, mas foi nos informado pelo engenheiro que trabalharíamos com o tipo de solos variados ,haja vista que ao desaterrar o terreno contíguo para execução de um

muro de contenção, verificou-se também a presença de areia, argila e silte, o que de certa forma confirma a informação, salientando que o aceite da informação em questão se justifica por ser um trabalho acadêmico.

Usando o método de Decourt Quaresma, para cálculo de estaca, nesse caso a estaca hélice, com diâmetro de 40 centímetros a uma profundidade de 6,0 metros, consideramos como areia o tipo de solo encontrado na ponta da estaca. A Tabela - 4 informa o coeficiente (k). O Quadro – 3 mostra os coeficientes alfa = (03) e beta = (1) que serão usados como coeficientes de cálculo da estaca.

Tabela 4 - Analise de solo

Tipo de solo	K (kN/m ²)
Argilas	120
Siltes argilosos (solos residuais)	200
Siltes arenosos (solos residuais)	250
Areias	400

Fonte: Fundação obras de terra, [s.d].

Quadro 3 - Valores Alfa e Beta

Estaca	Cravada (estaca padrão)		Escavada (em geral)		Escavada (c/bentonita)		Hélice Contínua		Raiz		Injetada (alta pressão)	
	A	β	α	B	α	β	α	β	α	B	α	B
Argilas	1,00*	1,00*	0,85	0,80	0,85	0,90*	0,30*	1,00*	0,85*	1,50*	1,00*	3,00*
Solos**	1,00*	1,00*	0,60	0,65	0,60	0,75*	0,30*	1,00*	0,60*	1,50*	1,00*	3,00*
Areias	1,00*	1,00*	0,50	0,50	0,50	0,60*	0,30*	1,00*	0,50*	1,50*	1,00*	3,00*

* valores para o qual a correlação inicial foi desenvolvida

** valores apenas indicativos diante do reduzido número de dados disponíveis

** Solos intermediários

Tabela : valores de α e β (Décourt-Quaresma – estendido)

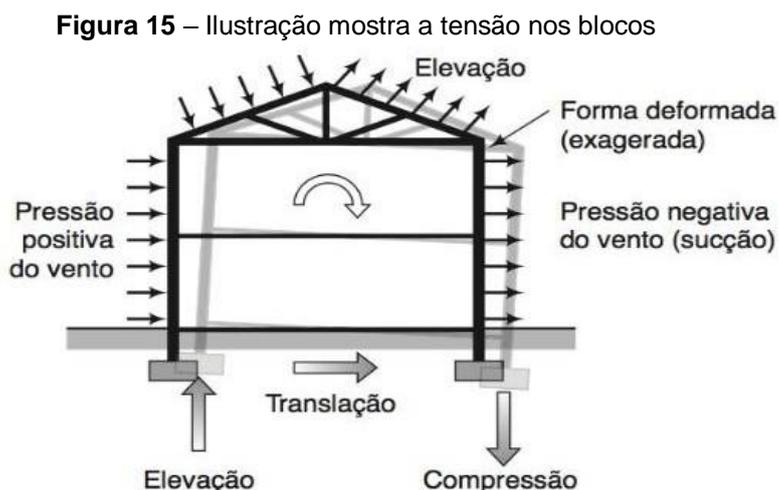
Fonte: Geotecnia de Fundações e Obras de Terra – 2018

Sobre os blocos de coroamento das estacas a edificação é erguida utilizando pórticos de estrutura metálica apoiadas sobre os blocos de fundação considerando os seguintes carregamentos, peso próprio, sobrecarga nas estruturas, sobrecarga originada pela ação do vento.

Os parâmetros para dimensionamento dos blocos:

- σ_{admi} 400kN → tensão admissível
- Φ_{est} 0,40m → diâmetro da estaca

- F_{ck} concreto 25Mpa → resistência característica do concreto
- Φ aço 12mm → diâmetro do ferro
- N_d 350 kN → coeficiente de majoração de esforço nos pilares



Fonte: Fundação obras de terra, [s.d].

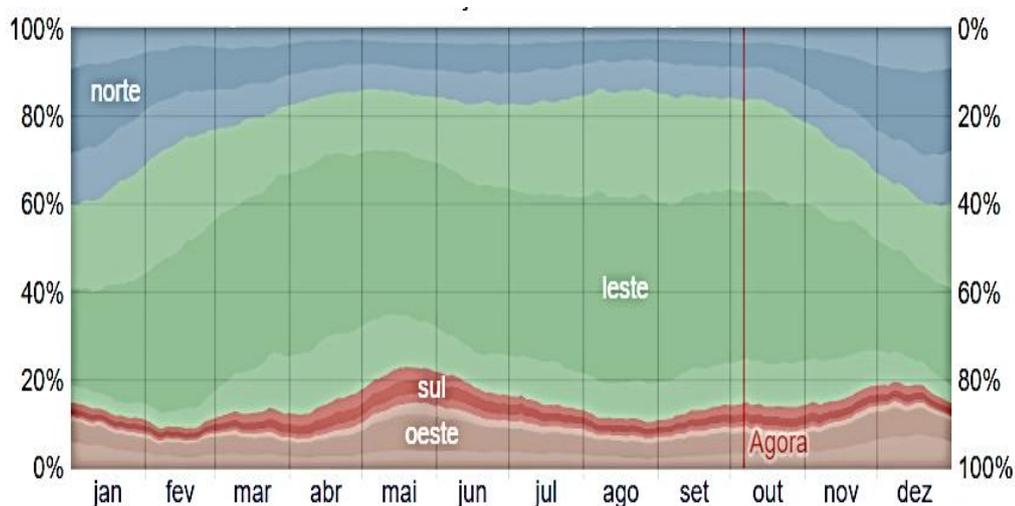
A velocidade básica do vento de acordo com a NBR 6123:1988 versão corrigida 2013 (V0) é definida como uma rajada de 3 segundos, medida a 10 metros de altura em campo aberto e plano e pode ser excedida em média uma vez a cada 50 anos.

De acordo com o site Spark (2020), a sensação de vento em um determinado local é altamente dependente da topografia local e de outros fatores. A velocidade e a direção do vento em um instante variam muito mais do que as médias horárias.

Na Figura 16, o projeto estrutural do galpão mostra o sistema de contraventamento, representado por barras em formato de X formando um conjunto treliçados, que fornecem estabilidade à estrutura distribuindo as cargas oriundas do vento.

O Gráfico 5, mostra a porcentagem de horas em que o vento tem direção média de cada uma das quatro direções cardeais de vento, exceto nas horas em que a velocidade média do vento é inferior a 1,6 km/h. As áreas mais esmaecidas nas interseções indicam a porcentagem de horas passadas nas direções intermediárias implícitas (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste).

Gráfico 4- Direção do vento



Fonte: weather spark

O contexto sobre a cidade de Contagem e suas condições climáticas principalmente no que diz respeito aos ventos demonstra prontamente as noções percorridas durante o estudo até aqui. O objetivo é que o projeto da construção de um galpão comercial na cidade de Betim tenha excelência e não sofra com as condições do vento. Conforme define Bellei, (2008), a ação variável devida ao vento deve ser calculada de acordo com a ABNT NBR 6123:1988 – “Forças devidas ao vento em edificações”.

4.2 Principais tipos de fundações utilizados em estruturas metálicas.

Segundo o engenheiro Degani (2019), toda edificação ainda que leve, exige um sistema de fundação para absorver as tensões verticais positivas e negativas, e horizontais e transmiti-las ao solo, no entanto esse sistema sofre uma variação dependendo do tipo de solo, de tensão, de acesso ao local e equipamento disponível

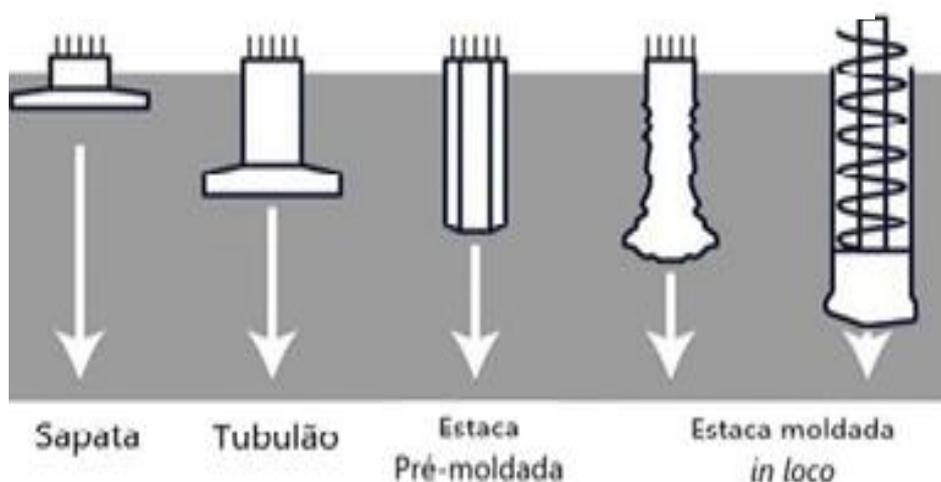
na região, identificamos abaixo os principais tipos de fundação utilizados em edificações de estrutura metálica.

Seguindo ainda a NBR6122/2019, existem duas categorias de fundações, rasas, que são elementos de fundação que transmitem a carga ao solo, distribuindo as sob a base da fundação, e que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Essas fundações superficiais são, as sapatas, os blocos, blocos de coroamento o radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.

Fundações profundas são elemento de fundação que transmite a carga ao solo através da base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou a associação das duas, e que está apoiada em uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, de no mínimo 3 m, estacas, (Aço, concreto, pré-moldado ,injetado, misto ,broca a trado, mecânico), tubulão, caixão, são os principais tipos de fundação.

Mas somente uma pesquisa sobre o tipo de solo poderá definir o tipo de fundação a ser utilizado em diversas edificações, sejam as estruturas metálicas ou de concreto. Na Figura 17, os diversos tipos de fundações utilizadas na engenharia civil.

Figura 17 - Tipos de fundação



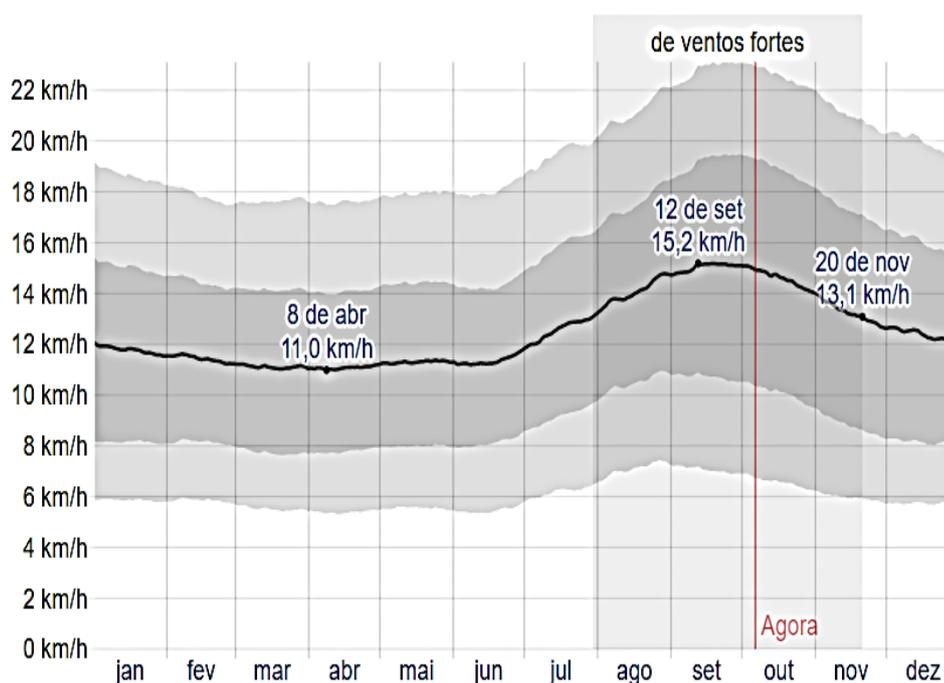
Fonte: Livro Fundações, ed. Completa - 2011

4.3 Dimensionando as fundações através de planilhas de Excel aproximando mais dos resultados realísticos.

A velocidade horária média do vento em Contagem passa por variações sazonais pequenas ao longo do ano. A época de mais ventos no ano dura 3,7 meses, de 29 de julho a 20 de novembro, com velocidades médias do vento acima de 13,1 quilômetros por hora. O dia de ventos mais fortes no ano é 12 de setembro, com 15,2 quilômetros por hora de velocidade média horária do vento.

A época mais calma do ano dura 8,3 meses, de 20 de novembro a 29 de julho. O dia mais calmo do ano é 8 de abril, com 11,0 quilômetros por hora de velocidade horária média do vento (Gráfico 4).

Gráfico 5 - Velocidade Média Dos Ventos - Velocidade média horária do vento (linha cinza escuro), com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil.



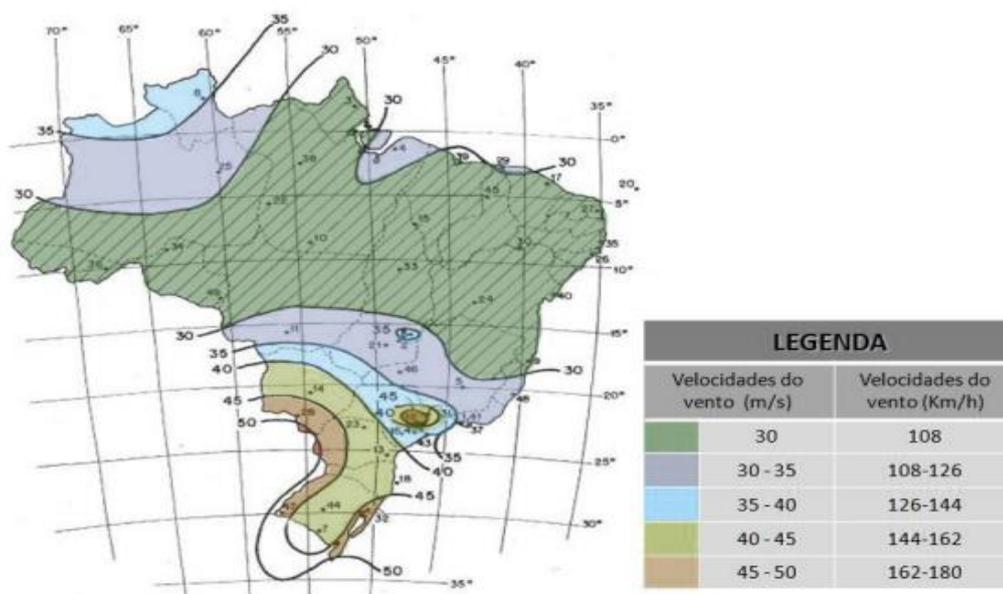
Fonte: Weather Spark [s.d]

4.3.1 Cálculo da ação do vento

Considerando o pior resultado conforme isopletras de velocidade representada na Figura 19, na região hachurada no mapa a velocidade básica do vento em nosso

estado dentro do perímetro em que encontra o município de Contagem, considera-se então que o fator topográfico conforme quadro tal é S1

Figura 18 – Isopletas de velocidade básica vento



Fonte: NBR6123:1988, versão corrigida 2:2013

Fórmula básica de Cálculo da força do vento conforme NBR6123:1988 versão corrigida 2:2013 $V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$, onde:

V_k : Velocidade característica do vento

V_0 : velocidade básica do vento

S_1 : o fator topográfico do terreno.

S_2 : fator de rugosidade do terreno

S_3 : fator estatístico

Velocidade vento na região

$$V_k = 30 \text{ m/s} \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 0,892 = 25 \text{ m/s}$$

$$V_k = 30 \text{ m/s} \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 0,913 = 26 \text{ m/s}$$

Pressão dinâmica

$$0,613 \text{ N/m}^3 \cdot 25^2 = 0,38 \text{ kN/m}^2$$

$$0,613 \text{ N/m}^3 \cdot 26^2 \text{ m/s} = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

Conforme descrição do (Quadro 4), considera-se o terreno com fator de rugosidade categoria IV.

Quadro 4 - Fator de rugosidade

1	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medidas na direção e sentido do vento incidente. Exemplos: mar calmo; lagos e rios; pântanos sem vegetação.
2	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com outros obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e chamecas; fazendas sem sebes ou muros. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0m.
3	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0m.
4	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.
5	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e poucos espaçados. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; Centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos. A cota média do topo dos obstáculos é igual ou superior a 25m.

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

A maior dimensão da estrutura é 42 metros, portanto, classifica-se como categoria B, no (Quadro 5).

Quadro 5 - Classe

A	A maior dimensão horizontal ou vertical não supera
B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 50m
C	A maior dimensão horizontal ou vertical supera 50m

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 50m, (Grupo 3) Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos construções rurais etc...) fator de coeficiência 0,95.

Quadro 6- Grupo

1	Edificação cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação etc.)	1,1
2	Edificações p/hotéis e residências.edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.	1
3	Edificações e instalações, indústria com baixo fator de ocupação(depósitos ,silos,construções rurais etc.)	0,95
4	Vedações(telhas, vidros, painéis de vedação etc.)	0,88
5	Edificações temporárias,estruturas dos grupos 1 a3 durante construção	0,83

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

Na Figura 18, abaixo, a planilha de Excel usada para realização de cálculos de cargas do vento sobre a estrutura metálica, alimentada com dados fornecidos pelo projeto estrutural do galpão.

Figura 18 – Planilha de calculo de cargas do vento

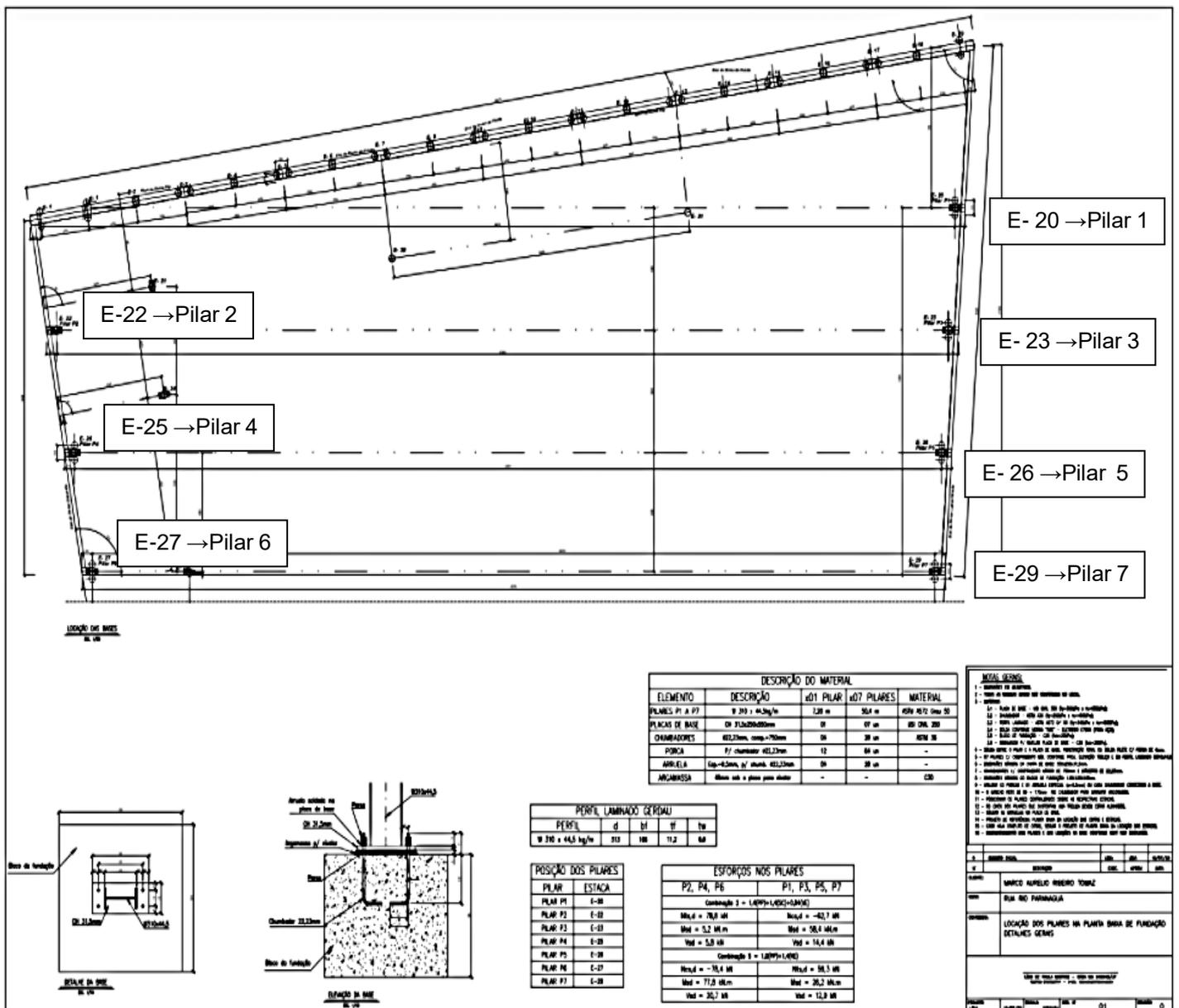
Cargas devidas ao vento em cobertura plana de duas águas																																																																																																																																																																																																
<p>2 - Cálculo da pressão dinâmica</p> <p>2.1 - Velocidade básica: $V_0 = 30,00$ m/s $108,00$ Km/h</p> <p>2.2 - Velocidade característica: $V_k = 10,515253$ m/s</p> <table border="1"> <tr> <td>S1=</td> <td>1,00</td> <td>Terreno plano ou fracamente acidentado</td> </tr> <tr> <td>Classe</td> <td>B</td> <td>Menor dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 100 m</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Rugosidade IV</td> <td>Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais; plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é 15,00 m</td> </tr> <tr> <td>S2=</td> <td>0,76</td> <td>Para as paredes</td> </tr> <tr> <td>S2=</td> <td>0,78</td> <td>Para a cobertura</td> </tr> <tr> <td>Hmédio=</td> <td>3,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hmédio=</td> <td>6,58</td> <td></td> </tr> </table> <p>Grupo 3 Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)</p> <p>S3= 0,95</p> <p>2.3 - Pressão dinâmica: $Q = 0,612 \cdot V_k^2$ kN/m²</p> <p>$Q = 28,76$ kgf/m² Para as paredes</p> <p>$Q = 30,45$ kgf/m² Para a cobertura</p>													S1=	1,00	Terreno plano ou fracamente acidentado	Classe	B	Menor dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 100 m	4	Rugosidade IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais; plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é 15,00 m	S2=	0,76	Para as paredes	S2=	0,78	Para a cobertura	Hmédio=	3,00		Hmédio=	6,58																																																																																																																																																																
S1=	1,00	Terreno plano ou fracamente acidentado																																																																																																																																																																																														
Classe	B	Menor dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 100 m																																																																																																																																																																																														
4	Rugosidade IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais; plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é 15,00 m																																																																																																																																																																																														
S2=	0,76	Para as paredes																																																																																																																																																																																														
S2=	0,78	Para a cobertura																																																																																																																																																																																														
Hmédio=	3,00																																																																																																																																																																																															
Hmédio=	6,58																																																																																																																																																																																															
<p>3 - Cálculo da geometria:</p> <p>1.1 - Dimensões em Planta: $42,00$ m x $15,00$ m</p> <p>1.1 - Dimensões verticais: $1,15$ m x $6,00$ m</p> <p>1.2 - Relações de forma: $15,33\%$ $0,72$</p> <p>24 - Inclinação: $15,33\%$ $0,72$</p> <p>25 - a/b: $2,80$</p> <p>26 - h/b: $0,40$</p>																																																																																																																																																																																																
<p>Coefficientes de pressão e forma</p> <p>Cargas em kgf/m²</p> <p>afastamento entre tesouros: $15,62$ m</p> <p>afastamento pilares frontais: $15,00$ m</p> <p>Vento 0°</p> <table border="1"> <tr> <th>Coeficiente</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>0,70</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>-0,55</td> <td>-0,40</td> <td>-0,20</td> <td>-0,20</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>-0,20</td> <td>-0,40</td> <td>-0,20</td> <td>-0,20</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>-0,17</td> <td>-0,20</td> <td>-0,20</td> <td>-0,20</td> </tr> </table> <p>Vento 90°</p> <table border="1"> <tr> <th>Coeficiente</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>20,1</td> <td>-23,0</td> <td>-23,0</td> <td>-23,0</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>-24,4</td> <td>-23,0</td> <td>-23,0</td> <td>-23,0</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>-15,7</td> <td>-11,5</td> <td>-5,8</td> <td>-5,8</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>-6,1</td> <td>-11,5</td> <td>-5,8</td> <td>-5,8</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>-1,6</td> <td>-11,5</td> <td>-5,8</td> <td>-5,8</td> </tr> </table> <p>Vento 180°</p> <table border="1"> <tr> <th>Coeficiente</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>302,0</td> <td>-451,4</td> <td>-451,4</td> <td>-451,4</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>-478,0</td> <td>-451,4</td> <td>-451,4</td> <td>-451,4</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>-227,9</td> <td>-172,9</td> <td>-172,9</td> <td>-172,9</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>-118,5</td> <td>-172,9</td> <td>-172,9</td> <td>-172,9</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>-234,4</td> <td>-172,9</td> <td>-172,9</td> <td>-172,9</td> </tr> </table> <p>Vento 270°</p> <table border="1"> <tr> <th>Coeficiente</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> <td>-0,80</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> <td>-0,40</td> </tr> </table> <p>Vento 90°</p> <table border="1"> <tr> <th>Coeficiente</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>20,1</td> <td>-20,1</td> <td>-20,1</td> <td>-20,1</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>-12,2</td> <td>-20,1</td> <td>-20,1</td> <td>-20,1</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>-34,2</td> <td>-14,4</td> <td>-14,4</td> <td>-14,4</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>-25,9</td> <td>-14,4</td> <td>-14,4</td> <td>-14,4</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>-25,9</td> <td>-14,4</td> <td>-14,4</td> <td>-14,4</td> </tr> </table> <p>Vento 180°</p> <table border="1"> <tr> <th>Coeficiente</th> <th>0°</th> <th>90°</th> <th>180°</th> <th>270°</th> </tr> <tr> <td>C1</td> <td>395,0</td> <td>-671,0</td> <td>-671,0</td> <td>-671,0</td> </tr> <tr> <td>C2</td> <td>-239,0</td> <td>-671,0</td> <td>-671,0</td> <td>-671,0</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>-129,0</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> </tr> <tr> <td>C5</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> <td>-218,7</td> </tr> </table> <p>Vento 270°</p>													Coeficiente	0°	90°	180°	270°	C1	0,70	-0,80	-0,80	-0,80	C2	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	C3	-0,55	-0,40	-0,20	-0,20	C4	-0,20	-0,40	-0,20	-0,20	C5	-0,17	-0,20	-0,20	-0,20	Coeficiente	0°	90°	180°	270°	C1	20,1	-23,0	-23,0	-23,0	C2	-24,4	-23,0	-23,0	-23,0	C3	-15,7	-11,5	-5,8	-5,8	C4	-6,1	-11,5	-5,8	-5,8	C5	-1,6	-11,5	-5,8	-5,8	Coeficiente	0°	90°	180°	270°	C1	302,0	-451,4	-451,4	-451,4	C2	-478,0	-451,4	-451,4	-451,4	C3	-227,9	-172,9	-172,9	-172,9	C4	-118,5	-172,9	-172,9	-172,9	C5	-234,4	-172,9	-172,9	-172,9	Coeficiente	0°	90°	180°	270°	C1	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	C2	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	C3	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	C4	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	C5	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	Coeficiente	0°	90°	180°	270°	C1	20,1	-20,1	-20,1	-20,1	C2	-12,2	-20,1	-20,1	-20,1	C3	-34,2	-14,4	-14,4	-14,4	C4	-25,9	-14,4	-14,4	-14,4	C5	-25,9	-14,4	-14,4	-14,4	Coeficiente	0°	90°	180°	270°	C1	395,0	-671,0	-671,0	-671,0	C2	-239,0	-671,0	-671,0	-671,0	C3	-129,0	-218,7	-218,7	-218,7	C4	-218,7	-218,7	-218,7	-218,7	C5	-218,7	-218,7	-218,7	-218,7
Coeficiente	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																																																												
C1	0,70	-0,80	-0,80	-0,80																																																																																																																																																																																												
C2	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80																																																																																																																																																																																												
C3	-0,55	-0,40	-0,20	-0,20																																																																																																																																																																																												
C4	-0,20	-0,40	-0,20	-0,20																																																																																																																																																																																												
C5	-0,17	-0,20	-0,20	-0,20																																																																																																																																																																																												
Coeficiente	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																																																												
C1	20,1	-23,0	-23,0	-23,0																																																																																																																																																																																												
C2	-24,4	-23,0	-23,0	-23,0																																																																																																																																																																																												
C3	-15,7	-11,5	-5,8	-5,8																																																																																																																																																																																												
C4	-6,1	-11,5	-5,8	-5,8																																																																																																																																																																																												
C5	-1,6	-11,5	-5,8	-5,8																																																																																																																																																																																												
Coeficiente	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																																																												
C1	302,0	-451,4	-451,4	-451,4																																																																																																																																																																																												
C2	-478,0	-451,4	-451,4	-451,4																																																																																																																																																																																												
C3	-227,9	-172,9	-172,9	-172,9																																																																																																																																																																																												
C4	-118,5	-172,9	-172,9	-172,9																																																																																																																																																																																												
C5	-234,4	-172,9	-172,9	-172,9																																																																																																																																																																																												
Coeficiente	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																																																												
C1	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80																																																																																																																																																																																												
C2	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80																																																																																																																																																																																												
C3	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40																																																																																																																																																																																												
C4	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40																																																																																																																																																																																												
C5	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40																																																																																																																																																																																												
Coeficiente	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																																																												
C1	20,1	-20,1	-20,1	-20,1																																																																																																																																																																																												
C2	-12,2	-20,1	-20,1	-20,1																																																																																																																																																																																												
C3	-34,2	-14,4	-14,4	-14,4																																																																																																																																																																																												
C4	-25,9	-14,4	-14,4	-14,4																																																																																																																																																																																												
C5	-25,9	-14,4	-14,4	-14,4																																																																																																																																																																																												
Coeficiente	0°	90°	180°	270°																																																																																																																																																																																												
C1	395,0	-671,0	-671,0	-671,0																																																																																																																																																																																												
C2	-239,0	-671,0	-671,0	-671,0																																																																																																																																																																																												
C3	-129,0	-218,7	-218,7	-218,7																																																																																																																																																																																												
C4	-218,7	-218,7	-218,7	-218,7																																																																																																																																																																																												
C5	-218,7	-218,7	-218,7	-218,7																																																																																																																																																																																												

Fonte: Clube do concreto, 2013

4.3.2 Cálculo estacas

A Figura 20, mostra o projeto do galpão comercial para o qual a fundação será dimensionada, possuindo um pé direito de 5,97metros 42,00 metros de comprimento 15,00 metros de largura, e 7 blocos de fundação para apoio dos pilares de perfil metálico.

Figura 19- Localização da estacas



Quadro 7 - Informações retiradas do projeto

PERFIL	d	bf	tf	tw
W310x44,5Kg/m	313	16,6	11,2	6,6

Fonte: Projeto estrutural ,2021

Quadro 8 - Informações retiradas do projeto

ESFORÇOS NOS PILARES	
P2,P4,P6	P1,P3,P5,P7
Combinação 2 = 1,4(PP) + 1,4(SC) +0,84(VE)	
Nts,d =78,8 kN	Nsc,d -62,7kN
Msd = 5,2 kN.m	Msd = 58,4 kN.m
Vsd = 5,8 kN	Vsd = 14,4 kN
Combinação 5 = 1,0(PP) + 1,4(VE)	
Nsc,d -78,4 kN	Nts,d = 59,3 kN
Msd = 77,8 kN.m	Msd = 26,2 kN.m
Vsd = 20,7 kN	Vsd = 12,9 kN

Fonte: Projeto estrutural,2021

Quadro 9 - Posição pilares

POSIÇÃO DOS PILARES	
PILAR	ESTACA
PILAR P1	E - 20
PILAR P2	E - 22
PILAR P3	E - 23
PILAR P4	E - 25
PILAR P5	E - 26
PILAR P6	E - 27
PILAR P7	E - 29

Fonte: Dados do projeto,2021

Os dados utilizados são reais, o terreno será perfurado para aplicação de estacas hélice.

Quadro 10 - Descrição material

DESCRIÇÃO DO MATERIAL				
ELEMENTO	DESCRIÇÃO	X 01 PILAR	X 07 PILARES	MATERIAL
PILARES P1 A P7	W310 X44,5Kg/m	7,20m	50,4m	ASTM A572 Grau
PLACAS DE BASE	CH 31,5x250x550m	01	07un	USI CIVIL 350
CHUMBADORES	Ø22,23mm,comp =750mm	04	28un	ASTM 36
PORCA	P/ChumbadorØ22,23mm,	12	84un	-
ARRUELA	Esp- 9mm,p/chumbØ22,23mm,	04	28un	-
ARGAMASSA	40mm sob a placa p nivelar	-	-	C 30

Fonte: Dados do projeto,2021

Dados:

- Diâmetro 0,40 m
- Altura 6 m
- Estaca hélice
- K 400 kN/m²
- **a** 0,3
- **b** 1
- Concreto 20Mpa
- Ntsc :Tração solicitante
- Nscd :Compressão atuante
- Msd :Momento fletor atuante
- Vsd :força cortante solicitante
- VE - Vento
- PP – Peso proprio
- SC – Sobre carga

Utilizando a ferramenta de cálculo de estaca do software Excel obteve-se

Figura 20: Planilha de cálculo da carga estaca

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2							Tipo de solo			K(kN/m²)										
3	Capacidade de carga de uma estaca						Argilas				120									
4							Siltos argilosos (solo residual)			200										
5		Tipo estaca	Hélice				Siltos arenosos(solo residual)			250										
6		Φ	0,4	m			Areias			400										
7		h	6	m			Estaca	Cravada	Escavada	Escavada	Hélice continua	Raiz jetacInjetada								
8		K	400	N/m²			Solo	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	
9	α	0,3					Argilas	1	1	0,85	0,8	0,85	0,9	0,3	1	0,85	1,5	1	3	
10	β	1					Solos	1	1	0,6	0,7	0,6	0,75	0,3	1	0,6	1,5	1	3	
11		Média Nspt					Areias	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	1	0,5	1,5	1	3	
12																				
13		Ponta	NP= 12	12																
14		Lateral	N1= 8	8																
15							Resistência na ponta		Perímetro U		Resistência Lateral		CARGA ADMISSÍVEL /Estaca							
16							$R_p = \alpha \cdot K \cdot N_p \cdot A$		$U = \pi \cdot \Phi$		$R_1 = \frac{\beta \cdot 10 \cdot N_1 + 1}{3} \cdot U \cdot h$		$\sigma_{adm} = R_p + R_1$							
17		Área do fuste	$\pi \cdot \frac{\Phi^2}{4}$				$R_p = 230,4 \text{ kN}$		$U = 1,2 \text{ m}$		$R_1 = 290,4 \text{ kN}$		4 1,3							
18																				
19																				
20		A	0,12	m²									$\sigma_{adm} = 280,98 \text{ kN}$							

Fonte: Própria autoria (2021)

Tensão admissível nas estacas $\sigma = 280,98 \text{ kN}$

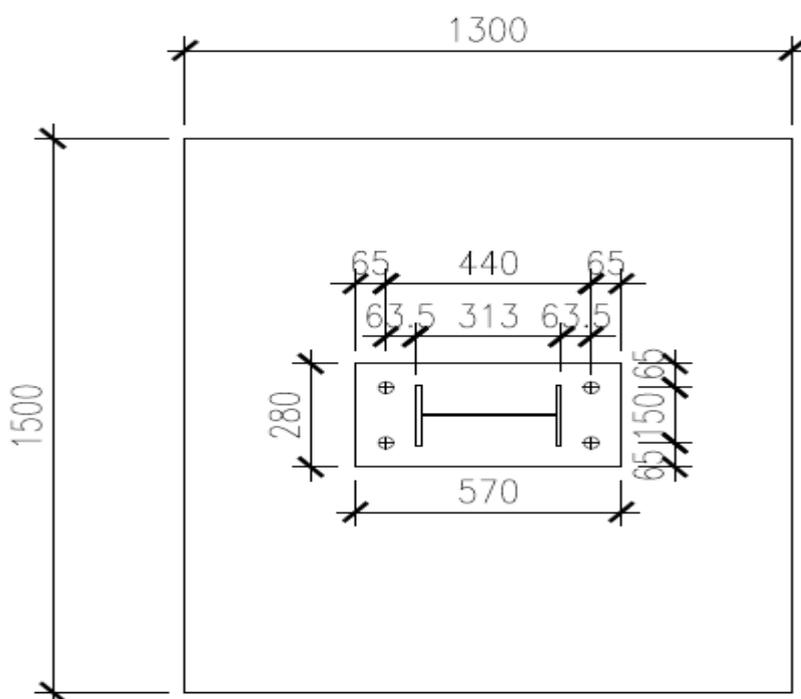
4.3.3 Dimensionamento dos blocos de coroamento da estaca

Os dados são transferidos para a planilha de cálculo dos blocos e a edificação é erguida, utilizando pórticos de estrutura metálica apoiadas sobre os blocos de fundação considerando os seguintes carregamentos, peso próprio, sobrecarga nas estruturas, sobrecarga originada pela ação do vento.

Para Pfeil (2009) o levantamento colunar ocorre quando ventos fortes criam um efeito de sucção que levanta um edifício de sua fundação. Uma construção de aço apresenta alto risco de levantamento colunar, cuja prevenção começa na fundação. Fundações mais pesadas, uma fundação com solo superficial ou bases mais profundas na fundação são opções para reduzir a elevação em um edifício de aço. Os ventos fortes podem criar um efeito de sucção que pode erguer um edifício desde a sua fundação. Isso é conhecido como elevação colunar. Edifícios de aço correm maior risco de levantamento colunar e a prevenção começa com a fundação. Fundações pesadas, fundações com solo superficial ou fundações mais profundas na

fundação são opções para reduzir a elevação em um edifício de aço. A Figura 21) mostra os detalhes da base do bloco de coroamento da estaca e as dimensões, onde encaixa a gaiola m a fundação assim como a base do pilar e as dimensões da estrutura que será apoiada na base do bloco.

Figura 21 –Detalhe da base do bloco de coroamento



DETALHE DA BASE

Fonte: Dados do projeto, 2021

O tipo de fundação é determinado pelo terreno, pela carga e pelo aumento do vento estimado para a construção. Em última análise, o objetivo da fundação é ancorar as colunas do edifício, dando estabilidade e resistência. O tipo de fundação deve ser decidido de acordo, tendo esses fatores em mente.

Na Figura 25, Planilha de cálculo de bloco de fundação referente ao bloco do pilar P1, são semelhantes os cálculos para os blocos dos pilares P3,P5,P7 por apresentarem a mesma combinação de esforços.

Figura 24 - Planilha de calculo do Bloco 1

BLOCO - 1

Entrada de dados		Saída de dados	
Carga Axial			
Nk (kN)	400	Nd (kN)	450
Propriedade geométricas			
A (cm)	70	Td (kN)	140
B (cm)	70	d (cm)	33
ap (cm)	55	As (cm ²)	3,5
bp (cm)	25	Nº de estribos horizontais N1	10
Øe (cm)	40	Nº de estribos verticais N2	5
lb.pilar (cm)	40	Nº de estribos verticais N3	5
c (cm)	5,0	Esp. Estribo horizontal (cm)	15,0
Propriedade materiais			
fck (Mpa)	25	Esp. Estribo vertical N2 (cm)	15,0
fyk (Mpa)	500	Esp. Estribo vertical N3 (cm)	15,0
Coefficiente de ponderação			
Yf	1,4	Verificação	
Ys	1,15	A ≥ ap+6cm	OK
Bitolas			
Ø estribos horizontais (mm)	10	B ≥ bp+6cm	OK
Ø estribos verticais (mm)	12,5	Øe < A ≤ Øe +30cm	OK
		Øe < B ≤ Øe +30cm	OK
		Verificação da biela de compressão	
		ocb,b.pilar (KN/cm ²)	1,55
		ocb,b.estaca (KN/cm ²)	1,78
		ocb,b.lim (KN/cm ²)	2,25
		ocb,b.pilar ≤ ocb,b.lim	OK
		ocb,b.estaca ≤ ocb,b.lim	OK

Fonte: Pedro Henrique Leis Brito [s.d]

Memória de cálculos do bloco referente ao pilar p1

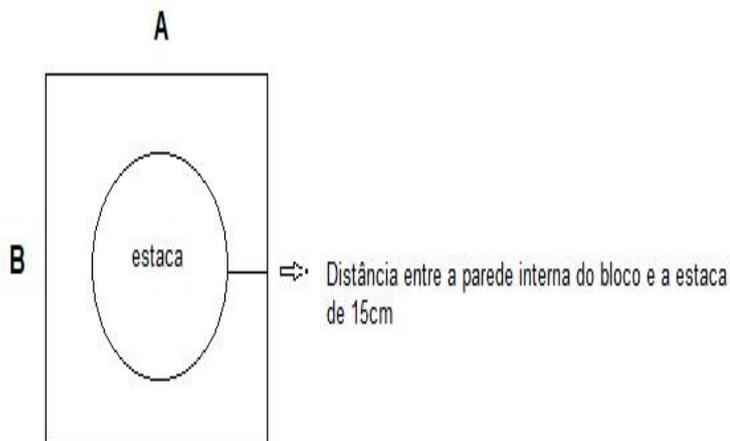
Dados:

- σ_{adm} : 400kN
- \varnothing estaca : 40cm
- Cobrimento: 5cm
- Fck :25 Mpa
- Nd : 350 kN

Nº estacas por blocos

$$N_{est} = Nd \times \frac{\alpha}{\sigma_{adm}} = N_{est} = 350 \times \frac{1,1}{400m} = 0,96 \text{ ajuste } 1 = 1 \text{ estaca}$$

Equação 5 - Memória de cálculo



$$B = \phi_{\text{est}} + 2 \times (15\text{cm})$$

$$B = 40 + 2 \times (15\text{cm}) = 70\text{cm}$$

$$B = A$$

Altura do bloco

$$h \geq \begin{cases} 1,2 \times \phi_{\text{est}} \\ L_b + \phi_{\text{aço}} + 10 \text{ cm} \\ \rho \end{cases}$$

$$h \geq \begin{cases} 1,2 \times 40 = 48\text{cm} \\ 26 + 2 + 10 = 38\text{cm} \end{cases}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

COMPRIENTO DE ANCORAGEM BÁSICO									
Concreto	Zona de Aderência	CA-50		CA-60			CA-25		
		Nervurado $\eta_1=2,25$		Liso $\eta_1=1,0$		Entalhado $\eta_1=1,4$		Liso $\eta_1=1,0$	
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
C10	Má	99 ϕ	69 ϕ	268 ϕ	187 ϕ	191 ϕ	134 ϕ	112 ϕ	78 ϕ
	Boa	69 ϕ	49 ϕ	187 ϕ	131 ϕ	134 ϕ	94 ϕ	78 ϕ	55 ϕ
C15	Má	76 ϕ	53 ϕ	204 ϕ	143 ϕ	146 ϕ	102 ϕ	85 ϕ	60 ϕ
	Boa	53 ϕ	37 ϕ	143 ϕ	100 ϕ	102 ϕ	71 ϕ	60 ϕ	42 ϕ
C20	Má	62 ϕ	44 ϕ	169 ϕ	118 ϕ	120 ϕ	84 ϕ	70 ϕ	49 ϕ
	Boa	44 ϕ	31 ϕ	118 ϕ	83 ϕ	84 ϕ	59 ϕ	49 ϕ	34 ϕ
C25	Má	54 ϕ	38 ϕ	145 ϕ	102 ϕ	104 ϕ	73 ϕ	61 ϕ	42 ϕ
	Boa	38 ϕ	26 ϕ	102 ϕ	71 ϕ	73 ϕ	51 ϕ	42 ϕ	29 ϕ
C30	Má	48 ϕ	35 ϕ	129 ϕ	90 ϕ	92 ϕ	64 ϕ	54 ϕ	38 ϕ
	Boa	33 ϕ	23 ϕ	90 ϕ	63 ϕ	64 ϕ	45 ϕ	38 ϕ	27 ϕ
C35	Má	43 ϕ	30 ϕ	116 ϕ	81 ϕ	83 ϕ	58 ϕ	48 ϕ	34 ϕ
	Boa	30 ϕ	21 ϕ	81 ϕ	57 ϕ	58 ϕ	41 ϕ	34 ϕ	24 ϕ
C40	Má	39 ϕ	28 ϕ	106 ϕ	74 ϕ	76 ϕ	53 ϕ	44 ϕ	31 ϕ
	Boa	28 ϕ	19 ϕ	74 ϕ	52 ϕ	53 ϕ	37 ϕ	31 ϕ	22 ϕ
C45	Má	36 ϕ	25 ϕ	98 ϕ	69 ϕ	70 ϕ	49 ϕ	41 ϕ	29 ϕ
	Boa	25 ϕ	18 ϕ	69 ϕ	48 ϕ	49 ϕ	34 ϕ	29 ϕ	20 ϕ
C50	Má	34 ϕ	24 ϕ	92 ϕ	64 ϕ	65 ϕ	46 ϕ	38 ϕ	27 ϕ
	Boa	24 ϕ	17 ϕ	64 ϕ	45 ϕ	46 ϕ	32 ϕ	27 ϕ	19 ϕ

Fonte Própria autoria, 2021

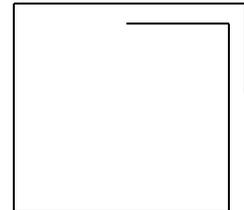
4.3.4 Geometria do bloco de coroamento

Área estribos horizontais

$$A_{eh} = 0,10\% \times B \times h = \frac{0,10}{100} \times 70 \times 50 = 3,5\text{cm}^2$$

Número de estribos horizontais

$$N_{.est} = \frac{A_{.est}}{A_{\emptyset a\check{c}o}} = \frac{3,5}{0,78} = 4,487 \rightarrow 5 \text{ barras}$$



Comp estribo

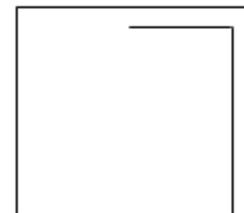
$$L_{.est} = 4(B-2c) + 2 \times 10 \rightarrow L_{.est} = 4 \times (70 - (2 \times 5)) + 2 \times 10 = 260\text{cm}$$

Área estribos verticais

$$A_{ev} = 0,15\% \times B \times h = \frac{0,15}{100} \times 70 \times 50 = 5,25\text{cm}^2$$

Número de estribos horizontais

$$N_{.est} = \frac{A_{.est}}{A_{\emptyset a\check{c}o}} = \frac{5,25}{1,22} = 4,30 \rightarrow 5 \text{ barras}$$



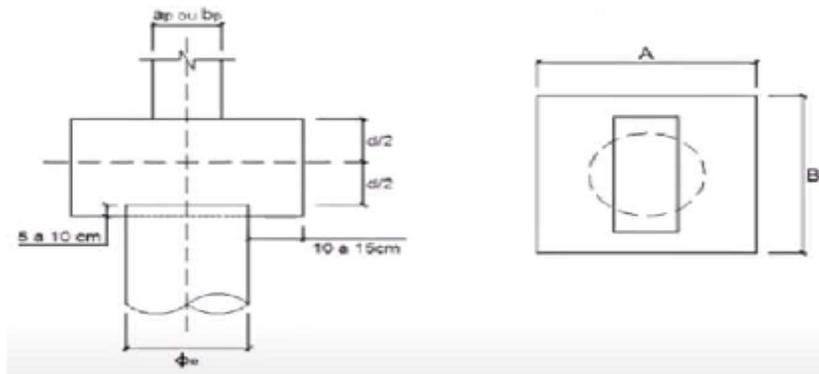
Comp estribo

$$L_{.est} = 2(B-2c) + 2(h \times 10 - c) + 2 \times 10 \rightarrow L_{.est} = 2(70 - 2 \cdot 5) + 2(50 - 10 - 5) + 2 \cdot 10 = 210\text{cm}$$

Equação 6 - Memória de cálculo bloco 1, Excel.

Bloco P1

A =	70	Lado do bloco paralelo ao lado ap do pilar .
B =	70	Lado do bloco paralelo ao lado bp do pilar .
ap =	55	Lado do pilar paralelo ao lado A do bloco.
bp =	25	Lado do pilar paralelo ao lado B do bloco.
Φe (=	40	Diâmetro da estaca.
lb.pilar =	40	Comprimento básico de ancoragem das barras do
c =	5	Cobrimento da armadura.



Propriedade dos materiais

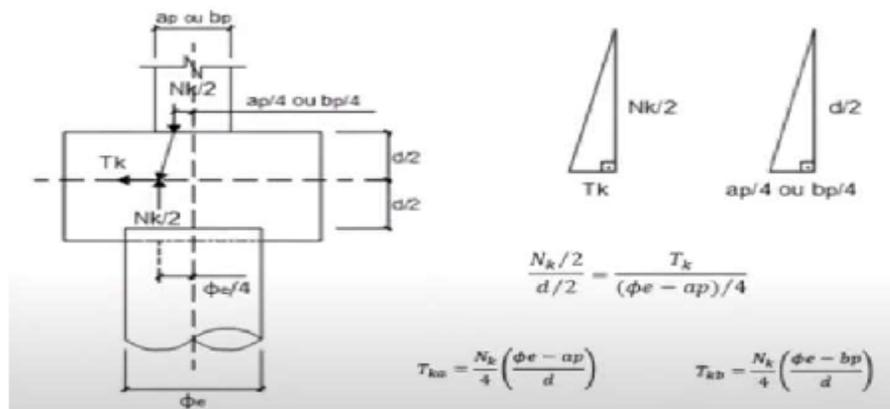
fck =	25 MPA
fyk =	500 MPA

Coefficiente de ponderação

Yf =	1,4	Coefficiente de ponderação dos esforços e do concreto
Ys =	1,15	Coefficiente de ponderação do aço

OBS: Coeficientes obtidos dos itens 11.7 e 12.4.1 da NBR 6118:2014

Cálculo da força de tração horizontal



$T_k \cong \frac{N_k}{4}$

OBS: Como tka e tkb costumam assumir valores muito pequenos, o cálculo da área de aço de estribo horizontais será feito considerando que a força da tração horizontal correspondente a 1/4 da carga axial do pilar.

$T_d \cong Y_f \cdot N_k$

Nk =	400 kN
Nd =	450 kN
Td =	140 kN

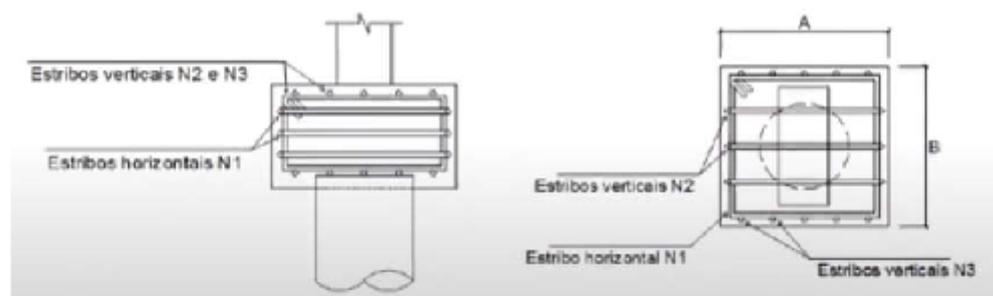
OBS: Tka e Tkb são forças de tração horizontal nas direções paralelas ao lado A e B, respectivamente.

Cálculo da área de aço

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} \quad \text{Área do aço dos estribos horizontais}$$

OBS: Por simplicidade será adotada para os estribos verticais (armadura construtiva), a mesma área de aço dos estribos horizontais.

$$A_s = 3,5 \text{ cm}^2$$



Φ estribos horizontais =	10	Bitola dos estribos horizontais
Φ estribos horizontais =	12,5	Bitola dos estribos verticais
Nº de estribos horizontais N1 =	10	
Nº de estribos verticais N2 =	5	
Nº de estribos verticais N3 =	5	
Esp. Estribo horizontal =	15	Espaçamento entre estribos horizontais
Esp. Estribo vertical N2 =	15	Espaçamento entre estribos verticais N2
Esp. Estribo vertical N3 =	15	Espaçamento entre estribos verticais N3

OBS: Foi adicionado pelo menos 1 estribo horizontal a cada 15 cm e 1 estribo vertical a cada 20 cm.

Verificação

$$A \geq a_p + 6\text{cm} \quad \text{OK}$$

É recomendado que o lado A do bloco seja maior ou igual a soma do lado a_p do pilar 6cm.

$$B \geq b_p + 6\text{cm} \quad \text{OK}$$

É recomendado que o lado B do bloco seja maior ou igual a soma do lado b_p do pilar 6cm.

$$\Phi_e < A \leq \Phi_e + 40\text{cm} \quad \text{OK}$$

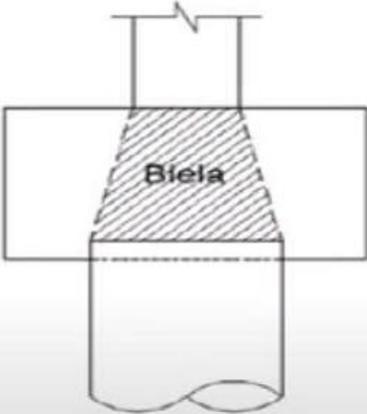
É recomendado que o lado A do bloco seja maior que o diâmetro da estaca e menor ou igual ao diâmetro da estaca com 40cm.

$$\Phi_e < B \leq \Phi_e + 40\text{cm} \quad \text{OK}$$

É recomendado que o lado B do bloco seja maior que o diâmetro da estaca e menor ou igual ao diâmetro da estaca com 40cm.

Verificação da biela de compressão

A seção ou área das bielas varia ao longo da altura do bloco e, por isso, devem ser verificadas as seções junto ao pilar e junto a estaca.



$$\sigma_{cd,b,pilar} = \frac{N_d}{A_p} \quad ; \quad A_p = \text{Área da seção transversal do pilar}$$

$$\sigma_{cd,b,estaca} = \frac{N_d}{A_e} \quad ; \quad A_e = \text{Área da seção transversal da estaca}$$

$$\sigma_{cd,b,limite} = 1,4 \cdot K_r \cdot f_{cd} \quad ; \quad K_r = 0,9 \text{ e } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_f}$$

$\sigma_{cd,b,pilar} \leq \sigma_{cd,b,lim}$

OK

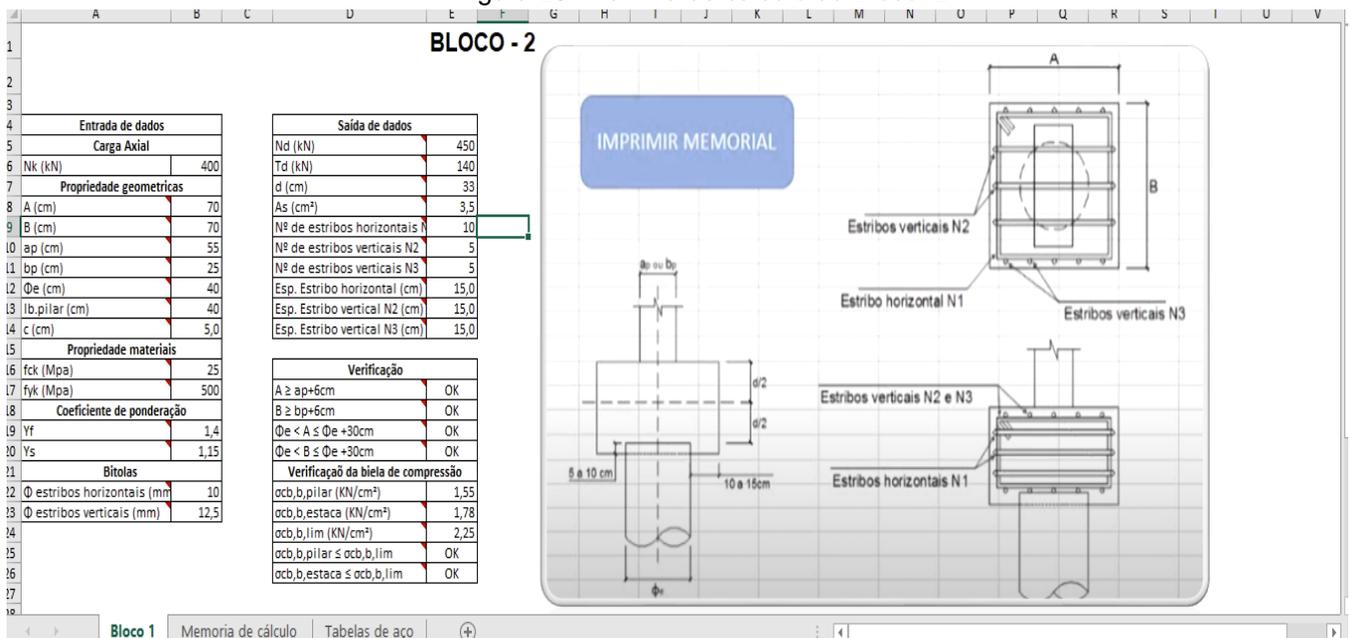
$\sigma_{cd,b,estaca} \leq \sigma_{cd,b,lim}$

OK

$\sigma_{cb,b,pilar} =$	1,55	(KN/cm ²)
$\sigma_{cb,b,estaca} =$	1,78	(KN/cm ²)
$\sigma_{cb,b,lim} =$	2,25	(KN/cm ²)

Na Figura 26, planilha de cálculo de bloco de fundação referente ao bloco do pilar P2,são semelhantes os cálculos para os blocos dos pilares P4,P6 por apresentarem a mesma combinação de esforços.

Figura 25 -Planilha de calculo do Bloco 2

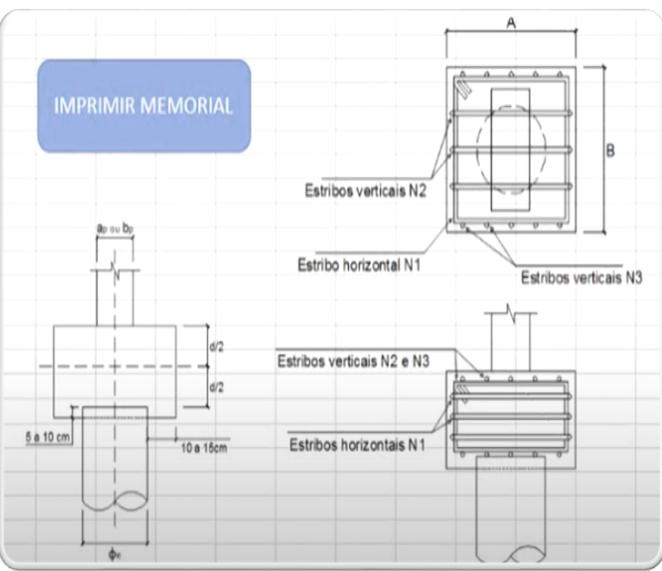


Entrada de dados	
Carga Axial	
Nk (kN)	400
Propriedade geometricas	
A (cm)	70
B (cm)	70
ap (cm)	55
bp (cm)	25
Øe (cm)	40
lb,pilar (cm)	40
c (cm)	5,0
Propriedade materiais	
fck (Mpa)	25
fyk (Mpa)	500
Coeficiente de ponderação	
γf	1,4
γs	1,15
Bitolas	
Ø estribos horizontais (mm)	10
Ø estribos verticais (mm)	12,5

Saída de dados	
Nd (kN)	450
Td (kN)	140
d (cm)	33
As (cm ²)	3,5
Nº de estribos horizontais n	10
Nº de estribos verticais N2	5
Nº de estribos verticais N3	5
Esp. Estribo horizontal (cm)	15,0
Esp. Estribo vertical N2 (cm)	15,0
Esp. Estribo vertical N3 (cm)	15,0

Verificação	
A ≥ ap+6cm	OK
B ≥ bp+6cm	OK
Øe < A ≤ Øe +30cm	OK
Øe < B ≤ Øe +30cm	OK
Verificação da biela de compressão	
$\sigma_{cb,b,pilar}$ (KN/cm ²)	1,55
$\sigma_{cb,b,estaca}$ (KN/cm ²)	1,78
$\sigma_{cb,b,lim}$ (KN/cm ²)	2,25
$\sigma_{cb,b,pilar} \leq \sigma_{cb,b,lim}$	OK
$\sigma_{cb,b,estaca} \leq \sigma_{cb,b,lim}$	OK

IMPRIMIR MEMORIAL

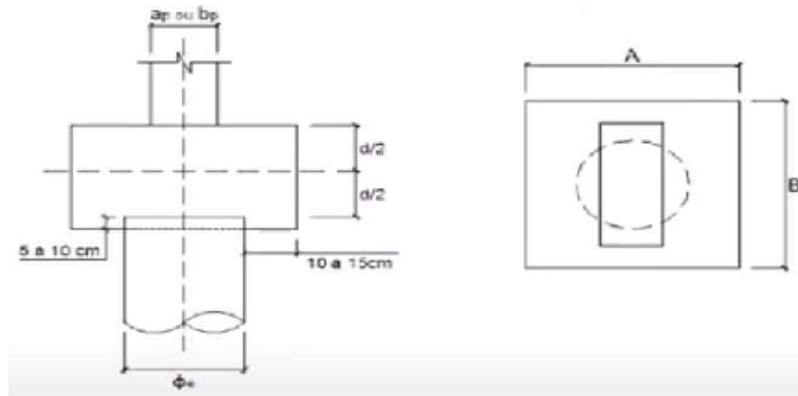


Fonte: Pedro Henrique Lelis Brito [s.d]

Equação 7 - Memória de cálculo bloco 2, Excel.

Bloco P2

A =	70	Lado do bloco paralelo ao lado ap do pilar .
B =	70	Lado do bloco paralelo ao lado bp do pilar .
ap =	55	Lado do pilar paralelo ao lado A do bloco.
bp =	25	Lado do pilar paralelo ao lado B do bloco.
$\Phi_e (=$	40	Diâmetro da estaca.
lb.pilar =	40	Comprimento básico de ancoragem das barras do
c =	5	Cobrimento da armadura.



Propriedade dos materiais

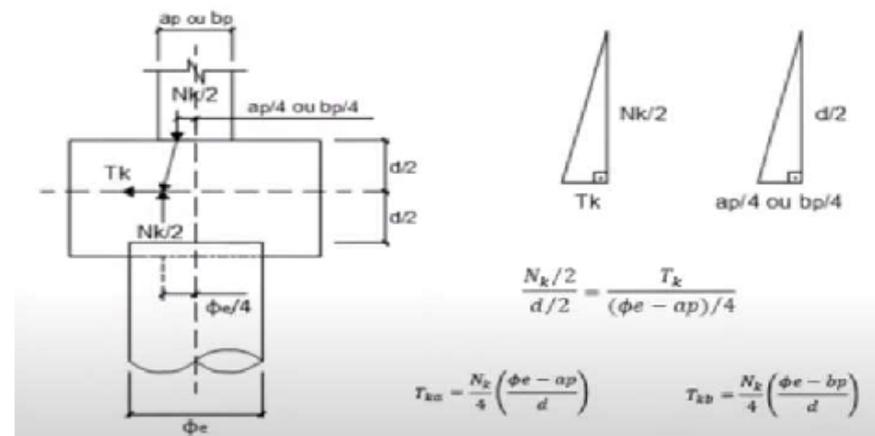
fck =	25 MPA
fyk =	500 MPA

Coeficiente de ponderação

Yf =	1,4	Coeficiente de ponderação dos esforços e do concreto
Ys =	1,15	Coeficiente de ponderação do aço

OBS: Coeficientes obtidos dos itens 11.7 e 12.4.1 da NBR 6118:2014

Cálculo da força de tração horizontal



$$T_k \cong \frac{N_k}{4}$$

OBS: Como tka e tkb costumam assumir valores muito pequenos, o cálculo da área de aço de estribo horizontais será feito considerando que a força da tração horizontal correspondente a 1/4 da carga axial do pilar.

$$T_d \cong Y_f \cdot N_k$$

$$N_k = 400 \text{ kN}$$

$$N_d = 450 \text{ kN}$$

$$T_d = 140 \text{ kN}$$

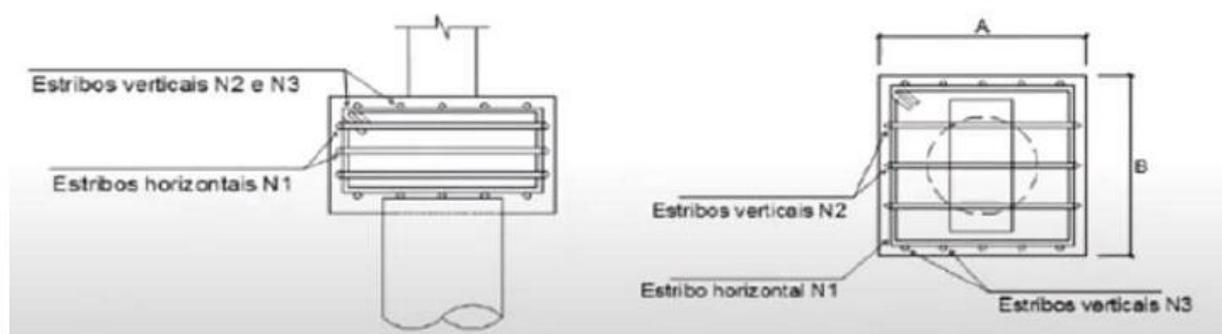
OBS: T_{ka} e T_{kb} são forças de tração horizontal nas direções paralelas ao lado A e B, respectivamente.

Cálculo da área de aço

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} \quad \text{Área do aço dos estribos horizontais}$$

OBS: Por simplicidade será adotada para os estribos verticais (armadura construtiva), a mesma área de aço dos estribos horizontais.

$$A_s = 3,22 \text{ cm}^2$$



Φ estribos horizontais = 8,0 mm Bitola dos estribos horizontais

Φ estribos horizontais = 10,0 mm Bitola dos estribos verticais

Nº de estribos horizontais N1 = 10

Nº de estribos verticais N2 = 5

Nº de estribos verticais N3 = 5

Esp. Estribo horizontal = 15 Espaçamento entre estribos horizontais

Esp. Estribo vertical N2 = 15 Espaçamento entre estribos verticais N2

Esp. Estribo vertical N3 = 15 Espaçamento entre estribos verticais N3

OBS: Foi adicionado pelo menos 1 estribo horizontal a cada 15 cm e 1 estribo vertical a cada 20 cm.

Verificação

$A \geq a_p + 6\text{cm}$ OK

É recomendado que o lado A do bloco seja maior ou igual a soma do lado a_p do pilar 6cm.

$B \geq b_p + 6\text{cm}$ OK

É recomendado que o lado B do bloco seja maior ou igual a soma do lado b_p do pilar 6cm.

$\Phi_e < A \leq \Phi_e + 40\text{cm}$ OK

É recomendado que o lado A do bloco seja maior que o diâmetro da estaca e menor ou igual ao diâmetro da estaca com 40cm.

$\Phi_e < B \leq \Phi_e + 40\text{cm}$ OK

É recomendado que o lado B do bloco seja maior que o diâmetro da estaca e menor ou igual ao diâmetro da estaca com 40cm.

Verificação da biela de compressão

A seção ou área das bielas varia ao longo da altura do bloco e, por isso, devem ser verificadas as seções junto ao pilar e junto a estaca.



$$\sigma_{cd,b,pilar} = \frac{N_d}{A_p} \quad ; \quad A_p = \text{Área da seção transversal do pilar}$$

$$\sigma_{cd,b,estaca} = \frac{N_d}{A_e} \quad ; \quad A_e = \text{Área da seção transversal da estaca}$$

$$\sigma_{cd,b,limite} = 1,4 \cdot K_r \cdot f_{cd} \quad ; \quad K_r = 0,9 \text{ e } f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_f}$$

$\sigma_{cd,b,pilar} \leq \sigma_{cd,b,lim}$	OK
$\sigma_{cd,b,estaca} \leq \sigma_{cd,b,lim}$	OK

$\sigma_{cb,b,pilar} =$	1,55	(KN/cm ²)
$\sigma_{cb,b,estaca} =$	1,78	(KN/cm ²)
$\sigma_{cb,b,lim} =$	2,25	(KN/cm ²)

A Figura 26 mostra a cava do bloco já com a coroa da estaca aparente, antes de receber os blocos de coroamento.

Figura 26 - Coroa da estaca



Fonte: Própria autoria, 2021

A Figura 27, apresenta a armadura dos blocos sobre a estaca de coroamento e acima da armadura os chumbadores que receberão os pilares de estrutura metálica.

Figura 27 - Bloco de coroamento da estaca



Fonte: Própria autoria, 2021

Na Figura 28, a base dos pilares sobre o bloco de coroamento já concretado e já fixadas nos chumbadores.

Figura 28 -Base dos pilares



Fonte: Própria autoria,2020

A Figura 29, mostra ao fundo os pilares já fixado nas bases sobre os blocos que receberão a estrutura do galpão em estrutura metálica.

Figura 29 - Pilares



Fonte: própria autoria,2020

Na Figura 30, mostra as estruturas do galpão sendo fixadas sobre os pilares, já fixados nos chumbadores sobre os blocos de coroamento.

Figura 30 - Montagem da estrutura do galpão



Fonte: própria autoria, 2020

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho, teve como resultado o dimensionamento da fundação do galpão em estrutura metálica, situado na Rua rio Paranagua,1375 município de Contagem – MG, região metropolitana de Belo Horizonte, esse tipo de edificação em estrutura metálica, beneficia ao cliente ,á construtora, ao município, e ao meio ambiente .

Nesse sentido, os cálculos de fundação do empreendimento aqui apresentados, foram baseados em critérios regidos pela NBR 6122:2019, assim como os cálculos das varáveis da força do vento foram baseados em critérios regidos pela NBR6123:1988 versão corrigida 2:2013. Em adição, foi apresentado nesta pesquisa um memorial de cálculos efetuados em planilhas de Excel. Os dados e as condições para execução desses cálculos foram fornecidos pelo projeto estrutural do empreendimento, pesquisas bibliográficas, visitas em canteiro de obras, e entrevistas com profissionais envolvidos na construção deste imóvel

Por fim, os cálculos aqui apresentados foram alternativos demonstrando-se então uma real aplicabilidade nesta pesquisa, tornando o projeto exequível, considerando informações verídicas que contribuíram para a obtenção dos resultados.

Para trabalhos futuros, sugestiona-se a possibilidade de estudos de uso de fundações rasas em galpões de maior porte, as quais exigem fundações que resistam á tensões bem mais significantes que as cargas da edificação em questão, assim como a pesquisa com outros tipos de fundações.

REFERÊNCIAS

ABNT.NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2019.

ABNT.NBR 6118: **Projeto de estrutura de concreto** - procedimento. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2014.

ABNT.NBR 6123: **Forças devidas ao vento em edificações** - Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2013.

ALMEIDA, Régis, **Recursos Minerais do Brasil**, mundo educação. Disponível em, <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/recursos-minerais-brasil.htm>>. Acesso em 31/10/2020

ALONSO, U. Rodriguez, **Dimensionamento de fundações profundas**, 2ª edição, Ed. Blusher, 2012

AILYRIO, D. Rovigati, **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**, vol único, 2009/1

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**. Bauru.. Notas de Aula do Curso de Estruturas de Concreto III da Faculdade de Engenharia da UNESP, 2016.

BELLEI, Ildony H. **Edifícios de Múltiplos Andares em Aço**. São Paulo: Pini, 2010.

BENITE, Taniguti, Gonzalez, **Manual de sustentabilidade da construção em aço**, 2019.

BERTOLOTTI, K. Fernanda, **Metodologia da Pesquisa** 1ª edição, seis Rio de Janeiro, 2015

BRITO, D. Araújo, **Fundações e obras de terra**, Disponível em: <https://engcivil20142.files.wordpress.com/2017/08/fundac3a7c3b5es-e-obras-de-terra-unidade-i_2016_2salvo-automaticamente.pdf>, Acesso em: > 06/11/2020.

CERVO, Amado; BERVIAN, Pedro; DA SILVA, Roberto, **Metodologia científica**, Ed. Afiliada, 6ª edição, 2010.

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha, et al. **Uso das estruturas de Aço no Brasil**, ciências exatas e tecnologia, periódicos.set.edu.br, Alagoas, 2017

DEGANI,Jonathan, Fundação na Construção Civil: Como escolher o tipo e executar bem,Disponível em < <https://www.sienge.com.br/blog/fundacao-na-construcao-civil/2019> Acesso em :02/04/2021

VIANA,Dandara,**Ensaio de spt**:aprenda como interpretar os resultados,2018, Disponível em:< <https://www.guiadaengenharia.com/resultado-ensaio-spt/>>Acesso em:06/11/2020.

INFOPÉDIA,**Dicionário infopédia da Língua Portuguesa** sem Acordo Ortográfico, editora Porto, 2020 Disponível em:<<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa-aa0/ex-post-facto>> Acesso em 20/09/20.

GERVÁSIO, H.Maria;SIMÕES,L da Silva; BRAGANÇA,L., **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas** ,2005

GIL,A.Carlos, **Métodos e técnicas de pesquisa social**,sexta edição,ed.Atlas, 2008 pg.27

GIL,A.Carlos,**Como elaborar projetos de pesquisas**,4ªedição,sétima tiragem ed.Atlas, 2002.

GOLDENBERG,Mirian,**A arte de Pesquisar**, Como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais,8ª edição, editora Record,Rio de janeiro/São Paulo.2004.

GOMES,Alberto., **Estudo de caso planejamento e métodos**,2008.Disponível em< <https://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuanc%20es/article/viewFile/187/257>> Acesso em 5/11/2020

GUANABARA, M. K. **Dimensionamento de estruturas metálicas**: Rotina computacional para seleção de perfis metálicos. Porto Alegre, 2010

GUIMARÃES Laio, **Engenharia de construções**, 2017. Disponível em: <civilizacaoengenharia.wordpress.com/2017/03/22/a-historia-do-concreto> Acesso em 20/09/2020.

INABA,Roberto, **Construções metálicas**,o uso do aço na construção civil,[sd] Disponível em:< <https://metalica.com.br/construcoes-metalicas-o-uso-do-aco-na-construcao-civil-4/29> Acesso em: 05/11/2020

KAUARK,F da silva;MANHÃES,F.Castro;MEDEIROS,C.Henrique,**Metodologia de pesquisa,um guia prático**,ed.Vitta Litterarum,2010

LAKATOS,Eva,MARCONI,Marina,**fundamentos de metodologia científica**,5ª edição,ed.Atlas,2003

MADEIRA, A. R. **Estrutura em aço para pavilhão industrial**: comparação entre soluções em elementos treliçados e de alma cheia. Porto Alegre, 2009.

MARANGON, M. **Geotecnia de Fundações e Obras de Terra: Investigação geotécnica e parâmetros para fundações**- 2018.

MATOS, M. **O primeiro arranha céu da história tinha apenas 10 andares**, 2019. Disponível em: <https://dobraespacial.com.br/tecnologia/o-primeiro-arranha-ceu-da-historia-tinha-apenas-10-andares/> Acesso em: 06/11/2020.

MENEZES, Afonso; DUARTE, Francisco; CARVALHO, Luis; SOUZA, Tito, **Metodologia Científica Teoria e Aplicação na educação a Distância**, Univerdidade federal do vale do são Francisco, 2019

NEVES, Osias Ribeiro, escritório de histórias, **Aço Brasil: uma viagem pela industria do aço**, Brasil Ministério da educação 2013.

NOGUEIRA, Gilcimar Saraiva. **Avaliação de soluções estruturais para galpões compostos por perfis de aço formados a frio**. Ouro Preto: UFOP, 2009.

NOVELLI, Rafael, **História do aço na construção civil**, Noves engenharia, Disponível em: <https://www.novesengenharia.com.br/historia-do-aco-na-construcao-civil/> Acesso em: 31/0/2020

PEREIRA, Caio, **Estrutura Metálica: Processo executivo, vantagens e desvantagens**. Escola de engenharia, 2018.

PEREIRA, Caio, **Sapatas de fundação**, Escola de Engenharia, 2016.

PRAVIA, Zacarias M. Chamberlaim; DREHMER, Gilnei Artur; JÚNIOR, Enio Mesacasa. **Galpões para usos gerais**, 4ª Edição. Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Rio de Janeiro, 2010.

PRODANOV, C. Cristiano; **Metodologia do Trabalho Científico**, métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico, 2013.

PFEIL, W; Pfeil, M. **Estruturas de aço: Dimensionamento Prático de Acordo com NBR 8800:2008**. Rio de Janeiro, 2009.

PINHO, Mauro Ottoboni. **Transporte e Montagem**. Instituto Aço Brasil, Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Rio de Janeiro, 2005

SANTIAGO, Aldina. **Manual de Dimensionamento de Estruturas em Aço Inoxidável**. Versão portuguesa 4º ed. Pág3, 11/2017.

SANTIAGO, Aldina. Manual de **Dimenslionamento de Estruturas em Aço Inoxidável**. Versão portuguesa 4º ed. Pág3&4, 11/2017

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SCHEID, Adriano. **Curso Básico de Aços**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010.

Spark, Weather. **Condições meteorológicas médias de Contagem**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30506/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Contagem-Brasil-durante-o-ano>> Acesso em 20/09/20.

STACH, Marlon Rafael. **Análise do desempenho de pórticos metálicos de alma cheia e com base simplesmente apoiada comparando com base engastada**. Ijuí: Unijuí, 2012.

THIOLLENT, Michel, **Coleção temas básicos de Metodologia da pesquisa-ação**, editora Autores associado, Cortez editora, 1986

VELLOSO Dirceu, Lopes francisco; **Livro Fundações** volume completo.2011/ ISBN 978-85-7975-013-7

VELLOSO Dirceu, Lopes francisco; **Livro Fundações** volume completo.2011/ ISBN 978-85-7975-013-7, Pag, 12.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1998

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007

APÊNDICE



_FACHADA



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RELACIONADAS Á GALPÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS ESTUDO DE CASO DE UM GALPÃO SITUADO EM CONTAGEM - MG

Alexandre Inalbis simim¹
Bruno Antônio de Almeida Silva²
Magno victor Bamba Madureira³
Diego de Jesus Queiroz Rosa⁴
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins⁵

RESUMO

O presente trabalho visou à elaboração do dimensionamento do cálculo estrutural das fundações referente ao projeto sobre um galpão, o qual revisa veículos de grande porte, localizado na rua Rio Paranaguá, 1375, Riacho das Pedras, em Contagem, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Nesse espaço, projetado em estrutura metálica, pode ser verificado a ação do vento atuando na estrutura e a carga transmitida para as fundações, as quais foram dimensionadas através de um roteiro de cálculo, considerando as normas NBR 6122/2019 (Projeto e execução de fundações) e NBR 6123/1988 versão corrigida 2:2013. (Forças devidas a vento em edificações). Dessa forma, através das planilhas do Excel, os dados supracitados foram obtidos, permitindo o dimensionamento correto das fundações em função da estrutura metálica frente a ação da carga do vento. Os cálculos apresentados foram alternativos, demonstrando-se então uma real aplicabilidade nesta pesquisa, tornando o projeto exequível, considerando informações verídicas que contribuíram para a obtenção dos resultados.

Palavras-chave: Fundações; Carga do vento; Estrutura metálica.

Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837

CEP 30510-120

Fone (31) 3372-3703

parametrica@feamig.br

<http://www.feamig.br/revista>

Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa

wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza

raquel.ferreira@feamig.br

¹ Graduando – simim674@gmail.com

² Graduando – eng.brunosilva28@gmail.com

³ Graduando – magno

⁴ Mestre - diegojqueirozr@gmail.com

⁵ Mestre - talita22r@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O metal, uma das maravilhas revolucionárias do nosso tempo, possui, sem dúvida, uma relação indissociável da engenharia, trazendo a ela o atravessar dos séculos com técnica e harmonia. De acordo com Almeida (2011), o Brasil figura entre os cinco maiores produtores de aço extraído do mundo, sobretudo nos estados do Pará, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, sendo este último um dos três primeiros produtores de aço do país, com um dos complexos siderúrgicos mais atuantes no mercado internacional, localizado na cidade de Belo Horizonte, o qual conta com a produção de aço e com o abastecimento de diversos setores econômicos, como o da construção civil. Nesse sentido, e ainda na era das grandes construções imponentes e das altas torres erguidas, presente em diversos monumentos e artes pelo mundo, o metal é um aliado constante na construção civil, seja na parte estrutural ou na fundação, e o país conta com recursos para garantir a continuidade desse cenário.

Diante dessa perspectiva, é possível afirmar que o setor da construção civil condições para progredir e avançar, embora ainda haja a necessidade da busca por melhores recursos para o aproveitamento dos processos que envolvem as estruturas metálicas. Segundo Cortez *et al* (2017), diz que o crescimento da utilização do aço no Brasil e no mundo tem salientado a busca do aprofundamento analítico de estudos sobre temas relacionados, pois as construções em estrutura de aço são consideradas uma obra cara no primeiro momento, a despeito do valor ser diluído nos itens, fase de execução, rapidez, mão de obra e quebra de atividades corriqueiras, economizando nas fundações, consideradas dispendiosas. Diante disso, esse estudo de caso pôs-se em evidência a utilização desse material na edificação de um galpão específico, analisando a escolha do tipo de fundação adotada na locação, as dificuldades encontradas no canteiro de obras e o processo construtivo relacionado ao projeto

. A referida obra está situada na Rua Rio Paranaguá nº1375, bairro Riacho das Pedras, na cidade de Contagem RMBH, onde foi estudado o tipo de fundação e o comportamento dessa edificação diante da ação do vento na região. Ademais, por meio desse artigo, demonstrar-se-ão ainda os demais tipos de fundações que poderão ser utilizadas, além de determinar as fundações mais adequadas ao tipo de projeto a ser implantado. Vale ressaltar que a construção estudada é um empreendimento organizado pela empresa Mart Engenharia e, para fins de cálculo, esse trabalho contou com um roteiro de cálculo e planilhas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundações existentes na construção civil

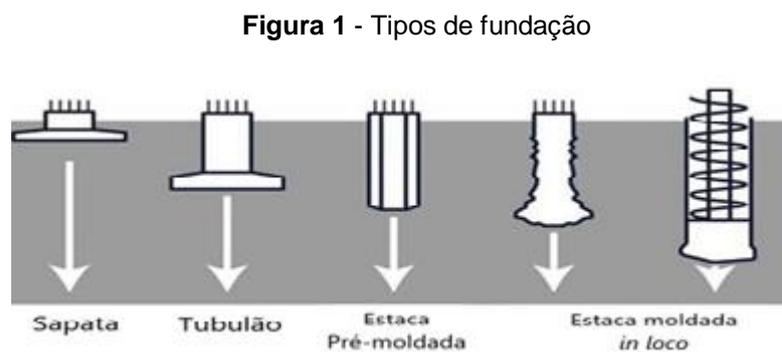
De acordo com a NBR6122/2019 as fundações se definem em dois tipos, as superficiais, que também podem ser chamadas de rasas ou diretas, e as fundações profundas ou indiretas.

2.1.1 Definição de fundação

Segundo a NBR6122/2019, fundações rasas são elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno, distribuindo-as sob a base da fundação. Além disso, elas possuem a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente duas vezes inferior a menor dimensão da fundação, sendo estas as sapatas, os blocos, os blocos de coroamento, os radier, as sapatas associadas, as vigas de fundação e as sapatas corridas.

Outrossim, as fundações profundas são elementos os quais transmitem a carga ao solo através da base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou pela associação das duas. Essa estrutura está apoiada em uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, de no mínimo 3 m.

Na Figura 1 tem-se as fundações rasas e profundas, sendo exemplo daquelas a sapata e o tubulão, enquanto destas a estaca pré-moldada, a estaca franki e a hélice contínua.



Fonte: Livro Fundações, ed. completa, 2011

Na Figura 1 tem-se as fundações rasas e profundas, sendo exemplo daquelas a sapata e o tubulão, enquanto destas a estaca pré-moldada, a estaca franki e a hélice contínua.

2.1.2 Fundação em galpão

De acordo com a NBR6123:1988, versão corrigida 2:2013, para a definição das

partes da edificação a considerar na determinação das ações do vento, é necessário também destacar algumas características construtivas ou estruturais que originem pouca ou nenhuma continuidade estrutural ao longo da edificação. Assim, por ser construído em material leve; no caso da estrutura metálica, há uma tendência dessa estrutura sofrer com os impactos gerados pela força do vento que tenta levantar a edificação. Esses esforços tracionam os pilares, transmitindo esse impacto para a fundação, nesse caso o tipo de fundação será definido pela carga de tração.

2.1.3 Tensão no solo e investigação geotécnica

Conforme Guanabara (2010), antes de iniciar o processo de construção, o terreno deve ser inspecionado profissionalmente e demarcado para nivelamento, para que assim os construtores possam conhecer os limites do terreno. A medição do terreno afetará muito a forma como a fundação deve ser projetada, assim como a qualidade do solo, pois, quando pobre, este pode resultar em deslocamento e afundamento de edifícios, não importando o projeto da fundação, conforme mostrado na figura 2.

Figura 2 -Cosequências de fundação mal dimensionada ou mal executadas



Fonte: Pr^o Diego A.de Brito [s.d]

2.2 A carga do vento sobre a estrutura metálica

Do mesmo modo, edifícios de aço tendem a ter uma carga horizontal mais alta, o que significa que são mais impactados por forças laterais, como ventos fortes e

terremotos. Estas, podem fazer com que edifícios tombem ou deslizem de suas fundações. Segundo Madeira (2009), a fundação pode ajudar a distribuir ou resistir à alta reação da coluna horizontal de edifícios de aço, com o uso de tirantes também de aço, conectados à chumbadores, ou com um aumento do tamanho da base, embora este último possa resultar em custos mais elevados.

3 METODOLOGIA

No presente estudo, foi adotado, para fins de pesquisa exploratória e aplicada, e visando como objetivo, fazer com que o pesquisador obtivesse mais conhecimento sobre o dimensionamento das fundações, cálculos efetuados através das planilhas de Excel, determinando a possível fundação mediante a carga da estrutura e do vento. Quanto aos meios, à pesquisa se classifica como um estudo de caso, pois se estudou profundamente um cenário típico e individual, na qual foi objeto de estudo o dimensionamento da fundação de um galpão em estrutura metálica da RMBH.

Para as coletas dos dados para este estudo de caso, além de uma extensa pesquisa bibliográfica, foi fundamental conhecer e estudar o projeto estrutural, ao visitar o terreno em 20 de julho de 2020, onde a edificação foi erguida, a fim de se identificar e listar as condições do terreno. Dessa forma, todos os elementos construtivos presentes no projeto, os relatos e orientações do engenheiro responsável, do mestre de obra e dos profissionais envolvidos em cada etapa do projeto, possibilitaram um considerável conhecimento sobre o assunto, a formulação de hipóteses e a solução de problemas existentes através da prática.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Processo executivo de fundações em galpões de estruturas metálicas mediante a atuação da carga do vento.

O presente trabalho teve como objetivo geral a análise de todos os parâmetros que influenciaram no comportamento e desempenho na adoção de fundações, orientando a elaboração do projeto e execução do mesmo, utilizando cálculos efetuados em planilhas de Excel, mediante as cargas oriundas de estruturas metálicas e a ação da carga do vento. Descartou-se a possibilidade de execução de uma fundação superficial simples, determinando a correta execução conforme a NBR6123/1988 versão corrigida 2:2013. A pesquisa foi baseada em obra realizada em Contagem, na Rua Rio Paranaguá, 1375 no bairro riacho das Pedras conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Vista aérea da locação



Fonte: Google Maps [s.d]

Através da imagem via satélite gerada pelo Google Maps, pode-se observar o local onde será erguido o galpão, sendo ele totalmente plano. Pode-se observar ainda as características físicas do terreno, as dimensões, localização e os espaços, numa área de aproximadamente 1.260m². Dessa forma, efetuou-se um sistema de dimensionamento dessas estruturas, com a elaboração de uma folha de cálculo para auxiliar na escolha da solução final, retirando toda a informação necessária para dimensionar os elementos de fundações a partir dos valores obtidos, garantindo um dimensionamento correto da fundação.

As fundações tiveram processos executivos distintos, levando em consideração as cargas oriundas das superestruturas, o solo e tipo de edificação. No caso dos galpões, as fundações exigidas são compostas por sistemas complexos, que suportem ainda os efeitos causados pela ação do vento. Usando o método de Decourt Quaresma para cálculo de estaca, nesse caso a estaca hélice, com diâmetro de 40 centímetros a uma profundidade de 6,0 metros, consideramos como areia o tipo de solo encontrado na ponta da estaca.

A Tabela 1 informa o coeficiente.

(k).

Tabela 1 - Análise de solo

Tipo de solo	K (kN/m ²)
Argilas	120
Siltos argilosos (solos residuais)	200
Siltos arenosos (solos residuais)	250
Areias	400

Fonte: Fundação obras de terra, [s.d].

Quadro 1 - Valores Alfa e Beta

Estaca	Cravada (estaca padrão)		Escavada (em geral)		Escavada (c/bentonita)		Hélice Contínua		Raiz		Injetada (alta pressão)	
	A	β	α	B	α	β	α	β	α	B	α	B
Argilas	1,00*	1,00*	0,85	0,80	0,85	0,90*	0,30*	1,00*	0,85*	1,50*	1,00*	3,00*
Solos**	1,00*	1,00*	0,60	0,65	0,60	0,75*	0,30*	1,00*	0,60*	1,50*	1,00*	3,00*
Areias	1,00*	1,00*	0,50	0,50	0,50	0,60*	0,30*	1,00*	0,50*	1,50*	1,00*	3,00*

* valores para o qual a correlação inicial foi desenvolvida
 * valores apenas indicativos diante do reduzido número de dados disponíveis
 ** Solos intermediários

Tabela : valores de α e β (Décourt-Quaresma – estendido)

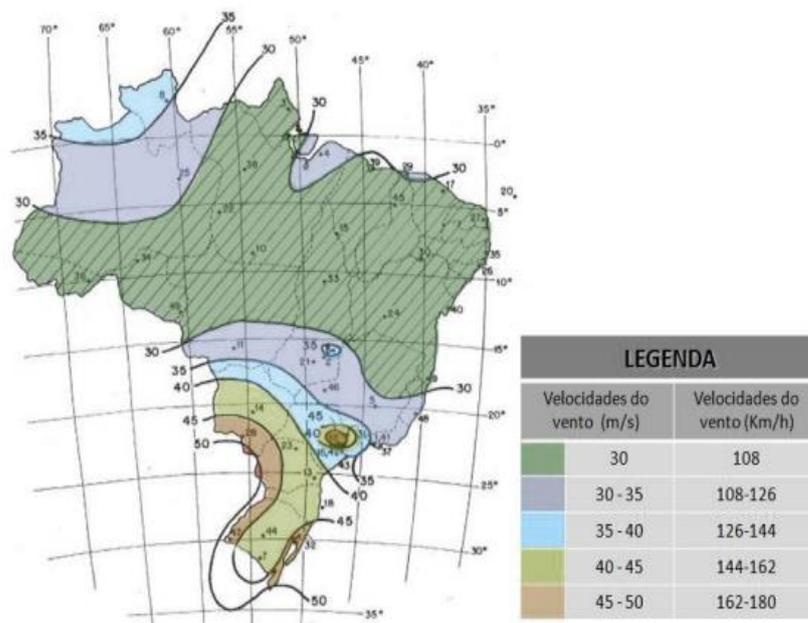
Fonte: Geotecnia de Fundações e Obras de Terra – 2018

O Quadro 1 mostra os coeficientes alfa = (03) e beta = (1) que foram usados como coeficientes de cálculo da estaca.

4.1.2 Cálculo da ação do vento

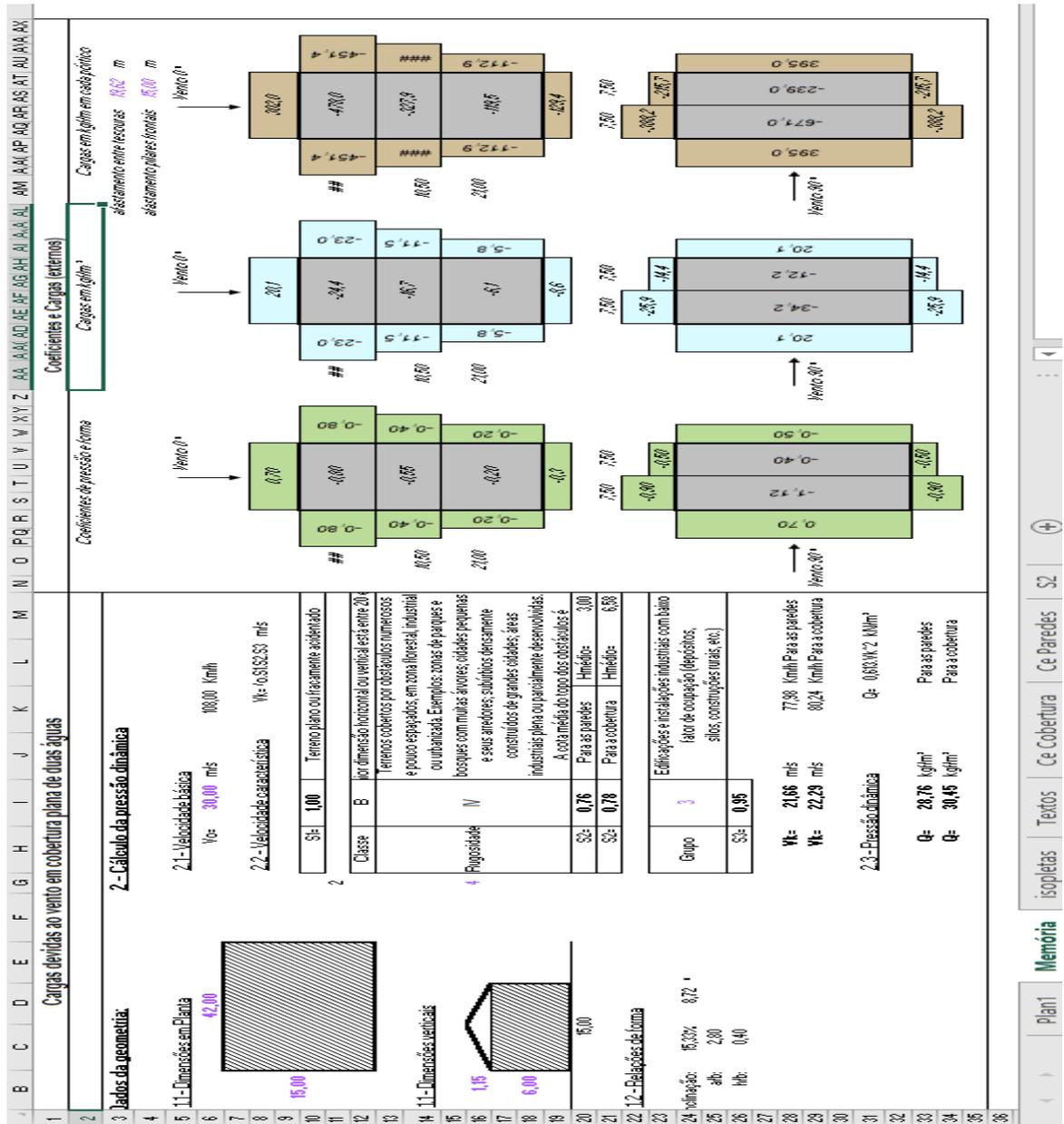
Considerando o pior resultado conforme isopletras, linhas de velocidade básica do vento em metros por segundo, representada na Figura 4 na região hachurada do mapa, a velocidade básica do vento em nosso estado, dentro do perímetro em que encontra o município de Contagem, tem-se que o fator topográfico é S1.

Figura 4 - Isopletras de velocidade do vento



Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

Figura 4 – Planilha de calculo de cargas do vento



Fonte : Desconhecida [s.d]

Fórmula básica de Cálculo da força do vento conforme citação no item 2.4 deste artigo :

$$VK= V_0.S_1.S_2.S_3$$

Tem-se:

Vk : Velocidade característica do vento

V0 : velocidade básica do vento

Si : o fator topográfico do terreno.

S2: fator de rugosidade do terreno

S3 : fator estatístico

Velocidade vento na região

$$VK=30\text{m/s} \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 0,892 = 25\text{m/s}$$

$$VK=30\text{m/s} \cdot 1,00 \cdot 0,95 \cdot 0,913 = 26\text{m/s}$$

Pressão dinâmica

$$0,613\text{N/m}^3 \cdot 25^2 = 0,38\text{kN/m}^2$$

$$0,613\text{N/m}^3 \cdot 26^2\text{m/s} = 0,42\text{kN/m}^2$$

De acordo com a descrição do Quadro 2, considera-se o terreno com fator de rugosidade categoria 4, sendo 42 metros a maior dimensão da estrutura. Outrossim, segundo a NBR6123/1988, versão corrigida 2:2013., classifica-se como Classe B, conforme Quadro 3, “a maior dimensão horizontal ou vertical”, que está entre 20 e 50m. O Quadro 4, grupo 3, por sua vez, têm-se “Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos construções rurais etc...)”, com fator de coeficiência 0,95.

Quadro 2 - Fator de rugosidade

4	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m.
---	---

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

Consoante a NBR-6123, o fator de rugosidade, é determinado em função do relevo do terreno, descrito no Quadro 2.

Quadro 3 – Classe

B	A maior dimensão horizontal ou vertical está entre 20 e 50m
---	---

Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

No Quadro 3 as classes são definidas através das dimensões da edificação, se classificando como B.

Quadro 4 – Grupo

3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos ,silos, construções rurais, etc.)	0,95
---	--	------

Quadro 4 - Fonte: NBR6123:1988 Versão corrigida 2:2013

O Quadro 4, em conformidade com a NBR6123, mostra o fator estatístico S3, que é baseado em conceitos estatísticos, considerando o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Segundo a definição de 5.1, a velocidade básica V_0 é a velocidade do vento que apresenta um período de recorrência médio de 50 anos.

4.1.3 Cálculo de estacas

Conforme projeto estrutural do galpão comercial, para o qual a fundação será dimensionada, a edificação possui um pé direito de 6,00 metros, com 42,00 metros de comprimento, 15,00 metros de largura e 7 blocos de coroamento sobre as estacas para apoio dos pilares de perfil metálico. O Quadro 5, mostra os esforços nos pilares.

PERFIL LAMINADO GERDAU

Quadro 5 - Informações retiradas do projeto

ESFORÇOS NOS PILARES	
P2,P4,P6	P1,P3,P5,P7
Combinação 2 = 1,4(PP) + 1,4(SC) +0,84(VE)	
Nts,d =78,8 kN	Nsc,d -62,7kN
Msd = 5,2 kN.m	Msd = 58,4 kN.m
Vsd = 5,8 kN	Vsd = 14,4 kN
Combinação 5 = 1,0(PP) + 1,4(VE)	
Nsc,d -78,4 kN	Nts,d = 59,3 kN
Msd = 77,8 kN.m	Msd = 26,2 kN.m
Vsd = 20,7 kN	Vsd = 12,9 kN

Fonte: Projeto estrutural - 2020

Dados:

- Diâmetro da estaca 0,40 m
- Altura 6,0 m
- Estaca hélice
- K 400 kN/m²
- **a** 0,3
- **b** 1
- Concreto 20Mpa
- Ntsc :Tração solicitante
- Nscd :Compressão atuante
- Msd :Momento fletor atuante
- Vsd :força cortante solicitante

Na Figura 6, utilizando a ferramenta para cálculo de estaca do software Excel, com base nos dados fornecidos pelo projeto, obteve-se uma tensão admissível em cada estaca no valor igual a $\sigma = 280,98$ kN.

Figura 5 - Planilha de cálculo da carga estaca

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2																				
3	Capacidade de carga de uma estaca							Tipo de solo		K(kN/m²)										
4								Argilas		120										
5								Siltes argilosos (solo residual)		200										
6								Siltes arenosos(solo residual)		250										
7								Areias		400										
8	Tipo estaca		Hélice				Estaca		Cravada		Escavada		Escavada		Hélice continua		Raiz jetacInjetada			
9	Φ		0,4		m		Solo		α		β		α		β		α		β	
10	h		6		m		Solo		α		β		α		β		α		β	
11	K		400		N/m²		Solo		α		β		α		β		α		β	
12	α		0,3				Argilas		1		1		0,85		0,8		0,85		0,9	
13	β		1				Solos		1		1		0,6		0,7		0,6		0,75	
14	Média Nspt						Areias		1		1		0,5		0,5		0,5		0,5	
15	Ponta		NP= 12		12															
16	Lateral		N1= 8		8															
17							Resistência na ponta		Perímetro U		Resistência Lateral		CARGA ADMISSÍVEL /Estaca							
18	Área do fuste		$\pi \cdot \frac{\phi^2}{4}$				$R_p = \alpha \cdot K \cdot N_p \cdot A$		$U = \pi \cdot \phi$		$R_l = \frac{\beta \cdot 10 \cdot N_1 + 1}{3} \cdot U \cdot h$		$\sigma_{adm} = R_p + R_l$							
19							R _p = 230,4 kN		U = 1,2 m		R _l = 290,4 kN		4 1,3							
20	A = 0,12		m²										σ _{adm} = 280,98 kN							

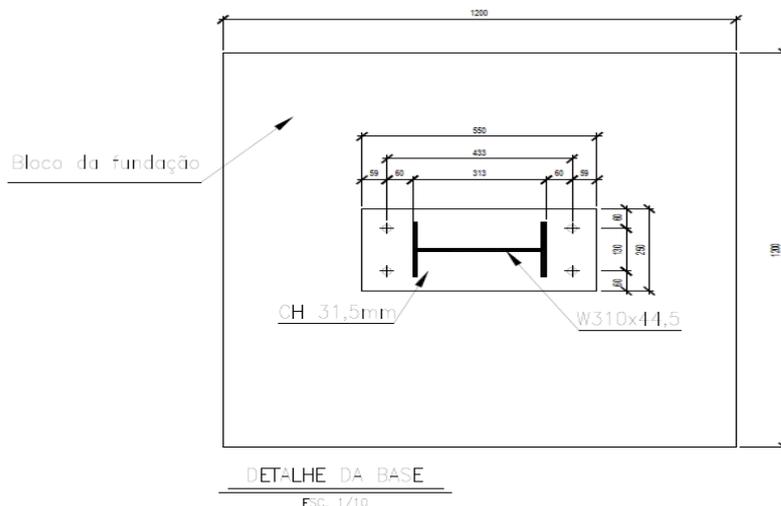
Fonte: Própria autoria (2021)

Planilha de Excel utilizada para efetuar os cálculos de cargas em cada estaca.

4.2 Dimensionamento dos blocos de coroamento da estaca

Os dados são transferidos para a planilha de cálculo dos blocos e a edificação é erguida utilizando pórticos de estrutura metálica, apoiados sobre os blocos de fundação, considerando os seguintes carregamentos, peso próprio, sobrecarga nas estruturas e sobrecarga originada pela ação do vento. A Figura 6 mostra os detalhes da base do bloco de coroamento da estaca e as dimensões, nas quais se encaixa a gaiola m e a fundação, assim como a base do pilar e as dimensões desta estrutura que será apoiada na base do bloco.

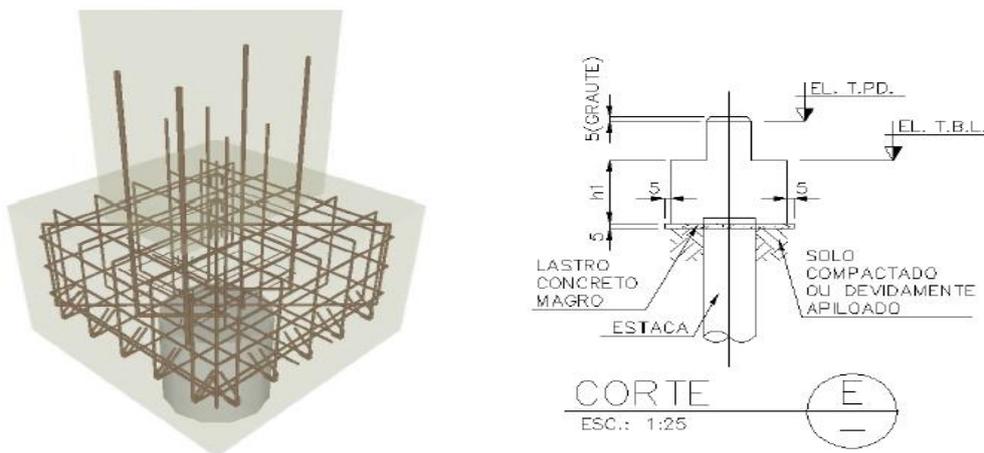
Figura 6 - Detalhe da base do bloco de coroamento



Fonte : Dados do projeto - 2020

O tipo de fundação é determinado pelo terreno, pela carga e pelo aumento do vento estimado para a construção. Em última análise, o objetivo da fundação é ancorar as colunas do edifício, dando estabilidade e resistência. A Figura 7 ilustra o bloco de coroamento sobre a estaca que recebe a carga dos pilares.

Figura 7 - ilustração bloco de coroamento



Fonte: Repositório Ufmg - 2010

Planilha de cálculo de bloco de coroamento (Figura 8) referente ao bloco do pilar P1. É perceptível que são semelhantes os cálculos para os blocos dos pilares P3,P5 e P7, por apresentarem a mesma combinação de esforços.

Figura 8 - Planilha de calculo do Bloco 1

Entrada de dados		Saída de dados	
Carga Axial		Nd (kN)	450
Nk (kN)	400	Td (kN)	140
Propriedade geométricas		d (cm)	33
A (cm)	70	As (cm²)	3,5
B (cm)	70	Nº de estribos horizontais N1	10
ap (cm)	55	Nº de estribos verticais N2	5
bp (cm)	25	Nº de estribos verticais N3	5
Øe (cm)	40	Esp. Estribo horizontal (cm)	15,0
lb.pilar (cm)	40	Esp. Estribo vertical N2 (cm)	15,0
c (cm)	5,0	Esp. Estribo vertical N3 (cm)	15,0
Propriedade materiais		Verificação	
fck (Mpa)	25	A ≥ ap+6cm	OK
fyk (Mpa)	500	B ≥ bp+6cm	OK
Coeficiente de ponderação		Øe < A ≤ Øe +30cm	OK
γf	1,4	Øe < B ≤ Øe +30cm	OK
γs	1,15	Verificação da biela de compressão	
Bitolas		ocb,b.pilar (KN/cm²)	1,55
Ø estribos horizontais (mm)	10	ocb,b.estaca (KN/cm²)	1,78
Ø estribos verticais (mm)	12,5	ocb,b,lim (KN/cm²)	2,25
		ocb,b.pilar ≤ ocb,b,lim	OK
		ocb,b.estaca ≤ ocb,b,lim	OK

Fonte: Pedro Henrique Lelis Brito (2020)

Memória de cálculos do bloco referente ao pilar p1.

Dados:

- σ_{adm} : 400kN
- ϕ estaca : 40cm
- Cobrimento: 5cm
- Fck :25 Mpa
- Nd : 350 kN

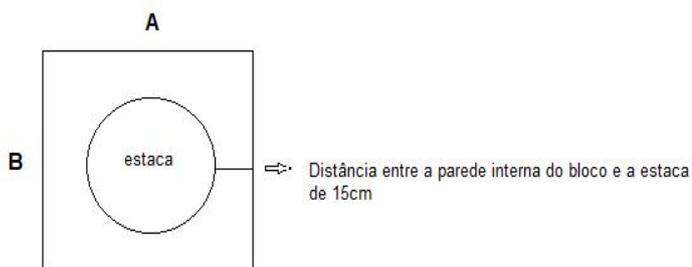
Nº estacas por blocos

$$N_{est} = Nd \times \frac{\alpha}{\sigma_{adm}} = N_{est} = 350 \times \frac{1,1}{400m} = 0,96 \text{ ajuste } 1 = 1 \text{ estaca}$$

Geometria do bloco de coroamento

4.2.1 Memória de cálculo

A memória de cálculo é um documento que tem a função de descrever em detalhes,todos os cálculos efetuados no projeto.



$$B = \phi_{est} + 2 \times (15\text{cm})$$

$$B = 40 + 2 \times (15\text{cm}) = 0,70\text{m}$$

$$B = 70\text{cm}$$

$$B = A$$

Altura do bloco

$$h \geq \begin{cases} 1,2 \times \phi_{est} \\ L_b + \phi_{aço} + 10 \text{ cm} \end{cases}$$

$$h \geq \begin{cases} 1,2 \times 40 = 48\text{cm} \\ 26 + 2 + 10 = 38\text{cm} \end{cases}$$

$h = 50 \text{ cm}$

COMPRIMENTO DE ANCORAGEM BÁSICO									
Concreto	Zona de Aderência	CA-50		CA-60		CA-25			
		Nervurado $\eta_1=2,25$		Liso $\eta_1=1,0$		Entalhado $\eta_1=1,4$			
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com		
C10	Má	99 ϕ	69 ϕ	268 ϕ	187 ϕ	191 ϕ	134 ϕ	112 ϕ	78 ϕ
	Boa	69 ϕ	49 ϕ	187 ϕ	131 ϕ	134 ϕ	94 ϕ	78 ϕ	55 ϕ
C15	Má	76 ϕ	53 ϕ	204 ϕ	143 ϕ	146 ϕ	102 ϕ	85 ϕ	60 ϕ
	Boa	53 ϕ	37 ϕ	143 ϕ	100 ϕ	102 ϕ	71 ϕ	60 ϕ	42 ϕ
C20	Má	62 ϕ	44 ϕ	169 ϕ	118 ϕ	120 ϕ	84 ϕ	70 ϕ	49 ϕ
	Boa	44 ϕ	31 ϕ	118 ϕ	83 ϕ	84 ϕ	59 ϕ	49 ϕ	34 ϕ
C25	Má	54 ϕ	38 ϕ	145 ϕ	102 ϕ	104 ϕ	73 ϕ	61 ϕ	42 ϕ
	Boa	38 ϕ	26 ϕ	102 ϕ	71 ϕ	73 ϕ	51 ϕ	42 ϕ	29 ϕ
C30	Má	48 ϕ	33 ϕ	129 ϕ	90 ϕ	92 ϕ	64 ϕ	54 ϕ	38 ϕ
	Boa	33 ϕ	23 ϕ	90 ϕ	63 ϕ	64 ϕ	45 ϕ	38 ϕ	27 ϕ
C35	Má	43 ϕ	30 ϕ	116 ϕ	81 ϕ	83 ϕ	58 ϕ	48 ϕ	34 ϕ
	Boa	30 ϕ	21 ϕ	81 ϕ	57 ϕ	58 ϕ	41 ϕ	34 ϕ	24 ϕ
C40	Má	39 ϕ	28 ϕ	106 ϕ	74 ϕ	76 ϕ	53 ϕ	44 ϕ	31 ϕ
	Boa	28 ϕ	19 ϕ	74 ϕ	52 ϕ	53 ϕ	37 ϕ	31 ϕ	22 ϕ
C45	Má	36 ϕ	25 ϕ	98 ϕ	69 ϕ	70 ϕ	49 ϕ	41 ϕ	29 ϕ
	Boa	25 ϕ	18 ϕ	69 ϕ	48 ϕ	49 ϕ	34 ϕ	29 ϕ	20 ϕ
C50	Má	34 ϕ	24 ϕ	92 ϕ	64 ϕ	65 ϕ	46 ϕ	38 ϕ	27 ϕ
	Boa	24 ϕ	17 ϕ	64 ϕ	45 ϕ	46 ϕ	32 ϕ	27 ϕ	19 ϕ

Área estribos horizontais

$$A_{eh} = 0,10\% \times B \times h = \frac{0,10}{100} \times 70 \times 50 = 3,5\text{cm}^2$$

Número de estribos horizontais

$$N_{.est} = \frac{A_{.est}}{A \emptyset a\phi o} = \frac{3,5}{0,78} = 4,487 \rightarrow 5 \text{ barras}$$

Comp estribo

$$L_{.est} = 4(B-2c) + 2 \times 10 \rightarrow L_{.est} = 4(70-(2 \times 5)) + 2 \times 10 = 260\text{cm}$$

Área estribos verticais

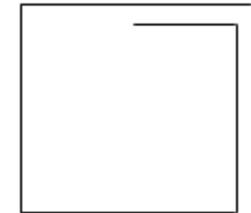
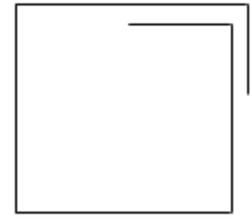
$$A_{ev} = 0,15\% \times B \times h = \frac{0,15}{100} \times 70 \times 50 = 5,25\text{cm}^2$$

Número de estribos horizontais

$$N_{.est} = \frac{A_{.est}}{A \emptyset a\phi o} = \frac{5,25}{1,22} = 4,30 \rightarrow 5 \text{ barras}$$

Comp estribo

$$L_{.est} = 2(B-2c) + 2(h \times 10 - c) + 2 \times 10 \rightarrow L_{.est} = 2(70-2 \times 5) + 2(50-10-5) + 2 \times 10 = 210\text{cm}$$



5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O desenvolvimento deste trabalho teve como resultado o dimensionamento da fundação do galpão em estrutura metálica, situado na Rua Rio Paranaguá, 1375, no município de Contagem, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. Esse tipo de edificação, em estrutura metálica, beneficia ao cliente, a construtora e ao meio ambiente, por ser uma obra sustentável.

Nesse sentido, os cálculos de fundação desse empreendimento, aqui apresentados, foram baseados em critérios regidos pelas normas NBR 6122:2019, assim como os cálculos das variáveis da força do vento foram fundamentados em critérios regidos pela NBR 6123:1988, versão corrigida 2:2013. Em adição, foi apresentado nesta pesquisa um memorial de cálculos efetuados em planilhas do Excel, sendo os dados e as condições para execução desses cálculos fornecidos pelo projeto estrutural do empreendimento, pelas pesquisas bibliográficas, visitas em canteiro de obras e pelas entrevistas com profissionais envolvidos na construção deste imóvel.

Por fim, os cálculos aqui apresentados foram alternativos, demonstrando-se então uma real aplicabilidade nesta pesquisa, tornando o projeto exequível, considerando as informações verídicas que contribuíram para a obtenção dos resultados. Para trabalhos futuros, sugere-se a possibilidade de estudos sobre o uso de fundações rasas em galpões de maior porte, as quais exigem fundações que resistam às tensões bem mais significativas que as cargas da edificação em questão, assim como a pesquisa com outros tipos de fundações.

REFERÊNCIAS

ABNT.**NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2019.

ABNT.**NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2014.

ABNT.**NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações - Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 2013.

ALMEIDA, Régis, **Recursos Minerais do Brasil**, mundo educação. Disponível em, <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/recursos-minerais-brasil.htm>. >. Acesso em 31/10/2020

CORTEZ, Lucas Azevedo da Rocha ,et al .**Uso das estruturas de Aço no Brasil**, ciências exatas e tecnologia,periódicos.set.edu.br,Alagoas,2017

GUANABARA, M. K. **Dimensionamento de estruturas metálicas**: Rotina computacional para seleção de perfis metálicos. Porto Alegre, 2010

MADEIRA, A. R. **Estrutura em aço para pavilhão industrial**: comparação entre soluções em elementos treliçados e de alma cheia. Porto Alegre, 2009.