Gestão & Gerenciamento

VIABILIDADE TÉCNICA FINANCEIRA ENTRE FUNDAÇÕES EM TALUDES COM SOLOS RUINS ATÉ 4 METROS

TECHNICAL AND FINANCIAL VIABILITY BETWEEN FOUNDATIONS ON SLOPES WITH RUINED SOILS UP TO 4 METERS

Douglas Reis

Graduado em engenharia Civil; Universidade Federal Fluminense UFF; Niterói, RJ, Brasil;

douglasreiseng@gmail.com

Bruno Freitas de Azevedo

Mestre Em Gestão de Sistemas de Engenharia; Universidade Católica de Petrópolis, Petropolis, RJ, Brasil.

azevedo@cubogi.com.br

Resumo

Em uma cidade repleta de acidentes geológicos e de topografia bem irregular em grande parte da área do município da capital do Rio de Janeiro, as construções estão fadadas a encontrarem as dificuldades para a fixação das mesmas não somente nas regiões planas, como também nos maciços, que fazem desta a cidade maravilhosa. O entendimento de todos os dados do solo, regimentos legais para implantação nos planos diretores, bem como a definição do tipo de fundação a ser utilizada, condicionam as diversas opções existentes para as vindouras construções. Como apoio às decisões aos meandros dos projetos estão: o conhecimento das metodologias de execução e o estudo do custo de cada uma delas; que devem ser analisados e comparados, deliberando cada etapa e o quebra do cabeça que demonstrará o estudo da viabilidade técnico financeira do empreendimento, sendo a fundação um dos elementos mais perturbados pelas escolhas traçadas pelos profissionais, tudo isso reforçado pela presença de um talude no terreno no qual se pretende a construção.

Palavras-chaves: Fundação; Tubulão; Estaca Raiz; Talude; Declive.

Abstract

In a city full of geological accidents and very irregular topography in a large part of the area of the municipality of the capital of Rio de Janeiro, the constructions are bound to encounter difficulties for their fixation not only in the flat regions, but also in the massifs, which make this the wonderful city. The understanding of all soil data, legal regulations for implementation in master plans, as well as the definition of the type of foundation to be used, condition the various existing options for future constructions. As decision support to the intricacies of the projects are: knowledge of the execution methodologies and the study of the cost of each of them; which must be analyzed and compared, deliberating each stage and the puzzle that will demonstrate the study of the technical and financial feasibility of the enterprise, with the foundation being one of the elements most disturbed by the choices made by the professionals.

Key words: *Foundation, tube; pile; slope; cost*

1 Introdução

O Alto da Boa Vista é uma região conhecida pela sua rica vegetação e importância ecológica, tornando a proteção ambiental uma prioridade. O objetivo das regulamentações edilícias locais é minimizar o impacto ambiental, limitando o tamanho e o tipo de edifícios permitidos. Neste contexto, a construção, ainda que, unifamiliar deve ser cuidadosamente planejada, de forma a cumprir as normas ambientais, edilícias e ao mesmo tempo, oferecer aos seus moradores o conforto e funcionalidade requeridos para a arquitetura.

A construção de moradias unifamiliares em áreas urbanas com regulamentações ambientais rígidas, como no Alto da Boa Vista, no Rio de Janeiro, apresenta desafios únicos. As Zona de Preservação Paisagística e Ambiental (ZPPA) são áreas destinadas a proteger a paisagem e os recursos naturais. Para estas são identificadas restrições específicas impostas ao desenvolvimento urbano, pelo zoneamento da municipalidade.

A área em que se pretende construir é na região de imediatamente após o largo da usina, na Rua Ministro Viriato Vargas. Segundo Sardinha e Costa (SARDINHA, 2021) essa é uma região com formações geológicas bastante antigas, tendo as rochas idades em torno de 1,7 bilhões de anos. A cobertura vegetal e de solos, contudo, foi muito impactada por um histórico de manejo agrícola, da época do império, o qual, primeiramente em um processo

de severo desmatamento, promoveu a cultura cafeeira na região, provocando grande alteração da paisagem, promovendo solos rasos e instáveis, expondo ainda diversos fragmentos erosáveis. Posteriormente, com o declínio da cafeicultura local, esse mesmo império percebe a necessidade da recriação e manutenção dos mananciais e nascentes da região, para atender ao crescimento urbano que evoluía no Rio de Janeiro, com cenários de graves crises hídricas. Nos idos de 1840, inicia-se, então, o processo de reflorestamento da região, o que traz a característica de uma cobertura com presença de solos com grande matriz orgânica, colúvios e solos residuais.

A formação geológica e o caráter do talude passam a impor, portanto, dificuldade ainda superior, a um dos aspectos mais críticos na indústria da construção, o qual afeta diretamente a segurança, a vida útil e o custo do projeto, traduzido na escolha do método de fundação.

A investigação do solo, não somente da constituição granulométrica, através dos ensaios de precursão, com o uso de Standar Pentetretaion Test (SPT) e análises táteis visuais trarão luz às escolhas do modo de construção a ser empregado e pesquisado.

Sem deixar de lado o olhar sobre o custo do projeto, afinal, como propaga (MATTOS, 2019), o conhecimento aprofundado dos planos e especificações das obras são pontos fundamentais para estabelecer o melhor modo de ataque à obra e seu orçamento, sendo ferramental de grande poder para o estudo de viabilidade das análises financeiras. O tratamento das informações dos custos encontrará nesse projeto a sustentação nas tabelas públicas de orçamento, das quais são expoentes o SINAPI, o ORSE, o SCO. Os estudos desses orgãos darão apoio no conhecimento das composições de custo e especificações a serem utilizadas para o tratamento do valor final de cada uma das opções das metodologias a serem comparadas para a fundação.

Em se falando de métodos, o primeiro a ser elencado é de estaqueamento do tipo raiz, as quais são elementos de classificação de fundação profunda, caracterizados pela sua capacidade de suportar cargas elevadas, em solos de baixa resistência. Este método é particularmente vantajoso em áreas urbanas densamente povoadas onde a vibração e o ruído devem ser minimizados. Durante a construção das estacas raiz, o terreno é perfurado e a argamassa de cunho estrutural é injetada sob alta pressão, o que permite a adaptação às diferentes condições geotécnicas e a superação de obstáculos presentes no subsolo.

Para os tubulões a céu aberto, outro método de fundações profundas, a terraplenagem é realizada manualmente, ou ainda por meio de maquinário, promovendo a escavação até a profundidade necessária ao assentamento das fundações. A utilização de anéis de concreto, como suportes e contenção do terreno, garante a estabilidade das paredes das cavas durante a escavação e a concretagem. Este método é adequado para solos coesos e não saturados, onde os trabalhadores suscitam as cavas ao longo da profundidade, podendo, conforme necessidade, desenvolver a ampliação da base para aumento das resistências.

Por sua vez, as estacas do tipo raiz oferecem maior flexibilidade em solos heterogêneos e são menos invasivas, enquanto os tubulões a céu aberto, com uso de anéis de concreto, podem ser mais econômicos em solos não saturados e permitir melhor controle visual durante a construção.

O objetivo deste estudo é fornecer uma base sólida para a seleção do método de fundação mais adequado para diferentes tipos de projetos, contribuindo assim para a otimização de recursos e a segurança da construção.

2 Desenvolvimento

Os capítulos seguintes tecerão o desenvolvimento do projeto, demonstrando as técnicas e metodologias utilizadas, além de restrições edilícias.

2.1 Restrições Edilícias

Conforme lei complementar 274 (RIO DE JANEIRO, 2024) a zona na qual está disposta a pretensa construção é o Alto da boa Vista, é a Zona Residencial Multifamiliar 1, margeada por uma ZCA Zona de Conservação Ambiental.

As restrições edilícias são grandes de forma que, segundo o Relatório de Informações Urbanísticas, extraído do sistema de navegação da prefeitura do Rio de Janeiro, indica que o lote se encontra acima dos 100m de altitude, Macrozona de Uso Sustentável, na Zona Residencial Multifamiliar ZRM1 D da AP 2.2. Os lotes mínimos devem ter 360 m² de área e testada mínima de 10 m (RIO DE JANEIRO, 2024).

Dos parâmetros de ocupação do solo, tem-se:

a) Coeficiente de Aproveitamento Básico (CAB): 1,0;

b) Coeficiente de Aproveitamento Máximo (CAM): 1,0;

c) Taxa de Ocupação máxima (TO): 50 / 30 para os lotes acima de 1000m²;

d) Afastamento Frontal (m): 3 m;

e) Gabarito (afastado das divisas): 2 pav / 8m;

f) Gabarito (não afastado das divisas): 2 pav / 8m;

g) Coeficiente de Adensamento (Q): 180;

h) Superfície Mínima Drenante (SMD): 20% da área livre mínima;

i) Índice de Comércio e Serviços (ICS): 0,3 (0,3 do CAM);

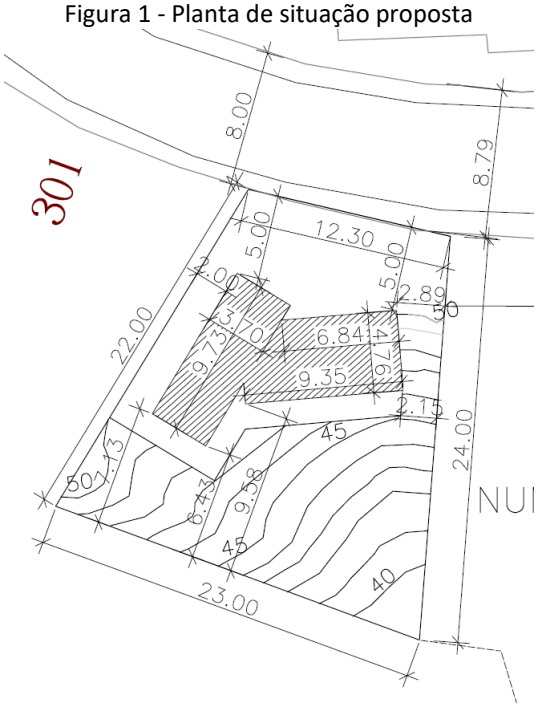
Nesse contexto, observando a Lei complementar nº 274 (RIO DE JANEIRO 2024), a arquitetura se limitou ao estabelecimento de um imóvel de dois pavimentos. Um pavimento no nível térreo e outro abaixo. Sem que esses ultrapassem a altura de 11 metros, obtida pelo traçado imaginário de uma reta paralela à superfície do terreno.

O terreno escolhido para a construção, por sua vez, possui uma área total de 380 m², com isso, a superfície mínima drenante, com taxa de 20%, limitou o imóvel a ter uma área de projeção máxima no solo de 76,00m².

Os afastamentos ditaram valores de 5 metros de distância da testada frontal, o que nesse ponto direcionou a construção para o limite do patamar existente, antes do forte declive existente no terreno. Os afastamentos laterais obedeceram à normativa, perfazendo 2 metros de afastamento lateral. Já o afastamento de fundos não foi limitante da edificação, que se manteve no terço médio do terreno.

Na sequência, é trazida a imagem da planta de situação do imóvel pretendido.

Figura 1 - Planta de situação proposta



Fonte: Projeto do autor, emitido em 2024.

2.2 Dos estudos da Geotecnia

Conforme explica (SIQUEIRA, 2013) a formação do Maciço da Tijuca é predominantemente composta por gnaisses e granitos, contando também dos diques de diabásio e alcalinas, bem como falhas diversas. O relevo que dá forma ao maciço é mais recente do que as rochas que lhe dão origem.

Ciente da macro formação da região, o conhecimento da geotecnia específica local utilizou-se, principalmente dos ensaios de SPT, realizados em dois eventos distintos ao longo do tempo nos estudos.

Os ensaios, preconizados na NBR 6122 (ABNT, 2022), foram desenvolvidos através da NBR 6484 Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio (ABNT, 2020), e consistiram um total de 10 furos na área de interesse.

Na primeira campanha, realizada nos idos de março de 2002, foram estabelecidos oito furos dentro dos limites do terreno. Nesse ensaio, restou clara a presença de uma região na parte mais alta do terreno, com uma camada de aterro que chega aos quatro metros e noventa centímetros de profundidade, seguida no perfil de estratificação por um solo residual, com profundidades de sessenta centímetros à quatro metros de espessura, estando o impenetrável na camada subsequente.

Em uma segunda campanha, em 2024, com o principal intuito de comparar e, eventualmente, confirmar àquela primeira, diante do lapso temporal entre os eventos

primos de investigação e o segundo momento, com novo proprietário como operador local e diante das novas propostas de projeto.

As investigações novas complementaram com dois furos no interior do terreno objeto de estudo e mais três furos em um terreno vizinho, cujo proprietário também tem intenção atual de construir. Esses furos feitos em conjunto, apesar de pesquisar o terreno vizinho, foram interessantes para o contexto do projeto.

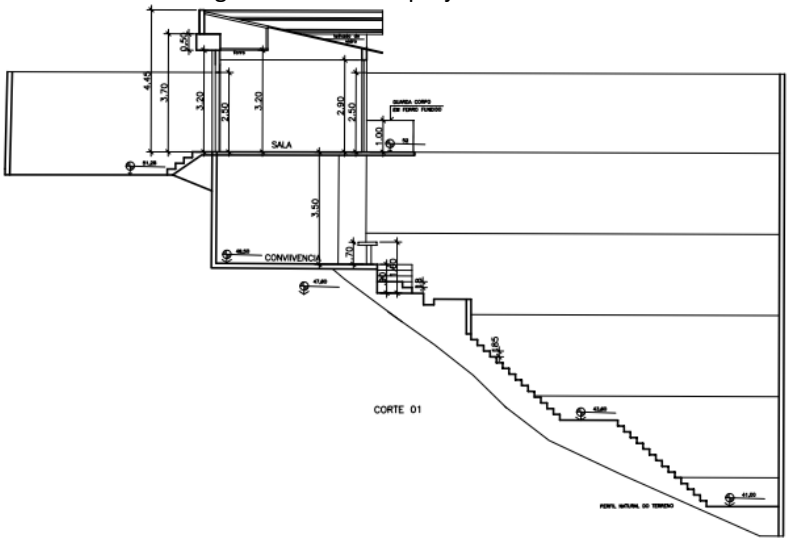
Estes últimos furos, confirmaram as informações da primeira campanha, trazendo na primeira camada uma região de aterro, variando de um metro e sessenta até quatro metros e sessenta, seguida por um solo residual com espessura média de um metro e oitenta.

Aplicando a projeção da planta proposta do imóvel sobre o terreno possuído, podemos trazer os cortes e inserções da pretensa construção e sua interação com o solo.

Figura 1 – Planta baixa

Fonte: Projeto do autor, emitido em 2022.

Figura 2 – Corte do projeto do imóvel



Fonte: Projeto do autor, emitido em 2022.

2.3 Das Estruturas

Os dados abaixo foram desenvolvidos partir de um projeto específico, destinado a essa futura construção. O tema não será desenvolvido nesse documento, servindo, contudo, para as tratativas da fundação, a partir do mapa de carga, gerado pelo modelo desenvolvido.

Figura 3 – Mapa de cargas

Elem	FZ MAX-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MX MAX-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MY MAX-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			FZ MIN-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MX MIN-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MY MIN-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações		
	Fz	Mx	My	Fz	Mx	My	Fz	Mx	My	Fz	Mx	My	Fz	Mx	My	Fz	Mx	My
B1	14.5	0.2	0.7	13.4	0.2	1.2	13.4	0.2	1.2	13.0	0.2	1.2	14.1	0.1	0.6	14.1	0.1	0.6
B5	4.2	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0
B6	13.4	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	11.2	0.0	0.0
B8	35.6	0.5	0.3	34.7	0.5	0.3	34.0	0.5	0.3	33.3	0.2	0.2	33.3	0.2	0.2	33.9	0.3	0.1
B10	34.3	0.5	0.3	33.5	0.6	0.3	33.2	0.5	0.4	32.0	0.2	0.2	32.0	0.2	0.2	32.3	0.3	0.2
B12	26.4	0.1	0.3	25.9	0.1	0.4	25.9	0.1	0.4	24.4	0.1	0.2	24.5	0.1	0.2	24.5	0.1	0.2
BC1	5.7	1.8	-0.3	5.7	1.8	-0.3	3.4	0.9	-0.2	3.4	0.9	-0.3	3.4	0.9	-0.3	5.7	1.8	-0.4
BC2	2.5	2.2	-0.4	2.4	2.2	-0.2	1.7	1.3	-0.1	1.7	1.3	-0.1	1.8	1.2	-0.2	2.5	2.2	-0.4
BC3	7.1	1.7	-0.4	6.2	2.6	-0.6	6.5	1.7	-0.3	5.6	2.6	-0.4	6.5	1.7	-0.3	6.2	2.6	-0.6
BC4	25.8	1.8	0.4	23.1	2.7	0.3	23.8	2.3	0.5	21.5	2.7	0.4	24.1	1.8	0.5	23.5	2.2	0.3
BC5	27.1	3.4	-0.2	27.0	3.6	-0.3	24.3	2.4	0.1	23.5	1.6	0.0	23.5	1.6	0.0	26.3	2.8	-0.3
BC6	6.8	2.6	-0.5	6.7	4.1	-0.9	6.7	1.9	-0.2	6.6	3.5	-0.6	6.7	1.9	-0.2	6.7	4.1	-0.9
BC7	19.1	1.8	1.2	11.9	6.1	-0.4	17.0	2.9	1.6	11.9	6.1	-0.4	19.1	1.8	1.2	14.0	5.0	-0.8
BC8	16.7	-0.3	1.4	16.0	-0.1	1.0	15.6	-0.5	2.2	15.0	-0.3	1.9	15.6	-0.5	2.2	16.0	-0.1	1.0
BC9	11.3	-0.4	1.6	10.6	-0.1	1.0	11.2	-0.5	2.1	10.6	-0.2	1.4	11.2	-0.5	2.1	10.6	-0.1	1.0
BC10	10.4	-0.1	1.4	9.4	0.3	1.7	9.0	0.0	2.4	8.6	0.2	2.3	9.5	-0.1	1.9	9.9	0.2	1.2
BC11	9.7	-0.4	2.7	7.4	0.0	1.4	9.7	-0.4	2.7	7.4	0.0	1.4	9.7	-0.4	2.7	7.4	0.0	1.4
BC12	19.5	6.6	2.7	19.5	7.1	2.9	19.5	7.1	2.9	16.6	2.9	1.3	16.6	2.9	1.3	16.6	2.9	1.3
BC13	7.2	1.5	2.9	5.5	1.9	2.7	7.2	1.5	2.9	4.9	1.4	1.5	6.6	0.9	1.6	4.9	1.4	1.5
Soma	297.5	23.6	14.0	274.3	33.7	10.5	279.8	21.9	18.9	255.2	23.4	10.3	275.5	13.9	13.8	270.1	25.7	5.3

Observações:
==========
1 - Os valores apresentados referem-se às reações nos apoios
2 - Esforços com valores característicos
3 - Forças em tf
4 - Momentos em tfm
5 - Sistema de coordenadas GLOBAL
6 - A força X positiva empurra o apoio da esquerda para a direita
7 - O momento X positivo gira o apoio em torno do eixo X no sentido horário
8 - A força Y positiva empurra em planta o apoio de baixo para cima
9 - O momento Y positivo gira o apoio em torno do eixo Y no sentido horário
10 - A força Z positiva empurra o apoio de cima para baixo
11 - O momento Z positivo gira o apoio em torno do eixo Z no sentido horário
12 - CA é a cota de arrasamento/ponta da ESTACA

Fonte: Arquivos do Autor, 2023.

2.4 Dos dimensionamentos das fundações em estacas

Optou-se por dividir os blocos em seis grupos, definidos também pelo seu tipo, nível e profundidades de suas estacas. Todas as estacas foram consideradas como estacas raiz, de diâmetro de 31 cm

Tabela 1 – Divisão por grupos da tabela de carga

Grupo	Bloco	Dimensões (Tfxm)	Nível de topo (m)	Profundidade (cm)
1	BC2; BC3; BC4; BC5; BC6; BC8; BC8; BC9; BC10; B12;	70 x 170 x 75	+47,95	475
2	BC 12	70 x 190 x 75	+47,95	475
3	B1	70 x 170 x 75	51,15	775
4	B6	70 x 170 x75	46,35	335
5	BC1; BC13; B5	70 x 70 x 75	+47,95	475
6	BC7; B8; B10	140,4; 140,4; 140.4; 75 (bloco de três estacas)	+47,95	475

Fonte: Projeto próprio (2023)

2.5 Dos dimensionamentos das fundações em tubulão encamisado

Através da análise dos máximos e mínimos dos esforços de cada um dos grupos, foi estabelecida a tabela de referência, para os dimensionamentos dos tubulões. Indicado na NBR 6118 (ABNT, 2023), o coeficiente de ponderação do concreto de 2,2, uma vez que fora considerado o uso do concreto de 25 MPa. Abaixo, são extraídos os grupos e os esforços a serem majorados para o dimensionamento dos tubulões:

Tabela 2 – Máximos da tabela de carga por grupo

Grupo	Fz (Tf)	Mx (Tfxm)	My (Tfxm)
1	27,1	7,1	2,9
2	26,4	0,1	0,4
3	14,5	0,2	1,2
4	13,4	0	0
5	7,2	1,9	2,9
6	35,6	6,1	1,6

Fonte: Projeto próprio (2023)

Para o dimensionamento, tomou-se pelo mínimo do diâmetro do fuste o preconizado na norma regulamentadora nº 18 - NR 18 (BRASIL, 2020), no item 18.6.21, que define a necessidade de largura da escavação, superior a 80 cm, com exceções as quais não serão aplicadas.

Sendo assim, na sequência temos os diâmetros de cada grupo de tubulões.

Tabela 3 – Dimensões dos tubulões por grupo

Grupo	Diâmetro do fuste (cm)	Diâmetro da base (cm)
1	80	150
2	80	150
3	80	110
4	80	105
5	80	80
6	80	170

Fonte: Projeto próprio (2023)

2.6 Das definições dos custos

Em seu livro, Aldo Dorea Mattos (MATTOS, 2019), descreve a atividade de orçamentação como uma das principais áreas dos negócios da construção, não podendo ser esse um exercício de adivinhação, apesar de alguns parâmetros não poderem ser elencados

com exatidão. O orçamento carece de um aprofundamento no conhecimento do projeto, para que o profissional ou equipe envolvida na orçamentação gere um trabalho com alto grau de precisão.

Condição fundamental da elaboração do planejamento e do orçamento da obra foi a definição da estrutura analítica do projeto (EAP), como bem define o (PMI, 2017), sendo a EAP: "uma decomposição hierárquica orientada para entrega do trabalho a ser executado pela equipe".

As comparações a serem diferenciadas nesse estudo estão no nível de execução das fundações. Pensando ainda na EAP, todos os pacotes de serviços que são afetados pelas diferenças das metodologias de execução estarão no centro da atenção desse estudo, ficando aqueles que não são amaneirados ao tema, excluídos do processo da análise, de forma a otimizar e focar o trabalho em curso.

Nesse ponto é importante citar, o apoio das composições públicas que serão utilizadas para as confrontações.

2.7 Dos custos com a metodologia de estacas

Nos cadernos técnicos de composições para estacas raiz (CAIXA, 2023) são descritas as duas composições a serem utilizadas neste estudo, uma vez que parte das mesmas estacas serão feitas com avanço na camada de rocha, enquanto o maior comprimento do fuste será executado em solo.

A primeira composição importante, nomeada por estaca raiz, diâmetro de 31 cm, perfurada em rocha (exclusive mobilização e desmobilização). af_03/2020_pa, atendendo pelo código 102650, é aquela que traz a perfuração de rocha, para a qual o projeto previu um metro de cravação.

Sua descrição, contida no caderno técnico do SINAPI (CAIXA, 2021), contempla nos itens e características os seguintes elementos:

> - *Servente com encargos complementares: profissional que auxilia no posicionamento do equipamento, escavação, armação, concretagem e retirada do material escavado;*
> - *Perfuratriz rotativa: utilizada para perfuração do solo;*
> - *Bomba centrífuga: empregada na injeção de água para auxiliar na saída do material perfurado e fazer a limpeza do revestimento;*
> - *Bomba Triplex: para injeção da argamassa de cimento e areia;*
> - *Compressor de ar de baixa pressão: para aplicação de golpes de ar, possibilitando a penetração da argamassa no solo;*
> - *Compressor de ar de alta pressão: utilizado para o funcionamento do martelo de fundo, para a perfuração de rocha ou matacão;*
> - *Água: utilizada durante a perfuração do solo;*
> - *Argamassa traço 1:1,93 (em volume de cimento e areia média úmida), fck de 20 MPa: empregada no preenchimento da estaca;*

- Conjunto de tubos de aço segmentados, com rosca com diâmetro nominal de 310mm: utilizado na perfuração do solo; - Tubo de PVC e conexão: utilizados para injeção de argamassa;

- Aço CA 50, diâmetro de 20,0 mm: empregado na armadura longitudinal da estaca;

- Aço CA-50, diâmetro de 6,3 mm: utilizado em estribo contínuo helicoidal (armadura transversal);

- Arame recozido 18 BWG, 1,25 mm (0,01 kg/m);

- Engenheiro Pleno: profissional que fiscaliza e auxilia a equipe em todas as atividades de execução da estaca;

- Encarregado Geral: profissional que coordena e auxilia a equipe em todas as atividades de execução da estaca.

Para os equipamentos, também conforme contido no caderno técnico do SINAPI (CAIXA, 2021), tem-se:

- Perfuratriz rotativa sobre esteira, torque máximo de 2.500 kgf, motor a diesel, potência de 110 HP;

- Bomba centrífuga monoestágio, com motor elétrico monofásico, potência de 15 HP, diâmetro do rotor de 173 mm, hm/q de 30 mca/90 m3/h a 45 mca/55 m3/h;

- Misturador duplo horizontal de alta turbulência, capacidade/volume de 2 x 500 litros, motores elétricos com potências mínimas de 5 CV cada, para nata de cimento, argamassa e outros;

- Bomba Triplex, para injeção de nata de cimento e argamassa, vazão máxima de 100 litros/minuto, pressão máxima de 70 Bar;

- Compressor de ar com capacidade mínima de vazão de 10 pcm e pressão entre 6,9 e 9,7 Bar;

- Compressor de ar rebocável, descarga livre efetiva de 180pcm, pressão de trabalho de 102 psi e motor a diesel de 89CV."

Nessa composição, o custo segundo o custo médio nacional, Base SINAPI de janeiro de 2024, com atualização em março de 2024, teve valor de:

R$ 395,79 /m (trezentos e noventa e cinco reais e setenta e nove centavos por metro)

Para a segunda composição, nomeada por "estaca raiz, diâmetro de 31 cm, sem presença de rocha (exclusive mobilização e desmobilização). af_03/2020", atendendo pelo código 102646, aquela que traz a perfuração de rocha, na qual o projeto previu um metro de perfuração.

Sua descrição, contida no caderno técnico do SINAPI (CAIXA, 2021), contempla nos itens e características os seguintes elementos:

- Servente com encargos complementares: profissional que auxilia no posicionamento do equipamento, escavação, armação, concretagem e retirada do material escavado;

- Perfuratriz rotativa: utilizada para perfuração do solo;

> *- Bomba centrífuga: empregada na injeção de água para auxiliar na saída do material perfurado e fazer a limpeza do revestimento;*
>
> *- Bomba Triplex: para injeção da argamassa de cimento e areia;*
>
> *- Compressor de ar de baixa pressão: para aplicação de golpes de ar, possibilitando a penetração da argamassa no solo;*
>
> *- Água: utilizada durante a perfuração do solo; - Argamassa traço 1:1,93 (em volume de cimento e areia média úmida), fck de 20 MPa: empregada no preenchimento da estaca;*
>
> *- Conjunto de tubos de aço segmentados, com rosca com diâmetro nominal de 310 mm: utilizado na perfuração do solo;*
>
> *- Tubo de PVC e conexão: utilizados para injeção de argamassa;*
>
> *- Aço CA 50, diâmetro de 20,0 mm: empregado na armadura longitudinal da estaca; - Aço CA-50, diâmetro de 6,3 mm: utilizado em estribo contínuo helicoidal (armadura transversal);*
>
> *- Arame recozido 18 BWG, 1,25 mm (0,01 kg/m);*
>
> *- Engenheiro Pleno: profissional que fiscaliza e auxilia a equipe em todas as atividades de execução da estaca;*
>
> *- Encarregado Geral: profissional que coordena e auxilia a equipe em todas as atividades de execução da estaca."*

Para os equipamentos, também conforme contido no caderno técnico do SINAPI (CAIXA, 2021), tem-se:

> *- Perfuratriz rotativa sobre esteira, torque máximo de 2.500 kgf, motor a diesel, potência de 110 HP;*
>
> *- Bomba centrífuga monoestágio, com motor elétrico monofásico, potência de 15 HP, diâmetro do rotor de 173 mm, hm/q de 30 mca/90 m3/h a 45 mca/55 m3/h;*
>
> *- Misturador duplo horizontal de alta turbulência, capacidade/volume de 2 x 500 litros, motores elétricos com potências mínimas de 5 CV cada, para nata de cimento, argamassa e outros;*
>
> *- Bomba Triplex, para injeção de nata de cimento e argamassa, vazão máxima de 100 litros/minuto, pressão máxima de 70 Bar;*
>
> *- Compressor de ar com capacidade mínima de vazão de 10 pcm e pressão entre 6,9 e 9,7 Bar."*

Nessa composição, segundo o custo médio nacional, base SINAPI de janeiro de 2024, com atualização em março de 2024, o custo unitário teve valor de:

R$ 323,11 /m (trezentos e vinte e três reais e onze centavos por metro)

Sendo assim, diante do projeto para o local, a tabela abaixo aglutinará as informações do quantitativo de estacas:

Tabela 2 – Divisão por grupos da tabela de carga

Grupo	Blocos	Estacas	Profundidade (cm)	Estacas em solo (cm)	Estacas em Rocha (cm)
1	10	20	475	7500	2000
2	1	2	475	750	200
3	1	2	775	1300	200
4	1	2	335	470	200
5	3	3	475	1425	300
6	3	9	475	3375	300
Total				14.820	3.200

Fonte: Projeto próprio (2023)

Tomando-se o total de 148,20m (cento e quarenta e oito metros) de estaca em solo, aplicado sobre a composição de custo de R$ 323,11 (trezentos e vinte e três reais, e onze centavos) por metro, o valor dessa linha, chega a R$ 47.884,90 (quarenta e sete mil oitocentos e oitenta e quatro reais e noventa centavos.

Agora, quando computada a composição das estacas com presença de rocha, no valor unitário de R$ 395,79 (trezentos e noventa e cinco reais e setenta e nove centavos) por metro, em 32 m de cravações nesse meio, tem-se o valor de R$ 12.665,28 (doze mil seiscentos e sessenta e cinco reais e vinte e oito centavos).

Sendo assim, os valores obtidos para o total das estacas estão em R$ 60.550,18 (sessenta mil quinhentos e cinquenta reais e dezoito centavos).

2.8 Dos custos com a metodologia de tubulões

Ao contrário das demais composições baseadas nos sumários da Caixa econômica, a composição de preços utilizada apara os tubulões, teve sua consulta e uso a partir do Sistema de Custo de Obra (SCO-RIO, 2024), temos:

> *FD 05.25.0050 (B) - Tubulão com camisa de concreto armado com diâmetro de 1m. Fornecimento, preparo e colocação dos materiais para execução (concreto fck=18,5MPa para camisa e fck=15MPa para enchimento, forma curva, aço CA-50)*
>
> *FD 05.25.0200 (B) - Tubulão com camisa de concreto armado com diâmetro de 1,2m. Fornecimento, preparo e colocação dos materiais (concreto fck=15MPa) para execução de base alargada.*

Em se tratando do arrasamento, tem-se a composição: FD 05.40.0200 (B) Arrasamento de tubulão de concreto, com diâmetro acima de 80 cm.

Ainda sobre o pacote de serviços, para o alargamento da base, traz-se:

FD 04.25.0200 (B) - Tubulão com camisa de concreto armado com diâmetro de 1,2m. Fornecimento, preparo e colocação dos materiais (concreto fck=15MPa) para execução de base alargada. (desonerado)."

Tabela 2 – Divisão por grupos da tabela de carga

Grupo	Blocos	Profundidade (cm)	Diâmetro do fuste (cm)	Diâmetro da base (cm)	custo unit (R$)	Subtotal (R$)	Alargamento (m)	Subtotal (R$)	Total (R$)
1	10	4,75	0,8	1,5	1.188,00	56.430,00	0,442572	2.726,57	59.156,57
2	1	4,75	0,8	1,5	1.188,00	5.643,00	0,442572	272,66	5.915,66
3	1	7,75	0,8	1,1	1.188,00	9.207,00	0,067152	116,85	9.323,85
4	1	3,35	0,8	1,05	1.188,00	3.979,80	0,045406	97,38	4.077,18
5	3	4,75	0,8	0	1.188,00	16.929,00	0,201062	934,82	15.994,18
6	3	4,75	0,8	1,7	1.188,00	16.929,00	0,795216	1.051,68	17.980,68
Total									112.448,11

Fonte: Projeto próprio (2023)

Sendo assim, restou demonstrado que o custo de execução dos tubulões está na ordem de R$ 112.448,11 (cento e doze mil quatrocentos e quarenta e oito reais e onze centavos).

3 Considerações finais

Os cenários traçados ao longo desse trabalho expuseram as dificuldades construtivas que serão estabelecidas, especialmente no que tange a escolha da fundação do pretenso imóvel.

As condições geológicas da região foram moldadas pelos fenômenos físicos e químicos, associados ao uso da superfície do solo, ao longo de todo o período de avanço da cidade sobre a vegetação original e sua posterior retratação, com a criação da floresta da Tijuca.

A partir das análises do solo com os diversos ensaios aplicados, chegou-se a duas possibilidades mais bem indicadas ao processo de fixação da vindoura construção ao maciço, sendo a primeira delas à estaca do tipo raiz e o segundo o tubulão.

Houve, então, a aplicação dos chamados pacotes de trabalho, nos itens mais dispares da estrutura analítica de custos do projeto, dentre todos aqueles que definiriam as previsões do empreendimento. Baseado em coletâneas públicas e seus cadernos técnicos de composição, os valores ali preconizados foram multiplicados pelos quantitativos encontrados para a obra. Cabe salientar que haveria ainda alguns elementos que trariam diferenças de custo, contudo, como uma proporção pequena entre os blocos de coroamento, a partir dos quais as diferenças de projeto não mais se fariam representáveis.

Por fim, a divergência de valores entre os dois métodos, o de estaca raiz com custo para esse elemento na ordem de R$ 60.550,18 (sessenta mil quinhentos e cinquenta reais e dezoito centavos), e o custo do pacote de serviço dos tubulões restando no montante de R$ 112.448,11 (cento e doze mil quatrocentos e quarenta e oito reais e onze centavos), demonstrou uma diferença considerável entre as metodologias, sendo a mais dispendiosa 85% superior, definindo de forma cabal que o melhor caminho a ser seguido para o projeto e execução da obra, seria o uso das estacas do tipo raiz.

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2024.

BRASIL. Ministério da Economia. **NR 18 – Condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020.

CAIXA. Caixa Econômica Federal. **SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal**. – 10ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2024

CAIXA. Caixa Econômica Federal. **Sumário de Publicações.** SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, 2023. https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-sumario-composicoes-aferidas/SUMARIO_DE_PUBLICACOES_E_DOCUMENTACAO_DO_SINAPI.pdf acessado em set 2024.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamentos de Obras.**, Editora Oficina de Textos, São Paulo, 3ª edição, 2019.

PMI. Project Management Institute. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK® 6a. ed. EUA. 2017.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura. **Lei Complementar Nº 274 de 17 de julho de 2024**. Rio de Janeiro, 2024.

SARDINHA, Thalyta Shely Souza; COSTA, Alexander Josef Sá Tobias. **O maciço da Tijuca pela perspectiva histórica: seus usos e impactos**. ed. Goiania: Atlas, 2021

SCO – RIO. **Sistema de Custos para Obras e Serviços de Engenharia**, Rio de Janeiro, 2023

SIQUEIRA, Andréa Espinola et al. **Guia de Campo do Parque Nacional da Tijuca Rio de Janeiro**: UERJ/ IBRAG, 2013.