Gerenciamento da etapa de fundações de edifício residencial na cidade de Goiânia

Management of the foundation stage of a residential building in the city of Goiânia

Barros, E. S. [1]; Oskiano, V. B.[2]
Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

JUCA, T. R. P. [3]
Professora Ma., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

[1] 20181002500231@pucgo.edu.br ; [2] 20172002500976@pucgo.edu.br

[1] salcides159@gmail.com ; [2] Vitor.Oskiano@hotmail.com

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo de caso focado na fase de fundação de uma obra de construção civil, especificamente em um empreendimento residencial. O objetivo é analisar a implementação de fundações compostas por estacas, blocos de coroamento e tubulões, destacando os aspectos técnicos, econômicos e de gestão. A pesquisa foi estruturada em três seções principais, uma revisão bibliográfica sobre os tipos de fundações e suas aplicações, uma descrição detalhada da obra, incluindo o contexto geotécnico e as especificações do, bem como os desafios enfrentados durante a execução.

Palavras-chaves: Tubulão, Estaca de Hélice Continua, Bloco de Coroamento, Gestão, Comparativo, Fundações, Custo.

ABSTRACT: This paper presents a case study focused on the foundation phase of a construction project, specifically in a residential development. The objective is to analyze the implementation of foundations composed of piles, crown blocks, and caissons, highlighting the technical, economic, and management aspects. The research is structured into three main sections: a literature review on types of foundations and their applications, a detailed description of the project, including the geotechnical context and project specifications, and a critical analysis of the construction methods used, as well as the challenges faced during execution.

Keywords: Tubular, Continuous Helix Pile, Crowning Block, Management, Comparative, Foundations, Cost.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil, 02 – Fundações, 03 – Geotécnica, 04 – Orçamento, 05 – Infraestrutura

1 INTRODUÇÃO

A fundação é uma das etapas mais críticas na construção civil, pois garante a estabilidade e segurança da edificação. É essencial que o processo de fundação seja bem planejado, levando em consideração o tipo de solo, o peso da estrutura e as condições ambientais. No entanto, diversos problemas podem surgir durante essa fase, como solos instáveis, falhas no dimensionamento ou execução inadequada, que podem comprometer a segurança da edificação.

Um dos principais desafios enfrentados é o custo da fundação; Segundo Mattos (2006), a obra é uma atividade eminentemente econômica, sendo de suma preocupação o custo que está ligada à execução, e ao planejamento através da orçamentação que será realizada anteriormente às atividades visando a estimativa de custos, e uma previsão quanto ao controle de gastos e os possíveis lucros.

Outro ponto fundamental é a qualidade da execução. A utilização de materiais de baixa qualidade ou falhas no controle de execução podem gerar problemas futuros, como recalques, fissuras e até desabamentos. Portanto, o controle rigoroso da qualidade é crucial para garantir a durabilidade e segurança da edificação.

O gerenciamento de cronogramas também é um desafio recorrente. A fase de fundação costuma ser mais suscetível a atrasos devido a imprevistos como mudanças climáticas, problemas no solo, problemas de logísticas de serviços a serem executados ou dificuldades com o fornecimento de materiais. Esses atrasos podem causar impactos no cronograma global da obra, aumentando custos indiretos e pressionando o restante das fases de construção.

A comparação entre custos, qualidade e tempo de execução destaca a importância de um bom planejamento e gerenciamento. O equilíbrio entre esses fatores deve ser constantemente monitorado, e decisões estratégicas devem ser tomadas para otimizar o andamento da obra sem comprometer a segurança e o orçamento final. Um gerenciamento eficaz, envolvendo equipes técnicas experientes, garante que eventuais problemas possam ser rapidamente identificados e resolvidos, minimizando impactos no prazo e no custo final do projeto.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a importância das fundações em edificações, destacando os desafios técnicos e gerenciais enfrentados durante sua execução. De maneira específica serão identificados os principais problemas enfrentados na fase de fundação.

A intenção é contribuir para o aprimoramento das técnicas das fundações e do gerenciamento de projetos, oferecendo uma base teórica e prática que auxilie engenheiros e gestores a tomar decisões mais eficazes em futuras obras.

O tema foi escolhido devido ao impacto crítico que a fundação de um prédio exerce sobre a segurança estrutural, o custo final do projeto, o cumprimento dos prazos e a qualidade da obra como um todo.

A escolha deste tema justifica-se pela relevância da fundação no sucesso de qualquer empreendimento da construção civil, sendo essa a etapa responsável por garantir a estabilidade da edificação e evitar futuros problemas estruturais que poderiam comprometer a integridade da construção. Além disso, a crescente demanda por edificações em áreas urbanas, muitas vezes com solos de baixa qualidade, torna essencial o estudo das melhores práticas de fundação, visando otimizar custos e garantir a segurança das edificações.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O gerenciamento de fundações em obras de engenharia civil é crucial para garantir a segurança, a durabilidade e a economia de um projeto. A fundação é responsável por transmitir as cargas da edificação ao solo de forma adequada, evitando recalques, instabilidades ou colapsos estruturais. Para isso, o gerenciamento cuidadoso em todas as etapas desde o projeto, execução até a manutenção é fundamental.

De acordo com Azevedo (2011) e Gomes (2020), um aspecto vital do gerenciamento é a correta análise das condições do solo. Os autores argumentam que fundações bem gerenciadas envolvem adaptações do projeto conforme as características locais, o que assegura que o tipo de fundação escolhido seja o mais adequado para o tipo de solo encontrado no local da obra.

Pinto (2009) destaca que um bom projeto de fundações depende fundamentalmente da análise precisa das condições do solo. Segundo ele, o conhecimento das propriedades geotécnicas do terreno é essencial para escolher o tipo de fundação mais adequado, garantindo que o solo possa suportar as cargas impostas pela edificação, evitando problemas como recalques excessivos e instabilidades. O laudo de sondagem tem um fator crucial na fundação, que por consequência indicará para o executor e para os projetistas, os problemas enfrentados naquela região que será executado.

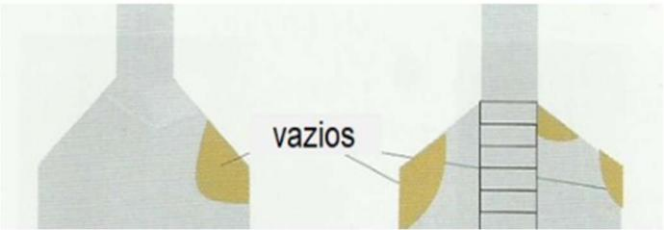
Silva (2024) e Pinto (2009) afirma que uma análise insuficiente ou equivocada do solo é uma das principais causas de problemas em fundações. Segundo ele, a falta de sondagens adequadas pode levar à escolha incorreta do tipo de fundação, causando recalques excessivos, deslizamentos ou até o colapso parcial da edificação. O autor ressalta que solos heterogêneos ou com presença de lençóis freáticos podem trazer riscos adicionais quando não são devidamente investigados.

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2008, p.2), as condições hidrológicas devem ser consideradas representadas por observações do nível d'água em perfurações de sondagem, alterações devido a presença dos mares, presença de lençóis suspensos ou artesianos.
Albuquerque Filho (2002) apresenta um resumo das principais consequências induzidas pela ascensão do nível freático dos termos que margeiam o solo:

- O aumento da umidade do solo pode ocasionar alterações nas características de estabilidade estrutural natural, impactando, como consequência, fundações ou estruturas nele apoiadas;
- A saturação do subleito de vias pode resultar em recalques diferenciais devido às cargas aplicadas;
- Profundidades finais rasas favorecem a elevação da evapotranspiração, o que, por sua vez, aumenta o conteúdo salino nos solos superficiais e sub-perficiais.

De acordo com pesquisas de Milititsky (2015) problemas com o controle de adensamento do concreto e vibrações insuficientes resultam em perda de seção útil das peças de fundações, bem como falhas no cobrimento necessário das armaduras isso no processo executivo, provocando assim condições de instabilidade e rápida degradação dos elementos em algumas situações o seu colapso após a imposição de carregamento, como indicado na Figura 1.

Figura 1 – Mau adensamento, Fonte Adaptado Milititsky (2015)



Nascimento (2012) destaca que para avaliar a segurança em um problema de estabilidade de forma científica, é fundamental compreender e determinar as grandezas envolvidas no fenômeno, bem como quantificar suas incertezas. Uma abordagem eficaz para isso é o uso de métodos estatísticos. Por meio deles, é possível obter resultados como a probabilidade de falha e o fator de segurança médio. Portanto, a quantificação das grandezas requer o conhecimento das propriedades dos materiais, incluindo seus valores médios e a forma como essas propriedades variam.

Para Velloso e Lopes (2016), o projeto de fundação, quando bem elaborado, contribui para a economia e otimização de materiais e tempo. Eles argumentam que uma análise detalhada e precisa, somada à escolha correta do tipo de fundação (rasas ou profundas), pode evitar gastos desnecessários, como a utilização excessiva de concreto ou estacas mais longas do

que o necessário, além de minimizar os riscos de retrabalhos.

O custo global da fundação gira em torno de 3 a 6% do total de uma obra, sendo que se ocorrer problemas este valor pode se elevar bastante, atingindo constantes que podem tornar inviável a obra (CONSOLI; MILITITSKY; SCHNAID, 2008).

Não se deve confundir otimização de custos e recursos com má qualidade, principalmente se tratando de materiais. Graças ao planejamento construtivo segundo RODRIGUES (2019) vem tomando a cada dia mais importância, devido a construções cada vez mais complexas e ousadas e também ao cuidado com a segurança e conforto do usuário. A norma técnica NBR 15575, veio justamente para impor isto ao mercado, afinal um mau planejamento ou a falta dele pode trazer consigo transtornos e problemas grandiosos, afetando não só o custo final da obra, mas também questões de estabilidade do empreendimento (ABNT, 2013).

4. METODOLOGIA

O presente trabalho trata de um estudo de caso de uma obra em execução na cidade de Goiânia, em etapa de fundação que utiliza estacas de hélice contínua, blocos de coroamento e tubulões. A escolha desses tipos de fundação é justificada pelo tipo de solo local e as cargas que a estrutura impõe ao subsolo. O estudo será baseado em uma obra real, onde serão coletadas informações diretamente do projeto de fundação e de campo.

O edifício, localizado na região sul de Goiânia, é composto por 2 subsolos, térreo, 3 mezaninos, 22 pavimentos-tipo, rooftop e barrilete. A estrutura do edifício cujas fachadas podem ser vistas na Figura 2, foi projetada em concreto armado, e as fundações foram projetadas para estaca hélice contínua, bloco sobre estaca, e tubulão.

Figura 2-Fachadas, Fonte ARQTO. ANDREY A. MACHADO (2024)

O mapeamento das cargas em cada pilar é apresentado no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde se pode notar que os pilares que têm maior sobrecarga são o P12, P13, P19 e P22, que receberão cargas em torno de 1200tf, cada.

Quadro 1 – Cargas aplicadas nas fundações

Pilar											
Nome	Seção (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Mín. (tf)	Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
				Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	25x70	445	252	3200	-4800	800	-200	1	-2	1	0
P2	32x60	453	312	600	-1400	5100	-1800	5	-4	1	0
P3	25x70	512	70	3400	-10000	1300	-1000	2	-1	4	0
P4	25x70	482	269	5000	0	100	-400	0	0	0	-3
P5	30x120	829	633	16200	-13800	600	-700	1	0	1	-5
P6	25x88	555	183	10300	-10900	300	-300	1	0	2	-1
P7	45x78	820	546	14300	-16800	1100	-1500	1	-2	3	-1
P8	40x73	846	651	12700	-13200	1000	-800	1	0	2	-3
P9	35x50	480	294	7000	-2900	600	-400	1	0	0	-4
P10	35x100	786	464	2200	-2200	6300	-4400	2	-3	1	0
P11	L 120x200x20x25	1104	202	155700	-160700	15800	-11800	6	-2	10	-12
P12	L 229x225.5x23x23	1220	759	273600	-284900	89600	-71400	21	-19	8	-9
P13	L 225.5x229x23x23	1203	692	342600	-357200	88700	-71800	23	-15	30	-27
P14	25x195	1031	413	72800	-78300	1000	-100	1	0	3	-3
P15	40x55	639	466	300	-3200	500	-600	1	0	2	0
P16	25x142	913	599	49000	-48600	600	-500	1	0	5	-6
P17	55x71	1138	927	5500	-5600	2000	-1600	1	0	1	-1
P18	35x60	667	504	6500	-9400	1000	-200	1	0	3	-2
P19	46x120	1238	985	8000	-10800	11600	-10300	3	-2	3	0
P20	30x80	706	539	1200	-200	4400	-4500	2	-1	0	-2
P21	30x120	1172	956	18500	-15400	1000	-1100	1	0	1	-5
P22	35x120	1256	1027	30200	-26700	1600	-1400	1	0	0	-3
P23	35x120	1196	973	39100	-35300	1700	-1500	1	0	2	-7
P24	30x120	1095	831	41100	-38600	1300	-1100	1	0	5	-8
P25	30x80	706	540	3000	-1900	3300	-5800	1	-2	1	-2
P26	19x50	157	67	200	-300	100	-5500	0	-11	0	-1
P27	19x40	129	82	1700	0	100	0	1	0	0	-1
P28	19x40	123	82	2700	-1100	200	0	1	0	1	-1
P29	19x40	124	83	0	-1600	0	-200	0	0	1	0
P30	19x40	101	67	1100	-2700	200	0	1	0	2	0
P31	19x50	6	-2	1200	-1300	600	-800	1	-2	1	0
P32	19x50	4	2	400	-500	400	-200	1	0	1	0
P32A	19x50	3	3	100	-200	200	-200	1	0	1	0
P33	19x40	3	3	100	0	100	-100	1	0	1	0
P35	19x40	3	3	100	0	200	0	1	0	1	0
P36	19x40	3	3	100	0	100	-200	1	0	1	0
P37	19x40	3	3	0	0	100	-200	1	0	1	0
P38	19x40	3	3	0	0	200	0	1	0	1	0
P38A	30x40	2	2	0	-200	100	-200	1	0	1	0
P39	30x40	3	3	0	-200	100	0	1	0	0	0
P39A	30x40	3	3	0	-200	100	0	1	0	0	0
P40	30x40	2	2	0	-200	100	0	1	0	1	0
P40A	30x40	3	3	0	-200	100	-200	1	0	0	0
P40B	30x40	3	3	0	0	100	0	0	0	1	0

Inicialmente, foi realizado um levantamento detalhado das informações técnicas da obra em questão. Essa fase inclui análise do projeto de fundação, estrutural e geotécnico, visitas técnicas ao canteiro de obras para observação e coleta de informações in loco sobre as condições do solo, características dos equipamentos utilizados, e processos executivos adotados durante a execução da fundação.

Após o levantamento de dados e a descrição dos processos executivos, foi feita uma análise comparativa entre os dados de projeto e os dados obtidos em campo. Essa análise incluirá a comparação entre as previsões teóricas e o desempenho real da fundação, com base nos ensaios realizados e nas observações durante as visitas técnicas e os relatos dos principais desafios enfrentados durante a execução da fundação e as soluções adotadas, discutindo possíveis melhorias no processo executivo.

5. RESULTADOS

Inicialmente foram executados os serviços de sondagens a percussão– SPT, com coleta de amostras do material perfurado a cada metro para a caracterização táctil-visual geotécnica. As locações das sondagens foram definidas e realizadas em campo pela contratante e desenvolvidas entre os dias 11 e 17 de maio de 2022. A execução das sondagens de campo seguiu os procedimentos e métodos estabelecidos pela NBR 6484 (ABNT, 2020), referente à execução de sondagens de simples reconhecimento com SPT, conforme ANEXO *1*.

Após o estudo do laudo de sondagem foi realizado o muro de contenção com estacas de hélice contínua com diâmetros de 35 e 40 centímetros de um trado helicoidal conforme Figura 3. Após a execução das estacas foi feita a viga de coroamento, fazendo parte assim da estrutura do muro de contenção mostrado na Figura 4.

Figura 3 – Estaca de Contenção. Fonte: Autores (2025)

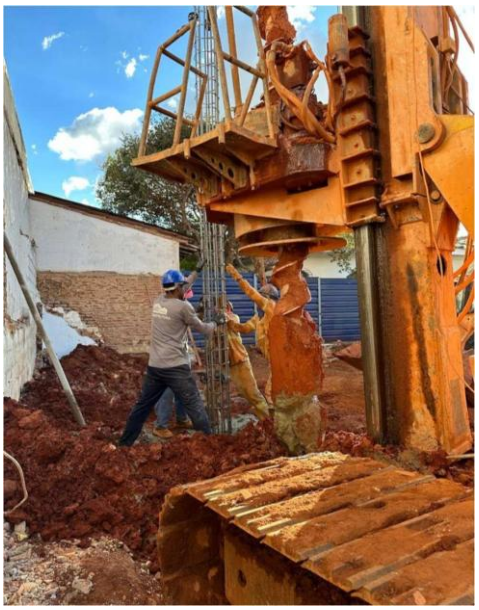


Figura 4 – Viga de Coroamento. Fonte: Autores (2025)

As estacas de contenção deste projeto estavam inicialmente previstas para serem executadas entre 3 5 de julho de 2024. No entanto, a execução teve início antecipadamente em 29 de abril de 2024, sendo finalizada conforme o cronograma original, em 5 de julho de 2024.

De acordo com o estudo de projeto, havia sido previsto o consumo de 388,84 m³ de concreto com fck de 30 MPa para a execução das estacas de contenção. Contudo, ao término da obra, foi registrado um total de 467,69 m³ de concreto utilizado, o que representou uma diferença de 78,85 m³. No que se refere ao consumo de aço, também foi elaborado um planejamento orçamentário específico para essa etapa. Entretanto, verificou-se, durante a execução *in loco*, um consumo superior ao estimado.

Além dos acréscimos de materiais como concreto e aço, observou-se também um aumento nos custos e no uso de mão de obra e de equipamentos/máquinas tudo isso relatado na Tabela 1. Esses desvios estão relacionados a ajustes operacionais não previstos inicialmente, bem como à complexidade prática da execução das estacas no terreno real.

Tabela 1 – Comparações projetado e realizado. Fonte: Autores (2025)

ESTACAS DE CONTENÇÃO					
	CONCRETO	AÇO		MÃO DE OBRA	MAQUINÁRIOS
VP	388,84 m³	44.411,45 kg	VAP	R$ 24.320,00	R$ 128.472,00
VE	467,69 m³	51.961,39 kg	VAE	R$ 50.920,00	R$ 129.018,00
DP	20,28%	17%	DP	109%	0,42%
VD	78,85 m³	7.549,94 kg	VAT	R$	179.938,00
VAP	R$ 230.193,28	R$ 230.829,08	VAD	R$	27.146,00
VAU	R$ 592,00				
VAT	R$ 276.872,48	R$ 270.070,02			
VAD	R$ 46.679,20	R$ 39.240,94			

LEGENDA

VP=	VOLUME PROJETADO	VAU=	VALOR UNITÁRIO
VE=	VOLUME EXECUTADO	VAT=	VALOR TOTAL
DP=	DIFERENÇA PERCENTUAL	VAD=	VALOR DIFERENÇA
VD=	VOLUME DIFERENÇA	VAE=	VALOR EXECUTADO
VAP=	VALOR PROJETADO		

A concretagem resultou em um volume maior do que o projetado devido à perda de concreto na presença de ramificações no solo, decorrentes da dinâmica do lençol freático, que pode causar a infiltração e o escoamento do concreto nas cavidades ou fendas subterrâneas, outro fator que causou esse aumento de perda é o entupimento na tubulação na hora da concretagem, pois a retirada de tubulação gera o desperdício de concreto. O Gráfico 1, mostra a comparação de valores projetado e realizado em relação ao volume de concreto excessivo que foi gasto mês a mês. Ja o Gráfico 2, mostra o volume de concreto executado e o planejado referente aos dias para execução.

Gráfico 1 – Valor mês a mês. Fonte: Autores (2025)

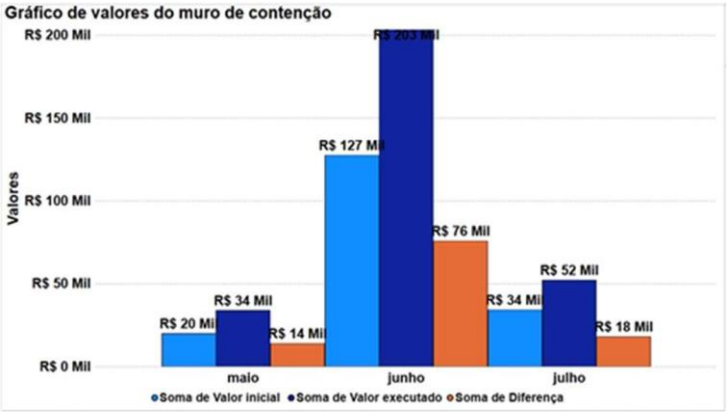
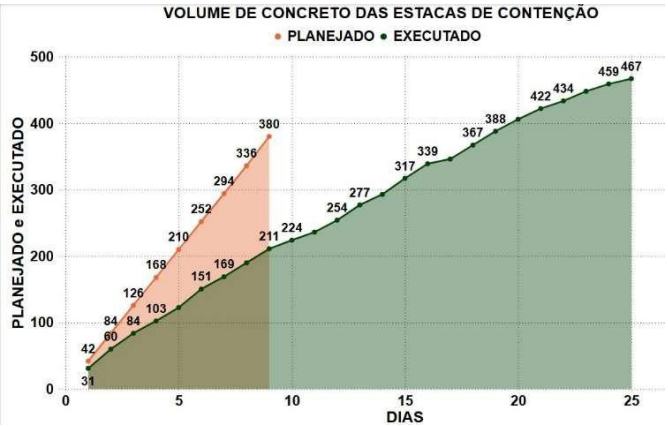
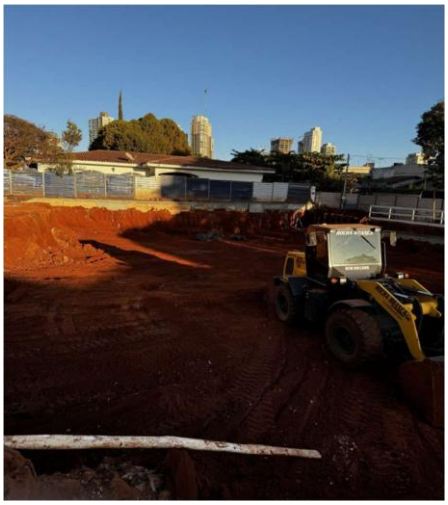


Gráfico 2 – Planejado x Executado Volume de concreto. Fonte: Autores (2025)



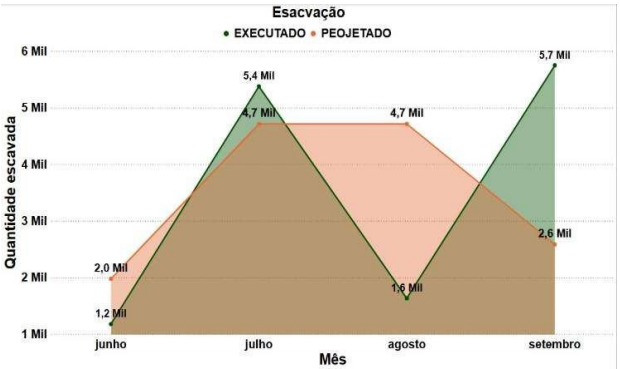
Após a execução do muro de contenção, foi realizado a escavação, conforme a Figura 5, que estava previsto para começar no dia 15 de junho de 2024 e terminar no dia 27 de setembro de 2024, mas se iniciou no dia 10 de junho de 2024 e foi finalizado no dia 17 de setembro de 2024.

Figura 5 – Movimentação de terra. Fonte: Autores (2025)



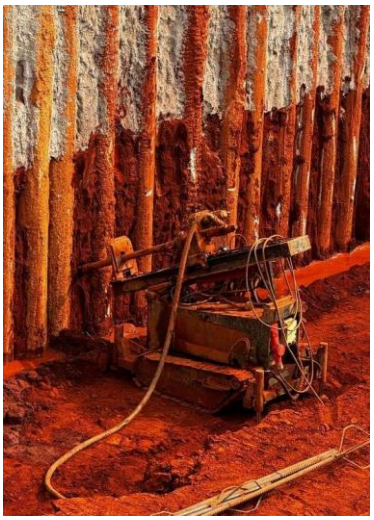
O motivo pelo qual a escavação foi tão extensa se dá pela execução de taludes para execução dos grampos de contenção, no Gráfico 3 mostra o volume de terra retirado durante toda a escavação.

Gráfico 3 - Volume de escavação. Fonte: Autores (2025)



Após a execução dos taludes, teve início a instalação dos grampos de contenção conforme citado anteriormente, ilustrado na Figura 6. Essa etapa foi realizada conforme o planejado, com início em 15 de agosto de 2024 e conclusão em 11 de setembro de 2024.

Figura 6 – Grampos de contenção. Fonte: Autores (2025)



Durante a etapa de execução dos grampos de contenção, observou um consumo de aço superior ao previsto no planejamento inicial. Esse aumento esta relacionado a ajustes técnicos realizados em campo, visando garantir a estabilidade da estrutura e a segurança do processo construtivo.
Além do aumento no consumo de aço, verificaram-se também diferenças significativas nos custos relacionados à mão de obra e à utilização de máquinas como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Comparações projetado e realizado. Fonte: Autores (2025)

GRAMPOS				
	AÇO		MÃO DE OBRA	MAQUINÁRIOS
VP	6.433,65 kg	VAP	R$ 20.520,00	R$ 188.100,00
VE	6.884 kg	VAE	R$ 20.520,00	R$ 194.100,00
DP	7%	DP	0%	6,00%
VD	450,35 kg	VAT	R$	214.620,00
VAP	R$ 34.045,87	VAD	R$	6.000,00
VAU				
VAT	R$ 36.429,08			
VAD	R$ 2.383,21			

LEGENDA			
VP=	VOLUME PROJETADO	VAU=	VALOR UNITÁRIO
VE=	VOLUME EXECUTADO	VAT=	VALOR TOTAL
DP=	DIFERENÇA PERCENTUAL	VAD=	VALOR DIFERENÇA
VD=	VOLUME DIFERENÇA	VAE=	VALOR EXECUTADO
VAP=	VALOR PROJETADO		

Com o término dos grampos, foi dado continuidade a escavação até o nível do subsolo 2, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Escavação até o nível do subsolo 2

Segundo projeção, seriam escavados 9.000 m³, porém foi executado 13.932 m³ de escavção, tendo uma média de 3,5 mil m³ por mês e uma diferença de quase 5.000 m³ na quantidade de terra escavada. O motivo da discrepância deve-se à escavação dos blocos de fundação, que não foi considerada inicialmente, resultando em um ganho aparente no volume de terra. Após o cálculo do volume, aplicou-se um valor de empolamento correspondente ao volume da terra não compactada, que acabou sendo superior ao esperado. Essa diferença foi constatada pela quantidade de caminhões de terra retirada da obra. O principal motivo desse aumento foi a ocorrência de chuvas, que transformaram a terra em lama, dificultando o processo de escavação e, consequentemente, impactando o orçamento. Outro motivo foi o aluguel de máquinas para o auxílio na escavação dos blocos, o que também contribuiu para o aumento do custo da escavação, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Comparações projetado e realizado. Fonte: Autores (2025)

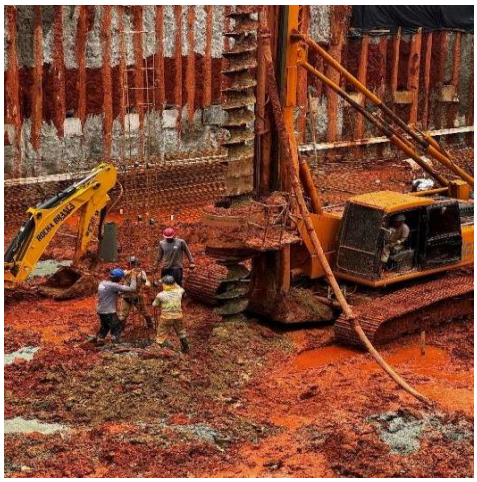
ESCAVAÇÃO	
VAP	R$ 574.118,00
VAU	R$ 17,00
VAE	R$ 685.954,90
DP	19,48%
VAD	R$ 111.835,97

LEGENDA

VP=	VOLUME PROJETADO	VAU=	VALOR UNITÁRIO
VE=	VOLUME EXECUTADO	VAT=	VALOR TOTAL
DP=	DIFERENÇA PERCENTUAL	VAD=	VALOR DIFERENÇA
VD=	VOLUME DIFERENÇA	VAE=	VALOR EXECUTADO
VAP=	VALOR PROJETADO		

Após a escavação até a chegada no nível do subsolo 2, iniciou as estacas de fundação, que consiste na perfuração do solo com uma perfuratriz, após a perfuração é realizado a concretagem juntamente com a retirada do trado, logo após a concretagem foi colocado a ferragem na estaca conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Execução das estacas de fundação. Fonte: Autores (2025)



Conforme os dados do projeto executivo, foi inicialmente previsto o consumo de 745 m³ de concreto exclusivamente para o volume das estacas. No entanto, ao final da execução, o volume real lançado foi de 966 m³, resultando em um acréscimo de 221 m³. Esse desvio significativo impactou diretamente o custo total da obra, superando os valores inicialmente estimados.

Além do aumento no volume de concreto, foi identificado um excesso no consumo de aço quando comparado ao planejamento original.

Assim como demonstrado nas etapas anteriores, constatou-se também a variação nos custos com mão de obra e equipamentos. O tempo de execução e a necessidade de ajustes em campo contribuíram para a elevação dos gastos com recursos humanos e o uso mais intensivo de maquinário como mostra a Tabela 4.

Figura 7 – Escavação até o nível do subsolo 2

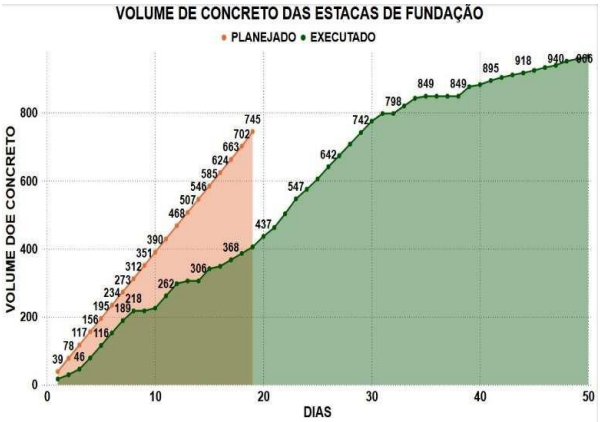
ESTACAS DE CONTENÇÃO					
	CONCRETO	AÇO		MÃO DE OBRA	MAQUINÁRIOS
VP	745,03 m³	16.739 kg	VAP	R$ 24.320,00	R$ 132.072,00
VE	966,00 m³	19.249,85 kg	VAE	R$ 50.920,00	R$ 136.218,00
DP	29,66%	15%	DP	109%	0,42%
VD	220,97 m³	2.510,85 kg	VAT	R$	187.138,00
VAP	R$ 441.057,76	R$ 87.731,47	VAD	R$	30.746,00
VAU	R$ 592,00				
VAT	R$ 571.872,00	R$ 100.891,19			
VAD	R$ 130.814,24	R$ 13.159,53			

LEGENDA

VP=	VOLUME PROJETADO	VAU=	VALOR UNITÁRIO
VE=	VOLUME EXECUTADO	VAT=	VALOR TOTAL
DP=	DIFERENÇA PERCENTUAL	VAD=	VALOR DIFERENÇA
VD=	VOLUME DIFERENÇA	VAE=	VALOR EXECUTADO
VAP=	VALOR PROJETADO		

Tendo em vista que as estacas de fundação são de 50 e 60 cm, foi previsto a data de início no dia 09 de setembro de 2024 e o termino no dia 29 de outubro de 2024 com uma execução completa das estacas em 20 dias tendo uma média de 10 estacas por dia, porém o executado se iniciou dia 19 de setembro 2024 e finalizou dia 11 dezembro 2024, terminando as estacas em 50 dias trabalhados, totalizando com a quantidade de 194 estacas e uma produtividade de 4 estacas por dia, tendo uma eficiência de somente 20,41% ao planejado demonstrado na Gráfico 4.

Gráfico 4 – Planejado x Realizado. Fonte: Autores (2025)



O Gráfico 5 mostra a conformidade do concreto das estacas em relação ao fck após os 28 dias conforme a norma NBR6118 (ABNT,2024). Além da produtividade, o Gráfico 6 mostra o motivo em que houve o atraso na execução das estacas, onde mostra um percentual entre os dias trabalhados, maquinário quebrado e entupimento de tubulação da concretagem, ocorrendo o atraso referente ao cronograma.

Gráfico 5 – Conformidade do concreto. Fonte: Autores (2025)

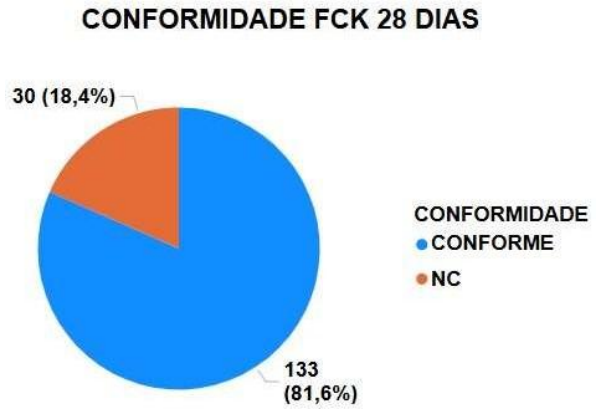
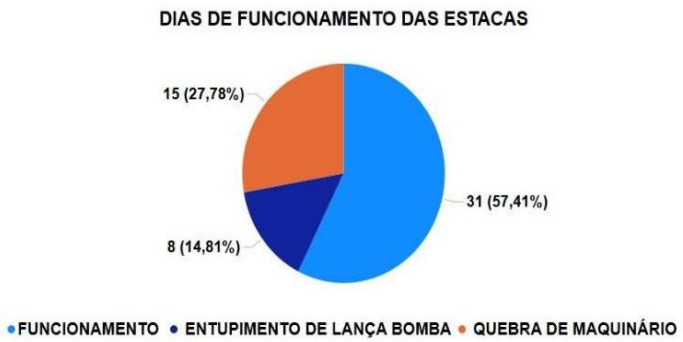


Gráfico 6 – Execução das estacas. Fonte: Autores (2025)



Após o término das estacas iniciou a execução dos blocos de fundação, que consiste na escavação como mostra a Figura 9, arrasamento das estacas representado na Figura 10, armação do bloco representado na Figura 11 e concretagem mostrado na Figura 12. Os blocos de coroamento tinham como planejado iniciar dia 25 de setembro de2024 e finalizar dia 04 de dezembro 2024, mas se iniciaram dia 02 de outubro 2024 e finalizou no dia 18 de fevereiro de 2025, essa diferença de quase 140 dias se dá desde início da escavação dos blocos até a cura da concretagem, outro fator e o maior responsável pelo atraso do cronograma seriam as chuvas intensas e prolongadas. Conforme projetado seria retirado 721,98 m³ de terra dos blocos, mas foi retirado 1.068,00 m³, conforme mostra a Figura 9. O motivo desse aumento na quantidade de terra foi a chuva, que dificultou a retirada e aumentou o volume de terra devido aos deslizamentos que acaba ocorrendo por conta da chuva.

Figura 9 – Escavação dos blocos. Fonte: Autores (2025)

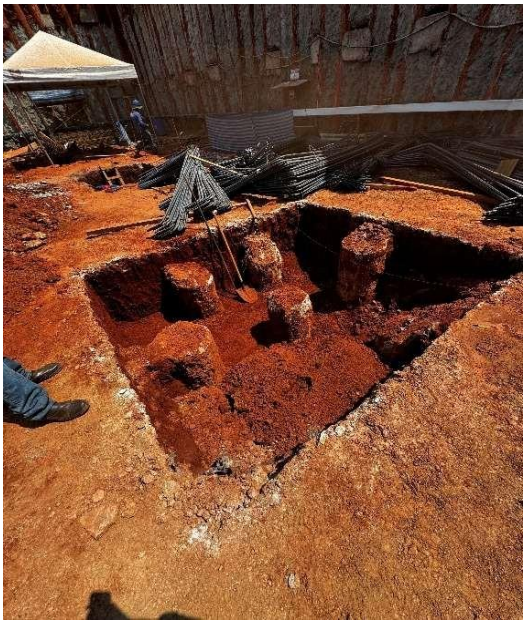


Figura 10 – Arrasamento das estacas. Fonte: Autores (2025)

Figura 11 – Armação dos blocos. Fonte: Autores (2025)

Figura 12 – Concretagem dos blocos. Fonte: Autores (2025)

A concretagem é executada em 1, 2 ou 3 camadas dependendo da sua espessura que varia entre 1,10 a 1,75 metros. A concretagem é feita em camadas pois o concreto é de FCK 40 MPa, com uma cura de alta temperatura, se fizer com uma grande espessura pode ocorrer trincas mesmo colocando água durante a cura.

Na etapa de execução dos blocos, o volume de concreto lançado foi de 548,00 m³, enquanto o previsto em projeto era de 475,32 m³, resultando em um acréscimo de volume. Os dados permitem observar o volume excedente, a porcentagem de perda e o valor final gasto com o concreto.

Em relação ao aço, a quantidade utilizada nos blocos, o percentual de perda e o valor investido estiveram dentro do limite previsto no planejamento, não sendo identificado desvio relevante.

Já no que se refere à mão de obra, houve diferença entre o valor orçado e o realizado, com destaque para o impacto percentual, refletido diretamente nos dias adicionais necessários para a conclusão desta etapa mostrado na Tabela.5.

Tabela 5 – Comparações projetado e realizado. Fonte: Autores (2025)

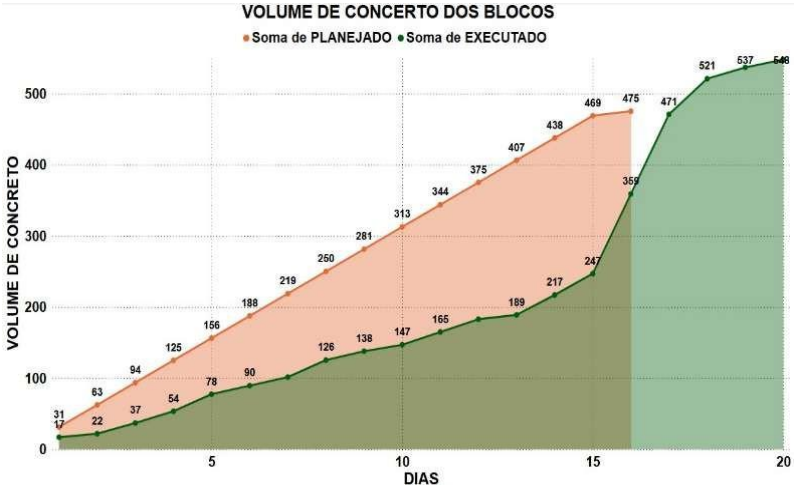
BLOCOS					
	CONCRETO	AÇO		MÃO DE OBRA	MAQUINÁRIOS
VP	475,32 m³	26.161 kg	VAP	R$ 53.200,00	R$ 64.868,68
VE	548,00 m³	30.085,15 kg	VAE	R$ 105.640,00	R$ 67.904,12
DP	15,29%	15%	DP	98%	2,93%
VD	72,68 m³	3.924,15 kg	VAT	R$	173.544,12
VAP	R$ 292.241,20	R$ 148.045,16	VAD	R$	55.475,44
VAU	R$ 639,03				
VAT	R$ 350.188,44	R$ 170.251,93			
VAD	R$ 57.947,24	R$ 22.206,77			

LEGENDA

VP=	VOLUME PROJETADO	VAU=	VALOR UNITÁRIO
VE=	VOLUME EXECUTADO	VAT=	VALOR TOTAL
DP=	DIFERENÇA PERCENTUAL	VAD=	VALOR DIFERENÇA
VD=	VOLUME DIFERENÇA	VAE=	VALOR EXECUTADO
VAP=	VALOR PROJETADO		

O cronograma informou que a concretagem demoraria 16 dias para finalizar as 3 camadas dos blocos relatados acima, porém foram realizados em 20 dias, o Gráfico 7 mostra claramente a relação de Volume e os dias realizados.

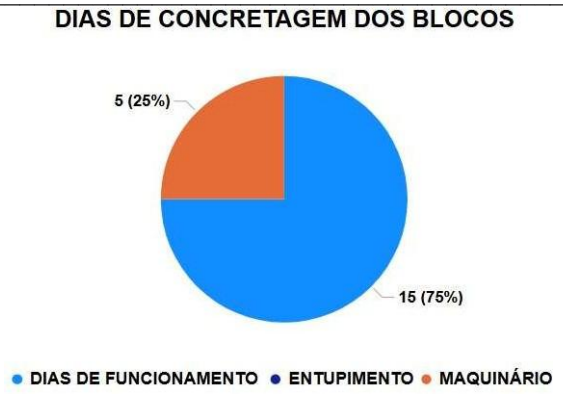
Gráfico 7 – Volume do concreto em relação aos dias executado.
Fonte: Autores (2025)



Além da produtividade apresentada acima, e como relatado anteriormente, onde mostra um percentual de dias trabalhados e entupimento de tubulação da concretagem, a perda não foi tão grande se comparado as estacas mostradas no Gráfico 8. Ja no Gráfico 9 apresenta a conformidade do teste de compressão, onde ocorre uma melhora na conformidade do concreto.

Gráfico 8 – Produtividade de concretagem. Fonte: Autores (2025)

Gráfico 9 – Conformidade do concreto dos blocos. Fonte: Autores (2025)



Juntamente com a execução dos blocos, foi feito os tubulões, todos com 90cm de diâmetro e profundidades variando entre 3,43m, 3,70m e 4,38m. Os tubulões tinham como planejado ser executado juntamente com os blocos. O seu início foi no dia 17 de dezembro 2024 e foi finalizado no dia 14 de janeiro de 2025.

Os tubulões se iniciam na escavação como mostra a Figura 13, após a escavação é instalada a armação representado na Figura 14 e pro fim é finalizado na concretagem, onde foi utilizado um concreto com fck de 30 MPa como mostra a Figura 15.

Figura 13 – Escavação dos tubulões. Fonte: Autores (2025)

Figura 14 – Armação do Tubulão. Fonte: Autores (2025)

Figura 15 – Concretagem dos Tubulões. Fonte: Autores (2025)

Na etapa de execução dos tubulões, observou um consumo de concreto superior ao previsto, tanto em volume quanto em valor. O acréscimo de concreto está associado à natureza da forma, executada diretamente no corte da escavação, o que pode gerar imperfeições e consequentemente aumentar o volume lançado.

Quanto ao aço utilizado nos tubulões, foram registrados os pesos totais consumidos e os valores correspondentes, possibilitando a análise financeira específica desta fase da obra.
Em relação aos recursos operacionais, não houve diferenças significativas entre o previsto e o realizado para máquinas e mão de obra, mantendo-se os custos dentro do planejamento inicial como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Comparações projetado e realizado. Fonte: Autores (2025)

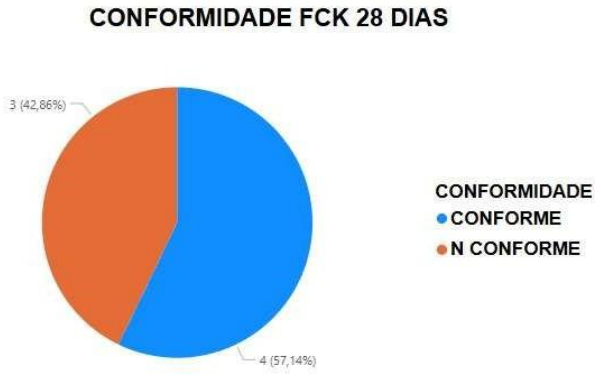
TUBULÃO					
	CONCRETO	AÇO		MÃO DE OBRA	MAQUINÁRIOS
VP	26,97 m³	928,71 kg	VAP	R$ 21.280,00	R$ 10.854,61
VE	39,00 m³	993,71 kg	VAE	R$ 21.280,00	R$ 10.854,61
DP	44,60%	7%	DP	0%	0%
VD	12,03 m³	65 kg	VAT	R$	32.134,61
VAP	R$ 15.849,46	R$ 4.949,37	VAD	R$	-
VAU	R$ 587,67				
VAT	R$ 22.919,13	R$ 5.294,82			
VAD	R$ 7.069,67	R$ 345,45			

LEGENDA

VP=	VOLUME PROJETADO	VAU=	VALOR UNITÁRIO
VE=	VOLUME EXECUTADO	VAT=	VALOR TOTAL
DP=	DIFERENÇA PERCENTUAL	VAD=	VALOR DIFERENÇA
VD=	VOLUME DIFERENÇA	VAE=	VALOR EXECUTADO
VAP=	VALOR PROJETADO		

Sobre a conformidade do concreto, pode-se notar no Gráfico 10, onde mostra a conformidade no rompimento dos corpos de prova referente a essa etapa.

Gráfico 10 – Conformidade do Concreto. Fonte: Autores (2025)



Na Figura 16 é ilustrado o cronograma previsto da etapa de fundação.

Figura 16 - Cronograma. Fonte: Autores (2025)

7. CONCLUSÃO

Após análise comparativa entre os valores orçados e realizados, bem como os prazos planejados e executados na obra usada no estudo de caso, os resultados demonstram desvios significativos em relação ao planejamento inicial, exigindo uma investigação detalhada das causas e impactos.

No que tange a volumes de escavação tem-se que o previsto era 9.000 m³, porém foi realizado 13.932 m³, restando uma diferença de 4.932 m³ (aumento de 54,80%). O principal motivo no aumento de terra foi a escavação dos blocos não planejado no orçamento.

Quanto ao volume de concreto, a previsão era de 1.636,16 m³ e o realizado foi de 2.020,69 m³, restando uma diferença de 384,53 m³ (aumento de 23,52%). A principal causa para esse aumento foi o entupimento das tubulações. Para realizar o desentupimento, foi necessário desconectá-las, o que pode gerar perdas significativas. Além disso, a imperfeição do solo contribuiu para o problema: nas estacas, a nata de concreto pode escoar por fendas, ocasionando perdas, e nos blocos, a forma apresenta imperfeições por ser executada diretamente no corte do terreno.

Com relação aos prazos de execução dos serviços, o era em 03/06/2024 e terminar em 04/12/2024 (184 dias). Porém o realizado teve início em 29/04/2024 e término em 14/01/2025 (260 dias). A etapa de fundação foi concluída 76 dias após o prazo previsto, mesmo que a obra tenha iniciado 35 dias antes.

O principal motivo do atraso da obra foi a ocorrência de chuvas, que dificultaram todas as etapas da fundação, especialmente a escavação dos blocos. A umidade do solo comprometeu a retirada da terra, impactando diretamente o cronograma e causando um avanço significativo nos prazos previstos.

O Valor Total Orçado para a etapa de fundação foi de R$ 2.727.068,87, no entanto o realizado foi de R$ 3.278.118,53, diferindo em R$ 551.049,66 (aumento de 20,20%). O principal motivo da discrepância analisada acima deve-se a uma série de fatores que impactaram diretamente o andamento da obra. Um dos principais foi a locação das máquinas de escavação, que permaneceram em operação por um período maior do que o previsto, principalmente devido às chuvas constantes. As condições climáticas adversas dificultaram o processo de escavação, especialmente nos blocos de fundação, atrasando os serviços e elevando os custos com a permanência dos equipamentos no local.

Além disso, o volume de terra retirado durante a escavação foi superior ao estimado inicialmente. Também houve um aumento considerável no consumo de concreto, com perdas significativas durante a aplicação. Essas perdas ocorreram principalmente devido ao entupimento das máquinas utilizadas no bombeamento do concreto e às imperfeições do solo, que apresentava fendas por onde a nata do concreto escoava, especialmente nas estacas.

Outro fator que contribuiu para a discrepância foi o custo com mão de obra, que também superou o planejado. Isso ocorreu porque, com os atrasos acumulados e o consequente avanço dos dias no cronograma, foi necessário manter as equipes por um período maior do que o previsto, gerando aumento nos gastos com pessoal.

A análise dos dados revela um aumento substancial nos custos e prazos, acompanhado por um aumento significativo nos volumes de escavação e concreto. As chuvas intensas, o empolamento e as ramificações de concretagem contribuíram significativamente para esses desvios. As chuvas causaram atrasos e a necessidade de maior volume de escavação para correções. O empolamento e as ramificações de concretagem indicam problemas na execução, resultando em desperdício de materiais e aumento no tempo de execução. Uma análise mais aprofundada é necessária para determinar a extensão da influência de cada fator e identificar possíveis falhas no planejamento ou execução.

Recomenda-se priorizar um planejamento detalhado antes da execução, isso inclui a revisão minuciosa dos projetos, especificações técnicas e procedimentos construtivos, com especial atenção ao cálculo de perdas de concreto e aço na fase de fundação. Essa abordagem permitirá identificar as causas raiz dos desvios e propor medidas corretivas eficazes para futuras obras. Além disso, a revisão dos processos, revisão de planejamento para início da obra e a implementação de um sistema de controle mais rigoroso são essenciais para garantir a eficiência e a previsibilidade dos custos e prazos em projetos futuros.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento. Rio de Janeiro, 2022, 22 p.

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 – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

ALBUQUERQUE FILHO, J. L. Hidrogeotecnia: efeitos da água subterrânea nas estruturas de engenharia. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 6 partes.

AZEVEDO, J. J. de. Engenharia de fundações: aspectos práticos e gerenciais. São Paulo: Editora Técnica, 2011.

DE SOUSA PINTO, Carlos. Curso básico de Mecânica dos Solos. Oficina de Textos, 2016.

GOMES, Ana Carolina Nunes et al. A IMPORTÂNCIA DO SOLO NA ETAPA DE FUNDAÇÃO DE OBRAS. Anais da Jornada Acadêmica das Engenharias, v. 1, n. 1, p. 90- 90, 2020.

LOPES, Francisco R.; VELLOSO, Dirceu A. Fundações – Volume único. Oficina de Textos, 2016.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. São Paulo. Editora: Pini, 2006.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo; SCHNAID, Fernando. Patologia das Fundações, 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MILITITSKY, J.; SCHNAID, F.; VARGAS JR., E. E. Fundações: ensaios e diagnóstico. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

NASCIMENTO, A. L. Análise De Estabilidade De Contenções, Via Mef, Considerando a Interação Solo- Estrutura. 2012.

RODRIGUES, M. A. Marcelo Amaral Rodrigues A Influência do Planejamento e Controle: uma análise do surgimento de patologias em fundações. 2019.

RODRIGUES, Roger Augusto. Modelação das deformações por colapso devidas à ascensão de lençol freático. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTANA-BAHIA, REGION OF FEIRA. Análise de avaliação técnica e econômica de blocos sobre estacas em relação à sapatas isoladas: estudo de caso na região comercial de Feira Santana-Bahia.

SILVA, Isabela Nascimento et al. A IMPORTÂNCIA DA SONDAGEM DE SOLOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. 2º Seminário de Ensino e Extensão Área Engenharias e Exatas, v. 1, n. 01, p. 1-6, 2024.