CENTRO UNIVERSITÁRIO ALVES FARIA (UNIALFA)

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Jairo da Silva Paiva Filho

Wesley Tulio de Oliveira Osorio

COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA PERFIL METÁLICO NA CONTENÇÃO

GOIÂNIA

DEZEMBRO DE 2024

CENTRO UNIVERSITÁRIO ALVES FARIA (UNIALFA)

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Jairo da Silva Paiva Filho

Wesley Tulio de Oliveira Osorio

COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA PERFIL METÁLICO NA CONTENÇÃO

Projeto de pesquisa apresentado como exigência parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no Centro Universitário Alves Faria, sob a orientação do Profª Thiago Lopes dos Santos.

GOIÂNIA

DEZEMBRO DE 2024

Jairo da Silva Paiva Filho

Wesley Tulio de Oliveira Osorio

COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA E ESTACA PERFIL METÁLICO NA CONTENÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi analisado e julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Orientador e Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Alves Faria (UNIALFA).

M.E Thiago Lopes dos Santos.

Aprovado em: __07__/__12__/___2024___.

BANCA EXAMINADORA

Isabella Cristina Queiroz Silva – UNIALFA

Bruno Diniz Faria Rezende – UNIALFA

GOIÂNIA

DEZEMBRO DE 2024

Dedicamos esse trabalho a todas as pessoas que nos acompanharam durante esse percurso e que nos incentivaram na realização dessa conquista dando apoio, compreensão.

Somos gratos a Deus por Sua presença constante em nossas vidas, em todos os momentos.

Agradecemos aos nossos familiares pelo apoio, compreensão e pela confiança de que a realização desse sonho era possível.

Nossa gratidão também vai aos colegas que compartilharam conosco esses cinco anos, tanto nos momentos de alegria quanto nos desafios.

Aos professores, expressamos nosso agradecimento pela dedicação e pelo incentivo que nos motivaram a seguir em frente até a conclusão.

De forma especial, agradecemos ao nosso orientador, professor Thiago Lopes dos Santos, por sua paciência e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

“Sabe o que é mais caro na engenharia? O desconhecimento.”

Luiz Anibal de Oliveira Santos

RESUMO

PAIVA, Jairo; OSORIO, Wesley. Comparativo de custos entre estaca hélice contínua e estaca perfil metálico na contenção. Trabalho de conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Alves Faria. Goiânia, 2024.

As estruturas de contenção têm a função de estabilizar maciços de solo, impedindo deslizamentos ou rupturas. Estas estruturas enfrentam esforços gerados por empuxos de terra, pressões de água e cargas externas, sendo essenciais em áreas urbanas, onde o espaço é limitado para inclinações naturais de terrenos. Paredes diafragma, cortinas de pranchas e muros de arrimo são exemplos comuns. Com o crescimento populacional, especialmente em cidades como Goiânia, onde a expansão foi de 18,9% entre 2010 e 2022, a demanda por soluções de contenção aumenta, impulsionada pela construção de edifícios e a necessidade de aproveitamento de espaços. Neste contexto, um estudo comparativo foi realizado para analisar duas soluções de contenção em um empreendimento residencial com dois subsolos e profundidade de escavação de 6,50 m. As opções avaliadas foram a cortina de contenção em estaca hélice contínua e a cortina em perfil metálico cravado. A pesquisa utilizou metodologia qualitativa, com análise de custos de insumos, prazos de execução e logística do canteiro de obras. Além disso, considerou-se o impacto no armazenamento e montagem de materiais, demonstrando a viabilidade de adquirir armaduras prontas para reduzir custos. Os resultados evidenciam que a escolha adequada da solução pode otimizar o custo-benefício, garantindo segurança e eficiência. O estudo conclui oferecendo orientações práticas para a aplicação de conceitos técnicos em projetos semelhantes, com foco no cumprimento de normas e otimização de recursos.

Palavras-chave: Cortina de contenção; empuxo; estaca hélice; perfil metálico.

ABSTRACT

PAIVA, Jairo; OSORIO, Wesley. Comparativo de custos entre estaca hélice contínua e estaca perfil metálico na contenção. Trabalho de conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Alves Faria. Goiania, 2024.

Containment structures have the function of stabilizing soil masses, preventing landslides or ruptures. These structures face efforts generated by earth pressures, water pressures and external loads, being essential in urban areas, where space is limited for natural terrain slopes. Diaphragm walls, plank curtains and retaining walls are common examples. With population growth, especially in cities like Goiânia, where expansion was 18.9% between 2010 and 2022, the demand for containment solutions increases, driven by the construction of buildings and the need to use space. In this context, a comparative study was carried out to analyze two containment solutions in a residential development with two basements and an excavation depth of 6.50 m. The options evaluated were the continuous helix pile containment curtain and the spiked metal profile curtain. The research used qualitative methodology, with analysis of input costs, execution times and construction site logistics. Furthermore, the impact on the storage and assembly of materials was considered, demonstrating the feasibility of purchasing ready-made reinforcement to reduce costs. The results show that the appropriate choice of solution can optimize cost-benefit, ensuring safety and efficiency. The study concludes by offering practical guidance for applying technical concepts to similar projects, with a focus on complying with standards and optimizing resources.

Keywords: Containment curtain; thrust; propeller pile; metal profile

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Coliseu, Zigurates, Grande muralha, Prédios em Brasília.....20
FIGURA 2 – As Pirâmides De Gizé (Egito)..... 20
FIGURA 3 – Muros de Gravidade 23
FIGURA 4 – Muros Atirantados 24
FIGURA 5 – Muros de Flexão 25
FIGURA 6 – Cortina Atirantada 26
FIGURA 7 – Pranchas Verticais de madeira.....27
FIGURA 8 – Escoramento metálico 27
FIGURA 9 – Estaca Prancha 28
FIGURA 10 – Parede Diafragma 28
FIGURA 11 – Estacas Justapostas 29
FIGURA 12 – Estaca Perfil Metálico 30
FIGURA 13 – Estaca Hélice Contínua 31
FIGURA 14 – Projeto de Estaca Hélice Contínua.....50
FIGURA 15 – Projeto de Estaca Perfil Metálico.....51
FIGURA 16 – Localização da obra 54
FIGURA 17 – Visualização do canteiro de obra 54
FIGURA 18 – Visualização do caminhão betoneira, da bomba e perfuratriz 55
FIGURA 19 – Armazenamento da Armadura 55
FIGURA 20 – Equipamento de Cravação 57
FIGURA 21 – Armazenamento dos Perfis Metálico 57
FIGURA 22 – Transporte do bate-estaca 59
FIGURA 23 – Transporte do bate-estaca 60
FIGURA 24 – Cravação das Estacas 61
FIGURA 25 – Transporte da Perfuratriz 63
FIGURA 26 – Execução das Estacas Hélices Contínuas 64
FIGURA 27 – Execução das Estacas Hélices Contínuas 65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Visualização da tabela orçamentária (Insumo).....67
TABELA 2 – Visualização da tabela orçamentária (Mão de Obra) 68
TABELA 3 – Visualização da tabela orçamentária (Logística) 69
TABELA 4 – Visualização da tabela orçamentária (Insumo) 71
TABELA 5 – Visualização da tabela orçamentária (Mão de Obra) 72
TABELA 6 – Visualização da tabela orçamentária (Logística) 72
TABELA 7 – Visualização da tabela orçamentária (Custo Total) 74

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Comparação entre Estaca Hélice Contínua e Estaca Perfil Metálico..... 74

QUADRO 2 – Organização do canteiro.....75

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

EVM - Earned Value Management

LOB - Linha de Balanço

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

BIM – Building Information Modeling

EPI – Equipamento de Proteção Individual

KPI – Key Performance Indicator

SPT – Standard Penetration Test

Sumário

1 INTRODUÇÃO 15

2 JUSTIFICATIVA 16

3 OBJETIVOS 17

3.1 Objetivo Geral 17

3.2 Objetivos Específicos 18

4 METODOLOGIA 18

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

5.1 Histórico das contenções 19

5.2 Estruturas de Contenção 22

5.3 Muros de Arrimo 22

5.4 Cortinas 25

5.4.1 Estaca perfil metálico 29

5.4.2 Estaca hélice contínua 31

5.5 Composição de custos na construção civil 32

5.5.1 Orçamentação e Levantamento de quantitativos 34

5.5.2 Composição de Custos Unitários 34

5.5.3 Análise de Alternativas e Cenários 35

5.5.4 Custos Diretos e Indiretos 36

5.5.5 Pesquisa de Mercado e Atualização de Preços 37

5.5.6 Análise de Custo-Benefício 37

5.5.7 Comparação Final e Relatório de Custos 38

5.6 Análise de prazo 39

5.6.1 Escopo e sequenciamento das atividades 39

5.6.2 Quantificação e estimativa do volume de trabalho 40

5.6.3 Capacidade da mão de obra e produtividade 41

5.6.4 Disponibilidade de materiais e equipamentos 41

5.6.5 Condições Climáticas e Impactos no Prazo 42

5.6.6 Complexidade do Serviço e Técnicas Construtivas 43

5.6.7 Gerenciamento de Riscos e Contingências 44

5.6.8 Ferramentas de planejamento e controle de prazo 45

5.6.9 Acompanhamento e Revisão do Cronograma 45

5.7 Logística e Organização do Canteiro de Obras 46

6 DISCUSSÕES, ANÁLISES E AVALIAÇÕES DOS RESULTADOS 49

6.1 Discussão do caso e análises 49

6.1.1 Projeto Estaca hélice contínua 49

6.1.2 Projeto Estaca Perfil Metálico 51

6.2 Canteiro de obras – Estaca Hélice Contínua 53

6.3 Canteiro de obras – Estaca Perfil Metálico 56

6.4 Análise de prazo Estaca Perfil Metálico 59

6.4.1 Mobilização do equipamento 59

6.4.2 Cravação das estacas 60
6.4.3 Tempo médio diário de execução 61
6.5 Análise do prazo da Estaca Hélice Contínua 62
6.5.1 Mobilização do equipamento 62
6.5.2 Perfuração e concretagem 63
6.5.3 Tempo médio diário de execução 64
6.6 Composição de custos da Estaca Hélice Contínua 66
6.6.1 Materiais 66
6.6.2 Custo de Execução 67
6.6.3 Logística e mobilização de equipamento 68
6.6.4 Restrições Ambientais e Impactos 69
6.6.5 Durabilidade e Vida Útil 69
6.6.6 Custo Total por Metro Linear 70
6.7 Composição de custos da Estaca Perfil Metálico 70
6.7.1 Materiais 70
6.7.2 Custo de Execução 71
6.7.3 Logística e Mobilização de Equipamento 72
6.7.4 Restrições Ambientais e Impactos 73
6.7.5 Durabilidade e Vida Útil 73
6.7.6 Custo Total por Metro Linear 73
6.8 Resumo Comparativo 74
7 CONCLUSÃO 75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

1 INTRODUÇÃO

Os registros mais antigos de obras de contenção apontam para muros de alvenaria de argila contendo aterros na região sul da Mesopotâmia (Iraque) construídos por sumerianos entre 3.200 e 2.800 a.c. Obras construídas seguindo bases racionais da engenharia moderna começaram a se desenvolver apenas no início do século XVIII, fruto de trabalhos de engenheiros franceses (DULTRA, 2015).

Com a evolução da globalização, houve uma alta demanda de estudos para compreenderem o melhor aproveitamento dos espaços disponíveis, onde a utilização dos subsolos das construções ou tratamento de obras existentes aparece como importante alternativa. Também a execução de obras de metrô, viadutos, pontes e estradas são exemplos desse contexto. Esses tipos de obras, que envolvem consideráveis movimentações de solo na forma de cortes ou aterros, frequentemente necessitam do uso de estruturas de contenção, que têm como objetivo suportar os empuxos provocados pela massa de solo e por eventuais sobrecargas (SANTOS, 2020).

A estrutura de contenção é um dos pontos primordiais para se iniciar uma obra com escavação, seja ela pequeno, médio ou grande porte. Para alguns estudiosos da área o custo desta etapa, juntamente com a etapa relacionada a fundação, fica em torno de 3 a 7% do custo total, a depender do porte da obra e os meios que serão adotados para execução. Logo, é inerente durante os estudos saber a viabilidade econômica e segura dos métodos que serão selecionados para realizar esta etapa da obra, para que não ocorram despesas desnecessárias, elevando o custo da obra e trazendo desconfortos para os profissionais executivos, além de afetar a vida útil do edifício (PIREZ, 2018).

Sendo assim, alguns dos métodos de contenção que são trabalhados é o de estaca hélice contínua e estaca perfil metálico cravado. A estaca hélice contínua é uma solução amplamente utilizada na construção civil para fundações e contenções devido à sua eficiência e versatilidade. Esse tipo de estaca é executado com um equipamento que perfura o solo utilizando uma hélice contínua, permitindo a injeção de concreto sob pressão à medida que a hélice é retirada. Isso proporciona maior controle sobre o processo, reduzindo vibrações e minimizando impactos em áreas urbanas densamente ocupadas. Já a estaca de perfil metálico cravado é composta por perfis de aço que são introduzidos no solo por percussão, vibração ou prensagem.

Este método é eficiente em solos com alta resistência superficial ou saturados, onde a cravação proporciona estabilidade imediata. (ARAÚJO, 2013).

2 JUSTIFICATIVA

Uma estrutura de contenção tem como função principal manter um maciço de solo estável, evitando que ele deslize ou ceda. Para isto, a estrutura deve ser dimensionada para suportar o empuxo de terra, as pressões da água, e quaisquer outros esforços que estruturas equipamentos e serviços venham transferir ao maciço de solo (DULTRA, 2015).

Segundo Ranzine e Negro Jr (2012), estrutura de contenção “é todo elemento ou estrutura destinado a contrapor-se ao empuxo ou tensões geradas em maciços cuja condição de equilíbrio foi alterada por algum tipo de escavação, corte ou aterro”. São utilizados quando se deseja manter uma diferença de nível no terreno, e o espaço não é suficiente para vencer o desnível através de taludes com inclinações compatíveis com a estabilidade do solo.

A contenção nas edificações civis é planejada a fim de garantir a estabilidade e evitar a ruptura da rocha ou da terra. São estruturas que fornecem suporte a estes maciços cuja condição de equilíbrio foi alterada por alguma escavação, corte ou aterro, evitando o escorregamento causado pelo seu peso próprio ou por carregamentos externos. Paredes diafragmas, cortinas de pranchas e muros de arrimo, são exemplos corriqueiros de estruturas de contenção. Enfrentando as projeções horizontais causadas pelo empuxo da terra, todas essas estruturas são projetadas para evitar a ruptura de massas de solo, mesmo que existem diferenças expressivas na geometria, processos de construção e nos insumos a serem utilizados (BARROS, 2011).

As obras de contenção de terrenos estão se tornando cada vez mais comuns nos projetos de engenharia civil. Isso se deve à crescente ocupação das áreas urbanas, onde há uma necessidade constante de otimizar o espaço disponível. É comum encontrar a realização de obras de contenção em uma variedade de projetos, como a construção de subsolos para edifícios, escavações e aterros, abertura de valas para instalação de dutos e canalizações, construção de estradas e estabilização de encostas (SANTOS, 2020).

Conforme o censo demográfico de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do Brasil (IBGE), é notório que há um crescimento exponencial da cidade de Goiânia na qual, obteve a maior expansão populacional do país, cerca de 18,9% desde último censo. Ademais, os índices de construções de edifícios também aumentaram, devido à grande demanda de habitantes. Sendo assim, é imprescindível entender alguns conceitos da construção civil, no que tange o segmento da cortina de contenção.

Não obstante, a contenção à rigor, contém os empuxos na qual o terreno pode sofrer pela movimentação na rua causada por veículos na fase de escavação dos subsolos. Considerando o planejamento executivo desta etapa da obra, deve-se realizar um estudo de viabilidade e execução, para que todos os parâmetros segurança e economia da construção sejam atendidos (ARAUJO *et al.,* 2022).

Em virtude disso, este trabalho tem como finalidade realizar um estudo comparando duas possíveis soluções de contenção que podem ser adotadas em um empreendimento em alto padrão contendo dois subsolos.

A estrutura de contenção é um dos pontos primordiais para se iniciar uma obra com escavação, seja ela pequeno, médio ou grande porte. Para alguns estudiosos da área o custo desta etapa, juntamente com a etapa relacionada a fundação, fica em torno de 3 a 7% do custo total, a depender do porte da obra e os meios que serão adotados para execução. Logo, é inerente durante os estudos saber a viabilidade econômica e segura dos métodos que serão selecionados para realizar esta etapa da obra, para que não ocorram despesas desnecessárias, elevando o custo da obra e trazendo desconfortos para os profissionais executivos, além de afetar a vida útil do edifício (PIREZ, 2018).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo de duas soluções que podem ser adotadas em um empreendimento de dois subsolos, para verificar a melhor alternativa considerando a relação custo-benefício.

3.2 Objetivos Específicos

A seguir serão apresentados os objetivos específicos deste trabalho:

- Comparar o material que será utilizado no processo executivo, visando custos.
- Realizar um estudo de logística para o abastecimento e organização do canteiro de obras.
- Analisar os prazos pertinentes de execução de cada uma das duas cortinas estudadas.
- Avaliar qual das duas opções estudadas, melhor se encaixa com os atributos do empreendimento em questão.

4 METODOLOGIA

Inicialmente, realizou-se uma revisão histórica sobre as obras que possuem cortina de contenção, mostrando a necessidade e devida importância. Em seguida, foi apresentado um dimensionamento, de uma obra em Goiânia-GO, que é estipulado em projeto um corte de 6,50m de profundidade na qual é necessário a execução de uma cortina de contenção em todo o perímetro, para conter o empuxo do solo, se tratando de um empreendimento residencial contendo dois subsolos para estacionamento.

Com a metodologia qualitativa foram analisados dois tipos de estruturas de contenção sendo elas: cortina de contenção em estaca hélice continua, e cortina em perfil metálico cravado. Foi utilizado uma planilha eletrônica, contendo todo o material que foi utilizado em ambas as estruturas de contenção, com intuito de fazer uma análise comparativa de custos de insumos. Além disso, foram analisados os índices relacionados ao tempo de execução de cada modelo.

Após a análise dos resultados, foi apresentada as informações sobre o maquinário necessário para o canteiro de obras. O objetivo é não só estipular um prazo, mas também proporcionar uma compreensão completa das possibilidades que podem ser executadas no empreendimento. A partir disso se dedicou ao planejamento do projeto, trabalhando para viabilizá-lo e garantindo o cumprimento de todos os requisitos normativos pertinentes.

Diante dos fatos supracitados, foi realizado um estudo da logística do canteiro visando todos os itens concernentes a implementação e o controle de fluxo dos insumos referentes a escolha da solução. Como exemplificação, para estaca hélice, foi realizado um comparativo entre os custos referentes a compra das barras de ferro, juntamente com a mão-de-obra, e a viabilidade em adquirir a armadura pronta reduzindo assim o custo referente a montagem destas. Além do que, é preciso levar em consideração, salvo dentro do canteiro de obras um espaço para armazenamento adequado dos materiais.

Com base nos resultados das pesquisas, foi apresentado um modelo de cortina de contenção que pode proporcionar uma economia no processo executivo do empreendimento em questão. Ao final do trabalho, o objetivo é não apenas absorver os conhecimentos teóricos e conceitos fundamentais abordados, como também proporcionou aos interessados a possiblidade de aplicarem-vos de maneira simples e prática.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo proporcionar um breve entendimento histórico da utilização de contenções, além de proporcionar um resumo sobre os tipos de contenções mais utilizadas na construção civil e como caráter principal um conhecimento sobre paredes de contenção, sendo estas executadas em estaca hélice ou perfil metálico com foco em suas características, aplicações, custos e prazos.

5.1 Histórico das contenções

Historicamente, é notório que datado de 3000 a.C. já era comum a utilização de insumos orgânicos para aumentar a qualidade dos solos. Existem diversas construções civis nas quais, fazendo uma análise estrutural, observa-se a presença desses compostos empregados, como por exemplo na construção dos Zigurates Mesopotâmicos, na Grande Muralha da China e em diversas obras do Império Romano. (VERTEMATTI, 2004), conforme Figura 1.

FIGURA 1 – Coliseu, Zigurates, Grande Muralha, Prédios Em Brasília



FONTE: Casa Vogue, (2024)

Ademais, obras realizadas no continente africano mostram que construções antigas utilizavam fundações engenhosas, feitas para sustentar edifícios por séculos. As Pirâmides de Gizé (Egito), (Figura 2), construídas há cerca de 4.500 anos, são exemplos de fundações antigas que sustentam estruturas monumentais. A Grande Pirâmide, em particular, foi erguida sobre uma fundação sólida de calcário e rocha para garantir sua estabilidade. Os egípcios antigos usaram um conhecimento avançado de engenharia para alinhar as pedras da base e garantir que o peso fosse distribuído de maneira uniforme. Também, são existentes diversos exemplares históricos como “As igrejas Escavadas da Lalibela Etiópia século XII,” “As Ruínas de Grande Zimbábue, Zimbábue”, “Templo de Karnak Egito”, entre outras mais. (LEHNER, M., 1997).

FIGURA 2 – As Pirâmides De Gizé (Egito)



FONTE: Mundo Das Viagens, (2016).

A engenharia civil é uma das profissões mais antigas da humanidade. Com base nos estudos realizados pelo professor adjunto Queiroz (2008), a sua primeira

denominação, dada pelos Romanos, era *Ingenium Civitas,* que designava Engenharia das Cidades ou Engenharia da Civilização. Na história do Império Romano, nota-se uma forte presença da engenharia em diversos marcos importantes para esta civilização, como em construções de estradas, palácios, sistemas de esgoto, aquedutos e termas.

A engenharia de infraestrutura é uma profissão de grande relevância, fortemente conectada à sociedade moderna e à segurança das pessoas nos mais variados ambientes construídos. Das diversas áreas presentes na engenharia civil, entende-se que as principais se encaixam nas áreas dispostas em estruturas, estradas e transportes, geotecnia, hidráulica e saneamento, materiais, construção civil e meio ambiente (QUEIROZ, 2008).

Não obstante, estudos iniciais para compreensão do comportamento mecânico das estruturas de contenção em solo reforçado foi realizado por Henry Vidal. Ele desenvolveu e patenteou um método chamado “Terra Armada” utilizando reforços metálicos entre as décadas de 60 e 70. Contenção com geotêxtis foram executadas durante esse período, como consequência da utilização deste composto, em construções de reforço de solo e contenção, adotar essa solução de geotêxtis cresceu significativamente (ANDRADE, 2018).

No Brasil, o uso de materiais geossintéticos começou em 1971, com a produção do primeiro geotêxtil não tecido. Todavia, na década de 80 foi realizada a primeira grande obra com solo reforçado. Nesse projeto, geotêxtis foram usados para reforçar o aterro da rodovia, que estava sobre um solo mole. De acordo com Cunha (1991), as estruturas de contenção têm o objetivo de proporcionas estabilidade contrarrupturas em maciços de solo ou rejeitos. Essas estruturas devem se integrar o máximo possível ao ambiente circundante, tanto do ponto de vista paisagístico quanto ambiental. É crucial empregar soluções que garantam longa durabilidade à obra, possuindo resistência adequada às necessidades.

As estruturas de contenção são essenciais em obras de fundações e são utilizadas em estradas, barragens, estacionamentos e estabilização de encostas, entre outros projetos. Elas são necessárias para superar desníveis onde é impossível construir um talude e realizar cortes em terrenos naturais, otimizando o espaço e aumentando significativamente a inclinação do corte. O principal objetivo dessas estruturas é proporcionar segurança e estabilidade (MEDEIROS, 2005).

5.2 Estruturas de Contenção

Com base em pesquisas desempenhadas por Neto (2022), soluções de contenção como muros de arrimo já são utilizadas desde antiguidade em construções civis, segundo registros. Entende-se que a estrutura de contenção de uma edificação é a estrutura responsável por retorquir as energias de empuxos e tensões resultantes da construção ou do desnível do solo. Em destaque, os tipos mais usuais são: muros de arrimo, cortinas e escoramento. Para executar uma estrutura de contenção, são existentes diversos métodos, mas todos incluem uma análise do equilíbrio da própria estrutura com a integridade do solo através da sondagem e levantamento topográfico.

Os muros são elementos de contenção contínuos, construídas em paredes verticais ou quase retráteis em fundações rasas ou profundas. Cortinas são soluções estruturais fixados a outras estruturas, resultando em uma diminuição dos movimentos desses componentes, devido uma elevada resistência a esforços horizontais. Ademais, os escoramentos são soluções executadas, não permanentes, a fim de permitir a execução de outras edificações (ARAUJO*,* 2022).

Essas estruturas proporcionam um grande impacto na sociedade, logo, deve-se considerar que os estudos sejam contínuos associados com as inovações tecnológicas dessa forma, os processos de desenvolvimento simplificam a execução e reduzem os custos de implantação. Diante do exposto, há diversidade de métodos e alternâncias de contenções, conclui-se que, a depender dos requisitos do empreendimento, um método pode oferecer um custo-benefício superior a outros. Em virtude disso, ao executar um empreendimento faz-se um estudo com auxílio de tabelas orçamentárias e pesquisas de mercado na qual serão observados prazos estimados para execução da contenção, custos, logística, organização no canteiro, mão de obra, dentre outros fatores, resultante em uma análise para que então haja uma tomada de decisão de qual será o método que melhor atenderá as expectativas do empreendimento

5.3 Muros de Arrimo

Os muros são elementos de contenção contínuos, construídas em paredes verticais ou quase retráteis em fundações rasas ou profundas. Dividindo-se em muros de gravidade, muros atirantados e flexão.

Muros de Gravidade, são estruturas que por sua vez, suportam as tensões horizontais aplicadas, com seu peso próprio. Normalmente os muros de gravidade são construídos em terrenos que permitem a inserção da seção transversal na qual podem ser retangulares, trapezoidais ou escalonadas, com largura da base na ordem de 30% a 40% da altura do muro, conforme a seção transversal. Para execução é possível usar pedras ou concreto (MOLITERNO, 1991).

As paredes de gravidade são construídas através do lançamento e compactação do solo de aterro, seja durante ou após a execução da parede, como no caso dos gabiões. Portanto, muitas vezes é necessária a escavação do terreno natural. O solo utilizado geralmente é uma combinação de solo natural e aterro, o que confere ao sistema uma diferença inevitável (BARROS, 2011). Além disso, pode ocorrer uma deformação na área de contato entre o aterro e o solo natural, conforme a FIGURA 3.

FIGURA 3 - Muros De Gravidade



FONTE: Directiva Engenharia, (2024)

Muros atirantados, como mostra a Figura 4, são estruturas mistas construídas com concreto ou alvenaria e barras de aço inseridas como tirantes. Os elementos são amarrados a blocos, estacas ou outros elementos inseridos. Usualmente são utilizadas em construções cuja cota é de até três metros pois esta solução é de baixo custo, na qual os tirantes não impedem a execução de obras futuras.

Os tirantes estão ancorados internamente ao maciço por meio de um bulbo de ancoragem, posicionados em planos perpendiculares à face do muro (DUARTE, 2013).

FIGURA 4 - Muros Atirantados



Fonte: Progeo, (2024).

Muros de Flexão**,** consiste em uma estrutura de caráter esbelto, na qual a sua seção transversal “L”, é reforçada e resiste aos empuxos por flexão, conforme a Figura 5. Para este método construtivo utiliza-se concreto armado. Ademais, para fins de execução esta opção não é viável economicamente para contenções que possuem alturas que variam de 5 metros a 7 metros.

Utilizar contrafortes para aumentar a estabilidade contra a queda de objetos é uma decisão acertada quando é necessário conter altura maiores, representado na Figura 5. Esses contrafortes geralmente são colocados a uma distância de aproximadamente 70% da altura do muro e devem ser armados especificamente para suportar os esforços de tração na laje de base interna. Em situações menos comuns, onde a base da laje está localizada externamente ao retro aterro, os contrafortes atuam sob compreensão. Esta configuração é rara, pois reduz o espaço disponível próximo à estrutura de contenção (GERSCOVICH, 2016).

FIGURA 5 - Muros De Flexão



FONTE: Pré-Moldados Sampaio, (2024)

5.4 Cortinas

De acordo com Resende (2017), cortinas de contenção são soluções estruturais aportadas ou fixadas em outras estruturas, comportando-se em um estado plástico solicitando maiores esforços. As cortinas de contenção são divididas em duas categorias: atirantadas e escavações escoradas.

As cortinas atirantadas consistem em estruturas confeccionadas com concreto armado que atuam com tirantes, cordoalhas ou barras de aço, que por sua vez são fixados no terreno, pois possuem alta resistência a tração e mantém a solidez da estrutura (GUIMARAES, 2015).

Os processos de execução são regulamentados de acordo com as normas técnicas. Para uma garantia da compreensão completa, todas as fases do processo serão atenuadas em relatórios detalhados, após a realização da contenção com cortinas atirantadas. Outras vezes, a execução obedecerá aos padrões de segurança no trabalho rigorosamente, independentemente do tipo de contenção selecionado (SOLOTRAT, 2024).

Os tirantes são barras, fios ou cordoalha embutidos no maciço a ser arrimado com a função de transmitir por tração, os esforços de empuxo no paramento para camadas mais profundas, estáveis e resistentes do maciço de solo.

Para o uso de estruturas de contenção atirantadas, é solicitado que existam superfícies resistentes para que então possa ancorar os tirantes a profundidades

definidas em projeto, conforme na Figura 6. A vantagem dessa solução é que para sua execução não há limitações quanto a situação geométrica, o material a ser utilizado e as condições fornecidas (CARVALHO *et al.,* 1991).

FIGURA 6 – Cortina Atirantada



FONTE: Fernando Calais Engenharia, (2024).

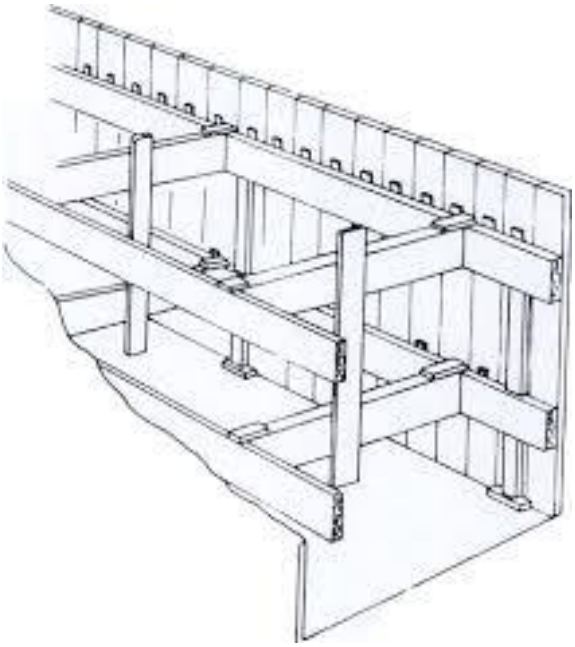
As escavações escoradas por sua vez, são soluções construtivas, de caráter não permanente que proporcionam execução de outras obras. Há um elo no modelo de escavações escoradas, com obras que estão abaixo do nível do solo ou assentadas embutidas no terreno. Essas soluções são divididas em: pranchas verticais de madeira, escoramento metálico, estacas prancha, paredes diafragma e estacas justapostas. (ARAUJO, 2022).

Pranchas verticais de madeira, são soluções adotadas frequentemente para contenção de valas em projetos hidráulicos e hidrossanitários. Esta estrutura consiste basicamente em pranchas cravadas verticalmente à medida que as madeiras atingem uma determinada profundidade e por consequência não resistem aos esforços solicitantes, vê-se a necessidade de fazer reforços com longarinas e escoras de forma perpendicular a parede conforme a execução e evolui, demostrado na Figura 7.

Essa técnica é utilizada em escavações de pequenas alturas, usualmente entre 1,5m e 2,5m, escavadas manualmente. Em casos de escavações que não são em valas, os reforços com longarinas e escoras são substituídos por estacas inclinadas. Adotando como método de encaixe os sistemas tipo macho e fêmea, principalmente em terrenos de caráter argiloso ou arenoso, resulta em uma qualidade do sistema de

contenção devido a sua vantagem em vedar a passagem de água e de partículas finas de solo. (CARDOSO, 2002).

FIGURA 7 – Pranchas Verticais De Madeira



FONTE: Geocities, (2024)

Os escoramentos metálicos visto na Figura 8, consistem em perfis do tipo “I” e aços inseridos verticalmente em vãos antes do início da escavação, e sequencialmente, são executados os cortes. Para confecção dos pilares são inseridas pranchas de madeira entre os perfis.

FIGURA 8 – Escoramentos Metálicos



FONTE: Pros Escoramentos, (2024)

Estacas prancha representado na Figura 9, possuem perfis com seções em forma de “U” ou “Z” e encaixes longitudinais correspondentes. Quando unidos, esses perfis formam paredes contínuas por meio da sobreposição das peças.

Para executar essas estacas pranchas utiliza-se o bate-estaca ou martelos de vibração, com auxílio de guindastes para fixar os perfis no solo. Também são usadas de forma não permanente para confecção dos blocos de coroamento, todavia é realizado um furo para que facilite o processo de retirada dos perfis.

FIGURA 9 – Estaca Prancha



FONTE: Geossintec, (2024)

Paredes-diafragma são estruturas de contenção onde a concretagem é realizada utilizando tremonhas. Após a concretagem, a armadura é inserida em trincheiras previamente escavadas. A estabilidade dessas trincheiras, antes do processo de concretagem, é garantida pela aplicação de concreto, conforme ilustrado na Figura 10.

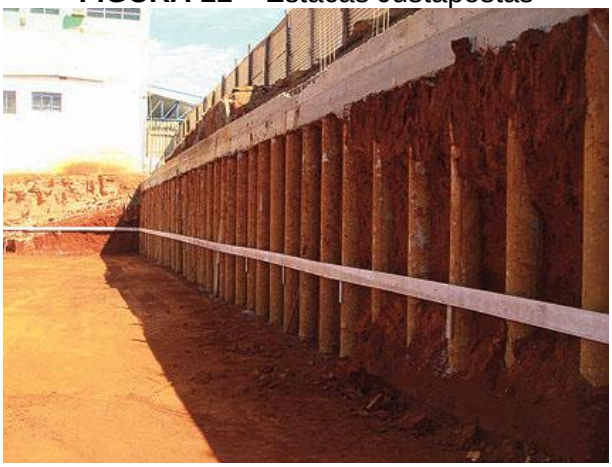
FIGURA 10 – Parede Diafragma



FONTE: FN Engenharia De Estruturas, (2024)

Segundo Araujo (2022) as estacas justapostas podem ser executadas de duas formas, cravadas ou escavadas, resultando em paredes de contenção que estão interligadas por meia de vigas de coroamento. Para realização dessas estacas pode utilizar o método de estacas hélice contínua, estacas raiz, podendo até ser executada por meio de pranchas metálicas que são cravadas no solo. As estacas são dispostas paralelamente com intersecção formando uma contenção contínua, conforme representa a Figura 11.

FIGURA 11 – Estacas Justapostas



Fonte: Investgeo, (2024)

Diante dos fatos supracitados, observa-se que as estacas justapostas, podem ser executadas pelo método da cravação de perfil metálico, estacas hélice contínua, e outros tipos mais. Para um melhor entendimento dos tipos que foram selecionados e avaliados para execução do empreendimento em questão, vamos destrinchar mais sobre os métodos estacas perfil metálico e estacas hélice contínua.

5.4.1 Estaca perfil metálico

Consiste em uma estaca, representada na Figura 12, na qual, são cravados no solo perfis metálicos, por meio da percussão livre, esse método, utiliza o bate-estaca de queda livre, composto por torre, plataforma, guincho mecânico e martelo. Para executar esta estaca o maquinário suspende o martelo, que ao ser solto bate no topo da estaca deslocando o perfil verticalmente.

Na execução desta estaca, a escavação ocorre por níveis e paralelamente pela execução alternada de painéis de concreto armado, primários e secundários. A

concretagem desses painéis é realizada de cima para baixo, incorporando os perfis metálicos na parede (GUERRA *et. al.,* 2002), representado na Figura 12.

FIGURA 12 – Estaca Perfil Metálico



FONTE: Autor, (2024)

Entre as estruturas de contenção flexíveis, as cortinas tipo Berlim são das mais comuns. As paredes de contenção tipo Berlim envolvem a instalação prévia de perfis verticais em furos realizados ao redor da área a ser escavada. A escavação é feita em níveis e acompanhada pela execução alternada de painéis de concreto armado: os painéis primários são executados primeiro e os secundários são feitos após os primeiros.

A concretagem dos painéis é realizada de cima para baixo, ou seja, iniciando pelos painéis mais superficiais, com os perfis metálicos verticais incorporados na parede. A estabilidade e a sustentação de deformações compatíveis com o ambiente ao redor são geralmente asseguradas por ancoragens, fixadas no terreno.

Nessas estruturas de contenção, os perfis verticais têm a função de transmitir as cargas verticais provenientes do peso próprio da parede de concreto e da forte componente vertical das forças de ancoragens. Normalmente, não se considera a absorção de momentos fletores no dimensionamento dos perfis verticais, pois essa função é desempenhada pelo elemento de concreto armado, betonado no local, que possui uma rigidez à flexão consideravelmente superior.

Essa hipótese não se aplica quando se utilizam perfis exteriores à parede. Essa solução é às vezes adotada devido à dificuldade de perfuração de furos tangentes ou próximos demais ao recalque de um edifício adjacente. No entanto, é fácil compreender que o desempenho desses perfis será sempre menos eficiente do que

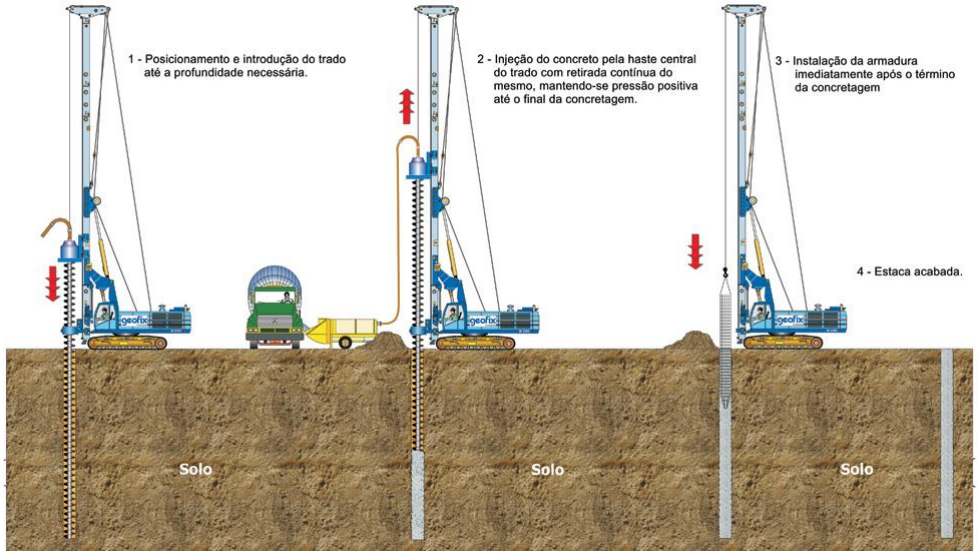
o dos perfis incorporados na parede a ser construída, tornando esse expediente pouco conveniente. No entanto, caso seja utilizado, é crucial considerar as consequências dessa disposição.

5.4.2 Estaca hélice contínua

Seguindo a NBR 6122 (ABNT, 2019), consiste em uma estaca, conforme a Figura 13, de concreto moldada *in loco*. Sua execução, compreende-se na inserção de um trado helicoidal rotacionando o de forma contínua no terreno, por meio de motores hidráulicos. Este trado possui um tubo no centro, na qual é realizado a concretagem bombeada continuamente correlatamente a sua retirada. Para que este tubo não sofra obstrução durante a escavação, há uma tampa metálica, que é liberada no início da concretagem.

Realizando a concretagem, é introduzida a armação manualmente ou mecanicamente, com auxílio de um peso, deixando-a na cota estipulada pelo projetista, conforme a Figura 13. Para dimensionar a profundidade da estaca, o fck do concreto a ser utilizado e a armação da estaca, é realizado um estudo de todos os componentes do solo, empuxos dos terrenos circunvizinhos e da estrutura da edificação.

FIGURA 13 - Estaca Hélice Contínua



FONTE: Geofix, (1975).

Após alcançar a profundidade desejada, o concreto é bombeado continuamente, sem interrupções, por meio de um tubo central, enquanto a hélice é retirada. Durante esse processo, a hélice não gira ou gira lentamente no mesmo sentido da perfuração. A velocidade da extração da hélice é controlada de forma a manter uma pressão positiva do concreto que será introduzido no furo.

Sequencialmente a conclusão da concretagem, a armadura é posicionada. A “gaiola” é inserida manualmente por operários, podendo ser auxiliada por um peso ou mesmo um vibrador. Normalmente, as armaduras no topo, com comprimentos de 4 a 5 metros (abaixo da cota de arrasamento), estão sujeitas apenas a esforços de compressão.

No caso das estacas sujeitas a esforços transversais ou de tração, é aceitável utilizar armaduras com comprimentos maiores, por exemplo, 12 a 18 metros, conforme estacas produzidas com concretos especiais. Na extremidade inferior da gaiola de armadura, as barras devem ser curvadas de modo a formar um cone, facilitando sua entrada no concreto e devem ser acompanhadas de espaçadores do tipo rolete. As “gaiolas” são compostas por barras, geralmente com diâmetro igual ou superior a 16 mm, com estribos helicoidais soldados em barras longitudinais ou mesmo circulares.

Um sistema de monitoramento congruente com o controle de execução é fundamental para garantir a qualidade e a confiabilidade das estacas. Esse sistema possibilita a análise em tempo real das fazes críticas durante a execução das estacas, oferecendo insights valiosos. A monitoração pode ser realizada eletronicamente ou por meio de computadores conectados a sensores colocados na máquina, conforme descrito por Araujo *et. al*. (2022).

5.5 Composição de custos na construção civil

Dentro da construção civil, um dos tópicos importantes de se entender é que a composição de custos é um dos pontos primordiais pois, é nesta fase do planejamento que se avaliará a viabilidade econômica. Logo, evitando despesas desnecessárias e elevação do custo da obra.

Ao fazer uma composição de custos de um empreendimento, deve-se levar em consideração que o mercado de insumos da construção civil tem caráter volátil devido à sua complexidade e dinamicidade. Alguns fatores influenciam esses índices diretamente como por exemplo, a relação com o código de obra do município em que

será construído o empreendimento que a depender da região e o funcionamento daquela obra possui características diferentes de outras, além do fator relacionado com a produtividade da equipe cuja mão-de-obra é direta (SANTOS, 2018).

Com embasamento na lei 14.133/21, inicialmente entende-se que dentro de uma composição de custo, é da responsabilidade do setor administrativo, receber, analisar e selecionar a proposta que possua caráter mais vantajoso, atendendo os padrões de qualidade da obra, em relação ao insumo fornecido e menor preço. Entretanto, é imprescindível que todos esses estudos de propostas sejam executados à caráter da isonomia cumprindo assim com o artigo 5° que prevê a igualdade de todos perante a lei, ou seja, de forma isonômica (VALADARES; GOMES, 2017).

Goldman (1997), apresentou em seus estudos a importância do setor de planejamento técnico em uma empresa de construção, que detém como responsabilidade estudar a viabilidade técnica-econômica do empreendimento, assim como planejar, controlar e então coletar esses dados e analisá-los, para que uma decisão seja tomada. Esses resultados são coletados por meio da comparação, previsão e estudos realizados durante a fase de controle da construção, que ocorre durante a execução da obra.

A composição de custo de um insumo na construção civil envolve a soma de diversos elementos que são necessários para que o insumo seja adquirido, transportado, armazenado, manipulado e utilizado na obra. Essa composição ajuda a determinar o preço final de um material ou serviço e é fundamental para elaboração de orçamentos e para o controle financeiro do projeto.

Essa composição deve ser repetida para cada tipo de insumo utilizado no projeto, e é essencial para o controle financeiro da obra e para a elaboração de orçamentos realistas. Como método de apresentação desse modelo, uma tabela é montada contendo todas as unidades de serviço e material referente com uma relação com os dados apresentados pelos fornecedores dos insumos e mão-de-obra, com a finalidade de elaborar um comparativo de custos, item a item. A comparação e composição de custos na construção civil é um processo que visa definir, analisar e comparar os custos de diferentes alternativas para escolher a opção mais econômica e eficiente para um projeto, logo mais será presentado essas etapas.

5.5.1 Orçamentação e Levantamento de quantitativos

O orçamento base é um dos elementos fundamentais na gestão de qualquer projeto, representando o ponto de partida para a definição dos custos totais. Ele é desenvolvido a partir de projetos detalhados, como os de arquitetura, estrutura e instalações, que fornecem informações essenciais para a composição dos custos. Esse orçamento reflete a estimativa financeira da obra, considerando todos os materiais, mão de obra, equipamentos e outros insumos necessários para sua execução. Além disso, é importante que o orçamento seja elaborado com precisão, pois ele servirá como referência ao longo do projeto, ajudando a controlar despesas e evitar imprevistos financeiros (GONÇALVES *et al*., 2011).

Os quantitativos são levantamentos detalhados que têm como objetivo calcular as quantidades exatas de cada item necessário para a execução da obra. Essa etapa é essencial para garantir a precisão do orçamento, uma vez que pequenas variações nas quantidades podem gerar grandes diferenças no custo final. Os itens calculados incluem, por exemplo, volumes de concreto, extensões de tubulações e áreas de alvenaria, entre outros elementos essenciais à construção. Além disso, os quantitativos permitem um melhor planejamento logístico, assegurando que os materiais estejam disponíveis na medida certa e no momento certo, contribuindo para a eficiência e a economia do projeto. (CECÍLIA, 2015).

5.5.2 Composição de Custos Unitários

Para calcular o custo unitário de cada atividade ou serviço em um projeto, é necessário desmembrá-lo em suas partes constituintes, como mão de obra, materiais, equipamentos e despesas indiretas. Essa abordagem detalhada permite uma análise precisa de cada elemento que compõe o custo total, garantindo maior controle sobre o orçamento. Dividir as atividades em partes também facilita a identificação de possíveis otimizações e ajustes, além de possibilitar o monitoramento do uso eficiente de recursos durante a execução do projeto. (NAGANO, 2024).

Para a Nagano (2024), a composição de custos unitários envolve a análise e a soma de quatro elementos principais. Primeiramente, os custos com mão de obra, que

abrangem os trabalhadores especializados necessários para cada etapa, como pedreiros, eletricistas e carpinteiros. Em seguida, estão os materiais, cujo custo é baseado nas quantidades levantadas e nos preços de mercado atualizados. O terceiro componente inclui os equipamentos e ferramentas, como betoneiras, gruas e escavadeiras, essenciais para a realização das atividades. Por fim, as despesas indiretas englobam custos como administração, segurança do trabalho e controle de qualidade, que não são atribuíveis diretamente a uma única etapa, mas são indispensáveis para o bom andamento do projeto como um todo.

5.5.3 Análise de Alternativas e Cenários

A comparação de custos é uma etapa essencial na elaboração e no planejamento de projetos, pois permite avaliar diferentes cenários e suas implicações financeiras. Esse processo pode incluir análises de alternativas, como a escolha entre diferentes tipos de fundação, acabamentos e métodos de construção. Por meio dessa avaliação, é possível determinar quais soluções oferecem o melhor custo-benefício, considerando não apenas o valor inicial, mas também fatores como durabilidade e manutenção ao longo do tempo. Assim, essa abordagem contribui para a otimização dos recursos e a viabilidade do projeto. (CHAVES *et.al.,* 2021).

No processo de construção, a escolha de materiais é uma decisão que impacta diretamente o orçamento e a qualidade final do projeto. Comparar diferentes materiais que podem ser utilizados em uma mesma etapa permite avaliar aspectos como custo, disponibilidade no mercado local e características técnicas. Por exemplo, optar entre cerâmica e porcelanato para revestimentos ou entre concreto convencional e concreto autoadensável para estruturas pode levar a economias significativas ou melhorias na eficiência e durabilidade da obra. Essa análise também ajuda a alinhar as escolhas com o padrão de qualidade desejado e o orçamento disponível. (ARAÚJO *et.al.,* 2021).

A análise de métodos construtivos é outro fator crucial na comparação de custos e no planejamento de projetos. Métodos como construção convencional, modular, ou com uso de drywall apresentam vantagens e desvantagens que devem ser consideradas em relação ao tempo de execução e ao custo. Por exemplo, enquanto a construção modular pode ser mais rápida, a convencional pode oferecer

maior flexibilidade em adaptações durante a obra. A escolha do método ideal depende do tipo de projeto, do cronograma e do orçamento, garantindo que a solução adotada atenda às necessidades específicas do cliente e do empreendimento. (CHAVES *et.al*., 2021).

Incorporar tecnologias e práticas sustentáveis no projeto é uma tendência crescente que combina inovação com responsabilidade ambiental. Apesar de algumas dessas soluções, como sistemas de isolamento térmico, captação de água da chuva e energia solar, terem um custo inicial mais elevado, elas oferecem benefícios a longo prazo, como redução de despesas operacionais e menor impacto ambiental. Além disso, o uso de tecnologias sustentáveis pode agregar valor ao empreendimento, tornando-o mais atrativo para compradores e investidores. Assim, a análise de custo-benefício dessas tecnologias é essencial para garantir um equilíbrio entre inovação, sustentabilidade e viabilidade econômica. (ARAÚJO *et.al.,* 2021).

5.5.4 Custos Diretos e Indiretos

Os custos diretos estão diretamente relacionados à execução de atividades específicas no projeto e podem ser atribuídos de forma clara e objetiva a cada etapa da obra. Esses custos incluem materiais, mão de obra e equipamentos necessários para realizar tarefas como a construção de fundações, alvenarias, revestimentos e demais componentes do projeto. Por exemplo, o concreto utilizado na fundação ou os blocos de alvenaria empregados nas paredes são elementos que fazem parte dos custos diretos. Controlar esses custos é essencial para manter o orçamento dentro do planejado, garantindo que cada atividade seja realizada de maneira eficiente e econômica. (SANTOS, 2010).

Por outro lado, os custos indiretos englobam despesas que, embora não estejam vinculadas diretamente a uma atividade específica, são indispensáveis para o funcionamento e a gestão do projeto. Esses custos incluem itens como administração, segurança do trabalho, manutenção de instalações provisórias, limpeza e controle de qualidade. Eles são essenciais para assegurar que o ambiente de trabalho seja organizado, seguro e eficiente, além de contribuir para o cumprimento dos prazos e a qualidade final da obra. Apesar de não serem tão evidentes quanto os

custos diretos, os custos indiretos devem ser monitorados com atenção para evitar impactos significativos no orçamento geral do projeto. (KNOLSEISEN, 2003).

5.5.5 Pesquisa de Mercado e Atualização de Preços

O mercado da construção civil é altamente influenciado por variações nos preços de materiais e serviços, decorrentes de fatores como sazonalidade, disponibilidade de insumos e flutuações econômicas. Por isso, é fundamental atualizar constantemente os valores durante o planejamento e a execução de um projeto. Manter-se atento a essas oscilações ajuda a evitar surpresas financeiras, garantindo que o orçamento reflita a realidade do mercado. Essa prática é essencial para preservar a viabilidade econômica do empreendimento e para ajustar estratégias em resposta a mudanças inesperadas nos custos. (ANDRADE, 2023).

Uma abordagem comum para garantir precisão nos orçamentos é o uso de tabelas de referência, como as fornecidas pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Essas tabelas oferecem dados atualizados e confiáveis sobre custos de materiais, mão de obra e serviços em diferentes regiões do país. Além disso, é indispensável realizar cotações diretas com fornecedores locais, pois isso permite comparar preços e condições de fornecimento específicos para cada projeto. A combinação de referências nacionais e levantamentos locais ajuda a compor um orçamento realista e adaptado às particularidades do mercado em que a obra será executada. (PONTON, 2022).

5.5.6 Análise de Custo-Benefício

Ao planejar um projeto, é essencial considerar não apenas os custos imediatos, mas também os benefícios de longo prazo associados às decisões tomadas. Essa análise abrange fatores como durabilidade dos materiais, custos de manutenção, sustentabilidade e eficiência energética. Por exemplo, optar por materiais de maior qualidade pode representar um investimento inicial mais alto, mas reduzirá gastos com reparos e substituições no futuro. Da mesma forma, a adoção de soluções sustentáveis, como sistemas de energia solar ou isolamento térmico, pode gerar

economia em operação e menor impacto ambiental, aumentando o valor do empreendimento ao longo do tempo. (PEREIRA, 2016).

As escolhas no planejamento de um projeto muitas vezes dependem da relação entre o custo total e o benefício percebido em termos de qualidade, durabilidade e valor agregado ao empreendimento. Essa análise permite identificar a opção que oferece o melhor retorno sobre o investimento, equilibrando o orçamento com as metas do projeto. Por exemplo, ao avaliar diferentes sistemas de acabamento, pode-se optar por uma solução que, embora mais cara, proporcione maior longevidade e valor estético, elevando a percepção de qualidade e o potencial de mercado do empreendimento. Assim, decisões fundamentadas no custo-benefício total são essenciais para maximizar a eficiência e o sucesso do projeto. (SOARES, 2022).

5.5.7 Comparação Final e Relatório de Custos

Após a análise detalhada de fatores como custos diretos e indiretos, métodos de construção, materiais, tecnologias sustentáveis e benefícios de longo prazo, é possível consolidar essas informações em um relatório de custos abrangente. Esse documento apresenta uma comparação clara entre as alternativas consideradas, detalhando os prós e contras de cada opção. Além disso, o relatório fornece uma visão estruturada que facilita a tomada de decisões estratégicas, permitindo identificar as soluções mais alinhadas aos objetivos financeiros, técnicos e sustentáveis do projeto. (FREITAS, 2023.)

O relatório de custos também funciona como uma ferramenta essencial para destacar a melhor alternativa em termos de custo-benefício, considerando fatores como viabilidade econômica, qualidade, durabilidade e valor agregado ao empreendimento. Ao reunir os dados de forma objetiva e acessível, ele oferece suporte técnico aos gestores e investidores, promovendo decisões bem fundamentadas. Com isso, o relatório não apenas otimiza os recursos disponíveis, mas também contribui para o sucesso global da obra, garantindo que as escolhas feitas sejam vantajosas tanto no curto quanto no longo prazo. (PEREIRA, 2016).

Em suma, a comparação e composição de custos na construção civil envolve uma análise detalhada de cada parte do projeto, desde a escolha dos materiais até o

método de construção, levando em conta tanto os custos imediatos quanto os impactos a longo prazo para otimizar o investimento.

5.6 Análise de prazo

A análise de prazo na construção civil é uma etapa essencial para garantir o planejamento e a execução eficiente de projetos, sendo fundamental para a gestão de obras. Logo mais, será abordado como essa análise é realizada, destacando as principais ferramentas e metodologias utilizadas, como o cronograma físico-financeiro, os gráficos de Gantt e as técnicas de análise de caminhos críticos (CPM). Além disso, será discutido os fatores que influenciam a definição e o cumprimento dos prazos, como o gerenciamento de recursos, o clima e os imprevistos, oferecendo uma visão detalhada sobre sua importância para o sucesso dos empreendimentos. (SILVA, 2019).

5.6.1 Escopo e sequenciamento das atividades

A definição do escopo é a etapa inicial da análise de prazo na construção civil, sendo essencial para o sucesso do projeto. O escopo envolve a descrição detalhada de todas as atividades que serão realizadas durante a obra, estabelecendo o propósito, metas e resultados esperados, bem como as entregas que incluem estruturas, instalações e acabamentos. Também é nesta etapa que se determinam os orçamentos e prazos, especificando os recursos financeiros e o tempo disponíveis para cada fase do projeto. Um escopo bem definido evita interpretações erradas, mudanças de última hora e garante alinhamento entre os envolvidos. (SOTILLE, 2019).

Além de prevenir alterações que possam gerar atrasos e custos adicionais, o escopo proporciona uma visão clara para todos os participantes do projeto. Ele serve como base para o planejamento detalhado e o controle de qualidade da obra, prevenindo divergências e retrabalhos. Essa clareza permite que as metas sejam cumpridas com eficiência, garantindo que todos saibam exatamente o que será entregue ao final do processo. (MARTINS, 2007).

Após a definição do escopo, o sequenciamento das atividades é a próxima etapa essencial para garantir a eficiência na execução do projeto. Isso envolve organizar as tarefas na ordem correta, considerando suas interdependências e os critérios para o início de cada serviço. A identificação detalhada de cada atividade e a análise dos recursos necessários, como mão de obra, materiais e equipamentos, asseguram que tudo esteja disponível para que cada etapa seja realizada conforme o planejado. (TZORTZOPOULOS, 1999).

O sequenciamento também inclui a definição de marcos importantes, como a conclusão de fases principais, que permitem acompanhar o progresso do projeto e tomar decisões corretivas, se necessário. Ferramentas como gráficos de Gantt e métodos de planejamento em rede ajudam a mapear as atividades e monitorar o cronograma. Em resumo, para Tzortzopoulos (1999), a definição do escopo e o sequenciamento são fundamentais para garantir um fluxo de trabalho eficiente, reduzindo riscos de atrasos e aumento de custos no projeto de construção civil.

5.6.2 Quantificação e estimativa do volume de trabalho

A segunda etapa da análise de prazo envolve a quantificação e a estimativa do volume de trabalho, etapas essenciais no planejamento e execução de projetos. Esse processo consiste em determinar a quantidade exata de materiais, mão de obra e tempo necessários para cada fase da construção, com base nos projetos e especificações. Antes da quantificação, é indispensável revisar os projetos de arquitetura, estrutura, instalações e outras disciplinas relevantes, garantindo a compatibilidade das especificações técnicas que influenciam diretamente o volume de trabalho. (CARVALHO, 2022).

O levantamento de quantitativos é realizado através de medições e cálculos que identificam os materiais, equipamentos e a mão de obra necessários para cada etapa. Cada atividade é associada a uma taxa de produtividade, enquanto margens de desperdício também são consideradas para compensar perdas durante o transporte, armazenamento e execução. Com base nesses dados, é possível estimar custos detalhados para cada material e insumo, utilizando cotações de mercado. Ferramentas como planilhas ou softwares específicos auxiliam na organização, atualização e documentação desses quantitativos, garantindo uma base sólida para ajustes e tomada de decisões. (PAES, 2008).

A quantificação e a estimativa do volume de trabalho asseguram o correto alocamento de recursos, minimizando desperdícios e contribuindo para a viabilidade do cronograma e do orçamento. Essa abordagem detalhada permite à equipe de construção trabalhar com previsões mais precisas de necessidade e custos, aumentando a eficiência e a precisão durante a execução da obra. Além disso, a documentação serve como referência, proporcionando maior controle e flexibilidade para eventuais adaptações no decorrer do projeto. (SOTILLE, 2019).

5.6.3 Capacidade da mão de obra e produtividade

A terceira etapa do processo de análise de prazo envolve a mensuração da capacidade e da produtividade da mão de obra, aspectos essenciais para o planejamento e a execução de obras na construção civil. A capacidade da mão de obra considera a quantidade de trabalhadores qualificados disponíveis, o nível de experiência, a especialização, e fatores como carga horária permitida e normas de segurança. Esses elementos influenciam diretamente a qualidade, a velocidade de execução e, consequentemente, o andamento do projeto. (SILVA, 2017).

A produtividade, por sua vez, mede a quantidade de trabalho realizada em um período específico, considerando a eficiência no uso de tempo, ferramentas e materiais. Este índice varia conforme o tipo de serviço, as condições do ambiente e os equipamentos utilizados. Compreender e gerenciar esses fatores permite melhorar a eficiência, reduzir custos e garantir o cumprimento dos prazos e a qualidade esperada na conclusão do projeto. (MAGALHÃES, 2007).

5.6.4 Disponibilidade de materiais e equipamentos

A quarta etapa da análise de prazo na construção civil aborda a disponibilidade de materiais e equipamentos, um aspecto essencial para o sucesso do projeto. A falta ou atraso na entrega de insumos pode causar interrupções, atrasos e aumento de custos, comprometendo tanto o cronograma quanto a qualidade da obra. Um fornecimento contínuo e planejado permite que cada etapa seja realizada sem interrupções, além de contribuir para o controle de custos por meio de negociações antecipadas e planejamento do armazenamento. Materiais adequados e em

quantidade certa, junto com equipamentos em bom estado, são indispensáveis para assegurar a qualidade e a segurança no canteiro de obras. (SOUZA, 2024).

O planejamento da disponibilidade de materiais inclui a avaliação precisa das quantidades necessárias, além da decisão entre compra ou aluguel de equipamentos. Para equipamentos de uso esporádico, o aluguel é mais vantajoso, enquanto para uso frequente ou longo prazo, a compra pode ser a melhor opção. Também é essencial implementar rotinas de manutenção preventiva e corretiva para evitar falhas e paradas inesperadas, assim como planejar a logística de transporte para equipamentos grandes e complexos. Estratégias como contratos firmados com antecedência e o uso de sistemas de gestão de suprimentos ajudam a monitorar estoques e prever a necessidade de reposição, garantindo um fornecimento contínuo. (GERMANO, 2018).

A indisponibilidade de materiais e equipamentos pode impactar negativamente os prazos, a produtividade e a qualidade da obra, além de elevar os custos. Para mitigar esses riscos, é fundamental contar com fornecedores confiáveis próximos à obra, verificar a qualidade dos materiais entregues e adotar um planejamento eficaz que minimize imprevistos. A gestão adequada desses recursos garante um andamento contínuo do projeto, promove a produtividade e assegura o cumprimento do cronograma, controle de custos e a qualidade esperada na execução. (SOUZA, 2024).

5.6.5 Condições Climáticas e Impactos no Prazo

A quinta etapa da análise de prazo considera as condições climáticas e seus impactos no cronograma das obras na construção civil. Fatores como chuvas intensas, altas temperaturas, ventos fortes, frio extremo e geadas podem interromper atividades, comprometer a produtividade e afetar a segurança dos trabalhadores. Atividades como escavações, concretagens e instalações de estruturas metálicas são particularmente vulneráveis às chuvas, que podem encharcar o solo, dificultar o uso de equipamentos e afetar a qualidade de materiais como o concreto, sensível à umidade e ao tempo de cura. Além disso, dificuldades de acesso e transporte em áreas afetadas por chuvas intensas podem atrasar a chegada de trabalhadores e materiais ao canteiro de obras. (SETÚBAL *et.al.,* 2024).

Condições extremas de temperatura também representam desafios significativos. O calor excessivo acelera a evaporação e prejudica o acabamento de

concretos e argamassas, além de reduzir a produtividade dos trabalhadores e aumentar os riscos de saúde, como desidratação. Em regiões frias, o congelamento da água em concretos e argamassas pode causar rachaduras, enquanto geadas exigem cuidados adicionais para evitar danos estruturais. Ventos fortes dificultam atividades como instalação de telhados e estruturas metálicas, além de representar riscos físicos para trabalhadores e equipamentos, especialmente em obras com torres e gruas. (SETÚBAL *et.al.,* 2024).

Para mitigar esses impactos, é necessário planejar estratégias como evitar atividades críticas durante condições climáticas adversas, utilizar materiais aditivados ou de secagem rápida, e adotar medidas de proteção, como coberturas móveis e barreiras de vento. Aplicativos de previsão e monitoramento em tempo real auxiliam no gerenciamento do cronograma e permitem antecipar possíveis interrupções. Assim, a capacidade de adaptar-se às condições climáticas é fundamental para assegurar o cumprimento dos prazos, a qualidade da obra e a segurança no canteiro.

5.6.6 Complexidade do Serviço e Técnicas Construtivas

A complexidade do serviço e as técnicas construtivas são fatores determinantes na execução de obras, influenciando prazos, custos, qualidade e sustentabilidade. Projetos mais complexos, como arranha-céus ou pontes, exigem alta especialização técnica, planejamento cuidadoso e tecnologias avançadas, como BIM e impressão 3D. Além disso, a logística de materiais específicos e importados desempenha um papel crucial em obras de grande porte, demandando coordenação rigorosa para evitar atrasos e retrabalho. (SALES, *et. al*., 2022).

As técnicas construtivas variam em complexidade e impacto no projeto. Métodos tradicionais, como a alvenaria convencional, são econômicos e amplamente usados, mas lentos e exigentes em controle de qualidade. Alternativas modernas, como estruturas pré-moldadas, drywall, steel frame e construção modular, reduzem o tempo e o desperdício, embora requeiram mão de obra especializada e planejamento mais rigoroso. Técnicas emergentes, como impressão 3D e sistemas ecológicos, representam avanços significativos em eficiência e sustentabilidade, mas ainda enfrentam desafios técnicos e de aceitação no mercado. (CASSAR, 2018).

A escolha das técnicas construtivas afeta diretamente os custos e prazos das obras. Métodos inovadores tendem a ser mais rápidos e eficientes, embora exijam

maior investimento inicial em tecnologias e logística. Por outro lado, técnicas sustentáveis, apesar de aumentar a complexidade inicial, reduzem o impacto ambiental e oferecem maior eficiência energética ao longo do tempo. A combinação adequada entre complexidade e técnicas permite a execução de projetos com maior qualidade, segurança e sustentabilidade, promovendo resultados mais eficazes e alinhados às demandas modernas. (MELLO, 2015).

5.6.7 Gerenciamento de Riscos e Contingências

O gerenciamento de riscos e contingências é essencial na construção civil devido à complexidade das obras e à variedade de fatores que podem impactar o cronograma, o orçamento e a qualidade. Riscos incluem segurança dos trabalhadores, condições climáticas adversas, flutuações de custos, atrasos na entrega de materiais e problemas legais ou ambientais. Identificar e classificar esses riscos por probabilidade e impacto permite priorizar ações de mitigação, utilizando análises qualitativas e quantitativas, como a de Monte Carlo, para prever efeitos financeiros e temporais. (SAMPAIO, 2023).

Para Sampaio (2023), estratégias para minimizar riscos incluem alterar o escopo do projeto, adotar técnicas construtivas mais seguras e investir em EPIs e treinamentos. Além disso, o uso de seguros e garantias transfere responsabilidades, enquanto reservas de contingência ajudam a cobrir custos imprevistos. Planos alternativos, como o uso de fornecedores secundários ou contratação de mão de obra extra, garantem a continuidade das obras. Ferramentas como *SWOT, BIM* e simulações permitem uma abordagem mais estruturada na gestão de riscos.

Manter revisões periódicas e utilizar indicadores de desempenho (KPIs) auxilia no monitoramento contínuo e na adaptação das estratégias. Treinamentos regulares e uma cultura organizacional que valorize o relato de problemas promovem um ambiente colaborativo e proativo. Com um gerenciamento robusto, as empresas podem reduzir atrasos, controlar custos e melhorar a qualidade final, assegurando a viabilidade e previsibilidade dos projetos de construção. (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2022).

5.6.8 Ferramentas de planejamento e controle de prazo

As ferramentas de planejamento e controle de prazo desempenham um papel crucial na gestão de projetos na construção civil, auxiliando no acompanhamento de cronogramas, organização de atividades e identificação de desvios. Softwares como MS Project e Primavera P6 são amplamente utilizados em obras de médio e grande porte, oferecendo funcionalidades como criação de cronogramas, alocação de recursos e análise de riscos. Métodos tradicionais, como gráficos de Gantt e a técnica PERT/CPM, continuam sendo úteis para visualizar cronogramas e identificar atividades críticas. Ferramentas mais modernas, como o *BIM*, trazem integração avançada, combinando planejamento e monitoramento com visualizações 3D e cronogramas 4D. (MATSUI, 2017).

Para gerenciar projetos de forma mais dinâmica, ferramentas como Kanban e Trello organizam tarefas visualmente e permitem priorizar atividades, enquanto metodologias como o *Lean Construction* e o *Last Planner System* (LPS) otimizam o planejamento semanal e reduzem desperdícios. Métodos como a Curva S ajudam a comparar o avanço físico e financeiro do projeto com o planejado, identificando atrasos e ajustando recursos. Softwares de gestão integrada, como *ERP*, oferecem uma visão centralizada, conectando cronogramas, finanças, compras e recursos humanos, ideal para projetos complexos. (OLIVIERI, 2016).

A escolha da ferramenta deve considerar a complexidade e as necessidades do projeto. Grandes obras podem se beneficiar de ferramentas robustas como Primavera, *BIM* ou *ERP*, enquanto projetos menores podem optar por soluções mais simples, como *Kanban* e *Trello*. Independentemente da escolha, a integração dessas ferramentas na gestão da construção civil aumenta a previsibilidade, reduz os riscos e contribui para a conclusão dos projetos dentro do prazo e do orçamento. (MATSUI, 2017).

5.6.9 Acompanhamento e Revisão do Cronograma

O acompanhamento e a revisão do cronograma são essenciais para manter as atividades de um projeto na construção civil alinhadas com o prazo, orçamento e qualidade planejados. Monitorar o progresso em tempo real por meio de relatórios e documentações visuais permite identificar atrasos, gargalos e propor soluções

antecipadas. A definição de marcos críticos auxilia no planejamento inicial, estruturando o projeto em fases para facilitar a avaliação e ajustes necessários. Reuniões periódicas com a equipe garantem que o cronograma seja revisado continuamente, considerando riscos, eventos imprevistos e a necessidade de ajustes em recursos ou métodos construtivos. (CALAZANS, 2024).

Ferramentas e métodos, como gráficos de Gantt, Curva S, *Earned Value Management* (EVM) e Linha de Balanço (LOB), ajudam a medir o desempenho do projeto em termos de prazo e custo. Além disso, técnicas como o Caminho Crítico (CPM) e o uso de BIM 4D permitem uma visão detalhada do impacto de atrasos, otimização de recursos e detecção de conflitos logísticos. Essas soluções oferecem suporte estratégico, ajudando a priorizar atividades críticas e ajustar tarefas com folga para evitar interrupções no cronograma. (SILVA, 2012).

Para mitigar atrasos, ações como redistribuição de recursos, ajustes no sequenciamento de tarefas, aumento de mão de obra ou uso de materiais e técnicas construtivas alternativas podem ser adotadas. A comunicação regular com stakeholders, por meio de relatórios claros e reuniões de alinhamento, mantém a transparência e facilita a tomada de decisões. A gestão eficiente do cronograma, com monitoramento contínuo e adaptabilidade, maximiza as chances de entregar o projeto no prazo, mantendo a qualidade e o controle dos recursos. (COSTA, 2024).

5.7 Logística e Organização do Canteiro de Obras

Após as composições acima, é necessário entender que, em uma composição de projeto todas as etapas da obra são levadas em consideração e todas com as suas respectivas importâncias. A etapa do estudo de logística para abastecimento e organização do canteiro de obras é fundamental para garantir a eficiência, reduzir custos e melhorar a segurança do projeto. Para isso algumas etapas devem ser consideradas mediante a evolução do processo executivo. (SAURIN, 2006).

Análise das necessidades do projeto, neste ponto tem-se o levantamento dos recursos necessários, na qual serão listados os materiais, equipamentos, ferramentas e mão de obra necessária para cada fase da obra. Definição do cronograma de entregas e planejamento do abastecimento de recursos de acordo com as etapas de construção, para evitar faltas ou excessos de estoque. Também, tem de se selecionar

os fornecedores para garantir a disponibilidade dos materiais, tanto na quantidade quanto nos prazos necessários. (FERREIRA, 1998).

Planejar o layout do canteiro, é imprescindível pois um layout bem planejado otimiza o fluxo de materiais, reduz o tempo de movimentação e melhora a segurança do canteiro. Para isso, será definido a área para armazenar os insumos como cimento, areia, brita, aço e outros materiais conforme a frequência de uso e necessidade de proteção. Com intuito de facilitar a movimentação e controle de materiais é importante a setorização além de, identificar áreas específicas para materiais inflamáveis ou que exijam condições especiais. (RODRIGUES, 2015).

No planejamento da chegada de materiais que exijam um equipamento próprio para descarga, devem-se posicionar guindastes, betoneiras, caminhões e outros equipamentos de forma estratégica para facilitar o acesso aos materiais. Ainda, planejar o fluxo de entrada e saída para equipamento de grande porte. Para zonas de circulação e segurança, delimita-se as áreas de circulação de pedestres e máquinas para evitar acidentes, sinaliza-se as áreas e rotas de evacuação e primeiro socorros. Por fim, com a sua devida importância também, priorizar uma entrada e saída bem definidas para caminhões e veículos de abastecimento. (SAURIN, 2006).

É preciso planejar as entregas de materiais na obra, próximo ao momento do uso para reduzir a necessidade de grandes estoques, chamado de *just-in-time,* definir um sistema de controle de estoque para acompanhar o consumo e a reposição de materiais, estabelecendo níveis mínimos de estoque para evitar atrasos. Para logística de entrega e recebimento é aconselhável, definir os horários para as entregas de materiais com intuito de evitar os períodos de alta movimentação, além de estabelecer um processo de verificação e inspeção no ato da recepção dos materiais, para garantir a quantidade e qualidade. (RODRIGUES, 2015).

Outrossim, no que tange a movimentação interna de materiais, é preciso planejar a utilização dos guindastes, gruas e elevadores estabelecendo uma rota interna que minimize o deslocamento dos colaboradores e otimize a distribuição dos materiais. Com tudo, é obrigatório definir as áreas para coleta de entulho e resíduos, com o descarte devidamente adequado, além de planejar a separação e reciclagem de materiais, se aplicável. (GEHBAUER, 2002).

No que se refere a gestão pessoal e treinamento, alocar a mão de obra em áreas específicas, com a garantia que os trabalhadores estejam próximos dos materiais e ferramentas que precisarem. Quanto ao treinamento em segurança e

logística, se dá pela capacitação dos profissionais para a utilização correta dos equipamentos e para seguir as rotas e procedimentos logísticos estabelecidos. (BARBOSA *et. al.,* 1995).

Por fim, monitorar os indicadores como por exemplo, consumo de material, tempo de entrega, taxas de acidentes, entre outros. Além de realizar reuniões periódicas com a equipe para discutir o andamento da logística e se for necessário realizar todas as tratativas conforme as necessidades. Com a evolução da tecnologia nos tempos atuais a implementação de sistema de gestão de obras, permitem o monitoramento em tempo real. (SILVA, 2012).

Contudo, para realizar um estudo de logística para o abastecimento e organização de um canteiro de obras que poderá utilizar estacas hélice contínua ou estacas perfil metálico, é importante considerar as especificidades e demandas de cada tipo de fundação. Será abordado, um estudo de logística para o abastecimento e organização do canteiro de obras do empreendimento que está sendo objeto de estudo deste trabalho.

6 DISCUSSÕES, ANÁLISES E AVALIAÇÕES DOS RESULTADOS

Diante dos fatos supracitados, é evidenciado a importância de um estudo qualitativo, cuja fundamentação está embasada na coleta de informações e análise dos dados mediante a necessidade do empreendimento buscando assegurar um canteiro de obra sustentável, econômico e o atendimento aos requisitos normativos de referência. (GUNTHER HARTMUT, 2006).

Registros históricos apresentam que desde a década de 80 no Brasil, já iniciava o emprego do sistema de paredes de contenção em determinados empreendimentos, assim esta solução construtiva foi ganhando mais notoriedade e com isso vieram mais estudos em relação a este método que por sua vez fez com que este método construtivo aprimorasse e alcançando mais importância em obras de alto padrão. (CUNHA, 1991).

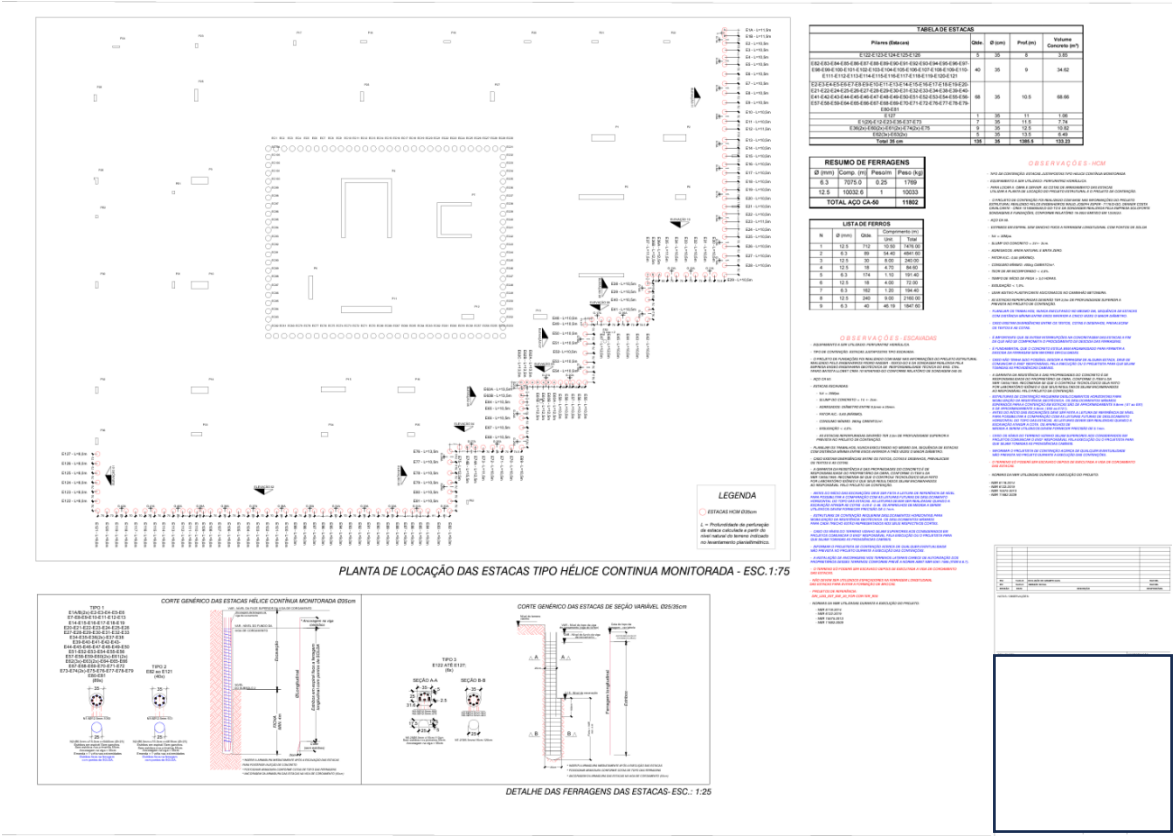
6.1 Discussão do caso e análises

Em obras verticais com escavação a cortina de contenção é a primeira etapa construtiva, neste trabalho será apresentado um orçamento entre dois tipos de cortina de contenção, que foram realizados em uma obra no setor Bueno com intuito de analisar e encontrar uma solução que apresente um perfil mais econômico para a construtora que irá executar o projeto.

6.1.1 Projeto Estaca hélice contínua

O projeto (Figura 14) prevê a execução de uma fundação com estacas hélice contínua, adequadas para suportar cargas estruturais de maneira segura e eficiente. As estacas serão perfuradas por meio de uma hélice contínua monitorada, garantindo a estabilidade do solo durante o processo de execução e minimizando vibrações e ruídos.

FIGURA 14 – Projeto De Estaca Hélice Contínua



FONTE: Autor (2024).

As estacas projetadas possuem um diâmetro do fuste de 35 cm e suas respectivas profundidades de acordo com o perfil sondado do terreno, com profundidades variando de 8 a 13,5 m. Realizada com equipamento especializado, a hélice é cravada no solo até a profundidade de projeto, monitorando a resistência e as características geotécnicas ao longo do percurso.

Após atingir a profundidade ideal, inicia-se a retirada controlada da hélice com injeção simultânea de concreto, cujo *fck* = 30Mpa e slump do concreto = 24 ± 2 cm, no qual preencherá o espaço da perfuração, assegurando a integridade estrutural da estaca.

Com concreto ainda fresco, a armadura com barras longitudinais aço CA 50 com estribos em espiral sem gancho fixos a ferragem longitudinal com pontos de solda é introduzida na estaca para garantir a resistência estrutural necessária, conforme o projeto estrutural.

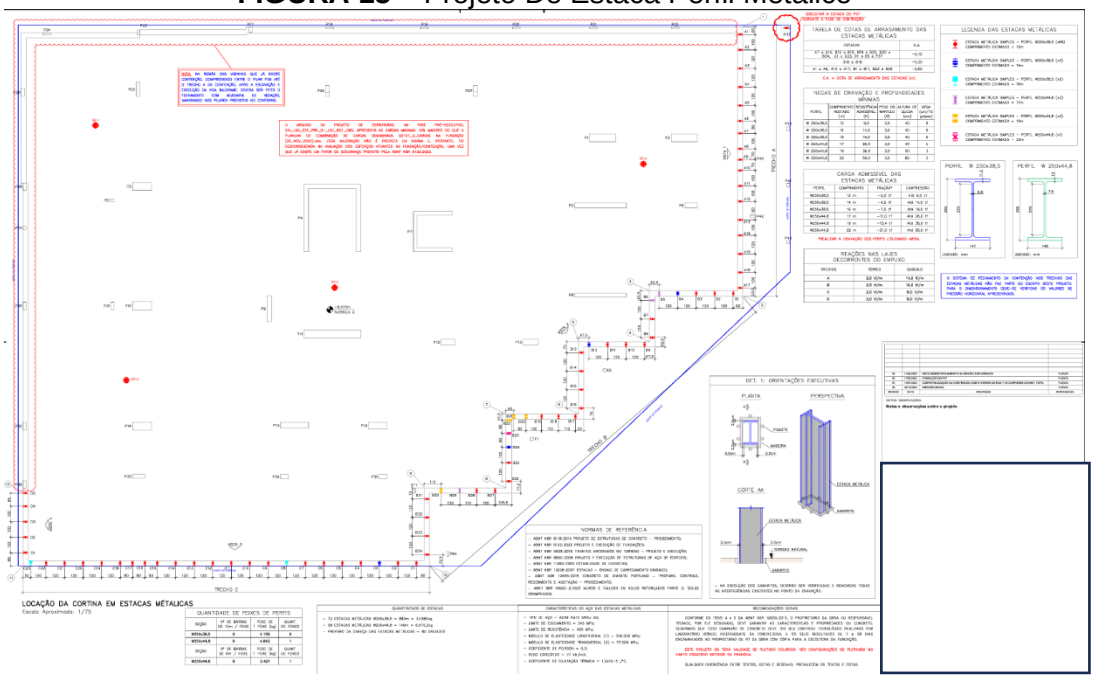
Com a adoção deste método há uma redução de vibrações e ruídos, ideal para áreas urbanas ou próximas a edificações sensíveis. Também, é possível monitorar em tempo real da profundidade e do volume de concreto utilizado, proporcionado

maior controle de qualidade. E consequentemente este método possui um risco menor de desmoronamento do solo durante a execução, além de ser ideal para fundações profundas, especialmente em solos de baixa capacidade de carga ou onde é importante minimizar impactos ambientais e estruturais.

6.1.2 Projeto Estaca Perfil Metálico

Já o projeto (Figura 15), contempla a utilização de estacas de perfil metálico para a fundação da estrutura, uma solução adequada para suportar grandes cargas em diferentes tipos de solos e em áreas onde o controle de deformações e vibrações é essencial.

FIGURA 15 – Projeto De Estaca Perfil Metálico



FONTE: Autor (2024)

As estacas projetadas possuem perfis w250x38,5 cujo comprimento estimado varia de 12 a 16m e perfis w250x44,8 em que o comprimento varia de 17 a 22m. Algumas das características do aço das estacas metálicas são:

- Tipo de aço = ASTM A572 Grau 50;
- Limite de escoamento = 345 Mpa;
- Limite de resistência = 450 Mpa;
- Módulo de Elasticidade longitudinal (E) = 200.000 Mpa;

- Módulo de Elasticidade transversal (G) = 77.000 Mpa;
- Coeficiente de Poisson = 0,3;
- Peso Específico = 77 Kn/m³;
- Coeficiente de dilatação térmica = $1{,}2x10^{-5}$ / °C.

A primeira etapa consiste na realização de sondagens geotécnicas detalhadas para determinar a profundidade necessária para atingir a camada resistente do solo, garantindo que as estacas possam suportar as cargas exigidas. As estacas de perfil metálico são introduzidas no solo por cravação, utilizando martelo de impacto, martelo vibratório ou prensa hidráulica, dependendo das características do solo e das restrições de ruído e vibração da área.

Durante a cravação, são monitorados parâmetros como a resistência do solo, a profundidade e o alinhamento das estacas, assegurando a precisão e a qualidade do processo de execução. Como vantagens desse processo construtivo as estacas possuem alta resistência, sendo ideais para obras que exigem suportar grandes cargas. Além da capacidade de adaptação a diversos tipos de solo, incluindo solos de baixa capacidade e solos com interferências como camadas de rocha. O método de instalação é rápido e de alta precisão tornando sua instalação eficiente, especialmente em terrenos urbanos com espaço limitado.

Sendo assim, para escolha do método a ser executado deve-se levar em conta alguns fatores técnicos como as características do solo, que poderá ser observada após a elaboração do laudo de sondagem SPT (Standart Penetration Test), ou Teste Padrão de Penetração. Também é necessário observar os impactos ambientais, visto que em áreas urbanas e sensíveis, à estaca hélice contínua é a melhor escolha devido ao seu menor impacto sonoro.

Além disso, deve-se levar em conta as cargas provenientes do peso próprio da edificação, juntamente com as cargas permanentes, variáveis e as cargas de sobrecarga pois, se a resultante for elevada a opção de estaca perfil metálico pode ser mais apropriado, especialmente em solos consistentes. Por fim, o nível do lençol freático, que é possível observar por meio dos laudos de sondagem e perfil topográfico do local, na qual será executado o empreendimento. Neste caso, a estaca hélice é mais resistente a presença de água enquanto a estaca perfil metálico exigirá proteção contra corrosão.

De acordo com Naves, (2018) o estudo de caso é importante em todos os âmbitos, pois mesmo que o profissional já possua uma metodologia definida desde o início, a realização dessa análise, incorporará nos orçamentos dispostos a obra. Assim, Naves, chegou a uma conclusão de que o método de execução estaca hélice contínua representou uma economia para o tipo de edificação e perfil geotécnico analisado.

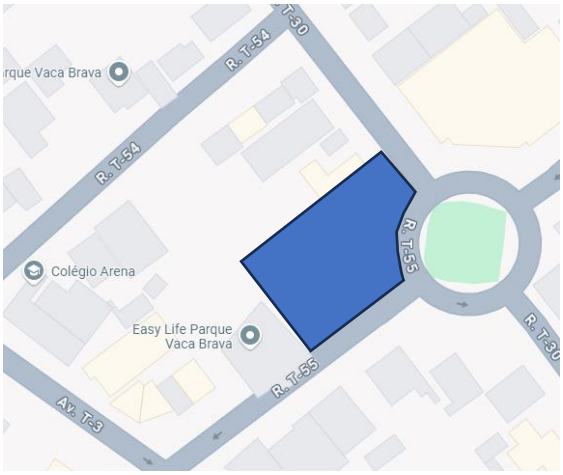
Todavia, também é preciso ser levado em consideração, a organização do canteiro de obras, pois é neste quesito que será verificado a otimização e eficiência dele. A seguir serão detalhadas mais etapas sobre este aspecto desde a sua composição inicial até os processos de execução do canteiro, sob o nosso objeto de estudo as estacas hélice contínua e estacas perfis metálicos. O estudo logístico contribui para eficiência do projeto, evita desperdícios e mantém a segurança do canteiro de obras.

6.2 Canteiro de obras – Estaca Hélice Contínua

Para o caso da opção selecionada seja estaca hélice contínua, deve-se primeiro fazer as devidas programações com o fornecedor de aços para então dar seguimento nos outros pontos. Feito isso, é preciso estudar e observar todos os pontos pertinentes a movimentação da rua, conforme apresentado no mapa na Figura 16, local para chegada dos meios de transporte utilizados para trazer o aço. Um local com bom espaço para armazenamento e entrada do veículo para descargar dentro da obra.

Na obra conforme representado na Figura 16, na rua T 30 possui uma escola e um alto fluxo de veículos o que por sua vez acaba tornando impróprio para que o meio de transporte com as armaduras das estacas, estacione para descarregar o material na obra. Já na rua T 55 que tem acesso para T 3, existem edifícios residenciais e residências locais que conseguem suportar o trânsito ocasionado pelo estacionamento da carreta para descarregar as ferragens, por cerca de 1 a 2 horas.

FIGURA 16 – Localização Da Obra



FONTE: Google Earth (2024).

Assim, é essencial salientar todos os quesitos para execução desta solução construtiva, para então definir o layout e o plano de abastecimento do canteiro representado na Figura 17. Para execução da estaca hélice contínua, utiliza-se um sistema de perfuração específico com equipamento, como a perfuratriz de hélice contínua. Equipamentos de bombeamentos ou armazenamento de concreto para injeção direta no solo durante a retirada da hélice, bem como a armadura da estaca e materiais complementares como aditivos para concreto, se necessário.

FIGURA 17 – Visualização Do Canteiro De Obras

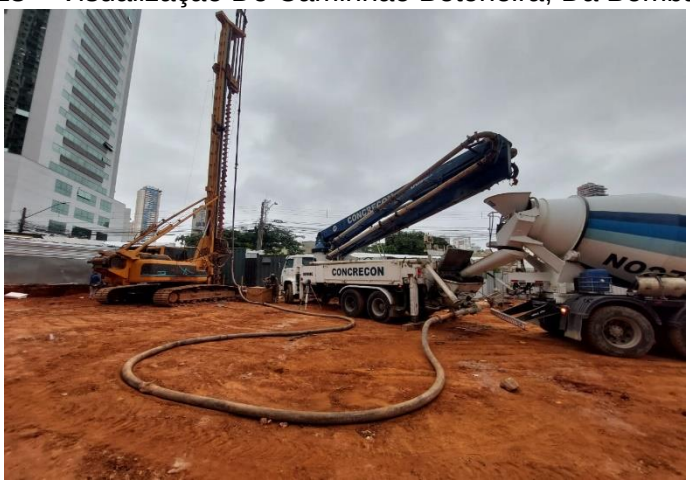


FONTE: Autor (2024).

O *layout* deve ser organizado para facilitar a operação deste tipo de estaca, destacando a necessidade de cada etapa. Em relação ao concreto bombeado

conforme Figura 18, posicionar os mangotes de tubo flexível, prepará-los para condução do concreto até o momento da retirada da broca perfuratriz, verificando se não há obstrução e passando a argamassa preparadora para facilitar que o concreto escoa com facilidade no primeiro momento.

FIGURA 18 – Visualização Do Caminhão Betoneira, Da Bomba E Perfuratriz



FONTE: Autor (2024).

Quanto a área de armazenamento de aço (Figura 19), esta deve estar próxima ao local de perfuração para facilitar a movimentação e inserção da armadura após a injeção do concreto. Em relação a perfuratriz, é preciso posicioná-la de modo a facilitar o deslocamento para os diferentes pontos de execução das estacas, mantendo um caminho desobstruído para o deslocamento entre as estacas.

Ademais, no que se refere a organização e movimentação interna de materiais é aconselhável assegurar que o trajeto entre o ponto de armazenamento e a área de aplicação seja curto e eficiente, além de garantir que a bomba de concreto esteja bem-posicionada para evitar atraso durante a perfuração e concretagem simultânea.

FIGURA 19 – Armazenamento Da Armação





FONTE: Autor (2024)

Não só, observando os pontos técnicos para execução, mas também a parte de controle e monitoramento de segurança, na qual é preciso estabelecer um perímetro de segurança ao redor da perfuratriz. Bem como, treinar a equipe para o manuseio seguro do concreto e dos equipamentos de injeção. Adicionalmente, monitorar o cronograma e realizar ajustes no fornecimento de materiais e na alocação de equipamentos para assegurar que as estacas sejam executadas conforme o planejado.

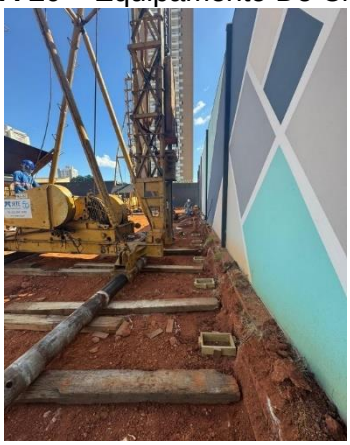
Para Oliveira, (2024) a execução do método estaca hélice contínua costuma apresentar, de forma empírica e recorrente no mercado, um custo financeiro elevado, esse índice se deve a necessidade de um maquinário específico, mão de obra especializada e à logística envolvida no transporte, armazenamento e manutenção dos equipamentos e da equipe. Essa situação representa um desafio para o núcleo de engenharia responsável pela execução da obra, pois esta precisa garantir segurança, cumprimento de prazos e viabilidade financeira, especialmente quando o orçamento destinado à escavação é limitado.

Para melhores resultados e toda análise completa é necessário estabelecer indicadores-chave de desempenho, para mensurar o tempo de espera dos equipamentos, a quantidade de estacas concluídas por dia e o volume de concreto usado, para avaliar a eficiência logística. Adicionalmente, realizar reuniões periódicas com a equipe de logística para discutir melhorias, problemas e possíveis ajustes na movimentação, estoque e layout do canteiro.

6.3 Canteiro de obras – Estaca Perfil Metálico

Conforme realizado anteriormente é necessário definir todos os requisitos para execução da estaca perfil metálico. São utilizados nesse processo perfis metálicos em grande quantidade, cortados e prontos para cravação. O equipamento especializado é um equipamento de cravação (Figura 20), como martelo vibratório ou bate-estacas, para instalar os perfis. Equipamentos auxiliares para movimentação e armazenamento dos perfis metálicos. Uma área para controle de qualidade e eventuais ajustes nos perfis (tratamento anticorrosivo, soldagem de extensões, entre outras coisas mais).

FIGURA 20 – Equipamento De Cravação



FONTE: Autor (2024).

O *layout* para estaca perfil metálico, no que tange ao armazenamento dos perfis metálicos, conforme nas Figura 20 e 21, é necessária uma área com fácil acesso para a chegada e armazenamento dos perfis. Deve-se haver espaço suficiente para manter os perfis organizados por tamanho e facilitar a movimentação para a área de cravação. Há depender das condições de solo e do tipo de perfil, pode ser necessário um espaço adicional para preparação dos perfis (tratamento anticorrosivo ou soldagem).

FIGURA 21 – Armazenamento Dos Perfis Metálicos



FONTE: Autor (2024).

Além disso, em relação a posição dos equipamentos de cravação a localização do bate-estacas ou martelo vibratório deve ser planejada para minimizar o tempo de deslocamento entre os pontos de cravação. Ademais, sinalizar e isolar áreas de

operação de equipamentos para garantir a segurança, pois a cravação pode gerar vibrações e ruídos.

No que diz respeito, a logística de suprimentos e abastecimento, tem de se programar a entrega dos perfis metálicos conforme o cronograma de cravação para otimizar o uso de espaço e evitar o armazenamento prolongado. Também, definir as áreas de estoque temporário para perfis, se necessário, para facilitar o transporte interno e o carregamento dos perfis. Inclusive, planejar a movimentação do bate-estacas para minimizar o tempo ocioso e permitir que o equipamento funcione de maneira contínua, respeitando o cronograma.

Conjuntamente, para movimentação dos perfis metálicos, utiliza-se guindastes e equipamentos de transporte adequados para mover os perfis até o local de cravação. É imprescindível, elaborar rotas e horários de movimentação para evitar colisões e congestionamentos, especialmente em área limitadas.

No que se refere aos pontos de controle e monitoramento de segurança, é obrigatório isolar a área de cravação para evitar acidentes devido à vibração e movimentação de máquinas pesadas. Assim como, garantir que os operadores estejam capacitados para utilizar o martelo vibratório ou o bate-estacas.

Sendo assim, para finalizar esse processo, como realiza-se com o procedimento final da estaca hélice contínua, deve-se fazer com a estaca perfil metálico em relação ao monitoramento e controle da logística. Visto que, esse estudo logístico garante que os recursos e equipamentos necessários estejam disponíveis no momento certo, reduzindo custos, otimizando o tempo e aumentando a segurança no canteiro de obras.

Diante dos fatos supracitados, pode-se entender melhor como se dá uma composição de layout do canteiro em ambos os casos. Na construção civil um dos pontos pertinentes que devem ser levados também em consideração é os prazos de execução de um serviço. É de suma importância realizar essas análises com intuito de garantir que as atividades a serem concretizadas, sejam executadas dentro do cronograma estabelecido, evitando assim atrasos e custos adicionais. Assim como na composição da logísticas de um canteiro de obras, os prazos devem receber a sua devida importância, pois impactam diretamente no caminho crítico da obra.

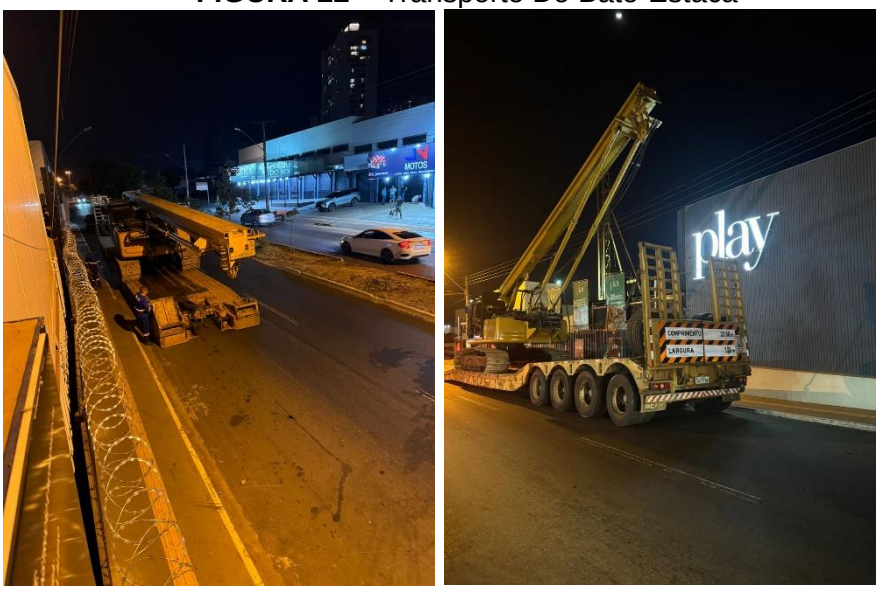
6.4 Análise de prazo Estaca Perfil Metálico

As estacas de perfil metálico são constituídas de perfis de aço (como H, I ou outros perfis laminados). A execução tende a ser rápida devido à possibilidade de cravar as estacas diretamente no solo com auxílio de bate-estacas. Os prazos de execução variam, dependendo de fatores como tipo de solo, comprimento das estacas, profundidade necessária, e a eficiência da equipe e do equipamento.

6.4.1 Mobilização do equipamento

O processo de mobilização do equipamento (Figura 22) envolve o transporte do maquinário ao local da obra, sua montagem e posicionamento adequado para o início dos trabalhos. Esse prazo geralmente varia entre 1 e 3 dias, dependendo de fatores como a acessibilidade do local, a distância do transporte e a complexidade da montagem. Em locais de difícil acesso, a mobilização pode exigir maior tempo e planejamento, especialmente em áreas remotas ou com restrições logísticas.

FIGURA 22 – Transporte Do Bate-Estaca

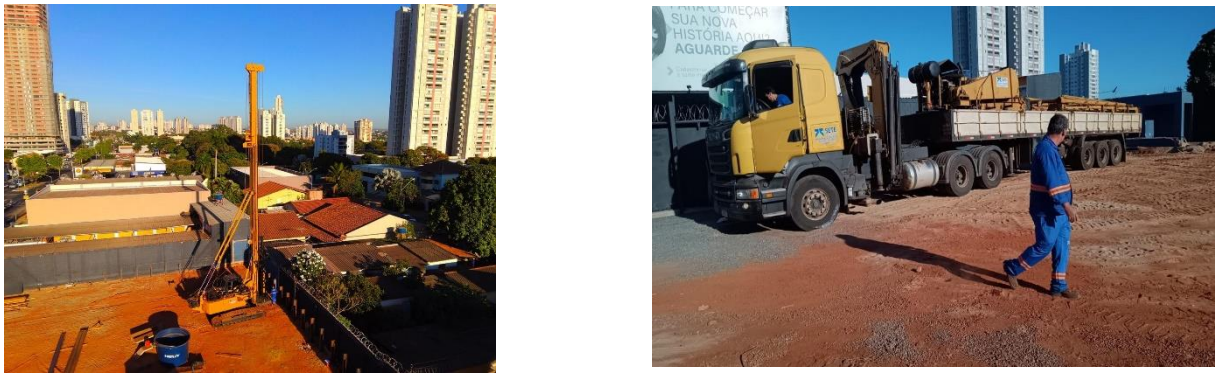


FONTE: Autor (2024).

Além disso, é fundamental considerar as condições de infraestrutura, como a qualidade das vias de acesso, que podem influenciar no tempo necessário para a chegada do equipamento. Em situações em que o local da obra exige preparação

prévia, como terraplenagem ou reforço do solo, o prazo pode se estender. Assim, a mobilização eficiente requer planejamento detalhado para minimizar atrasos e garantir que o equipamento esteja pronto para operar, como na Figura 23.

FIGURA 23 – Transporte Do Bate-Estaca



FONTE: Autor (2024).

Por fim, a equipe técnica também desempenha um papel crucial na mobilização. É necessário alinhar a logística de transporte e instalação com a disponibilidade de operadores qualificados. Além disso, antes de iniciar a operação, o equipamento deve passar por verificações técnicas, garantindo que esteja em perfeitas condições para executar os trabalhos planejados.

6.4.2 Cravação das estacas

A cravação das estacas, conforme na Figura 24 é um processo essencial na construção de fundações profundas, e o tempo necessário para cada estaca pode variar conforme as condições do solo e o tipo de equipamento utilizado. Em solos favoráveis, como os de consistência média e baixa resistência, a cravação geralmente dura de 10 a 15 minutos por estaca, permitindo maior produtividade.

FIGURA 24 – Cravação Das Estacas



FONTE: Autor (2024).

Entretanto, em solos mais densos ou com presença de rochas, o tempo de cravação pode se prolongar para 30 minutos ou mais, devido à necessidade de maior força de impacto ou ao uso de técnicas específicas para vencer a resistência do terreno. Nesses casos, o ritmo de execução pode ser significativamente reduzido, exigindo ajustes no cronograma da obra.

Outro fator que influencia o tempo de cravação é o diâmetro e o comprimento das estacas, uma vez que estacas mais robustas ou profundas requerem maior esforço e cuidado durante o processo. Além disso, é fundamental realizar testes de cravação para ajustar o equipamento às condições específicas do solo, garantindo qualidade e segurança na execução.

6.4.3 Tempo médio diário de execução

O desempenho diário na execução de estacas depende de diversos fatores, como a complexidade do terreno, o tipo de estaca, o equipamento empregado e a experiência da equipe. Em condições ideais, é possível cravar de 10 a 20 estacas por dia, garantindo um ritmo eficiente e dentro do cronograma.

Solos mais desafiadores, como os de alta resistência ou com presença de obstáculos naturais, podem reduzir significativamente a produtividade diária. Nesses casos, o tempo adicional necessário para cada estaca impacta diretamente o total

executado no dia, tornando fundamental a adaptação das estratégias e a possível utilização de métodos auxiliares.

Ademais, o planejamento do trabalho diário deve levar em conta pausas para manutenção do equipamento e eventuais ajustes operacionais. Uma gestão eficiente da equipe e dos recursos disponíveis contribui para maximizar a produtividade, mesmo diante de condições adversas, garantindo a conclusão da obra dentro dos prazos estabelecidos.

A execução completa de um conjunto de estacas perfil metálico pode levar de alguns dias a algumas semanas, de acordo com a quantidade de estacas necessárias e as condições de trabalho.

6.5 Análise do prazo da Estaca Hélice Contínua

As estacas hélice contínua são formadas por meio da perfuração do solo com uma hélice e posterior concretagem no local, após a remoção parcial do solo perfurado. Este tipo de estaca é adequado para solos coesivos e arenosos, sendo frequentemente utilizado em obras urbanas devido ao menor nível de vibração.

6.5.1 Mobilização do equipamento

A mobilização do equipamento envolve o transporte da perfuratriz (Figura 25) e demais ferramentas necessárias para o local da obra, além da realização dos ajustes iniciais para a instalação. Esse processo geralmente leva de 1 a 2 dias, dependendo da distância entre o depósito do equipamento e o local da execução, bem como das condições das vias de acesso. Fatores como tráfego, permissões de transporte e restrições logísticas também podem influenciar o prazo.

FIGURA 25 – Transporte Da Perfuratriz



FONTE: Autor (2024).

Ao chegar no local, o posicionamento e a montagem dos equipamentos exigem cuidados específicos para garantir a estabilidade e o alinhamento necessários para a operação. Isso pode incluir o nivelamento do terreno, a verificação das condições do solo e a instalação de bases de apoio para a perfuratriz. A realização de testes preliminares é fundamental para assegurar que o equipamento está em perfeitas condições de operação.

Além disso, a coordenação entre equipes de transporte, montagem e operação é essencial para evitar atrasos e maximizar a eficiência. Durante a mobilização, também é importante prever a disponibilidade de insumos, como combustível e peças de reposição, para garantir que o trabalho siga sem interrupções após o início da execução.

6.5.2 Perfuração e concretagem

O processo de perfuração e concretagem (Figura 26) varia conforme as características do solo e o tipo de estaca a ser executada. Em solos favoráveis, cada estaca pode ser perfurada e concretada em um intervalo de 30 a 45 minutos, graças à menor resistência do terreno e à facilidade de manuseio do equipamento. Esse ritmo permite uma boa produtividade, especialmente em condições homogêneas.

FIGURA 26 – Execução Das Estacas Hélices Contínuas



FONTE: Autor (2024).

Por outro lado, em solos mais duros ou com presença de materiais compactados, o tempo de execução pode aumentar para cerca de 1 hora por estaca. Nesses casos, pode ser necessário ajustar os parâmetros da perfuratriz, como a rotação e a pressão, para lidar com a resistência adicional do solo. Além disso, situações adversas podem demandar o uso de ferramentas específicas, como trados especiais ou perfuradores auxiliares.

A etapa de concretagem também requer atenção. A fluidez do concreto e o tempo necessário para preenchimento podem variar de acordo com o diâmetro e a profundidade da estaca. Garantir que o concreto seja aplicado de maneira contínua e sem interrupções é fundamental para a qualidade estrutural e a eficiência do processo.

6.5.3 Tempo médio diário de execução

O tempo médio diário de execução de estacas está diretamente relacionado a fatores como a profundidade e o diâmetro das estacas, as condições do solo e a experiência da equipe. Em condições favoráveis, é possível perfurar e concretar entre 10 e 15 estacas por dia, garantindo uma produtividade consistente ao longo do período de trabalho.

FIGURA 27 – Execução Das Estacas Hélices Contínuas



FONTE: Autor (2024).

Quando o solo apresenta maior resistência ou irregularidades, a produtividade tende a diminuir devido ao aumento no tempo de perfuração e à necessidade de ajustes frequentes no equipamento. Adicionalmente, o transporte de insumos e o controle rigoroso da qualidade do concreto também podem impactar o número de estacas executadas diariamente.

Uma gestão eficiente do cronograma e da equipe é essencial para maximizar a produtividade. Isso inclui a realização de manutenção preventiva no equipamento, o planejamento de pausas estratégicas e a organização adequada dos insumos no canteiro de obras. Assim, mesmo diante de desafios, é possível atingir metas diárias que mantenham o projeto dentro do prazo estipulado.

O prazo total para a execução de um conjunto de estacas hélice contínua pode variar entre algumas semanas e até alguns meses, dependendo do volume de estacas necessárias, da profundidade e das condições do solo.

A estaca perfil metálico geralmente apresenta um tempo de execução menor em relação à hélice contínua, especialmente em solos menos resistentes, devido à sua cravação direta. Já a estaca hélice contínua pode demandar mais tempo devido à necessidade de perfuração e concretagem, mas é preferida em áreas urbanas para reduzir impactos de vibração. É importante, portanto, planejar ambos os tipos de fundação levando em conta o solo, o volume de estacas e as condições do entorno da obra.

Na execução das estacas hélice da obra estudada, todo os serviços anteriores já tinham finalizados como limpeza do terreno e marcação das estacas com a topografia liberando para a perfuratriz entrar ao canteiro de obras no dia 09/05 para iniciar os trabalhos. Até 06/07, todas as estacas de contenção já haviam sido concretadas, restando apenas a concretagem da viga de coroamento. Durante esse período, a equipe realizou, em média, 15 estacas por dia, todas com diâmetro de 30 cm. Com a conclusão dessa etapa, o terreno foi liberado para escavação até o nível do SS2.

Após a escavação, uma equipe foi destacada para regularizar as estacas que eventualmente tenham saído do alinhamento durante a concretagem, fixar as mantas de drenagem e instalar a tela tipo "galinheiro", garantindo melhor aderência do chapisco. Posteriormente iniciou-se o reboco, porém esse processo pode ser feito depois que as lajes tiverem sido executadas, ou seja, um trabalho que não vai impactar diretamente em outros serviços.

6.6 Composição de custos da Estaca Hélice Contínua

A comparação e composição de custos entre estacas hélice contínua e estacas de perfil metálico dependem de fatores específicos do projeto e das características do solo.

6.6.1 Materiais

A execução de estacas hélice contínua exige materiais como concreto e armaduras de aço, que são determinantes para a qualidade e resistência da estrutura. O concreto utilizado deve ser compatível com as especificações da obra, considerando a resistência exigida e as condições do solo. Já as armaduras de aço, são frequentemente utilizadas para reforçar a estaca, garantindo maior capacidade de carga e durabilidade.

Logo mais pode-se observar os custos dos insumos na Tabela 1:

Tabela 1 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Insumo)

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE Orçado por peça CONSUMO	UNID.	CUSTOS Estaca Hélice unit	total
Areia média	1,00	m3	170,00	170,00
Prego 18x27	1,00	kg	20,05	20,05
Piquetes (pontalete 7.0x7.0 cm) - 136 unid (15cm)	23,82	m	16,40	390,71
Aço 6.3mm - CA-50	1.769,00	kg	7,16	12.668,43
Aço 12.5mm - CA-50	10.033,00	kg	6,57	65.956,34
Arame recozido nº18	188,83	kg	13,11	2.475,17
Concreto usinado bombeavel Fck 30 MPA, brita 0, slump 24 +- 3cm	133,23	m3	501,50	66.814,85
Taxa de bombeamento de concreto	133,23	m3	40,00	5.329,20
Aço 20.0mm - CA-50	325,00	kg	6,57	2.136,53
Aço 25.0mm - CA-50	1.392,00	kg	6,57	9.150,92
Arame recozido nº18	15,00	kg	13,11	196,65
Barra de tubo de PVC injeção Diam. 40mm x 6m	84,00	br	54,72	4.596,48
Barra de tubo de PVC centralizador Diam. 32mm x 6m	20,00	br	35,00	700,00
Caps de PVC Diam. 40mm	42,00	br	2,00	84,00
Cola PVC	8,00	lt	48,05	384,40
Válvula manchete Diam. 40mm	281,00	und	6,93	1.945,93
Cimento CP II F 32 - saco 50kg	446,00		28,00	12.488,00
Aço 10.0mm - CA-50	244,00	kg	6,87	1.675,78
Aço 12.5mm - CA-50	81,20	kg	6,57	533,80
Arame recozido nº18	5,20	kg	13,11	68,20
Concreto usinado bombeavel Fck 25 MPA, brita 0, slump 24 +- 3cm	1,50	m3	526,00	789,00
Aço 6.3mm - CA-50S	9,60	kg	7,16	68,75
Aço 8.0mm - CA-50S	727,20	kg	7,16	5.207,73
Aço 10.0mm - CA-50S	584,80	kg	6,87	4.016,37
Aço 12.5mm - CA-50S	188,70	kg	6,57	1.240,50
Aço 16.0mm - CA-50S	99,30	kg	6,57	652,79
Aço 5.0mm - CA-60S	178,30	kg	8,16	1.454,57
Arame recozido nº18	28,60	kg	13,11	374,92
Concreto usinado bombeavel Fck30 MPA, Ecs26838, slump 12 +- 2cr	28,11	m3	526,00	14.785,86

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

O custo dos materiais varia conforme a profundidade e o diâmetro das estacas, além das exigências específicas do projeto. Solos mais profundos ou que demandam maior resistência estrutural implicam maior consumo de concreto e aço, elevando os custos. A escolha correta dos materiais e a qualidade no fornecimento são cruciais para evitar falhas na execução e garantir o desempenho esperado.

6.6.2 Custo de Execução

A execução de estacas hélice contínua demanda equipamentos especializados, como a perfuratriz, e envolve duas etapas principais: perfuração e concretagem. O custo da perfuração depende diretamente da profundidade e do diâmetro das estacas, sendo maior em terrenos com alta resistência ou presença de materiais compactados, que aumentam o tempo e o desgaste do equipamento.

Logo mais pode-se observar os custos desta etapa na Tabela 2:

Tabela 2 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Mão De Obra)

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE Orçado por peça			CUSTOS Estaca Hélice	
	COEF.	CONSUMO	UNID.	unit	total
Serviços de Topografia - Locação	1,00	1,00	sv	1.980,00	1.980,00
Locação de caminhão p/ transporte bota fora cap.12m3	0,08	14,43	vg	550,00	7.938,47
Empreiteiro de mini carregadeira	1,00	160,00	hs	127,27	20.363,20
Carpinteiro	1,00	180,00	hs	9,54	1.717,20
Empreteiro execução estaca escavada d=35cm	1,00	1.385,50	m	50,00	69.275,00
Empreteiro armação	1,00	11.802,00	kg	1,50	17.703,00
Empreteiro regularização cabeça de estacas	1,00	135,00	und	60,00	8.100,00
Empreiteiro de escavação de Grampos 150mm	1,00	478,00	m	150,00	71.700,00
Empreteiro armação	1,00	325,20	kg	1,50	487,80
Empreteiro armação	1,00	1.787,70	kg	1,50	2.681,55

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

Na etapa de concretagem, o custo está relacionado ao volume de concreto utilizado e ao uso de bombas de concreto para injetá-lo de forma contínua e uniforme. Em solos desfavoráveis, que exigem maior consumo de concreto ou ajustes no equipamento, o custo por metro linear pode ser significativamente elevado. Apesar disso, a técnica oferece vantagens estruturais, especialmente em projetos que demandam alta resistência e precisão.

6.6.3 Logística e mobilização de equipamento

A logística de execução de estacas hélice contínua requer a mobilização de equipamentos específicos, como a perfuratriz e o sistema de transporte de concreto, além de uma equipe qualificada para operar o maquinário. A preparação e deslocamento desses equipamentos, bem como a instalação no local, podem gerar custos significativos, particularmente em áreas de difícil acesso ou com infraestrutura limitada.

Logo mais pode-se observar os custos desta etapa na Tabela 3:

Tabela 3 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Logística)

MATERIAIS E MÃO DE OBRA	QUANTIDADE Orçado por peça COEF.	CONSUMO	UNID.	CUSTOS Estaca Hélice unit	total
Mobilização e Desmobilização de Perfuratriz para Escavação das Estacas	1,00	1,00	vb	8.000,00	8.000,00
Serviços de Topografia - Locação	1,00	1,00	sv	1.980,00	1.980,00
Locação de caminhão p/ transporte bota fora cap.12m3	0,08	14,43	vg	550,00	7.938,47
Concreto usinado bombeavel Fck 30 MPA, brita 0, slump 24 +- 3cm	1,00	133,23	m3	501,50	66.814,85
Taxa de bombeamento de concreto	1,00	133,23	m3	40,00	5.329,20
Mobilização/Desmobilização de Equip. Grampos	1,00	1,00	vb	6.000,00	6.000,00
Concreto usinado bombeavel Fck 25 MPA, brita 0, slump 24 +- 3cm	1,00	1,50	m3	526,00	789,00
Concreto usinado bombeavel Fck30 MPA, Ecs26838, slump 12 +- 2cm	1,00	28,11	m3	526,00	14.785,86
Taxa de bombeamento de concreto	1,00	28,11	m3	60,48	1.700,00
Controle Tecnologico de Concreto	1,00	14,00	m3	14,00	196,00

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

O planejamento logístico é essencial para minimizar atrasos e otimizar a operação. A mobilização inicial deve considerar fatores como o transporte de insumos, as condições do terreno e o armazenamento dos materiais no canteiro de obras. A eficiência nesse processo reduz os custos totais e garante que a execução siga dentro do cronograma previsto.

6.6.4 Restrições Ambientais e Impactos

A estaca hélice contínua é amplamente utilizada em áreas urbanas devido à sua menor geração de ruído e vibração em comparação com métodos de cravação. Essa característica é essencial para evitar danos a edificações próximas e minimizar impactos em regiões sensíveis, como hospitais, escolas ou áreas com restrições ambientais.

Além disso, a perfuração gera menos resíduos e impacto ao solo, reduzindo a necessidade de intervenções posteriores para mitigação de danos. No entanto, é crucial que o processo seja monitorado e que as emissões de poeira e o manejo dos materiais sejam realizados de maneira ambientalmente responsável, garantindo o cumprimento de normas e minimizando o impacto ambiental.

6.6.5 Durabilidade e Vida Útil

As estacas hélice contínua oferecem excelente durabilidade, desde que os materiais utilizados sejam de alta qualidade e corretamente especificados. O concreto, quando aplicado de forma contínua e sem interrupções, forma uma estrutura sólida e

uniforme, protegendo a armadura de aço contra agentes externos que poderiam comprometer sua integridade.

Essa técnica é particularmente vantajosa em solos corrosivos ou agressivos, já que o concreto atua como uma barreira protetora para a armadura. Quando bem projetadas e executadas, as estacas hélice contínua apresentam uma vida útil prolongada, garantindo segurança estrutural e redução de custos com manutenção a longo prazo.

6.6.6 Custo Total por Metro Linear

O custo total por metro linear de estacas hélice contínua pode ser elevada em terrenos duros ou quando há exigências específicas de controle de vibração e ruído. Apesar disso, a técnica oferece benefícios que podem compensar esse custo, como a minimização de impactos ambientais e a garantia de uma estrutura estável e duradoura.

Em projetos urbanos ou com restrições ambientais, o custo inicial mais alto pode ser justificado pelos ganhos em qualidade e pela redução de riscos associados a danos em construções vizinhas. Assim, mesmo com um preço por metro linear superior, a escolha da estaca hélice contínua pode ser a mais vantajosa em termos de segurança, desempenho e conformidade com normas ambientais.

6.7 Composição de custos da Estaca Perfil Metálico

A comparação e composição de custos entre estacas hélice contínua e estacas de perfil metálico dependem de fatores específicos do projeto e das características do solo.

6.7.1 Materiais

As estacas perfil metálico são constituídas por perfis de aço laminado, como os tipos H ou I, que oferecem alta resistência estrutural. Apesar de seu custo unitário elevado devido ao preço do aço, sua utilização pode ser vantajosa em projetos onde a rapidez de execução e a capacidade de carga são prioritárias. Esses perfis são

fabricados com precisão e padronização, garantindo qualidade e eficiência no canteiro de obras.

Logo mais pode-se observar os custos desta etapa, na Tabela 5:

Tabela 4 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Insumo)

MATERIAIS E MÃO DE OBRA	QUANTIDADE Orçado por peça COEF.	CONSUMO	UNID.	CUSTOS Estaca metálica unit	total
Pontalete 6.0x6.0 cm	1,24	99,00	m	16,40	1.623,60
Prego 18x27	0,08	6,40	kg	20,05	128,32
Piquetes (pontalete 6.0x6.0 cm) - 480 unid (15cm)	0,90	72,00	m	7,00	504,00
Fornecimento, transporte, manuseio e Cravação Perfil metalico - W250x38,5	1,00	33.264,00	kg	10,15	337.629,60
Fornecimento, transporte, manuseio e Cravação Perfil metalico - W250x44,8	1,00	7.257,00	kg	10,58	76.779,06
Cravação de perfis barra avulsa comprado e faturado pela Dinâmica W250x38,5	1,00	693,00	kg	1,82	1.261,26
Ferragem dos Grampos - 6,3mm	1,00	199,10	kg	7,16	1.425,82
Ferragem dos Grampos - 25,0mm	1,00	3.916,00	kg	6,57	25.743,55
Tubo PVC soldável 32mm - barras de 6m	1,00	154,00	br	35,00	5.390,00
Válvula manchete de 32mm	0,75	693,00	und	5,54	3.839,22
Caps pcv soldavel - 32mm	0,08	77,00	pç	1,50	115,50
Cimento CP II F 32	1,49	1.380,00	sc	28,00	38.640,00

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

Além disso, as estacas metálicas possuem a vantagem de poderem ser reutilizadas em alguns casos, o que pode compensar o custo inicial elevado. A seleção do tipo de aço e de possíveis tratamentos adicionais, como galvanização ou aplicação de revestimentos anticorrosivos, devem ser feitos com base nas características do solo e nas condições ambientais, a fim de assegurar a durabilidade da estrutura.

6.7.2 Custo de Execução

A execução de estacas perfil metálico é geralmente rápida, uma vez que a cravação é realizada por impacto ou vibração. Em solos menos resistentes, essa etapa ocorre de forma eficiente, resultando em custos menores por metro linear. A alta produtividade dessa técnica permite a instalação de várias estacas em um único dia, o que é ideal para projetos com prazos apertados. Logo mais é possível avaliar o custo desta etapa.

Logo mais pode-se observar os custos desta etapa:

Tabela 5 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Mão De Obra)

MATERIAIS E MÃO DE OBRA	QUANTIDADE Orçado por peça COEF.	CONSUMO	UNID.	CUSTOS Estaca metálica unit	total
Emp execução gabarito para locação de perfil metálico	1,00	80,00	und	0,00	0,00
Servente	0,20	16,00	hs	7,00	112,00
Emenda de perfil metálico	1,00	14,00	und	225,00	3.150,00
Corte de perfil metálico	1,00	14,00	und	70,00	980,00
Preparo de cabeça dos perfis	1,00	80,00	und	150,00	12.000,00
Corte de perfil metálico	1,00	14,00	und	70,00	980,00
Preparo de cabeça dos perfis	1,00	80,00	und	150,00	12.000,00
Escavação, Montagem e injeção de Grampos	1,00	924,00	m	130,00	120.120,00
Ensaio Arrancamento	1,00	1,00	unid	1.725,00	1.725,00

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

Em terrenos muito duros, no entanto, pode ser necessário realizar a pré-perfuração do solo para facilitar a cravação, o que aumenta os custos e pode prolongar o tempo de execução. Apesar disso, para projetos que priorizam a velocidade, as estacas metálicas continuam sendo uma solução vantajosa, desde que as condições do solo sejam bem avaliadas antes do início das operações.

6.7.3 Logística e Mobilização de Equipamento

A logística para a instalação de estacas perfil metálico tende a ser mais simples e econômica, já que a técnica exige menos equipamentos especializados. O transporte dos perfis metálicos é facilitado pela sua forma compacta e pela possibilidade de armazená-los de maneira organizada no canteiro de obras. Logo mais é possível avaliar o custo desta etapa.

Tabela 6 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Logística)

MATERIAIS E MÃO DE OBRA	QUANTIDADE Orçado por peça COEF.	CONSUMO	UNID.	CUSTOS Estaca metálica unit	total
Mobilização e desmobilização de equipamento para Cravação de Perfil Metálico	1,00	1,00	vb	7.500,00	7.500,00
Fornecimento, transporte, manuseio e Cravação Perfil metalico - W250x44,8	1,00	7.257,00	kg	10,58	76.779,06
Mobilização/Desmobilização de Equip. Grampos	1,00	1,00	vb	4.000,00	4.000,00

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

Se o local de instalação tiver boas condições de acesso, o processo de mobilização e execução se torna ainda mais eficiente, reduzindo custos e prazos. Além disso, a necessidade reduzida de preparação do terreno e a simplicidade operacional tornam essa técnica uma escolha prática para muitos tipos de projetos.

6.7.4 Restrições Ambientais e Impactos

A cravação de estacas metálicas pode gerar ruídos e vibrações significativos, o que pode limitar sua utilização em áreas urbanas densamente ocupadas ou próximas a edificações sensíveis. Em tais casos, é necessário implementar medidas mitigadoras, como o uso de equipamentos menos ruidosos ou horários restritos de operação, o que pode aumentar os custos gerais.

Apesar dessas restrições, em locais onde o impacto ambiental não é um problema significativo, a técnica de cravação se destaca pela sua eficiência. A avaliação prévia do local e a consulta a normas ambientais e urbanísticas são fundamentais para garantir o uso seguro e viável dessa solução.

6.7.5 Durabilidade e Vida Útil

A durabilidade das estacas perfil metálico depende das condições do solo e do ambiente em que são instaladas. Em terrenos secos ou ambientes protegidos de agentes corrosivos, o aço apresenta uma vida útil satisfatória, sendo uma opção confiável para fundações de médio e longo prazo.

Por outro lado, em solos úmidos ou com alta presença de agentes corrosivos, as estacas metálicas podem precisar de tratamentos adicionais, como revestimentos anticorrosivos ou proteção catódica, para evitar a degradação. Esses tratamentos aumentam os custos, mas são indispensáveis para preservar a integridade estrutural em ambientes adversos.

6.7.6 Custo Total por Metro Linear

O custo por metro linear de estacas perfil metálico pode variar consideravelmente com base nas condições do solo e na logística do projeto. Em solos menos resistentes, onde a cravação ocorre com facilidade, as estacas metálicas se tornam mais econômicas devido à rapidez de execução e à menor necessidade de preparo do terreno.

Por outro lado, em terrenos duros ou onde são necessários tratamentos adicionais contra corrosão, os custos podem ser significativamente maiores. Apesar disso, o benefício da execução rápida e a alta capacidade de carga podem compensar o investimento inicial mais alto, dependendo das prioridades do projeto.

6.8 Resumo Comparativo

As estacas hélice contínua oferecem vantagens significativas, como custo relativamente baixo por metro linear em solos adequados. Essas características fazem delas uma opção atrativa para projetos que possuem uma limitação de orçamento.

Tabela 7 – Visualização Da Tabela Orçamentaria (Custo Total)

MATERIAIS E MÃO DE OBRA	QUANTIDADE Orçado por peça COEF.	CONSUMO	UNID.	CUSTOS Estaca metálica unit	total	CUSTOS Estaca Hélice unit	total
TOTAL:				655.646,93		435.156,16	-33,63%
			DIFERENÇA	220.490,77			
						ESTACA HÉLICE C/ ECONOMIA de R$254.362,17 (38,80%)	

FONTE: Elaborada pelos autores (2024).

Logo mais será apresentado dois quadros contendo mais das comparações entre cada um dos elementos. No Quadro 1 será possível observar um comparativo dos dois tipos de estaca em relação ao canteiro de obras. Já no Quadro 2 em relação aos prazos.

Quadro 1 – Comparação entre Estaca Hélice contínua e Estaca Perfil Metálico

CRITÉRIO	ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	ESTACA PERFIL METÁLICO
Método de instalação	Perfuração com injeção de concreto	Cravação por percussão ou vibração
Ruído e Vibração	Baixo nível de ruído e vibração	Alto nível de ruído e vibração
Aplicação em Solos	Solos moles e medianamente resistentes	Solos medianamente resistentes e muito duros
Capacidade de Carga	Média e Alta (Depende do diâmetro e Profundidade)	Alta, especialmente em perfis de grandes dimensões
Custo	Geralmente menor	Geralmente maior devido ao custo do aço e da cravação
Corrosão	Não corrosiva (concreto)	Aço pode sofrer corrosão, exigindo tratamento
Utilização em Áreas Urbanas	Altamente recomendado	Pode não ser recomendado devido ao ruído e vibração

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Quadro 2 – Organização do canteiro

CRITÉRIO	ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	ESTACA PERFIL METÁLICO
Abastecimento	Concreto e barras de aço, fornecimento contínuo	Perfis metálicos entregues em lotes conforme demanda
Equipamentos	Perfuratriz e bomba de concreto	Martelo vibratório ou bate-estacas
Movimentação Interna	Caminho curto para concreto e aço	Transportes de perfis com guindastes
Área de armazenamento	Próximo à perfuração para concreto e aço	Áreas espaçosas e organizadas para perfis metálicos
Controle e Monitoramento	Cronograma de concretagem	Planejamento para cravação e reabastecimento
Segurança	Área isolada para perfuração	Isolamento da área de cravação e controle de vibração

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

7 CONCLUSÃO

Diante dos fatos supracitados, espera-se que nossa pesquisa proporcione um entendimento mais profundo dessa área da engenharia e destaque a importância de um planejamento eficaz. Os indicadores de custos dos insumos são pré-definidos na etapa de planejamento, o que destaca a relevância de estudar e avaliar corretamente as soluções disponíveis para a execução do empreendimento. Dessa forma, é fundamental realizar um estudo detalhado e criterioso das possíveis alternativas, garantindo a viabilidade e o sucesso do projeto.

Neste empreendimento, observou-se uma diferença significativa no custo entre os tipos de contenção analisadas. Considerando a perspectiva econômica do projeto, optou-se pela cortina de contenção em estaca hélice monitorada, que proporcionou uma economia de 38,80% no custo final da etapa construtiva. Conclui-se, portanto, que a estaca hélice contínua se apresenta como a melhor solução entre as opções analisadas.

Além do custo, tal escolha se fundamenta em diversas vantagens que esta técnica oferece, destacando-se a otimização do uso de mão de obra, a alta capacidade de carga, a minimização de impactos ambientais e a redução de poluição sonora. Ademais, sua execução rápida, aliada ao controle de qualidade rigoroso, à flexibilidade de aplicação e à estabilidade do solo, tornam essa solução mais atrativa

para o empreendimento. Esses fatores corroboram a superioridade da estaca hélice contínua como alternativa técnica e prática para projetos que demandam fundações robustas e de alta performance. Sendo assim comprovando a hipótese, pois a cortina de contenção em estaca hélice além de causar menos transtornos a vizinhança ainda gerou uma economia para o custo final do empreendimento.

Com base nas metodologias e análises apresentadas, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos ou ampliar o escopo de aplicação em projetos de contenção e fundações, para pesquisas futuras pode-se pensar em otimização de custos e recursos. A otimização de custos e recursos no setor de engenharia civil pode ser significativamente aprimorada com o desenvolvimento de algoritmos e softwares especializados.

Essas ferramentas permitem integrar variáveis como custos de materiais, disponibilidade de mão de obra, eficiência do maquinário e condições específicas do projeto, possibilitando análises mais precisas para a escolha do método de contenção mais adequado a diferentes cenários. Além disso, a avaliação do custo-benefício a longo prazo, considerando aspectos como manutenção, durabilidade das estruturas e impacto operacional, pode oferecer uma visão mais abrangente sobre a viabilidade econômica das soluções adotadas. Essa abordagem promove não apenas a redução de desperdícios, mas também a melhoria na tomada de decisões estratégicas, contribuindo para projetos mais sustentáveis e financeiramente eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, CIA et. al. **Análise da evolução dos principais insumos da construção civil nos últimos anos e seu consumo durante o período pandêmico.** 2023. Rev. Científica – Universidade de Gurupi, Tocantins, 2023.

ANDRADE, M. O. **Análise comparativa de custos entre estruturas de contenção**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

ARAÚJO, Arthur Gomes Dantas de. **Provas de carga estática com carregamento lateral em estacas escavadas hélice contínua e cravadas metálicas em areia**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013

ARAUJO, C.I.A. et al. **Dimensionamento e execução de cortinas de contenção em estacas hélice contínua**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UniEvangélica, Anápolis, 2022.

ARAUJO, Cristiane Araújo; Márcio Alves de Oliveira. **Análises Comparativas entre os Sistemas Construtivos de Paredes de Concreto, Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Light Steel Frame.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Santa Rita de Cássia, Itumbiara, 2021.

BARBOSA, Eduardo Fernandes. et al. **Implantação da Qualidade Total na educação.** Minas Gerais: Líttera Maciel, 1995

BARROS, P. L. DE A. **Obras de Contenção**. 2011. Manual Técnico, 2011

CALAZANS, Camila Júlia. **Análise de metodologias e ferramentas de planejamento e controle aplicadas ao gerenciamento de projetos na construção civil.** 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia das Construções) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

CARDOSO, F. F. **Sistemas de contenção**. 2002 escola politécnica da universidade de São Paulo departamento de engenharia de construção civil. Fevereiro, 2002.

CARDOSO, F. F. **Sistemas de contenção.** 2002**.** Projeto construção civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo,2002.

CARVALHO, 1991. CARVALHO, PAS de et al. Manual de geotecnia: Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas. São Paulo: Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo, Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1991.

CARVALHO, Gabriela Sitton de. **Análise comparativa da extração de quantitativos de um empreendimento residencial: confiabilidade da plataforma BIM**. Farroupilha – RS, 2022.

CASSAR, Bernardo Camargo Cassar. **Análise Comparativa de Sistemas Construtivos para Empreendimentos Habitacionais: Alvenaria Convencional x Light Steel Frame. –** Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018.

CECÍLIA; Maria Cecília de Almeida Moura. **A Produtividade E A Eficácia Da Gestão De Custos Como Estratégia Competitiva No Mercado Da Construção Civil**. 2015, Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG.

CHAVES, C.I.A. et al. **Análise Comparativa entre os métodos Construtivos em EPS e Alvenaria Convencional**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, 2021.

Coliseu Roma, Casa Vogue. Disponível em:<casavogue.globo.com.>

CORTINA ATIRANTADA Disponível em:<fernandocalaiseng.com.br/servicos/cortina-atirantada/>2024.

CUNHA, M. A. **Ocupação de encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

DA COSTA, Rita Miranda. **Controlo de Qualidade em Obra-Digitalização de Processos**. Mestrado em Engenharia Civil – 2023/2024 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2024.

DA SILVA, Daysa Palloma et al. **Planejamento e gerenciamento de obras: variáveis que ocasionam atraso na construção civil**. Brazilian Journal of Development, 2019.

DE FREITAS, ANA PISANI. **Investindo na Sustentabilidade Operacional: Melhores Práticas na Tomada de Decisão em Projetos de Sustentação de Capital**. São Paulo, 2023.

DIRECTIVA ENGENHARIA – MUROS DE GRAVIDADE – < directiva.eng.br/servico/muro-de-gravidade/>

DUARTE, M. P. **Estabilidade de talude e muro de arrimo**. 2013. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

DULTRA, M. A. **Análise comparativa entre muro de arrimo de concreto armado e cortina de estacas de concreto armado em obra de contenção**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Santa Rita, Conselheiro Lafaiete, 2015.

Escoramento Metálico – Pro Escoramentos – Disponível em: < proescoramentos1.tempsite.ws/contencao-de-solo.html> Acessado em 2024.

Estaca Hélice Contínua - Disponível em:<www.geofix.com.br/servico-ehc.php > 2024. Acessado em 2024.

Estacas Justapostas - Disponível em: <www.investigeo.com.br/contencoes> Acessado em 2024.

Estacas Pranchas – Geossintec – Disponível em < www.geossintec.com.br> Acessado em 2024.

FERREIRA, E.A.M. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios**. 1998. (Tese Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

Fn Engenharia De Estruturas – Parede Diafragma < <www.fnestruturas.com.br/parede-diafragma> Acessado em 2024.

GEHBAUER, F. et al. **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil - Alemanha**. Curitiba: Editora CEFET – PR, 2002.

GEOFIX. Paredes Diafragma com Clamshell e/ou Hidrofresa. Disponível em: <www.geofix.com.br/servico-paredes-hidrofresa> Acessado em 2024

GERMANO, Andrezza Vagnielly Coutinho. **Método de prevenção de perdas do tipo making-do, retrabalho e falta de terminalidade em canteiros de obras**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

GERSCOVICH, D.; DANZIGER, B. R.; SARAMAGO, R. **Contenções: teoria e aplicações em obras**. Oficina de Textos, 2019.

GOLDMAN, P. Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira. Pini, 1997.

Gonçalves; CILENE MARIA MARQUES. **Método Para Gestão Do Custo Da Construção No Processo De Edificações** / C.M.M Gonçalves. - Ed.rev. – São Paulo, 2011.

GUERRA, N.M.C. et al. Estruturas de contenção tipo berlim com perfis exteriores: Avaliação do comportamento por via numérica. **Geotecnia**, Porto, n. 96, p. 77-94, 2002.

GUIMARAES, K.P. **Cortinas atirantadas: Estudo de patologias e suas causas**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

GUNTHER, Hartmut. **Pesquisa qualitativa X pesquisa quantitativa: esta é a questão?** 2006.

KNOLSEISEN, Patrícia Cecília. **Compatibilização de Orçamento com o Planejamento de Trabalho para Obras de Edificações**. Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Lehner, Mark. **The Complete Pyramids. Solving Ancient Mysteries**. Londres: Thames & Hudson, 1997.

MAGALHÃES, Ivan Luizio; PINHEIRO, Walfrido Brito. **Gerenciamento de serviços de TI na prática: uma abordagem com base na ITIL: inclui ISO/IEC 20.000 e IT Flex**. Novatec Editora, 2007.

MARTINS, José Carlos Cordeiro. **Técnicas para gerenciamento de projetos de software**. Brasport, 2007.

MATSUI; Amanda Guimarães Matsui – **Aplicação do BIM 4D para a Otimização do Cronograma Físico de uma Obra.** Monografia apresentada na disciplina Trabalho de Conclusão de Cruso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

MEDEIROS, A. G. B. **Análise numérica de estruturas de contenção em balanço e grampeadas do tipo "estaca justaposta" assentes em solo poroso no DF**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

MELLO, Hanna Cidade**. Direção de Obra-proposta de procedimentos para melhorar a sustentabilidade das construções**. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA.; Brasil. Ministério da Economia.CIA et. al. : **modelo de cinco dimensões [recurso eletrônico] / Ministério da Economia, Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade, Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura ; Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) ; Infrastructure and Projects Authority do Reino Unido (IPA-UK).** -- Brasília : SDI/SEPEC/ Ministério da Economia, 2022.

Muro de flexão – Disponível em: < premoldadossampaio.com.br/project/projeto-emccamp-muro-de-arrimo/ > Acessado em 2024.

NAGANO; Leandro Nagano. **A Importância Da Composição De Preços Unitários (Cpu) Para Um Orçamento De Obras Preciso E Eficiente**. CELERE, 2024.

NETO, O.P. **Análise comparativa de custos para implementação de diferentes métodos de contenção**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2022.

OLIVIERI, H.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2016.

PAES, Rafael Lipinski. **SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ECONÔMICO DE OPERAÇÕES LOGÍSTICAS: O.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul**,** Porto Alegre, 2008.

PEREIRA, Nilson Leite Pereira. **Energia Solar uma Perspectiva de Sustentabilidade e Viabilidade Econômica**. 2016. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá/MT, 2016.

PIREZ, R. A. **Estudo Comparativo de Fundações Profundas**: **Estaca Hélice Contínua** x **Estaca tipo Strauss**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Unifucamp, Monte Carmelo, 2018.

PONTON, Giovanna de Andrade Ribeiro et al. **Análise da eficiência do orçamento com o uso do SINAPI: estudo de caso de um residencial multifamiliar**. UFU, 2022.

Progeo – Muro Atirantado – Disponível em:< www.progeo.com.br/muro-atirantado>. Acessado em 2024.

QUEIROZ, R.C. **Noções sobre Engenharia Civil**. Bauru: Departamento de Engenharia Civil, UNESP, 2008.

RANZINI, Stelvio. M. T.; NEGRO JR, Arsênio. **Obras de contenção: tipos, métodos construtivos, dificuldades executivas**. In: HACHICH, Waldemar; et al. (Ed.). Fundações: Teoria e prática. 2ª edição. São Paulo: Editora PINI,2012. Cap. 13, p.497-515.

RESENDE, P. T. **Dimensionamento geotécnico de uma cortina em estaca.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

RODRIGUES, P.R.A. **Gestão Estratégica da Armazenagem**. São Paulo: Aduaneiras, 2015.

SALES, CIA et. al. **– A construção Civil em uma perspectiva econômica, ambiental e social.** Científica Digital, editora, Guarujá - SP 2022.

SAMPAIO, Andressa Dyalla de Sá. **Avaliação de riscos em contratos de obras públicas utilizando o método fuzzy topsis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Estruturas e Construção Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

Santos, Cícero Marciano da Silva. **"Análise dos indicadores do TCPO e de empresas construtoras de edificações verticais utilizados na elaboração de orçamentos por empresas de João Pessoa."** UFPB (2010).

SANTOS, M. A. L; SILVA, N.D.S. **Construção de um banco de dados de composição de custo unitário para a elaboração de orçamentos e planejamentos de obra: aplicação em um projeto modelo.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SANTOS, M. M. **Análise comparativa de execução de tirantes ativos e passivos e verificação do fator de segurança em um dimensionamento hipotético.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Conselheiro Lafaiete, 2020.

SANTOS, V.A.S**. Uma Análise da Composição de Custos no Segmento da Engenharia Civil e Suas Particularidades**. Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza, v. 1, 2018.

SAURIN, Tarcísio Abreu.; FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006

SETÚBAL, Karita Pereira Coimbra; SANTANA, Leonardo Moreira. **Os Impactos Das Mudanças Climáticas Nas Obras De Pequeno Porte Da Construção Civil: Desafios E Adaptações Para Infraestruturas Sustentáveis**. Revista Novos Desafios, 2024.

SILVA, Diogo Dantas da. **Terceirização de mão de obra, desigualdade social e extrema pobreza: uma análise da terceirização à luz do artigo 3º, Inciso III, da CF/1988**. Universidade Católica de Salvador 2017.

SILVA, Mariana do Prado e. Influência do planejamento e controle de obras nos horizontes de médio e curto prazo no tempo de entrega de edifícios residenciais em Goiânia. 20. Dissertação (Mestrado em Construção Cívil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SOARES, Júnior Izidro Soares Barreiro. **Análise de Investimentos: Uma Abordagem Sob a Ótica da Sustentabilidade Empresarial**. Editora Appris, 2022.

Solotrat, 2024) - Solotrat, Cortinas – 2024. Disponível em: < www.solotrat.com.br/informacoes-tecnicas.php> Acessado em 2024.

SOTILLE, Mauro Afonso et al. **Gerenciamento do escopo em projetos**. Editora FGV, 2019.

SOUZA, Emilly de Paula et al. **A contribuição das ferramentas de gestão de obras no aumento da produtividade em condomínios horizontais** – estudo de caso. Insitituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás 2024.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Porto Alegre, 1999.

VALADARES, J.L; GOMES, M.R.F. **Análise de composição de custo de orçamento de obra com ênfase nos insumos de mão de obra e as leis trabalhistas.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Tecnológico de Ensino, Caratinga, 2017.

VERTEMATTI, J. C. **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

NAVES, Lucas Alves Veloso. **Análise Comparativa Técnico-Econômica Entre Fundações Tipo Estaca Escavada E Hélice Contínua Monitorada Para Um Projeto De Edificação Situado Na Orla 14 Em Palmas-To**. Trabalho de Conclusão de Curso II, Centro Universitário Luterano de Palmas, 2018.

OLIVEIRA, Guilherme de Barros. **Análise comparativa entre projetos de fundação focados na engenharia de valor-estaca hélice contínua versus estaca escavada: estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Estadual Paulista (UNESP) 2024.