

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA ÁREA III
CURSO BACHARELADO DE ENGENHARIA CIVIL

ISABELLA DE ARAUJO GONDIM DOS SANTOS

USO DE PERFIS METÁLICOS APLICADOS EM ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Goiânia, GO

2026

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Isabella de Araujo Gondim dos Santos

Matrícula: 20201011050357

Título do Trabalho: USO DE PERFIS METÁLICOS APLICADOS EM ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 06 / 02 / 2026
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

ISABELLA DE ARAUJO GONDIM DOS SANTOS

USO DE PERFIS METÁLICOS APLICADOS EM ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. MSc. Giovane Batalione

Goiânia, GO

2026

S237u Santos, Isabella De Araujo Gondim dos.

Uso de perfis metálicos aplicados em estruturas de contenção / Isabella de Araujo Gondim dos Santos. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2026.
92f.

Orientação: Prof. MSc. Giovane Batalione.

TCC (trabalho de conclusão de curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento Acadêmico da Área III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Inclui anexo.

1. Estruturas de contenção. 2. Engenharia geotécnica. I. Batalione, Giovane (orientação). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

CDD 624.151

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **USO DE PERFIS METÁLICOS APLICADOS EM ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO**, sob orientação de Giovane Batalione, apresentado pela aluna **Isabella de Araujo Gondim dos Santos (20201011050357)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Civil (Câmpus Goiânia)**. Os trabalhos foram iniciados às **16:28** do dia **06/02/2026** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Giovane Batalione** (Presidente)
- **Wesley Pimenta de Menezes** (Examinador Interno)
- **Sandro Borges Vale** (Examinador Externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela aluna, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 10,0

Observação / Apreciações:

O trabalho foi aprovado com poucas correções, sendo as mesmas encaminhadas para a aluna durante ao término de sua apresentação.

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Giovane Batalione** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wesley Pimenta de Menezes**, em **11/02/2026 11:49:07** com chave **d11fb624075811f1812b005056a537a4**.
- **Sandro Borges Vale**, em **09/02/2026 16:32:54** com chave **2141c38405ee11f198b4005056a537a4**.
- **Giovane Batalione**, em **09/02/2026 16:31:13** com chave **e55e943c05ed11f18042005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 13/02/2026

Código de Autenticação: 423dc1



Dedico este trabalho à minha mãe, Fabiana, in memoriam. Mesmo não estando mais aqui, você nunca deixou de caminhar comigo. Foi o seu amor que me sustentou nos dias difíceis, a sua voz que me fortaleceu quando pensei em desistir e a sua dedicação que me trouxe até este momento. Tudo o que sou, tudo o que conquistei e cada passo que dei até aqui têm você como base. Este trabalho é a prova de que o seu amor continua vivo em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me concedido saúde, força e perseverança ao longo de toda a minha caminhada acadêmica. Foi Ele quem me sustentou nos momentos de dificuldade e me permitiu chegar até aqui.

Aos meus professores, expresso minha sincera gratidão por todo o conhecimento transmitido, pela dedicação ao ensino e pelas contribuições fundamentais para a minha formação acadêmica e profissional. Por esta ser minha segunda graduação nesta instituição, reconheço a importância de todos os professores que fizeram parte da minha trajetória ao longo desses anos, cuja atuação foi essencial para meu crescimento pessoal e profissional. Em especial, agradeço ao meu orientador, Msc. Giovane Batalione, pela orientação, paciência, disponibilidade e valiosas contribuições ao longo do desenvolvimento deste trabalho, que foram determinantes para a sua realização.

Aos meus amigos, que estiveram presentes durante essa jornada, compartilhando momentos de aprendizado, apoio, incentivo e companheirismo, tornando essa etapa mais leve e significativa.

À minha mãe, in memoriam. Embora não tenha podido acompanhar o início da minha trajetória acadêmica, sua dedicação, seus ensinamentos e seu amor incondicional foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Tudo o que sou e tudo o que conquistei carrega um pouco de você.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e para a conclusão desta importante etapa da minha vida.

RESUMO

Em obras geotécnicas onde ocorrem atividades de escavação, seja na área de construção de vias de transporte, canais hidráulicos e edificações, a implantação de estruturas de contenção para combater os esforços do empuxo de terra, bem como evitar a movimentação de maciços terrosos, garantindo segurança, é uma técnica muito utilizada e historicamente milenar. A utilização destas técnicas, embora milenar, presenciou, durante a evolução da humanidade, modernização, bem como o surgimento de novas tecnologias e equipamentos, existindo hoje no mercado de trabalho inúmeros mecanismos de estrutura de contenção. Uma destas técnicas é a prática de cravação de perfis metálicos que compõem muros e cortinas de contenção, caracterizada pela rapidez, eficiência e, quando bem executada, pela segurança - fatores que justificam o grande uso de muros de contenção feitos de concreto pré-moldado e perfis metálicos. O presente trabalho de conclusão de curso tem como proposta apresentar uma revisão bibliográfica e um trabalho experimental de campo sobre a utilização de perfis metálicos em obras de estrutura de contenção, abordando breve histórico, processo de produção siderúrgica dos perfis, propriedades físicas e químicas que compõem esses elementos, aplicações, vantagens, desvantagens e processo executivo. Após a conclusão das etapas de revisão literária e do acompanhamento de uma obra com implantação desses perfis em estrutura de contenção, será produzido um manuscrito técnico, a ser disponibilizado aos discentes dos cursos de engenharia civil, transportes e aos profissionais da área para consulta na sua formação profissional.

Palavras-chave: Engenharia geotécnica; Estrutura de contenção; Perfis metálicos

ABSTRACT

In geotechnical works involving excavation activities—whether in the construction of transportation routes, hydraulic channels, or buildings—the implementation of retaining structures to resist earth pressure and prevent the movement of soil masses, ensuring safety, is a widely used and historically ancient technique. Although ancient, the use of these techniques has undergone modernization throughout human development, alongside the emergence of new technologies and equipment, resulting in a wide variety of retaining structure mechanisms available in the current market. One such technique is the installation of steel profiles used in retaining walls and sheet pile walls, characterized by speed, efficiency, and, when properly executed, safety—factors that justify the extensive use of retaining structures made of precast concrete and steel profiles. This undergraduate thesis aims to present a bibliographic review and a field experimental study on the use of steel profiles in retaining structures, addressing a brief historical background, the steel production process of the profiles, the physical and chemical properties that compose these elements, their applications, advantages, disadvantages, and execution process. After the completion of the literature review and the monitoring of a project involving the installation of these profiles in a retaining structure, a technical manuscript will be produced and made available to students of civil engineering, transportation engineering, and professionals in the field for consultation in their professional development.

Keywords: Geotechnical engineering; Retaining structure; Steel profiles

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Contexto histórico.....	22
Figura 2.2 - Arena Amazônia	23
Figura 2.3 - Execução de contenção em perfil metálico - Concessionária GM/Uberlândia-MG	24
Figura 2.4 - Coqueira convencional.....	26
Figura 2.5 - Esquema de funcionamento do alto-forno.....	27
Figura 2.6 - Esquema do conversor de oxigênio	28
Figura 2.7 - Lingoteamento contínuo	29
Figura 2.8 - Esquemas de laminadores.....	30
Figura 2.9 - Propriedades do aço	34
Figura 2.10 - Perfis estruturais laminados	36
Figura 2.11 - Cortina de contenção com perfil laminado	37
Figura 2.12 - Perfis soldado de chapas	37
Figura 2.13 - Perfil Soldado - Coluna e vigas soldadas (CVS)	38
Figura 2.14 - Perfis compostos de chapas	39
Figura 2.15 - Perfis de chapa dobrada: (a) perfil U; (b) perfil complexo; (c) perfil S; (d) perfil Z	40
Figura 2.16 - Estacas-prancha aplicadas em meio aquoso.....	41
Figura 2.17 - Deslizamento de um talude sem contenção.....	43
Figura 2.18 - Acidente em obra. Rompimento do talude por ausência ou mal dimensionamento	43
Figura 2.19 - Tipos de estrutura de contenção	44
Figura 2.20 - Distribuição das tensões laterais.....	44
Figura 2.21 - Tipos de estruturas.....	45
Figura 2.22 - Deslocamentos em um muro gravidade.....	45
Figura 2.23 - Mecanismos da redistribuição das tensões laterais	46
Figura 2.24 - Efeito arco	47
Figura 2.25 - Seção transversal de uma cortina constituída por perfis pranchados	48
Figura 2.26 - Cortina tipo perfil pranchado em construção.....	49
Figura 2.27 - Cortina tipo perfil pranchado multiapoiada por tirantes	49
Figura 2.28 - Contenção de rejeitos em Brumadinho, MG por estacas-prancha	51
Figura 2.29 - Uso de estaca prancha em subsolo no Rio de Janeiro	52

Figura 2.30 - Uso de estaca prancha na Trincheira Mário Tourinho, Curitiba, PR	52
Figura 3.1 - Localização da obra	54
Figura 3.2 - Escavação parcial da trincheira.....	55
Figura 3.3 - Planta com setorização da trincheira	56
Figura 3.4 - Detalhes esquemáticos dos cortes por trechos (A a N).....	57
Figura 3.5 - Sequência executiva da cortina armada	59
Figura 3.6 - Detalhe da cortina em planta com tirante	60
Figura 3.7 - Corte genérico da cortina armada entre perfis metálicos	61
Figura 3.8 - Vista genérica da cortina armada após a concretagem	62
Figura 3.9 - Perfil geotécnico identificado nos fragmentos de rocha no local da escavação da trincheira	63
Figura 3.10 - Perfil metálico cravado verticalmente, mostrando a interação entre o solo escavado e a estrutura de contenção	64
Figura 3.11 - Seção do perfil metálico laminado W 250x38,5.....	65
Figura 3.12 - Seção do perfil metálico laminado W 250x44,8	65
Figura 3.13 - Seção do perfil metálico laminado W 310x97	65
Figura 3.14 - Diagrama tensão x deformação do aço ASTM A572 Grau 50	67
Figura 3.15 - Identificação em campo de perfil metálico da série W	68
Figura 3.16 - Perfis metálicos da série W armazenados em obra	68
Figura 3.17 - Detalhe dos perfis metálicos da série W utilizados na contenção	69
Figura 3.18 - Perfis metálicos posicionados ao longo da trincheira, antes da cravação	69
Figura 3.19 - Locação dos pontos de cravação no pavimento asfáltico	71
Figura 3.20 - Içamento do perfil metálico	72
Figura 3.21 - Posicionamento do perfil	72
Figura 3.22 - Verificação do prumo.....	73
Figura 3.23 - Cravação do perfil	73
Figura 3.24 - Detalhes de emendas soldadas	75
Figura 3.25 - Detalhes de emendas soldadas	76
Figura 3.26 - Detalhe construtivo da emenda soldada	77
Figura 3.27 - Berço para execução da viga de coroamento	78
Figura 3.28 - Molde para a viga.....	79
Figura 3.29 - Molde para a viga.....	79
Figura 3.30 - Trecho previamente escavado	80

Figura 3.31 - Trecho previamente escavado	81
Figura 3.32 - Cortina armada em fase de pré-execução	82
Figura 3.33 - Cortina armada após a conclusão da concretagem	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Propriedades mecânicas de aço-carbono.....	31
Tabela 2.2 - Propriedades mecânicas de aços de baixa liga	32
Tabela 3.1 - Propriedades mecânicas e físicas do aço das estacas metálicas.....	66
Tabela 4.1 - Comparação entre contenção com perfis metálicos e contenção em concreto convencional.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Relação processo de fabricação do aço x desempenho dos perfis metálicos em estrutura de contenção.....	25
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	18
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivos Gerais.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos	20
2. REVISÃO EXPLORATÓRIA DA LITERATURA.....	21
2.1 Contexto histórico	21
2.2 Processo de fabricação	24
2.3 Aços estruturais	30
2.3.1 Tipos de aços estruturais	30
2.3.1.1 Aços-carbono	31
2.3.1.2 Aços de baixa liga	32
2.3.1.3 Aços resistentes à corrosão atmosférica	32
2.3.2 Propriedades do aço	33
2.4 Tipos de perfis metálicos	35
2.4.1 Perfis Laminados.....	35
2.4.2 Perfis Soldados	37
2.4.3 Perfis Compostos	38
2.4.4 Perfis de Chapa Dobrada.....	39
2.5 Investigação do subsolo para desenvolvimento do projeto.....	40
2.6 Estruturas de Contenção	41
2.6.1 Problemas recorrentes pela falta de contenção	42
2.6.2 Tipos de estrutura de contenção	44
2.6.2.1 Estrutura de contenção rígida	45
2.6.2.2 Estrutura de contenção flexível	46
2.6.3 Contenção com perfis metálicos	47

2.6.3.1 Cortina do tipo perfil pranchado	47
2.6.3.2 Estacas-prancha	50
3. METODOLOGIA	53
3.1 Revisão bibliográfica.....	53
3.2 Estudo de caso	53
3.2.1 Caracterização da obra	53
3.2.2 Projeto executivo da estrutura de contenção	55
3.2.3 Condições geotécnicas observadas.....	62
3.2.4 Sistema de contenção com perfis metálicos	64
3.2.5 Execução da estrutura de contenção	69
3.2.5.1 Cravação dos perfis metálicos	70
3.2.5.2 Emendas soldadas nos perfis metálicos	74
3.2.5.3 Execução das vigas de coroamento.....	77
3.2.5.4 Processo executivo de escavação e execução da cortina armada	80
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES	84
4.1 Adequação do sistema de contenção ao contexto da obra.....	84
4.2 Avaliação técnica do sistema com perfis metálicos	84
4.3 Análise econômica: comparação entre contenção com perfis metálicos e concreto convencional	85
4.4 Condicionantes operacionais e fatores externos à solução estrutural	86
4.5 Considerações sobre a viabilidade da solução até o estágio atual da obra.....	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS.....	90
ANEXOS	92
ANEXO A – Projeto Executivo	92

1. INTRODUÇÃO

A implantação de estruturas de contenção, especialmente as que utilizam perfis metálicos, é fundamental para garantir a estabilidade de taludes, evitar acidentes envolvendo deslizamentos de maciço de terra e assegurar a segurança de trabalho aos profissionais que atuarão nessas atividades nos canteiros de obra.

Em obras civis em que há necessidade de escavação do subsolo na implementação de pavimentos subterrâneos destinados ao uso de garagens, é necessário realizar a implantação dessas estruturas de contenção antes de iniciar o processo de escavação e movimentação de terra, garantindo a estabilidade do talude e, conseqüentemente, reduzindo ou eliminando possíveis acidentes envolvendo a movimentação de maciços de terra.

É de conhecimento teórico que o solo e a estrutura de contenção exercem sobre si uma força denominada de empuxo, força que é proporcional às características do solo e do material de contenção, bem como à altura da camada de solo e ao elemento estrutural.

Dentre as técnicas mais utilizadas de contenção lateral, encontram-se o grupo das estacas e perfis metálicos (escavadas in loco e pré-moldadas), tirantes, grampos e até mesmo concreto projetado, sendo escolhida a técnica que for mais conveniente, e que dependerá do tipo de solo, das condições de execução favoráveis, do custo-benefício, do tempo disponível para a conclusão da etapa da obra.

A cravação de perfis metálicos consolida-se como uma das técnicas disponíveis para a implantação de uma estrutura de contenção, sendo muito utilizada atualmente por ser rápida e apresentar um custo-benefício razoável.

Os perfis metálicos são produzidos em usina, compostos por aço liga, para aumentar seu desempenho físico-químico, sendo amplamente utilizados em todos os tipos de obras geotécnicas. Em função de sua elevada versatilidade, os sistemas de contenção vertical constituídos por painéis estruturados com perfis de aço podem ser aplicados em dois métodos construtivos distintos. O primeiro, mais recorrente em obras de edificações — como subsolos destinados a garagens —, consiste na formação de cortinas de contenção mistas, nas quais os perfis metálicos atuam em conjunto com painéis de concreto armado. O segundo método, amplamente empregado em obras de infraestrutura viária, corresponde ao uso de estacas-prancha.

A estrutura de contenção realizada com perfis metálicos é uma técnica amplamente reconhecida e aplicada em projetos da construção civil, principalmente em obras de escavação de subsolo, muito empregadas em edifícios e em canais hidráulicos. Os perfis metálicos podem ser utilizados em qualquer tipo de solo, desde que sejam protegidos contra corrosão.

A cravação destes perfis é realizada por meio de um equipamento chamado bate-estacas, que utiliza martelos hidráulicos. Os perfis são introduzidos no solo devido a deformação permanente causada pela energia aplicada pelo martelo. Entretanto, apesar de sua ampla aplicação, existem desafios e limitações que ainda precisam ser solucionados para otimizar seu uso, como a corrosão, especialmente em ambientes úmidos, que pode ser provocada pelo processo de eletrolise entre a estaca e o solo.

1.1 Justificativa

No estudo das literaturas técnicas e científicas, diversas análises têm evidenciado a eficiência do uso de perfis metálicos em estruturas de contenção de solos, demonstrando desempenho satisfatório sob várias condições de projeto, execução e instalação. Esses elementos estruturais em estudo apresentam elevadas propriedades de resistência se comparadas a outras técnicas e materiais, sendo ideais para resistir a esforços significativos de empuxo de solo, cargas laterais e ações verticais decorrentes de sobrecargas e escavações profundas.

O uso de perfis metálicos em estruturas de contenção é uma técnica consolidada na engenharia civil, especialmente no Brasil desde a década de 1950, devido à sua alta eficiência, elevado desempenho mecânico, durabilidade, leveza e rapidez de execução. Os dados técnicos e de aplicação envolvem o tipo de perfil, o método de instalação e as considerações de projeto.

Com base em dados do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), estruturas que utilizam perfis metálicos apresentam elevada agilidade construtiva, podendo ser executadas em prazos significativamente reduzidos quando comparadas a sistemas convencionais. Do ponto de vista da sustentabilidade, a produção industrial dos perfis metálicos demanda baixo consumo de água, da ordem de 5 litros por metro quadrado (m^2), além de possibilitar racionalização de recursos e controle de desperdícios. Adicionalmente, a substituição de elementos estruturais convencionais por perfis metálicos pode resultar em uma redução de até 47% no peso total da

estrutura, proporcionando economia direta nas fundações e benefícios técnicos ao sistema estrutural.

Considerando que, em determinados tipos de solo, torna-se necessária a implantação de estruturas de contenção robustas, com elevado desempenho estrutural e capacidade de resistir de forma segura aos esforços laterais e verticais atuantes, os perfis metálicos destacam-se como uma solução técnica viável e eficiente para obras de contenção, em função de sua elevada resistência mecânica, rapidez construtiva, versatilidade de aplicação e facilidade de adaptação às condições geotécnicas do terreno. O presente trabalho propõe inicialmente a realização de uma revisão abrangente da literatura técnica, científica e normativa, incluindo publicações especializadas e fontes digitais, acerca da aplicação de perfis metálicos em estruturas de contenção.

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) visa descrever os processos de produção do aço estrutural, suas aplicações, bem como analisar as características físicas e químicas, fundamentais para a compreensão do desempenho desses elementos quando empregados em sistemas de contenção.

A ideia desta revisão sistemática de literatura é agregar valiosamente ao conhecimento existente, assim como avançar a própria compreensão do comportamento dos perfis metálicos em contenções para que profissionais e pesquisadores possam tomar melhores decisões em suas atividades e projetos.

1.2 Objetivos

A elaboração deste trabalho tem como finalidade analisar a aplicação de perfis metálicos como sistema de contenção de solos, avaliando seu desempenho e sua eficácia na contribuição para a estabilidade das estruturas de contenção, bem como apresentando considerações sobre sua aplicação prática.

1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso é realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso de perfis metálicos aplicados em estruturas de contenção, abordando seu contexto histórico, os diferentes tipos de estruturas de contenção, os processos de produção industrial dos perfis metálicos, suas características técnicas, os sistemas de cravação, o desempenho estrutural, bem como as principais vantagens e desvantagens dessa técnica.

Tem-se, ainda, como objetivo acompanhar a execução de uma estrutura de contenção construída com a referida técnica, descrevendo as etapas do processo construtivo e destacando informações relevantes, de modo a confrontar os conceitos teóricos com a prática de campo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a aplicabilidade de estruturas de contenção com perfis metálicos, com base em informações obtidas da literatura pertinente, prática e executiva;
- Acompanhar a implantação da técnica de estruturas de contenção com perfis metálicos, descrevendo as etapas construtivas, bem como os principais registros do processo executivo.

2. REVISÃO EXPLORATÓRIA DA LITERATURA

A revisão exploratória da literatura tem como objetivo contextualizar a aplicação de perfis metálicos em estruturas de contenção, abordando aspectos históricos, técnicos e normativos. Inicialmente, discute-se a evolução do uso do aço na engenharia estrutural e os principais processos de fabricação, destacando sua influência nas propriedades mecânicas do material. Em seguida, são apresentados os tipos de aços estruturais e perfis metálicos disponíveis no mercado, considerando critérios de resistência, durabilidade e aplicabilidade.

O referencial teórico contempla ainda os requisitos normativos vigentes relacionados ao projeto e ao dimensionamento dessas estruturas. Por fim, são analisados aspectos geotécnicos fundamentais, como a investigação do subsolo, a interação solo–estrutura e os critérios de estabilidade, que orientam a adoção de estruturas de contenção com perfis metálicos em projetos de engenharia.

2.1 Contexto histórico

No atual estágio de desenvolvimento social e tecnológico, o aço destaca-se como um dos principais materiais estruturais utilizados em obras da engenharia civil. Sua produção é diretamente relacionada às exigências de desempenho impostas pelas obras de infraestrutura. O processo siderúrgico demanda habilidades que precisam ser atualizadas continuamente, o que justifica o investimento contínuo das indústrias siderúrgicas em estudos, que envolvem etapas como a redução do minério de ferro, o refino da gusa, a fabricação do aço em conversores e o posterior controle de composição química, que possibilitam a obtenção de materiais com propriedades mecânicas específicas, fundamentais para aplicações estruturais, especialmente em sistemas de contenção de solos.

A evolução histórica ao longo do tempo da utilização do ferro e do aço permitiu o aperfeiçoamento de técnicas de fabricação que resultaram em materiais com alta resistência mecânica, maior durabilidade e comportamento dúctil.

Com base em dados do Instituto Aço Brasil (2013), o ferro tem surgimento por volta de 1200 a.C., marcando um marco histórico e um grande avanço tecnológico na civilização da época. Com o aperfeiçoamento dos processos de aquecimento, refino e tratamento térmico, tornou-se possível produzir aços com maior resistência à tração, compressão e corrosão, características diretamente associadas ao desempenho

estrutural exigido em obras de contenção. Esses avanços tecnológicos possibilitaram a fabricação de perfis metálicos laminados e soldados com seções padronizadas, capazes de resistir aos elevados esforços de flexão, cisalhamento e compressão impostos pelos empuxos do solo em estruturas de contenção.

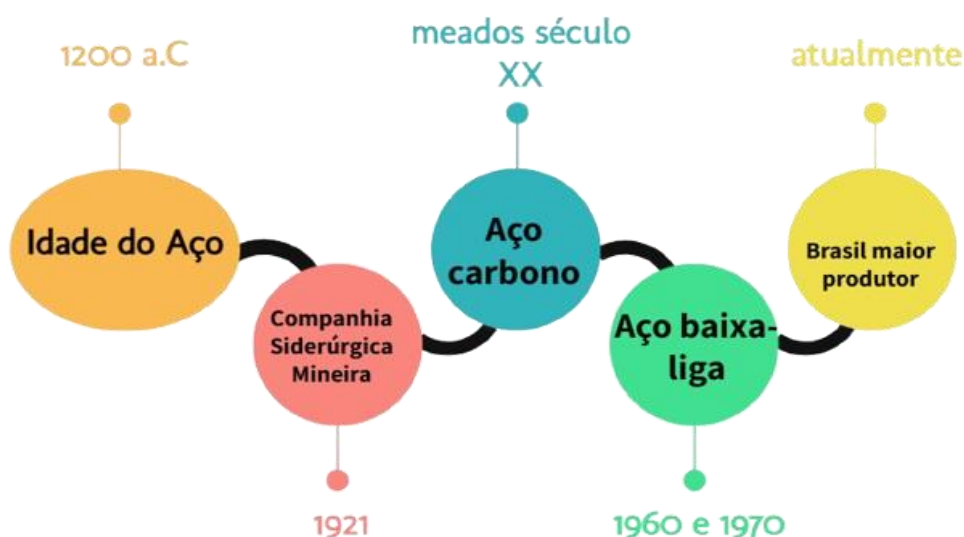
No Brasil, a evolução da indústria siderúrgica ao longo do século XX representou um fator determinante para a ampliação do uso do aço na engenharia civil. Conforme apontado por dados do Instituto Aço Brasil (2013), a capacidade produtiva nacional passou a atender, de forma sistemática, à demanda por aços estruturais com características controladas, assegurando uniformidade dimensional e confiabilidade quanto à composição química e qualidade do material.

Esse contexto industrial possibilitou a incorporação do aço em soluções geotécnicas, especialmente em sistemas de contenção, nos quais componentes como perfis laminados, soldados, estacas metálicas e estacas-prancha se destacam por sua elevada eficiência estrutural, desempenho mecânico consistente e praticidade nos processos de execução de contenções em solos.

Pesquisas realizadas pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) no ano de 2024 mostraram que cerca de 34,10% de todo o aço consumido no Brasil é destinado ao setor da construção civil, onde uma parcela de 14% a 15% desse mercado é de uso de estruturas metálicas e perfis estruturais.

Na Figura 2.1 pode ser observado de forma esquemática o processo de evolução do aço.

Figura 2.1 - Contexto histórico



Fonte: O autor (2025)

Assim, pode-se verificar que a utilização do aço em sistemas de contenção resulta diretamente do seu processo de fabricação industrial, onde se consegue obter materiais com propriedades físicas e químicas de acordo com as exigências das obras geotécnicas e estruturais. O controle tecnológico sobre características como resistência mecânica, comportamento dúctil, corrosão e durabilidade confere ao aço desempenho superior se comparado a outros materiais em contenções submetidas a elevados esforços, ações variáveis e condições construtivas desfavoráveis, consolidando-o como uma alternativa técnica confiável e amplamente utilizada na prática de contenção de solos. Essa progressão pode ser vista nas Figuras 2.2 e 2.3 a seguir:

Figura 2.2 - Arena Amazônia



Fonte: GE¹

¹ <https://ge.globo.com/am/noticia/2013/10/gramado-da-arena-da-amazonia-tem-plantio-concluido-e-obra-chega-84.html>

Figura 2.3 - Execução de contenção em perfil metálico - Concessionária GM/Uberlândia-MG



Fonte: [Engesol](https://www.engesol.eng.br/index.php/obra/22-contencoes?start=10)²

2.2 Processo de fabricação

O processo de fabricação do aço tem uma influência direta sobre as características, propriedades mecânicas e a durabilidade dos perfis metálicos utilizados em estruturas de contenção. As fases de produção, que abrangem o processamento do minério de ferro, o refino da gusa, a adição de ligas metálicas e os processos de laminação e/ou soldagem, são cruciais para se obter materiais com características compatíveis com as exigências estruturais e geotécnicas dessas obras.

O controle da composição química durante o refino permite ajustar teores de carbono e elementos de liga, influenciando diretamente parâmetros como resistência mecânica, ductilidade e tenacidade. Essas propriedades são essenciais para que os perfis metálicos suportem os esforços de flexão, compressão e cisalhamento decorrentes do processo de corrosão e dos empuxos de solo atuantes em estruturas de contenção. Adicionalmente, a padronização industrial assegura comportamento estrutural previsível, aspecto fundamental para o dimensionamento seguro dessas estruturas.

Com base nessas informações, observa-se que as propriedades finais dos perfis metálicos empregados em estruturas de contenção estão diretamente ligadas às etapas de produção. A relação entre produção industrial e desempenho estrutural

² <https://www.engesol.eng.br/index.php/obra/22-contencoes?start=10>

evidencia a importância do controle tecnológico do aço, garantindo resistência, durabilidade e segurança no uso desses elementos em obras geotécnicas.

O quadro a seguir ilustra bem a relação existente entre o controle das etapas do processo de fabricação do aço e suas respectivas propriedades e sua influência quando aplicado em estruturas de contenção.

Quadro 2.1 - Relação processo de fabricação do aço x desempenho dos perfis metálicos em estrutura de contenção

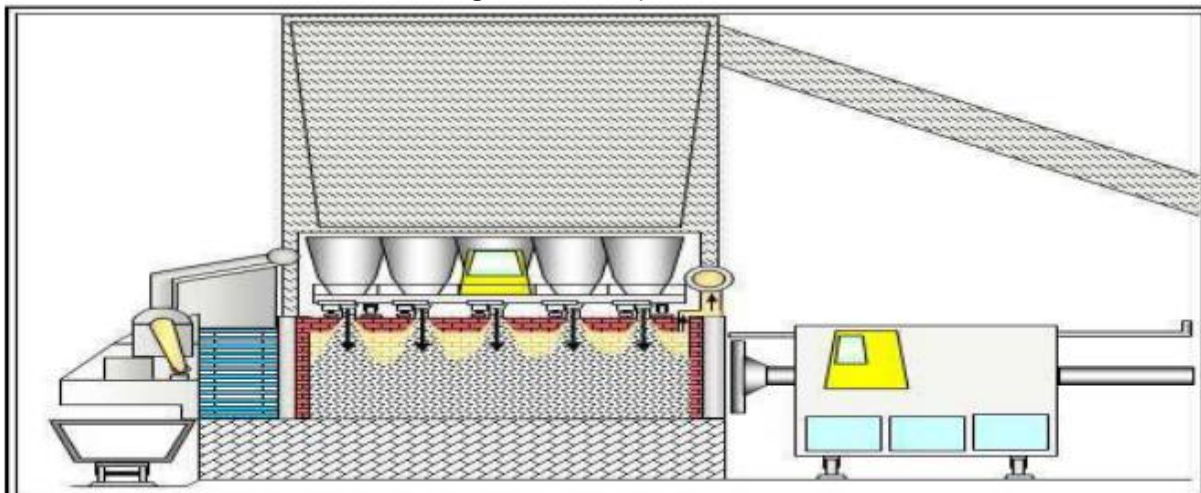
Etapas do processo de fabricação	Propriedade resultante do aço	Influência direta nas estruturas de contenção
Redução do minério de ferro e refino do gusa	Controle da composição química (teor de carbono e elementos de liga)	Permite obter níveis adequados de resistência mecânica e ductilidade para suportar os empuxos do solo
Ajuste da composição química no conversor	Resistência à tração e à compressão	Garante capacidade resistente suficiente frente a esforços elevados de flexão, cisalhamento e compressão
Processos de laminação a quente	Padronização dimensional e homogeneidade estrutural	Assegura comportamento estrutural previsível e confiável no dimensionamento das contenções
Tratamentos térmicos (quando aplicáveis)	Melhoria da tenacidade e da durabilidade	Aumenta a resistência à fissuração, à fadiga e às solicitações cíclicas em obras geotécnicas
Controle de qualidade industrial	Uniformidade das propriedades físicas e químicas	Reduz variabilidade do material, elevando a segurança estrutural e a vida útil da contenção
Proteção superficial (quando prevista)	Maior resistência à corrosão	Amplia a durabilidade dos perfis metálicos em ambientes agressivos ou solos saturados

Fonte: O autor (2025)

De acordo com o Instituto Aço Brasil (2013), a fabricação do aço pode ser dividida em quatro etapas: a etapa inicial da produção do aço consiste no preparo dos insumos metálicos, envolvendo o beneficiamento do minério de ferro, a adição de materiais fundentes e a utilização de agentes redutores. O minério passa por processos de tratamento e aglomeração, visando otimizar as condições térmicas e reacionais durante a fase de redução. Paralelamente, o carvão mineral é submetido à carbonização em instalações industriais próprias denominadas coqueiras (Figura 2.4), originando o coque, que desempenha simultaneamente as funções de fonte de

energia e redutor químico no alto-forno, viabilizando a transformação do minério em ferro-gusa em estado líquido.

Figura 2.4 - Coqueira convencional



Fonte: (Revisão bibliográfica..., 's.d')

Na etapa seguinte, denominada de redução, o ferro-gusa é submetido ao refino em conversores e/ou altos-fornos apropriados com temperaturas superiores a 1200°C , nos quais ocorre a redução do teor de carbono, a eliminação de impurezas e a injeção de oxigênio que em contato com o carvão funde a carga metálica transformando o minério em um metal líquido. Nessa fase, a composição química do aço é ajustada por meio da adição controlada de elementos de liga, possibilitando a produção de aços estruturais com propriedades mecânicas direcionadas às exigências das contenções metálicas. Esse controle é essencial para garantir comportamento estrutural previsível e segurança no dimensionamento.

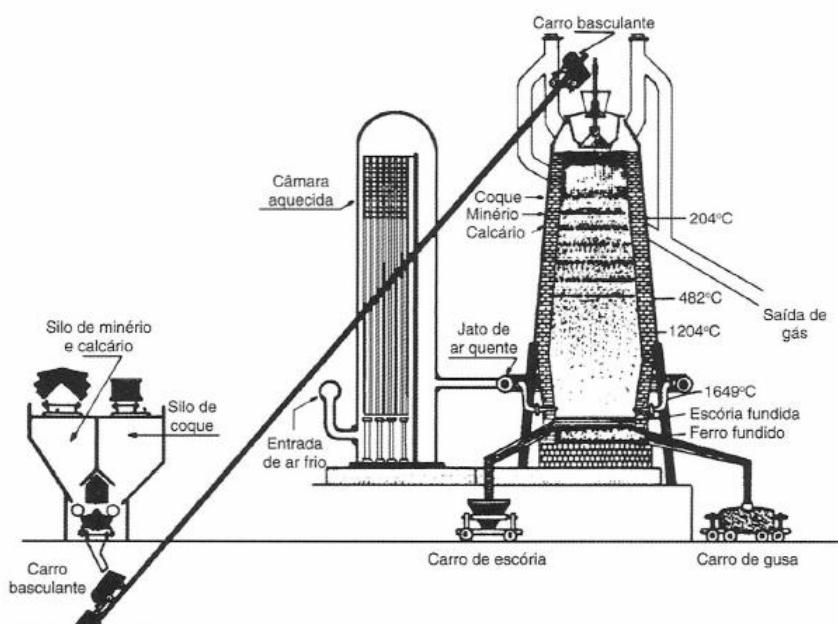
Após o refino, dá-se início à terceira etapa de produção onde uma parte do carbono presente no ferro gusa é eliminada, assim como as impurezas chamadas escórias de alto-forno e assim o aço líquido passa pelos processos de solidificação e conformação mecânica, geralmente por meio do lingotamento contínuo e da laminação a quente.

A quarta e última etapa é laminação que é responsável pela conformação final do material e pelo aprimoramento de suas propriedades mecânicas. Nesse processo, o aço previamente solidificado é submetido à deformação plástica por meio da passagem entre cilindros rotativos, que reduzem gradualmente sua seção transversal até atingir as dimensões e seções padronizadas dos perfis metálicos, como perfis tipo H, I, C, Z e estacas-prancha, amplamente empregados em estruturas de contenção

de geometrias especificadas. Após a laminação, os perfis metálicos passam por processos de resfriamento controlado, inspeção dimensional e ensaios de qualidade, assegurando o atendimento às exigências normativas e de projeto. Dessa forma, a etapa de laminação não apenas define a forma final dos elementos estruturais, mas também desempenha papel fundamental na garantia do desempenho, da segurança e da durabilidade das estruturas de contenção metálicas.

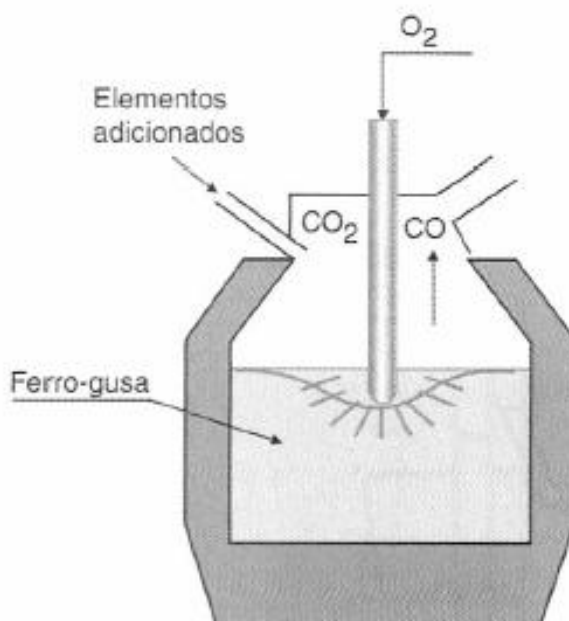
Segundo Pfeil (2010), o processo produtivo do aço pode ser organizado em cinco fases distintas, iniciando-se pela etapa do alto-forno. Nessa primeira fase, os materiais ferrosos são produzidos a partir da redução dos minérios de ferro, conforme ilustrado esquematicamente na Figura 2.5.

Figura 2.5 - Esquema de funcionamento do alto-forno



Fonte: Pfeil (2010)

A segunda etapa do processo produtivo corresponde ao conversor a oxigênio, equipamento no qual o ferro fundido proveniente do alto-forno é submetido ao refinamento necessário para sua conversão em aço. Nessa fase, a injeção de oxigênio promove a redução controlada do teor de carbono e a eliminação de impurezas, de modo a adequar a composição química do material aos limites previamente estabelecidos, conforme representado esquematicamente na Figura 2.6.

Figura 2.6 - Esquema do conversor de oxigênio

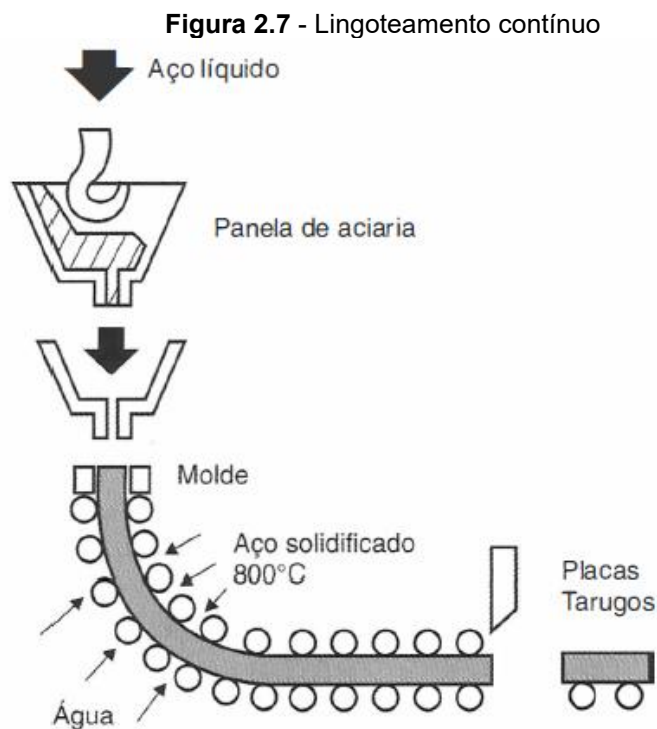
Fonte: Pfeil (2010)

Seguindo a linha de raciocínio de Pfeil (2010), a terceira etapa do processo corresponde ao tratamento do aço na panela. Nessa etapa, o aço em estado líquido é submetido a condições de superaquecimento, o que favorece a absorção de gases provenientes da atmosfera e do oxigênio presente na escória. Durante o processo de resfriamento, esses gases tendem a ser liberados de forma gradual; entretanto, em situações de ebulição do aço, a liberação ocorre de maneira abrupta, podendo resultar na formação de vazios internos de grandes dimensões.

Para evitar esse fenômeno, emprega-se o processo de desgaseificação, que consiste na adição de elementos como alumínio e silício à panela, promovendo a redução do teor de gases dissolvidos. Na sequência, realiza-se o refino com o objetivo de remover óxidos insolúveis remanescentes, assegurando maior qualidade metalúrgica do material. De acordo com o grau de desgaseificação alcançado, os aços podem ser classificados como efervescentes, capeados, semiacalmados ou acalmados.

A quarta etapa apresentada por Pfeil (2010) corresponde ao processo de lingotamento. Após o tratamento na panela, o aço fundido em estado líquido é transferido para moldes metálicos específicos, chamados de lingoteiras, nos quais são produzidos os blocos sólidos conhecidos como lingotes, geralmente com uma geometria troncocônica. Em indústrias com tecnologias mais avançadas, esse procedimento é substituído pelo lingotamento contínuo, onde o aço é solidificado de

forma ininterrupta e conformado diretamente em produtos semiacabados, que seguem de maneira contínua para os equipamentos de laminação, conforme ilustrado na Figura 2.7.



Fonte: Pfeil (2010)

Conforme descrito por Pfeil (2010), a quinta etapa do processo produtivo corresponde à laminação, fase na qual o aço é convertido nos principais produtos siderúrgicos empregados pela indústria da construção civil, como chapas e perfis laminados. Nessa etapa, as placas de aço são previamente aquecidas e encaminhadas aos laminadores desbastadores, onde passam sucessivamente entre cilindros cuja abertura é gradualmente reduzida, promovendo a diminuição da espessura do material. Concluída essa fase inicial, o aço segue para os laminadores finais, nos quais ocorre efetivamente a laminação, resultando nos produtos com dimensões e geometrias adequadas às aplicações estruturais.

A seguir temos uma imagem ilustrativa, demonstrando o esquema dos laminadores, onde a Figura 2.8a ilustra o princípio de funcionamento dos rolos de um laminador, no qual o metal aquecido é submetido à compressão entre dois cilindros em rotação, resultando na redução de sua espessura ao atravessar o conjunto.

Na Figura 2.8b, observa-se que os laminadores destinados à produção de elementos acabados possuem rolos com superfícies especialmente conformadas, de

2.3.1.1 Aços-carbono

Para Pfeil (2010), os aços-carbono são os tipos mais usados, nos quais o aumento de resistência em relação ao ferro puro é produzido pela adição de carbono e, em menor escala, pelo manganês.

De acordo com Pannoni (2005), os aços-carbono são divididos em três categorias:

- Aços com baixo teor de carbono: com $(C) < 0,3\%$, que possuem grande ductilidade, ou seja, são ótimos para o trabalho mecânico e soldagem como a construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras e peças de grandes dimensões em geral. São aços que não são submetidos ao tratamento térmico da tempera;
- Aços de médio carbono: com $0,3 < (C) < 0,7\%$, são aços utilizados em engrenagens, bielas, cilindros, isto é, peças para motores. Esses aços são submetidos a processo de tratamento térmico, tornando-se aços temperados e atingindo maiores índices de tenacidade e resistência mecânica;
- Aços com alto teor de carbono: com $(C) > 0,7\%$ são aços de elevada dureza e resistência após o processo de tratamento térmico da tempera, e são comumente utilizados em molas, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, ferramentas, pinos, entre outros acessórios de máquinas (PANNONI, 2005).

Segundo Pfeil (2010), os principais tipos de aço-carbono usados em estruturas, segundo os padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), da American Society for Testing and Materials (ASTM) e das normas europeias EM, são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Propriedades mecânicas de aço-carbono

Especificação	Teor de carbono %	Limite de escoamento f_y (MPa)	Resistência à ruptura f_u (MPa)
ABNT MR250	baixo	250	400
ASTM A7		240	370-500
ASTM A36	0,25-0,29	250 (36 ksi)	400-500
ASTM A307 (parafuso)	baixo	—	415
ASTM A325 (parafuso)	médio	635 (min)	825 (min)
EN S235	baixo	235	360

Fonte: Pfeil (2010)

2.3.1.2 Aços de baixa liga

De acordo com Pfeil (2010), os aços de baixa liga são aços-carbono acrescidos de outros elementos químicos, sendo denominados de aços ligas. Dentre os principais elementos adicionados encontram-se: cromo, cobre, manganês, molibdênio, níquel, fosforo, vanádio, zircônio, manganês, tungstênio, níquel, nióbio, alumínio, cuja a função destes elementos é melhorar as propriedades mecânicas, a ductilidade, a dureza, a resistência à corrosão e a elevadas temperaturas, possibilitando a diversificação dos materiais metálicos nas diferentes áreas comerciais, seja na indústria automobilística, área industrial, construção civil, mineração, estruturas e maquinários pesados, aeronáutica, indústria naval e petrolífera.

Pfeil (2010) relata que alguns elementos de liga produzem aumento de resistência do aço através da modificação da microestrutura para grãos finos. Graças a esse fato, pode-se obter resistência elevada com teor de carbono de ordem de 0,20%, o que possibilita a soldagem de aços sem preocupações específicas.

Segundo Bellei e Bellei (2011), aços de baixa liga possuem limite de escoamento acima de 275 MPa e atingem a sua resistência durante o processo de laminação a quente, independentemente de tratamento térmico.

Na Tabela 2.2 é possível verificar alguns tipos de aços de baixa liga usados em estruturas.

Tabela 2.2 - Propriedades mecânicas de aços de baixa liga

Especificação	Principais elementos de liga	Limite de escoamento f_y (MPa)	Resistência à ruptura f_u (MPa)
ASTM 572 Gr. 50	C < 0,23% Mn < 1,35%	345	450
ASTM A588	C < 0,17% Mn < 1,2% Cu < 0,50%	345	485
ASTM A992	C < 0,23% Mn < 1,5%	345	450

Fonte: Pfeil (2010)

2.3.1.3 Aços resistentes à corrosão atmosférica

Bellei e Bellei (2011) afirmam que a adição de alguns elementos de liga, como o cobre, o níquel e o cromo, reduz o efeito da corrosão, quando os aços são expostos à atmosfera, formando uma camada de proteção do elemento metálico.

A película de óxido formada, denominada “pátina”, se desenvolve de forma aderente, protegendo o aço e reduzindo a velocidade de ataque dos agentes

corrosivos presentes no meio ambiente. O aço ASTM A588 é o principal desse grupo de aços, também conhecidos como “aços patináveis”. No Brasil são conhecidos como COR ou SAC (BELLEI; BELLEI, 2011, p. 45).

2.3.2 Propriedades do aço

Bellei (2003) explica que as propriedades do aço são de grande importância na construção civil, especialmente no que tange às estruturas metálicas, o que pode ser observado no Quadro 2.2. Segundo Teobaldo (2004), as propriedades mecânicas definem o comportamento do aço quando sujeito a esforços mecânicos e determinam a capacidade do material de resistir e transmitir esforços aplicados sem que haja deformação excessiva. No quadro abaixo tem-se a explicação das propriedades do aço.

Quadro 2.2 - Propriedades do aço

Propriedade	Descrição
Ductilidade	De acordo com Francisco et al., os aços, quando submetidos a elevadas tensões localizadas, apresentam deformações plásticas, o que lhes confere a capacidade de redistribuir essas tensões. A ductilidade do aço corresponde à aptidão do material para sofrer deformações plásticas sem ocorrer ruptura, sendo caracterizada pela extensão do patamar de escoamento. Em estruturas metálicas, essa propriedade é fundamental, pois possibilita a redistribuição de tensões concentradas, contribuindo para um comportamento estrutural mais seguro.
Fragilidade	Em contraste com a ductilidade, os aços apresentam comportamento frágil quando expostos a baixas temperaturas ambientes ou a efeitos térmicos, como aqueles provocados por processos de soldagem elétrica, conforme destacado por (Francisco et al.).
Elasticidade	Conforme Teobaldo (2004), a elasticidade do aço corresponde à capacidade do material de retornar à sua geometria inicial depois de sucessivos ciclos de carregamento e descarregamento. Durante esse processo, o aço sofre deformações em função das tensões de tração ou de compressão às quais é submetido.
Plasticidade	A plasticidade constitui o comportamento oposto à elasticidade, caracterizando-se pela incapacidade do material de recuperar sua forma original após a remoção da tensão externa, permanecendo com deformações residuais.

Fluência	A fluência corresponde à capacidade do aço de apresentar variações dimensionais e alterações em sua resistência mecânica ao longo do tempo, quando submetido à ação de uma carga constante aplicada por um período prolongado.
Fadiga	Segundo Francisco et al., trata-se da ruptura de um material decorrente da aplicação de esforços cíclicos, frequentes ou repetidos ao longo do tempo.
Dureza	De acordo com Pfeil (2010), a dureza corresponde à resistência do material ao risco ou à abrasão, sendo avaliada pela oposição que sua superfície apresenta à penetração de um corpo de maior dureza.

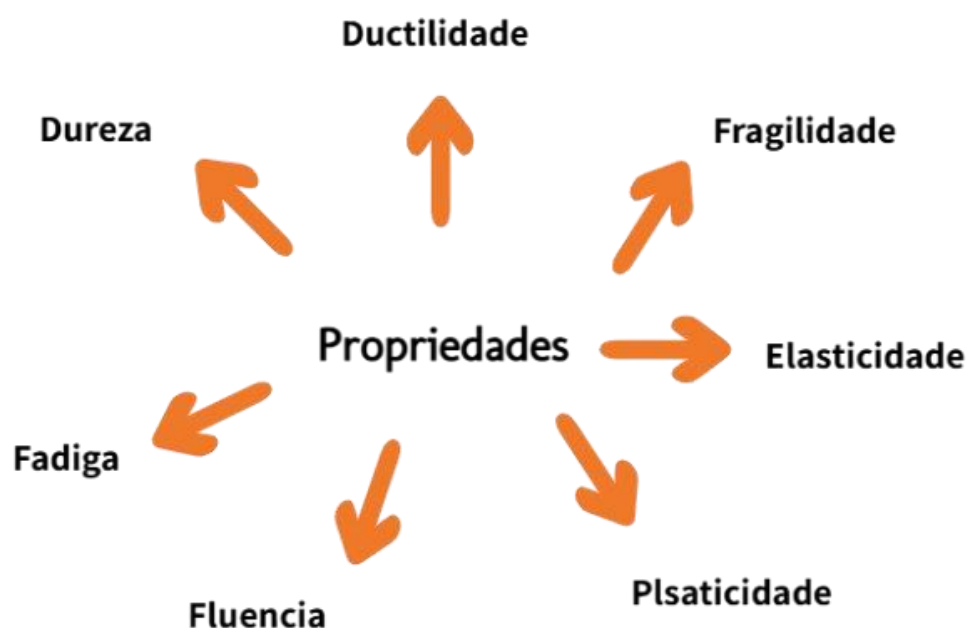
Fonte: Francisco et. Al.

As constantes físicas adotadas pela NBR 8800:2024, possuem os seguintes valores:

- Módulo de Elasticidade (E) = 200000 MPa;
- Coeficiente de Poisson (ν) = 0,3;
- Módulo de Elasticidade Transversal (G) = 77000 MPa;
- Coeficiente de Dilatação Térmica (α) = $1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- Massa Específica (ρ) = 7850 kg/m³.

A Figura 2.9 esquematiza de forma simplificada as propriedades do aço.

Figura 2.9 - Propriedades do aço



Fonte: O autor (2025)

2.4 Tipos de perfis metálicos

Os perfis metálicos empregados em estruturas de contenção apresentam geometrias e características mecânicas distintas, sendo selecionados de acordo com as condições geotécnicas, o método construtivo adotado e as solicitações estruturais atuantes. Dentre os principais tipos utilizados, destacam-se os perfis laminados dos tipos H e I, os perfis formados a frio dos tipos C e Z, bem como as estacas-prancha metálicas, cada qual com aplicações específicas em obras de contenção.

De acordo com Pfeil (2010), os perfis estruturais de aço podem ser obtidos por diferentes processos de fabricação, dentre os quais se destaca a produção a partir de chapas, barras, perfis laminados, perfis formados por dobra de chapas e perfis soldados, entre outros. No que diz respeito aos produtos laminados, estes podem ser categorizados em barras, chapas e perfis.

As barras são definidas como elementos laminados cujas dimensões da seção transversal são pequenas quando comparadas ao seu comprimento. Já as chapas distinguem-se por apresentar espessura muito inferior em relação à largura e ao comprimento.

De acordo com o autor citado, os perfis de aço estrutural podem ser organizados em quatro grupos principais: perfis laminados, perfis soldados, perfis compostos e perfis obtidos a partir de chapas dobradas. Essas tipologias são apresentadas a seguir, conforme a classificação proposta por Pfeil (2010).

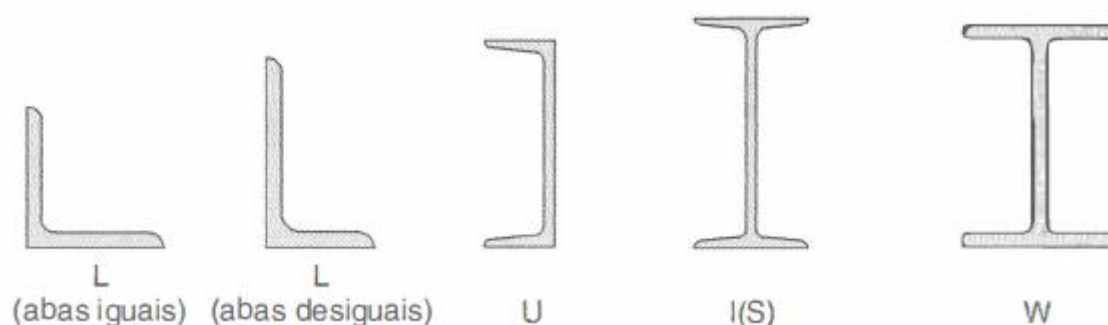
2.4.1 Perfis Laminados

Os perfis laminados são produzidos por meio do processo de laminação a quente, no qual o aço é conformado até alcançar as dimensões finais especificadas. Esses perfis apresentam elevada uniformidade estrutural e propriedades mecânicas favoráveis, o que justifica sua ampla aplicação em estruturas metálicas. Entre os principais exemplos destacam-se os perfis dos tipos H, I, C e L, além de barras e chapas laminadas.

Os perfis H, I e C são fabricados em séries, nas quais os elementos de cada grupo possuem altura h constante, enquanto a largura das abas b varia. Essa variação é obtida por meio do ajuste do espaçamento entre os rolos de laminação, resultando em alterações na espessura da alma em função da largura das abas. Os perfis do tipo C são comumente conhecidos como perfis U, enquanto os perfis L correspondem às

cantoneiras, também produzidas em diferentes espessuras para cada dimensão de aba (Figura 2.10).

Figura 2.10 - Perfis estruturais laminados



Fonte: Pfeil (2010)

Um perfil laminado pode ser designado pelas suas dimensões externas nominais (altura ou altura X largura) seguidas da massa do perfil em kg/m. Por exemplo, com dimensões em mm, tem-se W 360 X 32,9 (perfil W de altura igual a 349 mm, massa 32,9 kg/m) (PFEIL, 2010. P.21).

Esses perfis são amplamente empregados em contenções provisórias e permanentes, especialmente quando associados a sistemas de escoramento ou painéis de fechamento. Esses perfis apresentam elevada capacidade resistente à flexão e à compressão, além de comportamento estrutural previsível, sendo indicados para suportar os esforços provenientes do empuxo do solo. A Figura 2.11 ilustra exemplos de perfis laminados utilizados nesse tipo de aplicação.

Figura 2.11 - Cortina de contenção com perfil laminado

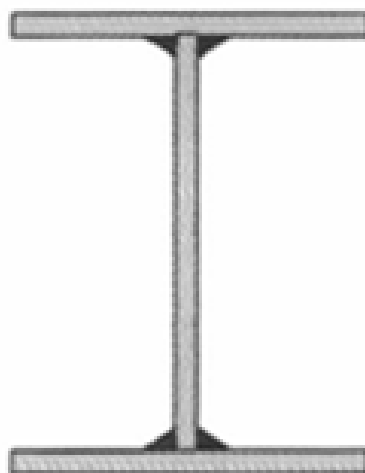


Fonte: PP Painéis³

2.4.2 Perfis Soldados

Para Pfeil (2010), os perfis soldados são formados a partir da união de chapas por processos de soldagem, que permitem a obtenção de seções com geometrias específicas e maior flexibilidade dimensional. Na Figura 2.12, pode-se observar um perfil I formado pela união de três chapas.

Figura 2.12 - Perfis soldado de chapas



Fonte: Pfeil (2010)

³ <https://www.lajes.com.br/cortinas/>

Esse tipo de perfil possibilita maior flexibilidade dimensional quando comparado aos perfis laminados, sendo indicado para situações em que se exige elevada capacidade resistente ou seções geométricas particulares, como escavações profundas ou obras de grande porte, nas quais os esforços atuantes são elevados.

A norma brasileira NBR 5884:2013 estabelece a padronização de três séries de perfis soldados: os perfis CS (colunas soldadas), os perfis VS (vigas soldadas) e os perfis CVS (colunas e vigas soldadas). Na imagem abaixo, Figura 2.13, temos o exemplo de uma coluna soldada.

Figura 2.13 - Perfil Soldado - Coluna e vigas soldadas (CVS)

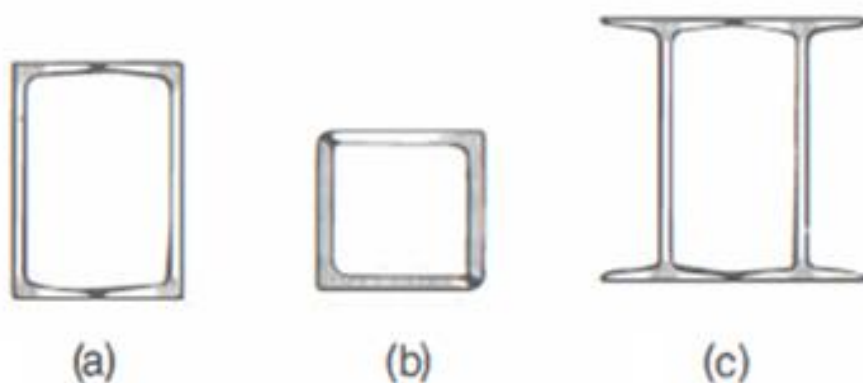


Fonte: Elaboração própria com auxílio de inteligência artificial (OpenAI, 2025).

2.4.3 Perfis Compostos

Os perfis compostos resultam da associação de dois ou mais perfis ou chapas, unidos por soldagem ou parafusados, formando uma seção estrutural mais robusta. Conforme Pfeil (2010), essa solução possibilita o aumento da rigidez e da resistência do elemento estrutural, sendo utilizada quando se deseja otimizar o desempenho estrutural por meio da combinação de diferentes componentes.

Na Figura 2.14a, b e c vemos perfis compostos formados pela associação de perfis laminados simples.

Figura 2.14 - Perfis compostos de chapas

Fonte: Pfeil (2010)

Em aplicações de contenção, os perfis compostos são utilizados quando há necessidade de atender a elevadas solicitações estruturais ou restrições geométricas específicas.

2.4.4 Perfis de Chapa Dobrada

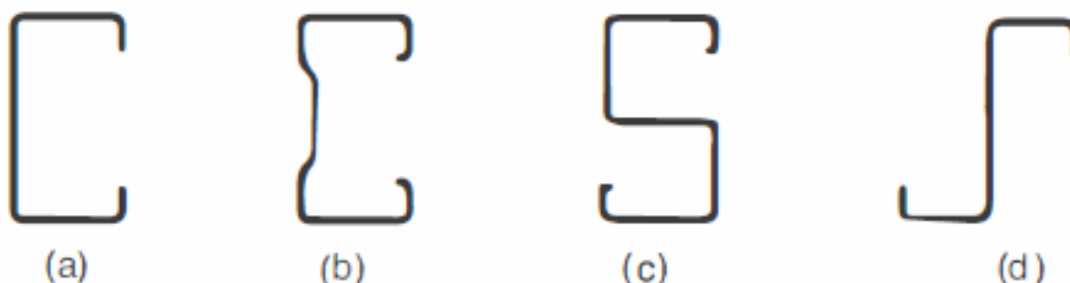
Os perfis de chapa dobrada, também conhecidos como perfis formados a frio, como os perfis dos tipos C e Z, apresentam menor peso próprio e facilidade de fabricação. De acordo com Pfeil (2010), chapas metálicas constituídas de aços com comportamento dúctil podem ser submetidas à conformação a frio, originando os denominados perfis de chapas dobradas. Esse processo é realizado em prensas específicas, equipadas com gabaritos que controlam os raios internos de curvatura, os quais devem respeitar valores mínimos previamente estabelecidos, a fim de evitar a ocorrência de fissuração do material na região da dobra.

No contexto normativo brasileiro, o dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio é regulamentado pela ABNT NBR 14762:2010, que estabelece critérios de cálculo, verificação da estabilidade e segurança estrutural desses elementos.

A utilização de chapas de pequena espessura geralmente inferiores a 3 mm na fabricação desses perfis pode resultar em fenômenos de instabilidade estrutural que não se manifestam de forma significativa em perfis laminados a quente. Em função disso, a análise desses elementos exige cuidados adicionais no projeto. Destaca-se ainda a ampla diversidade geométrica dos perfis formados a frio, os quais podem apresentar um único eixo de simetria ou até mesmo ausência de simetria, variando

desde seções simples até configurações mais complexas, como aquelas exemplificadas na Figura 2.15 (Pfeil, 2010, p. 22).

Figura 2.15 - Perfis de chapa dobrada: (a) perfil U; (b) perfil complexo; (c) perfil S; (d) perfil Z



Fonte: Pfeil (2010)

Em sistemas de contenção, sua aplicação ocorre, predominantemente, como elementos auxiliares ou secundários, especialmente em obras de menor complexidade estrutural ou em componentes que não estejam diretamente submetidos aos maiores esforços de empuxo do solo.

2.5 Investigação do subsolo para desenvolvimento do projeto

Conforme citado na NBR 6122:2022, para qualquer edificação, deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída, no mínimo, por sondagens à percussão (com SPT), visando à determinação da estratigrafia e classificação dos solos, à posição do nível d'água e à medida do índice de resistência à penetração N_{spt} , de acordo com a ABNT NBR 6484.

Para Carlos (2024), os perfis metálicos podem ser utilizados em diferentes tipos de solo, desde solos arenosos até solos argilosos e até mesmo em solos com presença de água (Figura 2.16). Carlos (2024) afirma que para cravação dos perfis metálicos o primeiro passo é realizar um estudo geotécnico do solo, a fim de avaliar suas características e determinar a melhor estratégia para sua cravação.

Esse estudo inclui a análise do tipo de solo, umidade, presença de rochas, entre outros fatores que possam influenciar a instalação e o desempenho deles.

Figura 2.16 - Estacas-prancha aplicadas em meio aquoso



Fonte: HAMMERTEC⁴

2.6 Estruturas de Contenção

Estruturas de contenção são construções civis projetadas para evitar o colapso de maciços de terra ou rocha. Segundo Barros (2013), essas estruturas fornecem suporte a tais maciços, prevenindo deslizamentos provocados pelo próprio peso do solo ou por cargas externas.

O principal objetivo das estruturas de contenção de taludes é resistir ao empuxo de terra. De acordo com Pereira (2021), o empuxo de terra corresponde às forças que o solo exerce sobre a estrutura, podendo ser classificado em ativo ou passivo. O empuxo passivo ocorre quando a pressão da estrutura se opõe ao solo, enquanto o empuxo ativo é gerado pelas pressões que o solo exerce contra a estrutura.

Os valores desses empuxos podem ser calculados por diferentes métodos, com destaque para as teorias de Rankine e de Coulomb. Com a evolução desses modelos, diversos sistemas de contenção foram desenvolvidos, alguns dos quais são apresentados a seguir. Budhu (2013) classifica os muros de contenção em duas categorias principais: estruturas rígidas e estruturas flexíveis.

⁴ <https://www.hammertecbrasil.com.br/execucao-estaca-prancha-metalica>

As estruturas rígidas são formadas por muros de gravidade ou de peso, geralmente moldados in loco, enquanto as estruturas flexíveis são constituídas por elementos longos e esbeltos, que podem ser de madeira, aço, concreto ou combinações desses materiais. Esses sistemas podem utilizar a resistência passiva do solo e, em algumas situações, recorrer à ancoragem para garantir sua estabilidade (Budhu, 2013).

De acordo com Barros (2013), a análise de uma estrutura de contenção envolve o estudo do equilíbrio do conjunto composto pelo maciço de solo e pela própria estrutura. Esse equilíbrio depende das propriedades de resistência, deformabilidade, permeabilidade e do peso próprio de ambos os elementos, bem como das condições de interação entre eles. Barros (2013) ressalta que, devido à complexidade dessas condições, é necessário recorrer a modelos teóricos simplificados que possibilitem a análise da estrutura. Esses modelos devem considerar as características dos materiais que influenciam o comportamento global, além da geometria e das condições específicas do local.

Para avaliar a estabilidade de um muro de contenção, diversos aspectos precisam ser considerados, incluindo resistência à translação, à rotação, capacidade de carga, ruptura profunda e percolação de água. No Brasil, a ABNT NBR 11682:2009 estabelece as diretrizes para a verificação da estabilidade de encostas.

2.6.1 Problemas recorrentes pela falta de contenção

Na ausência de obras de contenção e com taludes na iminência de perder as características que os tornam seguros no ponto de vista geotécnico, qualquer ação proveniente de meios naturais e antrópicos, tende a provocar falhas (ARAUJO, 2017). Assim ocorrem problemas de estabilidade que podem ser escorregamentos localizados ou com grande impacto, que é o movimento de volumes de solo e rocha, provocando danos pessoais e materiais, além de levar à paralisação de atividades operacionais. A Figura 2.17 expõe o que está descrito.

Figura 2.17 - Deslizamento de um talude sem contenção



Fonte: (ARAUJO,2017)

Araujo (2017) afirma que, em taludes que têm a geometria modificada por escavações parciais, é necessário o uso de contenções, uma vez que ao alterar o meio (solo), os problemas de estabilidade ocorrem com uma frequência maior do que quando não se faz uso de algum tipo de contenção ou quando o dimensionamento foi omissivo, ocasionando perdas materiais e, até mesmo, de vidas humanas, como mostra a Figura 2.18.

Figura 2.18 - Acidente em obra. Rompimento do talude por ausência ou mal dimensionamento

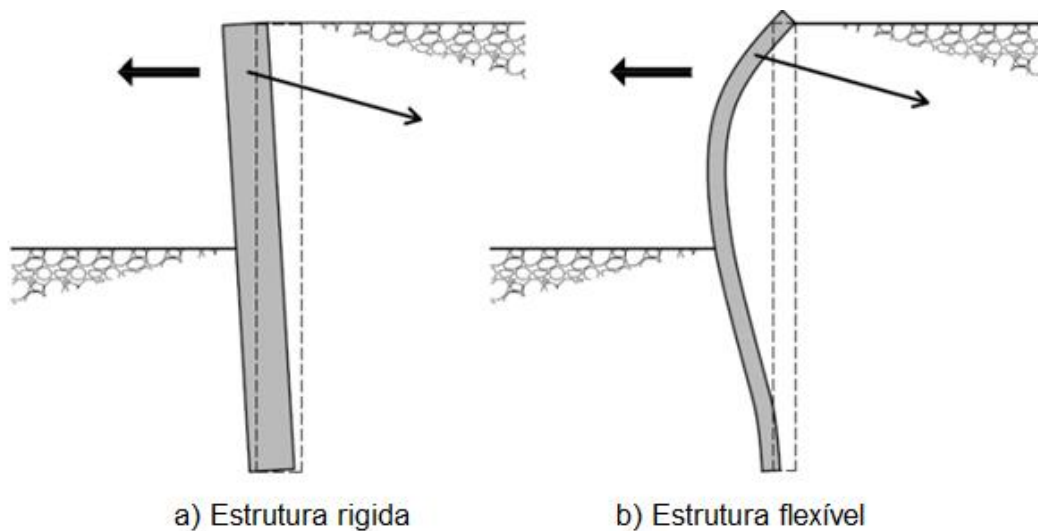


Fonte: (ARAUJO,2017)

2.6.2 Tipos de estrutura de contenção

De modo geral, o comportamento das estruturas de contenção ancoradas é influenciado por diversos fatores. Devido à complexidade envolvida no tema, a compreensão do seu funcionamento pode ser facilitada por meio da classificação dessas estruturas em rígidas e flexíveis (Figura 2.19).

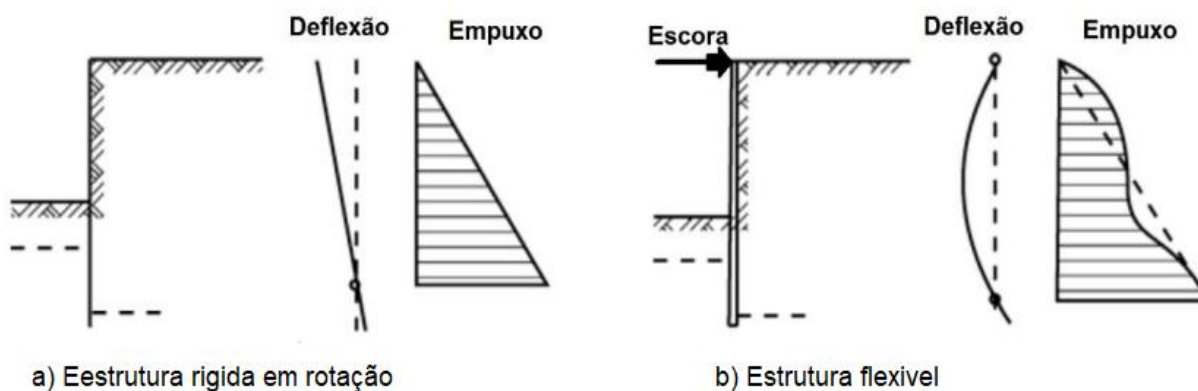
Figura 2.19 - Tipos de estrutura de contenção



Fonte: (MAGALHÃES,2016)

Essa distinção é de grande relevância, uma vez que as deformações das estruturas influenciam diretamente a forma como as tensões laterais são distribuídas ao longo da estrutura de contenção (Figura 2.20).

Figura 2.20 - Distribuição das tensões laterais

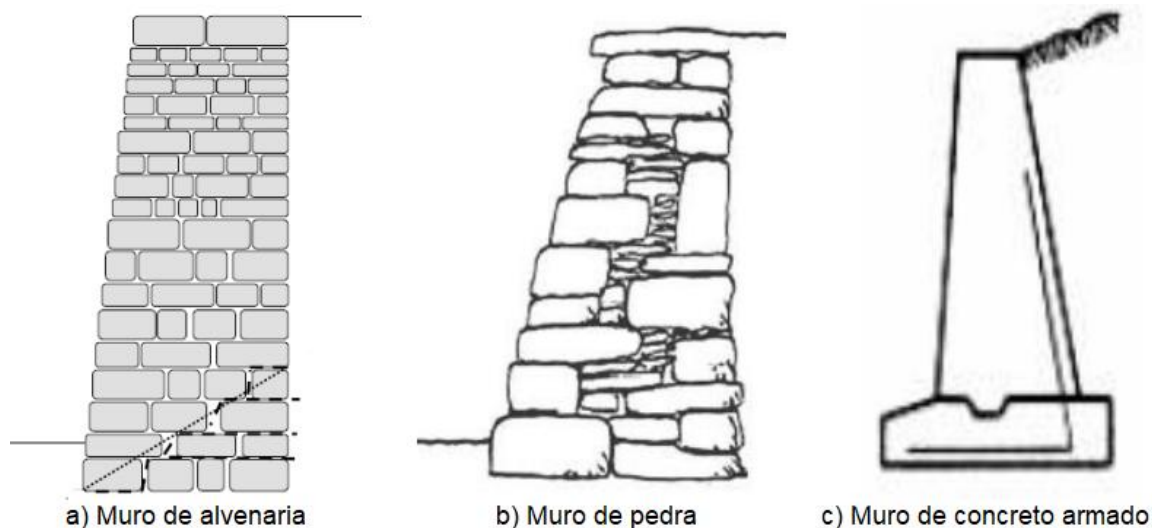


Fonte: (MAGALHÃES,2016)

2.6.2.1 Estrutura de contenção rígida

Para Barros (2013), estruturas rígidas são aquelas construídas com materiais que não aceitam qualquer tipo de deformação: tijolos, pedras, concreto etc. (Figura 2.21).

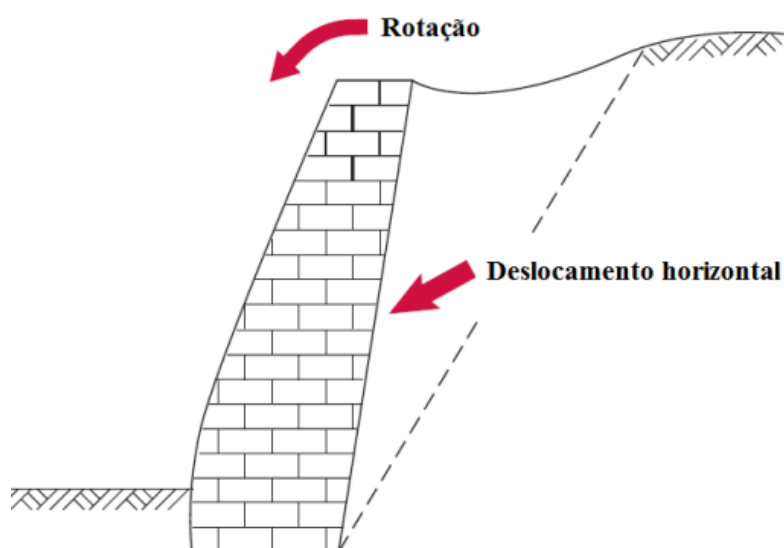
Figura 2.21 - Tipos de estruturas



Fonte: (MAGALHÃES,2016)

Nesse tipo de estrutura de contenção, a estabilidade é fortemente influenciada pelo peso próprio do muro, estando a estrutura sujeita apenas a deslocamentos por translação e rotação, sem a ocorrência de deformações por flexão, como observado nos muros de gravidade, conforme apresentado na Figura 2.22.

Figura 2.22 - Deslocamentos em um muro gravidade



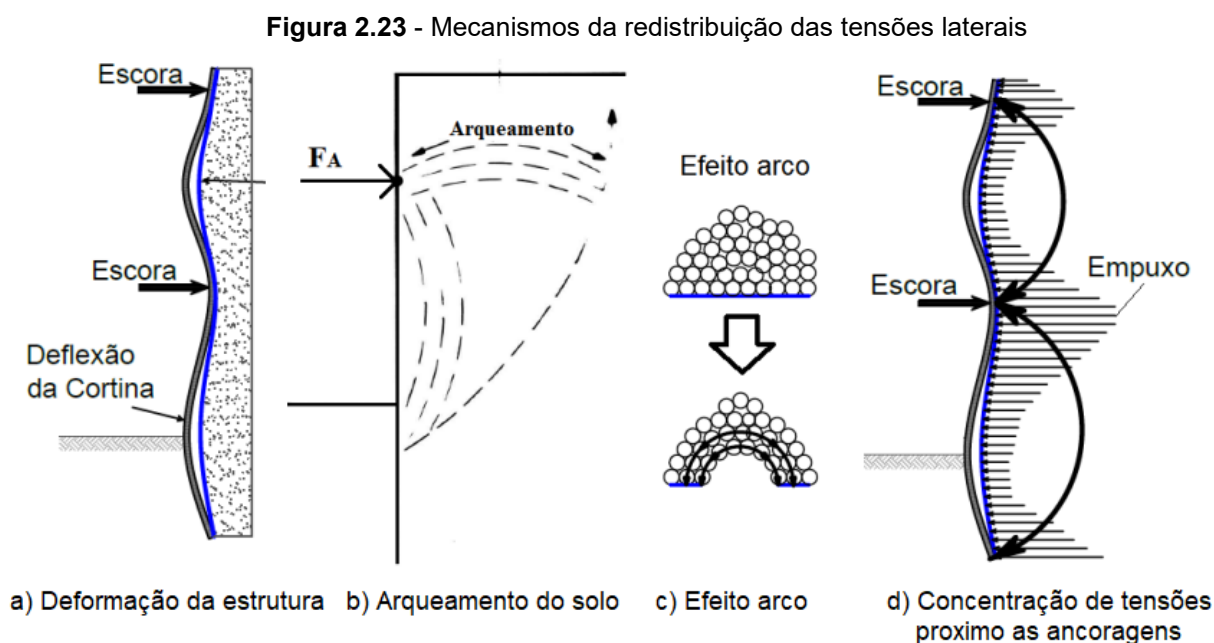
Fonte: (MAGALHÃES,2016)

2.6.2.2 Estrutura de contenção flexível

Segundo Barros (2013), são consideradas estruturas flexíveis aquelas constituídas por materiais deformáveis, capazes de se adaptar a acomodamentos e movimentos do terreno dentro de limites aceitáveis, sem comprometer sua estabilidade e eficiência.

Estruturas desse tipo apresentam paredes relativamente delgadas, com elevada resistência à flexão, de modo que o peso próprio da parede contribui de forma pouco significativa para a estabilidade da estrutura formada por perfis metálicos (MAGALHÃES, 2016).

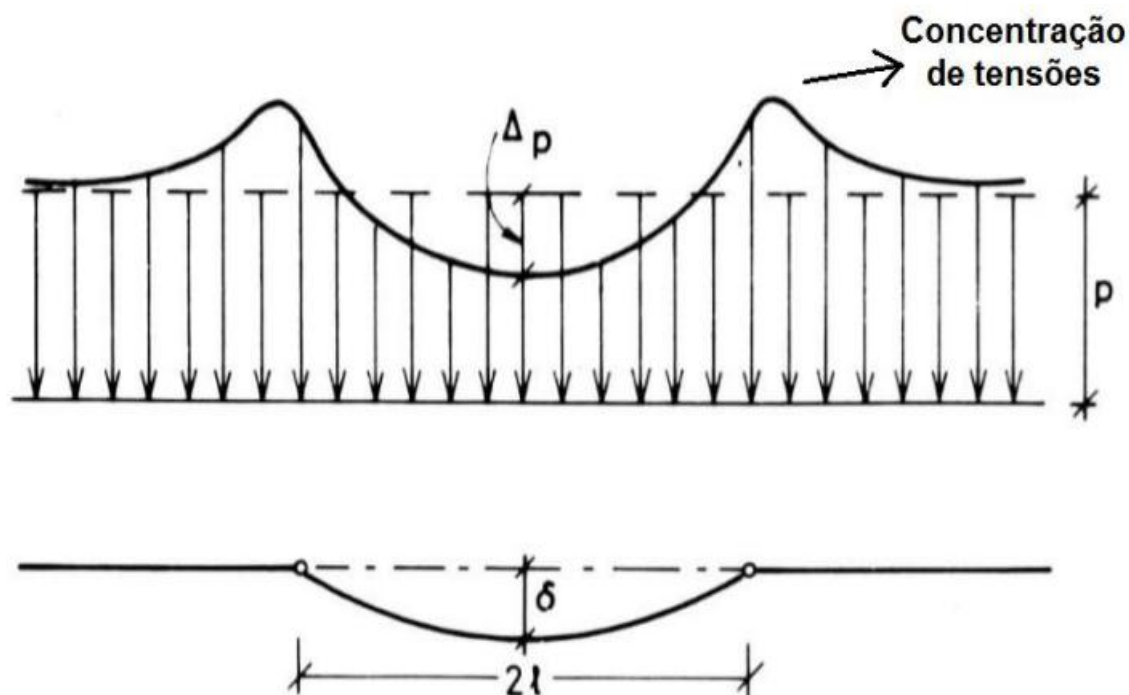
A redistribuição das tensões laterais ocorre em função das deformações por flexão sofridas pela cortina, que, conforme ilustrado na Figura 2.23, geram deslocamentos maiores em determinados pontos em comparação a outros (MAGALHÃES, 2016).



Fonte: (MAGALHÃES, 2016)

De acordo com Magalhães (2016), as variações de deslocamento ao longo da altura da parede provocam o surgimento do mecanismo de arqueamento do solo (Figura 2.24). Esse mecanismo eleva as pressões de terra nas regiões onde os deslocamentos são menores e diminui as pressões nas áreas com deslocamentos maiores.

Figura 2.24 - Efeito arco



Fonte: (MAGALHÃES, 2016)

Os efeitos desses fenômenos nas estruturas de contenção resultam no aumento das cargas transmitidas aos apoios, como tirantes ou escoras, e na redução do momento fletor atuante na cortina. Apesar de esse comportamento ser mais pronunciado nas fases iniciais de funcionamento da cortina, observa-se, ao longo do tempo, a tendência de retorno das tensões laterais ao estado natural do terreno, no qual sua distribuição varia de forma linear com a profundidade (MAGALHÃES, 2016).

2.6.3 Contenção com perfis metálicos

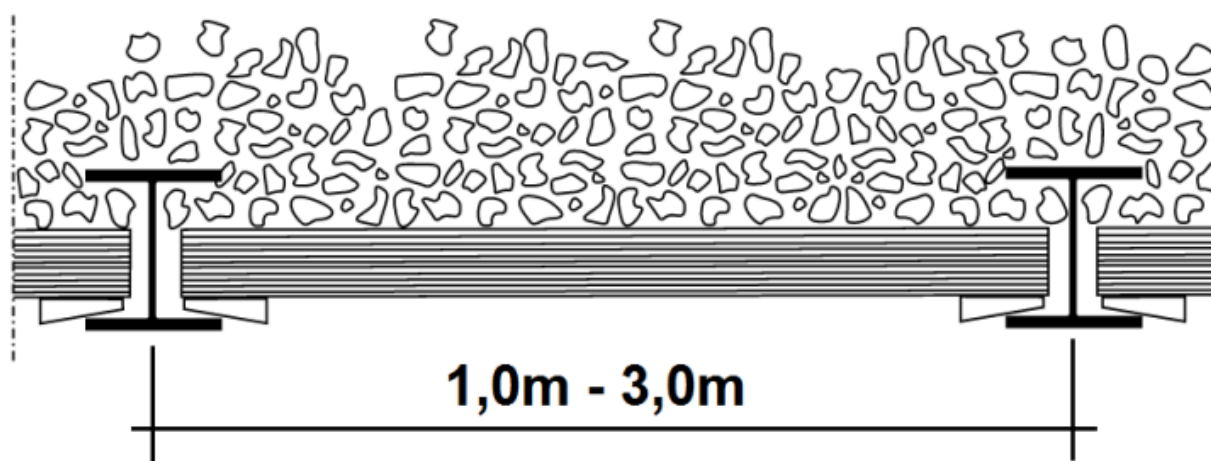
As estruturas de contenção com perfis metálicos são amplamente utilizadas em obras de escavação e estabilização do solo. Sua aplicação destaca-se pela rapidez na execução e pela versatilidade em diferentes condições de solo. Entre as principais técnicas estão as cortinas com perfil pranchado e as estacas-prancha.

2.6.3.1 Cortina do tipo perfil pranchado

Esse método tradicional consiste na cravação de perfis estruturais de aço ao longo das divisas do terreno, sendo aplicado tanto em obras de edificações quanto em empreendimentos de infraestrutura. Sua principal vantagem está na otimização e racionalização do uso de recursos.

As estruturas de contenção compostas por perfis metálicos com pranchas pré-moldadas são formadas por perfis metálicos dispostos com espaçamentos, em geral, variando entre 1,0 e 3,0 metros, sendo os vãos intermediários preenchidos por pranchas de madeira ou por elementos de concreto pré-fabricado ilustrado na Figura 2.25.

Figura 2.25 - Seção transversal de uma cortina constituída por perfis pranchados



Fonte: (MAGALHÃES,2016)

De acordo com Magalhães (2016), a estrutura é formada por perfis metálicos verticais que servem de suporte para pranchas de concreto pré-moldado ou de madeira. Os perfis, geralmente do tipo H ou I, são cravados no solo com suas abas paralelas à face da escavação, mantendo um espaçamento entre 1,0 m e 3,0 m, conforme ilustrado na Figura 2.25.

Entre esses perfis, na posição horizontal, são dispostas pranchas de madeira ou concreto, cuja função é reter o solo escavado e transferir as pressões do solo para os perfis metálicos (MAGALHÃES, 2016).

Na Figura 2.26, observa-se uma cortina do tipo perfil pranchado em fase de construção, enquanto a Figura 2.27 apresenta uma cortina semelhante, porém com apoio adicional de tirantes.

Figura 2.26 - Cortina tipo perfil pranchado em construção



Fonte: Solodactha⁵

Figura 2.27 - Cortina tipo perfil pranchado multiapoiada por tirantes



Fonte: Solodactha⁶

⁵ <https://www.solodactha.com.br/obrasem.htm>

⁶ <https://www.solodactha.com.br/obrasem.htm>

As principais vantagens da cortina do tipo perfil pranchado incluem:

- Uma solução de custo relativamente reduzido, em razão da simplicidade construtiva, da elevada produtividade diária por área de parede executada e do fato de não demandar grandes áreas para instalação, nem mão de obra ou tecnologia altamente especializadas;
- A possibilidade de execução simultânea da estrutura de contenção e das etapas de escavação (Figura 2.26);

Como desvantagens associadas à sua aplicação, destacam-se os seguintes aspectos:

- Apresenta desempenho insatisfatório em situações com nível freático elevado, em função do arraste de partículas finas por percolação e da ocorrência de erosão interna do solo, uma vez que a água escoar livremente entre as pranchas;
- Apresentam limitações quanto à profundidade de aplicação;
- A cravação dos perfis metálicos pode gerar vibrações indesejadas;
- Requerem solos com predominância de comportamento coesivo, de modo a garantir a autossustentação do terreno durante as etapas de escavação e a instalação das pranchas de madeira (Figura 2.26);
- Estão sujeitas a eventuais desvios de prumo durante o processo de cravação dos perfis metálicos.

2.6.3.2 Estacas-prancha

Esse tipo de estaca, que tem amplo uso nos mais variados tipos de obras (Figura 2.28), tem emprego em obras portuárias, de saneamento e contenções de escavações para subsolos de edifícios. Quanto ao material, seus perfis podem ser de madeira, concreto armado ou metálicos. (ARAUJO, 2017)

Figura 2.28 - Contenção de rejeitos em Brumadinho, MG por estacas-prancha



Fonte: Arcelormittal

O uso de estacas prancha é vantajoso em comparação com os demais tipos de obras, ARAÚJO (2017), expõem as vantagens de dar prioridade a esse tipo de contenção, dentre as vantagens estão:

- Podem ser empregadas várias vezes;
- O comprimento da estaca pode ser aumentado quer por meio de solda quer por meio do uso de parafusos.
- As juntas não se deformam durante a introdução, logo, podem ser usadas nas paredes.
- Eles podem ser usados abaixo do nível do lençol freático.

ARAUJO (2017) afirma que a estanqueidade obtida por meio do uso dos perfis é ideal para empregar esse tipo de obra de contenção em ambientes em que o nível do lençol freático está aflorando na superfície ou muito elevado, portanto, em obras que estão na zona costeira ou próximas de corpos fluviais é de interesse que faça aproveitamento das estacas de pranchas metálicas (Figura 2.29).

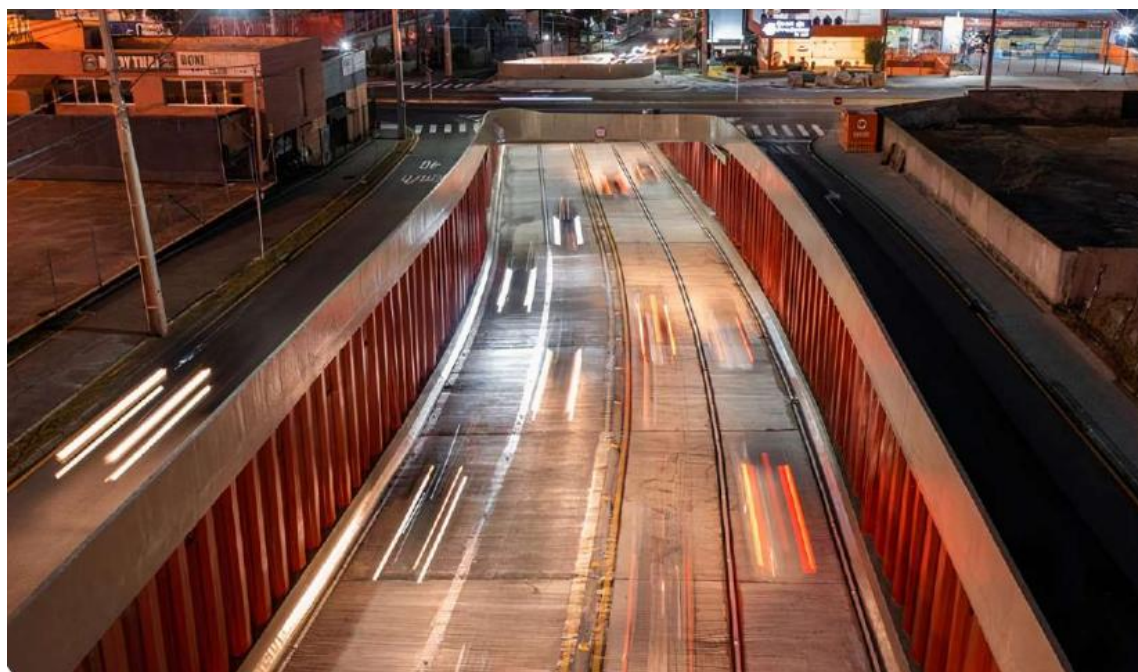
Figura 2.29 - Uso de estaca prancha em subsolo no Rio de Janeiro



Fonte: Arcelormittal

Diante do exposto, a aplicação de estacas pranchas metálicas é variada, mas o campo de aplicação em que elas se sobressaem é o uso de cais de porto. No entanto, o uso de estacas pranchas metálicas em obras de subsolos de edifícios estão crescendo. A seguir na Figura 2.30 expõem-se casos em que a solução em estacas-pranchas metálicas foi a mais preeminente.

Figura 2.30 - Uso de estaca prancha na Trincheira Mário Tourinho, Curitiba, PR



Fonte: Arcelormittal

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste Trabalho de Conclusão de Curso foi estruturada em duas etapas principais: a revisão bibliográfica, já apresentada, e o estudo de caso. Essa abordagem permitiu, inicialmente, o embasamento teórico necessário sobre o uso de perfis metálicos em estruturas de contenção e, posteriormente, a análise prática de sua aplicação em uma obra real.

3.1 Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica constituiu a primeira etapa da metodologia deste trabalho e foi apresentada no Capítulo 2, onde foram abordados os principais conceitos relacionados às estruturas de contenção, ao uso de perfis metálicos e aos aspectos geotécnicos associados.

Essa etapa teve como finalidade fornecer o embasamento teórico necessário para a compreensão e análise do estudo de caso desenvolvido na etapa subsequente.

3.2 Estudo de caso

A segunda etapa da metodologia consistiu na realização de um estudo de caso, desenvolvido a partir do acompanhamento técnico de uma obra de contenção executada com perfis metálicos. O estudo de caso possibilitou a observação direta das condições reais de campo, permitindo a análise da compatibilidade entre o projeto executivo e a execução da estrutura de contenção.

A coleta de dados foi realizada por meio de visitas técnicas à obra, análise do projeto executivo, observação das condições geotécnicas locais e registros fotográficos das etapas executivas.

3.2.1 Caracterização da obra

O estudo de caso foi desenvolvido a partir do acompanhamento técnico de uma obra de contenção executada com perfis metálicos, localizada na Avenida das Nações setor Pontal Sul município de Aparecida de Goiânia – GO. A obra está inserida em área urbana e envolve a execução de uma trincheira, cuja implantação demandou a adoção de uma estrutura de contenção para garantir a estabilidade do maciço de solo durante as etapas de escavação. A trincheira integra as obras de infraestrutura para a implantação de um viaduto, o que exige maior rigor técnico quanto à estabilidade das

escavações e à segurança da estrutura de contenção adotada. A Figura 3.1 ilustra a localização da obra, imagem obtida pelo Google Earth (maps).

Figura 3.1 - Localização da obra



Fonte: Google Earth (2026)

A primeira visita técnica à obra foi realizada em 05 de junho de 2025, sendo acompanhada pelo professor e orientador Giovane Batalione e pelo engenheiro responsável pela obra, Cairo. Nessa ocasião, foi possível observar as condições gerais do empreendimento, o sistema de contenção previsto em projeto e o estágio de execução da trincheira. A área em estudo, apresenta um comprimento total de aproximadamente 350 metros, ao longo do qual foi projetada e implantada a estrutura de contenção com perfis metálicos.

No momento da visita técnica, parte da área destinada à trincheira já se encontrava parcialmente escavada, Figura 3.2, com perfis metálicos previamente cravados nessa região, conforme previsto em projeto executivo. Essa condição possibilitou a observação do posicionamento dos perfis e do comportamento do solo exposto após a escavação. Nas áreas onde a escavação ainda não havia sido realizada, foi possível acompanhar a implantação dos perfis metálicos, etapa que será detalhada no item referente à execução da estrutura de contenção.

Figura 3.2 - Escavação parcial da trincheira



Fonte: Autora (2025)

A execução da estrutura de contenção ficou sob responsabilidade da empresa Sete Engenharia, conforme informações obtidas em campo e nos documentos técnicos disponibilizados.

A estrutura de contenção teve como objetivo principal assegurar a estabilidade das paredes da escavação, reduzindo riscos de movimentação do solo, colapsos localizados e interferências em áreas adjacentes, além de garantir condições adequadas de segurança para a execução dos serviços.

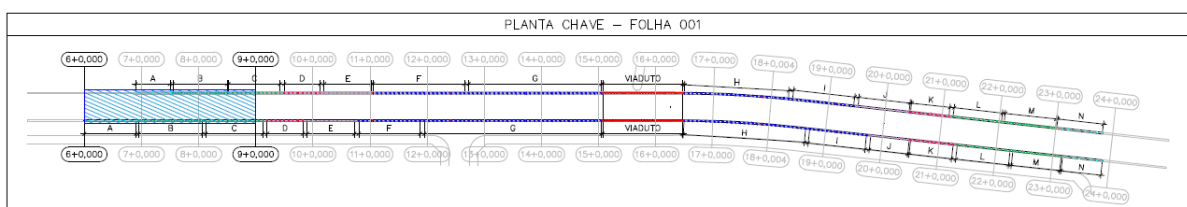
3.2.2 Projeto executivo da estrutura de contenção

O desenvolvimento do estudo de caso baseou-se na análise do projeto executivo da estrutura de contenção, nas observações realizadas durante a visita técnica à obra, nos registros fotográficos obtidos em campo e nas informações fornecidas pela equipe técnica responsável pela execução. Neste item, apresenta-se

a descrição dos principais elementos e diretrizes definidos em projeto, os quais serviram como referência técnica para a compreensão do sistema e para a organização das etapas construtivas discutidas nos itens subsequentes. O projeto executivo encontra-se apresentado integralmente no Anexo A.

O projeto estabelece a configuração geométrica da trincheira e sua divisão em trechos setorizados ao longo da extensão da obra, identificados de A a N, solução adotada em função das variações geométricas, geotécnicas e estruturais ao longo do traçado. A Figura 3.3 apresenta a planta geral da trincheira com a respectiva setorização, permitindo a visualização da organização espacial do sistema de contenção e da distribuição dos diferentes trechos ao longo da obra.

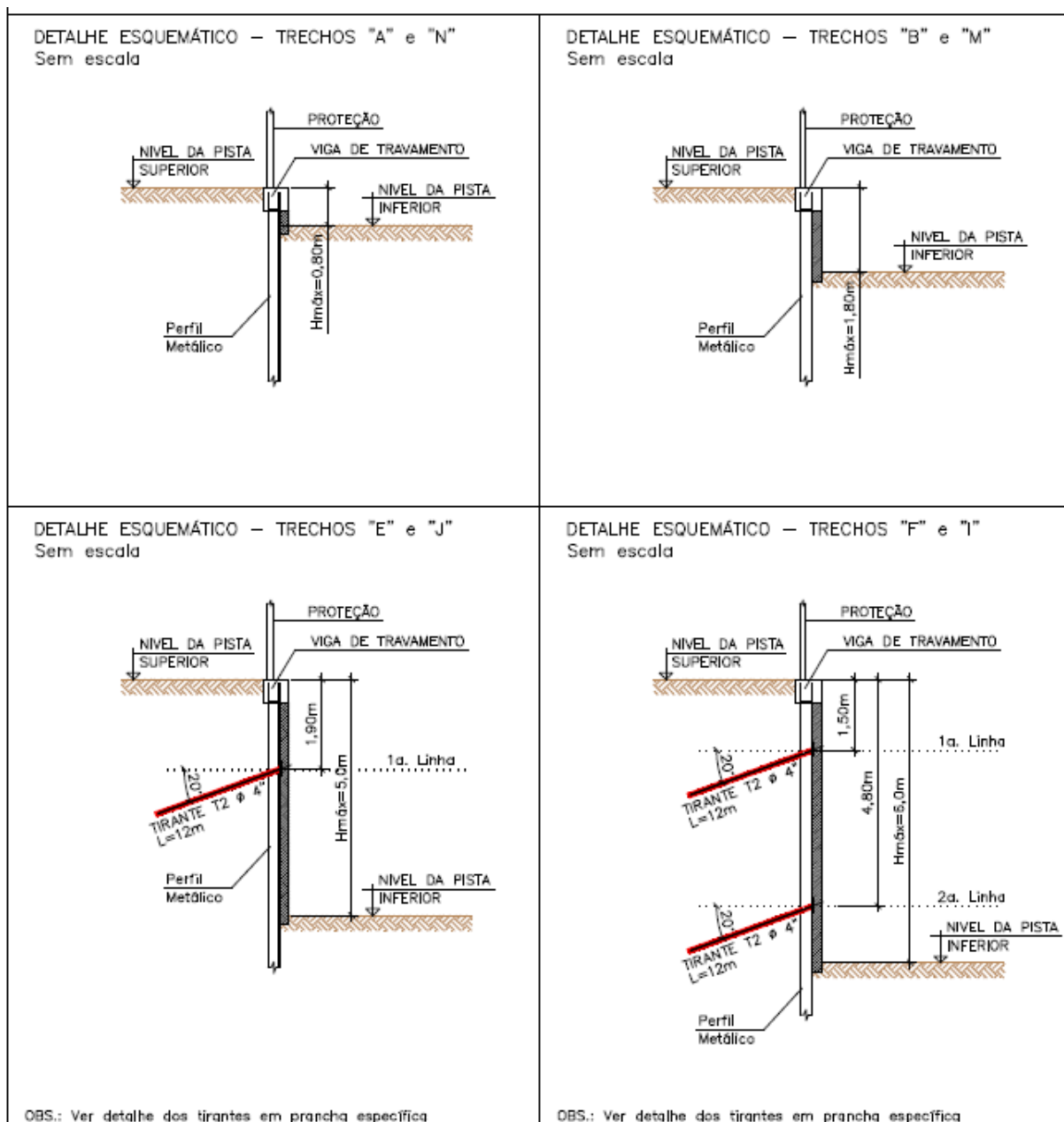
Figura 3.3 - Planta com setorização da trincheira

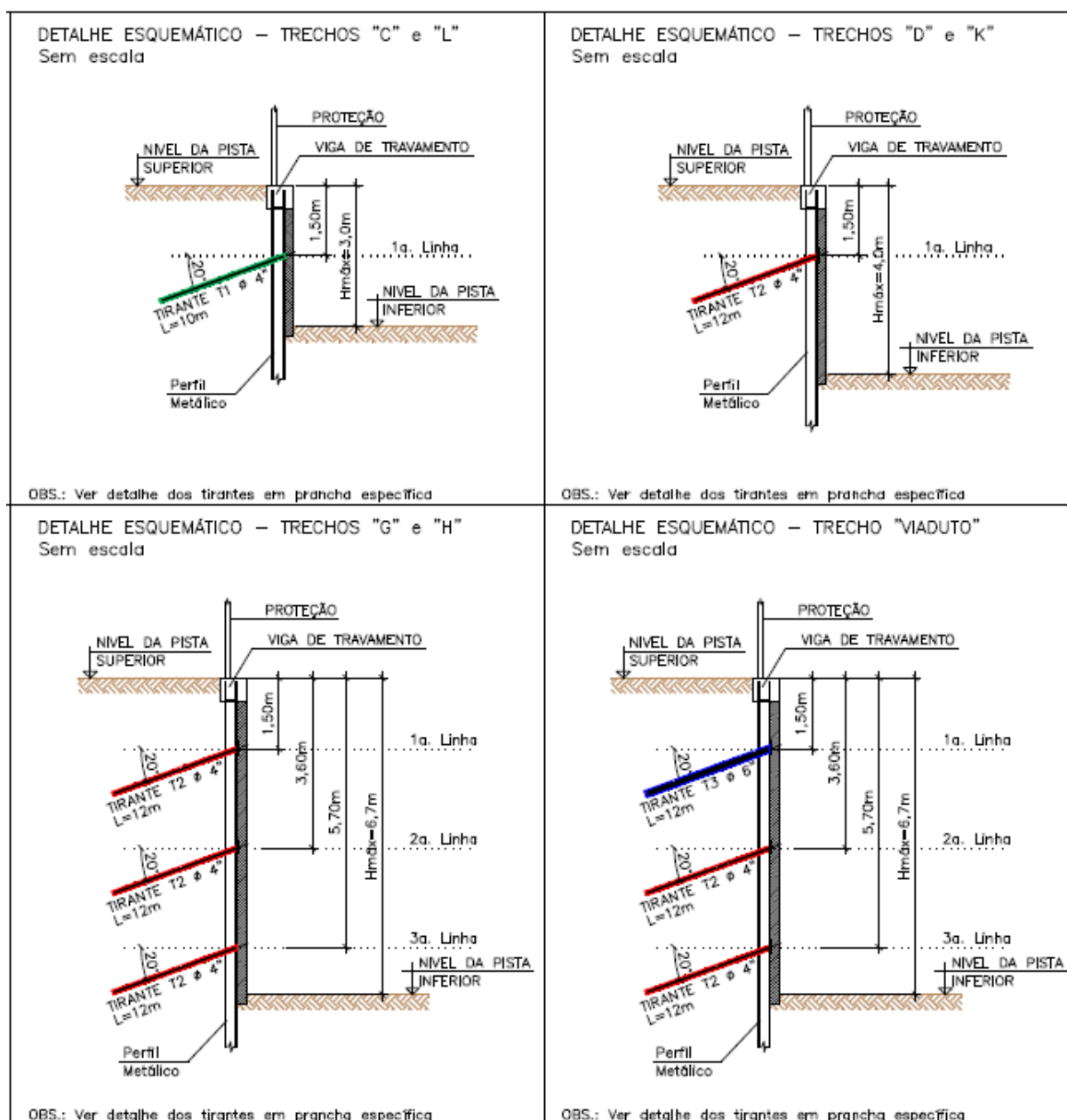


Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

Quanto ao sistema estrutural, o projeto executivo estabelece o emprego de perfis metálicos cravados no solo, associados à viga de coroamento (viga de topo) e ao fechamento do paramento por meio de cortina armada em concreto, sendo previstos tirantes em parte dos trechos (conforme indicado na documentação técnica do projeto). A Figura 3.4 reúne os detalhes esquemáticos dos cortes típicos por trechos, evidenciando variações de profundidade e de configuração do sistema ao longo da trincheira, além de indicar, quando aplicável, a presença de tirantes e sua disposição em níveis.

Figura 3.4 - Detalhes esquemáticos dos cortes por trechos (A a N)

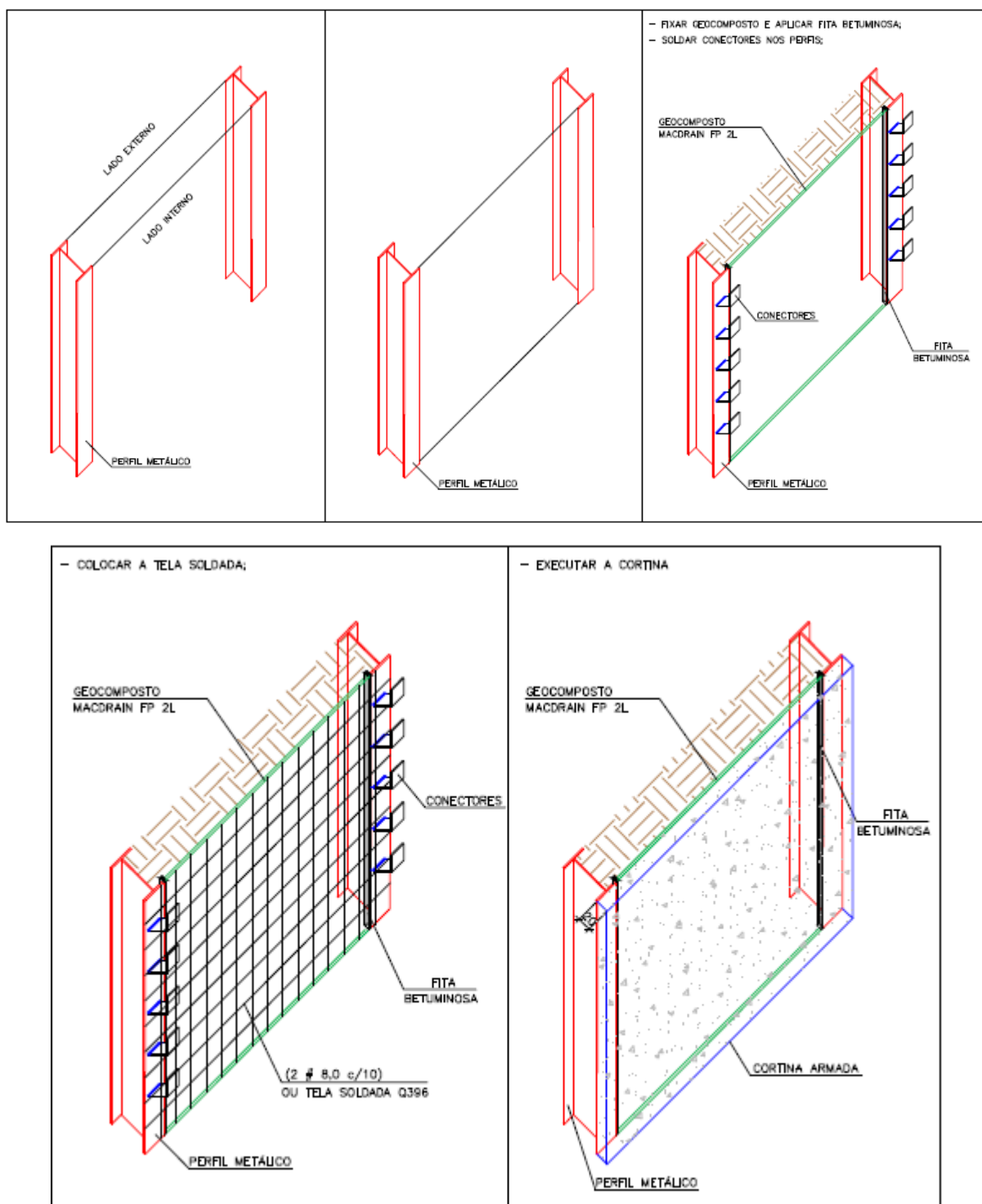




Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

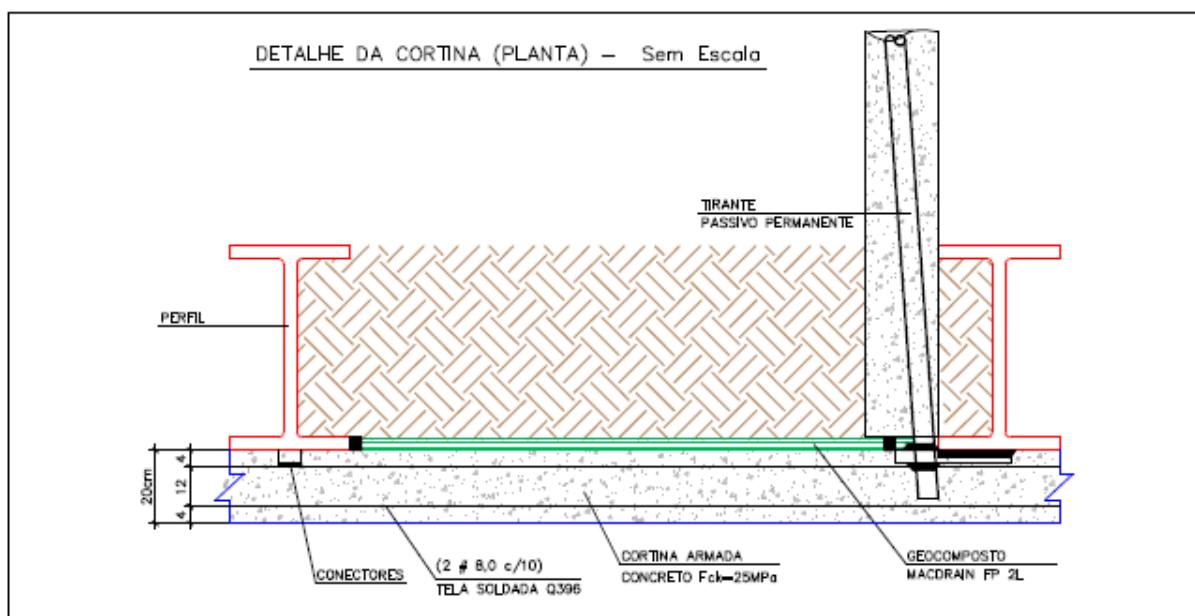
No que se refere ao método construtivo previsto, o projeto apresenta de forma esquemática a lógica de execução da cortina armada, indicando a sequência de montagem e os elementos que compõem o fechamento entre perfis metálicos. A Figura 3.5 ilustra essa sequência executiva, evidenciando etapas como a instalação de conectores, aplicação do geocomposto, posicionamento das armaduras e execução da concretagem.

Figura 3.5 - Sequência executiva da cortina armada



Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

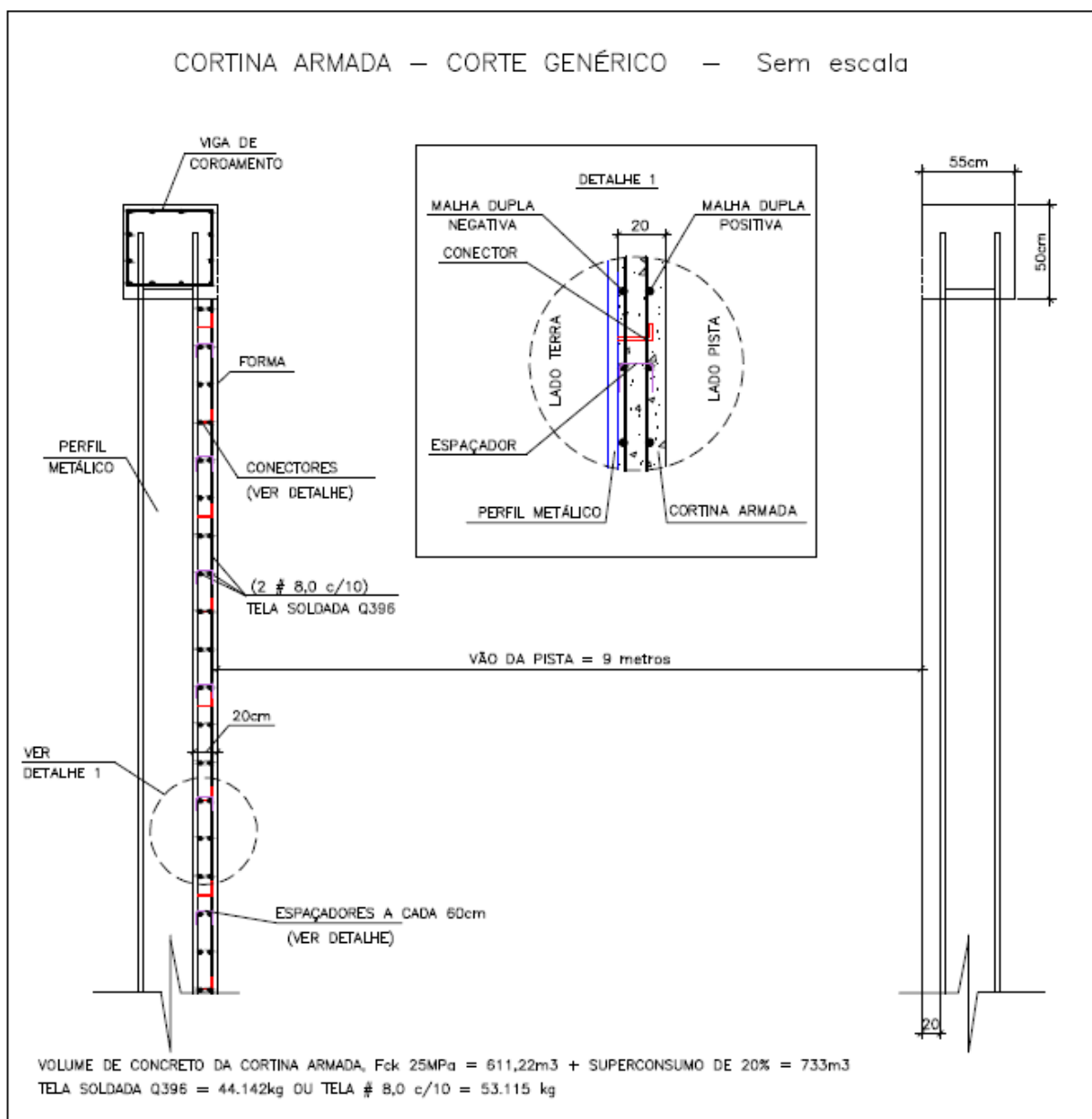
Complementarmente, a Figura 3.6 apresenta o detalhamento em planta da cortina armada associada aos tirantes, permitindo compreender a interação espacial entre a cortina armada, os perfis metálicos e os elementos de ancoragem nos trechos em que a ancoragem adicional é prevista.

Figura 3.6 - Detalhe da cortina em planta com tirante

Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

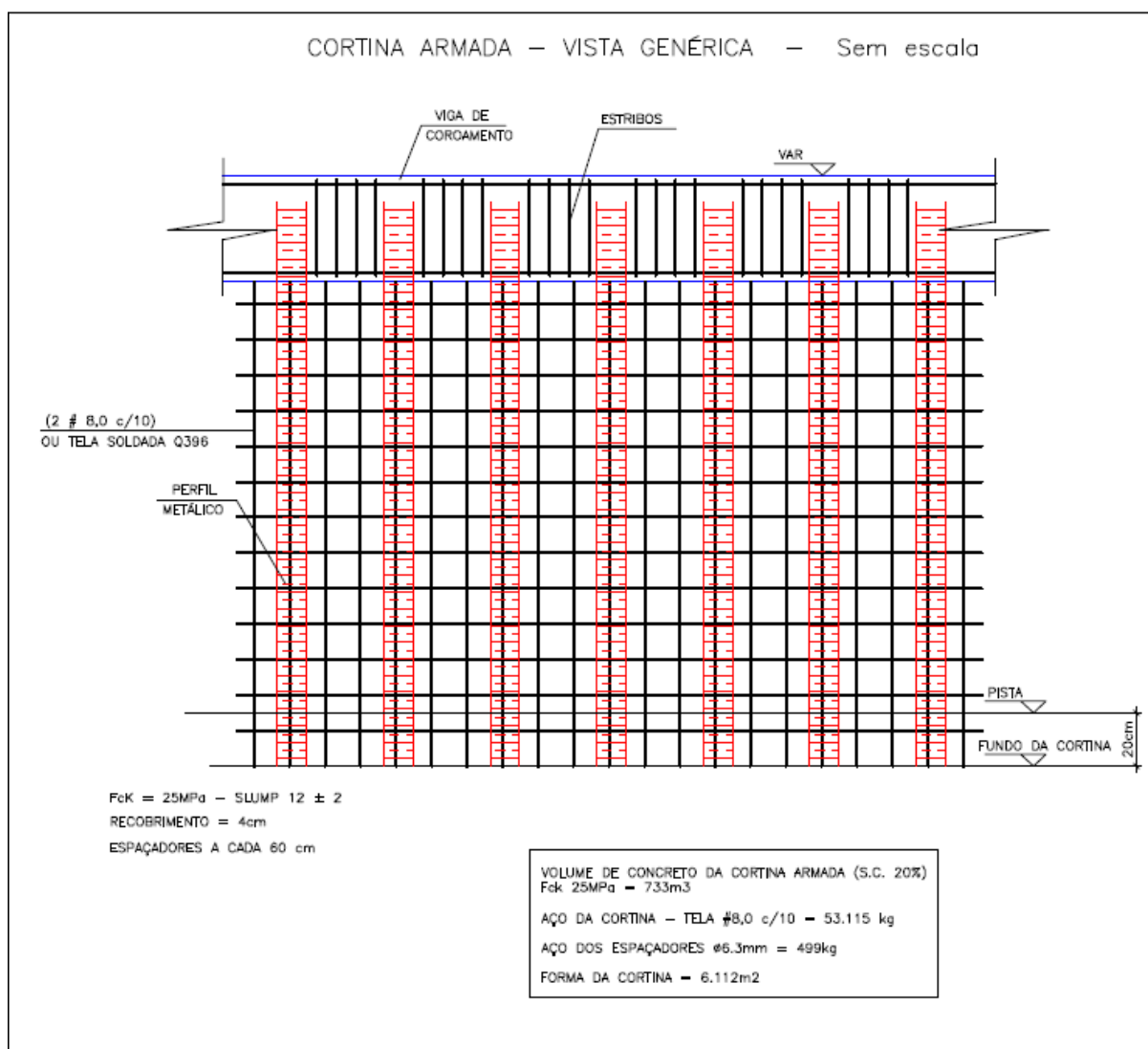
Para aprofundar a compreensão do elemento “cortina armada” previsto em projeto, apresentam-se também os desenhos típicos de detalhamento do sistema. A Figura 3.7 mostra o corte genérico da cortina armada, destacando a viga de coroamento, o perfil metálico, a espessura e o posicionamento da cortina armada, além da disposição de conectores, espaçadores e armaduras (tela soldada).

Figura 3.7 - Corte genérico da cortina armada entre perfis metálicos



Fonte: Projeto executivo (2022)

Já a Figura 3.8 apresenta a vista genérica da cortina armada após a concretagem, evidenciando a repetição do arranjo estrutural ao longo do paramento, com a malha de armadura e a relação com os perfis metálicos.

Figura 3.8 - Vista genérica da cortina armada após a concretagem

Fonte: Projeto executivo (2022)

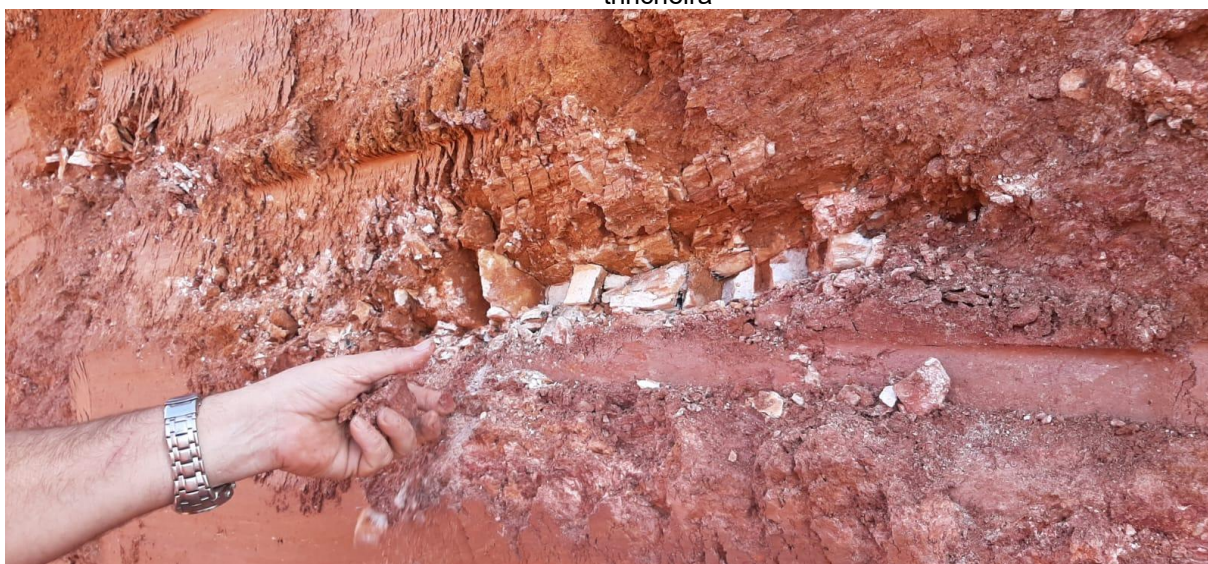
Dessa forma, a análise do projeto executivo permitiu identificar tanto a configuração do sistema quanto os principais detalhes construtivos e diretrizes de execução, estabelecendo uma base técnica para o estudo de caso e para a descrição das etapas observadas em campo e/ou informadas pela equipe técnica nos itens subsequentes.

3.2.3 Condições geotécnicas observadas

As condições geotécnicas foram avaliadas a partir de observações visuais realizadas durante a visita técnica, considerando o solo exposto nas áreas escavadas da trincheira e as superfícies adjacentes à implantação dos perfis metálicos, conforme registros fotográficos obtidos em campo.

O solo observado apresenta coloração predominantemente vermelha, característica comum de solos residuais da região, com textura variando de fina a média e comportamento predominantemente coesivo. Nas faces expostas da escavação, observa-se uma estrutura relativamente homogênea, com marcas evidentes do processo de escavação mecânica, bem como presença de fragmentos de rocha de mineral quartzo localizado em faixa horizontal. Essas características podem ser visualizadas na Figura 3.9, que ilustra o solo exposto após a escavação da trincheira.

Figura 3.9 - Perfil geotécnico identificado nos fragmentos de rocha no local da escavação da trincheira



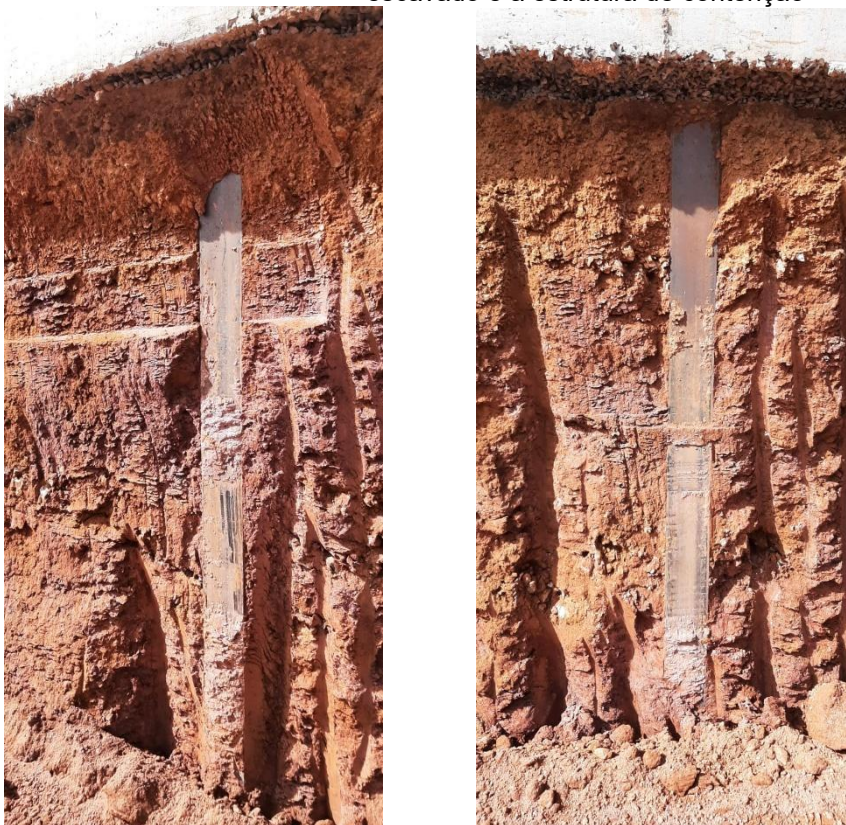
Fonte: Autora (2025)

Em alguns trechos e profundidades observou-se a presença de uma camada de solo siltoso de coloração rosa, intercalados com camadas de argilas e pedregulhos, mostrando um perfil geotécnico heterogêneo. Tais heterogeneidades sugerem a presença de camadas mais endurecidas ou materiais parcialmente laterizados, reforçando a necessidade de controle adequado das escavações e da adoção de um sistema de contenção eficiente.

A interação entre o solo escavado e os perfis metálicos da estrutura de contenção pode ser observada na Figura 3.10, na qual se evidencia o perfil metálico cravado verticalmente, em contato direto com o solo, contribuindo para a estabilização das paredes da escavação. De modo geral, o solo apresentou boa estabilidade aparente após a escavação nas regiões já protegidas pela contenção, não sendo

identificados, no momento da visita, indícios visuais de rupturas globais, deslizamentos significativos ou colapsos localizados.

Figura 3.10 - Perfil metálico cravado verticalmente, mostrando a interação entre o solo escavado e a estrutura de contenção



Fonte: Autora (2025)

Não foi constatado a presença de nível de água aparente durante a visita técnica, embora o solo apresentasse umidade natural, compatível com suas características coesivas. A análise do comportamento do solo frente à escavação evidencia a importância da estrutura de contenção com perfis metálicos para a manutenção da estabilidade do maciço, especialmente considerando a profundidade da trincheira e o contexto urbano da obra.

Ressalta-se que as análises apresentadas possuem caráter qualitativo, por se basearem em observações visuais de campo. Os laudos do ensaio de caracterização do solo não foram disponibilizados pela empresa executora da obra, Sete Engenharia.

3.2.4 Sistema de contenção com perfis metálicos

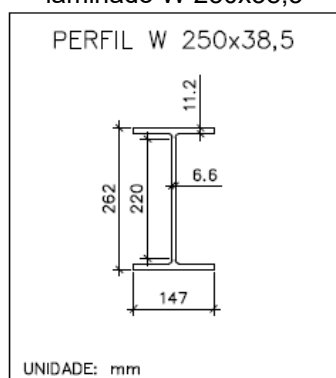
O sistema de contenção adotado na obra em estudo consiste no emprego de perfis metálicos cravados no solo, associados a elementos complementares de travamento e fechamento do paramento, configurando uma solução amplamente

utilizada em obras de contenção provisória ou permanente, especialmente em áreas urbanas e em situações que exigem rapidez construtiva e redução de interferências no entorno.

De modo geral, esse tipo de sistema baseia-se na cravação de perfis estruturais de aço no maciço de solo, formando uma cortina descontínua, na qual os perfis atuam como elementos resistentes principais, responsáveis por absorver os esforços de empuxo do solo. O espaçamento entre os perfis é definido em função das características geotécnicas do terreno, das cargas atuantes e das condições geométricas da escavação, podendo variar ao longo do comprimento da contenção.

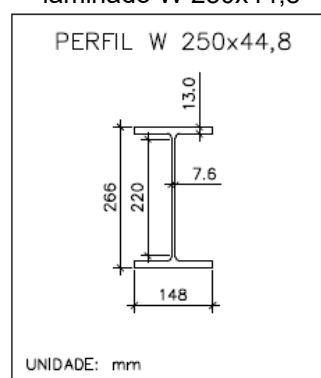
Na obra analisada, os perfis metálicos utilizados apresentam seção do tipo W, conforme especificado em projeto, sendo fornecidos por siderúrgica com controle tecnológico de fabricação. As Figuras 3.11, 3.12 e 3.13 ilustram detalhes dos perfis, permitindo a identificação de suas seções e dimensões características.

Figura 3.11 - Seção do perfil metálico laminado W 250x38,5



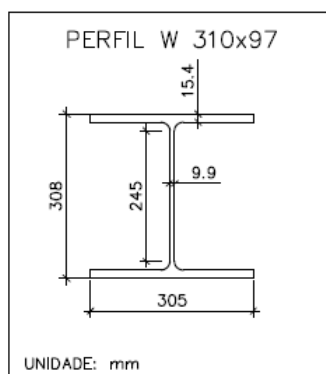
Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

Figura 3.12 - Seção do perfil metálico laminado W 250x44,8



Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

Figura 3.13 - Seção do perfil metálico laminado W 310x97



Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

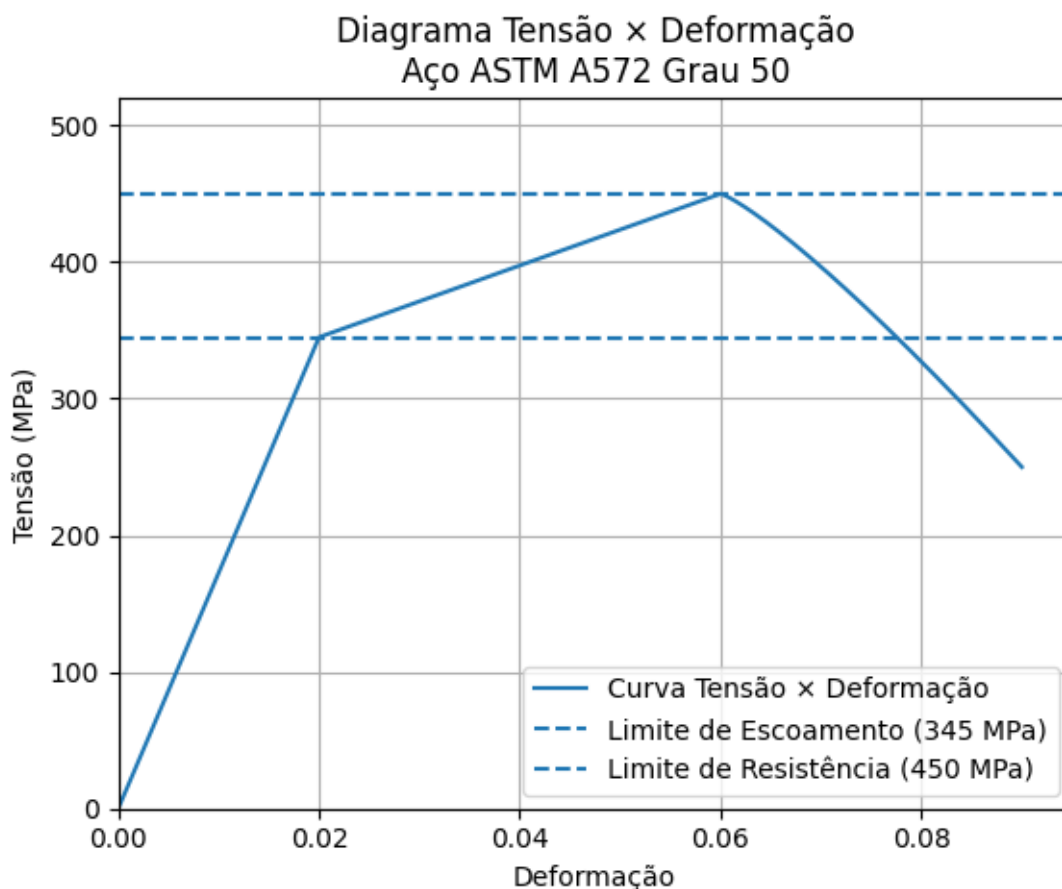
Os perfis metálicos utilizados no sistema de contenção apresentam comprimentos variáveis, adequados às diferentes condições geométricas e estruturais ao longo da trincheira. Essa variação está associada às profundidades de escavação e às solicitações atuantes no sistema, permitindo que os perfis metálicos atinjam a profundidade necessária para garantir o adequado engastamento no solo e o desempenho estrutural da contenção.

A Tabela 3.1 apresenta as principais propriedades mecânicas e físicas do aço utilizado nas estacas metálicas. Observa-se que o material possui limite de escoamento de 345 MPa e limite de resistência de 450 MPa, evidenciando comportamento dúctil adequado às solicitações impostas pelo empuxo do solo. A Figura 3.14 apresenta, de forma esquemática, o diagrama tensão × deformação correspondente..

Tabela 3.1 - Propriedades mecânicas e físicas do aço das estacas metálicas

Propriedade	Valor	Unidade
Tipo de aço	ASTM A572 – Grau 50	-
Limite de escoamento	345	MPa
Limite de resistência	450	MPa
Módulo de elasticidade (E)	200.000	MPa
Módulo de elasticidade (G)	77.000	MPa
Coefficiente de Poisson	0,30	-
Peso específico	77	kN/m ³
Coefficiente de dilatação térmica	12×10^{-5}	°C ⁻¹

Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

Figura 3.14 - Diagrama tensão x deformação do aço ASTM A572 Grau 50

Fonte: Autora (2025)

A profundidade de cravação dos perfis metálicos foi definida em projeto de forma variável ao longo da trincheira, adotando valores entre 4 m e 10 m, conforme o trecho considerado. Observa-se que, dos trechos situados nas extremidades em direção à região central da trincheira, a profundidade de cravação apresenta incremento gradual, refletindo as diferenças nas condições geotécnicas locais e nas solicitações estruturais atuantes. Esse critério visa garantir o engastamento adequado dos perfis no solo, sendo fundamental para o desempenho estrutural da contenção, a limitação de deslocamentos laterais e a estabilidade global do sistema.

Além dos perfis metálicos propriamente ditos, o sistema de contenção prevê elementos complementares que contribuem para o seu desempenho global. Entre esses elementos destacam-se a viga de coroamento, responsável pelo travamento superior dos perfis, e o fechamento do paramento, realizado por meio da cortina armada, que atua na contenção do solo entre os perfis e na redução de processos de instabilidade local. Em determinados trechos, o sistema também é associado ao uso

de tirantes, que promovem ancoragem adicional e aumento da estabilidade global da contenção.

Durante a visita técnica, foi possível observar em campo os perfis ainda antes da etapa de cravação, armazenados ao longo do alinhamento da trincheira. A identificação dos perfis pôde ser verificada diretamente nas peças, conforme ilustrado nas Figuras 3.15 a 3.18.

Figura 3.15 - Identificação em campo de perfil metálico da série W



Fonte: Autora (2025)

Figura 3.16 - Perfis metálicos da série W armazenados em obra



Fonte: Autora (2025)

Figura 3.17 - Detalhe dos perfis metálicos da série W utilizados na contenção



Fonte: Autora (2025)

Figura 3.18 - Perfis metálicos posicionados ao longo da trincheira, antes da cravação



Fonte: Autora (2025)

Dessa forma, o sistema de contenção com perfis metálicos adotado na obra configura-se como uma solução estrutural eficiente, capaz de atender às exigências de estabilidade durante a execução da trincheira, além de permitir flexibilidade construtiva e adaptação às diferentes condições encontradas ao longo do traçado analisado.

3.2.5 Execução da estrutura de contenção

A execução da estrutura de contenção com perfis metálicos foi analisada a partir das observações realizadas durante a visita técnica, dos registros fotográficos obtidos em campo e das informações fornecidas pela equipe técnica responsável pela

obra. As etapas descritas nos subitens a seguir correspondem às fases executivas adotadas na obra para a implantação do sistema de contenção da trincheira.

Ressalta-se que nem todas as etapas do processo construtivo puderam ser acompanhadas presencialmente no momento da visita técnica, uma vez que a obra já se encontrava em andamento. Dessa forma, a descrição das fases executivas baseia-se na combinação entre o acompanhamento de campo, a análise dos registros disponíveis e as informações técnicas fornecidas pelos responsáveis pela execução, sempre em consonância com as diretrizes previamente estabelecidas.

Nos subitens seguintes, são apresentadas as principais etapas executivas da estrutura de contenção, incluindo a cravação dos perfis metálicos, a execução da viga de coroamento, as emendas soldadas dos perfis e o processo de escavação associado à execução da cortina armada, de modo a permitir a compreensão do encadeamento construtivo adotado na obra.

3.2.5.1 Cravação dos perfis metálicos

A observação da cravação dos perfis metálicos ocorreu nos trechos M e N da trincheira, onde a execução ainda estava em andamento. Em ambos os trechos foram utilizados perfis metálicos da série W 250×38,5, sem a utilização de tirantes, porém com variações quanto ao comprimento dos perfis e ao espaçamento entre eles.

No trecho M, foram utilizados perfis com comprimento de 6 m, cravados com espaçamento de 1,00 m. Já no trecho N, os perfis apresentaram comprimento de 4 m, sendo cravados com espaçamento de 2,00 m, conforme definido em projeto executivo. No momento da visita, os pontos destinados à cravação dos perfis metálicos encontravam-se previamente definidos e marcados no pavimento asfáltico, conforme o alinhamento estabelecido para a execução da trincheira. Essa situação é ilustrada na Figura 3.19, que apresenta a marcação dos pontos de cravação ao longo do traçado da obra, assegurando o correto posicionamento dos perfis.

Figura 3.19 - Locação dos pontos de cravação no pavimento asfáltico



Fonte: Autora (2025)

A cravação foi realizada com o auxílio de bate-estaca, seguindo uma sequência construtiva bem definida. Inicialmente, uma retroescavadeira realizava o transporte do perfil metálico até o equipamento de cravação. Em seguida, o bate-estaca efetuava o içamento do perfil até a posição vertical, conforme apresentado na Figura 3.20. Após o posicionamento inicial, procedeu-se à retirada das amarras utilizadas no transporte e no içamento do perfil, etapa registrada na Figura 3.21.

Figura 3.20 - Içamento do perfil metálico

Fonte: Autora (2025)

Figura 3.21 - Posicionamento do perfil

Fonte: Autora (2025)

Em seguida, realizou-se a verificação do prumo do perfil metálico, com o objetivo de garantir sua adequada verticalidade antes do início efetivo da cravação, conforme ilustrado na Figura 3.22. Esse controle geométrico é essencial para o correto desempenho estrutural do sistema de contenção, uma vez que eventuais desvios de alinhamento podem comprometer a eficiência do conjunto e o comportamento da contenção ao longo do tempo.

Figura 3.22 - Verificação do prumo



Fonte: Autora (2025)

Com o perfil devidamente posicionado e alinhado, passou-se à etapa de cravação propriamente dita, realizada com o auxílio do equipamento bate-estaca, ilustrado na Figura 3.23.

Figura 3.23 - Cravação do perfil



Fonte: Autora (2025)

Segundo informações fornecidas pela equipe técnica responsável pela obra, o equipamento utilizado dispõe de martelo de queda com peso aproximado de 4.000 kg, operando com altura de queda da ordem de 0,90 m. Como critério de controle da cravação, foi adotada uma nega de aproximadamente 3,0 mm por golpe, associada a uma capacidade de carga estimada de 55 tf. Esses parâmetros visam garantir a adequada penetração dos perfis metálicos no solo, proporcionando o engastamento necessário para o correto funcionamento estrutural do sistema de contenção.

Durante a visita técnica, foi possível acompanhar a cravação de três perfis metálicos, observando-se que o tempo médio necessário para a cravação completa de cada elemento foi de aproximadamente cinco minutos. Ressalta-se que os perfis observados apresentavam comprimentos compatíveis com as condições locais da obra e eram cravados de forma contínua até atingir a profundidade estabelecida para cada trecho.

A execução dessa etapa antecede a instalação dos demais elementos do sistema de contenção, como a viga de coroamento e a cortina armada, sendo determinante para a estabilidade inicial do maciço e para o adequado desenvolvimento das fases subsequentes da obra.

3.2.5.2 Emendas soldadas nos perfis metálicos

Durante a execução da estrutura de contenção, observou-se a utilização de emendas soldadas nos perfis metálicos, procedimento adotado nos casos em que o comprimento total previsto para o perfil excedia o comprimento comercial disponível ou quando se fez necessária a complementação do elemento estrutural para atingir a profundidade de cravação estabelecida.

As emendas consistem na união de dois segmentos de perfis metálicos por meio de soldagem, realizada de forma a garantir a continuidade estrutural do elemento. A Figura 3.24 apresenta um perfil metálico já emendado por solda, permitindo visualizar a região de união entre os segmentos e evidenciando a continuidade geométrica do perfil após o procedimento.

Figura 3.24 - Detalhes de emendas soldadas



Fonte: Autora (2025)

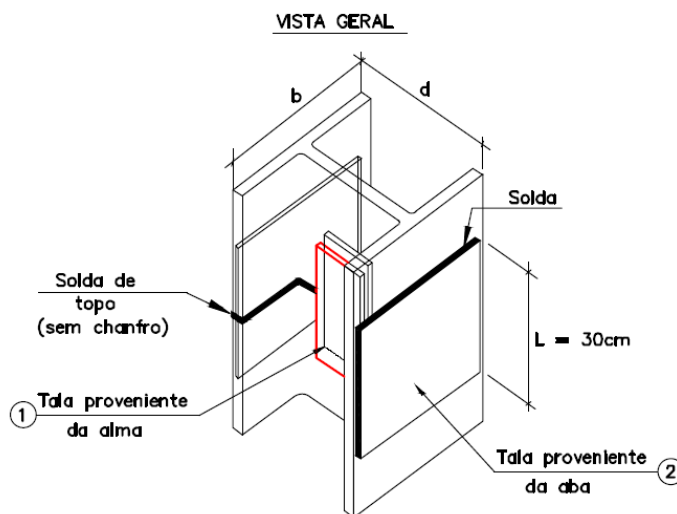
Durante a visita técnica, foi possível observar detalhes da região soldada, conforme ilustrado na Figura 3.25, destacando-se o alinhamento entre os perfis antes e após a execução da solda. Esse cuidado é fundamental para evitar descontinuidades geométricas que possam comprometer o desempenho estrutural do sistema de contenção, especialmente durante a etapa de cravação no solo.

Figura 3.25 - Detalhes de emendas soldadas



Fonte: Autora (2025)

Além das observações em campo, o projeto executivo apresenta o detalhamento técnico das emendas soldadas, indicando a forma de execução e os critérios construtivos adotados. A Figura 3.26 ilustra o detalhe do projeto da emenda do perfil metálico, evidenciando a configuração prevista para a soldagem e a garantia de continuidade estrutural do elemento.

Figura 3.26 - Detalhe construtivo da emenda soldada

Fonte: Adaptado do projeto executivo (2022)

Ressalta-se que, quando executadas de acordo com as especificações técnicas e com controle adequado, as emendas soldadas não comprometem a resistência global do perfil metálico, uma vez que a solda é dimensionada para resistir aos esforços solicitantes, garantindo a continuidade estrutural do elemento (ABNT, 2008). Dessa forma, o uso de emendas soldadas configura-se como uma solução técnica viável e amplamente utilizada em obras de contenção com perfis metálicos, permitindo flexibilidade construtiva sem prejuízo ao desempenho estrutural do sistema.

3.2.5.3 Execução das vigas de coroamento

A execução da viga de coroamento, também denominada viga de topo, constitui uma etapa fundamental da estrutura de contenção, uma vez que tem a função de promover o travamento superior dos perfis metálicos, garantindo o comportamento conjunto do sistema e contribuindo para a estabilidade da contenção durante as etapas subsequentes da obra (MASSAD, 2010).

Durante a visita técnica, foi possível observar os procedimentos iniciais para a execução da viga de coroamento, que compreendem a abertura do solo ao longo do alinhamento dos perfis metálicos, formando o berço para a viga, conforme ilustrado na Figura 3.27. Esse berço tem como finalidade acomodar a viga e garantir o correto posicionamento do elemento estrutural em relação aos perfis metálicos previamente cravados.

Figura 3.27 - Berço para execução da viga de coroamento



Fonte: Autora (2025)

Na sequência, observou-se a execução dos moldes (formas) destinados à concretagem da viga de coroamento, etapa registrada nas Figuras 3.28 e 3.29. As formas foram posicionadas de modo a envolver a cabeça dos perfis metálicos, sendo previamente realizada a soldagem de chapas metálicas na extremidade superior desses perfis, com a finalidade de possibilitar a ancoragem da armadura da viga de coroamento e assegurar a adequada transferência de esforços entre o elemento metálico e o concreto armado. Após a concretagem, essa solução construtiva permite que o conjunto passe a atuar de forma solidária, conferindo maior rigidez e continuidade estrutural ao sistema de contenção.

Figura 3.28 - Molde para a viga

Fonte: Autora (2025)

Figura 3.29 - Molde para a viga

Fonte: Autora (2025)

Em relação às características geométricas e aos materiais empregados, a viga de coroamento apresenta extensão total aproximada de 640,5 m, considerando os trechos executados ao longo da trincheira, sendo 328,7 m no bordo direito e 310,9 m no bordo esquerdo, abrangendo os trechos de A a N, com exceção do trecho correspondente ao viaduto. Para a execução da viga, foi utilizado concreto com resistência característica à compressão $f_{ck} = 25$ MPa, valor compatível com as solicitações estruturais do elemento e com a função de travamento exercida no sistema de contenção.

Embora a etapa de concretagem não tenha sido acompanhada presencialmente durante a visita técnica, verificou-se que os procedimentos preparatórios observados em campo seguiam a sequência adequada para a execução da viga de coroamento, respeitando a ordem construtiva necessária para o desenvolvimento das etapas seguintes da obra.

A viga de coroamento desempenha papel essencial no sistema de contenção, pois contribui para a redistribuição dos esforços entre os perfis metálicos, reduz os deslocamentos horizontais no topo da contenção e fornece suporte estrutural para o avanço das etapas posteriores, como a escavação do terreno e a execução da cortina armada (MASSAD, 2010).

3.2.5.4 Processo executivo de escavação e execução da cortina armada

O processo executivo de escavação associado à execução da cortina armada foi descrito com base nas visitas técnicas realizadas à obra, na análise do projeto executivo e em informações técnicas fornecidas pela equipe responsável pela execução da estrutura de contenção. Ressalta-se que nem todas as etapas dessa fase puderam ser acompanhadas presencialmente pela autora, uma vez que, no momento da primeira visita técnica, parte da trincheira já se encontrava previamente escavada.

Dessa forma, a descrição desta etapa fundamenta-se na interpretação dos documentos técnicos do projeto e nos esclarecimentos fornecidos pelos profissionais envolvidos na obra, os quais permitiram compreender a sequência construtiva adotada, os critérios técnicos empregados e a lógica operacional do sistema de contenção durante a fase de escavação.

As Figuras 3.30 e 3.31 ilustram trechos da trincheira já escavados no momento da visita técnica, especialmente na região correspondente ao viaduto, que representa a porção mais profunda da obra. Nessas imagens, observa-se o maciço de solo exposto, ainda sem a execução da cortina armada, evidenciando a necessidade da adoção de medidas de contenção adequadas para garantir a estabilidade do paramento durante o avanço das escavações.

Figura 3.30 - Trecho previamente escavado



Fonte: Autora (2025)

Figura 3.31 - Trecho previamente escavado



Fonte: Autora (2025)

De acordo com as informações obtidas junto à equipe técnica da obra, a escavação da trincheira foi executada de forma progressiva e controlada, acompanhando a implantação dos elementos estruturais do sistema de contenção. Essa metodologia visa evitar a exposição prolongada do maciço sem suporte estrutural, reduzindo deslocamentos laterais e contribuindo para a segurança da obra ao longo de sua execução.

Paralelamente ao avanço da escavação, procedeu-se à execução da cortina armada entre os perfis metálicos, elemento responsável pelo fechamento do paramento escavado e pela contenção do solo entre os perfis. A Figura 3.32 apresenta um estágio intermediário desse processo, no qual é possível identificar as telas soldadas já posicionadas e o início da aplicação do concreto, caracterizando a fase de pré-execução da cortina armada. Embora essa etapa não tenha sido acompanhada presencialmente pela autora, a imagem recebida posteriormente, aliada às informações técnicas fornecidas, permitiu compreender a sequência construtiva adotada.

Figura 3.32 - Cortina armada em fase de pré-execução



Fonte: Equipe técnica pela obra (2025)

Nos trechos em que há previsão de tirantes (trechos C a L), estes atuam de forma associada aos perfis metálicos e à cortina armada, contribuindo para a ancoragem do sistema de contenção no maciço de solo. Os tirantes têm a função de reduzir os esforços atuantes sobre a estrutura e limitar os deslocamentos horizontais do paramento escavado, especialmente em setores com maiores alturas de contenção (MASSAD, 2010).

Por fim, a Figura 3.33 evidencia a cortina armada após a conclusão da concretagem, caracterizando o paramento final do sistema de contenção. Observa-se a formação de uma superfície contínua em concreto, confirmando a atuação conjunta entre os perfis metálicos, a cortina armada e, quando aplicável, os tirantes, garantindo a estabilidade do maciço ao longo da trincheira.

Figura 3.33 - Cortina armada após a conclusão da concretagem



Fonte: Equipe técnica pela obra (2025)

Dessa forma, mesmo com o acompanhamento parcial das atividades em campo, foi possível compreender o processo executivo de escavação e execução da cortina armada por meio da análise integrada das observações realizadas durante a visita técnica, dos registros fotográficos recebidos posteriormente e das informações técnicas fornecidas pelos responsáveis pela obra, permitindo a adequada descrição dessa etapa no contexto do estudo de caso.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

A partir da análise do projeto executivo, das visitas técnicas realizadas na obra e das informações obtidas junto ao engenheiro responsável pela execução, foi possível avaliar a viabilidade e o comportamento esperado do sistema de contenção adotado até o estágio atual de execução da obra. O sistema analisado é baseado no uso de perfis metálicos cravados associados à cortina armada e, em trechos específicos, à utilização de tirantes. Este capítulo discute criticamente a adequação da solução adotada às condições da obra, destacando vantagens, limitações e aspectos econômicos do sistema, considerando que a obra se encontra em fase de execução.

4.1 Adequação do sistema de contenção ao contexto da obra

O sistema de contenção com perfis metálicos mostrou-se adequado ao contexto do estudo de caso nas etapas executadas até o momento, especialmente por se tratar de uma obra implantada em área urbana, presença de redes de infraestrutura e necessidade de execução de uma trincheira profunda associada à implantação de um viaduto. Nesses cenários, soluções convencionais em concreto moldado in loco tendem a demandar maiores frentes de escavação, maior interferência no entorno e prazos de execução mais extensos.

A possibilidade de cravação direta dos perfis metálicos, seguida de escavação progressiva, permitiu maior controle da estabilidade do maciço durante as fases iniciais e intermediárias da obra, reduzindo riscos associados à abertura de grandes volumes de solo em ambiente urbano.

4.2 Avaliação técnica do sistema com perfis metálicos

Do ponto de vista técnico, o sistema de contenção analisado apresentou comportamento satisfatório no estágio atual de execução, evidenciado pela correta implantação dos perfis metálicos, da viga de coroamento e da cortina armada, conforme diretrizes estabelecidas no projeto executivo. A flexibilidade do sistema permitiu variações de espaçamento entre perfis, profundidade de cravação e adoção de tirantes apenas nos trechos necessários, demonstrando uma solução racional e compatível com as condições geotécnicas locais observadas até o momento.

Além disso, o uso de perfis metálicos fornecidos por siderúrgica assegurou padronização dimensional, rastreabilidade e controle tecnológico do material, fatores que contribuem para maior confiabilidade estrutural do sistema, especialmente nas fases iniciais de execução.

4.3 Análise econômica: comparação entre contenção com perfis metálicos e concreto convencional

No que se refere ao aspecto econômico, é fundamental distinguir o custo unitário dos materiais do custo global do sistema de contenção, sobretudo quando a obra ainda se encontra em andamento. Os perfis metálicos, por se tratar de elementos industrializados e submetidos a rigoroso controle tecnológico de fabricação, apresentam custo unitário superior quando comparados ao concreto convencional moldado in loco. Entretanto, essa diferença não deve ser analisada de forma isolada.

Até o estágio atual da obra, o sistema de contenção com perfis metálicos tem possibilitado redução do tempo de execução de determinadas etapas, menor necessidade de escavações prévias extensas, eliminação de fôrmas convencionais e maior controle das condições de segurança durante a execução. Esses fatores tendem a contribuir para a redução de custos indiretos, como interferências urbanas e riscos operacionais, podendo tornar o sistema globalmente competitivo, especialmente em obras executadas em áreas urbanas.

A Tabela 4.1 apresenta uma comparação qualitativa entre sistemas de contenção com perfis metálicos e soluções convencionais em concreto moldado in loco, considerando aspectos técnicos, construtivos e econômicos, com base nas informações disponíveis até o momento.

Tabela 4.1 - Comparação entre contenção com perfis metálicos e contenção em concreto convencional

Critério	Perfis metálicos	Concreto convencional
Custo do material	Elevado	Moderado
Controle tecnológico	Alto (industrializado)	Variável (obra)
Velocidade de execução	Alta	Média a baixa
Necessidade de fôrmas	Não	Sim
Escavação prévia	Menor	Maior
Interferência urbana	Reduzida	Maior
Flexibilidade de adaptação	Alta	Limitada
Dependência de cura	Não	Sim
Tendência de custo global em áreas urbanas	Competitivo	Pode ser elevado

Fonte: Criado a partir de inteligência artificial – OpenAI(2025)

4.4 Condicionantes operacionais e fatores externos à solução estrutural

As dificuldades relacionadas à disponibilidade de mão de obra especializada, conforme relatado pelo engenheiro responsável pela execução, estiveram associadas às características gerais da obra de infraestrutura urbana, não sendo específicas do sistema de contenção adotado. A necessidade de contratação de trabalhadores provenientes de outros estados impactou custos e logística, configurando-se como um condicionante externo à solução estrutural.

Adicionalmente, a execução em área urbana consolidada, com presença de redes de água, cabos de fibra óptica e demais infraestruturas enterradas, exigiu cuidados adicionais durante a cravação dos perfis metálicos e a execução das escavações, influenciando o planejamento e o cronograma da obra até o momento.

4.5 Considerações sobre a viabilidade da solução até o estágio atual da obra

De modo geral, o estudo de caso indica que o uso de perfis metálicos aplicados em estruturas de contenção apresenta viabilidade técnica para obras urbanas complexas, considerando-se as etapas executadas até o momento. Apesar do maior custo unitário do material metálico, os benefícios associados à execução, à segurança e à flexibilidade do sistema justificam sua adoção em contextos semelhantes ao analisado, especialmente quando avaliados sob a ótica do custo global e das condicionantes urbanas.

A avaliação definitiva do desempenho do sistema dependerá da conclusão das etapas restantes da obra e do comportamento da contenção ao longo do tempo, podendo ser objeto de estudos futuros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo analisar a aplicação de perfis metálicos como sistema de contenção de solos, avaliando seu desempenho, sua eficácia na contribuição para a estabilidade das estruturas de contenção e sua aplicação prática. Para isso, o estudo foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica e de um estudo de caso referente a uma obra de trincheira executada em área urbana, cuja execução encontra-se em andamento.

A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível atender ao objetivo geral de contextualizar o uso de perfis metálicos em estruturas de contenção, abordando seu desenvolvimento histórico, os diferentes tipos de sistemas de contenção existentes, os processos de produção industrial dos perfis metálicos, suas principais características técnicas, os sistemas de cravação e os aspectos relacionados ao desempenho estrutural. A literatura analisada evidenciou que o emprego de perfis metálicos constitui uma solução amplamente utilizada em obras geotécnicas, especialmente em ambientes urbanos, devido à sua versatilidade, rapidez construtiva e possibilidade de controle tecnológico do material.

No que se refere ao acompanhamento da execução da estrutura de contenção, o estudo de caso permitiu confrontar os conceitos teóricos com a prática de campo, atendendo ao objetivo de descrever as etapas do processo construtivo e registrar aspectos relevantes da execução. Mesmo não tendo sido possível acompanhar presencialmente todas as fases da obra, as visitas técnicas realizadas, aliadas à análise do projeto executivo e às informações fornecidas pela equipe técnica responsável pela execução, possibilitaram uma compreensão adequada do sistema adotado, das soluções construtivas empregadas e das condicionantes enfrentadas durante a execução.

A análise desenvolvida ao longo do trabalho indicou que, até o estágio atual da obra, o sistema de contenção com perfis metálicos apresentou comportamento compatível com o previsto em projeto, evidenciando viabilidade técnica para a aplicação em trincheiras profundas executadas em áreas urbanas. Destacaram-se como principais vantagens do sistema a rapidez de execução, a flexibilidade para adaptação às condições locais, a redução de interferências no entorno e a confiabilidade associada ao uso de perfis metálicos produzidos industrialmente, com controle tecnológico. Por outro lado, foram identificadas limitações relacionadas ao

custo unitário do material metálico e a condicionantes operacionais externas, como interferências de redes de infraestrutura urbana, dificuldades logísticas e influência do período chuvoso, aspectos que devem ser considerados na fase de planejamento.

Dessa forma, pode-se afirmar que os objetivos específicos propostos foram atendidos, uma vez que foi possível avaliar a aplicabilidade das estruturas de contenção com perfis metálicos com base na literatura técnica e na prática executiva, bem como acompanhar e descrever a implantação da técnica por meio do estudo de caso analisado. Ressalta-se, contudo, que a avaliação definitiva do desempenho do sistema dependerá da conclusão da obra e do acompanhamento do comportamento da contenção ao longo do tempo, o que pode constituir objeto de estudos futuros.

Por fim, conclui-se que o uso de perfis metálicos como sistema de contenção de solos representa uma alternativa tecnicamente viável e adequada para obras de infraestrutura urbana, desde que associada a um projeto executivo bem elaborado, planejamento criterioso e acompanhamento técnico durante a execução, reforçando sua importância no contexto da engenharia geotécnica contemporânea.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, V.B.O. **Uso de estacas pranchas metálicas em obras urbanas**. 2017. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5884:2013 **Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico – Requisitos gerais: referências: elaboração**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122:2022. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800:24-25 **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios: referências: elaboração**. Rio de Janeiro, 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14762:2010 **Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio: referências: elaboração**. Rio de Janeiro, 2010.
- BARROS, P.L.A. **Obras de CONTENÇÃO – Manual Técnico**. Disponível em: <https://marcosporto.eng.br/wp-content/uploads/2018/02/TM-_-BR-_-Manual-Obras-de-Conten%C3%A7%C3%A3o-_-PT-_-Feb21.pdf>. Acesso em 02 de fev. 2025.
- BELLEI. I.H.H.N.; BELLEI. **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**. Instituto Aço Brasil. Rio de Janeiro, 2011.
- BOWLES, J. E. *Foundation Analysis and Design*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- BUDHU, Muni. **FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO**. RIO DE JANEIRO: LTC, 2013.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/revista-da-estrutura-de-aco-rea>>. Acesso em 27 de dez. 2025.
- FRANCISCO, T.N. e MAROCHI, R. **Uso do aço na construção civil**. Disponível em <<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/63105/1/Thaiane.pdf>>. Acesso em 03 de fev. de 2025.
- FUERTES, A.K. **Dimensionamento de uma estrutura de contenção de terras flexível com vários níveis de apoio**. 2016. Tese (Mestrado em Engenharia da Construção) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2016.
- Imianowsky. G.W Walendowsky. M. A. **Os principais aços carbono utilizados na construção civil**. [s.d]. Dissertação (Engenharia Civil). Centro Universitário de Brusque, Brusque.
- INSTITUTO AÇO BRASIL. **Manual de Construção em Aço**. Rio de Janeiro, 2013.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **História do aço.** Disponível em: <<https://www.acobrasil.org.br/site/historia-do-aco/>>. Acesso em 03 de fev. de 2025.

MAGALHÃES, Marcelo de Souza. **Tipos de estruturas de contenção.** Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/26066/26066_3.PDF>. Acesso em 24 de fev. de 2025.

Manso. G. **A utilização das estruturas de aço no Brasil.** Alicerceejr, 2023. Disponível em: <<https://www.alicerceejr.com/post/a-utiliza%C3%A7%C3%A3o-das-estruturas-de-a%C3%A7o-no-Brasil>>. Acesso em: 20 de fev. de 2025.

MASSAD, Façal. **Obras de terra: curso básico de geotecnia.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OPENAI. **Ferramenta de geração de imagens por inteligência artificial.** 2026. Disponível em: <<https://openai.com>>. Acesso em: 28 dez. de 2025.

PANNONI, Fabio Domingos. **Aços Estruturais.** 2005.

PEREIRA,M.E. **Análise numérica do comportamento estrutural da parede de contenção de talude mista aço-concreto.**2021. Tese (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória,2021.

PFEIL, Walter. **ESTRUTURAS DE AÇO, DIMENSIONAMENTO PRÁTICO DE ACORDO COM A NBR 8800-2008.** 8. ed. RIO DE JANEIRO: LTC, 2010. ISBN 978-85-216-1611-5.

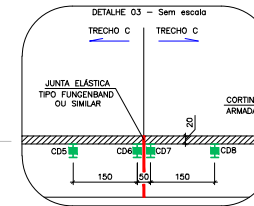
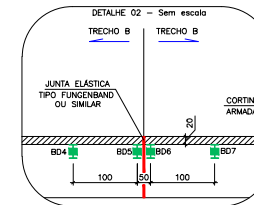
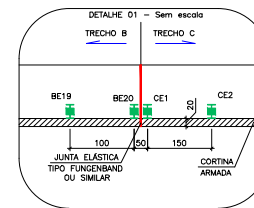
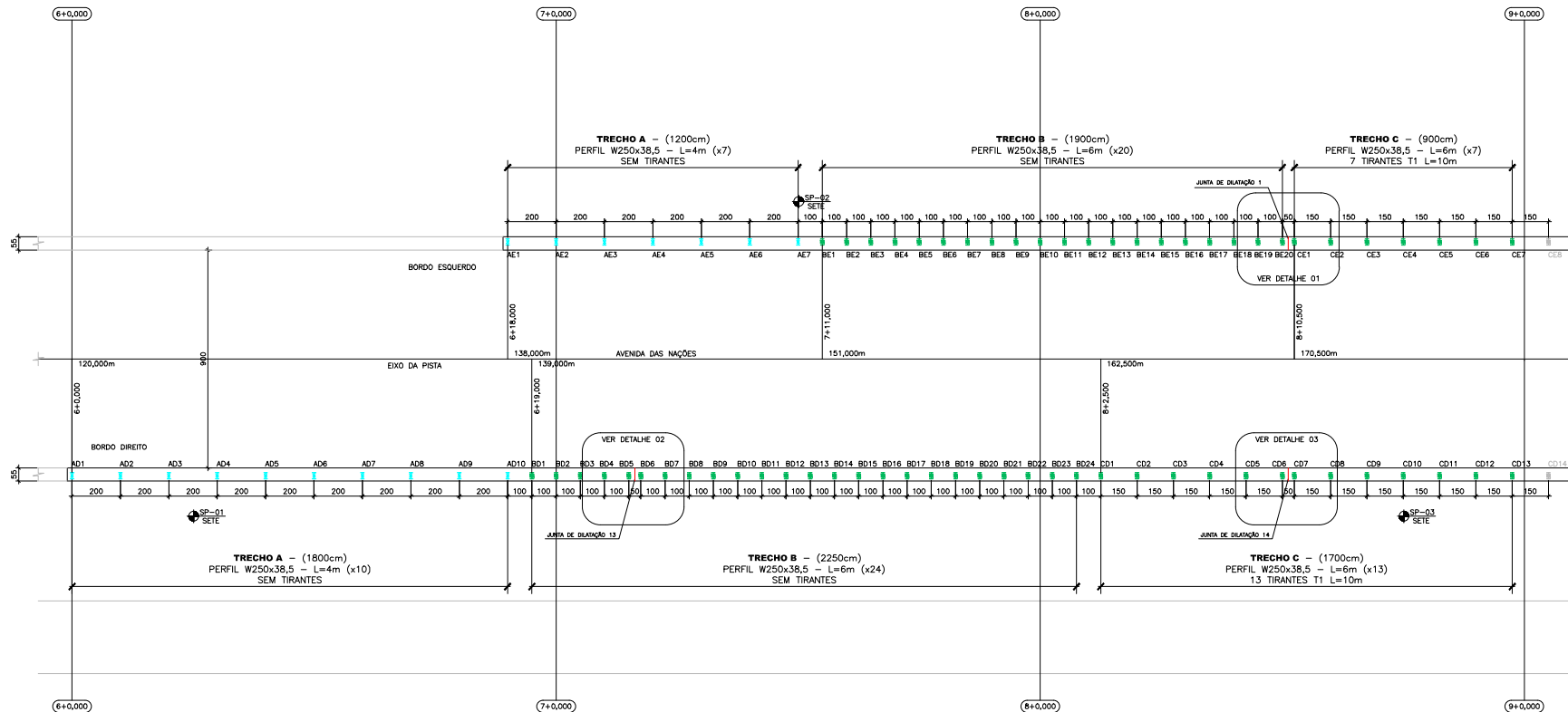
Projetos de Contenções e Fundações. Disponível em: <<https://sete.eng.br/servicos/projetos-de-contencoes-e-fundacoes>>. Acesso em 26 de fev. de 2025.

SOUSA, P. R. R.; MORAIS, J. M. N.; LACERDA, B. M. **A UTILIZAÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA NA ENGENHARIA CIVIL.** REVISTAFIT, 2022. Disponível em: <https://revistafit.com.br/a-utilizacao-da-estrutura-metalica-na-engenharia-civil/>. Acesso em: 12 de fev. de 2025.

TEOBALDO, I. N. C. **Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas.** 2004. Dissertação (Mestrado em engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

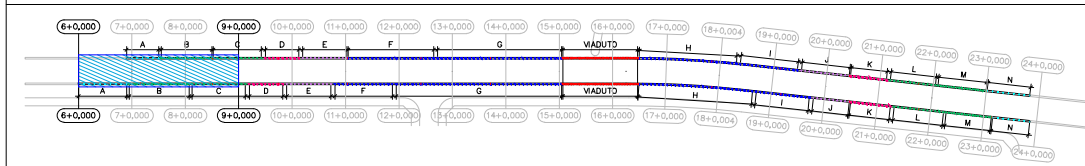
ANEXOS

ANEXO A – Projeto Executivo



PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS – ESTACA 6+0,000 a 9+0,000
Escala Aproximada: 1/100

PLANTA CHAVE – FOLHA 001



LEGENDA – FOLHA 001

- PERFIL METALICO W250x38,5 – L=4m (x7)
TRECHO A
- PERFIL METALICO W250x38,5 – L=6m (x4)
TRECHO B e TRECHO C

RESPONSABILIDADES E DOCUMENTOS UTILIZADOS

- RESPONSABILIDADES PELO FORNECIMENTO DOS DOCUMENTOS UTILIZADOS PARA A ELABORAÇÃO DESTES PROJETO:
 - SONDAJES:
 - DATA: 20/10/2022 (RELATÓRIO Nº RL 078/22, SETE ENGENHARIA)
 - PROJETO ESTRUTURAL DAS VIGAS BERÇO E DAS LAJES DE APROXIMAÇÃO (DSS ENGENHARIA):
 - DSS-POAE_12 – Av das Nações_R01-Pre-projeto.pdf, 10/10/2022;
 - PROJETO GEOMÉTRICO, TOPOGRÁFICO E PLANALTIMÉTRICO (BASITEC):
 - ACAD-CVL_PGOE_12 – Av das Nações (11-11-2022).DWG;
- PESSOAS AUTORIZADAS A MODIFICAR ESTE PROJETO E ACEITAR A CONTENÇÃO FORA DOS CRITÉRIOS DETERMINADOS:

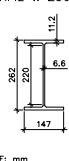
RECOMENDAÇÕES GERAIS

CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2010, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERIMOS QUE TODO CAMINHÃO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETIÇA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.

ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHA.

QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.

PERFIL W 250x38,5



OBSERVAÇÃO

- ONDE ESTÁ ESCRITO "TIRANTE" LE-SE "TIRANTE PASSIVO PERMANENTE"
- DEVERÃO SER FEITOS OS TIRANTES PARA O TESTE DE ARRANCAMENTO TOTAL.
- A PRESSÃO DE INJEÇÃO DA ARGAMASSA DOS TIRANTES DEVERÁ SER IGUAL OU MAIOR QUE 10kgf/cm².
- ANTES DE INICIAR O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO DO TERRENO É IMPRISONÁVEL A EXECUÇÃO DA VIGA DE COROAMENTO (DE TOPO) DOS PERFIS METÁLICOS.

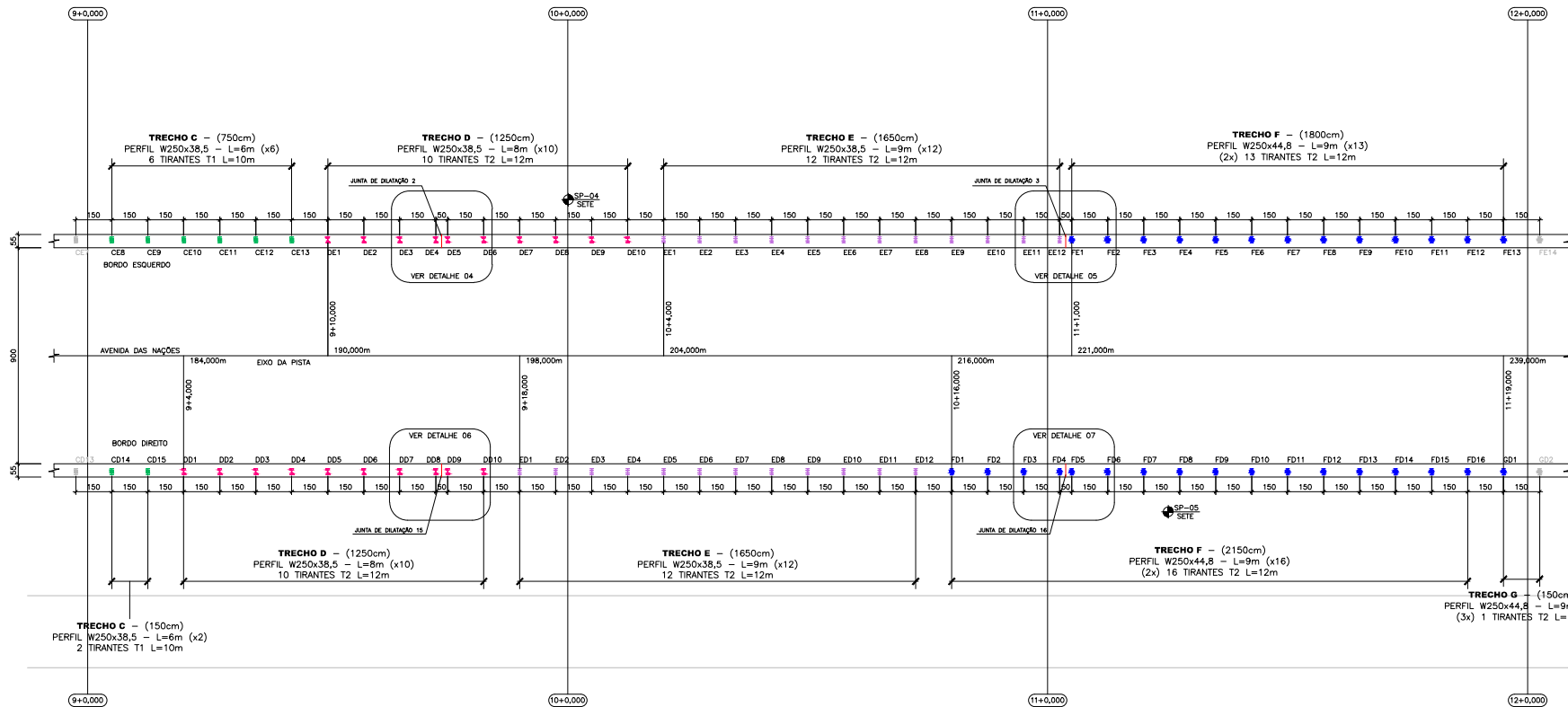
EXEMPLO



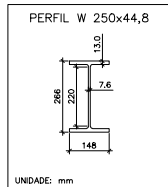
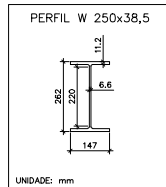
QUANTITATIVOS TOTAIS

- PERFIL METALICO W250x38,5 (PESO + 10%) = 1703m = 72.122kg
 - PERFIL METALICO W250x44,8 (PESO + 10%) = 1827m = 90.035kg
 - PERFIL METALICO W310x97 (PESO + 10%) = 580m = 61.866kg
 - TIRANTES PASSIVOS PERMANENTES #4" = 10.162m
 - CALDA DE CIMENTO: 10.858 SACOS DE 50kg
 - TUBO PVC 32mm = 1.694 BARRAS DE 6 METROS
 - CHAPAS DE BASE = 856 UNIDADES
 - CAP PARA TUBO PVC 32mm = 856 UNIDADES
 - VOLUME DE CONCRETO DAS VIGAS DE COROAMENTO, CORTINA ARMADA E BARRERAS NEW JERSEY, FCK 25MPa = 1.037 m³
 - CONECTOR TIPO CANTONEIRA 4"x4"x5/16" (c=100mm): 4.515 unidades
 - GEOCOMPOSTO MACDRAND FP 2L = 3.514m²
 - JUNTA FUNGEBRAND OU SIMILAR: 126m
 - FORMA DA CORTINA ARMADA: 6.112 m²
 - FORMA DA VIGA DE COROAMENTO: 993 m²
 - FORMA DA BARRIEIRA NEW JERSEY: 1.068 m²
- TOTAL = 74.302kg
- AÇO DOS TIRANTES, CA-50 (PESO):
- 6.3mm – 2.773 kg
 - 8.0mm – 53.115 kg
 - 10.0mm – 9.680 kg
 - 12.5mm – 8.734 kg
- TOTAL = 42.855kg

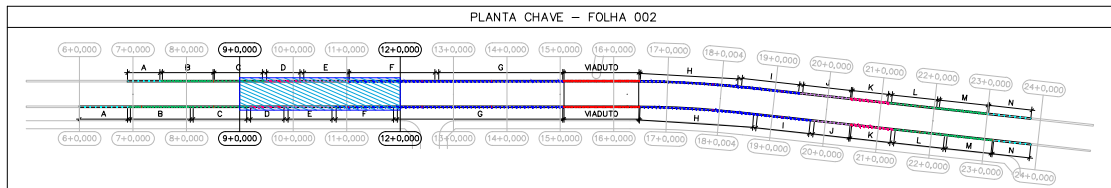
00	EMISSION INICIAL	GALVAN	DOUGLAS 17/11
REV.	DESCRIÇÃO	CÁLCULO	VERIF. DATA
REALIZAÇÃO:			
PROJETO:		FASE:	
		EXECUTIVO	
		REVISÃO:	
		00	
DISCIPLINA:		DATA (O.S.):	
		OUT / 22	
PROPRIETÁRIO:		DESENHO:	
AUTOR DO PROJETO:			
OBRA:		O.S.:	
TRINCHERA AVENIDA DAS NAÇÕES		210 / 22	
LOCAL:		FORMATO:	
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO		A1 841x597mm	
ASSUNTO:		ESCALA:	
PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFS METÁLICOS - ESTACA 6+0,000 a 9+0,000		INDICADA	
• PLANTA CHAVE		FOLHA:	
• LEGENDA			
• QUANTITATIVO			
• PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS			
• CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS			
• OBSERVAÇÕES E RESPONSABILIDADES E DOCUMENTOS UTILIZADOS			
• RECOMENDAÇÕES GERAIS			
001			



PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS – ESTACA 9+0,000 a 12+0,000
Escala Aproximada: 1/100



LEGENDA – FOLHA 002	
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=6m (x8) TRECHO C
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=8m (x20) TRECHO D
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=9m (x24) TRECHO E
	PERFIL METÁLICO W250x44,8 – L=9m (x30) TRECHO F e G



OBSERVAÇÃO

– ONDE ESTÁ ESCRITO “TIRANTE” LE-SE “TIRANTE PASSIVO PERMANENTE”

– DEVERÃO SER FEITOS OS TIRANTES PARA O TESTE DE ARRANCAMENTO TOTAL.

– A PRESSÃO DE INJEÇÃO DA ARGAMASSA DOS TIRANTES DEVERÁ SER IGUAL OU MAIOR QUE 10kgf/cm².

– ANTES DE INICIAR O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO DO TERRENO É IMPRECONHEVEL A EXECUÇÃO DA VIGA DE COROAMENTO (DE TOPO) DOS PERFIS METÁLICOS.

PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS

EXEMPLO:

A D 1

NÚMERO DA ESTACA

D: BORDO DIREITO

E: BORDO ESQUERDO

TRECHOS DE “A” a “N” e “V” (VADUTO)

CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS

– 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.

OBSERVAÇÕES GERAIS

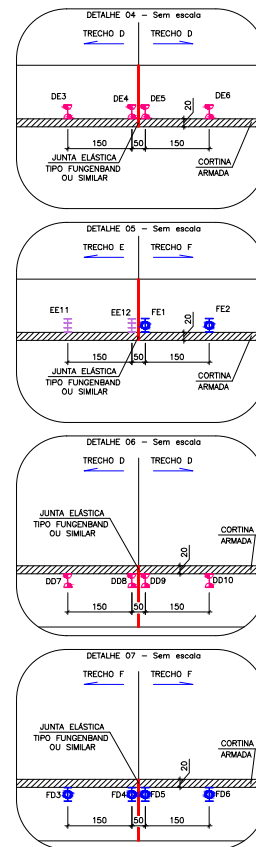
- 1 – ESTE PROJETO CONSIDEROU QUE A SUPERFÍCIE DO SOLO A SER CONTIDO SE APRESENTE PROTEGIDA/REVESTIDA, DOTADA DE SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL E, PREFERENCIALMENTE, COM INCLINAÇÃO CONTRÁRIA À ESTRUTURA DE CONTENÇÃO DE TERRA DETALHADA. PORTANTO, NÃO É CONSIDERADA A CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUA LIVRE PROVENIENTE DE CHUVAS E/OU VAZAMENTOS DE TUBULAÇÕES ATUANDO DIRETAMENTE NO SISTEMA DE CONTENÇÃO PROJETADO.
- 2 – DEVE-SE LANÇAR AREIA DURANTE A CRAVAÇÃO PARA MANter O CONFINAMENTO DA ESTACA.
- 3 – UTILIZAR CAPACETE NO TOPO DAS ESTACAS PARA EVITAR DANOS.
- 4 – CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DA ESTACA METÁLICA CRAVADA:
 - 4.1 – AS ESTACAS DE AÇO DEVEM SER RETILÍNEAS, ASSIM CONSIDERADAS AQUELAS QUE APRESENTEM FLECHA MÁXIMA DE 0,2% DO COMPRIMENTO DE QUALQUER SEGMENTO NELA CONTIDO;
 - 4.2 – ADMITEM-SE, NAS DIMENSÕES EXTERNAS DAS ESTACAS METÁLICAS, VARIAÇÕES MÁXIMAS DE 5mm EM RELAÇÃO AOS VALORES NOMINAIS (ALTURA E LARGURA);
 - 4.3 – NAS RESPECTIVAS ESPESURAS, A VARIAÇÃO NÃO PODE SER SUPERIOR A 0,5mm EM RELAÇÃO AOS VALORES NOMINAIS PREVISTOS PELO FABRICANTE;
 - 4.4 – O COMPRIMENTO CRAVADO DA ESTACA METÁLICA DEVE SER NO MÍNIMO IGUAL AO DETERMINADO NESTE PROJETO, COM VARIAÇÃO DE 5%. O COMPRIMENTO CRAVADO DA ESTACA METÁLICA DEVE ATENDER AO CRITÉRIO DE NEGA DE CRAVAÇÃO INDICADO (VER TABELA NA FOLHA 001). A IMPOSSIBILIDADE DO ATENDIMENTO A ESTE CRITÉRIO EXIGE A REVISÃO DO PROJETO DE CONTENÇÕES.
 - 4.5 – A ESTACA TEM QUE ESTAR ÍNTEGRA, APÓS A CRAVAÇÃO;
 - 4.6 – DESVIO DE LOCAÇÃO ACEITÁVEL – CONSULTAR O PROJETISTA, CASO OCORRA.
- 5 – É DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO DA OBRA O CADASTRAMENTO DE TODAS AS REDES DE CONCESSIONÁRIAS E A VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS COM AS ANCORAGENS DESTES PROJETO. AS REGIÕES COM INTERFERÊNCIA DEVEM SER COMUNICADAS AO PROJETISTA DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO ANTES DA EXECUÇÃO DAS ANCORAGENS.
- 6 – A ESCAVAÇÃO DO LOCAL DEVERÁ SER AJUSTADA AOS SERVIÇOS DA CONTENÇÃO, EM PARTICULAR A EXECUÇÃO DAS ANCORAGENS.
- 7 – AS INJEÇÕES DOS TIRANTES DEVERÃO TER ACOMPANHAMENTO RIGOROSO EM RELAÇÃO À PRESSÃO DE INJEÇÃO E VOLUME INJETADO MÁXIMO (1 A 2 SACOS DE CIMENTO POR VÁLVULA MANHETE).
- 8 – APLICAR PINTURA ANTICORROSIVA NAS ARMADURAS DOS TIRANTES PERMANENTES.
- 9 – O ACESSO AO CANTEIRO DE OBRAS É DE TOTAL RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE, QUE DEVE GARANTIR SEGURANÇA PARA AS PESSOAS E EQUIPAMENTOS.
- 10 – RECOMENDA-SE EXECUTAR O MONITORAMENTO DOS DELOCAMENTOS HORIZONTAIS DA CONTENÇÃO. OS RESULTADOS DEVEM SER ENCAMINHADOS AO PROJETISTA PARA ANÁLISE E VERIFICAÇÃO.
- 11 – QUALQUER ADVERSIDADE OU NÃO CONFORMIDADE OBSERVADA DURANTE OU APÓS A EXECUÇÃO DEVE SER COMUNICADA IMEDIATAMENTE AO PROJETISTA DA CONTENÇÃO. ESTAS SITUAÇÕES SERÃO RESOLVIDAS SEMPRE PELO CRITÉRIO DE MAIOR SEGURANÇA.

RECOMENDAÇÕES GERAIS

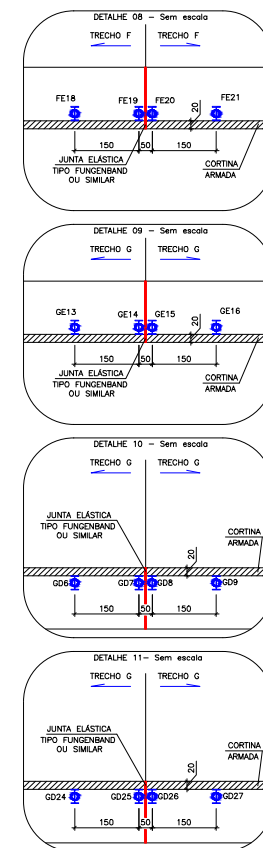
CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2010, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERIMOS QUE TODO CAMINHÃO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETARIA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.

ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHETA.

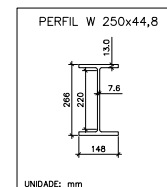
QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.

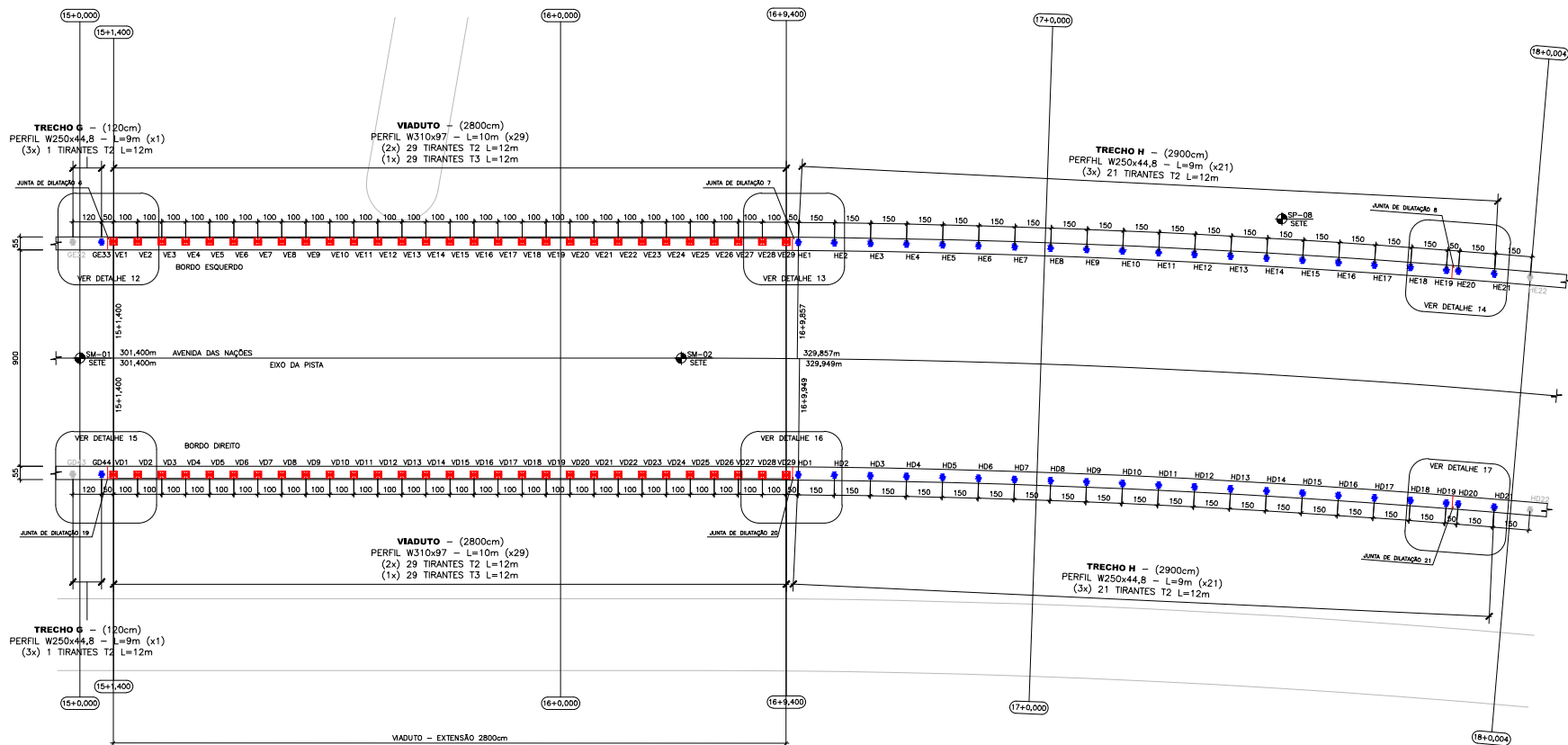


00	EMISSION INICIAL		GALVANI	DOUGLAS	17/11/22
REV.	01	DESCRIÇÃO	CÁLCULO	VERIF.	DATA
REALIZAÇÃO:					

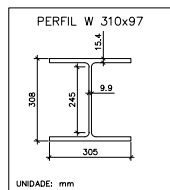
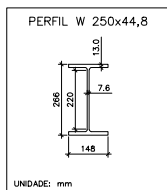


LEGENDA - FOLHA 003	
	PERFIL METÁLICO W250x44,8 - L=9m (x84) TRECHO F e G





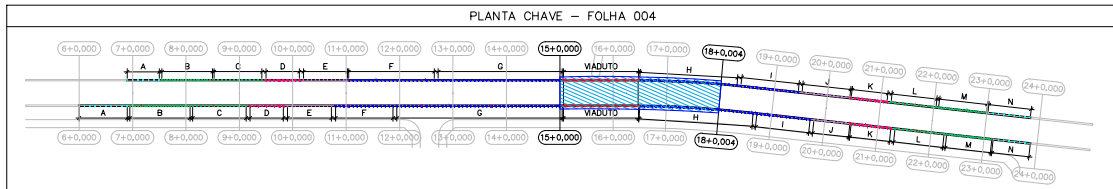
PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS – ESTACA 15+0,000 a 18+0,004
Escala Aproximada: 1/100



QUADRO DE NEGAS				
Seção (cm)	ALT. QUEDA (cm)	NEGA (mm/golpe)	CAP. CARGA (t)	PESO DO MARTELO (kg)
W310x97	90	3.0	55	4000kg

LEGENDA – FOLHA 004	
	PERFIL METÁLICO W310x97 – L=10m (x58) VIADUTO
	PERFIL METÁLICO W250x44,8 – L=9m (x44) TRECHO G e H

NORMAS E ENSAIOS	
NORMAS: - ABNT NBR 5629:2018 EXECUÇÃO DE TIRANTES ANCORADOS NO TERRENO; - ABNT NBR 6118:2014 PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO; - ABNT NBR 6122:2019 PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES; - ABNT NBR 7211:2009 AGREGADOS PARA CONCRETO – ESPECIFICAÇÕES; - ABNT NBR 7212:2012 EXECUÇÃO DE CONCRETO DOSADO EM CENTRAL – PROCEDIMENTO; - ABNT NBR 8800:2008 ESTACAS – PROJETO DE ESTRUTURAS DE AÇO E DE ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E DE CONCRETO DE EDIFÍCIOS; - ABNT NBR 11682:2009 ESTABILIDADE DE ENCOSTAS; - ABNT NBR 12655:2015 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND – PREPARO, CONTROLE, RECEBIMENTO E ACEITAÇÃO – PROCEDIMENTO. - ABNT NBR 13208:2007 ESTACAS – ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO; - ABNT NBR 16920:2021 MUIROS E TALUDES EM SOLOS REFORÇADOS	
PROVA DE CARGA – PILE DRIVING ANALYZER (PDA): DEVERÃO SER EXECUTADOS OS ENSAIOS DE CARREGAMENTO DINÂMICO EM PELO MENOS 02 ESTACAS (W310x97) DE CADA VIGA BIERÇO.	



OBSERVAÇÃO

– ONDE ESTÁ ESCRITO “TIRANTE” LE-SE “TIRANTE PASSIVO PERMANENTE”

– DEVERÃO SER FEITOS OS TIRANTES PARA O TESTE DE ARRANCAMENTO TOTAL.

– A PRESSÃO DE INJEÇÃO DA ARGAMASSA DOS TIRANTES DEVERÁ SER IGUAL OU MAIOR QUE 10kg/cm2.

– ANTES DE INICIAR O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO DO TERRENO É IMPRECONHEVEL A EXECUÇÃO DA VIGA DE COROAMENTO (DE TOPO) DOS PERFIS METÁLICOS.

PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS

EXEMPLO:

NÚMERO DA ESTACA

D: BORDO DIREITO
E: BORDO ESQUERDO

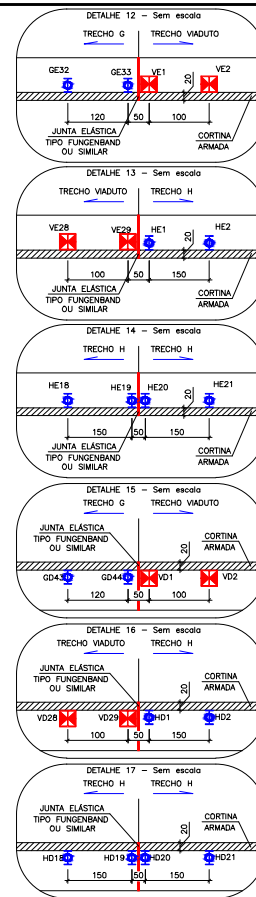
TREÇOS DE "A" e "N" e
"V" (VIADUTO)

RECOMENDAÇÕES GERAIS

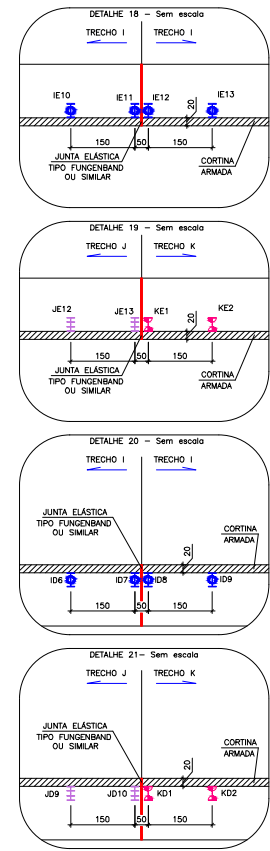
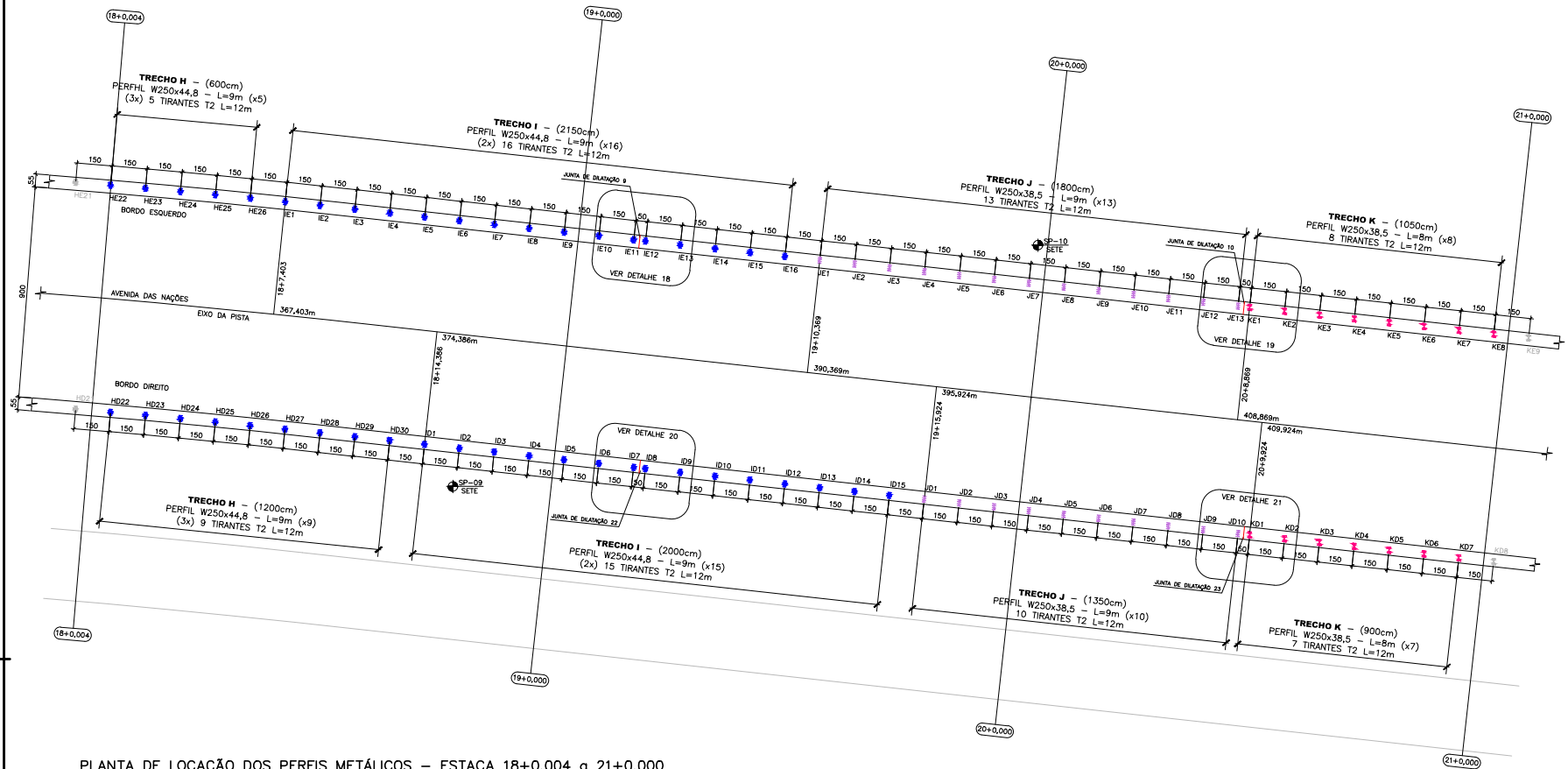
CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2015, O PROPRIETÁRIO DA OBRA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERIMOS QUE TODO CAMINHO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETIÇA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.

ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHA.

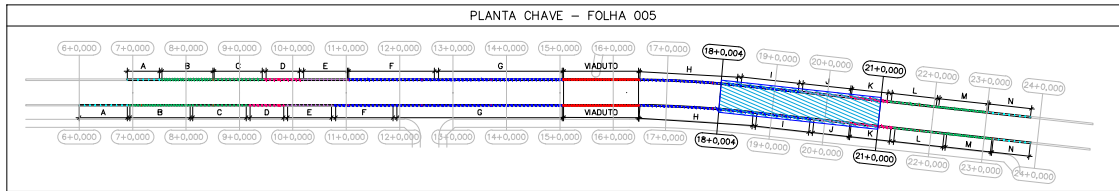
QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.



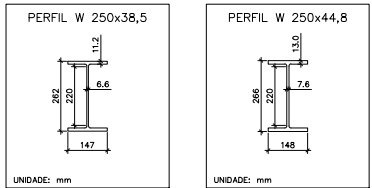
00		EMISSION INICIAL		GALVANI DOUGLAS		17/11/22	
REV.		DESCRIÇÃO		CÁLCULO		VERIF.	
REALIZAÇÃO:							
PROJETO:				FASE:			
				EXECUTIVO			
				REVISÃO:		00	
DISCIPLINA:		PROPRIETÁRIO:		DATA (O.S.):		OUT / 22	
		AUTOR DO PROJETO:		DESENHO:			
OBRA:				O.S.:		210 / 22	
LOCAL:				FORMATO:		A1	
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO				841x597mm			
ASSUNTO:				ESCALA:			
• PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS - ESTACA 15+0,000 a 18+0,004				INDICADA			
• LEGENDA				FOLHA:			
• PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS							
• CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS							
• NORMAS E ENSAIOS							
• OBSERVAÇÕES							
• RECOMENDAÇÕES GERAIS							



PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS – ESTACA 18+0,004 a 21+0,000
Escala Aproximada: 1/100

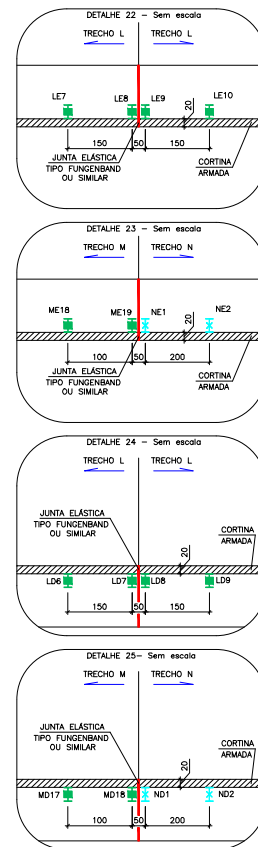
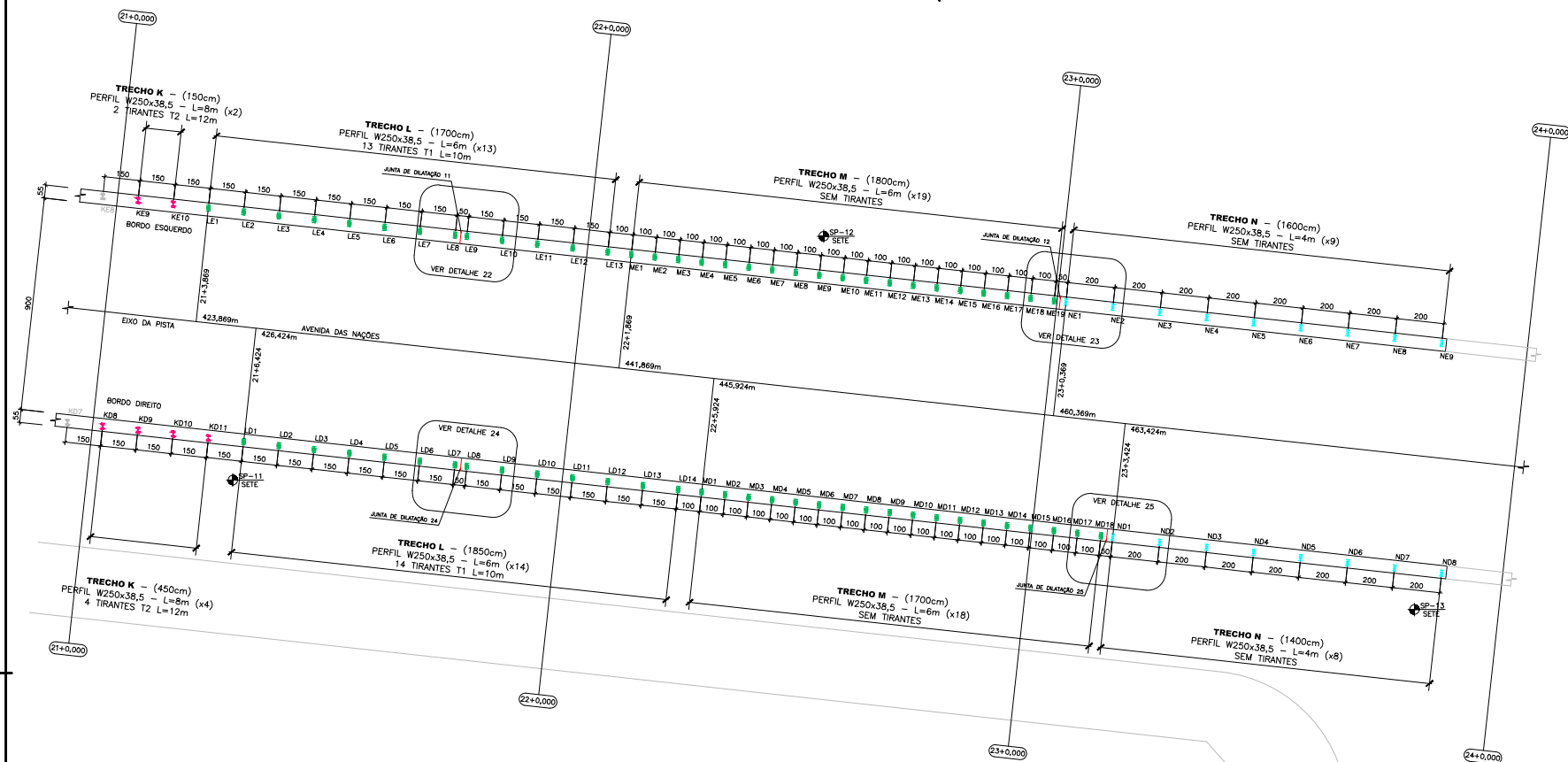


LEGENDA – FOLHA 005	
	PERFIL METÁLICO W250x44,8 – L=9m (x45) TRECHO H e TRECHO I
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=9m (x23) TRECHO J
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=8m (x15) TRECHO K

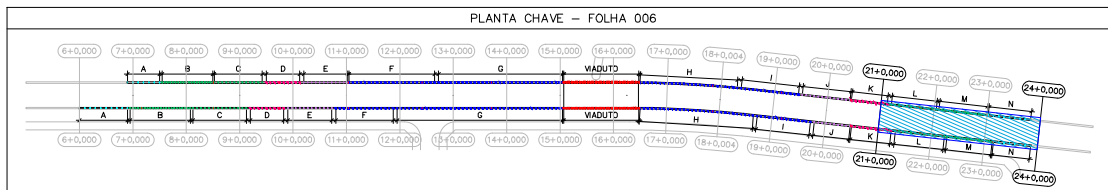


OBSERVAÇÃO	PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS	CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS	RECOMENDAÇÕES GERAIS
– ONDE ESTÁ ESCRITO “TIRANTE” LE-SE “TIRANTE PASSIVO PERMANENTE” – DEVERÃO SER FEITOS 09 TIRANTES PARA O TESTE DE ARRANCAMENTO TOTAL. – A PRESSÃO DE INJEÇÃO DA ARGAMASSA DOS TIRANTES DEVERÁ SER IGUAL OU MAIOR que 10kgf/cm². – ANTES DE INICIAR O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO DO TERRENO É IMPRECONHEVEL A EXECUÇÃO DA VOA DE COROAMENTO (DE TOPO) DOS PERFIS METÁLICOS.	EXEMPLO: A D L NÚMERO DA ESTACA D: BORDO DIRETO E: BORDO ESQUERDO TRECHOS DE “A” e “N” e “V” (VADUTO)	– 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.	CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2010, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERIMOS QUE TODO CAMINHÃO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETEIRA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO. ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHETA. QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.

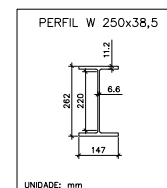
00		EMISSION INICIAL	GALVANI DOUGLAS	17/11/22
REV.		DESCRIÇÃO	CÁLCULO	VERIF. DATA
REALIZAÇÃO:				
PROJETO:		FASE:		
		EXECUTIVO		
		REVISÃO:		
		00		
DISCIPLINA:		DATA (O.S.):		
		OUT / 22		
PROPRIETÁRIO:		DESENHO:		
AUTOR DO PROJETO:				
OBRA:		O.S.:		
TRINCHERA AVENIDA DAS NAÇÕES		210 / 22		
LOCAL:		FORMATO:		
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO		A1 841x597mm		
ASSUNTO:		ESCALA:		
PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS - ESTACA 18+0,004 a 21+0,000		INDICADA		
LEGENDA		FOLHA:		
PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS				
CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS				
OBSERVAÇÕES				
RECOMENDAÇÕES GERAIS				



PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS – ESTACA 21+0,000 a 24+0,000
Escala Aproximada: 1/100



LEGENDA – FOLHA 006	
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=8m (x6) TRECHO K
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=6m (x4) TRECHO L e TRECHO M
	PERFIL METÁLICO W250x38,5 – L=4m (x7) TRECHO N



00		EMISSION INICIAL	GALVANI DOUGLAS	17/11/22
REV.		DESCRIÇÃO	CÁLCULO	VERIF. DATA
REALIZAÇÃO:				
PROJETO:		FASE: EXECUTIVO		
		REVISÃO: 00		
DISCIPLINA:		PROPRIETÁRIO:	DATA (O.S.):	OUT / 22
		AUTOR DO PROJETO:	DESENHO:	
OBRA:		O.S.: 210 / 22		
LOCAL:		FORMATO: A1 841x597mm		
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO		INDICADA		
ASSUNTO:		FOLHA:		
21+0,000 a 24+0,000		006		
- PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PERFIS METÁLICOS - ESTACA 21+0,000 a 24+0,000				
- PLANTA CHAVE				
- LEGENDA				
- PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS				
- CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS				
- OBSERVAÇÕES				
- RECOMENDAÇÕES GERAIS				

CONFERÊNCIAS
01 07 001
02 07 002
03 07 003
04 07 004
05 07 005
06 07 006
07 07 007
08 07 008
09 07 009
10 07 010
11 07 011
12 07 012
13 07 013
14 07 014
15 07 015
16 07 016
17 07 017
18 07 018
19 07 019
20 07 020
21 07 021
22 07 022
23 07 023
24 07 024
25 07 025
26 07 026
27 07 027
28 07 028
29 07 029
30 07 030
31 07 031
32 07 032
33 07 033
34 07 034
35 07 035
36 07 036
37 07 037
38 07 038
39 07 039
40 07 040
41 07 041
42 07 042
43 07 043
44 07 044
45 07 045
46 07 046
47 07 047
48 07 048
49 07 049
50 07 050
51 07 051
52 07 052
53 07 053
54 07 054
55 07 055
56 07 056
57 07 057
58 07 058
59 07 059
60 07 060
61 07 061
62 07 062
63 07 063
64 07 064
65 07 065
66 07 066
67 07 067
68 07 068
69 07 069
70 07 070
71 07 071
72 07 072
73 07 073
74 07 074
75 07 075
76 07 076
77 07 077
78 07 078
79 07 079
80 07 080
81 07 081
82 07 082
83 07 083
84 07 084
85 07 085
86 07 086
87 07 087
88 07 088
89 07 089
90 07 090
91 07 091
92 07 092
93 07 093
94 07 094
95 07 095
96 07 096
97 07 097
98 07 098
99 07 099
100 07 100

OBSERVAÇÃO

— ONDE ESTÁ ESCRITO “TIRANTE” LE-SE “TIRANTE PASSIVO PERMANENTE”

— DEVERÃO SER FEITOS OS TIRANTES PARA O TESTE DE ARRANCAMENTO TOTAL.

— A PRESSÃO DE INJEÇÃO DA ARGAMASSA DOS TIRANTES DEVERÁ SER IGUAL OU MAIOR QUE 10kgf/cm2.

— ANTES DE INICIAR O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO DO TERRENO É IMPRECONHEVEL A EXECUÇÃO DA VIGA DE COROAMENTO (DE TOPO) DOS PERFIS METÁLICOS.

PADRÃO DE NOMENCLATURA DAS ESTACAS

EXEMPLO

A D L NÚMERO DA ESTACA
D: BORDO DIREITO
E: BORDO ESQUERDO
TRECHOS DE “A” e “N” e “V” (VIADUTO)

CARACTERÍSTICAS DO AÇO DAS ESTACAS METÁLICAS

— 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.

RECOMENDAÇÕES GERAIS

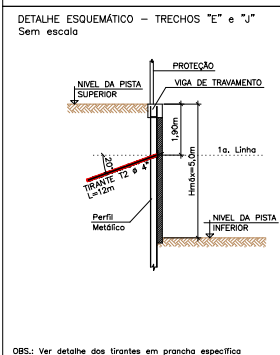
CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2010, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERIMOS QUE TODO CAMINHÃO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETEIRA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.

ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHETA.

QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.

- ANTES DE INICIAR O PROCESSO DE ESCAVAÇÃO DO TERRENO É IMPRESCINDÍVEL A EXECUÇÃO DA VIGA DE COROAMENTO (DE TOPO) DOS PERIS METÁLICOS.

DETALHES DOS CORTES – SEM ESCALA



DETALHE ESQUEMÁTICO – TRECHOS "F" e "I"
Sem escala

NÍVEL DA PISTA SUPERIOR

PROTEÇÃO

VIGA DE TRAVAMENTO

1,50m

4,80m

5,0m

1a. Linha

2a. Linha

NÍVEL DA PISTA INFERIOR

Perfil Metálico

TIRANTE 12 x 4' L=12m

TIRANTE 12 x 4' L=12m

OBS.: Ver detalhe dos tirantes em prancha específica

DETALHE ESQUEMÁTICO – TRECHOS “G” e “H”
Sem escala

PROTEÇÃO

NÍVEL DA PISTA SUPERIOR

VIGA DE TRAVESSAMENTO

1,50m

3,60m

5,70m

H=6,7m

1a. Linha

2a. Linha

3a. Linha

NÍVEL DA PISTA INFERIOR

TIRANTE 12 x 4" L=12m

TIRANTE 12 x 4" L=12m

TIRANTE 12 x 4" L=12m

Pavimento Metálico

OBS.: Ver detalhe dos tirantes em prancha específica

DETALHE ESQUEMÁTICO – TRECHO “VIADUTO”
Sem escala

PROTEÇÃO

NÍVEL DA PISTA SUPERIOR

VIGA DE TRAVAMENTO

1,25m

3,00m

5,70m

6,7m

1ª. Linha

2ª. Linha

3ª. Linha

NÍVEL DA PISTA INFERIOR

TRANTE 13 x 6
L=12m

TRANTE 12 x 4
L=12m

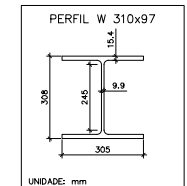
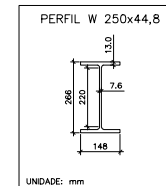
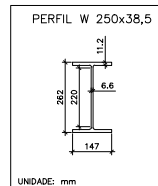
TRANTE 12 x 4
L=12m

Perfil Metálico

OBS.: Ver detalhes dos trantes em prancha específica

1- NO ALINHAMENTO, LOCAR PERFIS AFASTADOS 20cm DA BORDA DA PISTA;

2- NA EXECUÇÃO DOS GABARITOS, DEVERÃO SER VERIFICADAS E REMOVIDAS TODAS AS INTERFERÊNCIAS EXISTENTES NO PONTO DA CRAVAÇÃO.



DETALHE GENÉRICO - VIGA DE COROAMENTO DOS PERFIS
Sem escala

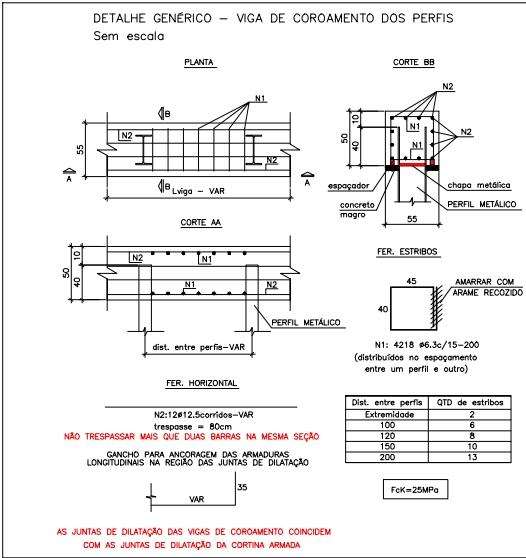


TABELA DAS VIGAS DE COROAMENTO DOS PERFIS (VIGAS DE TOPO)													
BORDO	TRECHOS	LOCALAÇÃO	VIGAS	FERREJES HORIZONTAL						ESTRIBOS			
				Comp. Util. (m)	Volume Concreto (m ³)	Ø (mm)	Quant.	Comp. Util. (m)	Comp. Total (m)	Ø (mm)	Quant.	Util. (m)	Comp. Total (m)
Esquerda	A e B	Início a J01	V1	32,45	8,92	12,5	6	34,35	412,20	6,3	202	2,00	404,40
Esquerda	C e D	J01 a J02	V2	24,50	6,74	12,5	6	26,40	316,80	6,3	164	2,00	328,00
Esquerda	D e E	J02 a J03	V3	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Esquerda	F	J03 a J04	V4	27,50	7,56	12,5	6	29,40	352,80	6,3	184	2,00	368,00
Esquerda	F e G	J04 a J05	V5	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Esquerda	G	J05 a J06	V6	26,90	7,40	12,5	6	28,80	345,60	6,3	180	2,00	360,00
Esquerda	H	J07 a J08	V7	27,50	7,56	12,5	6	29,40	352,80	6,3	184	2,00	368,00
Esquerda	H e I	J08 a J09	V8	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Esquerda	I e J	J09 a J10	V9	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Esquerda	K e L	J10 a J11	V10	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Esquerda	L e M	J11 a J12	V11	25,50	7,01	12,5	6	27,40	328,80	6,3	158	2,00	316,00
Esquerda	N	J12 ao FIM	V12	16,45	4,52	12,5	6	18,35	220,20	6,3	108	2,00	216,00
Direita	A e B	INÍCIO a J03	V13	23,45	6,45	12,5	6	25,35	304,20	6,3	151	2,00	302,00
Direita	B e C	J03 a J04	V14	27,00	7,43	12,5	6	28,90	346,80	6,3	168	2,00	336,00
Direita	D e E	J04 a J05	V15	24,50	6,74	12,5	6	26,40	316,80	6,3	164	2,00	328,00
Direita	D, E e F	J05 a J06	V16	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Direita	F e G	J06 a J07	V17	27,50	7,56	12,5	6	29,40	352,80	6,3	184	2,00	368,00
Direita	G	J07 a J08	V18	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Direita	G	J08 a J09	V19	26,90	7,40	12,5	6	28,80	345,60	6,3	180	2,00	360,00
Direita	H	J09 a J10	V20	27,50	7,56	12,5	6	29,40	352,80	6,3	184	2,00	368,00
Direita	H e I	J10 a J11	V21	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Direita	I e J	J11 a J12	V22	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Direita	K e L	J12 a J13	V23	26,00	7,15	12,5	6	27,90	334,80	6,3	174	2,00	348,00
Direita	L e M	J13 a J14	V24	27,50	7,56	12,5	6	29,40	352,80	6,3	172	2,00	344,00
Direita	N	J14 ao FIM	V25	14,45	3,97	12,5	6	16,35	196,20	6,3	95	2,00	191,00

RECOMENDAÇÕES GERAIS

CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655-2010, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERINDO QUE TODO O MANEJO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETORA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS, ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.

ESTE PROJETO SO TEM VALIDADE SE PLATADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLATAGEM NO CANTO ESQUERDO INTERIOR DA FRANCHA.

QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.

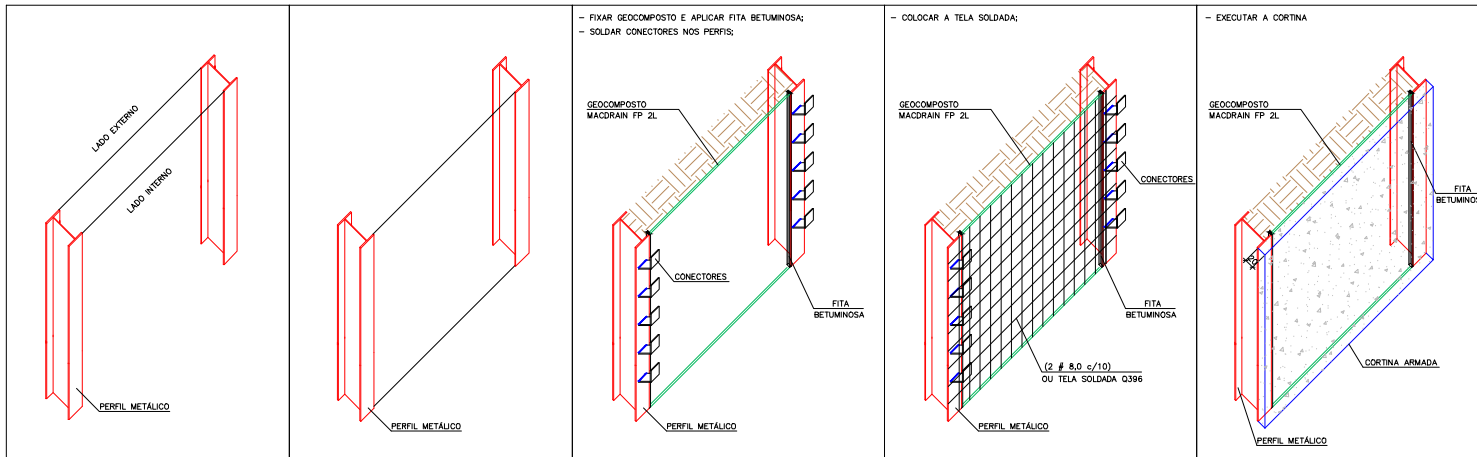
00	EMISSÃO INICIAL	GALVANI	DOUGLAS	17/11/22	
RFV.	DESCRIÇÃO	CÁLCULO	VERIF.	DATA	
REALIZAÇÃO					
PROJETO:				FASE	
				EXECUTIVO	
				REVISÃO:	
				00	
DISCIPLINA		PROPRIETÁRIO:		DATA (O.S.):	
CONTEÇÃO				OUT / 22	
		AUTOR DO PROJETO:		DESENHO:	
OBRA:				O.S.:	
TRINCHERA AVENIDA DAS NAÇÕES				210 / 22	
LOCAL:				FORMATO:	
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO				A1 841x597mm	
ASSUNTO:				ESCALA:	
- DETALHES DOS CORTES - ORIENTAÇÕES EXECUTIVAS - DETALHE GÊNÉRICO: VIGA DE COROAMENTO DOS PERFIS - TABELA E RESUMO DE AÇO DAS VIGAS DE COROAMENTO DOS PERFIS - RECOMENDAÇÕES GERAIS				INCADICA FOLHA:	
				007	

OS DIREITOS AUTORAIS DESTES PROJETOS PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS
É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO, MODIFICAÇÃO E/OU ALTERAÇÃO. LEI 9610 DE 1998

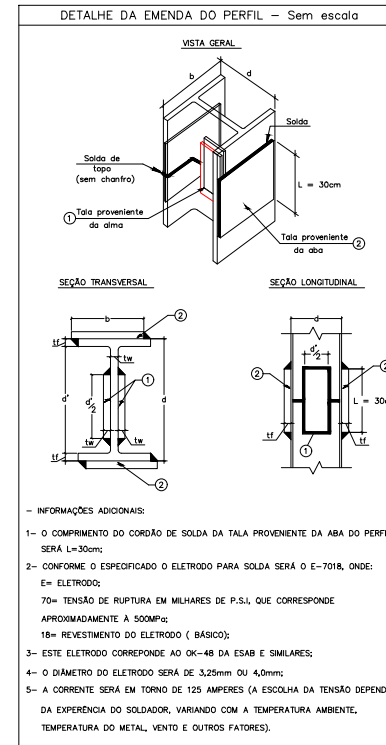
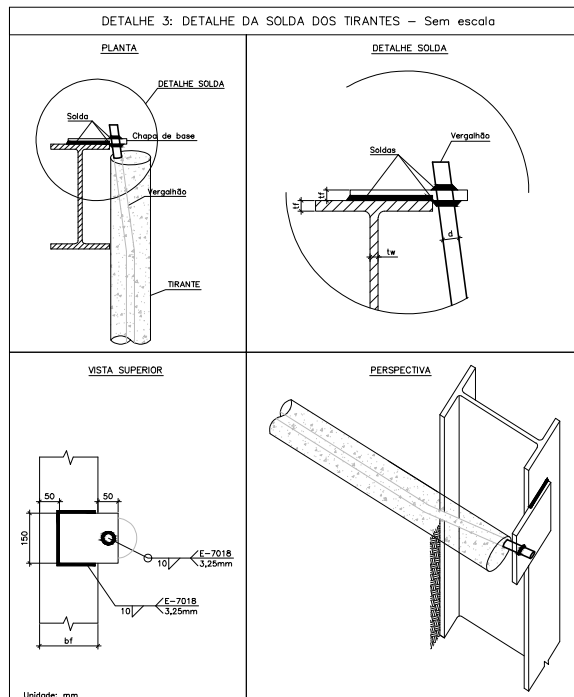
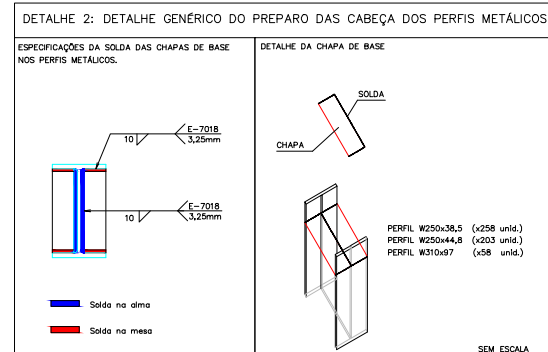
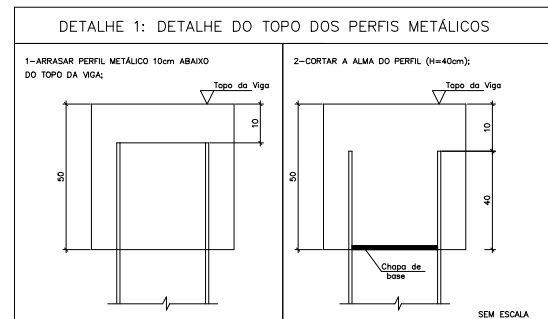
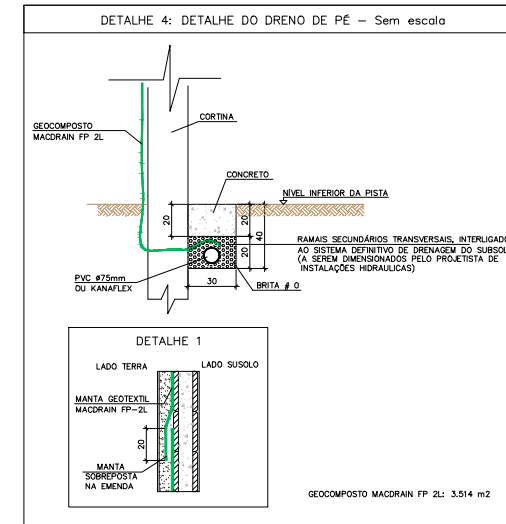
PROCESSO EXECUTIVO DE ESCAVAÇÃO:

- 1- TODOS OS PERFIS METÁLICOS SERÃO CRAVADOS E ARRASADOS 10cm ABAIXO DO NÍVEL DO TERRENO NATURAL;
- 2- ENCAIXAR E SOLDAR AS CHAPAS DE BASE NOS PERFIS METÁLICOS, CONFORME DETALHES 1 e 2;
- 3- ANTES DE ESCAVAR O TERRENO, EXECUTAR VIGA NO TOPO (VIGA DE COROAMENTO) DOS PERFIS METÁLICOS (VER DETALHE GÊNÉRICO-VIGA DE COROAMENTO DOS PERFIS), EXECUTAR VIGA BERÇO NA REGIÃO DO VIADUTO;
- 4- ANTES DE EXECUTAR A CORTINA ARMADA EM TODOS OS TRECHOS, FIXAR O GEOCOMPOSTO E APLICAR FITA BETUMINOSA, CONFORME DETALHE ABAIXO;

OBS: ONDE ESTÁ ESCRITO "TIRANTE", LE-SE "TIRANTE PASSIVO PERMANENTE".

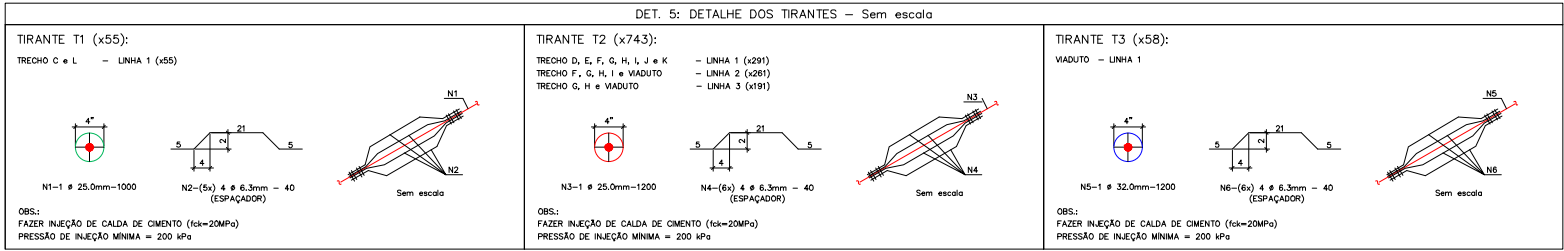


- 5- ESCAVAR O TERRENO ATÉ O NÍVEL DA PISTA INFERIOR NOS TRECHOS A, B, M e N. EXECUTAR A CORTINA ARMADA NOS TRECHOS A, B, M e N ATÉ 20cm ABAIXO DA COTA DA PISTA INFERIOR;
- 6- NOS TRECHOS C, D, E, F, G, VIADUTO, H, I, J, K e L, ESCAVAR O TERRENO ATÉ 20cm ABAIXO DA COTA DA 1ª LINHA DE TIRANTES. EXECUTAR OS TIRANTES NAS RESPECTIVAS COTAS. FAZER UM FURO NO GEOCOMPOSTO NA REGIÃO DO TIRANTE, VEDAR OS FUIROS NO GEOCOMPOSTO COM FITA BETUMINOSA. EM PLANTA, OS TIRANTES SERÃO EXECUTADOS AO LADO DOS PERFIS METÁLICOS (ENCOSTADOS) E SOLDADOS CONFORME DETALHE 3. EXECUTAR A CORTINA ARMADA ATÉ A COTA DA 1ª LINHA DE TIRANTES;
- 7- NOS TRECHOS C, D, E, G, K e L, ESCAVAR E EXECUTAR A CORTINA ARMADA ATÉ 20cm ABAIXO DO NÍVEL DA PISTA INFERIOR;
- 8- NOS TRECHOS F, G, VIADUTO, H e I, ESCAVAR O TERRENO ATÉ 20 cm ABAIXO DA COTA DA 2ª LINHA DE TIRANTES. EXECUTAR OS TIRANTES NAS RESPECTIVAS COTAS. FAZER UM FURO NO GEOCOMPOSTO NA REGIÃO DO TIRANTE, VEDAR OS FUIROS NO GEOCOMPOSTO COM FITA BETUMINOSA. EM PLANTA, OS TIRANTES SERÃO EXECUTADOS AO LADO DOS PERFIS METÁLICOS (ENCOSTADOS) E SOLDADOS CONFORME DETALHE 3. EXECUTAR A CORTINA ARMADA ATÉ A COTA DA 2ª LINHA DE TIRANTES;
- 9- NOS TRECHOS F e I, ESCAVAR E EXECUTAR A CORTINA ARMADA ATÉ 20cm ABAIXO DO NÍVEL DA PISTA INFERIOR;
- 10- NOS TRECHOS G, VIADUTO e H, ESCAVAR O TERRENO ATÉ 20 cm ABAIXO DA COTA DA 3ª LINHA DE TIRANTES. EXECUTAR OS TIRANTES NAS RESPECTIVAS COTAS. FAZER UM FURO NO GEOCOMPOSTO NA REGIÃO DO TIRANTE, VEDAR OS FUIROS NO GEOCOMPOSTO COM FITA BETUMINOSA. EM PLANTA, OS TIRANTES SERÃO EXECUTADOS AO LADO DOS PERFIS METÁLICOS (ENCOSTADOS) E SOLDADOS CONFORME DETALHE 3. EXECUTAR A CORTINA ARMADA ATÉ A COTA DA 3ª LINHA DE TIRANTES;
- 11- NOS TRECHOS G, VIADUTO e H, ESCAVAR O TERRENO E EXECUTAR A CORTINA ARMADA ATÉ 20 cm ABAIXO DO NÍVEL DA PISTA INFERIOR.
- 12- EXECUTAR O DRENO DE PÉ (CONFORME DETALHE 4) E CONECTAR O DRENO A DRENAGEM GERAL DA OBRA;
- 13- OS TIRANTES SERÃO PERMANENTES, PORTANTO, NÃO PODERÃO SER DESCONECTADOS.



RECOMENDAÇÕES GERAIS			
CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2015, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO. SUGERIMOS QUE TODO CAMINHÃO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETEIRA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.			
ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHETA.			
QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.			

00	EMISSÃO INICIAL	GALVANI	DOUGLAS 17/11
REV.	DESCRIÇÃO	CÁLCULO	VERIF. DA
REALIZAÇÃO:			
PROJETO:		FASE:	
		EXECUTIVO	
		REVISÃO:	
		00	
DISCIPLINA:		DATA (O.S.):	
		OUT / 22	
PROPRIETÁRIO:		DESENHO:	
AUTOR DO PROJETO:			
CONTENÇÃO			
OBRA:		O.S.:	
TRINCHIEIRA AVENIDA DAS NAÇÕES		210 / 22	
LOCAL:		FORMATO:	
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO		A1 841x597mm	
ASSUNTO:		ESCALA:	
- PROCESSO EXECUTIVO DE ESCAVAÇÃO		INDICADA	
- DETALHE DO TOPO DOS PERFIS METÁLICOS		FOLHA:	
- DETALHE GÊNÉRICO DO PREPARO DAS CABEÇAS DOS PERFIS METÁLICOS			
- DETALHE DA SOLDA DOS TIRANTES			
- DETALHE DO DRENO DE PÉ			
- DETALHE DA EMENDA DO PERFIL			
- RECOMENDAÇÕES GERAIS			
		008	



QUADRO DE FERRAGEM DOS TIRANTES (AÇO CA-50)					RESUMO DA FERRAGEM DOS TIRANTES			
N	Ø (mm)	Quant.	Comp. unit. (m)	Comp. total (m)	Ø (mm)	Massa (kg/m)	Comp. total (m)	Peso total (kg)
1	25.0	55	10,00	550,00	6.3	0,245	8.129,60	1.992
2	6.3	1.100	0,40	440,00	25.0	3,853	9.466,00	36.472
3	25.0	743	12,00	8.916	32.0	6,313	696,00	4.394
4	6.3	17.832	0,40	7.132,80	TOTAL			
5	32.0	58	12,00	696,00				
6	6.3	1.392	0,40	556,80				

Ø mm	R cm	L cm
5.0	1.25	2.75
6.3	1.5	3.5
8.0	2.0	4.5
10.0	2.5	5.5
12.5	3.0	6.5
16.0	4.0	9.0
20.0	8.0	16.0
25.0	10.0	20.0
32.0	12.8	25.0

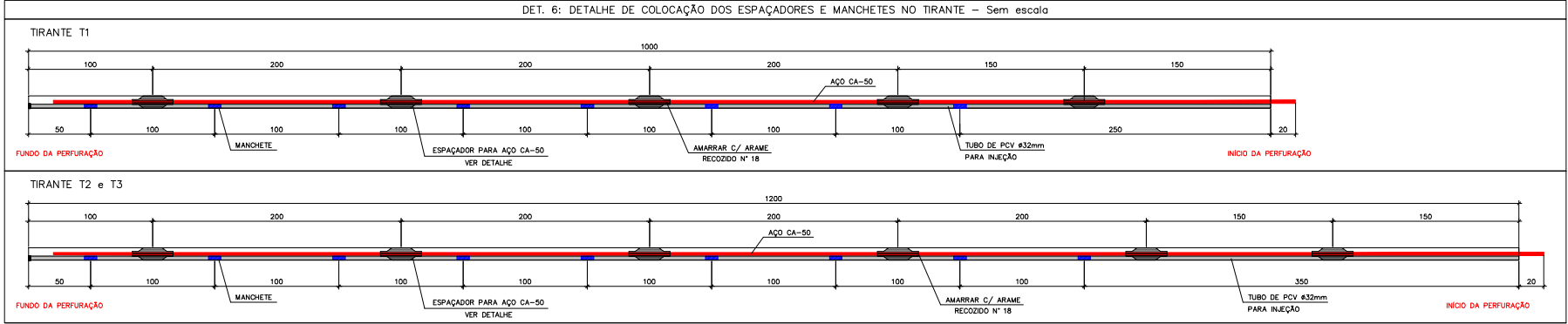
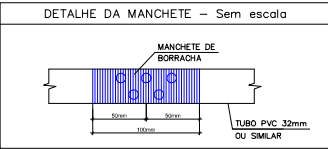
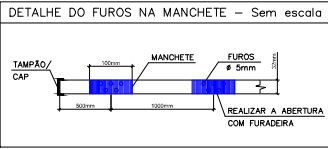
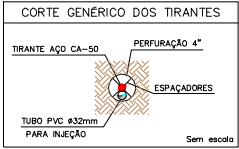


TABELA DE TIRANTES										
DETALHE (n°)	POSIÇÃO	TRECHO	COTA DE INSTALAÇÃO (m)	CONDIÇÃO	QUANT.	DIÂMETRO	INCLINAÇÃO	CARGA MÁX. (t)	QUANT. DE MANCHETES POR TIRANTE	COMP. MANCHETADO (m)
T1	L1	C e L	VAR	PERMANENTE	55	4"	20°	8,0	8	7,5
T2	L1, L2 e L3	D, E, F, G, H, I, J, K e VIADUTO	VAR	PERMANENTE	743	4"	20°	10,5	9	8,5
T3	L1	VIADUTO	VAR	PERMANENTE	58	4"	20°	14,4	9	8,5
TOTAL					856 UNID.				7.649 UNID.	10.162m

MATERIAIS PARA OS TIRANTES

- CIMENTO: 10.856 SACOS DE 50kg;
- TUBOS DE PVC 32mm: 1.694 BARRAS DE 6 METROS;
- CAP PARA TUBO DE PVC 32mm: 856 UNIDADES;
- CHAPAS DE BASE: 856 UNIDADES

OBS: ONDE ESTÁ ESCRITO "TIRANTE", LE-SE "TIRANTE PASSIVO PERMANENTE".



RECOMENDAÇÕES GERAIS			
CONFORME OS ITENS 4 e 5 DA ABNT NBR 12655:2010, O PROPRIETÁRIO DA OBRA OU RESPONSÁVEL TÉCNICO, POR ELE DESIGNADO, DEVE GARANTIR AS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO CONCRETO, SUGERIMOS QUE TODO CAMINHÃO DE CONCRETO DEVE TER SEU CONTROLE TECNOLÓGICO REALIZADO POR LABORATÓRIO IDÔNEO, INDEPENDENTE DA CONCRETEIRA, E OS SEUS RESULTADOS DE 7 e 28 DIAS ENCAMINHADOS AO PROPRIETÁRIO OU RT DA OBRA COM CÓPIA PARA A EXECUTORA DA FUNDAÇÃO.			
ESTE PROJETO SÓ TERÁ VALIDADE SE PLOTADO COLORIDO. VER CONFIGURAÇÕES DE PLOTAGEM NO CANTO ESQUERDO INFERIOR DA PRANCHA.			
QUALQUER DIVERGÊNCIA ENTRE TEXTOS, COTAS E DESENHO, PREVALECEM OS TEXTOS E COTAS.			

PROJETO:	FASE:
	EXECUTIVO
DISCIPLINA:	REVISÃO:
	00
DISCIPLINA:	DATA (O.S.):
	OUT / 22
OBRA:	DESENHO:
TRINCHEIRA AVENIDA DAS NAÇÕES	
LOCAL:	O.S.: 210 / 22
AVENIDA DAS NAÇÕES, SETOR PONTAL SUL, APARECIDA DE GOIÂNIA-GO	FORMATO: A1 841x597mm
ASSUNTO:	ESCALA:
• DETALHE DOS TIRANTES	INDICADA
• QUADRO E RESUMO DE FERRAGEM DOS TIRANTES	
• TABELA DE DOBRAS	FOLHA:
• DETALHE DE COLOCAÇÃO DOS ESPAÇADORES E MANCHETES NO TIRANTE	
• TABELA DE TIRANTES	
• MATERIAIS PARA OS TIRANTES	
• CORTE GÊNÉRICO E DETALHES DAS MANCHETES	
• RECOMENDAÇÕES GERAIS	

