
Ao
DER/DF – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO DISTRITO FEDERAL
A Srta. Eng.^a Danielle de Talita de Lima Ferreira - Gestora do Contrato
Ao Sr. Eng.^o Agelson Lima de Souza - Fiscal Técnico e Administrativo

Prezados

Vimos através da presente, atendendo ao CONTRATO Nº 056/2023, Convite nº 001/2023 encaminhar a vossa apreciação, o RELATORIO DA CONCEPÇÃO DE ENGENHARIA A SERA ADOTADA PARA A PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR NA RODOVIA DF-180, KM-19,5, contendo 21 laudas e 25 imagens, planilhas e figuras.

Certo de desta forma estar cumprindo com o contratado, firmamos votos de elevada estima e distinta consideração, colocando-se à disposição para prestar outros esclarecimentos eventualmente requisitados.

Atenciosamente

Laércio Telles
Engenheiro Civil
Crea/SC 055813-0

**ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE ESTABILIDADE DOS TALUDES PARA A
PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR NA RODOVIA DF-180, KM 19,5 NA
REGIÃO DE CEILÂNDIA/DF.**

INDICE

INDICE	3
1. PRELIMINARES	4
2. ÂMBITO	4
3. LOCALIZAÇÃO	4
4. DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA	6
5. ENSAIO DE GRANULOMETRIA.....	8
6. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	10
7. ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO	11
8. ANÁLISE DOS TALUDES	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
BIBLIOGRAFIA.....	21
ANEXO I RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 58/2023 DE 08/09/2023 ENSAIOS GEOTÉCNICOS EM SOLO.....	22

1. PRELIMINARES

O presente documento refere-se ao ESTUDOS GEOTÉCNICOS DE ESTABILIDADE DOS TALUDES PARA A PONTE SOBRE O RIO MELCHIOR NA RODOVIA DF-180, KM 19,5 NA REGIÃO DE CEILÂNDIA/DF, justificando as soluções adotadas.

2. ÂMBITO

Trata-se da construção de nova OAE sobre o Rio Melchior em função da demolição da OAE que se encontra atualmente no local, sendo que este documento está limitado a apresentação na proposta de tratamento dos taludes dos encontros indicando a solução técnica apresentada, prezando pela melhor técnica, facilidade de execução, recursos técnicos envolvidos próximos ao local de execução e ainda primando pela economia para o órgão público.

3. LOCALIZAÇÃO

Localiza-se na Rodovia DF-180, km 19,5, região de Ceilândia, e liga as Rodovias BR-070 ao nordeste e a DF-280 ao sul conforme imagens abaixo.

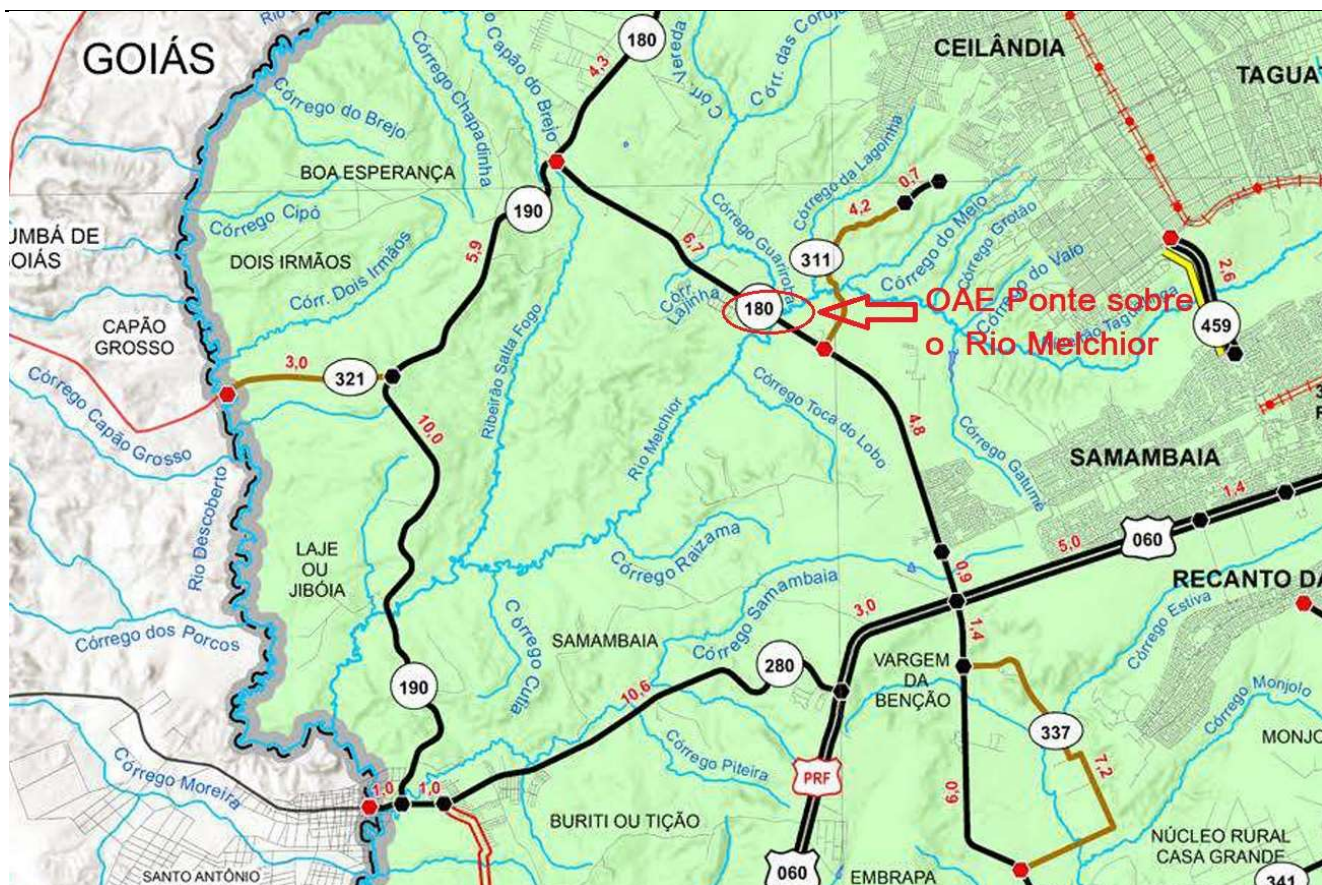


Imagem n.º 01 – Localização da Ponte sobre o Rio Melchior Rodovia DF-180, KM 19,5.



Imagem n.º 02 – Localização da Ponte sobre o Rio Melchior Rodovia DF-180, KM 19,5 Google Earth (2023).



Imagem n.º 03 – Localização da Ponte sobre o Rio Melchior Rodovia DF-180, KM 19,5 Google Earth (2023).

4. DA CONCEPÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA

Do Estudo preliminar como proposta de concepção estrutural, retirado do RELATÓRIO DA CONCEPÇÃO DE SOLUÇÃO DE ENGENHARIA A SER ADOTADA, as seguintes dimensões e características básicas para a OAE Ponte sobre o Rio Melchior:

- Classe 45 – TB45 Homogeneizado;
- Rodovia classe IB (ondulada);
- Extensão 50,20 metros, dois vão isostático de 25,0 metros;
- Largura 12,80 m;
- Em ponto de curva do fluxo do Rio Melchior;
- Borda livre 2,00 metros;
- Longarinas pré-moldadas/pré-fabricadas em concreto protendido;
- Demais elementos estruturais em concreto armado;
- fundação em blocos sobre estacas hélice contínua.

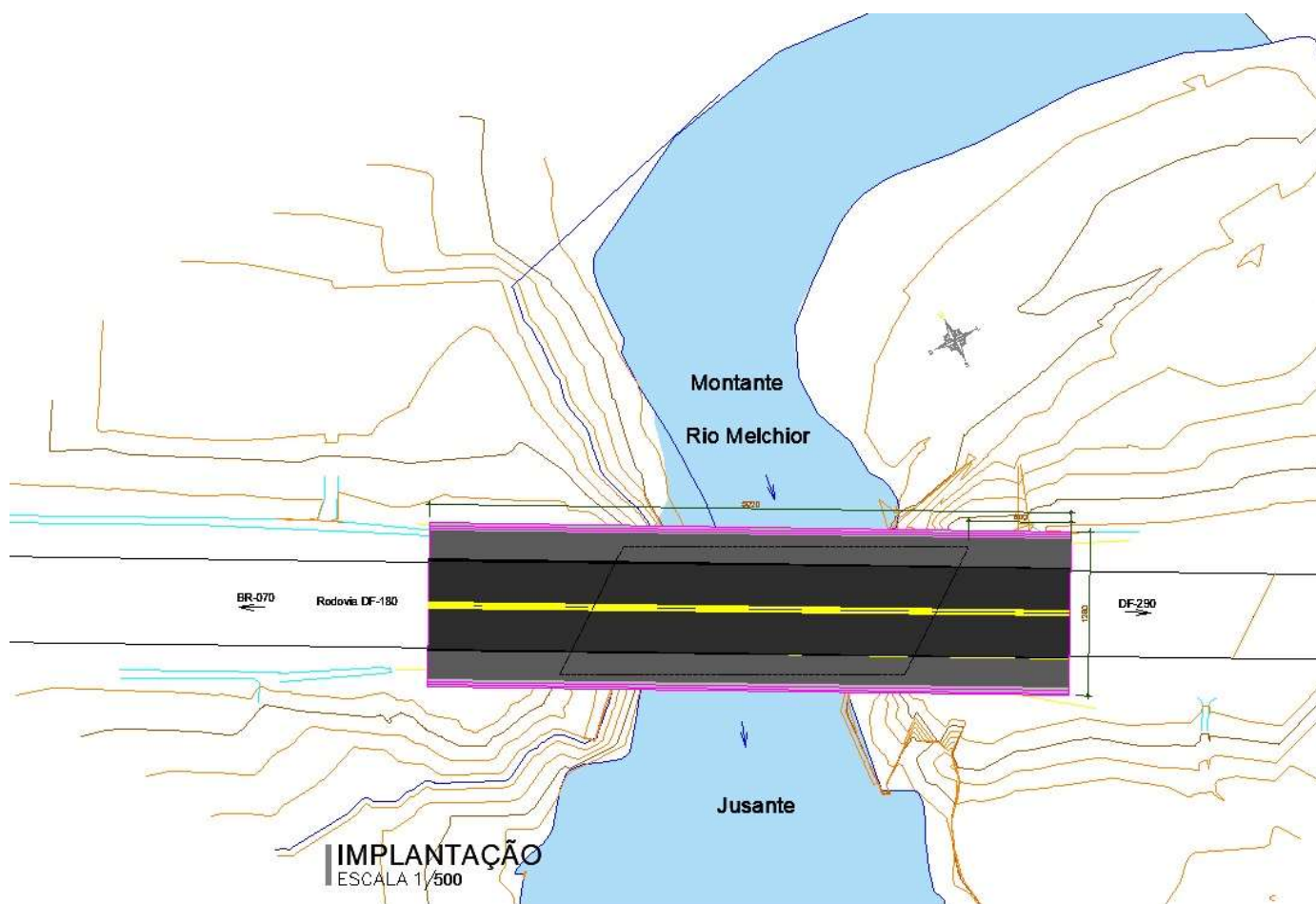


Imagem n.º 04 – Implantação da nova OAE Ponte sobre o Rio Melchior

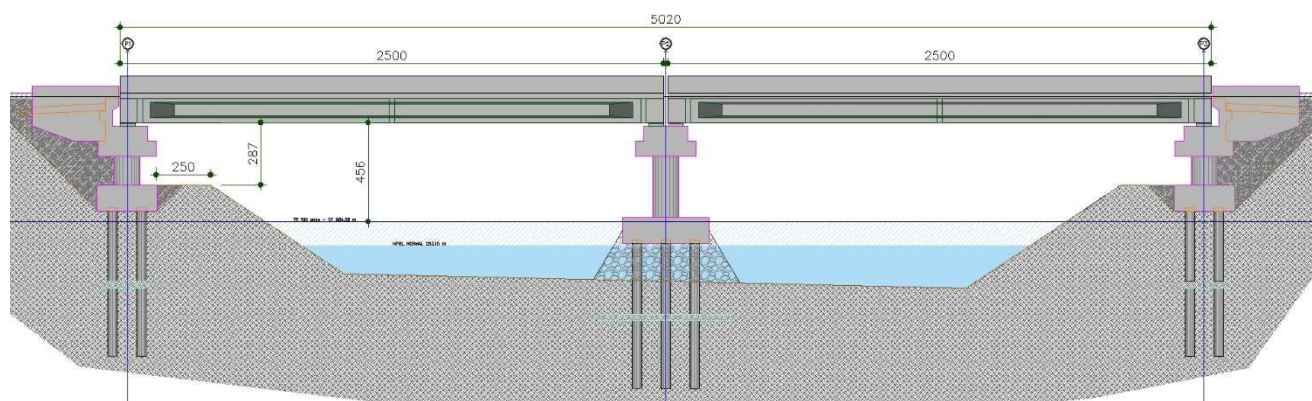


Imagem n.º 05– Elevação sudoeste da nova OAE Ponte sobre o Rio Melchior

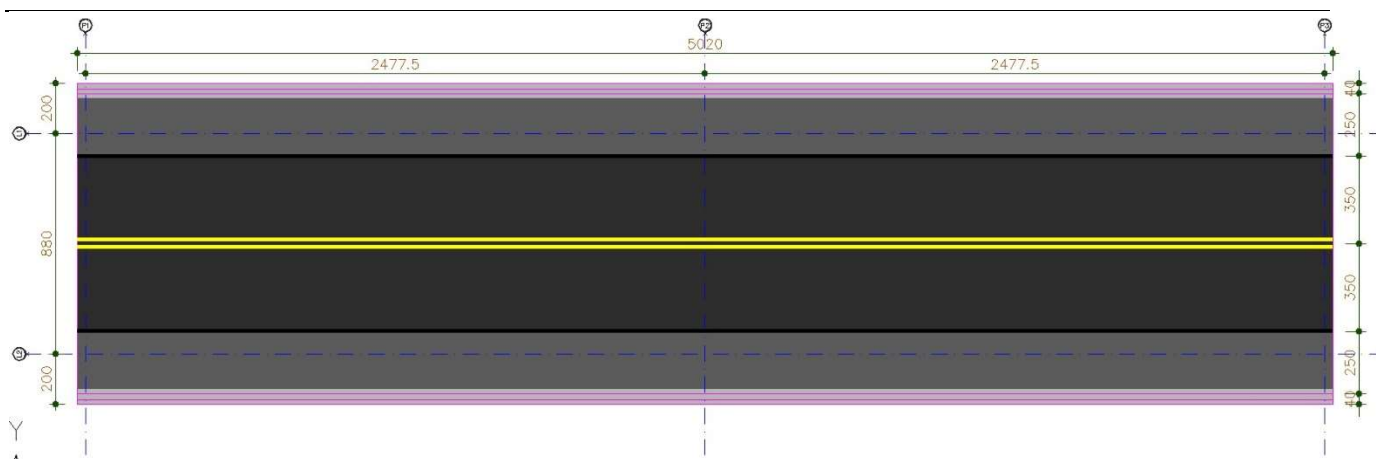


Imagem n.º 06 – Planta baixa da nova OAE Ponte sobre o Rio Melchior

Assim, para análise geotécnica do taludes, é necessário o conhecimento de características geotécnicas do solo do local de implantação. Estas características no balizaram para elaboração e escolha da melhor técnica a ser aplicada no tratamento dos taludes do encontros. Assim, fez necessário a elaboração do ensaio de granulometria, do ensaio de compactação e no cisalhamento do solo local, para tanto foi retirada amostra do local e o envio para o Laboratório de Mecânica dos Solos – LMS do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

No laboratório forma executados os ensaios geotécnicos do solo da amostra sendo emitido o relatório em Anexo com todos os dados referente as cacterísticas e condições locais.

5. ENSAIO DE GRANULOMETRIA

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Através dos resultados obtidos desse ensaio é possível a construção da curva de distribuição granulométrica, tão importante para a classificação dos solos bem como a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc.

A determinação da granulometria de um solo pode ser feita apenas por peneiramento ou por peneiramento e sedimentação, se necessário.

O objetivo da realização do ensaio de granulometria através do peneiramento e sedimentação tem como finalidade obter a curva granulométrica de um solo, bem como sua classificação.

O ensaio de granulometria foi executado conforme recomendações da norma ABNT NBR 7181 (2017), com uso de solução defloculante. A classificação das frações constituintes da amostra foi feita de acordo com a ABNT NBR 6502 (1995).

A curva granulométrica obtida por peneiramento e sedimentação para a amostra ensaiada é apresentada na Figura abaixo.

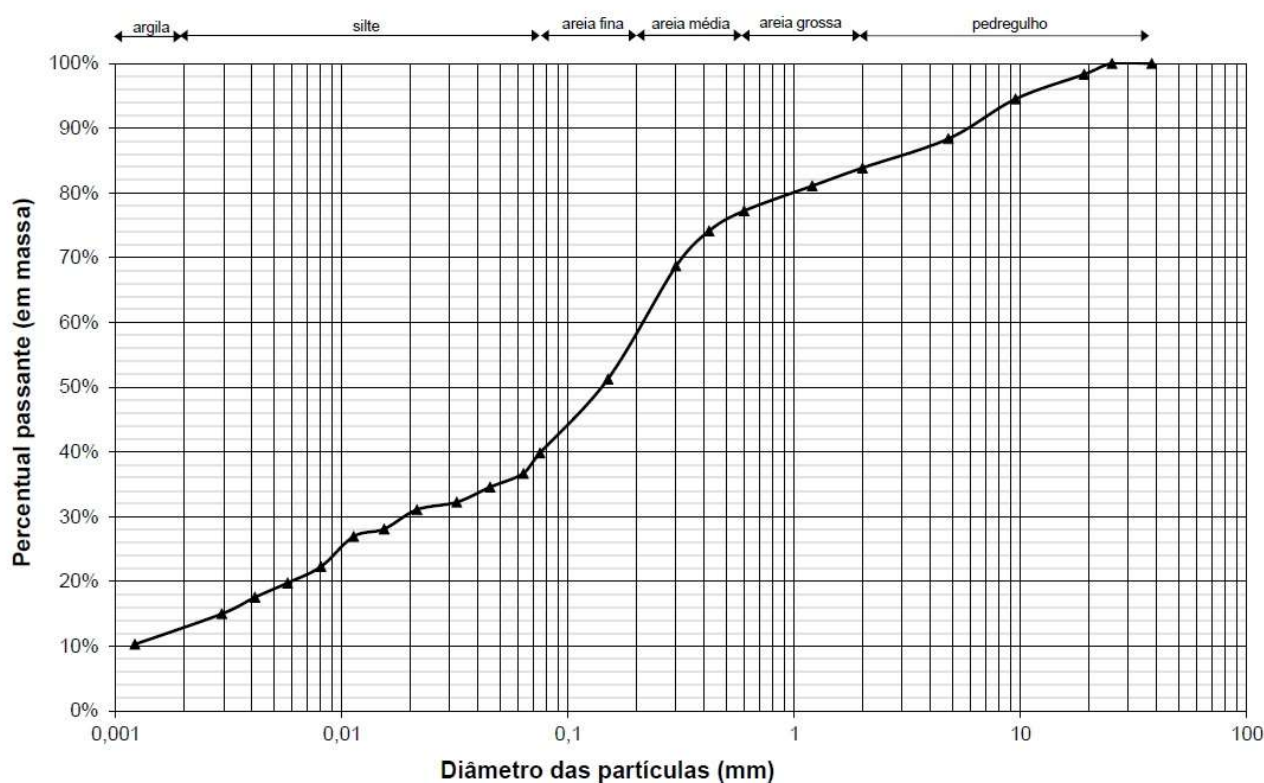


Imagem n.º 07 – Gráfico da curva granulométrica da amostra ensaiada

Já abaixo, temos o resumo das frações granulométricas que compõem as amostras é apresentado na tabela seguinte. Estas frações têm dimensões definidas conforme ABNT NBR 6502 (1995).

Pedregulho	16,13%
Areia Grossa	6,64%
Areia Média	25,96%
Areia Fina	14,59%
Silte	26,40%
Argila	10,29%

Imagem n.º 08 – Resumo das frações granulométricas da amostra ensaiada

Assim, a amostra ensaiada se classifica como solo areno-siltoso de coloração laranja escuro a vermelha e plasticidade aparentemente baixa.

6. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

A compactação é um método de estabilização de solos que se dá por aplicação de alguma forma de energia (impacto, vibração, compressão estática ou dinâmica). Seu efeito confere ao solo um aumento de seu peso específico e resistência ao cisalhamento, e uma diminuição do índice de vazios, permeabilidade e compressibilidade. Através do ensaio de compactação é possível obter a correlação entre o teor de umidade e o peso específico seco de um solo quando compactado com determinada energia.

O ensaio mais comum é o de Proctor (Normal, Intermediário ou Modificado), que é realizado através de sucessivos impactos de soquete padronizado na amostra. Este ensaio é normatizado pelas normas ABNT NBR-7182/2016 e DNERM162/94.

O objetivo da realização do ensaio de compactação tipo Proctor Normal, com a reutilização do solo, é a obtenção da sua curva de compactação.

O ensaio de compactação Proctor foi executado conforme recomendações da norma ABNT NBR 7182 (2016), em amostra trabalhada, usando energia normal de compactação, em cilindro pequeno e com soquete pequeno. Assim obteve-se os resultados abaixo.

Ponto	1	2	3	4	5
Teor de umidade	13,7%	16,6%	18,6%	20,5%	23,3%
Peso esp. ap. nat. (gf/cm ³)	1,68	1,83	1,94	1,98	1,90
Peso esp. ap. seco (gf/cm ³)	1,48	1,57	1,63	1,64	1,54

Imagem n.º 09 – Dados obtidos no ensaio de compactação Proctor da ensaiada.

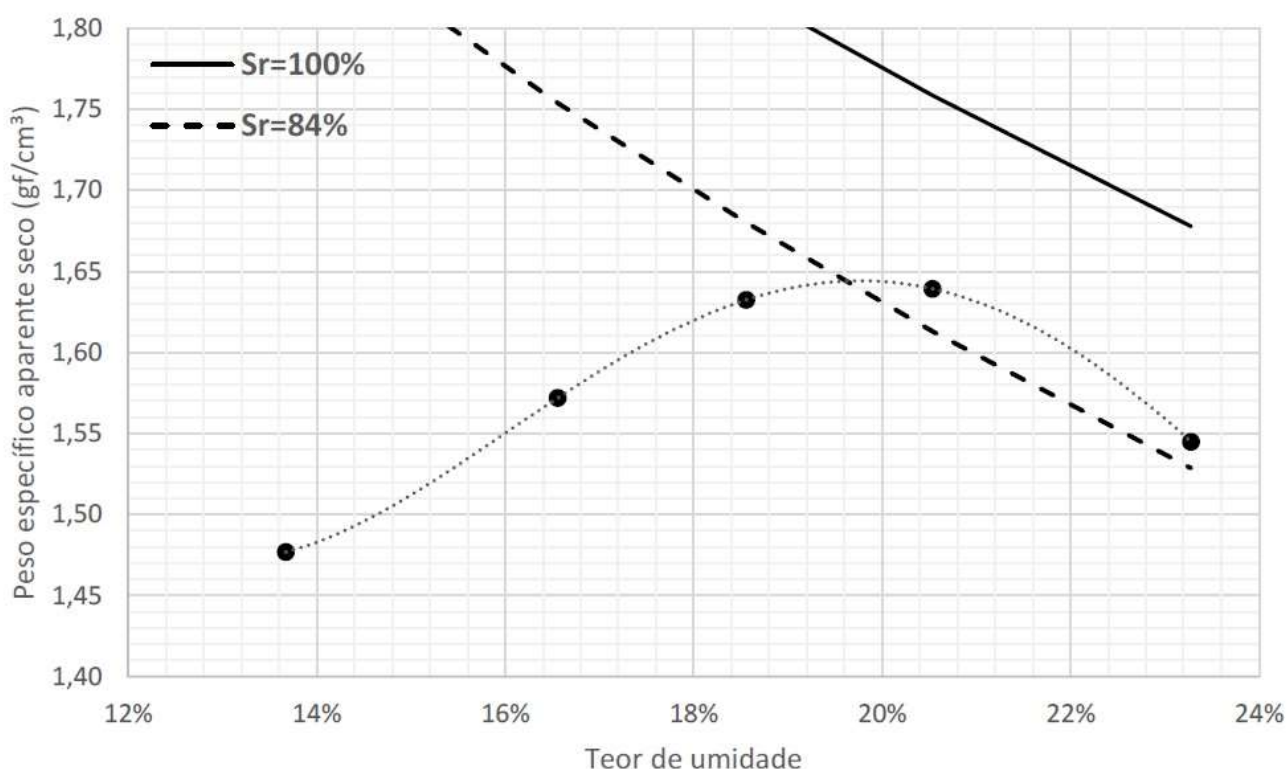


Imagem n.º 10 – Curva de compactação obtida no ensaio de compactação.

Assim, da amostra ensaiada, de sua curva de compactação obteve-se o peso específico aparente seco máximo da ordem de 1,65 gf/cm³ e umidade ótima da ordem de 20,0%, que vem de encontro ao que há na bibliografia específica sobre o assunto para a região de Brasília.

7. ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

O objetivo deste ensaio é determinar a resistência de cisalhamento. Baseia-se em submeter uma amostra a uma tensão normal fixa e logo após aplicar uma tensão cisalhante crescente, através de uma superfície pré-determinada, até que a ruptura por cisalhamento do solo aconteça. Com isso, se obtém uma

correlação entre a tensão cisalhante na ruptura e a tensão normal, definindo-se diretamente a envoltória de Mohr-Coulomb.

O Cisalhamento nada mais é do que o ato de cortar ou de causar deformação. Podemos definir a resistência ao cisalhamento do solo como a máxima tensão cisalhante que o solo pode resistir sem sofrer ruptura das massas, ou uma combinação das tensões normal e tangencial que podem produzir alterações plásticas na massa de solo e até o deslocamento de umas partículas relacionada às outras.

A Resistência ao cisalhamento envolve dois elementos:

Atrito: Força de contato que atua quando dois corpos se colidem e tendem a se movimentar. Uma parte da resistência relacionada ao atrito pode ser demonstrada com o atrito entre grãos e também com o problema de deslizamento de um corpo sobre uma área plana horizontal.

Coesão: Força de atração entre os átomos e moléculas que resiste que um corpo quebre. A atração química entre as partículas pode provocar a existência de uma coesão real.

As amostras de onde extraíram-se os corpos de prova foram compactadas sob umidade ótima definida no ensaio de compactação (energia normal). Na tabela abaixo são apresentados os índices físicos dos corpos de prova empregados nos ensaios de cisalhamento direto. Os três corpos de prova têm características físicas e feições texturais homogêneas, já que foram extraídos de amostras moldadas por compactação em laboratório.

O solo apresenta comportamento que varia daquele típico de solos densos (sob 50 kPa) e solos de baixa densidade (200 kPa). Sob $\sigma' = 50$ kPa e 100 kPa o solo exibe pico de resistência e comportamento dilatante. Sob 200 kPa observa-se um pico de resistência muito suave, acompanhado de contração durante o cisalhamento.

O solo representado pela amostra fornecida tem, em pico, ângulo de atrito da ordem de $35,5^\circ$ e em pós pico de $38,3^\circ$. Em pico o intercepto coesivo é da ordem de 23,7 kPa, provavelmente oriundo do fenômeno de dilatância, e nulo em pós-pico.

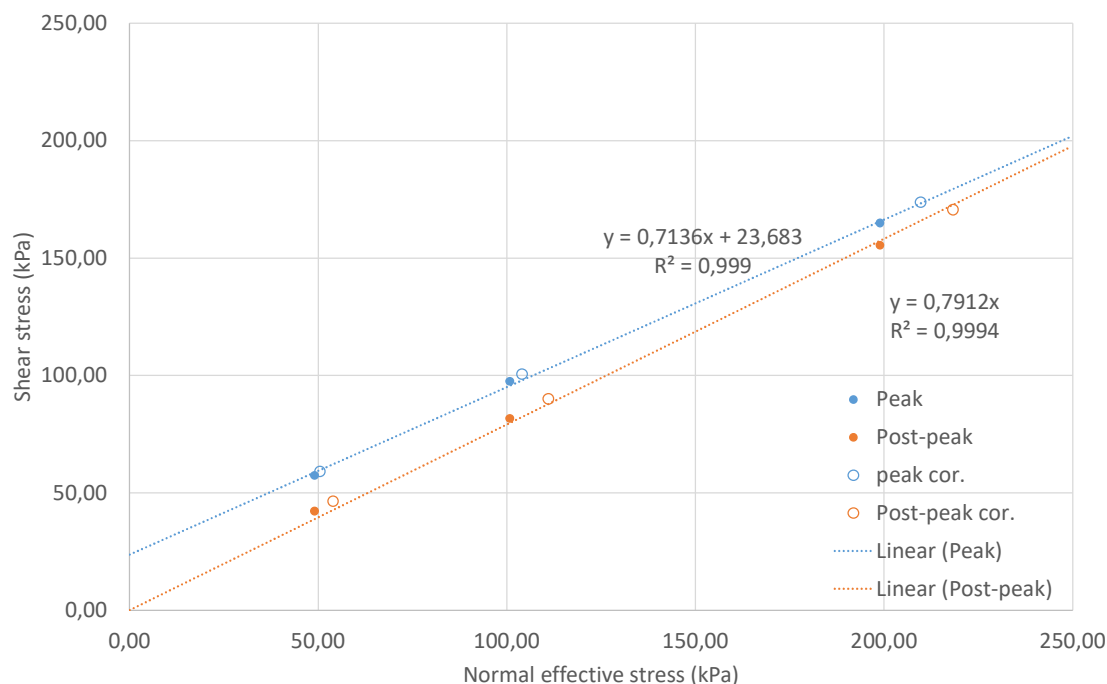


Imagem n.º 11 – Envoltórias de resistência para o solo referente a amostra.

Condição	Intercepto coesivo (c')	Ângulo de atrito (φ')
Pico (peak)	23,7°	35,5°
Pós pico (post-peak)	0	38,3°

Imagem n.º 12 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento para o solo referente a amostra.

8. ANÁLISE DOS TALUDES

Para minimizar os efeitos de erosão proveniente das curvas do Rio Melchior e seguindo as orientações da concepção estrutural e do relatório de inspeção, optou-se pelo aumento da largura da calha do Rio Melchior sob a Ponte, juntamente com a conformação dos taludes em inclinação adequada para eliminar o efeito de fossa de erosão junto aos encontros, apontado como a causa do recalque de fundação da ponte antiga.

Para seguir a análise foi elaborado os ensaios de granulometria, ensaio de compactação Proctor e o ensaio de cisalhamento direto que nos fornece dados e características do solo local indicando o tipo de tratamento e conformação para os taludes dos encontros.

Consultando a NBR 11862 Estabilidade de encostas, temos o seguinte que para talude de encontros de pontes, o critério para o nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas sendo ALTO devido ao intenso tráfego da rodovia, conforme tabela 1 da NBR 11862, mostrado abaixo.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Imagem n.º 13 – Tabela 1 da NBR 11862, nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

Já da tabela 2 da NBR 11862, temos que para o critério para o nível de segurança para nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais, também ALTO devido ao alto valor patrimonial e econômico da OAE Ponte sobre o Rio Melchior, conforme abaixo.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Imagem n.º 14 – Tabela 2 da NBR 11862, nível de segurança desejado contra a danos materiais.

Assim temos como definir o fator de segurança para o tratamento do talude desejado, conforme a tabela 3 da NBR 11862, como sendo $FS=1,5$ (alto x alto).

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Imagem n.º 15 – Tabela 3 da NBR 11862, nível de segurança desejado contra a danos materiais.

Em se verificando a necessidade para o tratamento dos taludes ser em muro de contenção teremos o seguintes Fatores de segurança conforme a tabela 4 da NBR 11862.

Verificação da segurança	Fator de segurança mínimo
Tombamento	2,0
Deslizamento na base	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0

NOTA Na verificação da capacidade de carga da fundação, podem o ser alternativamente utilizados os critérios e fatores de segurança preconizados pela ABNT NBR 6122.

Imagem n.º 16 – Tabela 2 da NBR 11862, Requisitos para estabilidade de muros de contenção

Da literatura especializada, temos que nos taludes em aterro, uma inclinação estável, sem nenhum tipo de intervenção, usualmente é de 2H:1V, ou seja, 2 metros na horizontal para 1 metro na vertical. Este tipo de declive é muito comum na implantação de obras em região de divisa com áreas de preservação e córregos. Já para cortes uma inclinação estável, sem nenhum tipo de intervenção, usualmente é de 1, 5H:1V, ou seja, 1,5 metros na horizontal para 1 metro na vertical.

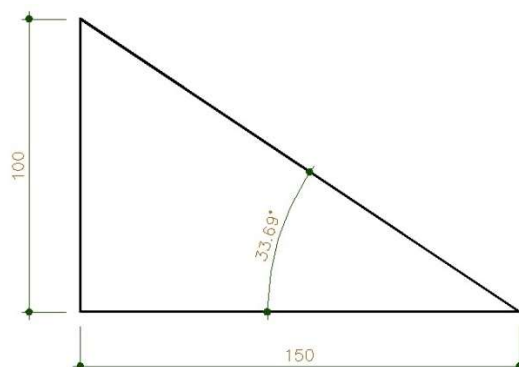


Imagem n.º 17 – Inclinação de taludes para cortes

Em comparação ao ângulo de atrito do ensaio de cisalhamento direto que é de $35,5^\circ$, que pode ser considerado como ângulo dos taludes por estar bastantes próximo a este, optamos por utilizar a inclinação de 1,5/1,0 ($33,69^\circ$) visto estar a favor da segurança.

Assim temos a seguinte conformação para os taludes dos encontros, como proposta inicial sendo que os mesmos serão verificados e confirmados através do dimensionamento geotécnico.

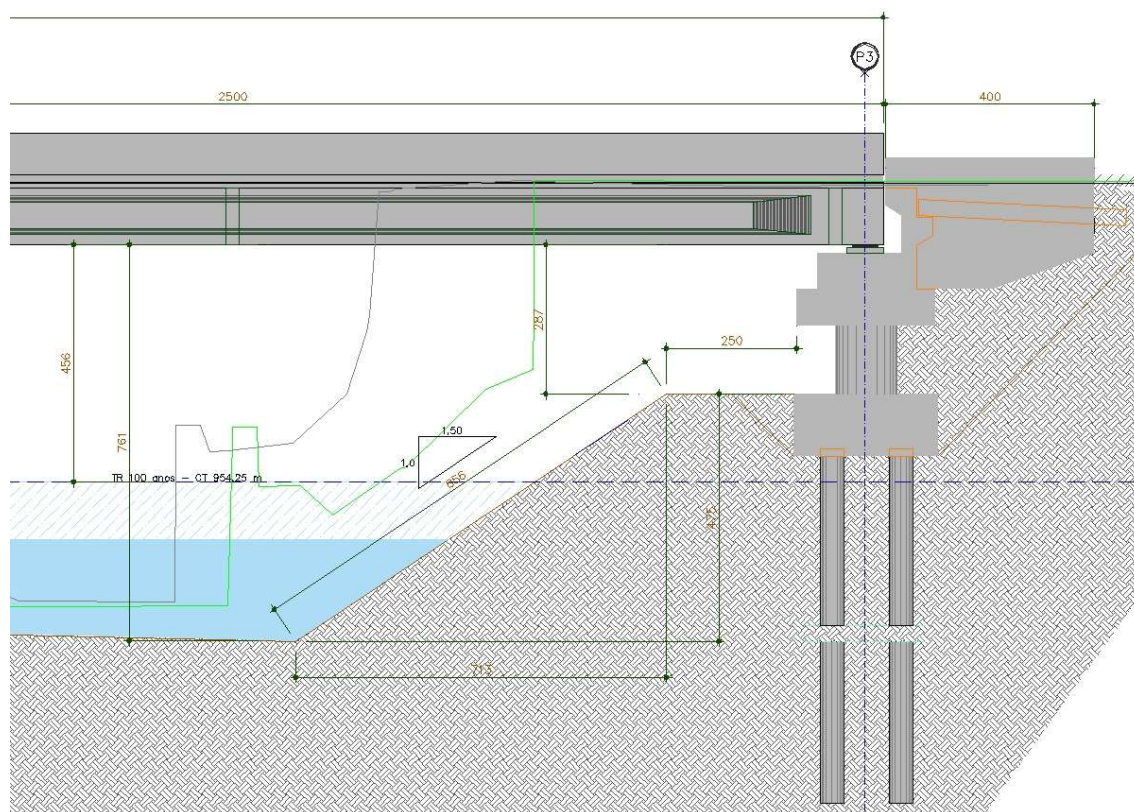


Imagem n.º 18 – Conformação dos taludes em corte

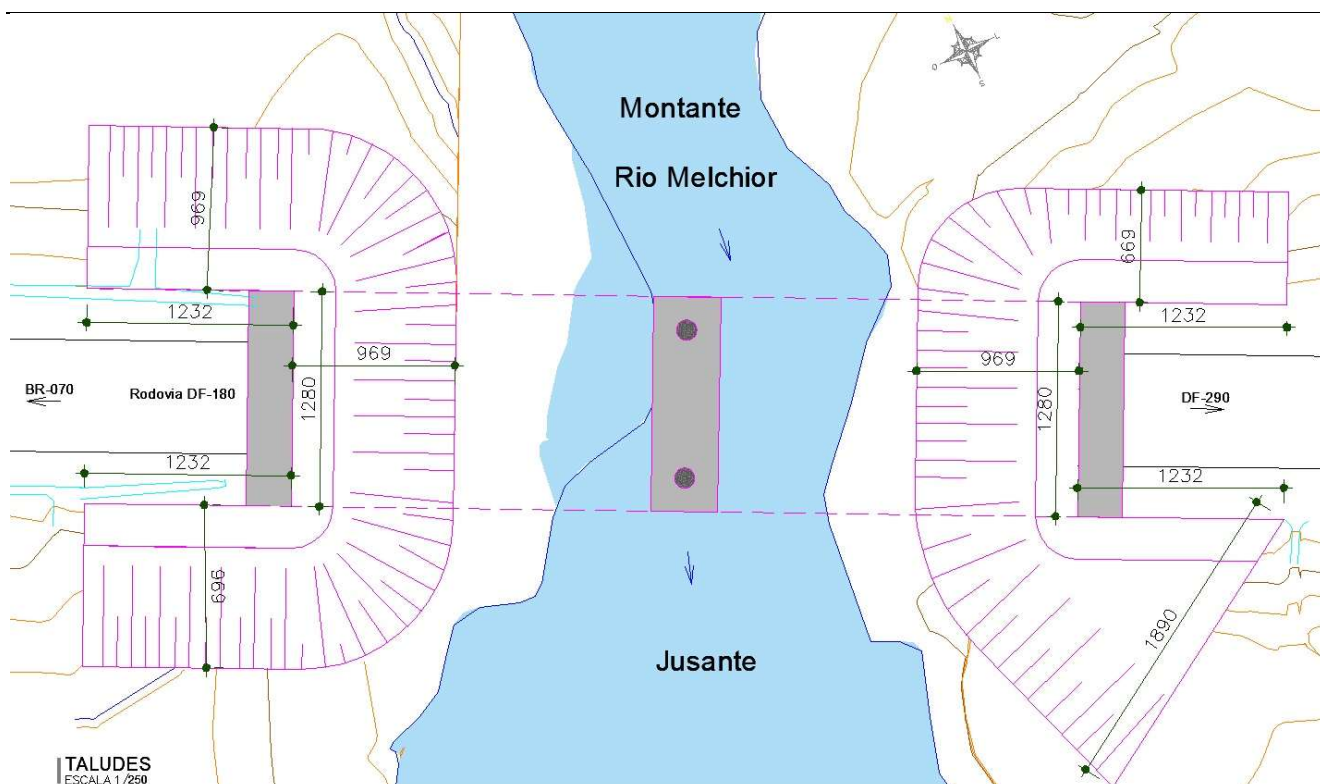


Imagem n.º 19 – Conformação dos taludes em planta

Utilizando o software Macstars da empresa macaferri temos que estabilidade do talude se dá naturalmente com a inclinação de 1,5V/1H, sem a necessidade e da execução de contenções, porem como temos que o fluxo do Rio Melchior está em local de curva gerando elevado número de vórtices nas bases do talude, aliado ao solo ser classificado com areia siltosa que é de fácil carreamento, sugere-se a proteção dos taludes utilizando para isto gabião tipo colchão Reno, por ser este de fácil execução sem necessidade de equipamentos de grande porte, além de estar em plano inclinado o que dificulta o acesso e manobra de equipamentos, podendo ser executado manualmente.

Abaixo apresenta a seção crítica de verificação e estabilidade local, com o uso de gabião tipo colchão Reno de proteção superficial.

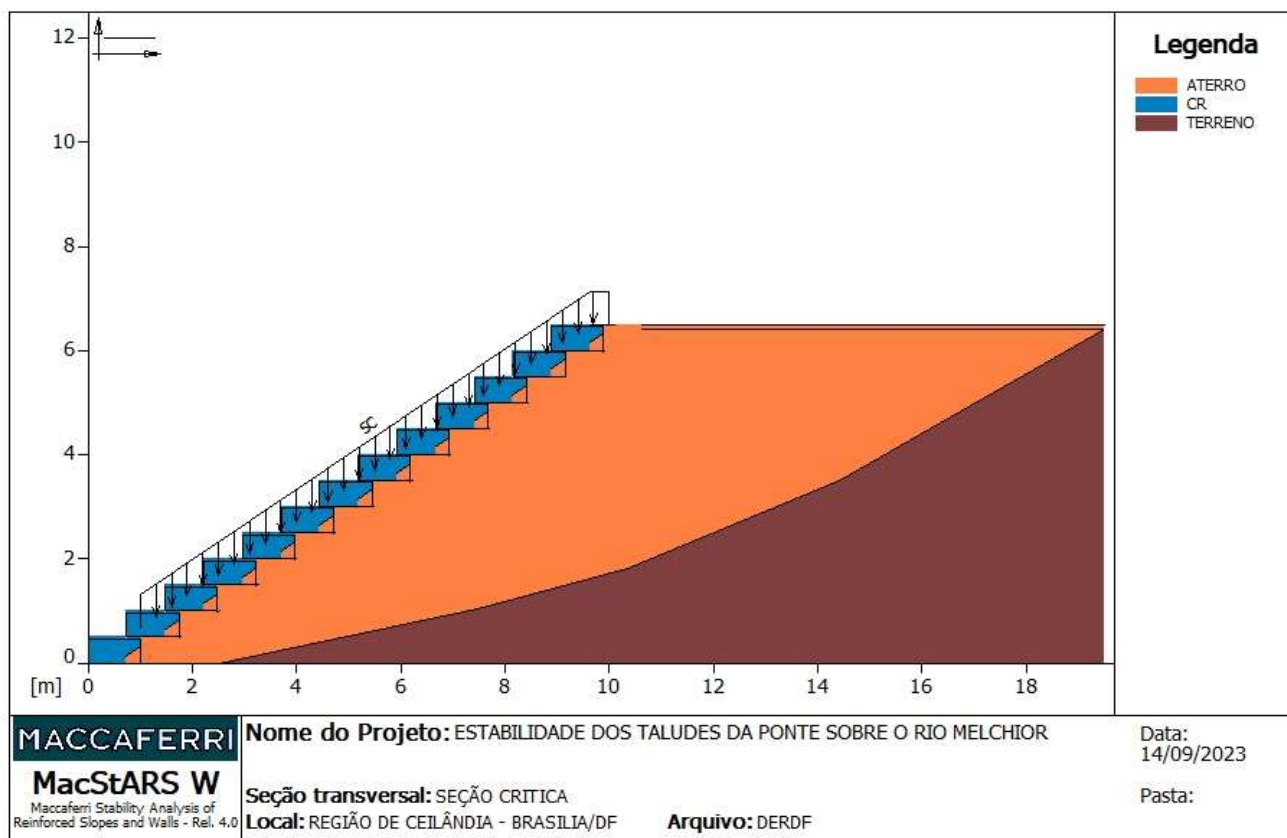


Imagem n.º 20 – Seção crítica de verificação da estabilidade local.

Os Colchões Reno são estruturas retangulares caracterizadas por sua grande área e pequena espessura, produzidos em malha hexagonal de dupla torção com fios de aço revestidos com as ligas de proteção contra corrosão. São protegidos por uma camada contínua de material polimérico.

Quando os Colchões-Reno são instalados e preenchidos com pedras, se tornam elementos drenantes e armados. Devido à sua flexibilidade e pequena espessura (0,30 m), são especialmente indicados na construção de revestimentos para canais, barragens de solo, escadas dissipadoras, revestimento de margens de rios, proteção de apoios a pontes, plataformas de cimentação, entre outras.

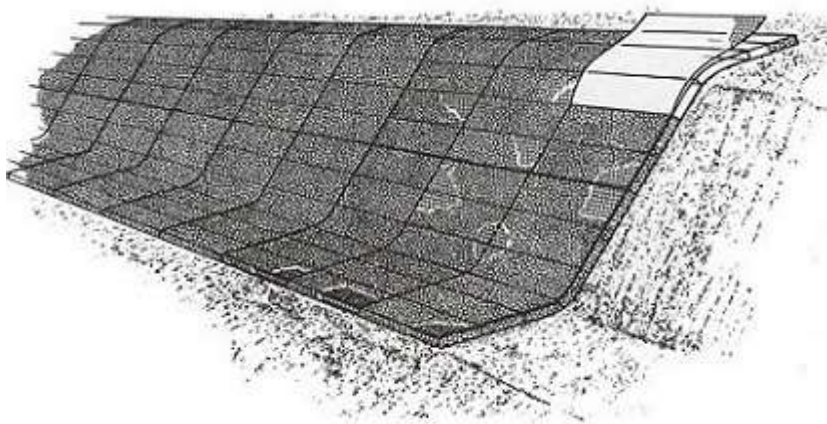


Imagem n.º 21 – ilustração revestimento de margem de rio usando gabião tipo colchão Reno.



Imagem n.º 22 – exemplo de execução de gabião tipo colchão Reno (foto gabiões Reis).



Imagem n.º 23 – exemplo de execução de gabião tipo colchão Reno (foto gabiões Reis).

Assim, resumidamente, temos a seguinte configuração para proteção dos taludes dos encontros.

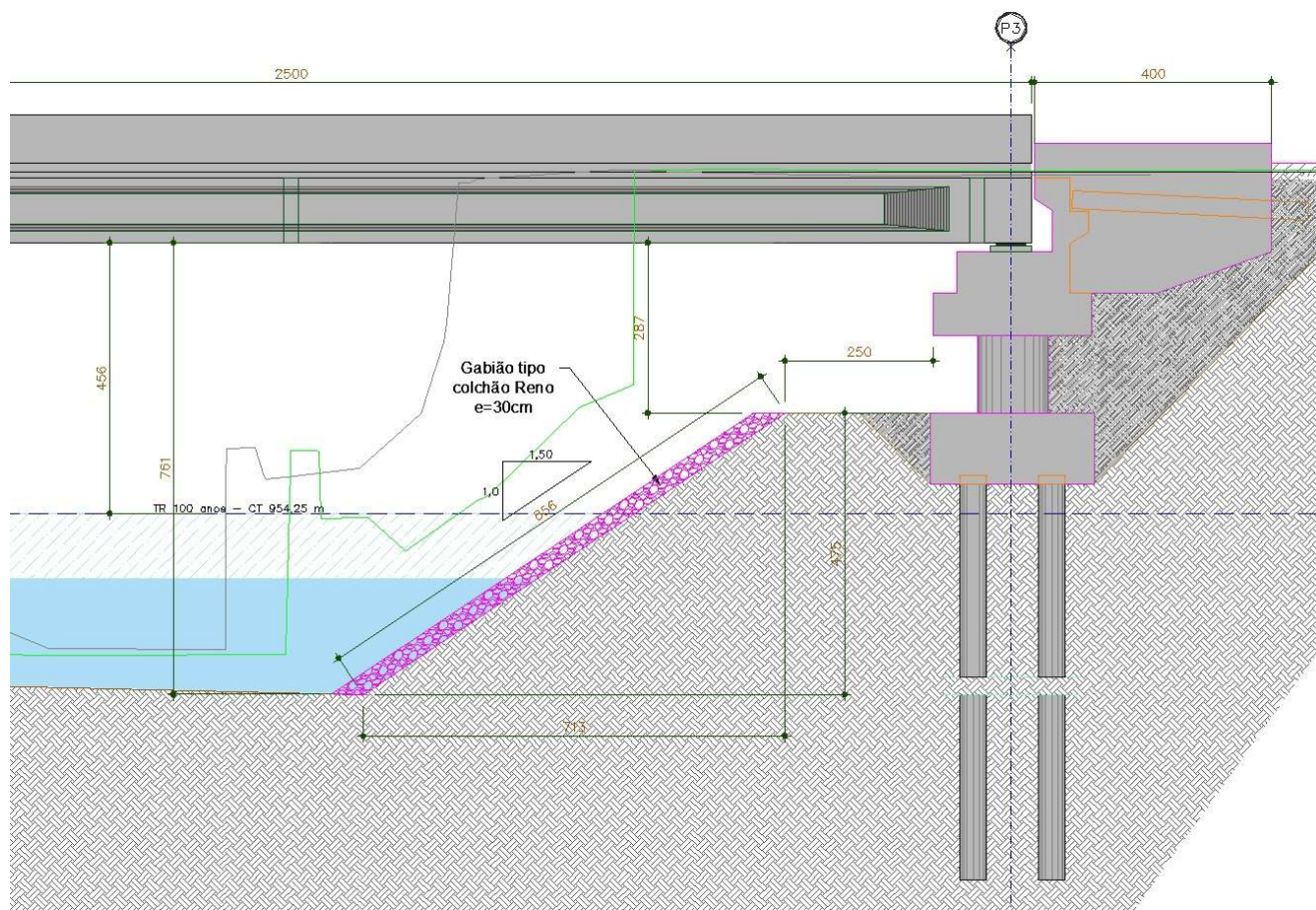


Imagem n.º 24 – corte típico da proteção do talude em gabião tipo colchão Reno.

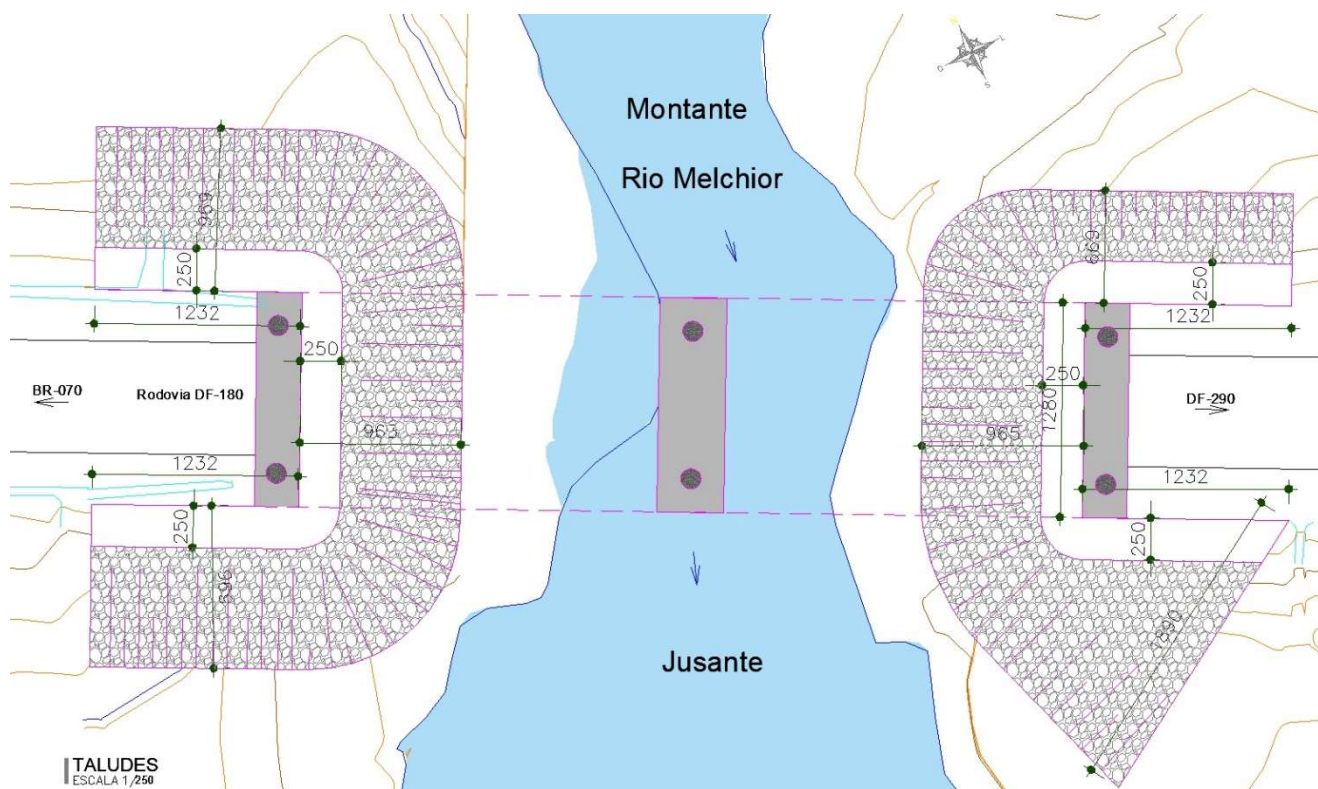


Imagem n.º 25 – planta da proteção do talude em gabião tipo colchão Reno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando o relatório geotécnico para a ponte sobre o Rio Melchior, cabe salientar que as dimensões aqui apresentadas, embora muito próximas das dimensões finais, poderão sofrer alterações visto que este documento será revisado para a elaboração do Projeto Básico da OAE final, onde serão redimensionados de forma definitiva.

Segue no ANEXO I o RELATÓRIO DE ENSAIO nº 58/2023 de 08/09/2023 Ensaio geotécnicos em solo.

São Bento do Sul (SC), 02 de outubro de 2023.

Laércio Telles
Engenheiro Civil
Crea/SC 55813-0

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR7187 – Projeto de pontes em concreto armado e protendido**; 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 11862 – Estabilidade de encostas**; 2009.

DNIT - **MANUAL DE INSPEÇÕES DE PONTES RODOVIARIAS** – 2004

DNIT - **MANUAL DE RECUPERAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS** – 2010

DNER – **MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS** – 1996.

**ANEXO I RELATÓRIO DE ENSAIO nº 58/2023 de 08/09/2023 Ensaaios
geotécnicos em solo.**