

RELATÓRIO NLVSL 1374-0366

VERSAL ENGENHARIA LTDA,
pessoa jurídica, inscrita no CNPJ sob nº **19.927.971/0001-00**, empresa de engenharia registrada
junto ao CREA/SC - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Santa
Catarina, com inscrição sob nº 155292-2, tendo sido contratada por **MAGNUS
ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA.**, pessoa jurídica, inscrita no **CNPJ sob o nº
09.549.705/0001-37**, que, à mercê das atribuições conferidas pela Lei nº 5.194/66, vem muito
respeitosamente oferecer as suas conclusões, baseado no seguinte:

RELATÓRIO DE ENSAIO DE
CISALHAMENTO

SUMÁRIO

1. DADOS GERAIS	3
1.1 CONTRATANTE.....	3
2. INTRODUÇÃO.....	3
3. ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO	4
3.1 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	4
3.2 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS	5
4. RESULTADOS	7
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	11
6. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	12
7. ENCERRAMENTO	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

1. DADOS GERAIS

O presente relatório apresenta os resultados obtidos em ensaios de cisalhamento direto executados em corpos de prova extraídos de uma amostra indeformadas de um solo residual. A amostra foi coletada no dia 22/07/2022, no imóvel com endereço em Rua Nelson Siedschlag, s/nº, Bairro Paranaguamirim, Joinville/SC, CEP 89.234-009.

1.1 CONTRATANTE

MAGNUS ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA., pessoa jurídica, inscrita no CNPJ sob o nº **09.549.705/0001-37**, com sede e foro na Rua Lauro Muller, nº 853, sala 202, Bairro Fazenda – Itajaí/SC, CEP 88.301-401.

2. INTRODUÇÃO

A amostra coletada foi contida em cilindro metálico e envolta em filme de PVC. Trata-se de um solo aparentemente residual, de textura siltosa e coloração laranja e marrom (Figura 1). A estrutura é homogênea, não sendo observada presença de matéria orgânica, tampouco descontinuidades ou outras feições estruturais.

Figura 01 – Amostra utilizada nos ensaios.



3. ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

3.1 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Da amostra foram extraídos três corpos de prova destinados aos ensaios de cisalhamento direto sob diferentes tensões normais. Na extração foram desprezadas as extremidades da amostra, buscando-se evitar as áreas mais sujeitas a amolgamento, seja pela própria coleta, seja pelo transporte. A moldagem dos corpos de prova foi executada em um anel quadrado de

dimensões B=60 mm, L=60 mm e H=20 mm, com auxílio de ferramenta de corte como espátula e lâmina cortante. O aspecto de um dos corpos de prova pode ser observado na Figura 2.

Figura 02 – Um dos corpos de prova ensaiados.



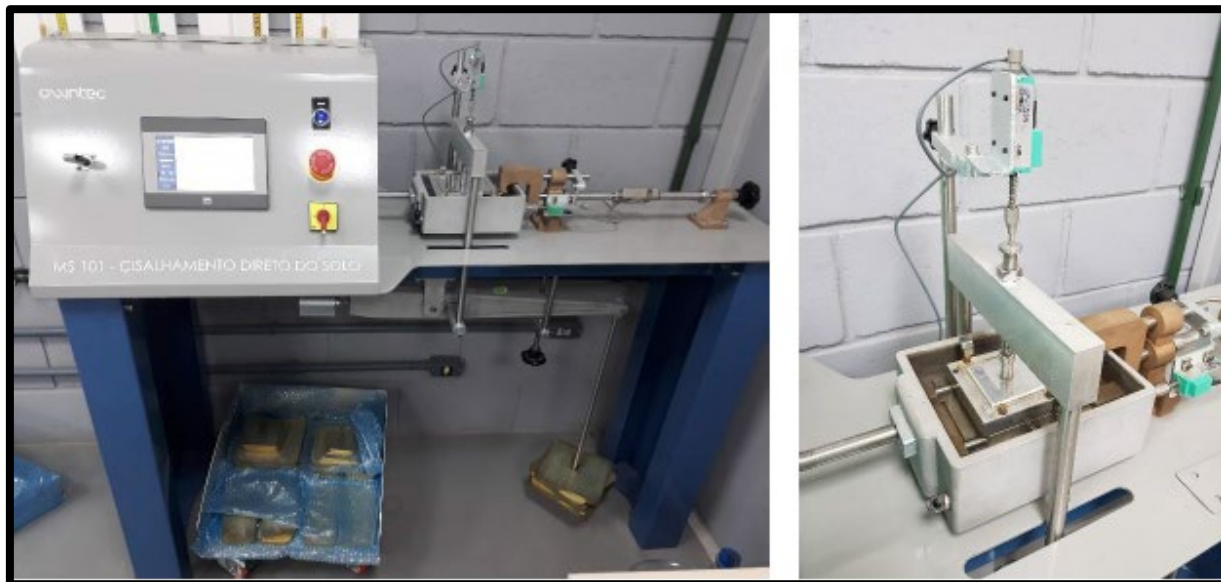
3.2 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios a seguir descritos foram executados conforme norma técnica ASTM D3080/2011, utilizando o equipamento mostrado na Figura 3.

O equipamento é dotado de um sistema de avanço composto por um motor de passo servo-controlado que permite controle preciso de velocidade de cisalhamento. A tensão vertical é aplicada por meio de pesos posicionados em um pendural associado a um braço de alavanca. A tensão cisalhante é obtida de medidas de força feitas por uma célula de carga digital IWM, e

as medidas de deslocamento horizontal e deformação vertical por sensores do tipo LVDT, marca Gefran. As medições são obtidas de forma automatizada e processadas eletronicamente.

Figura 03 – Equipamento utilizado no ensaio.



Foram executados ensaios sob tensões normais efetivas de 50, 100 e 200 kPa, utilizando-se um corpo de prova indeformado para cada tensão normal efetiva. Os ensaios foram executados em amostras submersas.

A fase de consolidação teve duração mínima de 60 minutos, até que as deformações cessassem, indicando ocorrência de completa dissipação dos excessos de poropressão. Cessadas as deformações decorrentes desta fase procedeu-se com a ruptura dos corpos de prova.

A partir do comportamento exibido na fase de consolidação estipulou-se a velocidade de cisalhamento necessária para permitir que a ruptura se desse de forma drenada como sendo da ordem de 0,02 mm/minuto.

Gibson e Henkel (1954) propuseram uma equação empírica para cálculo do tempo requerido para o cisalhamento, em função o tempo para que ocorra 100% do adensamento (t_{100}) em um ensaio oedométrico:

$$t_f = 12,7 \cdot t_{100} \text{ (min)}$$

Cada corpo de prova foi cisalhado até que se atingisse um deslocamento de 8 mm, requerendo cerca de 300 minutos (5 horas).

4. RESULTADOS

Na Tabela 1 são apresentados os índices físicos dos corpos de prova ensaiados. Os três corpos de prova têm densidades relativamente distintas. Visualmente são observadas feições texturais homogêneas

Tabela 01 – Índices físicos dos corpos de prova da amostra

	w_{nat} (%)	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e^*	S_r^*
1 (50 kPa)	29,3	17,97	13,90	0,91	0,86
2 (100 kPa)	29,0	17,62	13,66	0,94	0,82
3 (200 kPa)	29,0	18,60	14,43	0,84	0,92

w_{nat} : teor de umidade natural; γ_{nat} : peso específico aparente natural; γ_d : peso específico aparente seco; e^* índice de vazios (sob a hipótese de $G=2,65$ (não medido)); S_r^* : grau de saturação (sob a hipótese de $G=2,65$ (não medido)).

A Figura 4 mostra as curvas de consolidação dos corpos de prova da amostra. Na Figura 5 são mostradas as curvas de deslocamento horizontal x tensão cisalhante mobilizada e deslocamento horizontal x variação de altura.

Figura 04 – Curvas de consolidação dos corpos de prova relativos ao solo ensaiado.

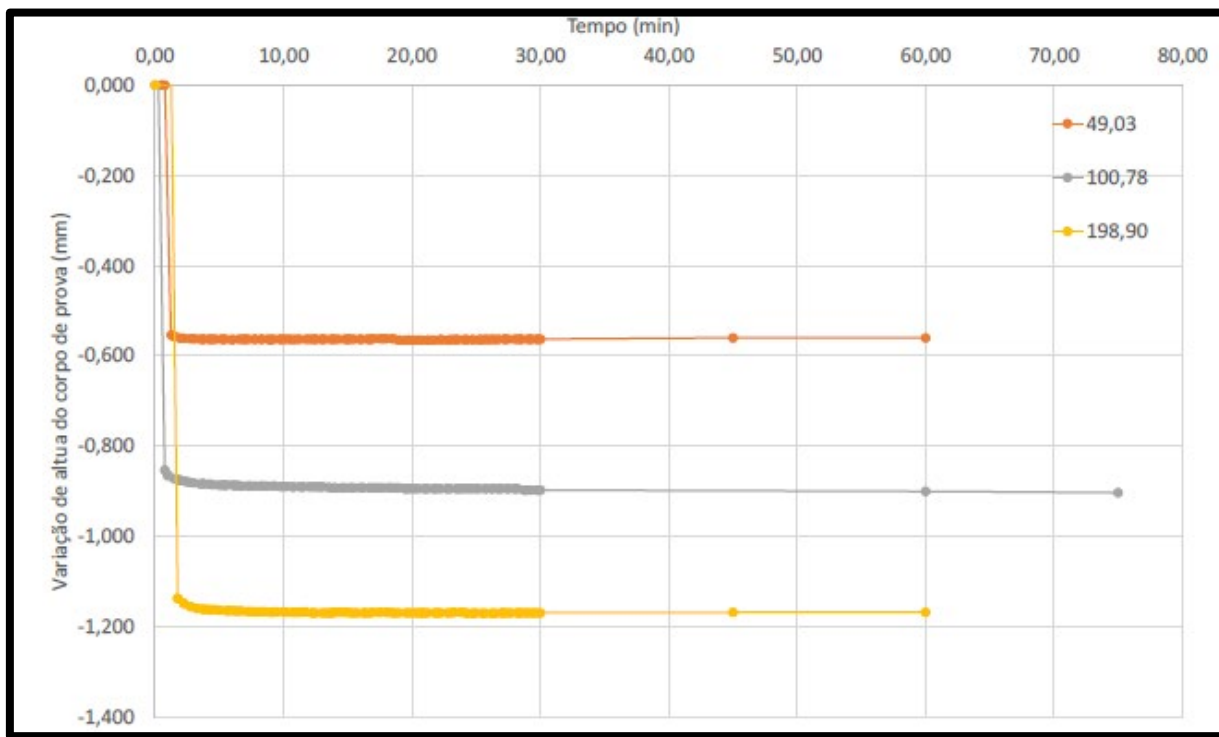
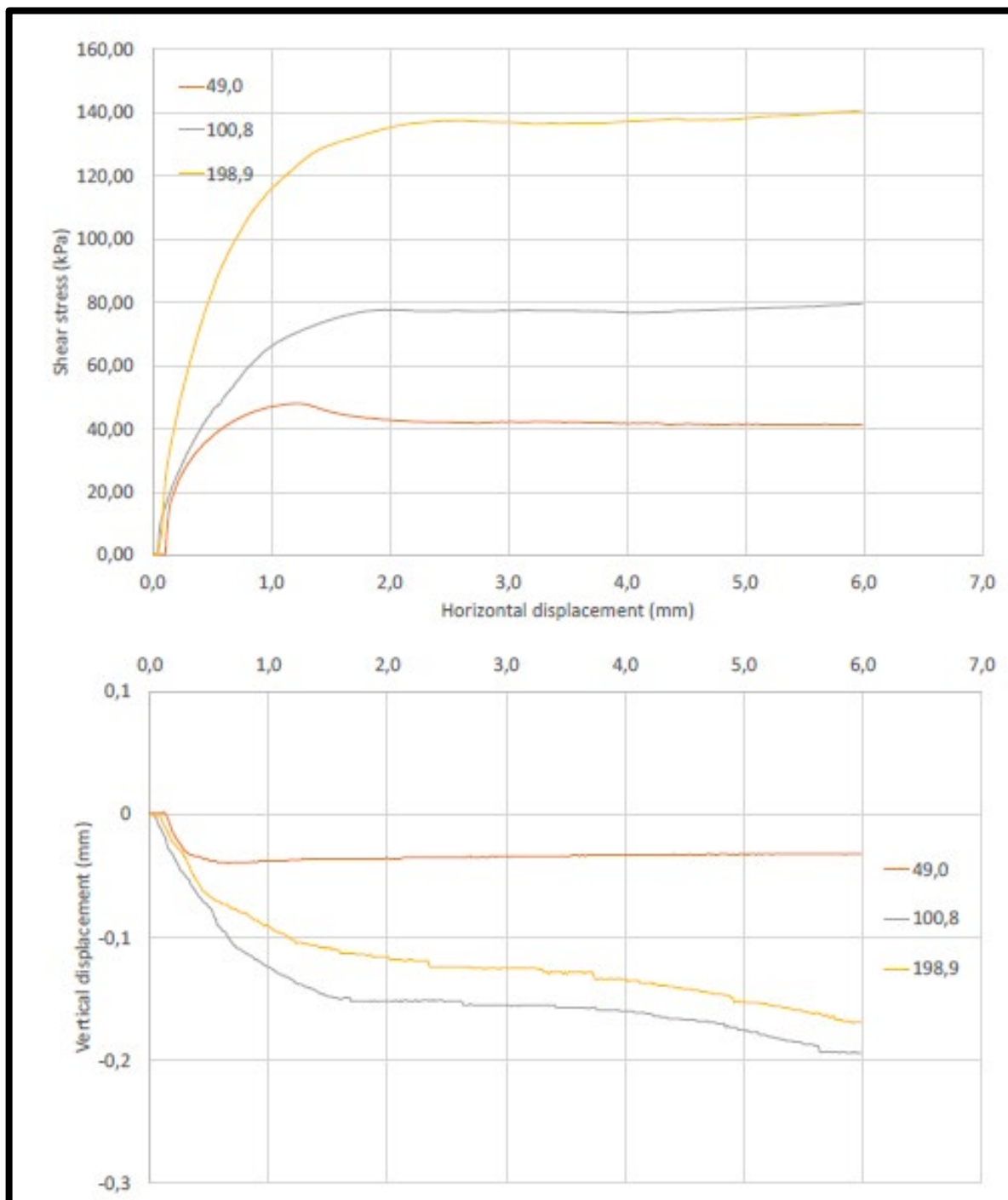


Figura 05 – Curvas tensão-deformação dos ensaios de cisalhamento direto no solo ensaiado.

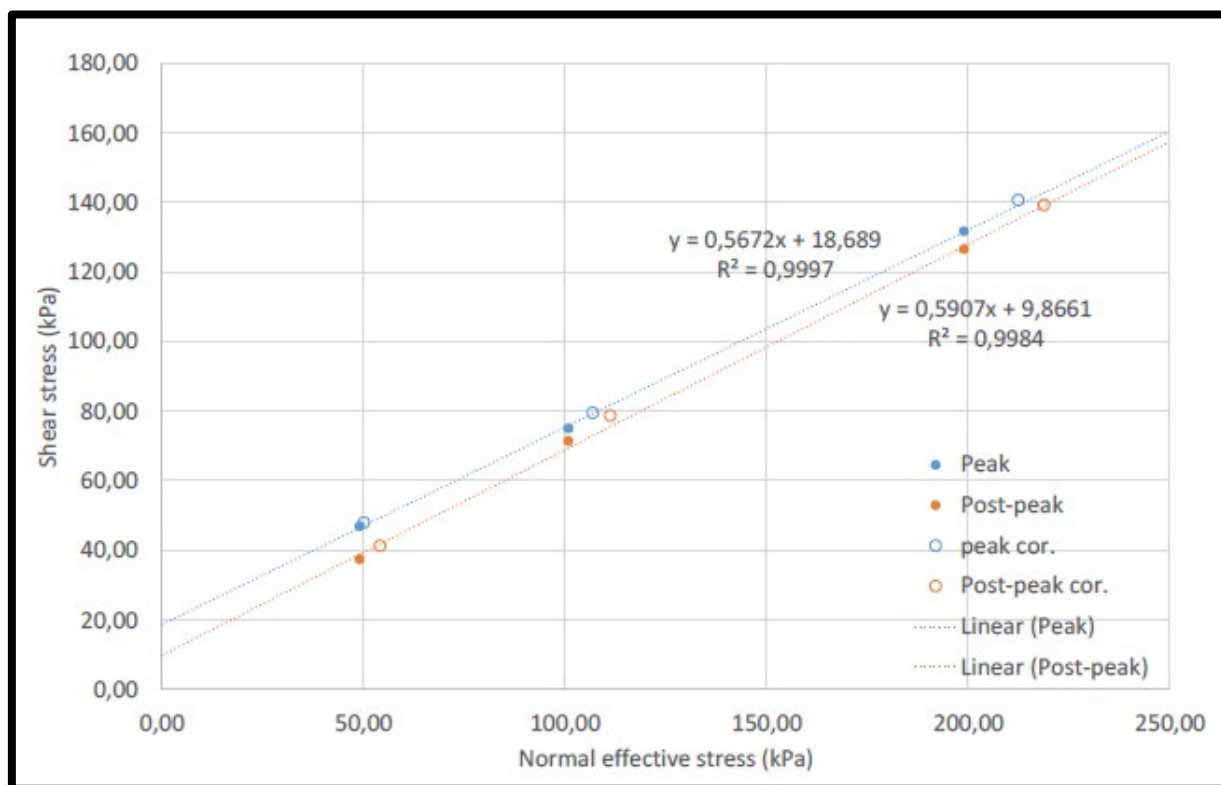


O solo apresenta comportamento marcado por curvas tensão-deformação sem picos claros de resistência. Em termos de variação de altura dos corpos de prova observa-se

comportamento contrativo, coerente com as curvas de deslocamento horizontal versus tensão cisalhante mobilizada, apontado para um material de baixa densidade (solo fofo).

As tensões cisalhantes medidas permitem, a partir do critério de ruptura de Mohr-Coulumb, a construção de uma envoltória de resistência de pico (peak), obtidas da máxima tensão cisalhante mobilizada corrigida, e uma envoltória de pós pico (post-peak), obtida das medidas de tensão cisalhante entre 5 e 6 mm (8 a 10% de deslocamento). As envoltórias são mostradas na Figura 6 e na Tabela 2 constam os parâmetros de resistência ao cisalhamento derivados destas envoltórias.

Figura 06 – Envoltórias de resistência para o solo ensaiado



O solo representado pela amostra fornecida tem, em pico, ângulo de atrito da ordem e $29,6^\circ$ e intercepto coesivo de 18,7 kPa. Em pós-pico o ângulo de atrito é de $30,6^\circ$ e o intercepto coesivo é da ordem de 9,9 kPa. Salienta-se que este intercepto coesivo em pós-pico decorre muito provavelmente do ajuste linear da envoltória aos dados experimentais, não sendo recomendado associar sentido físico ao mesmo.

Tabela 02 – Parâmetros de resistência ao cisalhamento para o solo ensaiado

Condição	Intercepto coesivo (c')	Ângulo de atrito (φ')
Pico (peak)	18,7 kPa	29,6°
Pós pico (post-peak)	9,9 kPa	30,6°

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A amostra ensaiada tem textura siltosa, coloração marrom a laranja e textura homogênea. O solo investigado tem comportamento caracterizado pela ocorrência de suaves picos de resistência e comportamento contrativo. O ângulo de atrito do pico é da ordem de 29,6° associado a um intercepto coesivo de 18,7 kPa. Em pós pico o solo tem ângulo de atrito de 30,6° e intercepto coesivo de 9,9 kPa.

Cabe mencionar que os níveis de deformação atingidos nos ensaios não foram suficientes para que se atingisse a resistência residual, considerando o conceito de resistência residual proposto em Lupini et al. (1981) e Skempton (1985), e extensamente discutido por Rigo et al. (2006) para o caso de solos residuais. Caso feições reliquias que possam mobilizar a resistência residual ocorram de forma desfavorável nas áreas em questão, uma investigação voltada a esse estado pode mostrar-se relevante. Nesse sentido, reforça-se que níveis significativamente baixos de resistência residual são reportados na literatura (Heidemann et al. 2020) em solos residuais de rochas do Complexo Metamórfico Santa Catarina.

6. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

PROPRIETÁRIO: FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE JOINVILLE

ENDEREÇO: RUA NELSON SIEDSCHLAG, S/Nº, BAIRRO PARANAGUAMIRIM,
JOINVILLE/SC, CEP 89.234-009.

Imagem 01 – Corpo de prova coletado.



Rua: Ottokar Doerffel, nº 1723 – Bairro: Anita Garibaldi
CEP: 89203-307 – Joinville – SC
Fone/Fax: (47) 3028-9929
www.versalengenharia.com.br

Imagem 02 – Corpo de prova coletado.



Imagem 03 – Corpo de prova coletado.



7. ENCERRAMENTO

Diante do até então apresentado, esta empresa Signatária, através de sua equipe técnica, coordenada pelo responsável técnico, defende o trabalho, em especial, com as conclusões do mesmo e se coloca à disposição para sanar eventuais dúvidas e esclarecimentos acerca das informações prestadas.

Nada mais havendo a acrescentar, dá-se por terminado o trabalho, devidamente digitado, que se compõe de **16 (dezesesseis)** páginas, mais os anexos, impressas de um lado só, devidamente numeradas, e esta última devidamente datada e assinada.

Joinville, em 12 de agosto de 2022.

VERSAL ENGENHARIA LTDA.

CNPJ: 19.927.971/0001-00

CREA/SC – 155292-2

Documento conferido e assinado eletronicamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM (2011). Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions - D 3080. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.

Gibson, R.E.; Henkel, D.J. (1954) Influence of Duration of Tests at Constant Rate of Strain on Measure Drained Strength. *Géotechnique*, v. 4(1).

Heidemann, M., Bressani, L.A., Flores, J.A.A. (2020). Residual Shear Strength of a Residual Soil of Granulite. *Soils and Rocks*, São Paulo, 43(1).

Lupini, J.F.; Skinner, A.E. & Vaughan, P.R. (1981). The drained residual strength of cohesive soils. *Géotechnique*, 31(2).

Rigo, M.L.; Pinheiro, R.J.B.; Bressani, L.A.; Bica, A.V.D. & Silveira, R.M. (2006). The residual shear strength of tropical soils. *Canadian Geotech. J.*, 43(4).

Skempton, A.W. (1985). Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory. *Géotechnique*, 35(1).

ANEXO

ANEXO I - ART – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA.



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

CREA-SC



ART OBRA OU SERVIÇO

25 2022 8389643-0

Substituição de ART 8387728-0

Individual

1. Responsável Técnico

SIDNEY FRANCO DE CARVALHO

Título Profissional: Engenheiro Civil

RNP: 2503688020

Registro: 053742-0-SC

Empresa Contratada: VERSAL ENGENHARIA LTDA ME

Registro: 155292-2-SC

2. Dados do Contrato

Contratante: MAGNUS ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA.

Endereço: RUA LAURO MULLER

Complemento: SALA 02

Cidade: ITAJAI

Valor da Obra/Serviço/Contrato: R\$ 1.350,00

Contrato: Celebrado em:

Honorários:

Vinculado à ART:

Bairro: FAZENDA

UF: SC

Ação Institucional:

Tipo de Contratante:

CPF/CNPJ: 09.549.705/0001-37

Nº: 853

CEP: 88301-401

3. Dados Obra/Serviço

Proprietário: FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE JOINVILLE

Endereço: RUA NELSON SIEDSCHLAG

Complemento:

Cidade: JOINVILLE

Data de Início: 22/07/2022

Finalidade:

Data de Término: 01/08/2022

Coordenadas Geográficas:

Bairro: PARANAGUAMIRIM

UF: SC

CPF/CNPJ: 08.184.821/0001-37

Nº: s/nº

CEP: 89234-009

Código:

4. Atividade Técnica

Estudo

Análise

Laudo

Vistoria

Solos

Dimensão do Trabalho:

1,00

Unidade(s)

5. Observações

Ensaio de Cisalhamento Direto em solo.

6. Declarações

A acessibilidade: Declaro que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART foram atendidas as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

CEAJ - 10

8. Informações

A ART é válida somente após o pagamento da taxa.

Situação do pagamento da taxa da ART em 01/08/2022: TAXA DA ART A PAGAR

Valor ART: R\$ 88,78 | Data Vencimento: 11/08/2022 | Registrada em:

Valor Pago: | Data Pagamento: | Nosso Número:

A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-sc.org.br/art.

A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

9. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

JOINVILLE - SC, 01 de Agosto de 2022

SIDNEY FRANCO DE CARVALHO

921.030.579-53

Contratante: MAGNUS ENGENHARIA E ARQUITETURA LTDA.

09.549.705/0001-37



CREA-SC
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Santa Catarina

ANEXO II – DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE DO EQUIPAMENTO

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

Declaramos que o produto abaixo e seus componentes

Marca: OWNTEC

Tipo: Cisalhamento Direto em Solo

Modelo: MS 101

Está(ão) em conformidade com a norma *técnica ASTM D3080 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.*

Santa Cruz do Sul, 02 de agosto de 2022

Gerente da Qualidade

ANEXO III – LAUDO DE CALIBRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Número Série Equipamento: 0174 - CANAL 1
 Identificação: Célula de carga, marca IWM
 Código: SCC2118

Emissão: 31/03/2021
 Temperatura: 28,0°C

Valores máximos Norma ISSO 75000-1 - 2004				
classe	exatidão (\pm)	erro repet.	zero (\pm)	resolução
0,5	0,5%	0,5%	0,05%	0,25%
1	1%	1%	0,1%	0,5%
2	2%	2%	0,2%	1%
3	3%	3%	0,3%	1,5%

resolução de escala (Kg)
-0,2

	Erro relativo ao zero		
	Fi0	FN	f0
Série 1	0,1	500	0,02%
Série 2	0	500	0,00%
Série 3	-0,1	500	-0,02%

escala calibrada	500	unidade:	kgf	sentido:	Compressão			
identificação:	classificação conforme NBR NM-ISO 7500-1:							
Fi								
% escala	força	série 1	série 2	série 3	Média Fi	exatidão	erro repet.	resolução
	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	%	%	%
20%	100,00	100,90	99,80	99,70	100,13	0,13%	1,20%	-0,200%
40%	200,00	199,50	200,70	200,30	200,17	0,08%	0,60%	-0,100%
60%	300,00	299,50	299,40	300,00	299,63	-0,12%	0,20%	-0,067%
80%	400,00	400,30	400,70	400,00	400,33	0,08%	0,17%	-0,050%
100%	500,00	501,60	500,70	502,00	501,43	0,29%	0,26%	-0,040%

Comentários: