



Projeto Geotécnico para Implantação de um Sobrado em Alvenaria Respeitando o art. 5.24 da IN 06 da Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Joinville - SC

Angelo Kuskowski

Universidade Regional de Blumenau - FURB, Blumenau, Brasil, angelokzw@gmail.com

Narayana Saniele Massocco

Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasil, nsaniele@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho é um projeto geotécnico para implementação de um sobrado em alvenaria na cidade de Joinville-SC, esse estudo se mostrou necessário pela exigência do cumprimento do art. 5.24 da IN 06 da Secretaria Municipal do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Joinville – SC para encostas com declividade superior as 30% (16°) (Lei Complementar 29/96) ou áreas com possibilidade de subsidência, risco de deslizamento, de erosão ou de qualquer suscetibilidade geotécnica (art. 245, Lei Estadual 14.675/09). Inicialmente verificou-se a presença de casos de deslizamentos já ocorridos para o estudo de retroanálise. Em seguida foram realizados 2 (dois) ensaios de sondagem SPT com N igual a 3 e 4 para o primeiro metro no primeiro e segundo ensaio respectivamente, até $N > 50$ para o último metro aos 28,34 metros para o primeiro ensaio e 25,42 metros para o segundo. Na próxima etapa fez-se a moldagem e retirada da amostra indeformada e deformada para realizar os ensaios de laboratório. Obteve-se os parâmetros como ângulo de atrito interno igual a $15,6^\circ$, coesão igual a 43,9 kPa, densidade natural igual a $1,772 \text{ g/cm}^3$ e composição granulométrica (diâmetro dos grãos minerais) igual a 33,6% de areia fina e 66,4% de material fino passante na peneira nº200. Traçou-se o perfil geotécnico que foi inserido no programa Slope da GeoStru com os devidos parâmetros do solo para o cálculo e obteve-se o fator de segurança favorável superior a 1,5 como determina o item I) do art. supracitado. Para finalizar as exigências da Instrução Normativa o estudo define duas alternativas técnicas distintas e tecnicamente viáveis para contenção do talude e por fim elabora um plano de manutenção do talude, ou seja, um “manual do usuário”.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnia Ambiental, Sondagem SPT, Amostra Indeformada, Cisalhamento, Cálculo de Estabilidade de Talude

1 INTRODUÇÃO

Atentando para os numerosos acidentes ocorridos Eckel (1958) destaca sobre a importância do estudo da estabilidade de taludes: “Deslizamentos de terra são de profundo interesse do homem. Esse interesse decorre do fato de que deslizamentos de terra, como erupções vulcânicas, inundações e

furacões, significam a destruição da vida e da propriedade pelas forças da natureza. Como o deslizamento de terra ocorre em uma ampla gama de ambientes, eles são vistos e pelo menos parcialmente entendidos por quase todos”, (ECKEL, 1958, tradução nossa).

No município de Joinville – SC a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) na sua Instrução Normativa 06, o item 5.24 prescreve que:



“Para obra localizada em encostas com declividade superior a 30% (16°) (Lei Complementar 29/96) ou áreas com possibilidade de subsidência, risco de deslizamento, de erosão ou de qualquer suscetibilidade geotécnica (art. 245, Lei Estadual 14.675/09), deve apresentar projeto geotécnico com ART, obedecendo as Normas da ABNT NBR 8044:1983 e da NBR 11682:2009, contendo os itens a seguir:

- a) Estudo de retroanálise (investigação das causas) nos casos de deslizamento já ocorridos;
- b) Execução de sondagens geotécnicas do solo;
- c) Medição da profundidade do lençol freático (água subterrânea);
- d) Definição do perfil geotécnico (perfil de solo com informações geotécnicas);
- e) Cálculo do Fator de segurança (F_s);
- f) Definição dos parâmetros geotécnicos do solo, material de aterro e/ou rocha, sendo os mínimos necessários: ângulo de atrito interno, coesão, densidade natural e composição granulométrica (diâmetro dos grãos minerais);
- g) Definição de pelo menos duas alternativas técnicas distintas e tecnicamente viáveis para contenção do(s) talude(s);
- h) Elaboração de um plano de manutenção do talude (“manual do usuário”), com duas vias, uma entregue obrigatoriamente para o(s) proprietário(s) do imóvel(is) e outra para esta Secretaria. No plano devem ser recomendados vistorias periódicas, verificação da estabilidade do talude, limpeza e manutenção da drenagem, manutenção das estruturas de contenção do talude e manutenção da vegetação;
- i) O plano de manutenção do talude deve exigir o monitoramento semestral para taludes e encostas com fator de segurança desconhecido ou menor igual a 1,5. O monitoramento anual para taludes e encostas com fator de segurança maior que 1,5. Em um período mínimo de 5 anos.”

O presente trabalho refere-se a um estudo geotécnico na área urbana da cidade de Joinville, localizado em um condomínio

residencial no bairro Vila Nova. Baseado em observações, sondagens in loco, análises laboratoriais das características geológicas e geotécnicas do solo que constitui a área, simulação em *software* especializado visando o estudo do comportamento e estabilidade dos taludes a serem criados pelos cortes, para implantação da edificação projetada conforme Figura 01.



Figura 1. Sobrado em alvenaria, Almeida Junior. C. A, 2018.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Visita Técnica e Estudo de Retroanálise

Foi realizada a visita técnica com o objetivo de analisar o princípio de correspondência entre as exigências funcionais e atributos da área em questão. Trata-se de uma área composta por solo originário do complexo granulítico do estado de Santa Catarina definido por Hartmann *et al.* (1979), que no caso há presença de uma vegetação rasteira composta basicamente por “capoeira”.

Observa-se que o terreno em questão não possui deslizamentos, voçorocas, carreamento



de material, nem nenhum fator e/ou patologia que o desabone ou que ponha em risco sua estabilidade e/ou de seus limítrofes em caso de recebimento da intervenção nos molde do pleiteado, conforme pode-se constatar na Figura 2, logo conclui-se que não há necessidade do estudo de retroanálise.



Figura 2. Visita Técnica, Kuskowski e Massocco, 2018.

Trata-se de uma terraplanagem que irá gerar 03 (três) degraus com 90°, fortemente arrimados pela própria estrutura da edificação, com uma média de altura baixa de aproximadamente 3,0 metros, conforme pode ser constatado no corte “AA” apresentado o corte na Figura 3, considerado pela engenharia como sendo taludes de baixa magnitude.

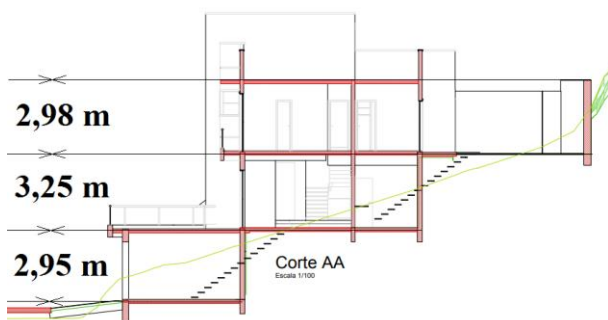


Figura 3. Corte AA, adaptado de Almeida Junior, C. A.

2.2 Sondagens Geotécnicas do Solo, Definição da Profundidade do Lençol Freático e Definição do Perfil Geotécnico

Foram executados dois ensaios de sondagem SPT de acordo com a NBR 6484/2001, a disposição dos ensaios no terreno pode ser vista no croqui de locação na Figura 4.

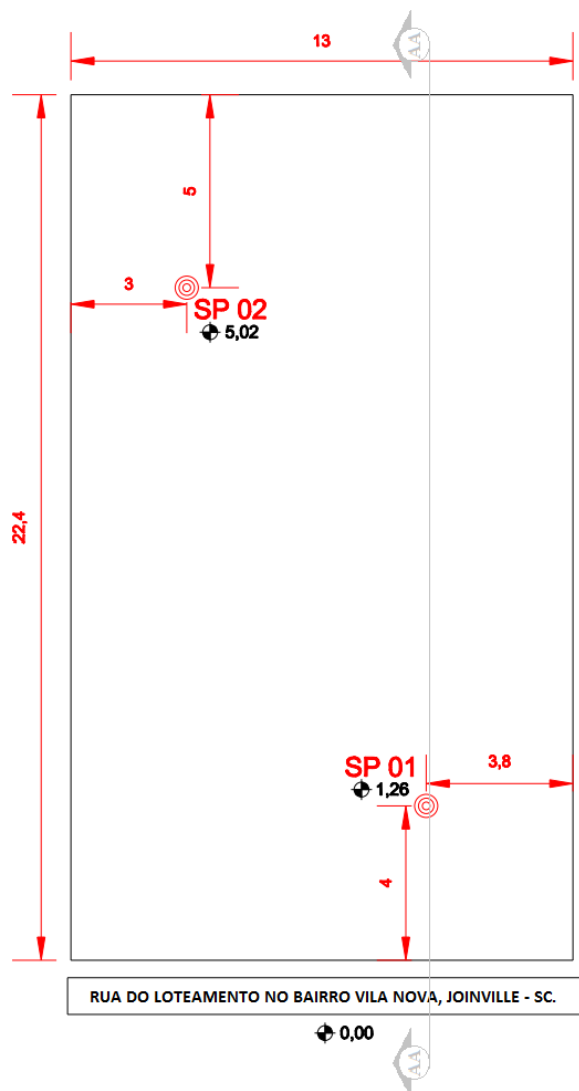


Figura 4. Croqui de Locação das Sondagem SP01 e SP02, Kuskowski e Massocco, 2018.

Para definir a profundidade do lençol freático utilizou-se as sondagens SPT conforme item 6.5.6 da NBR 6484/2001: “Após o encerramento da sondagem e a retirada do tubo



de revestimento, decorridas no mínimo 12 h, e estando o furo não obstruído, deve ser medida a posição do nível d'água, bem como a profundidade até onde o furo permanece aberto.” Após 12 horas do término dos ensaios verificou-se a integridade dos furos e observou-se que estes se encontravam aptos para satisfazer este item, logo utilizou-se um medidor de nível estático para obter esse dado.

Para definir o perfil geotécnico também foram utilizadas as sondagens *SPT*, seguindo o sub-iten do item 6.6 da NBR 6484/2001 que diz respeito a caracterização do solo pela amostra obtida no amostrador padrão do ensaio. Buscou-se definir as amostras pela observação tátil-visual em campo e em laboratório, foram definidos aspectos como granulometria, plasticidade, cor e origem.

2.3 Definição dos Parâmetros Geotécnicos do Solo e Cálculo do Fator de Segurança

Para definir os parâmetros exigidos pela letra “f” do item 5.24 da IN 06, no caso coesão e ângulo de atrito, houve a necessidade de retirar uma amostra indeformada, que foi coletada seguindo a NBR 9604/1986. Obteve-se uma amostra com dimensões de comprimento, profundidade e altura de 36x38x39cm respectivamente, conforme Figura 5, estando de acordo com o item 5.4.1 desta que diz respeito as dimensões máximas iguais a 40 cm de aresta e dimensões mínimas iguais a 15 cm de aresta do cubo. Após o exito do seccionamento da base da amostragem foi identificado o topo do bloco com uma marcação “T” que orienta o topo, conforme item 5.4.2.3 desta norma. Para finalizar o procedimento e garantir a estrutura, condições naturais de umidade e compacidade utilizou-se de talagarça e parafina líquida com três camadas ao todo conforme item 5.4.2.4.

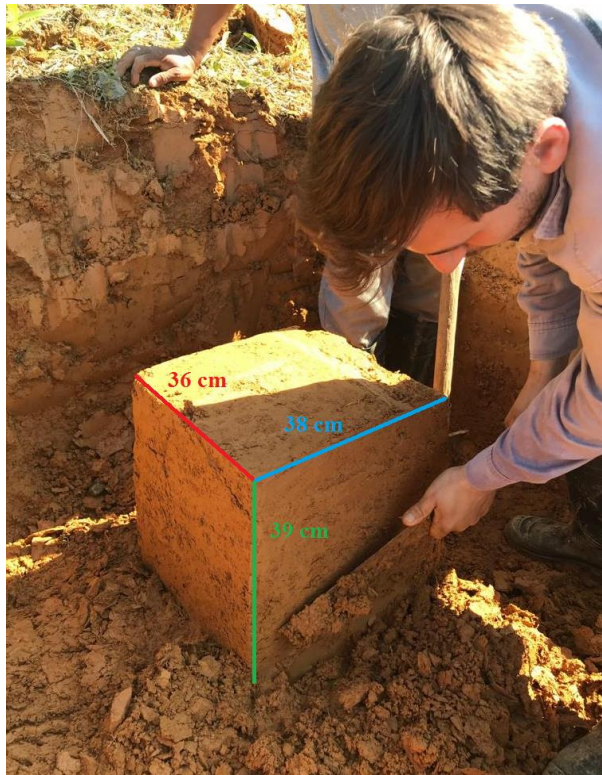


Figura 5. Amostra Indeformada, Kuskowski e Massocco, 2018.

Após cuidadoso armazenamento e transporte da amostra até o laboratório pôde ser definidos os parâmetros que a instrução normativa 06 exige no item 5.24 letra “f”) como a coesão e ângulo de atrito que foram obtidos pelo ensaio de cisalhamento direto conforme ASTM D3080 - 04, foram extraídos quatro corpos de prova da amostra indeformada e ensaiados para diferentes tensões confinantes, 100, 200, 300 e 400 kPa.

O item 4.1 da NBR NM 26/2001 estabelece que “Amostragem é tão importante quanto o ensaio, por isso devem ser tomadas todas as precauções necessárias para que se obtenha amostras representativas quanto às suas natureza e características.”, o ensaio de granulometria foi realizado com uma amostragem coletada de solo deformado com 2,5 kg de peso total, após isto utilizou-se a peneira 76 mm e obteve-se peso de amostra igual a 1,20 kg, valor coerente para realização



do ensaio segundo a tabela 3 da NBR 6457/1986 que prevê a quantidade de amostra para análise granulométrica. Em seguida, com a amostra seca ao ar, fez-se as operações preliminares da NBR 7181/1984 como passar o material na peneira 2,0 mm, tomando o devido cuidado para desmanchar todos os torrões eventualmente existentes para que de fato, havendo a existência, apenas os grãos maiores fiquem retidos na malha. Para realizar o peneiramento fino utilizou-se o solo seco retido na peneira 0,075 mm para ser ensaiado com o agitador mecânico e suas peneiras N° 40, 80 e 200 segundo a A.S.T.M.. O peneiramento grosso não foi possível de ser realizado pois não houve presença de material retido na peneira 2,0 mm.

Por se tratar de um solo com granulometria fina, isento de pedregulho e não muito duro a determinação da densidade natural fez-se pelo ensaio *in situ* com cilindro de cravação seguindo a NBR 9813/1987, depois de determinar as dimensões do cilindro de cravação através da média de quatro dimensões igualmente espaçadas obtidas com um paquímetro digital pôde-se determinar o volume interno do cilindro. Após o processo de cravação por queda livre do soquete fez-se a escavação do terreno circunvizinho ao cilindro e o corte a uma profundidade de aproximadamente 5 cm abaixo da sua borda inferior, em seguida removeu-se o excesso de solo com o auxílio da régua biselada.

Com o final do processo de pesagem do cilindro de cravação pôde-se aproveitar o solo deste ensaio, segundo a NBR 6457/1986, para determinar a umidade natural do solo, através do recolhimento de amostragem em 5 cápsulas distintas, utilizando estufa para secagem do material e podendo assim calcular a média das umidades.

O cálculo do fator de segurança foi realizado pelo método de Bishop (1955) e para isto fez-se necessária a escolha da seção mais crítica do talude que neste caso é o corte AA da Figura 3,

em seguida foi desenhado o perfil longitudinal no programa AutoCad da AutoDesk de acordo com a topografia realizada anteriormente, além do tipodiagrama foi inserida a altura de cada camada de solo obtidas nas sondagens executadas, bem como o nível do lençol freático. Após a conferência da escala o perfil pode ser importado em formato “.dxf” para o programa *Slope* da GeoStru, em uma análise que permitiu a inserção e simulação de elementos presentes no empreendimento como muro de arrimo com suas devidas medidas, fundações do tipo estacas cravadas e também as cargas majoradas da edificação conforme Figura 6.

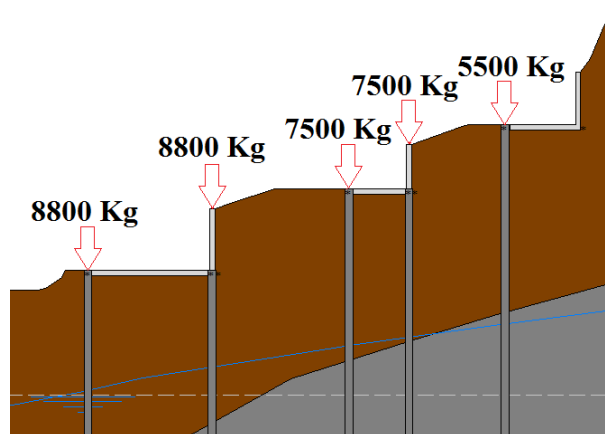


Figura 6. Situação de Análise, Kuskowski e Massocco, 2018.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 Sondagens Geotécnicas do solo

Foram executados dois ensaios de sondagem *SPT*, o primeiro “SP 01” na cota 1,26m e o segundo “SP 02” na cota 5,02, conforme Figura 4. Nos dois ensaios foi necessário utilizar revestimento de apenas 2 metros, por se tratar de um solo que não solapou o furo da sondagem, mostrando assim um solo com característica de boa coesão.

O procedimento de utilização do trépano de lavagem foi utilizado apenas quando houve o indício do lençol freático, para o SP 01 iniciou-

Em ambas as sondagens constatou-se o impenetrável segundo o item 4.4.3 da NBR 6484, que diz respeito a paralização do ensaio quando os avanços forem inferiores a 50 mm no procedimento de lavagem por tempo. Para o SP 01 e SP 02 a lavagem por tempo seguiu até o segundo estágio, que ao término da segunda seção de 10 minutos verificou-se avanços iguais a 2 cm e 1 cm respectivamente para cada ensaio, sendo valores inferiores a 50 mm é possível considerar a paralização das sondagens nos metros 28,34 m para o SP 01 e 25,42 m para o SP 02 pelo critério da lavagem por tempo, caracterizando assim o impenetrável ao trépano de lavagem sendo possível prosseguir apenas com sonda rotativa.

SP 01	Cota 1,26m	Início: 17/07/18 Fim: 18/07/18		Prof. das camadas e classificação táctil visual do material	Nº Golpes Penetração	N
		Prof. (m)				
Prof. das camadas e classificação táctil visual do material	Prof. das camadas e classificação táctil visual do material	Nº Golpes Penetração	N	Prof. (m)		
8,80m até 13,82m. Silte argiloso com areia média, coloração variegada.	8,80m até 13,82m. Silte argiloso com areia média, coloração variegada.	2	01 01 03 15 15 15	04	03 02 05 15 15 15	08
13,82m até 14,29m. Areia argilosa (areia grossa), coloração variegada.	13,82m até 14,29m. Areia argilosa (areia grossa), coloração variegada.	3	02 03 05 15 15 15	08	04 03 03 15 15 15	06
14,29m até 21,05m. Silte argiloso com areia fina, coloração variegada.	14,29m até 21,05m. Silte argiloso com areia fina, coloração variegada.	4	02 03 05 15 15 15	08	04 03 03 15 15 15	06
21,05m até 23,46m. Silte argiloso com areia média, coloração variegada.	21,05m até 23,46m. Silte argiloso com areia média, coloração variegada.	5	02 05 07 15 15 15	12	02 02 04 15 15 15	06
23,46m até 28,34m. Silte argiloso com areia fina, coloração variegada / Alteração de rocha.	23,46m até 28,34m. Silte argiloso com areia fina, coloração variegada / Alteração de rocha.	6	02 09 07 15 15 15	12	03 03 04 15 15 15	07
28,34m até 33,32m. Areia argilosa com coloração variegada.	28,34m até 33,32m. Areia argilosa com coloração variegada.	7	03 03 04 15 15 15	07	06 09 07 15 15 15	16
33,32m até 38,30m. Areia argilosa com coloração variegada.	33,32m até 38,30m. Areia argilosa com coloração variegada.	8	04 03 08 15 15 15	11	04 05 10 15 15 15	15
38,30m até 43,28m. Areia argilosa com coloração variegada.	38,30m até 43,28m. Areia argilosa com coloração variegada.	9	04 03 08 15 15 15	11	04 03 08 15 15 15	11
43,28m até 48,26m. Areia argilosa com coloração variegada.	43,28m até 48,26m. Areia argilosa com coloração variegada.	10	05 07 11 15 15 15	18	05 07 11 15 15 15	18
48,26m até 53,24m. Areia argilosa com coloração variegada.	48,26m até 53,24m. Areia argilosa com coloração variegada.	11	06 09 18 15 15 15	27	13 18 22 15 15 15	41
53,24m até 58,22m. Areia argilosa com coloração variegada.	53,24m até 58,22m. Areia argilosa com coloração variegada.	12	07 09 18 15 15 15	27	15 25 00 15 04 00	>50
58,22m até 63,20m. Areia argilosa com coloração variegada.	58,22m até 63,20m. Areia argilosa com coloração variegada.	13	15 25 00 15 04 00	>50		
63,20m até 68,18m. Areia argilosa com coloração variegada.	63,20m até 68,18m. Areia argilosa com coloração variegada.	14	15 04 00			
68,18m até 73,16m. Areia argilosa com coloração variegada.	68,18m até 73,16m. Areia argilosa com coloração variegada.	15				
73,16m até 78,14m. Areia argilosa com coloração variegada.	73,16m até 78,14m. Areia argilosa com coloração variegada.	16				
78,14m até 83,12m. Areia argilosa com coloração variegada.	78,14m até 83,12m. Areia argilosa com coloração variegada.	17				
83,12m até 88,10m. Areia argilosa com coloração variegada.	83,12m até 88,10m. Areia argilosa com coloração variegada.	18				
88,10m até 93,08m. Areia argilosa com coloração variegada.	88,10m até 93,08m. Areia argilosa com coloração variegada.	19				
93,08m até 98,06m. Areia argilosa com coloração variegada.	93,08m até 98,06m. Areia argilosa com coloração variegada.	20				
98,06m até 103,04m. Areia argilosa com coloração variegada.	98,06m até 103,04m. Areia argilosa com coloração variegada.	21				
103,04m até 108,02m. Areia argilosa com coloração variegada.	103,04m até 108,02m. Areia argilosa com coloração variegada.	22				
108,02m até 113,00m. Areia argilosa com coloração variegada.	108,02m até 113,00m. Areia argilosa com coloração variegada.	23				
113,00m até 117,98m. Areia argilosa com coloração variegada.	113,00m até 117,98m. Areia argilosa com coloração variegada.	24				
117,98m até 122,96m. Areia argilosa com coloração variegada.	117,98m até 122,96m. Areia argilosa com coloração variegada.	25				
122,96m até 127,94m. Areia argilosa com coloração variegada.	122,96m até 127,94m. Areia argilosa com coloração variegada.	26				
127,94m até 132,92m. Areia argilosa com coloração variegada.	127,94m até 132,92m. Areia argilosa com coloração variegada.	27				
132,92m até 137,90m. Areia argilosa com coloração variegada.	132,92m até 137,90m. Areia argilosa com coloração variegada.	28				
137,90m até 142,88m. Areia argilosa com coloração variegada.	137,90m até 142,88m. Areia argilosa com coloração variegada.	29				
142,88m até 147,86m. Areia argilosa com coloração variegada.	142,88m até 147,86m. Areia argilosa com coloração variegada.	30				
147,86m até 152,84m. Areia argilosa com coloração variegada.	147,86m até 152,84m. Areia argilosa com coloração variegada.	31				
152,84m até 157,82m. Areia argilosa com coloração variegada.	152,84m até 157,82m. Areia argilosa com coloração variegada.	32				
157,82m até 162,80m. Areia argilosa com coloração variegada.	157,82m até 162,80m. Areia argilosa com coloração variegada.	33				
162,80m até 167,78m. Areia argilosa com coloração variegada.	162,80m até 167,78m. Areia argilosa com coloração variegada.	34				
167,78m até 172,76m. Areia argilosa com coloração variegada.	167,78m até 172,76m. Areia argilosa com coloração variegada.	35				
172,76m até 177,74m. Areia argilosa com coloração variegada.	172,76m até 177,74m. Areia argilosa com coloração variegada.	36				
177,74m até 182,72m. Areia argilosa com coloração variegada.	177,74m até 182,72m. Areia argilosa com coloração variegada.	37				
182,72m até 187,70m. Areia argilosa com coloração variegada.	182,72m até 187,70m. Areia argilosa com coloração variegada.	38				
187,70m até 192,68m. Areia argilosa com coloração variegada.	187,70m até 192,68m. Areia argilosa com coloração variegada.	39				
192,68m até 197,66m. Areia argilosa com coloração variegada.	192,68m até 197,66m. Areia argilosa com coloração variegada.	40				
197,66m até 202,64m. Areia argilosa com coloração variegada.	197,66m até 202,64m. Areia argilosa com coloração variegada.	41				
202,64m até 207,62m. Areia argilosa com coloração variegada.	202,64m até 207,62m. Areia argilosa com coloração variegada.	42				
207,62m até 212,60m. Areia argilosa com coloração variegada.	207,62m até 212,60m. Areia argilosa com coloração variegada.	43				
212,60m até 217,58m. Areia argilosa com coloração variegada.	212,60m até 217,58m. Areia argilosa com coloração variegada.	44				
217,58m até 222,56m. Areia argilosa com coloração variegada.	217,58m até 222,56m. Areia argilosa com coloração variegada.	45				
222,56m até 227,54m. Areia argilosa com coloração variegada.	222,56m até 227,54m. Areia argilosa com coloração variegada.	46				
227,54m até 232,52m. Areia argilosa com coloração variegada.	227,54m até 232,52m. Areia argilosa com coloração variegada.	47				
232,52m até 237,50m. Areia argilosa com coloração variegada.	232,52m até 237,50m. Areia argilosa com coloração variegada.	48				
237,50m até 242,48m. Areia argilosa com coloração variegada.	237,50m até 242,48m. Areia argilosa com coloração variegada.	49				
242,48m até 247,46m. Areia argilosa com coloração variegada.	242,48m até 247,46m. Areia argilosa com coloração variegada.	50				
247,46m até 252,44m. Areia argilosa com coloração variegada.	247,46m até 252,44m. Areia argilosa com coloração variegada.	51				
252,44m até 257,42m. Areia argilosa com coloração variegada.	252,44m até 257,42m. Areia argilosa com coloração variegada.	52				
257,42m até 262,40m. Areia argilosa com coloração variegada.	257,42m até 262,40m. Areia argilosa com coloração variegada.	53				
262,40m até 267,38m. Areia argilosa com coloração variegada.	262,40m até 267,38m. Areia argilosa com coloração variegada.	54				
267,38m até 272,36m. Areia argilosa com coloração variegada.	267,38m até 272,36m. Areia argilosa com coloração variegada.	55				
272,36m até 277,34m. Areia argilosa com coloração variegada.	272,36m até 277,34m. Areia argilosa com coloração variegada.	56				
277,34m até 282,32m. Areia argilosa com coloração variegada.	277,34m até 282,32m. Areia argilosa com coloração variegada.	57				
282,32m até 287,30m. Areia argilosa com coloração variegada.	282,32m até 287,30m. Areia argilosa com coloração variegada.	58				
287,30m até 292,28m. Areia argilosa com coloração variegada.	287,30m até 292,28m. Areia argilosa com coloração variegada.	59				
292,28m até 297,26m. Areia argilosa com coloração variegada.	292,28m até 297,26m. Areia argilosa com coloração variegada.	60				
297,26m até 302,24m. Areia argilosa com coloração variegada.	297,26m até 302,24m. Areia argilosa com coloração variegada.	61				
302,24m até 307,22m. Areia argilosa com coloração variegada.	302,24m até 307,22m. Areia argilosa com coloração variegada.	62				
307,22m até 312,20m. Areia argilosa com coloração variegada.	307,22m até 312,20m. Areia argilosa com coloração variegada.	63				
312,20m até 317,18m. Areia argilosa com coloração variegada.	312,20m até 317,18m. Areia argilosa com coloração variegada.	64				

Figura 7. Laudo de Sondagem SP 01, Kuszowski e Massocco, 2018.

Foram ensaiados quatro diferentes tensões confinantes, 100, 200, 300 e 400 kPa, os resultados do ensaio são registrados graficamente pela variação da tensão de cisalhamento em função da deformação. A escolha destas tensões configuram as possíveis gama de solicitações que aquele solo virá a sofrer, para tanto foi determinado entre 100 e 400 kPa. A Figura 9 apresente a curva teste em termos de tensão cisalhante de ruptura em função da deformação.

O gráfico, intitulado "CURVA TESTE", apresenta a relação entre a tensão cisalhante de ruptura (eixo Y, em kPa) e a deformação (eixo X, em mm). São mostradas quatro curvas correspondentes a diferentes níveis de tensão normal aplicada: 100 kPa (azul), 200 kPa (verde), 300 kPa (laranja) e 400 kPa (rosa). Todas as curvas exibem um comportamento inicialmente não linear, caracterizado por um aumento rápido da tensão cisalhante com a deformação, seguido por uma fase de endurecimento onde a taxa de aumento diminui, tendendo a se estabilizar. A tensão cisalhante de ruptura aumenta diretamente com a tensão normal aplicada.

Deformação (mm)	100 kPa (kPa)	200 kPa (kPa)	300 kPa (kPa)	400 kPa (kPa)
0	0	0	0	0
1	35	65	85	105
2	45	85	105	125
3	55	95	115	135
4	65	100	120	140
5	70	102	122	142
6	72	103	123	143
7	73	104	124	144
8	74	105	125	145
9	75	106	126	146
10	76	107	127	147
11	77	108	128	148
12	78	109	129	149

3.2 Profundidade do Lençol Freático

Figura 9. Curva Teste, Kuskowski e Massocco, 2018.

Para a Figura 10 abaixo estão representadas as envoltórias de rupturas obtidas para o material ensaiado, representando a resistência residual do material.

Sondagem	Cota do solo (m)	Nível da Água (m)
SP 01	1,26	5,61
SP 02	5,02	7,96

3.3 Ensaio de Cisalhamento direto

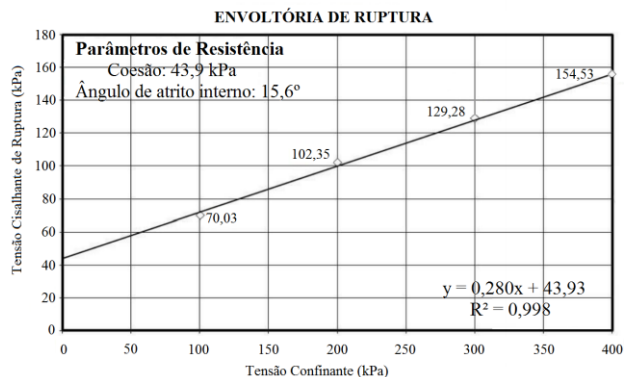


Figura 10. Envolvória de Ruptura, Kuzskowski e Massocco, 2018.

Como é possível observar na Figura anterior a coesão do material ensaiado é de 43,9 kPa e o ângulo de atrito interno é de 15,6°.

3.4 Granulometria do Material

Para o peneiramento da amostra total ocorreu que 100 % do material passou na peneira 2,0 mm, já para o peneiramento parcial utilizou-se as peneiras A.S.T.M N° 40, 80 e 200 e pode-se observar na Figura 11 abaixo.

Tabela 2. Peneiramento da amostra parcial.

Amostra parcial úmida (g)	444,21		
Amostra parcial seca (g)	436,43		
A.S.T.M. mm	N° 40	N° 80	N° 200
	0,42	0,18	0,075
Material retido (g)	58,43	57,53	30,77
Porcentagem da amostra parcial	13,39	13,18	7,05
Porcentagem acumulada	13,39	26,57	33,62
Porcentagem que passa da amostra parcial	86,61	73,43	66,38
Porcentagem que passa da amostra total	86,61	73,43	66,38
Resumo			
Pedregulho (%)	0		
Areia grossa (%)	0		
Areia fina (%)	33,6		
Passando na N° 200 (%)	66,4		

Kuzskowski e Massocco, 2018.

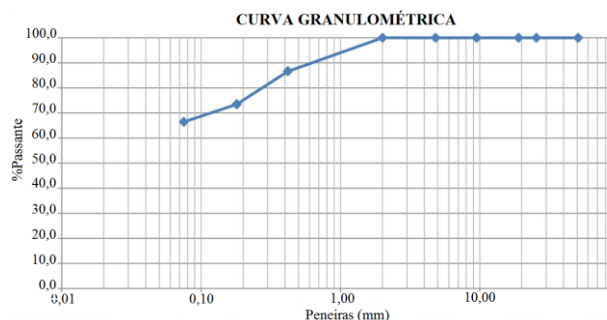


Figura 11. Curva Granulométrica, Visita Técnica, Kuzskowski e Massocco, 2018.

A composição granulométrica é 0,0 % de pedregulho; 0,0 % de areia grossa; 33,6 % de areia fina e 66,4 % de material fino passante na peneira n° 200.

3.5 Densidade Natural

Respeitando a calibração do item 3, letra “a)”, nota da NBR 9813/1987 que diz respeito a relação que deve ser entre 10 % e 15 % da divisão do volume das paredes do cilindro “Vd” e volume interno do cilindro “Vc”. Com esta consideração obtem-se a Tabela 3 abaixo e o valor de densidade natural pôde ser obtido com a fórmula descrita em (1) obtida no item 6.1 da NBR 9813/1987.

Tabela 3. Determinação da Massa Específica Aparente in situ, com Emprego de Cilindro de Cravação.

Alturas do Cilindro (cm)	116	116,02	116,07	116,05
Altura Média (cm)	116,035			
Ø Interno do Cilindro (cm)	103,84	103,73	103,55	103,81
Ø Médio (cm)	103,7325			
Massa do Cilindro (g)	1031,98			
Massa do Cilindro + Solo (g)	2769,67			

Kuzskowski e Massocco, 2018.



$$\rho_n = \frac{2769,67 - 1031,98}{\frac{\pi * 103,7325^2}{4} * 116,035 * \frac{1}{1000}} \quad (1)$$

$$\rho_n = 1,772 \text{ g/cm}^3$$

3.6 Umidade Natural

Os valores ensaio de umidade natural foram obtidos utilizando o mesmo solo do ensaio do item anterior e estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4. Determinação da Umidade Natural.

Cápsula	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
Massa Cápsula (g)	13,98	14,22	13,99	11,33	11,28
Massa Cápsula + Solo Úmido (g)	64,41	65,57	67,94	67,08	71,12
Massa Solo Úmido (g)	50,43	51,35	53,95	55,75	59,84
Massa Sólido (g)	39,66	40,01	42,22	43,18	47,02
Massa Água (g)	10,77	11,34	11,73	12,56	12,82
Teor de Umidade (%)	27,15	28,33	27,77	29,09	27,26
Teor de Umidade Médio	27,92%				

Kuszkowski e Massocco, 2018.

3.7 Cálculo do Fator de Segurança

Tabela 5. Vértices do Perfil.

Nr	X (m)	y (m)
1	0,08	0,79
2	1,28	0,79
3	1,58	0,86
4	2,18	1,27
5	2,32	1,53
6	8,05	1,53
7	8,05	3,88
8	8,62	4,08
9	10,31	4,62
10	15,54	4,62
11	15,54	6,32
12	17,45	7,02

13	17,7	7,09
14	21,99	7,09
15	21,99	9,09
16	22,36	9,61
17	22,89	10,89
18	23,31	11,37

Kuszkowski e Massocco, 2018.

Tabela 6. Nível Freático.

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,12	-3,61
2	3,01	-3,06
3	5,28	-2,54
4	13,44	-1,28
5	18,68	-0,57
6	23,2	0,03

Kuszkowski e Massocco, 2018.

Tabela 7. Vértices Camada 1.

N	X (m)	y (m)
1	0,08	-8,63
2	10,94	-2,59
3	15,49	-1,14
4	18,68	-0,2
5	23,31	1,1

Kuszkowski e Massocco, 2018.

Tabela 8. Estratigrafia.

Camada	1	2
Coesão (kg/cm ²)	0,4476554	0,4476554
Ângulo de Atrito (°)	15,6	15,6
Peso Específico Natural (Kg/m ³)	1772	1772
Peso Específico Saturado (Kg/m ³)	2100	2100
Litologia	Silte argiloso com areia fina, coloração variegada.	Silte argiloso com areia média, coloração variegada.

Kuszkowski e Massocco, 2018.

Tabela 9. Fatias e Forças Atuantes.

Nr.	B	Alfa	Li	Wi	N'i	Ti
-----	---	------	----	----	-----	----



	m	(°)	m	(Kg)	(Kg)	(Kg)
1	0,6 4	- 13,1	0,6 6	155,20	460,4	1297, 7
2	0,6 4	-7,9	0,6 5	305,10	484,6	1276, 7
3	0,3 8	- 10,0	0,3 8	9030,72	9301,5	751,5
4	0,5 2	-4,8	0,5 2	3033,13	3130,9	1026, 7
5	1,0 3	1,2	1,0 3	6678,51	6636,7	2029, 7
6	0,6 7	1,9	0,6 7	4690,05	4649,3	1318, 3
7	0,6 1	8,2	0,6 2	4394,03	4263,5	1223, 6
8	0,6 4	9,8	0,6 5	4437,44	4281,1	1283, 0
9	0,6 4	13,8	0,6 6	4257,41	4064,2	1301, 7
10	0,6 4	14,0	0,6 6	4015,28	3813,3	1303, 3
11	0,6 4	19,9	0,6 8	11265,9 9	11496, 6	1344, 8
12	0,6 4	24,0	0,7	3418,26	3125,5	1384, 1
13	0,6 4	28,2	0,7 3	5036,05	4945,4	1434, 6
14	0,8 1	32,3	0,9 6	10653,3 5	11408, 0	1892, 5
15	0,4 7	29,5	0,5 4	3163,89	3031,4	1068, 1
16	0,6 4	39,6	0,8 3	4033,32	3877,3	1640, 6
17	0,7 5	43,8	1,0 4	4181,76	3825,3	2052, 3
18	0,5 3	47,8	0,7 9	2496,67	1997,3	1559, 3
19	0,6 4	53,4	1,0 8	2011,73	520,1	2119, 8
20	0,6 4	57,2	1,1 8	6279,96	7971,7	2333, 5

Kuszkowski e Massocco, 2018.

Sendo:

B: Largura da Fatia;

Alfa: Ângulo de Inclinação da Base da Fatia;

Li: Comprimento da Base da Fatia;

Wi: Peso da Fatia;

Ni: Forças Atuando Normalmente na Direção de Deslizamento;

Ti: Forças Atuando Paralelamente a Superfície de Deslizamento.

Tabela 10. Resumo dos Resultados

Fs mínimo encontrado	2,27
Abcissa do Centro de Superfície (m)	10,48
Ordenada do Centro de Superfície (m)	13,25
Raio de Superfície (m)	11,84

Kuszkowski e Massocco, 2018.

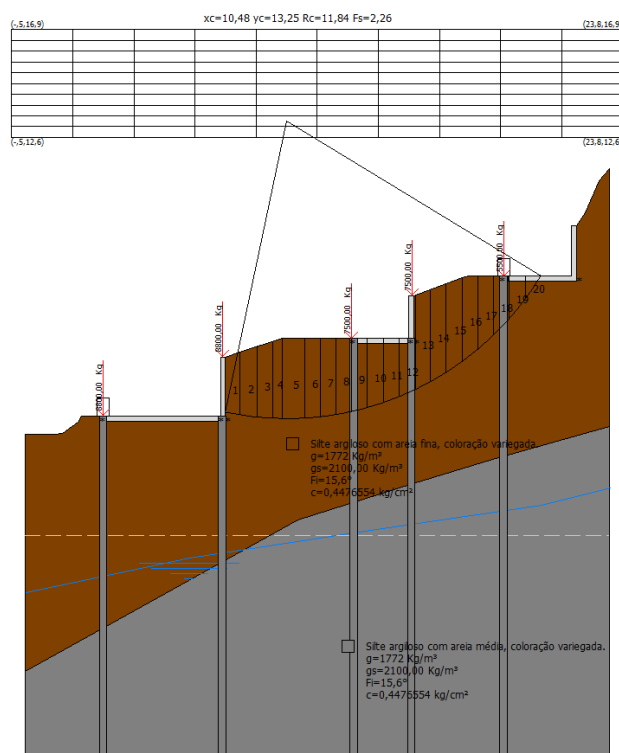


Figura 12. Fator de Segurança Mínimo, Kuszkowski e Massocco, 2018.

3.8 Definição de Duas Alternativas Técnicas Viáveis para Contenção dos Taludes.

O projeto do sobrado já prescreve uma alternativa técnica para conter o talude que é o muro de concreto armado, por se tratar de baixas alturas de corte do solo torna-se viável e simples execução deste método. A segunda é a utilização de reforço com geotêxtil que se apresenta como uma solução mais econômica pois utilizaria o solo presente no local como matéria prima para este tipo de contenção,



porém haveria a desvantagem da perda de espaço e necessidade de adaptação do projeto arquitetônico ocasionado pela diferença de espessura entre os métodos.

3.9 Plano de Manutenção do Talude

Esse manual deve ser entregue em duas vias, uma para o cliente e outra para Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Joinville – SC. Neste caso como obteve-se um F_s maior do que 1,5 a visita do engenheiro geotécnico se faz a cada ano, se o resultado do F_s fosse inferior a 1,5 esta visita deverá ser realizada a cada semestre.

O residente deve ficar atento a qualquer anormalidade na questão da limpeza e funcionamento do sistema de drenagem do talude, verificar também a existência de patologias nas obras de contenção e procurar sempre manter uma vegetação superficial nas áreas não edificadas do terreno.

Caso seja observado alguma anomalia a estes quesitos levantados anteriormente o proprietário deve entrar em contato com o engenheiro geotécnico responsável o quanto antes para que seja feita a avaliação da situação.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se, assim, que antes de idealizar um empreendimento na fase que diz respeito a escolha do terreno o proprietário volta-se a focar na arquitetura do seu negócio para obter o melhor aproveitamento em relação a topografia do local, ou até mesmo, preocupa-se apenas com o subsolo realizando uma ou mais sondagens para definir o tipo de fundação a ser utilizada. Mas deve-se atentar as leis e normativas municipais que determinam a necessidade de realizar um estudo geotécnico completo do terreno para garantir que não ocorra acidentes e para que possa incluir o valor deste em seu orçamento.

A simulação aqui realizada do talude via software, com todos os seus parâmetros de solo obtidos através dos respectivos ensaios insitu e em laboratório, considerando também a escolha e as dimensões das obras de contenção, o tipo de fundação e as cargas nelas presentes, posto tudo isso pôde-se obter um fator de segurança mínimo igual a 2,27 sendo considerado um talude seguro e apto a aprovação perante ao item 5.24 da IN 06 da SEMA de Joinville – SC.

Apesar de um bom coeficiente de segurança obtido o engenheiro responsável e o proprietário devem estar monitorando o talude e mantendo contato, conforme prevê a instrução normativa, para que nenhum fator desconhecido venha a causar acidentes. Obter as informações mais completas quanto possíveis do solo e da natureza são indispensáveis e a probabilidade de haver algum fator desconhecido não é igual a zero, logo é necessário acima de tudo ter responsabilidade profissional não apenas no momento da execução do trabalho, mas também no acompanhamento e monitoramento das situações após a realização do serviço.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço a Mestre Narayana pela inspiração.

6 REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1983). NBR 8044: Projeto Geotécnico. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 6 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). NBR 6457: Amostra de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro, 4 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). NBR 9604: Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo, com Retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas. Rio de Janeiro, p. 6-8.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987). NBR 9813: Solo – Determinação da Massa Específica Aparente In Situ, com Emprego de Cilindro de



- Cravação. Rio de janeiro, p. 1-5.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1991). NBR 11682: Estabilidade de Taludes. Rio de janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR NM 26: Agregados - Amostragem. Rio de janeiro, 2 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). NBR 6484: Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT - Método de Ensaio. Rio de janeiro, p. 11-15.
- American Society for Testing Materials (1990). D3080 – 04. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. Philadelphia, PA, 6 p.
- Bishop, A. W. (1955). The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes. *Geotechnique*, Vol 5, p. 7-17.
- Committee on Landslide Investigations. (1958). Landslides and Engineering Practice, NAS-NRC Publication 544, Washington, DC , USA, 1 p.
- Hartmann, L.A; Silva, L.C.; Orlandi, V. (1979). O Complexo Granulítico de Santa Catarina. *Acta Geologica Leopoldensia*, p. 94-112.
- Secretaria do Meio Ambiente (2014). Instrução Normativa 06, item 5.24, Joinville, SC, 5 p.