

**REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO DE CARATINGA E PROPOSTAS DE
SOLUÇÕES DE ENGENHARIA**

**JUCILETE MARTINS GONÇALVES
MIRELLY APARECIDA DA SILVEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

**JUCILETE MARTINS GONÇALVES
MIRELLY APARECIDA DA SILVEIRA**

**IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO DE CARATINGA E PROPOSTAS DE
SOLUÇÕES DE ENGENHARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: José Salvador Alves.

Caratinga/MG

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO EM CARATINGA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA

Nome completo do aluno: JUCILETE MARTINS GONÇALVES
MIRELLY APARECIDA DA SILVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores José Salvador Alves, Sidinei Silva Araújo e Camilla Alves Da Silva, às 20:00 horas do dia 12 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: Aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: Excelente (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: () SIM () NÃO

Caratinga, 12 de dezembro de 2016

José Salvador Alves
Professor Orientador e Presidente da Banca

Sidinei Silva Araújo
Professor Avaliador 1

Camilla Alves da Silva
Professor Avaliador 2

Mirelly Aparecida da Silveira
Aluno(a)

Jucilete Martins Gonçalves

[Assinatura]
Coordenador(a) do Curso

Dedicamos esta conquista à Deus e aos nossos pais, pelo amparo nas horas mais difíceis!

AGRADECIMENTOS

Agradeço sobretudo ao Divino Pai Eterno, por seu imenso amor, por todos os momentos que se fez presente durante esses cinco anos de trajetória, por todas as vezes que me colocou no colo e acalmou meu coração. A ti Pai, toda Honra e toda Glória.

Aos meus pais, relicário de amor e paciência, a quem devo tudo que sou. Obrigada pelo incentivo de evolução. Sou imensamente grata por cada conselho e cada apoio destinado a mim ao longo da minha vida. Essa conquista é principalmente de vocês, pois sem vocês eu nada seria, vocês são minha base.

Aos meus irmãos, por todas as palavras de encorajamento que me fizeram persistir. Obrigada por acreditarem na minha capacidade e por sempre terem me instigado a conquistar meus sonhos. Aos que já se foram, serei eternamente grata por todas as vezes que cuidaram de mim. Eu amo todos vocês! À minha irmã Eliana (*in memoriam*), que após longos anos de apoio nos deixou recentemente, antes de desfrutar dessa conquista comigo, quero agradecer de todo o meu coração por todo o apoio nas horas difíceis, por todas as vezes que ficou feliz ao me ver feliz, por sempre, sempre ter acreditado em mim, ter cuidado de mim e da nossa mãezinha, você está fazendo uma falta gigantesca, muito obrigada meu amor por tudo que fez para que eu chegasse até aqui, sem a sua ajuda seria tudo mais difícil, assim como está sendo sem você. Essa conquista é dedicada também especialmente à você, de todo o meu coração. Te amo!

Ao meu namorado Raul Carvalho, por toda paciência e entendimento, por todos os abraços que dividiram o peso da luta, por toda confiança depositada em mim, pelo seu amor que torna tudo mais fácil e por ter tornado meus sonhos os seus. Meu amor, a vida é bem melhor com você.

Aos meus sobrinhos, tios e avós, por todas as palavras de carinho e por todas as bênçãos de coração. Vô, você sempre terá um cantinho especial no meu coração, obrigada por todas as vezes que disse que eu era o orgulho da família, mas você que sempre foi o nosso orgulho!

Aos meus amigos pessoais, por todas as risadas arrancadas nas horas de desespero, por todos os abraços, por toda a confiança e por todo amor distribuído ao longo da nossa amizade. Especialmente a Pâmela e a Thaís, só tenho a agradecer por estarem comigo em todos os momentos!

À Mirelly, à Michelle, à Débora e ao João Victor, meu grupo de trabalhos, não tenho como expressar o quanto é gratificante a nossa amizade, juntos construímos laços que irão muito além da sala de aula, vocês são muito especiais. Especialmente a Mirelly, minha dupla de vida, minha irmã, como sou grata a Deus por ter colocado você no meu caminho, eu amo você e caminharemos sempre juntas pela estrada da vida, obrigada amiga por tudo!

À Tailyne, por todo o apoio na hora dos perrengues, por todas as dúvidas tiradas, por ter se tornado uma amiga que quero levar comigo por toda a vida. Você é um amor.

Aos meus amigos de curso, por toda cumplicidade ao longo desses cinco anos, sem vocês essa caminhada seria árdua. Serão sempre lembrados por mim com gratidão!

Ao Paulo Eustáquio, que além do papel de professor, orientador e co-orientador, tornou-se um grande amigo. Não tenho como agradecer por tudo que fez por nós, que nossa amizade perdure por longos anos e que Deus abençoe sempre sua família, vocês são muito especiais.

À Defesa Civil por toda ajuda e disposição. Ao Leandro Alves, por tanto ter ajudado nas horas de desespero. Ao José Salvador, orientador deste trabalho, por toda compreensão, ajuda e paciência. Muito obrigada por tudo!

O meu grande obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, este é um momento único, sem a ajuda e o apoio de todos eu não teria conseguido. Essa conquista é pra vocês!

Jucilete Martins Gonçalves

AGRADECIMENTOS

Não se vence uma batalha sem lutar, não se alcança a vitória lutando sozinho. Ao findar de cinco anos de novidades, de conhecimento adquirido, de risadas, de lágrimas, de muitas lágrimas principalmente nessa última fase, hoje sem acreditar encontro-me escrevendo a última parte da tão árdua monografia, e sentindo-me realizada por ter alcançado um de meus tão sonhados objetivos, não poderia deixar de demonstrar de alguma forma minha eterna gratidão.

Agradeço imensamente ao grande Deus, que sempre foi Pai e que nas horas de fraquejo me pegou nos braços e não me deixou desistir. Toda conquista, e tudo que vier de novo em minha vida a partir deste momento dedico a Ti Senhor, sei que nunca me abandonarás, e que sem Ti nada sou.

Sem palavras que descrevam exatamente minha imensa gratidão, escrevo essas linhas e agradeço aos meus pais, Sebastião e Marilha Silveira, os grandes e verdadeiros amores da minha vida, que desde meu nascimento vibram por mim a cada conquista, e sei que esta, de longe será também uma grande vitória para eles. Obrigada meus pais por todo apoio, por cada dificuldade que enfrentaram comigo, por torcerem tanto e sempre acreditarem em mim. Se eu pudesse voltar à vida em algum momento e tivesse a oportunidade de escolher meus pais, seriam vocês meus escolhidos, tenho muito orgulho de ter vocês como meus pais, e de toda educação e valores que passaram a mim durante toda vida. Amo vocês.

Não poderia deixar de agradecer minha irmã Âmelly, por toda compreensão ao longo deste período. Obrigada por acreditar em mim, e daqui a alguns anos, quando for você aqui escrevendo seus agradecimentos, pode ter a absoluta certeza que eu estarei torcendo muito por você. Te amo muito.

Sou extremamente grata também ao meu amor Raul Marcelino, que em tantas vezes me trouxe consolo, me trouxe ânimo quando pensei em desistir. Suas palavras sempre me acalmam quando tudo parece desabar. Você foi fundamental nesta caminhada, e principalmente na reta final que tanto precisei e você esteve sempre ali disposto a me ajudar. Amo você, obrigada por tudo, esta conquista também é pra nós dois.

Há cinco anos também ganhei uma segunda família, e é claro que família a gente nunca esquece. Senhor João Evangelista e Senhora Margarida Gonçalves, meus segundos pais, obrigada primeiramente por me acolherem ao lar de vocês, muito obrigada por acreditarem e por terem nos ajudado tanto, especialmente agora no fim do curso que se desdobraram junto para nos ver chegar lá. Obrigada “mãegarida” por todas as orações, todas as vezes que ficou tão preocupada por nós. É o fim desta primeira caminhada, mas vocês eu levarei para sempre, e para este mesmo sempre serei a filha do coração, a caçula de vocês. Amo muito vocês, obrigada por tudo, principalmente por terem colocado ao mundo a melhor amiga que eu poderia ter em toda a vida.

Falando nela, Jucilete Gonçalves, a melhor amiga-irmã que alguém poderia ter, e eu a tenho. Obrigada amiga, por me acolher como irmã, por atravessar comigo todas as barreiras da vida até o momento, desde as pequenas às maiores fortalezas, juntas sempre fomos fortes, sempre damos um jeito e sempre conseguimos. Amiga da vida, da escola, da faculdade, parceira de TCC, parceira no azar, nas lágrimas, nas risadas, obrigada por fazer tudo parecer mais fácil, mesmo quando tudo está dando errado. Te amo muito e claro, vou sempre estar com você em muitas outras etapas que ainda estão por vir.

Agradeço também a minha grande amiga que conheci durante o curso e que tanto veio me ajudando, Tailyne Soares. Obrigada amiga por todo apoio, por ter acreditado tanto, e por sempre ficar de frente na torcida. Vou levar você pra vida toda, e serei sempre grata por tudo que fez e tudo que vier a fazer para me ajudar. Quem conhece você e seu coração não te abandona nunca. Amo você Tai.

Ainda na listas das melhores amigas, agradeço a elas: Thaís Kíssila e Pâmela Pascoalato, amigas, obrigada por todo apoio, por acreditarem e por sempre de alguma forma me fazerem acreditar que ia dar certo. Amo vocês e estarei sempre torcendo muito pelo sucesso de vocês duas. Estarei sempre aqui caso precisarem, vocês sabem.

Agradeço aos meus companheiros desde a escola e agora na faculdade, João Victor e Débora, e também Michelle que se tornou grande amiga. Juntos fomos o melhor grupo, vocês são muito importantes e foram peças chave para essa conquista. Obrigada por cada tarde de estudo, por cada desespero que passamos e que no fim sempre valeu a pena, obrigada por cada aula que passamos juntos nesses cinco anos, se não fosse com vocês não estaria sendo tão gratificante. A ficha vai demorar a cair que acabou, mas vocês eu vou levar para sempre.

Agradeço muito também ao professor, amigo, co-orientador de TCC, conselheiro da vida Paulo Eustáquio, que tem o dom de fazer o que parece impossível se tornar realizável. Obrigada por ter ajudado tanto, acreditado tanto na capacidade de apenas mais uma de seus diversos alunos. Admiro muito o homem e o paizão que você é, você sabe disso. Obrigada por tudo, vou levar seus ensinamentos pra toda vida.

Sou muito grata também à Fernanda, mãe da princesa e minha sobrinha do coração Ana Laura, que tanto amo, e grata também à Neusa Marcelino, elas que estavam na torcida por mim, acreditando e que me deram forças sempre com palavras tão boas. Também agradeço à Glécia Ribeiro, grande amiga, mãe dos meus amores David e Júlia, obrigada por acreditar na minha capacidade. Obrigada vocês três por sempre estarem presentes e dispostas a ouvir minhas lamentações, quando em tantas vezes pensei que tudo fosse dar errado, isso foi fundamental pra que eu chegasse até aqui. Amo vocês.

Também deixo meus agradecimentos aos meus tios, que talvez eles não pensem que foram tão importantes, mas foram e muito. Tia Geralda Silveira, tio Juarez, tia Anália, obrigada por tudo, pelo apoio, por terem me ajudado quando precisei, serei sempre grata.

Agradeço à minha avó Maria da Consolação, e minha bisá Maria Guidine pelas orações, por sempre se preocuparem e estarem mesmo que indiretamente, tão presentes. Vocês são muito importantes para mim.

Não poderia ainda, deixar de agradecer à Leandro Alves, funcionário do laboratório de solos da faculdade, que tanto ajudou nas análises para concepção deste projeto. Muito obrigada mesmo, sua ajuda foi essencial.

Ainda agradeço ao professor e orientar José Salvador, pelos ensinamentos e por toda ajuda, vejo o senhor como um grande profissional da engenharia, e minha admiração é imensa quanto à isso.

Aos mestres ao longo do curso, aqueles que me deram alguma ajuda exclusiva para construção deste trabalho, muito obrigada. Obrigada também a todos os professores que tive ao longo da vida, especialmente tia Márcia, porque a primeira professora a gente ama e nunca esquece, e também tia-madrinha Fernanda, para sempre a melhor professora da vida. Aos demais, meu muito obrigada, sei que muitos de vocês torceram muito para que eu chegasse até aqui.

Aos amigos do ensino médio, que me viram crescer eu dedico essa vitória também a vocês, e deixo aqui escrito em poucas palavras que a saudade de vocês eu carrego comigo, para a vida toda.

Por fim, agradeço aos colegas de curso, e a todos aqueles que de alguma forma estavam torcendo por minha conquista, muitas pessoas participaram dessa etapa, obrigada a todos de coração.

Foram cinco anos, que de início pareciam infundáveis, mas hoje vejo que se passaram na velocidade de cinco meses. Prometo a todos que me ajudaram que este é só o começo da caminhada, minha vitória é de vocês também.

Mirelly Silveira

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

(CHARLES CHAPLIN)

GONÇALVES, Jucilete. SILVEIRA, Mirelly. **Identificação das áreas de risco de Caratinga e propostas de soluções de engenharia.** Caratinga, 2016. 106f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

O deslizamento de terra é um problema enfrentado por várias cidades brasileiras, assim como por Caratinga - MG, que localiza-se em uma região montanhosa, o que conseqüentemente facilita a ocorrência de movimentação de massa incluindo-a nessa estatística. Para identificação das áreas mais propícias à movimentação, foi utilizado um mapa de riscos da cidade desenvolvido durante um Projeto de Iniciação Científica pelo software ArcMap. Este mapa fez a identificação de três potenciais áreas de risco elevado, destacando uma área mais crítica, que além da predominância de assentamentos precários, apresenta risco muito alto de deslizamento. O objetivo deste trabalho é identificar e analisar as áreas *in situ* através do preenchimento de fichas de campo, de modo que seja possível definir os graus de risco desses locais. Com a área dividida em setores é possível a classificação do risco e a proposta de soluções para cada setor. O setor que apresentar maior risco de deslizamento de terra é no qual será feito o dimensionamento da estrutura de contenção proposta. Após uma ampla revisão bibliográfica a respeito do assunto, foram efetuadas visitas de campo, coleta de informações e ensaios laboratoriais, afim da obtenção de dados mais precisos da área, de modo a permitir o alcance do objetivo, além de registros fornecidos pela Defesa Civil do município, que contribuiriam para confirmação do risco. Uma avaliação detalhada de cada setor se faz necessária para que cada local receba satisfatoriamente a proposta adequada, de forma que o número de ocorrência de sinistros diminua significativamente. A solução proposta para o caso analisado atendeu corretamente às necessidades do local, cumprindo o objetivo deste trabalho.

Palavras-chave: Deslizamento. Áreas de Risco. Proposta de solução.

GONÇALVES, Jucilete. SILVEIRA, Mirelly. **Identification of risk areas of Caratinga and proposals for engineering solutions.** Caratinga, 2016. 106f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

The landslide is a problem faced by several Brazilian cities, as well as by Caratinga - MG, which is located in a mountainous region, which consequently facilitates the occurrence of mass movement including it in this statistic. To identify the areas most suitable for movement, a city risk map developed during a Scientific Initiation Project was used by ArcMap software. This map identified three potential high risk areas, highlighting a more critical area, which, in addition to the predominance of precarious settlements, presents a very high risk of landslide. The objective of this work is to identify and analyze the in situ areas through the filling of field files, so that it is possible to define the degree of risk of these sites. With the area divided into sectors it is possible to classify the risk and propose solutions for each sector. The sector that presents the greatest risk of landslide is where the proposed containment structure will be designed. After a broad bibliographic review on the subject, field visits, information collection and laboratory tests were carried out in order to obtain more accurate data of the area, in order to reach the objective, besides records provided by the Civil Defense of the Municipality, which contributed to the confirmation of the risk. A detailed evaluation of each sector is necessary so that each place satisfactorily receives the appropriate proposal, so that the number of occurrence of claims diminishes significantly. The solution proposed for the case analyzed correctly addressed the needs of the site, fulfilling the purpose of this work.

Key-words: Slipping. Risk areas. Proposed solution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Escala de velocidade de Varnes para classificação dos deslocamentos de terra	28
Figura 2	– Deslizamento de terra em Caratinga	29
Figura 3	– Presença de rachadura em construção localizada em encosta	30
Figura 4	– Alguns indícios e sinais que evidenciam a ocorrência de rastejo	31
Figura 5	– Características dos movimentos de massa	31
Figura 6	– Processo de retirada da amostra do solo	34
Figura 7	– Cubo sendo esculpido para ensaio de determinação do peso específico . . .	35
Figura 8	– Mapa de declividade da região central de Caratinga	39
Figura 9	– Mapa de altimetria da região central de Caratinga	40
Figura 10	– Mapa de percolação de água na região central de Caratinga	41
Figura 11	– Áreas de risco da região central de Caratinga	41
Figura 12	– Bairro Santa Cruz	42
Figura 13	– Área construída na área de risco	42
Figura 14	– Área de preservação permanente	43
Figura 15	– Inclinações-tipo de taludes de cortes e encostas naturais	45
Figura 16	– Inclinações-tipo de taludes de aterro	45
Figura 17	– Esquema de retaludamento	51
Figura 18	– Muro de solo ensacado	52
Figura 19	– Muro de Pedra Seca	53
Figura 20	– Muro de Pneus	54
Figura 21	– Muro gabião	55
Figura 22	– Esquema de muro de concreto	56
Figura 23	– Muro de concreto	56
Figura 24	– Conteção de encosta com cortina atirantada	57
Figura 25	– Etapas executivas de tirantes. (A) Perfuração; (B) Montagem; (C) Instalação; (D) Injeção; (E) Protensão.	58
Figura 26	– Local escolhido para o dimensionamento da contenção	62
Figura 27	– Levantamento planialtimétrico do local	63
Figura 28	– Esquema do muro gabião caixa	64
Figura 29	– Dimensões do muro gabião	65
Figura 30	– Esquema a ser seguido para dimensionamento	65
Figura 31	– Seção natural da encosta	70
Figura 32	– Seção natural da encosta	71
Figura 33	– Seção com projeção do muro gabião	71
Figura 34	– Seção com projeção do muro gabião	71
Figura 35	– Perfil final da encosta	72

Figura 36 – Perfil final da encosta	72
Figura 37 – Mapa de área de risco do Bairro Santa Cruz e Esperança	74
Figura 38 – Procedimento de escavação da trincheira	80
Figura 39 – Moldagem do corpo de prova dentro da trincheira	80
Figura 40 – Aplicação da parafina sobre a talagarça	81
Figura 41 – Retirada do corpo de prova e envolvimento do mesmo na talagarça	81
Figura 42 – Corpo de prova na caixa de madeira pronto para o transporte	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Conceitos básicos de risco e áreas de risco	44
Tabela 2	–	Determinação dos Graus de Risco	47
Tabela 3	–	Divisão dos setores	59
Tabela 4	–	Divisão dos setores	61
Tabela 5	–	Peso específico de solos argilosos (Godoy, 1972	69
Tabela 6	–	Valores típicos de parâmetros de resistência dos solos mais comuns	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
PIC	Programa de Iniciação Científica

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Letra grega Alfa
β	Letra grega Beta
δ	Letra grega Delta
Γ	Letra grega Gama
ϕ	Letra grega Phi
σ	Letra Grega Sigma

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	19
1.2 JUSTIFICATIVA	20
1.3 OBJETIVOS	21
1.4 METODOLOGIA	22
1.5 ORGANIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO TRABALHO	22
2 REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	24
2.2 CARATINGA	26
2.3 TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	27
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.1 COLETA DE AMOSTRA	32
3.2 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO	33
3.3 MAPA DE RISCO DE DESLIZAMENTO	38
3.4 AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO	43
3.4.1 Definições e conceitos	43
3.4.2 Fichas de caracterização de áreas de risco de escorregamento	44
3.4.3 Graus de Risco	46
3.5 MEDIDAS ESTRUTURAIIS	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1 SETORES DE RISCO	59
4.2 DIMENSIONAMENTO DO MURO GABIÃO	64
4.3 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	72
4.4 COMPARAÇÃO DOS MAPAS DE RISCO	73
5 CONCLUSÃO	76
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE A Coleta de amostra	80
APÊNDICE B Registros da área analisada	83
B.1 Setor 1 - Rua Iapu	83
B.2 Setor 2 - Rua Maria Conceição Teixeira	84
B.3 Rua Dr. Didico Anselmo	86
B.4 Rua Ângelo Porcaro	89
APÊNDICE C Fichas de campo dos setores	92

APÊNDICE D Memórias de cálculos	96
D.1 Muro Gabião	96
D.2 Peso Específico do Solo	104

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No Brasil, entre 1991 e 2012, foram registrados oficialmente 699 casos de movimentos de massa, de acordo com os dados apurados através do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais. A região Sudeste destaca-se com o maior número de eventos, correspondendo a 79,8% do total de ocorrências registradas, sendo o estado de Minas Gerais o maior detentor desses registros, com 208 casos. As mesorregiões do estado de Minas Gerais mais atingidas por deslizamentos foram a da Zona da Mata, a Metropolitana de Belo Horizonte e a do Vale do Rio Doce. Essas mesorregiões estão localizadas na região sudeste do estado mineiro e correspondem por 79% dos movimentos de massa ocorridos no território estadual. Os danos humanos associados a essa tipologia de desastre correspondem a quase 4 milhões de pessoas afetadas, direta ou indiretamente, entre mortos, enfermos, feridos, desaparecidos, desabrigados, desalojados, entre outros, somente na região Sudeste.

O crescimento populacional desordenado está ligado diretamente à ocupação de áreas de maior suscetibilidade a desastres naturais e é uma das causas responsáveis pela instalação desregrada de assentamentos informais. Devido à desigualdade social do país e com os centros urbanos cada vez mais saturados, a população de baixa renda tem sido obrigada a se deslocar para as áreas geologicamente inadequadas para habitação, o que vem acontecendo frequentemente não só nas metrópoles, como também nas regiões menores.

A ocorrência desses sinistros engloba uma série de fatores, como fatores sociais, políticos e ambientais. O fator social está relacionado à ocupação desordenada, à população afetada, ao envolvimento dos moradores nos programas de prevenção e ao uso incorreto do solo, o que causa a deterioração do ambiente. O fator político está associado à falta de políticas públicas voltadas para programas habitacionais, à falta de gestão de riscos e gestão sociais eficientes. E por fim, o fator ambiental que envolve os aspectos físicos do ambiente, determinando assim as condições de moradia dos habitantes.

Outros fatores que também influenciam esse deslocamento é o desenvolvimento das cidades sem o devido planejamento e a falta de recursos básicos que tiram o direito à moradia digna com adequada infraestrutura. A população que reside nas áreas de riscos está sujeita à ação de fatores geológicos, à inclinação das encostas, ao alto índice pluviométrico e diversos fatores antrópicos que potencializam o aumento do risco de deslizamentos.

Além disso, a falta de informação técnica que possibilite o conhecimento adequado do solo, das encostas e do relevo do local de habitação faz com que o mesmo seja ocupado sem as devidas medidas precautórias. Uma vez que, para se obter uma estrutura segura é imprescindível

o estudo do entorno, considerando a estrutura do solo, a sua resistência e todos os fatores que influenciam na sua estabilidade. A resistência é uma das principais propriedades mecânicas dos solos, cujo conhecimento é básico na análise e solução dos mais importantes problemas da engenharia civil [1].

O que aumenta a distância entre o problema dos deslizamentos e sua respectiva solução é a ausência de eficácia na administração dos espaços urbanos, que influencia diretamente nas decisões de moradia, assim como as relações sociais, porém, a falta de organização política municipal voltada para a habitação e a facilidade encontrada na informalidade de assentamento se tornam os fatores decisivos no avanço ou recuo dessas ocupações inadequadas. [2]

Os desafios urbanos são imensos e precisam ser adotados como política pública para gestão dos problemas provenientes dessa problemática. No entanto, o gerenciamento de riscos envolve custos e na maioria das vezes não é priorizado como deveria. Embora seja um dos principais instrumentos para a redução dos acidentes, o que prevalece são medidas provisórias que reduzem esse risco apenas por um tempo limitado. É necessário reconhecer que o gerenciamento envolve questões sociais profundas e que devem ser respeitadas, é preciso também observar a situação de acordo com a percepção dos moradores, e só assim produzir um quadro de política pública eficaz. Mesmo com a gestão apresentando grandes lacunas, ainda é possível potencializar seu resultado por meio da junção de medidas não estruturais com a adoção de medidas estruturais.

A defesa civil desenvolve um trabalho de medidas não estruturais baseadas na implantação de um plano de prevenção, além do monitoramento e do atendimento no caso de situações emergenciais, o que é de suma importância para a população, mas no entanto, adotadas sozinhas não são capazes de erradicar o risco. Portanto, é necessária a adoção de medidas estruturais, que também possuem como objetivo a prevenção de acidentes, juntamente com a redução dos riscos. Assim, é essencial a junção das duas medidas para um gerenciamento de risco eficaz.

Logo, a adoção de medidas estruturais corretas leva a redução dos problemas urbanísticos, garantindo o direito a uma melhor qualidade de vida com o impulsionamento da infraestrutura básica. Sendo assim, esse projeto possui a finalidade de propor medidas estruturais corretivas a partir da identificação e análise das principais áreas de risco na cidade de Caratinga, que é caracterizada por seu relevo predominantemente montanhoso, o que conseqüentemente gera um número maior de áreas de riscos ocupadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Embora a inclinação das encostas seja a principal causa dos deslizamentos de terra, o aumento da sua ocorrência está diretamente relacionado com a ocupação dessas encostas por construções inadequadas, assim como pela remoção de vegetação, pela execução de cortes e aterros para construção sem conhecimento técnico, além da deposição de lixo nas encostas, da ausência de sistemas de drenagem de águas pluviais e de coleta de esgoto, e da elevada

densidade populacional. Todos esses fatores aumentam não só a magnitude dos acidentes como sua frequência.

A apropriação e o uso inapropriado do solo urbano vêm causando ao longo dos últimos anos um aumento pelo interesse em estudos que buscam soluções para um planejamento do ambiente construído. Bressani e Bertuol (2010, apud MARQUES, 2011, p. 20), afirmam que “o grande agente deflagrador de instabilidade de encostas é, sem dúvida, a ação humana, pela modificação da dinâmica natural do relevo”.

Dentro deste contexto uma das formas de mitigar o risco nesses locais é a utilização do mapa de riscos como apoio para o controle e o gerenciamento dessas situações. Sendo assim, cabe ao poder público municipal interferir nessas áreas por meio de correção ou até prevenção de acidentes causados pelo deslizamento.

O Mapeamento das Áreas de Risco consiste em lançar as áreas de risco conforme a altimetria e a declividade das mesmas, além de levar em conta a percolação da água no maciço terroso. O mapa de risco a ser utilizado para o desenvolvimento do projeto foi produzido durante o Programa de Iniciação Científica (PIC), utilizando o software ARCMAP.

A proposta de soluções para o caso de deslizamento em Caratinga se deve ao fato da cidade possuir relevo montanhoso, além disso, a cidade cresceu para as regiões elevadas sem um plano diretor orientado para uma urbanização em conformidade com o ambiente do entorno, que possui características geofísicas que facilitam a ocorrência de deslizamentos de terra durante o período chuvoso.

O estudo de temas como o abordado se justifica, além desses outros fatores, pelo fato de ser voltado para a engenharia social, nos permitindo assim, desenvolver um projeto em prol da comunidade. Ampliando a visão da sociedade em relação à verdadeira participação do engenheiro no mercado de trabalho, descortinando-se um profissional, que além do seu preparo técnico para modificar o ambiente através das obras de engenharia trivialmente conhecidas, compromete-se com as questões sociais, ambientais e com a melhoria da qualidade de vida da sociedade na qual se encontra inserido.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é propor soluções de engenharia que minimizem eventuais movimentações gravitacionais de massa e, conseqüentemente, maior dano social à população que habitam nas áreas de risco de deslizamentos de terra.

Como objetivos específicos pretende-se:

- Identificar as áreas obtidas pelo ARCMAP;
- Delimitar a área a ser estudada;

- Realizar estudo de caso na área delimitada;
- Propor soluções de engenharia que minimizem danos sociais;
- Adotar uma das soluções propostas para realização do dimensionamento estrutural.

1.4 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica foi realizada, utilizando conceitos que proporcionaram melhor entendimento acerca do tema.

Depois de concluída essa atividade, as imagens obtidas pelo ARCMAP durante a realização do PIC foram utilizadas a fim de contribuir no processo de delimitação da área que apresentar maior risco de deslizamento. Com isso, foi realizado um estudo de caso para comprovação do problema.

O estudo de caso envolveu a visita ao local determinado durante a delimitação, onde foi realizada a análise das evidências por meio do levantamento das características do entorno utilizando as fichas de campo. Essas fichas permitiram analisar as variáveis que interferem na resistência do solo, como as cargas atuantes sobre ele, o tipo de solo, a existência de vegetação e como essas variáveis influenciam no aumento do risco de deslizamentos. Após isso, foi realizada uma análise do solo por meio de coleta de amostras para determinar os parâmetros do solo. A junção dessas informações resultou na classificação da área de acordo com o seu grau de risco.

Com os resultados obtidos na avaliação e com o grau de risco definido, foram apontadas possíveis soluções de engenharia que minimizassem a probabilidade de movimentação de massa. Dentre as soluções apresentadas apenas uma foi adotada para fins de dimensionamento estrutural.

1.5 ORGANIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se organizado em 5 capítulos. O capítulo 1 trata da introdução ao tema proposto pelo trabalho, além de apresentar a justificativa, os objetivos e a metodologia da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais temas a serem tratados no trabalho, visando o embasamento teórico conceitual do assunto em discussão.

O capítulo 3 mostra os procedimentos metodológicos adotados para que os objetivos propostos no trabalho fossem alcançados.

O capítulo 4 aborda os resultados obtidos por meio dos procedimentos apresentados ao longo do trabalho. Com os dados adquiridos anteriormente foi possível o alcance de um dos principais objetivos propostos, a solução para o local por meio da engenharia.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais que resumidamente remetem às questões formuladas nos capítulos anteriores, sendo estes resultados de uma análise do estudo de caso realizado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O processo de urbanização do Brasil teve início no século XX, após o intenso processo de industrialização ocorrido a partir da metade do século. Esse processo deu início ao êxodo rural que tornou o país, a partir da década de 1970, mais urbano que rural. Atualmente, mais de 80% da população brasileira vive em cidades, e de acordo com a projeção feita pela Organização das Nações Unidas (ONU), até em 2050 essa população que vive em área urbana pode chegar ao índice de 93,6%.

A urbanização não pode ser considerada como um efeito negativo, uma vez que todo país para ser desenvolvido, necessita do crescimento das cidades. No entanto, a urbanização associada ao fato da irregularidade, da desigualdade e da falta de planejamento durante os processos de civilização é o que tornam os índices preocupantes.

Atualmente, tem se tornado clara a tendência de ocupação de cidades pequenas e médias decorrente da facilidade de mobilidade da população para essas áreas. Um fator preocupante em relação a essa tendência é a necessidade de planejar com precedência o uso do solo e do espaço, de modo a garantir a inclusão de infraestrutura e de segurança nesses locais.

Uma maneira criada para contribuir na administração dos espaços urbanos é a adoção do Plano Diretor Municipal respaldado pelo Estatuto das Cidades de acordo com a Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências, conforme os seguintes itens:

Art. 39. A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas, respeitadas as diretrizes previstas no art. 2º desta Lei.

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.

Art. 41. O plano diretor é obrigatório para cidades:

I – com mais de vinte mil habitantes.

O Estatuto das Cidades estipula normas de interesse público que controlam o uso da propriedade urbana. Além disso, esclarece que está incumbido ao Poder Público Municipal à administração e a concepção de políticas públicas que regulamentem o uso e a ocupação do solo urbano, em prol do bem comum, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

É necessário que o Governo Municipal se antecipe no planejamento urbano dos municípios, a fim de precaver problemas relacionados ao intenso crescimento populacional e consequências futuras ao meio ambiente, no entanto, o que prevalece é a fragilidade na inspeção das normas de uso e ocupação do solo, que fazem com que as adversidades sociais e habitacionais tomem frente em relação à carência de medidas eficazes de controle.

Torna-se um fato que os assentamentos precários são mais vulneráveis ao acontecimento de sinistros naturais que os centros urbanos por exemplo, uma vez que ocupam os lugares mais propícios para a ocorrência desses desastres, possuem edificações frágeis e sem nenhuma técnica construtiva correta e um suporte urbano e de serviços públicos comumente ausentes e deficientes.

Não se pode generalizar dizendo que somente a má gestão pública e social influencia na expulsão da classe baixa dos centros urbanos, aumentando a apropriação de regiões de risco, elevando o índice de deslizamento, pois os movimentos de massa, além desse fator social, também são influenciados por fatores ambientais como a precipitação da chuva, a declividade das encostas, o tipo de solo, dentre vários outros fatores.

Nessa perspectiva, a Lei nº 6766, de Uso e Ocupação do Solo de 19 de dezembro de 1979 (modificada pela Lei Federal nº 9.785/99, de 29/01/1999), determina que:

Art. 3º Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal.

Parágrafo único - Não será permitido o parcelamento do solo:

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

Portanto, o artigo determina que os terrenos com alta declividade são impróprios para fins de construção desde que não possuam o cumprimento das exigências para projetos nesses casos, uma vez que a inclinação é um fator preponderante no caso de risco de movimentação de massa. Em casos de declividade superior a 45%, o terreno é considerado como área de preservação permanente (APP), conforme a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que trata a respeito da indicação de áreas inadequadas à ocupação:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

As APP são áreas protegidas por lei, sejam cobertas ou não por vegetação nativa, que possuem a função de proteger os recursos encontrados a sua volta, de modo a assegurar tanto a estabilidade ambiental, quanto o bem-estar da população.

Deste modo, observa-se que as ocorrências de movimentação de massa devido à apropriação das áreas de risco ainda ocorrem pela falta de conjuntos de programas, ações e atividades eficientes voltadas para a urbanização das cidades e não por falta de legislação competente.

Há a necessidade de que seja realizado o gerenciamento dos espaços públicos, cumprindo com as leis referentes ao planejamento urbano, que normalmente são executadas de modo excludente sem levar em conta a razão social e ambiental da urbanização. Sendo assim, uma das principais importâncias da utilização das leis que regulamentam o uso e a ocupação dos espaços urbanos está na possibilidade de interferência no controle de ocupação das áreas de risco.

2.2 CARATINGA

Caratinga foi emancipada no século XIX e de acordo com o IBGE a população estimada para 2015 foi de 90.782 habitantes. Atualmente, a predominância do espaço rural da cidade, vem sendo substituída pela expansão do espaço urbano devido ao aumento das atividades produtivas na cidade e pelo aumento da demanda habitacional gerado pela concentração demográfica. [3]

Caratinga possui uma geografia típica dos mares de morros mineiros, com relevo montanhoso que varia com superfícies planas. A cidade se desenvolveu para as regiões elevadas sem um plano diretor orientado para uma urbanização em conformidade com o ambiente do entorno, que possui características geofísicas que facilitam a ocorrência de deslizamentos de terra durante o período chuvoso. [3]

A cidade se divide em 21 bairros e o mais populoso é o Santa Cruz, considerado também como uma das regiões mais desfavorecidas.

O município em crescimento ainda possui áreas que necessitam de infraestrutura básica. O censo demográfico de 2010 produzido pelo IBGE indicou a existência de 133 domicílios em área urbana que não possuíam a coleta e o tratamento de esgoto, outros 1.704 não possuíam pavimentação e 7.599 residências não contavam com a presença de bueiros para o escoamento da água pluvial. Esses índices mostram a falta de infraestrutura urbana que acarreta outros problemas provenientes dessa questão.

Como meio de controle e fiscalização da crescente urbanização é utilizado o Código de Obras, estabelecido pela Lei 1613/87, que visa regularizar as construções por meio da expedição de licenças de construção, da fiscalização de obras e da aprovação de projetos.

Em relação à exigência para construção está estabelecido no Código de Obras no capítulo I, as seguintes orientações:

Art 3º - Nenhuma edificação poderá ter a sua construção iniciada sem aprovação do projeto arquitetônico, sem alvará de licença para construção e sem prévio alinhamento e nivelamento, por parte do órgão competente da Prefeitura.

No capítulo III, seção I, Art. 13º - item V, o Código de Obras compromete-se, após a solicitação de licença para construção junto à prefeitura, a fornecer informações relevantes para a construção.

V - indicação, se necessário, de medidas especiais de segurança quanto a movimentos de terra, estabilidade dos maciços resultantes, drenagem pluvial e risco de inundação.

Sendo assim, cabe a administração municipal a intervenção em casos que o local de implantação da edificação apresentarem riscos quanto à segurança da construção. No entanto, na prática ocorre grande negligência por ambas as partes, tanto pelo poder público, quanto por parte da população. Grande parte das construções são irregulares, não apresentam projeto arquitetônico e nem licença para levantamento da obra e mesmo assim acontecem com frequência pelo fato de serem realizadas por pessoas de classe baixa que não possuem condições de contratar o serviço de um profissional qualificado para isso. Por outro lado, a falta de fiscalização das obras permite que essa frequência aumente.

O município ainda necessita evoluir quanto a sua infraestrutura básica e quanto ao cumprimento das leis que regulamentam o processo de urbanização da cidade, de modo que tragam melhorias aos habitantes. Portanto, a qualificação dos assentamentos precários é um importante investimento para toda a cidade.

2.3 TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Movimento de massa é o resultado do desprendimento de uma parte do maciço de terra devido ao aumento de carga aplicada no mesmo. De acordo com MARANGON (2009, pág. 08) “os escorregamentos de taludes são causados por uma redução da resistência interna do solo que se opõe ao movimento da massa deslizante e/ou por um acréscimo das solicitações externas aplicadas ao maciço”.

Esses movimentos são influenciados tanto por processos de origem natural, como ações externas resultantes da influência humana que causam a instabilidade nas encostas.

Os condicionantes naturais que acarretam a movimentação dos maciços de terra são os aspectos físicos naturais das áreas que sofrem com a movimentação de massa, como: A geomorfologia (relevo, topografia, declividade), a geologia (origem dos solos) e a pedologia do solo (tipos de solos). Esses são elementos que afetam diretamente na capacidade de carga do solo. Além disso, outros condicionantes que também agem para a ocorrência desses escorregamentos são os fatores climáticos, como a precipitação da chuva e as intempéries.

Os condicionantes antrópicos que agem na desestabilização das encostas são determinados pelo uso e ocupação do solo, pela alta densidade demográfica juntamente com padrões de ocupações inapropriados, além da falta de infraestrutura urbana, como a ausência de coleta de

esgoto, de pavimentação, de redes de drenagem de águas pluviais, entre tantos fatores gerados pela ação humana que aumentam a ocorrência de deslocamento de massa.

Os movimentos de terra são classificados com base na velocidade em que ocorrem. São divididos em três categorias: desmoronamentos, escorregamentos e rastejo.

Varnes (1958, apud MARANGON 2009, pág. 09) estabeleceu uma escala de classificação dos movimentos baseados na velocidade, como mostra a Figura 1.

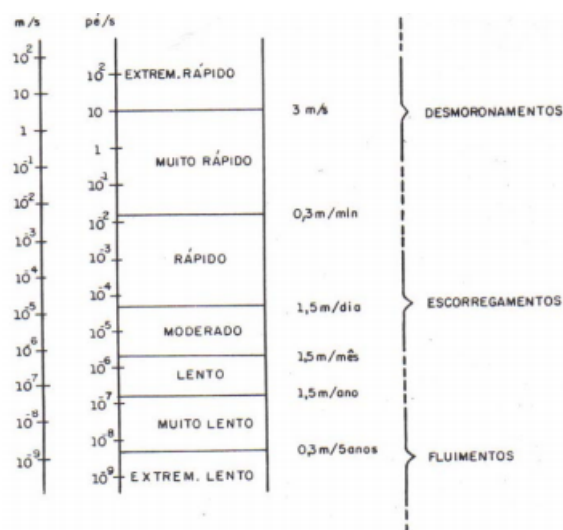


Figura 1: Escala de velocidade de Varnes para classificação dos deslocamentos de terra

Fonte: MARANGON, 2009

De acordo com MARANGON (2009, pág. 09) "os desmoronamentos são movimentos rápidos, resultantes da ação da gravidade sobre a massa de solo que se destaca do restante do maciço e rola talude abaixo. Há um afastamento evidente da massa que se desloca em relação à parte fixa do maciço."

Os desmoronamentos são os movimentos de massa que possuem maior velocidade, como pode ser observado na Figura 1 acima. Ocupando o segundo lugar estão os escorregamentos de terra.

O escorregamento é um tipo de movimento de massa conhecido também como deslizamento, (MARANGON, 2009) resultado da separação de uma cunha de solo que se movimenta em relação ao resto do maciço segundo uma superfície bem definida. O deslocamento pode ser rápido, no entanto não há desprendimento efetivo dos corpos.

O enfoque do projeto é direcionado a este movimento de massa, uma vez que há maior ocorrência do mesmo na cidade em estudo. A Figura 2 mostra uma ocorrência de deslizamento de terra em Caratinga.



Figura 2: Deslizamento de terra em Caratinga

Fonte: BOMBEIROS CARATINGA, 2012

Os deslizamentos de encostas são caracterizados por movimentos rápidos e por possuírem uma superfície de ruptura definida. Os tipos principais de deslizamentos são: translacional, rotacional, translacional-rotacional e em cunha. A geometria dessas tipologias é condicionada a existência ou não de estruturas que facilitem a constituição de superfícies de ruptura. [4]

Terzaghi (1950, apud CAPUTO, 1987) classificou os escorregamentos em função das causas, sendo elas três: externas, internas e intermediárias.

As causas externas são devidas as influências que alteram a capacidade de carga de um talude levando-o a ruptura. Ex: aumento da inclinação do talude, deposição de material ao longo da crista do talude.

A alteração do formato do talude, devido a escavações para implantações de obras, por exemplo, é um fator que influencia na possibilidade de escorregamentos, uma vez que quanto maior for a sua declividade menor sua estabilidade, e o aumento de carga nesse caso contribui ainda mais para a perda dessa estabilidade.

Esse acréscimo de carga inclui tanto o aumento de peso do solo da encosta durante uma estação chuvosa, por exemplo, que faz com que o solo fique saturado devido à presença de grande quantidade de água reduzindo também a resistência do mesmo, assim como as cargas externas aplicadas no maciço.

As causas internas são aquelas que reduzem a resistência ao cisalhamento do solo sem modificar o aspecto físico do maciço. Ex: aumento da pressão na água intersticial, decréscimo da coesão.

A coesão do solo é a responsável pela resistência a ruptura dos solos finos e coesivos como as argilas, já para os solos granulares a parcela mais importante referente a resistência ao cisalhamento é devido ao ângulo de atrito do solo. No entanto, como os solos são compostos por vários formatos e tamanhos de grãos, uma mesma amostra pode apresentar tanto coesão, como ângulo de atrito, sendo possível determiná-los por meio de ensaios de laboratórios.

As causas intermediárias são as que não podem ser classificadas como nenhuma das causas anteriores. Ex: liquefação espontânea, erosão interna, rebaixamento do nível d'água. A liquefação espontânea é a perda de resistência devido à saturação do solo, assim como a erosão interna que é provocada pela percolação de água ao longo do maciço que provoca a abertura de canais fazendo com que ele perca a resistência.

Em geral, é possível identificar a iminência de deslizamentos pelas feições de instabilidade que esses apresentam. Como por exemplo, o embarrigamento de muros de contenções, o surgimento de degraus de abatimento, pela inclinação de estruturas rígidas, assim como pela presença de trincas e rachaduras nas construções e nos terrenos próximos ao talude, como é mostrado na Figura 3.



Figura 3: Presença de rachadura em construção localizada em encosta

Fonte: OS AUTORES, 2016

Outro tipo de movimento de massa é o rastejo, que se diferencia dos deslizamentos por ocorrer de forma lenta nas camadas superiores do maciço e por não apresentarem uma

superfície de ruptura definida que diferencie a parte que se deslocou da parte estável do talude. As evidências de ocorrência desse tipo de movimento são as trincas observadas no terreno natural, que se alteram de forma lenta e árvores ou postes que apresentem inclinações variadas. A Figura 4 mostra os efeitos do rastejo.

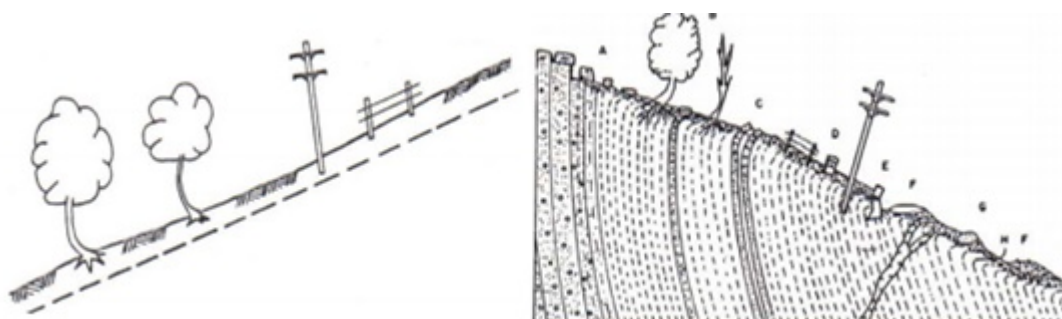


Figura 4: Alguns indícios e sinais que evidenciam a ocorrência de rastejo
Fonte: MARANGON, 2009

A tabela abaixo, mostrada na Figura 5, retirada do Guia de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco, publicada pelo MINISTÉRIO DAS CIDADES, mostra as características relevantes de cada movimento citado anteriormente.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA
RASTEJO (CREEP)	<ul style="list-style-type: none"> vários planos de deslocamento (internos) velocidades muito baixas a baixas (cms/ano) e decrescentes c/ a profundidade movimentos constantes, sazonais ou intermitentes solo, depósitos, rocha alterada/fraturada geometria indefinida
ESCORREGAMENTOS (SLIDES)	<ul style="list-style-type: none"> poucos planos de deslocamento (externos) velocidades médias (m/h) a altas (m/s) pequenos a grandes volumes de material geometria e materiais variáveis: <p>PLANARES: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza CIRCULARES: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas EM CUNHA: solos e rochas com dois planos de fraqueza</p>
QUEDAS (FALLS)	<ul style="list-style-type: none"> sem planos de deslocamento movimento tipo queda livre ou em plano inclinado velocidades muito altas (vários m/s) material rochoso pequenos a médios volumes geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. <p>ROLAMENTO DE MATAÇÃO TOMBAMENTO</p>

Figura 5: Características dos movimentos de massa
Fonte: MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007

Sendo assim, as causas dos movimentos de massa ocorrem tanto por fatores que não dependem da ação humana, como o alto índice pluviométrico que aumenta o peso da encosta fazendo com que ela venha a ceder, como por fatores antrópicos que causam a desestabilização da encosta.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 COLETA DE AMOSTRA

A NBR 9604/1986 estabelece as condições para os processos básicos que devem ser seguidos na abertura de trincheiras e poços, além de estipular critérios de extração de solo para amostras deformadas e indeformadas.

A retirada da amostra indeformada teve como objetivo sua utilização na determinação do peso específico em laboratório.

Em relação à abertura de trincheiras para a retirada da amostra, a Norma estabelece que:

3. Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.4.

3.2. Trincheira

Escavação geralmente vertical, ao longo de uma determinada linha ou seção de modo a se obter uma exposição contínua do terreno, com dimensões variáveis, sendo as mínimas suficientes para permitir o acesso de um observador, visando a inspeção das paredes e fundo, e retiradas de amostras representativas deformadas e indeformadas.

As amostras retiradas para realização da análise precisam ser indeformadas para que se mantenham todas as características naturais do solo retirado. De acordo com a norma, uma amostra indeformada é aquela “extraída com o mínimo de perturbação, procurando manter sua estrutura e condições de umidade e compacidade ou consistência naturais”.

O item 5.4 da norma estabelece o procedimento para retirada de amostra indeformada.

- 5.4.1. Neste item é definido o formato do bloco de amostra. Os blocos de amostra indeformada a serem moldados devem ter um formato cúbico com 0,15 m de aresta, no mínimo, e 0,40 m de aresta, no máximo.
- 5.4.2. Neste item é identificada a retirada de blocos no fundo de escavação. 5.4.2.1 – A partir de 0,10 m acima da profundidade prevista para a moldagem do bloco, a escavação deve ser cuidadosa e executada com os mesmos equipamentos utilizados na talhagem do bloco.
 - 5.4.2.2. Atingida a cota de topo do bloco deve ser iniciada a talhagem lateral do mesmo, nas dimensões previstas, até 0,10 m abaixo de sua base, sem seccioná-lo.
 - 5.4.2.3. Identificar o topo do bloco, com a marcação da letra “T”.

- 5.4.2.4. Envolver as faces expostas do bloco com talagarça ou similar e utilizando-se de um pincel, aplicar uma camada de parafina líquida. Repetir a operação por, pelo menos, mais duas vezes. Cuidados especiais devem ser tomados em caso de solo de baixa coesão, quando o bloco deve ser reforçado com envolvimentos extras de talagarça ou similar e parafina, antes do seccionamento de sua base.
- 5.4.2.5. Seccionar cuidadosamente a base do bloco, tombá-lo sobre um colchão fofo de solo e regularizar a face da base até as dimensões previstas, cobrindo-a, em seguida, com talagarça ou similar e parafina líquida.
- 5.4.2.6. Antes da aplicação da última camada de parafina, deve ser indicado o topo do bloco.
- 5.4.2.7. Levantar cuidadosamente o bloco à superfície do terreno colocando-o centrado no interior de uma caixa cúbica de madeira ou material de rigidez similar, com dimensão interna 6 cm maior que o lado do bloco e com seis faces aparafusáveis. O fundo da caixa deve conter uma camada de 3 cm de serragem úmida, bem como preenchidos com este material, os demais espaços remanescentes entre o bloco e a caixa. Caso haja condições, a colocação do bloco na caixa pode ser executada no interior do poço ou trincheira.
- 5.4.2.8. No lado da caixa, correspondente ao topo do bloco, deve ser afixada uma etiqueta com os mesmos dizeres da etiqueta colada no bloco.
- 5.4.2.9. Os procedimentos descritos de 5.4.2.1 a 5.4.2.8 devem ser executados sem interrupção, evitando-se a incidência direta de raios solares ou água de chuva sobre o bloco.
- 5.4.2.10. O bloco deve ser transportado ao laboratório com o topo para cima, no menor intervalo de tempo, evitando-se impactos e vibrações excessivas.

O procedimento, mostrado no Apêndice A, teve como principal objetivo manter as características naturais do terreno até realização do procedimento em laboratório, afim de que os dados obtidos com o ensaio fossem os mais próximos dos reais.

3.2 ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO

A determinação do peso específico do solo foi utilizada para fins de verificação da estabilidade do talude e para dimensionamento da contenção proposta. O peso específico é uma característica dos sólidos e representa a relação entre o peso das partículas sólidas e o seu volume. [5]

O peso específico de um solo apresenta definição similar à definição da massa específica, considerando-se seu peso ao invés da massa na fórmula. Existem vários métodos para determinação do peso específico, que variam entre métodos diretos, indiretos e especiais. São chamados

processos diretos àqueles em que utiliza-se amostras indeformadas, sendo então determinados sua massa e seu volume. Os principais são o do cubo esculpido e o do cilindro de cravação. [6]

A técnica utilizada para a determinação do peso específico foi a do cubo esculpido mostrado na Figura 6, que é estabelecido pela NBR 10838, que prescreve o método de determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas de solo, com emprego da balança hidrostática, sendo aplicável somente a materiais que possam ser adequadamente talhados. A amostra deve vir convenientemente protegida para o laboratório de modo a evitar variação de umidade ou que perturbações mecânicas afetem o seu volume.



Figura 6: Processo de retirada da amostra do solo

Fonte: ALMEIDA, 2005

A aparelhagem utilizada para o desenvolvimento do ensaio é indicada no item 3 da NBR.

- Estufa capaz de manter a temperatura de 60°C a 65°C e de 105°C a 110°C;
- Balança que permita pesar nominalmente 1,5 kg, com resolução de 0,1 g e sensibilidade compatível;
- Moldura que possa ser acoplada ao prato da balança, sendo que balanças que disponham de dispositivo adequado para realização deste ensaio prescindem de tal moldura;
- Recipiente contendo água, de dimensões adequadas, para imersão do corpo de prova;
- Fogareiro ou aquecedor para derreter a parafina;
- Linha comum, ou preferencialmente de nylon, e utensílios como panela, faca, espátula, pincel, etc.;
- Parafina isenta de impurezas e com massa específica aparente, no estado sólido, conhecida e periodicamente verificada.

No item 4 da Norma, fica estabelecido o procedimento para determinação da massa específica aparente da parafina. No entanto, consideramos o valor do P_p : 881 g/cm^3 , utilizado por ALMEIDA (2005), no livro de Caracterização Física e Classificação dos Solos da UFJF.

O item 5 descreve a execução do ensaio:

- 5.1. Talhar um corpo de prova, utilizando-se faca e espátula, até que se obtenha uma conformação esférica, com diâmetro mínimo de 5 cm. Determinar a sua massa, M_s , com resolução de 0,1 g.

Obs: Para este ensaio, foi utilizado um cubo esculpido com dimensões de 10 cm x 10 cm x 10 cm, mostrado na Figura 7 abaixo.



Figura 7: Cubo sendo esculpido para ensaio de determinação do peso específico

Fonte: OS AUTORES, 2016

- 5.2. Eventuais vazios presentes no corpo de prova devem ser preenchidos com parafina derretida.
- 5.3. Amarrar o corpo de prova com a linha e recobri-lo por completo, principalmente na região do laço, imergindo-a sucessivas vezes na parafina derretida. Melhores resultados são obtidos quando a película for relativamente fina. Aguardar o resfriamento da parafina e determinar a massa do corpo de prova parafinado, M_p , com resolução de 0,1 g.
- 5.4. Fixar o corpo de prova parafinado na moldura acoplada ao prato da balança e imergi-lo totalmente na água. Certificar-se de que não há bolhas de ar retidas nas paredes do corpo de prova e determinar a massa do corpo de prova parafinado e imerso na água, M_i , com resolução de 0,1 g.
- 5.5. Retirar o corpo de prova e, após secar a sua superfície, remover toda a película de parafina. Do centro do corpo de prova, tomar uma amostra para determinação de umidade, h , de acordo com a MB-27.

O item 6 mostra os cálculos:

6.1. Calcular o volume do corpo de prova, utilizando a expressão:

$$V_s = \frac{M_p - M_i}{\gamma_0} - \frac{M_p - M_s}{\gamma_{paraf}} \quad (3.1)$$

Onde:

- V_s = volume do corpo de prova em cm^3 ;
- M_p = massa do corpo de prova parafinado, em g;
- M_i = massa do corpo de prova parafinado e imerso em água, em g;
- M_s = massa do corpo de prova, em g;
- γ_{paraf} = massa específica aparente da parafina, em g/cm^3
- γ_0 = massa específica da água (considerar igual a $1g/cm^3$)

Para calcular o volume do corpo de prova envolvido em parafina, utilizou-se de procedimento diferente do determinado no item 5.4. O corpo de prova parafinado foi mergulhado em água em um recipiente, e em seguida foi medido a quantidade de líquido deslocada após a imersão.

O volume do corpo de prova foi calculado seguindo a expressão:

$$V = V_a - V_p \quad (3.2)$$

Onde:

- V_a : Volume de água deslocado após imersão do corpo de prova em recipiente;
- V_p : Diferença entre o volume de água deslocado e o volume de parafina.

Para V_p , têm-se: $V_p = M_p/P_p$. Onde M_p é a massa da película de parafina usada, determinada pela diferença entre a massa da amostra parafinada e a massa amostra úmida.

Para cálculo do peso específico da amostra utilizou-se a expressão determinada no item 6.2 da norma:

$$\gamma_h = \frac{M_s}{V_s} \quad (3.3)$$

Onde:

- γ_h = massa específica aparente natural da amostra, em g/cm^3 ;

- M_s = massa do corpo de prova, em g;
- V_s = volume do corpo de prova, em cm^3 .

Para a determinação do teor de umidade, empregado para fins de correção do peso específico, utilizou-se os procedimentos determinados na NBR 6547/1986.

Aparelhagem utilizada:

- a. Balança com resolução de 0,1 g;
- b. Estufa capaz de manter a temperatura entre 60°C a 65°C e de 105°C a 110°C;
- c. Cápsulas metálicas;
- d. Pinças metálicas;

O item A-3 determina o procedimento de execução do ensaio:

A-3.1 Tomar uma quantidade de material, função da dimensão dos grãos maiores contidos na amostra, destorroá-lo, colocá-lo, no estado fofo, em cápsulas metálicas adequadas e fechar com tampa. Pesar o conjunto, com a resolução correspondente, e anotar como M1.

A NBR estabelece que se a dimensão dos grãos maiores contidos na amostra determinada visualmente forem menores que 2mm, a quantidade de material (em massa seca) a tomar é de 30 g, que foi o procedimento adotado neste ensaio.

A-3.1.2 Remover a tampa e colocar a cápsula em estufa, à temperatura de 105 °C a 110°C, onde deve permanecer até apresentar constância de massa. Normalmente, um intervalo de 16 a 24 horas é suficiente para a secagem do material.

Após a secagem em estufa, a amostra ficou em repouso até atingir temperatura ambiente. Pesou-se o conjunto amostra + cápsula + tampa, e notou-se como M2.

Para determinar o teor de umidade, utilizou-se a expressão descrita no item A-4.1 da NBR:

$$h = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} * 100 \quad (3.4)$$

Onde:

- h = teor de umidade, em %;

- M1 = massa do solo úmido mais a massa do recipiente, em g;
- M2 = massa do solo seco mais a massa do recipiente, em g;
- M3 = massa do recipiente (cápsula).

Foram utilizadas três amostras para a determinação do teor de umidade, em seguida calculou-se a média das determinações efetuadas. Os resultados obtidos nos ensaios se encontram na memória de cálculo do Apêndice D.2.

3.3 MAPA DE RISCO DE DESLIZAMENTO

Os sinistros naturais podem trazer riscos deixando em alerta de emergência os municípios, ou até mesmo deixá-los em situação de calamidade pública. As últimas décadas trouxeram um acréscimo significativo na ocorrência desses sinistros pelo mundo, que por um lado podem estar relacionados à fatores naturais, como o tipo de relevo, vegetação, o índice pluviométrico, mas por outro lado pode ser refletido pelo acelerado e desordenado processo de urbanização, que também vem se crescendo com o passar dos anos.

Os mapeamentos feitos a partir dos levantamentos de riscos de deslizamentos de encostas apresentam em comum, na maioria das vezes, a falta de infraestrutura urbana como uma das principais causas dos acidentes relacionados à movimentação de massa. Assim, métodos eficazes de controle e prevenção desses acidentes devem priorizar regiões de encostas e com predominância de assentamentos precários, incluindo-os nas políticas públicas voltadas para programas habitacionais, nas medidas de planejamento, no serviço de manutenção e de saneamento básico.

Visando a redução de risco de deslizamentos, o mapa de risco é a representação dos locais considerados impróprios ao assentamento humano por estarem sujeitos à riscos naturais ou decorrentes da ação antrópica, e tem influência direta na solução de alguns problemas, como a ocupação desordenada da área urbana, além de agir na prevenção de futuros acidentes.

No Brasil, assim como em diversos países, a elaboração do mapa de risco é feita por meio de avaliações técnicas com base em informações e dados fornecidos pelos habitantes, além de levarem em conta as áreas de risco de acordo com sua altimetria e sua declividade, e ainda a percolação de água no maciço.

A declividade de uma encosta é um fator de grande influência na ocorrência de deslizamentos, devido o fato de uma inversa proporção entre ambos, onde quanto maior a declividade do talude menos estável será o mesmo. De acordo com MARANGON (2009), os escorregamentos devido à inclinação “ocorrem sempre que a inclinação do talude excede aquela imposta pela resistência ao cisalhamento do maciço e nas condições de presença de água”. Portanto a percolação de água no solo é um fator com ligação à desestabilização, e juntamente com a alta declividade diminuem a capacidade de suporte do solo.

O mapa de risco da cidade em estudo foi elaborado durante o PIC com o objetivo de delimitar as áreas de risco de movimentação de massa, e será utilizado para fins de comparação a fim de comprovar se os resultados coincidem, e confirmar o resultado obtido com outro mapa já existente produzido pelo Serviço Geológico do Brasil, mais conhecido como Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), que elaboram levantamentos geológicos e geofísicos. Este mapa é disponibilizado para a Defesa Civil dos municípios, incluindo para a de Caratinga.

O software utilizado para o mapeamento de risco do projeto elaborado foi o ArcMap, que é um aplicativo do ArcGIS voltado para a elaboração de mapas e análise de questões geográficas. Os mapas são gerados através das imagens de satélite que são enviadas pro ArcMap que interpola essas imagens gerando um mapa de risco que indica a declividade, a altimetria e a percolação de água no terreno.

As ferramentas do software possibilitam o levantamento dos índices da declividade e da altimetria de acordo com imagens de satélite, além disso, o ArcMap interpola essas imagens com um layout de declividade gerando um mapa que demarca as áreas acima de 45 graus. No caso de Caratinga, como mostrado na Figura 8, as áreas vermelhas do mapa indicam as áreas com alta declividade.

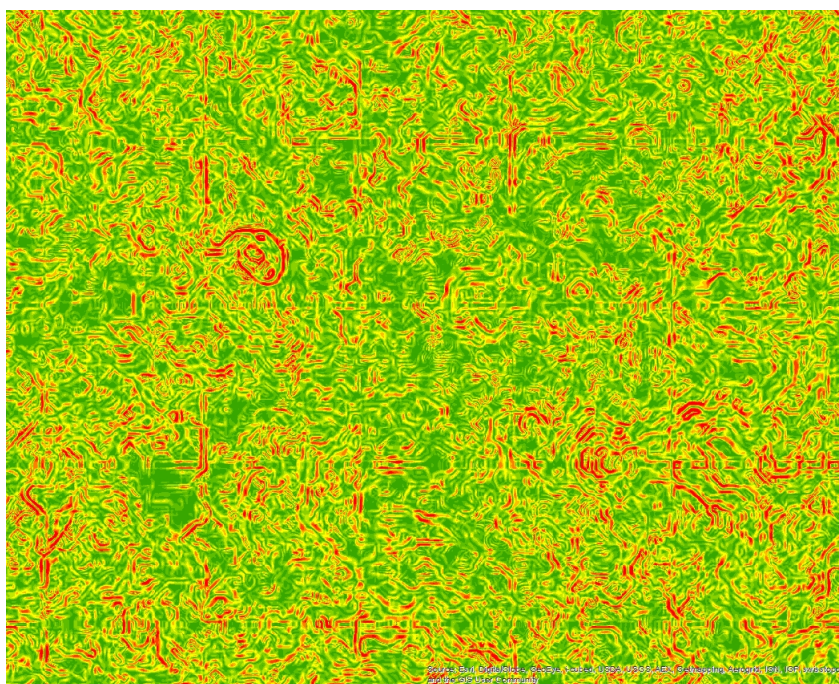


Figura 8: Mapa de declividade da região central de Caratinga

Fonte: OS AUTORES, 2016

A altimetria de uma região indica suas alturas relativas, ou seja, as diferenças de nível entre diferentes pontos nessa área. O mapa de altimetria obtido pelo software indicou essas diferenças, mostrando as áreas mais elevadas, esbranquiçadas, e as áreas mais baixas da região urbana de Caratinga, como mostra a Figura 9.

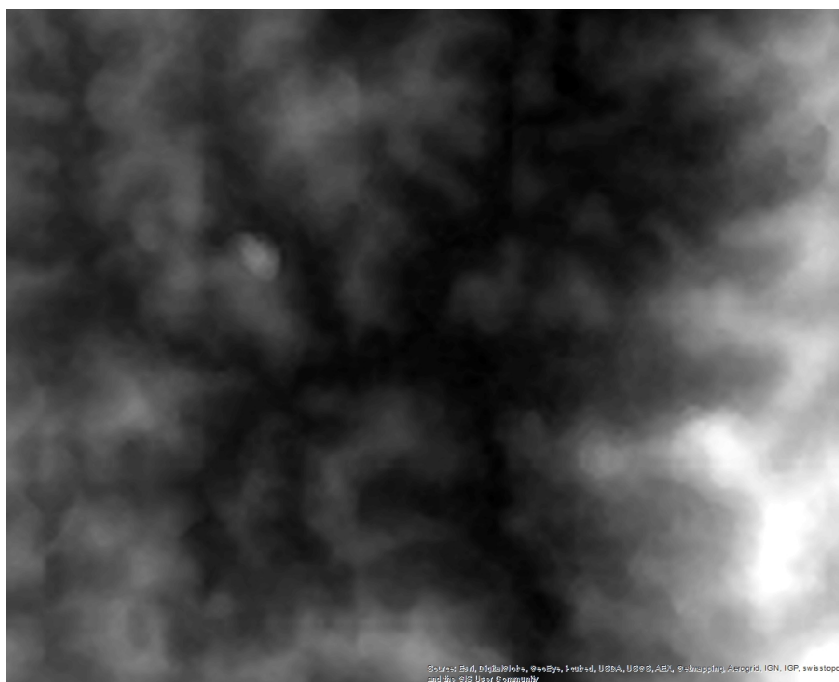


Figura 9: Mapa de altimetria da região central de Caratinga

Fonte: OS AUTORES, 2016

Outra ferramenta do AcrMap também muito importante para identificação das áreas suscetíveis à movimentação de massa é o SHALSTAB, que é um modelo que utiliza a relação que existe entre a proporção saturada da espessura do solo e do grau de saturação necessário para que ocorra a desestabilização da encosta. Esse modelo simula a percolação de água no maciço mostrando onde essa passagem e a infiltração do líquido são maiores, o que influencia para uma saturação do solo fazendo com que a encosta venha a ceder devido ao aumento de peso. Portanto, ele é usado para prever os locais com maior probabilidade de falha.

Para executar o SHALSTAB é necessário determinar o peso específico do solo devido à presença de água que influencia na sua saturação, assim como o ângulo de atrito interno que representa a resistência ao cisalhamento quando esse solo está sob tensões normais. Essa determinação é obtida através da análise do solo, no entanto foram utilizados valores referenciais ($\gamma = 1.700 \text{ kg/cm}^3$, $\phi = 33^\circ$) devido à falta de parâmetros reais provenientes da amostra, uma vez que não foi realizada a análise durante o desenvolvimento do mapa de risco. Estes valores foram retirados de correlações estabelecidas na apostila de Parâmetros dos Solos para Cálculo de Fundações referenciada no final deste trabalho.

Como resultado apresentado na Figura 10, o SHALSTAB também indicou as mesmas áreas que os demais mapas como áreas mais propensas à risco de deslizamentos. As áreas vermelhas são onde o índice de infiltração é maior.

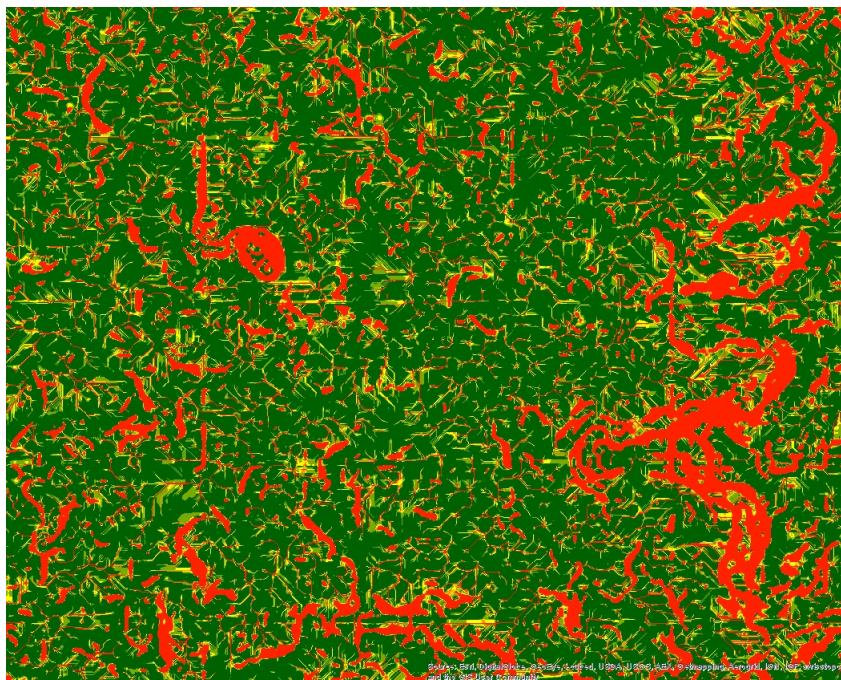


Figura 10: Mapa de percolação de água na região central de Caratinga

Fonte: OS AUTORES, 2016

Na Figura 11 a seguir, pode-se observar que a área 1 foi a que apresentou maior risco, portanto essa é a região que serviu como base para o desenvolvimento de toda a proposta do projeto.



Figura 11: Áreas de risco da região central de Caratinga

Fonte: OS AUTORES, 2016

Na área 1, mostrada na Figura 12, encontram-se partes do Bairro Santa Cruz e Bairro Esperança, regiões com predominância na falta de infraestrutura urbana, caracterizados por moradias simples, muitas delas em situações de risco de desmoronamento, devido ao grande número de encostas desestabilizadas.



Figura 12: Bairro Santa Cruz

Fonte: OS AUTORES, 2016

A Figura 13, mostra o SHALSTAB aplicado na área 1 e a região de risco do local, onde é possível observar uma grande área construída dentro de locais propensos a deslizamentos.



Figura 13: Área construída na área de risco

Fonte: OS AUTORES, 2016

E por fim, a Figura 14 que mostra a área de preservação permanente indicada no contorno dentro do círculo, com exceção das áreas hachuradas.



Figura 14: Área de preservação permanente

Fonte: OS AUTORES, 2016

Na figura acima, é possível observar a presença de muitas edificações dentro da área que deveria ser respeitada como área de preservação permanente, o que mais uma vez evidencia o perigo no qual os moradores estão submetidos.

A confirmação do risco foi feita in loco através da análise das evidências por meio do levantamento das características do entorno, e para isso foram utilizadas as fichas de campo que são disponibilizadas no Guia para Elaboração de Políticas Municipais, este que tem como tema a Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas que foi elaborado pelo Ministério das Cidades. Após analisar os resultados das fichas foi feita uma comparação com o mapa da defesa civil do município.

O produto dessas atividades pode ser decisivo para o êxito de um plano de intervenções voltado à regularização da ocupação. Para tanto, é necessário à implantação de regras, técnicas e procedimentos de campo com a maior exatidão possível, além de um cauteloso registro das informações obtidas e um indispensável entendimento do efeito destrutivo em avaliação.

3.4 AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO

3.4.1 Definições e conceitos

Com o objetivo de padronizar a nomenclatura utilizada ao longo do capítulo, foram adotadas as terminologias disponibilizadas pelo MINISTÉRIO DAS CIDADES, mostradas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Conceitos básicos de risco e áreas de risco

EVENTO	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais.
PERIGO (Hazard)	Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável.
VULNERABILIDADE	Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
SUSCETIBILIDADE	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
RISCO	Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.
ÁREA DE RISCO	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Fonte: Curso de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco, 2007

3.4.2 Fichas de caracterização de áreas de risco de escorregamento

A avaliação das áreas de risco baseou-se na divisão dos setores de risco. Esses setores foram subdivididos em áreas que foram determinadas após visita no local.

Essa avaliação consistiu na representação de cada área por meio de registro de fotografias e no diagnóstico do setor por meio da descrição do processo de instabilização, que levou em conta os procedimentos adotados no roteiro disponibilizado no Curso de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco, que consistem em:

- **Localização:** Nesse primeiro passo foi feito o levantamento de dados sobre a moradia ou conjunto de moradias. O preenchimento da ficha consistiu na descrição da localização do local.
- **Características da área:** Neste item são considerados os tipos predominantes de moradia do setor em análise, a densidade da ocupação e as condições das vias da área em estudo.

A necessidade da classificação da tipologia da moradia se deve à resistência que cada material apresenta no caso de escorregamentos. É fato que a moradia de alvenaria suporta maior carga que a de madeira.

- **Condicionantes:** Neste passo é descrito a caracterização da moradia ou do conjunto de moradias. São considerados a tipologia do talude (natural ou de corte), a sua altura, a

declividade do talude, a distância da moradia em relação ao topo ou base da encosta e a presença de lixo e/ou entulho sobre a mesma.

Para a determinação da inclinação dos taludes de corte e das encostas naturais, sem o auxílio de inclinômetros ou bússolas, foram analisadas as inclinações-tipo definidas no roteiro disponibilizado no Curso de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco, que consideram as seguintes inclinações mostradas na Figura 15.

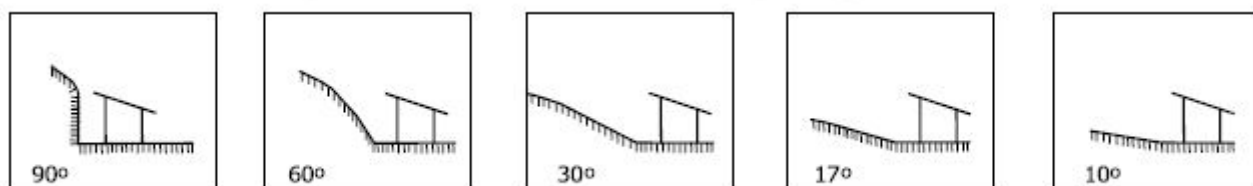


Figura 15: Inclinações-tipo de taludes de cortes e encostas naturais

Para a determinação da inclinação de taludes de aterro foram consideradas as seguintes inclinações-tipo apresentadas na Figura 16.

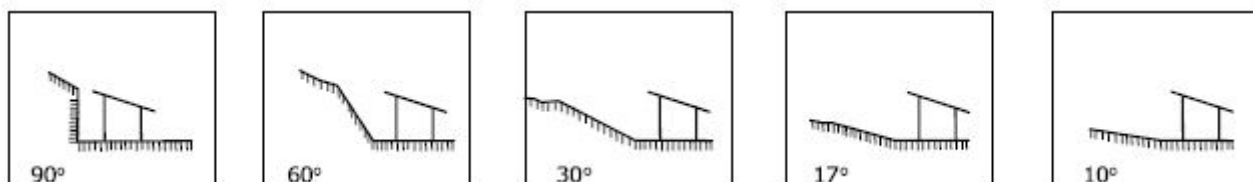


Figura 16: Inclinações-tipo de taludes de aterro

- Evidências de movimentação: Neste item leva-se em conta a presença de trincas na moradia e/ou aterro, a inclinação das árvores, de postes e de muros, a existência de cicatrizes de escorregamento e de degraus de abatimento.

A descrição dos indícios de movimentação é um dos parâmetros mais importantes para a determinação do grau de risco que a área analisada apresenta.

- Água: Os itens referentes ao papel da água na encosta considerados neste item são relacionados a concentração de água de chuva em superfície, lançamento de águas servidas em superfície, se há vazamento de tubulação, fossa ou surgência d'água no talude. Além disso, considera a existência de drenagem superficial.

A água é considerada o agente deflagrador de maior relevância em casos de escorregamentos. Além de ser proveniente da precipitação pluviométrica, a presença de água nas encostas também pode ser originada de águas servidas e de esgotos lançados.

- **Vegetação:** É necessário levar em conta a presença de árvores, de vegetação rasteira, assim como a identificação da área em caso de desmatamento, ou de ser área de cultivo.

A presença de vegetação nas encostas pode ser tanto um efeito positivo como negativo. Essa variação depende do tipo de vegetação encontrada. De uma forma geral, a vegetação atua como fator de proteção do solo contra os vários efeitos climáticos, pois sem essa cobertura a superfície do solo recebe maiores volumes de água, o que aumenta o processo erosivo. Além disso, a presença de vegetação aumenta a resistência do sistema solo/raiz. No entanto, nem todo tipo de vegetação traz estabilidade para a encosta. A presença de bananeiras em um talude, por exemplo, aumenta sua instabilidade pelo fato de facilitarem a infiltração de água no solo.

- **Processo de instabilização:** Onde ocorre a identificação de qual processo de movimento de massa atua sobre a encosta. Entre esses processos destacam-se os escorregamentos em encosta natural, em talude de corte, de aterro, ou em depósito de encosta, se há erosão, queda, rolamento ou deslocamento de blocos, corrida ou rastejo.
- **Grau de Risco:** Neste item é avaliado todo o roteiro para a definição do Grau de Risco daquela área. Os riscos classificam-se em muito alto, alto, médio, baixo ou sem risco. Neste item também é determinada a quantidade de moradias que existem na área.

3.4.3 Graus de Risco

A mensuração do grau de risco será feita conforme determinação do Curso de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco.

Os graus de probabilidade de ocorrência do processo ou risco propostos estão baseados naqueles estabelecidos por documento do Ministério das Cidades e nos trabalhos realizados na Prefeitura de São Paulo, pelo IPT e Unesp. Para a tomada de decisão em termos dos parâmetros analisados nos passos do roteiro, pode-se dizer:

- **Padrão construtivo (madeira ou alvenaria):** para uma mesma situação a construção em alvenaria deve suportar maior solicitação e, portanto, deve ser colocada em classe de risco inferior à moradia de madeira;
- **Tipos de taludes:** taludes naturais estão, normalmente, em equilíbrio. Taludes de corte e de aterro são mais propensos a instabilizações;

- Distância da moradia ao topo ou à base dos taludes: deve ser adotada como referência uma distância mínima com relação à altura do talude que pode sofrer a movimentação; lembrar que para a Serra do Mar e outras áreas em São Paulo, adota-se a relação 1:1;
- Inclinação dos taludes: os escorregamentos ocorrem a partir de determinadas inclinações. Por exemplo, na região da Serra do Mar, em São Paulo, ocorrem a partir de 17° (poucos) e 25/30° (a maioria). Pode-se estabelecer que taludes acima de 17° são passíveis de movimentações e assim relacionar com a Lei 6766/79 (Lei Lehman). Lembrar que as estruturas geológicas podem condicionar a existência de taludes muito inclinados e mesmo assim estáveis.
- A presença de água deve ser criteriosamente observada. A existência de surgências nos taludes e a infiltração de água sobre aterros devem ser tomadas como sinais de maior possibilidade de movimentações.
- A chave para a classificação é a presença de sinais de movimentação/feições de instabilidade. Essa presença pode ser expressiva e em grande número; presente; incipiente ou ausente.

A tabela abaixo indica os critérios que devem ser observados para a determinação dos graus de risco:

Tabela 2: Determinação dos Graus de Risco

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 - Baixo ou sem risco	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos., 2. Não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens., 3. Mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.

R2 - Médio	<ol style="list-style-type: none">1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de media potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos.2. Observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/evidencia(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de estabilização em estagio inicial de desenvolvimento.3. Mantidas as condições existentes, e reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 - Alto	<ol style="list-style-type: none">1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos.2. Observa-se a presença de significativo(s) sinal/ feição/ evidencia(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de estabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo.3. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

R4 - Muito Alto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos., 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento., 3. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
-----------------	--

Fonte: Curso de Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco, 2007

3.5 MEDIDAS ESTRUTURAIS

De acordo com o MINISTÉRIO DAS CIDADES (2007), medidas estruturais são “aquelas onde se aplicam soluções de engenharia, executando-se obras de estabilização de encostas, sistemas de micro e macro drenagem, obras de infraestrutura urbana, realocação de moradias, etc.”. Dentre as diversas alternativas de engenharia para soluções de áreas de risco voltadas à estabilização e contenção de encostas dessas áreas, é imprescindível não citar medidas estruturais, que em grande parte dos casos de movimentos de massa são soluções viáveis e de bons resultados.

Basicamente foram propostas medidas estruturais que possam ser implantadas com o objetivo de reduzir ou erradicar os danos e as consequências causadas pelo deslizamento de terra. Essas propostas são baseadas na adoção de medidas preventivas e/ou corretivas conforme a necessidade do local.

Dentre as soluções adotadas, se destacam:

- Drenagem: A qualidade de um sistema de drenagem é fundamental na obtenção da segurança de uma encosta, mesmo que superficial com o uso de canaletas que colem e distribuem água nas encostas. Quando introduzida corretamente, a drenagem da água do solo se torna uma solução de grande eficácia em ocorrências de movimentos de massa.

Cada um dos tipos de drenagem dentre os diversos existentes leva em conta as variáveis de cada local, porém a drenagem superficial se destaca por que além de ser eficaz, consegue ser empregada em inúmeras ocasiões e apresenta um bom parâmetro econômico, onde muitas vezes pode-se isentar a necessidade de investir em algum outro tipo de contenção de solo. Segundo o MINISTÉRIO DAS CIDADES (2007), “a drenagem superficial pode utilizar valas revestidas, canaletas, canaletas pré-moldadas, guias e sarjetas, tubos de concreto, escadas d’água, caixas de dissipação, caixas de transição”. Cada uma das obras de drenagem necessita ser devidamente projetada levando em conta o volume de água e a vazão que tal obra deve guiar.

- Coleta de águas pluviais: Um processo de drenagem urbana para águas pluviais tem por função proteger a população contra os desastres que o fluxo de água nas superfícies e em encostas de terreno pode causar. Um instrumento de bastante apoio e eficácia do sistema são as bocas-de-lobo, que têm a função de coletar a água que percorre pelas valas. A presença deste artifício garante o escoamento adequado da água na região.

- Coleta de esgoto: O lançamento de águas servidas diretamente nas encostas é um dos fatores que contribuem para a desestabilização das mesmas, e geralmente é um problema decorrente da falta de planejamento urbano e de infraestrutura básica. É necessário que haja a coleta adequada de esgotos domésticos a fim de se evitar problemas relacionados ao acúmulo de água em encostas.

- Pavimentação: Sistemas de pavimentação fazem parte do conjunto de atividades urbanas que formam a infraestrutura básica de uma cidade. A implantação de revestimento para o solo em áreas de risco é essencial para que as encostas fiquem protegidas contra a saturação do solo.

- Meio Fio: Com a função de delimitar e organizar os espaços e divisas entre rua e calçamento, o meio fio também se encontra entre as medidas estruturais urbanas, além disso, associado à pavimentação, o mesmo consegue direcionar o escoamento correto da água.

- Retaludamento: É um processo utilizado na estabilização de taludes ou encostas naturais, apesar de ser uma medida não estrutural, pode ser empregada em todos os tipos de solo ou rocha e consegue se adequar a todos os esforços existentes. É uma solução por onde os taludes originais são alterados através de cortes ou aterros a fim de se obter a estabilidade do mesmo por meio da diminuição da inclinação natural, conforme mostra Figura 17. De acordo com CAPUTO (1987), em relação à diminuição da inclinação do talude “o método mais simples de reduzir o peso é a suavização do seu ângulo de inclinação ou, então, através da execução de um ou mais patamares”. Em conjunto com medidas estruturais, o retaludamento tem a função de preparar o talude para receber uma obra de contenção.

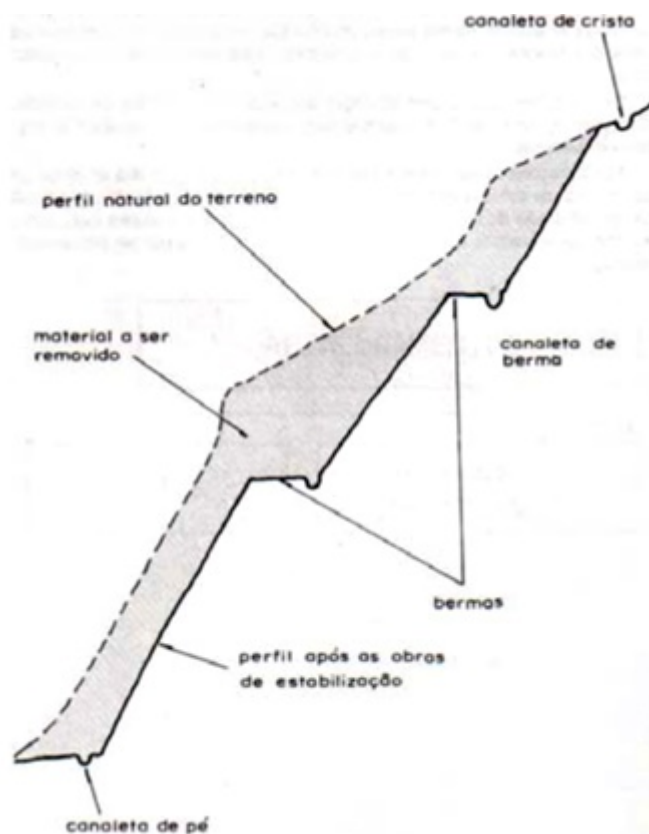


Figura 17: Esquema de retaludamento

Fonte: MARANGON, 2009

- Contenções: Para a definição da obra de contenção mais apropriada de ser executada em certa situação, é primordial a avaliação das características do entorno do local e das ações de instabilização que ocorreram na encosta, corte ou aterro. De acordo com MARANGON (2009), dentre as obras mais utilizadas sobressaem-se os muros de arrimo, “constituídos por concreto ciclópico, concreto armado, cortina atirantada, gabiões, solo cimento ensacado, muros em forma de cortina com perfis metálicos com painéis pré-moldados, estacas pranchas, etc.”.

O autor ainda define muros de arrimo como “qualquer estrutura construída com a finalidade de servir de contenção ou arrimo a uma determinada massa de solo “instável”, ou seja, que tem a possibilidade de se movimentar para baixo, à partir da sua ruptura por cisalhamento”. O principal aspecto a ser levado em conta em um projeto de estabilização é a viabilização da melhor solução técnica-econômica para o problema de instabilização. Portanto, é necessário associar a solução mais adequada com a relação custo-benefício otimizada.

É preciso à adoção de um conjunto de soluções estruturadoras voltadas para a estabilização das encostas, uma vez que somente a execução de muros de contenção não é suficiente para a erradicação do problema. A combinação de ações como o retaludamento e drenagem superficial resulta na viabilização da obra, tratando a encosta como um todo.

A proposta de contenções como medidas estruturais, foi adotada conforme os exemplos descritos a seguir.

Existem duas modalidades de muros de contenção: por gravidade e por flexão.

Os muros de gravidade são aqueles utilizados em desníveis de pouca altura (entre 1,5 m a 5m). Os tipos de muros por gravidade mais comuns são:

- Muro de solo cimento ensacado: Esta técnica basicamente utiliza sacos de solo estabilizado com cimento. Tem como maiores vantagens o baixo custo e o fato de não haver necessidade de mão de obra especializada para sua execução. É recomendado onde a altura do talude não ultrapassar de 4 a 5 metros. É mais indicado para a contenção de encostas que contenham solo arenoso, uma vez que esse fator aumenta a sua economia e durabilidade. Na presença de solo argiloso recomenda-se a mistura das duas tipologias de solo, de forma que atenda os requisitos básicos de economia, durabilidade e resistência mecânica.

Execução: O solo a ser utilizado para a construção do muro deve ser peneirado para que não haja presença de pedregulhos. Em seguida mistura-se o solo com o cimento, obtendo-se uma mistura homogênea e de coloração uniforme. Adiciona-se água para facilitar na compactação. Após este processo, a mistura é colocada em sacos preenchendo 2/3 dos mesmos. Os sacos são costurados manualmente e transportados até o local da construção. Para a execução do muro, os sacos são colocados em camadas horizontais que são compactadas para a colocação da próxima camada, que é colocada de forma desencontrada com a anterior para permitir maior intertravamento entre elas, conforme mostrado na Figura 18 a seguir.



Figura 18: Muro de solo ensacado

Disponível em: <http://o-portico.blogspot.com.br/2016/01/solo-cimento-e-suas-aplicacoes.html>

- Muros de pedra seca (sem rejunte): Consiste no arranjo manual de pedras, sendo por isso o tipo mais simples de muro de arrimo. Os blocos utilizados devem ter dimensões regulares para garantir sua estabilidade. A dimensão mínima do muro é de 0,6 m de espessura e não devem ultrapassar a altura de 1,5 metros. Neste método não é necessária a utilização de sistema de

drenagem, já que o próprio muro permite o escoamento da água, evitando assim pressões entre o muro e o solo. A maior vantagem é a fácil construção e o baixo custo. A Figura 19 mostra o arranjo do muro.

Execução: A base do muro deve ser apoiada em terreno firme e fixada abaixo do nível da base da encosta a ser protegida, para que o muro não venha a ceder devido à movimentação desse espaço. A construção deste tipo de muro deve ser em conjunto com o sistema de microdrenagem (canaletas de borda e de pé).



Figura 19: Muro de Pedra Seca

Disponível em: http://www.portaldopatrimoniocultural.com.br/site/bensinventariados/detalhe_pa.php?id=33

- Muro de pneus: São obras de simples construção e de baixo custo, já que a matéria-prima principal provém de pneus usados. Este tipo de muro possui boa drenabilidade, e utiliza o próprio solo da encosta para ser executado. O número de camadas dos pneus depende da altura e da inclinação do talude, assim como da situação da estabilidade do muro. Devido ao peso desse muro, a sua construção está limitada a alturas de até 8 m e à existência de espaço para a construção de uma base que varia de 40 a 60% da altura do muro.

Execução: Os pneus são amarrados uns aos outros, com cordas ou arames, e as camadas são colocadas de formas desencontradas. No final da construção, o muro deve receber uma cobertura de terra de forma que preencha todos os vazios formados pelo encaixe dos pneus, como mostra a Figura 20. Caso o solo utilizado para isso seja argiloso, a colocação de barbacãs

para a drenagem da água é necessário, pois as argilas não permitem o devido escoamento do solo. A face do muro deverá ser revestida a fim de se evitar tanto a erosão do solo de enchimento dos pneus, quanto possíveis ocorrências de incêndio. Para isso, pode ser utilizado o plantio de vegetação, a alvenaria em blocos, entre outras opções.



Figura 20: Muro de Pneus

Disponível em: <http://diariodepetropolis.com.br/Integra/pneus-podem-ser-base-de-muros-de-contencao-em-encostas-no-pais-75160>

- Muro gabião: São gaiolas metálicas formadas por fios de aço galvanizado ou por redes de aço zincado, preenchidas por pedras de forma manual. Essa rede metálica apresenta uma alta resistência mecânica, caso algum fio venha a se romper, a dupla torção que eles são submetidos absorve as deformações preservando a forma e a flexibilidade da malha. Este tipo de muro atua como muro de gravidade e deve seguir um projeto de execução específico. O muro gabião tem como principal característica a alta permeabilidade e a grande flexibilidade que faz com que em casos de deslocamentos e deformações do talude, o muro se adapte as novas condições sem se romper.

Execução: As caixas do gabião são abertas durante a execução na obra de modo que permita a armação das peças. As pedras são colocadas manualmente a fim de que se tenha o melhor encaixe das mesmas, reduzindo assim o índice de vazios que faria com que o muro perdesse estabilidade, Figura 21. As caixas devem ser alinhadas para garantir o equilíbrio do muro. É indicado o uso de manta geotêxtil ou areia no encontro do gabião com o solo do talude. É necessário que a tela das caixas seja protegida contra a corrosão.



Figura 21: Muro gabião

Disponível em: <http://www.gabioes.net/index6e89.html?page=especificacoes>

Os muros de flexão são aqueles construídos para resistirem às forças utilizando o seu próprio peso e o solo contido para se estabilizar. Os tipos mais comuns de muro de flexão são:

- Muros de concreto: Se subdividem em vários tipos e possui como principal vantagem a diminuição do volume da estrutura de arrimo. No entanto, em contrapartida o seu custo é elevado o que limita a sua utilização, tornando-os antieconômicos para alturas que ultrapassem 5 a 7m. Os muros de flexão possuem estruturas mais delgadas e podem ter seção transversal em T invertido ou em L. Esses muros possuem uma laje-base enterrada na base do aterro, e utilizam parte do peso do maciço que se apoia sobre ela para se manterem em equilíbrio, como mostra a Figura 22.

Para alturas maiores que 5 m, recomenda-se o uso de contrafortes (ou nervuras), para ampliar a imobilidade do muro contra o tombamento. Os contrafortes devem ser inclinados de acordo com o estabelecido no projeto específico, que leva em conta os esforços atuantes e define a espessura dos mesmos.

Estes muros podem ser utilizados em qualquer caso, independente das solicitações atuantes sobre eles, desde que o solo de fundação seja compatível com essas solicitações.

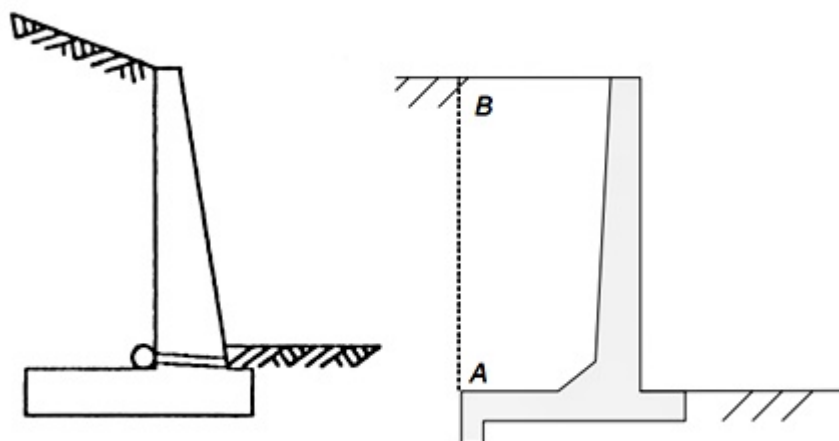


Figura 22: Esquema de muro de concreto

Fonte: GERSCOVICH - UERJ

Execução: Os muros de concreto (Figura 23), utilizam na sua construção a fundação direta, mas em alguns casos poderão ter fundações profundas formadas por estacas ou tubulões, que devem cumprir os requisitos do projeto. Para este tipo de muro, devem ser especificados sistemas de drenagem ou dispositivos para o alívio da pressão da água na estrutura de contenção. É indispensável a previsão de juntas estruturais, que devem possuir espaçamento máximo de 20 m. O fechamento das juntas deve ser feito com material neoprene.



Figura 23: Muro de concreto

Disponível em: http://www.roxor.com.br/obras_selecionada.php?id_obra=39

- Cortinas atirantadas: São estruturas compostas por concreto armado que trabalham juntamente com tirantes, como mostra a Figura 24, que empurram a estrutura de concreto contra o solo garantindo a contenção. Os tirantes são materiais de aço compostos por cabos. Um projeto de contenção com cortina atirantada necessita da especificação de itens como: a extensão da parede de concreto armado, a quantidade e profundidade dos tirantes os tamanhos do trecho livre e do ancorado, a armação da parede, a resistência do concreto e o traço da calda de cimento. Todos os itens do projeto são dimensionados a partir de sondagens realizadas no terreno, como os ensaios de sondagem à percussão (SPT), que auxiliam no dimensionamento dos tirantes. [7]



Figura 24: Conteção de encosta com cortina atirantada

Disponível em: http://www.dicionario.pro.br/index.php/Cortina_atirantada

Execução: O processo de execução das cortinas atirantadas engloba várias etapas, como: a escavação do terreno, a execução do paramento e a inserção dos tirantes protendidos. Esses processos são executados em vários níveis, de cima para baixo, de modo a evitar deformações muito grandes no maciço de solo. O processo executivo dos tirantes em si pode ser resumido em 4 grandes etapas, mostradas na Figura 25, sendo elas:

- A. Escavação ou reaterro, conforme a cortina seja ascendente ou descendente;
- B. Execução dos tirantes;
- C. Execução da parede de concreto armado;
- D. Testes e protensão nas ancoragens até atingir a carga de trabalho.



Figura 25: Etapas executivas de tirantes. (A) Perfuração; (B) Montagem; (C) Instalação; (D) Injeção; (E) Protensão.

Fonte: PICCININI, 2015

Segundo a NBR 5629/2006, que trata da execução de tirantes ancorados, "os tirantes constituem os elementos resistentes à tração da estrutura, os quais são introduzidos no terreno em perfuração própria, sendo posteriormente injetada calda de cimento em parte do elemento de modo a formar um bulbo de ancoragem que absorve os esforços do tirante para transmiti-los ao solo." Essa estrutura é bastante adotada em áreas de deslizamentos, em que há a necessidade de conter o talude.

Dentre as opções de estruturas de contenção acima citadas, foi escolhida uma para que pudesse ser feito o dimensionamento. Para a escolha da contenção foram utilizados dados do local retirados através do levantamento planialtimétrico do mesmo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SETORES DE RISCO

Os setores de risco foram divididos conforme os locais visitados situados na área 1 identificada no Arcmap. A tabela 3 mostra a divisão dos setores por meio da identificação das ruas do local:

Tabela 3: Divisão dos setores

SETOR 1	Rua Iapu
SETOR 2	Rua Maria Conceição Teixeira
SETOR 3	Rua Dr. Didico Anselmo
SETOR 4	Rua Ângelo Porcaro

A confirmação das áreas de risco desses setores foi possível a partir dos registros fotográficos e do preenchimento e análise das fichas de campo, mostrados no Apêndice B e C, respectivamente. A partir dos dados retirados da ficha, tornou-se viável a classificação dos setores conforme o grau de risco apresentado por eles.

Abaixo são apresentados os resultados obtidos através da análise das fichas de campo e propostas de possíveis intervenções para cada um dos setores da área 1.

SETOR 1/ÁREA 1: Resultados e conclusões: Área de risco alto, com encostas naturais que possuem em média uma inclinação de 60°, e condicionantes que facilitam a ocorrência de deslizamentos, como taludes de corte e taludes de aterro, que possuem inclinações em pontos mais críticos que variam entre 40° e 70°. Ao longo das encostas encontra-se a presença de lixo e a presença de bananeiras, algumas evidências de movimentação como cicatrizes de escorregamento e a presença de trincas nos terrenos. O sistema de drenagem superficial é inexistente e dentre os processos de instabilização que podem vir a ocorrer conforme as observações estão o escorregamento em encosta natural e em talude de aterro.

Propostas de soluções:

- Obras de infraestrutura:
 - Infraestrutura de ruas: Captação de águas pluviais, guias de meio-fio, guarda-corpo;
 - Melhoria das condições de drenagem dos terrenos;
- Estabilização de encostas e taludes.

SETOR 2/ÁREA 1: Resultados e conclusões: Área de risco alto, com encostas naturais que possuem em média uma inclinação de 60°, e condicionantes que facilitam a ocorrência de

deslizamentos, como taludes de corte e taludes de aterro, que possuem inclinações em pontos mais críticos que variam entre 45° e 70°. Ao longo das encostas encontra-se a presença de lixo, algumas evidências de movimentação como trincas na moradia, árvores e cercas inclinadas. O sistema de drenagem superficial é inexistente e dentre os processos de instabilização que podem vir a ocorrer conforme as observações estão o escorregamento em talude de aterro.

Propostas de soluções:

- Obras de infraestrutura:
 - Infraestrutura de ruas: Captação de águas pluviais, guias de meio-fio, guarda-corpo, pavimentação com blocos de concreto;
 - Melhoria das condições de drenagem dos terrenos;
- Estabilização de encostas e taludes.

SETOR 3/ÁREA 1:

Resultados e conclusões: Área de risco alto, com encostas naturais que possuem em média uma inclinação de 70°, e condicionantes que facilitam a ocorrência de deslizamentos, como taludes de corte e taludes de aterro, que possuem inclinações em pontos mais críticos que variam entre 70° e 85°. Ao longo das encostas encontra-se a presença de bananeiras, algumas evidências de movimentação como a presença de trincas nas moradias e nos terrenos. O sistema de drenagem superficial é precário, existente somente em alguns pontos e dentre os processos de instabilização que podem vir a ocorrer conforme as observações estão o escorregamento em talude de aterro.

Propostas de soluções:

- Obras de infraestrutura:
 - Infraestrutura de ruas: Melhoria da captação de águas pluviais, guarda-corpo;
 - Melhoria das condições de drenagem dos terrenos;
- Estabilização de encostas e taludes.

SETOR 4/ÁREA 1:

Resultados e conclusões: Área de risco muito alto, com encostas naturais que possuem em média uma inclinação de 85°, e condicionantes que facilitam a ocorrência de deslizamentos como taludes de aterro e taludes de corte, que possuem inclinações em pontos mais críticos que variam entre 65° e 85°. As vias são pavimentadas somente até certo ponto. Ao longo das encostas encontra-se a presença de lixo, de entulho e a presença de bananeiras, algumas evidências

de movimentação como cicatrizes de escorregamento, a presença de trincas nos terrenos, nas moradias e degraus de abatimento em alguns taludes. O sistema de drenagem superficial é inexistente, o único ponto de coleta despeja na própria encosta, existe vazamento de tubulação em um ponto e dentre os processos de instabilização que podem vir a ocorrer conforme as observações estão o escorregamento em encosta natural e em talude de aterro.

Propostas de soluções:

- Obras de infraestrutura:
 - Infraestrutura de ruas: Instalação de captação de águas pluviais, guias de meio-fio, guarda-corpo, pavimentação com blocos de concreto nos trechos isentos de pavimentação;
 - Melhoria das condições de drenagem dos terrenos;
- Estabilização de encostas e taludes.

A tabela 3 mostra a classificação dos graus de risco dos setores de acordo com análise dos resultados acima:

Tabela 4: Divisão dos setores

SETOR 1	R3 - Alto
SETOR 2	R3 - Alto
SETOR 3	R3 - Alto
SETOR 4	R4 - Muito Alto

Devido ao fato do SETOR 4 haver apresentado a condição de risco muito alto, foi proposta a solução para um dos locais mais críticos dessa área.

Para a determinação do local situado na área escolhida mostrado na Figura 24, foram analisados locais acessíveis onde a implantação de uma medida estrutural fosse conveniente, além de econômica e que solucionasse o problema. Dentre esses locais o escolhido estava de acordo com os requisitos propostos. Outro fator levado em conta para a seleção foi o fato de que a solução cumpriria a função de segurar o talude impedindo que o trecho da rua em que ele se situa venha a ceder e atinja as moradias abaixo.



Figura 26: Local escolhido para o dimensionamento da contenção

Fonte: OS AUTORES, 2016

Para a escolha da contenção a ser dimensionada, foi realizado um levantamento planialtimétrico, que consiste na descrição do terreno por meio da coleta de dados como as medidas planas, os ângulos e as diferenças de níveis da área, a fim de se obter a planta com as informações necessárias da superfície analisada, com o intuito de verificar qual o tipo de contenção seria mais viável. A Figura 25 mostra o perfil do terreno escolhido para a determinação da proposta de solução.

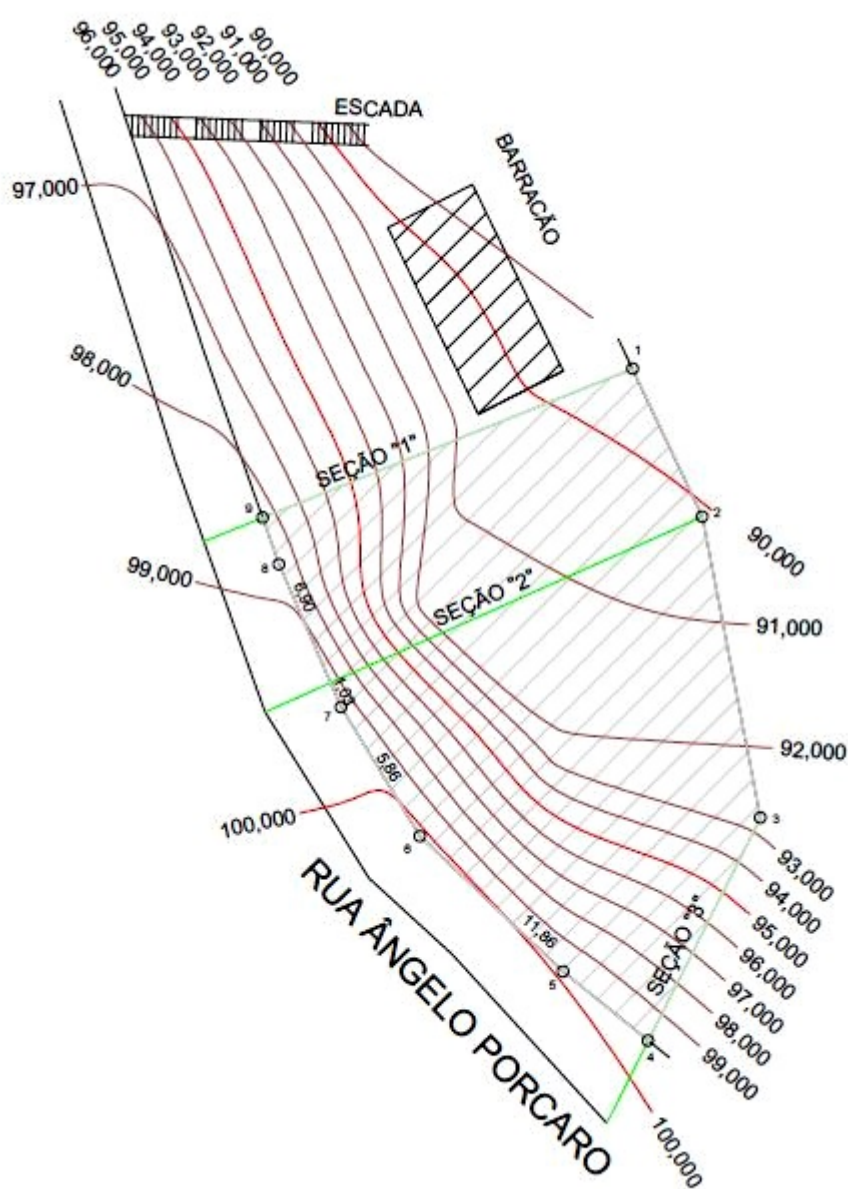


Figura 27: Levantamento planialtimétrico do local

Fonte: OS AUTORES, 2016

A partir da análise do perfil do terreno, a solução proposta para a estabilização do talude foi a contenção com muro gabião.

A justificativa para a escolha do muro se deve à vários fatores, que vão desde o custo da obra ao suporte do terreno. Dentre estes fatores, a busca por soluções menos dispendiosas foi um dos requisitos levados em conta, uma vez que as residências do entorno do local escolhido são avaliadas em custos muito inferiores ao custo de outras obras de contenção de maior porte.

O muro gabião tem como principal característica a flexibilidade, que permite que a estrutura se acomode a recalques diferenciais e a permeabilidade. Dentre as várias opções de

muro gabião, que variam de acordo com o tamanho, o gabião caixa mostrado na Figura 28, foi o escolhido para o dimensionamento.

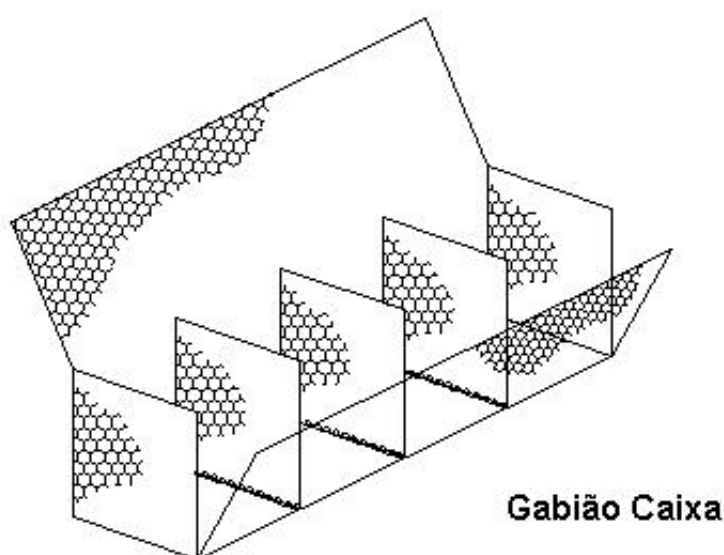


Figura 28: Esquema do muro gabião caixa

Disponível em: <https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi/39-execucao-de-estruturas-em-gabiao>

A execução do muro gabião acontece da seguinte forma:

Os gabiões são sub-divididos em células por diafragmas cuja função é reforçar a estrutura. Toda a malha, com exceção dos diafragmas, é reforçada em suas extremidades por arames de diâmetro maior que o da malha para fortalecer os gabiões e facilitar sua montagem e instalação.

Os arames que formam a malha dos gabiões, sempre que necessário, além do revestimento com liga zinco alumínio, também podem ser recobertos por uma camada contínua de PVC (cloreto de polivinil). Isto confere proteção contra a corrosão e os torna eficientes para uso em marinas, ambientes poluídos e/ou quimicamente agressivos ao seu revestimento metálico.

Quando instalados e cheios de pedra os gabiões se convertem em elementos estruturais flexíveis, armados, drenantes e aptos a serem utilizados na construção dos mais diversos tipos de estruturas (muros de contenção, barragens, canalizações, etc.). [8]

4.2 DIMENSIONAMENTO DO MURO GABIÃO

O muro gabião a ser dimensionado possui as dimensões mostradas na Figura 29:

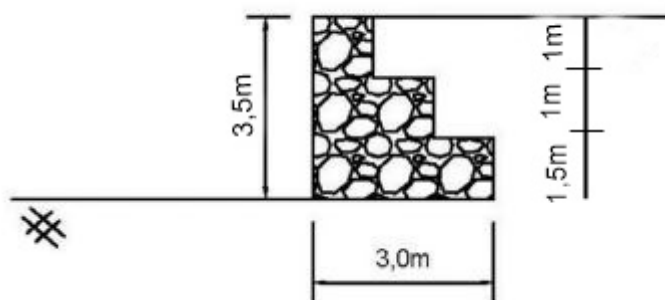


Figura 29: Dimensões do muro gabião

Fonte: JÚNIOR, 2005

Será seguido o seguinte modelo apresentado na Figura 30, para o cálculo do muro gabião caixa.

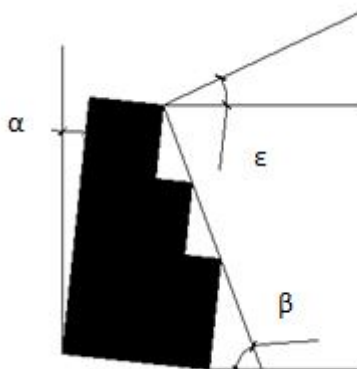


Figura 30: Esquema a ser seguido para dimensionamento

Fonte: AUTOR DESCONHECIDO

O primeiro passo para o dimensionamento é o cálculo do empuxo ativo. O empuxo ativo é quando a estrutura se desloca para fora do terrapleno. Quando isso acontece, o solo sofre um deslocamento ao se opor contra esta ação de afastamento do plano interno da estrutura de contenção, gerando na massa de terra uma resistência ao possível plano de ruptura, amenizando a ação do solo sobre o paramento interno da estrutura, até certo ponto. O esforço do solo desenvolvido sobre a estrutura de contenção, é, neste caso, chamado de Empuxo Ativo. [9]

Para o cálculo do empuxo ativo, calcula-se o β , que é o ângulo entre a horizontal e a superfície interna do muro, como mostrado na Figura acima.

1- Cálculo do empuxo ativo

$$\beta = \alpha + \arctg(h/(B - a)) \quad (4.1)$$

Onde:

- α = inclinação do muro no sentido da encosta (6°);
- h = altura do muro;
- B = largura do muro;
- a = altura da caixa do muro.

É necessário calcular também o ângulo de inclinação da superfície do terreno, considerando o terrapleno inclinado acima do muro gabião, através da seguinte equação:

$$\epsilon = \arctg((H - h)/L) \quad (4.2)$$

Onde:

- H = Altura da encosta a receber a contenção;
- L = Comprimento da encosta.

O valor do coeficiente de empuxo ativo K_a é determinado pela expressão:

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\beta + \phi)}{\text{sen}^2 * \beta * \text{sen}(\beta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) * \text{sen}(\phi - \epsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) * \text{sen}(\beta + \epsilon)}} \right]^2} \quad (4.3)$$

Onde:

- ϕ = Ângulo de atrito do solo;
- δ = O ângulo de atrito entre o muro de gabião e o solo;

Devido ao atrito entre o parâmetro vertical e o solo do terrapleno, de acordo com MARANGON (2009) "parte do empuxo que agiria no parâmetro vertical será dispendido para vencer esse esforço de atrito. Para se ter esse valor do empuxo desprendido, adota-se inclinar o vetor empuxo de um ângulo δ ", admitindo-se o valor $\delta = 0,9^\circ$ considerando a existência de geotêxtil na interface dos materiais.

A equação a seguir descreve o cálculo do empuxo ativo:

$$Ea = 0,5Ka * \gamma_s * h^2 \quad (4.4)$$

O empuxo pode ser aplicado em diferentes alturas, com isso, seu ponto de aplicação varia muito na prática. Geralmente ocorre a uma altura de $1/2H$ e $1/3H$. Essa variação de altura se deve em alguns casos ao deslocamento do muro, à sua rigidez e inclinação, às modificações das características do terreno e sobrecarga. Se Ea só tem a parcela de peso próprio $d = 1/3H$, a fórmula abaixo pode ser aplicada. [10]

$$d = \frac{h}{3} - B * \text{sen}\alpha \quad (4.5)$$

O segundo passo para o dimensionamento é o cálculo do empuxo passivo, considerando o muro enterrado no solo. Ao embutir uma parte do muro no solo, o estado de empuxo passivo aparece atuando como força estabilizante. O empuxo passivo é quando a estrutura se desloca contra o terrapleno. Quando isso acontece o solo é comprimido pela estrutura, sofrendo uma compressão na cunha instável, gerando, ao longo do plano de ruptura, uma reação ao arrastamento, ou seja, à resistência ao cisalhamento. Esse esforço desenvolvido pelo solo sobre o parâmetro interno da estrutura é chamado de Empuxo Passivo. [9]

2- Cálculo do empuxo passivo

O procedimento para o cálculo do empuxo passivo é análogo ao do empuxo ativo, variando apenas o coeficiente de empuxo, que neste caso será Kp :

$$Kp = \frac{1}{Ka} \quad (4.6)$$

$$Ep = 0,5Ka * \gamma_s * h^2 \quad (4.7)$$

Onde h : altura do trecho embutido no solo.

Ponto de aplicação do empuxo passivo:

$$dp = \frac{h}{3} \quad (4.8)$$

O próximo passo é fazer a verificação contra o tombamento. Para evitar essa condição é necessário que o momento do peso do muro seja maior que o momento do empuxo total.

3- Verificação quanto ao tombamento

Calcula-se a componente vertical do empuxo ativo, através da fórmula:

$$E_v = E_a * \text{sen}(90^\circ + \delta - \beta) \quad (4.9)$$

Calcula-se a componente horizontal do empuxo ativo, através da fórmula:

$$E_h = E_a * \text{cos}(90^\circ + \delta - \beta) \quad (4.10)$$

Em seguida calcula-se o peso do muro gabião por unidade de comprimento, seguindo a expressão abaixo:

$$W_{gabião} = S * 0,7 * \gamma_{gabião} \quad (4.11)$$

Onde:

- S = Área do muro gabião;
- $\gamma_{gabião}$ = Peso específico do gabião.

O peso específico da rocha do enchimento do gabião é de $24,3 \text{ kn/m}^3$, no entanto, o gabião conta com 30% de porosidade, assim, o seu peso é considerado semelhante a alguns solos ficando em torno de $17,01 \text{ kn/m}^3$.

A fórmula utilizada para cálculo do fator de segurança contra o tombamento é a expressa a seguir:

$$F_{stomb} = \frac{M_{res}}{M_{atuante}} > 2,0 \quad (4.12)$$

Onde:

- $M_{atuante} = E_h * d$
- $M_{res} = W_{gabião} * S' + E_v * S + E_p * d_p$

O momento resistente é causado pelo peso próprio do muro, para seu cálculo seguem as fórmulas abaixo:

$$S' = X_g * \text{cos}\alpha + Y_g \quad (4.13)$$

Onde o X_g e o Y_g são as coordenadas do centro de gravidade G do muro medidas no plano da base do muro a partir de um ponto.

E por fim:

$$S = B * \cos\alpha - \frac{H}{3 * \operatorname{tg}\beta} \quad (4.14)$$

4. Verificação quanto ao deslizamento

Desprezando-se a contribuição do empuxo passivo, E_p , o que é a favor da segurança, esta condição será satisfeita quando, pelo menos:

$$FS_{des} = \frac{[(W_{gabiao} + Ev) * \cos\alpha + Eh * \operatorname{sen}\alpha] * \operatorname{tang}\phi + (W_{gabiao} + Ev) * \operatorname{sen}\alpha}{Eh * \cos\alpha} > 1,5 \quad (4.15)$$

5- Verificação das tensões no solo

É a segurança contra ruptura e deformação excessiva do terreno de fundação. A condição a ser satisfeita nesse caso é que a maior das pressões (σ_1) seja menor ou igual à pressão admissível do terreno. Para isso calcula-se:

$$\sigma_{adm} = 0,02 * NSPT \quad (4.16)$$

Não foi realizado ensaio de NSPT no local, portanto o NSPT a ser adotado é de 7,5 que é o valor médio para camada de solos argilo-arenosos, baseado na

Tabela 5: Peso específico de solos argilosos (Godoy, 1972)

N (golpes)	Consistência	Peso específico (KN/m ³)
≤ 2	Muito mole	13
3 - 5	Mole	15
6 - 10	Média	17
11 - 19	Rija	19
≥ 20	Dura	21

Fonte: MARANGON, 2009

Em seguida calcula-se a tensão que será aplicada no solo:

$$\sigma_1 = \frac{2 * N}{3 * e'} \quad (4.17)$$

Onde:

$$- N = (W_{gabiao} + Ev) * \cos\alpha + Eh * \operatorname{sen}\alpha$$

- $e' = 0,5 B - e$
- $e = 0,5 B - \frac{M_{res} - M_{atuante}}{N} < \frac{2}{6}$ (ponto de ação fora do núcleo central de inércia)

O cálculo da tensão σ_2 é necessário devido a possibilidade do muro sofrer tração no caso de ter seu ponto de ação fora do núcleo central de inércia.

$$\sigma_2 = \sigma_1 * \frac{[(B - 3e')]}{3e'} \quad (4.18)$$

O último passo é a verificação quanto à segurança à ruptura global, que conforme MARAGON (2009) "é a maior carga (transmitida pela fundação) a que o terreno resiste, com segurança, à ruptura, independentemente das deformações que possam ocorrer". Esse processo foi realizado através do software GeoStudio descrito abaixo. Os resultados, tanto do programa, quanto do dimensionamento, se encontram na memória de cálculo do Apêndice D.1.

Para o caso da encosta analisada foram propostos dois muros gabiões de modo a vencer a altura da encosta, garantindo a estabilidade do talude. Nas figuras abaixo são mostradas as seções da encosta, de acordo com o levantamento planialtimétrico, antes e depois de receber a projeção do muro.

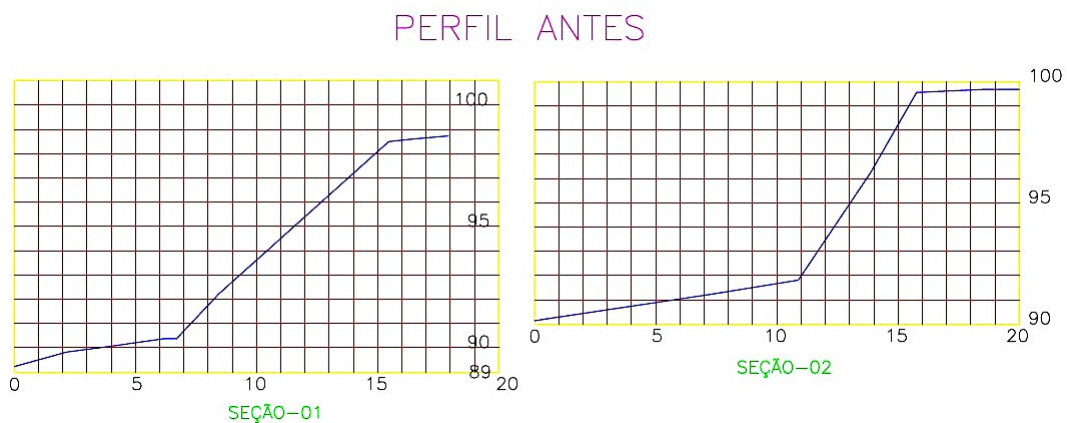


Figura 31: Seção natural da encosta

Fonte: OS AUTORES, 2016

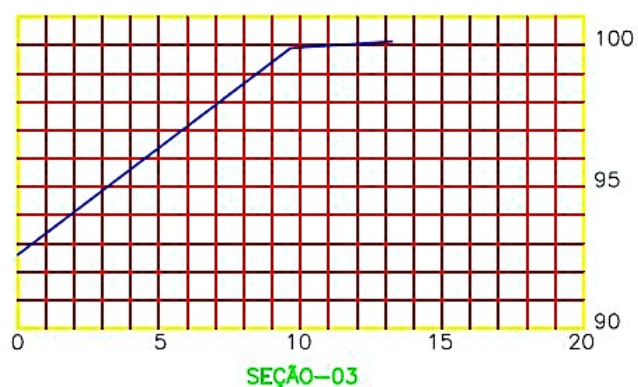


Figura 32: Seção natural da encosta

Fonte: OS AUTORES, 2016

PERFIL DEPOIS

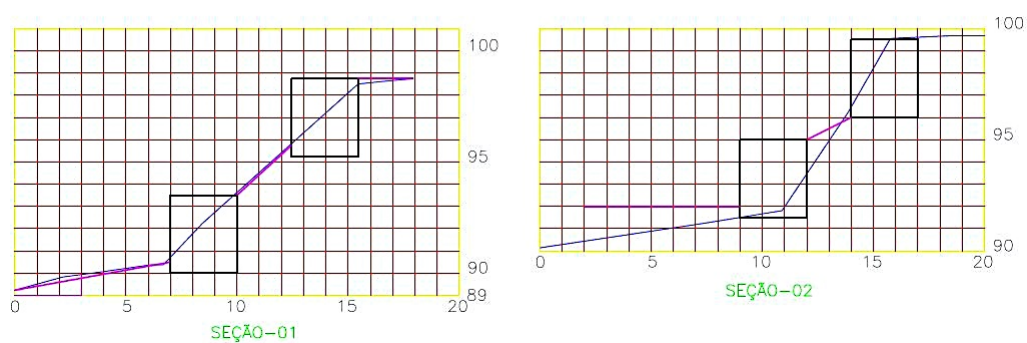


Figura 33: Seção com projeção do muro gabião

Fonte: OS AUTORES, 2016

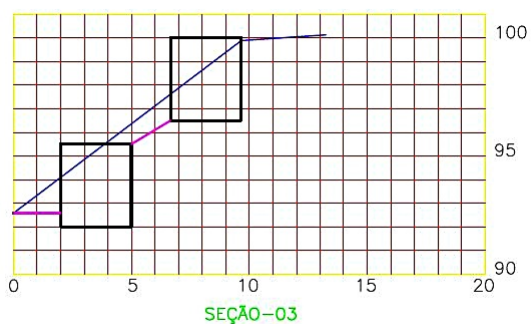


Figura 34: Seção com projeção do muro gabião

Fonte: OS AUTORES, 2016

O perfil final da encosta pode ser observado na Figura 33 e 34. O cálculo foi realizado somente para o muro inferior, uma vez que se o mesmo estiver dentro dos parâmetros de verificações o muro superior, conseqüentemente, estará atendido.

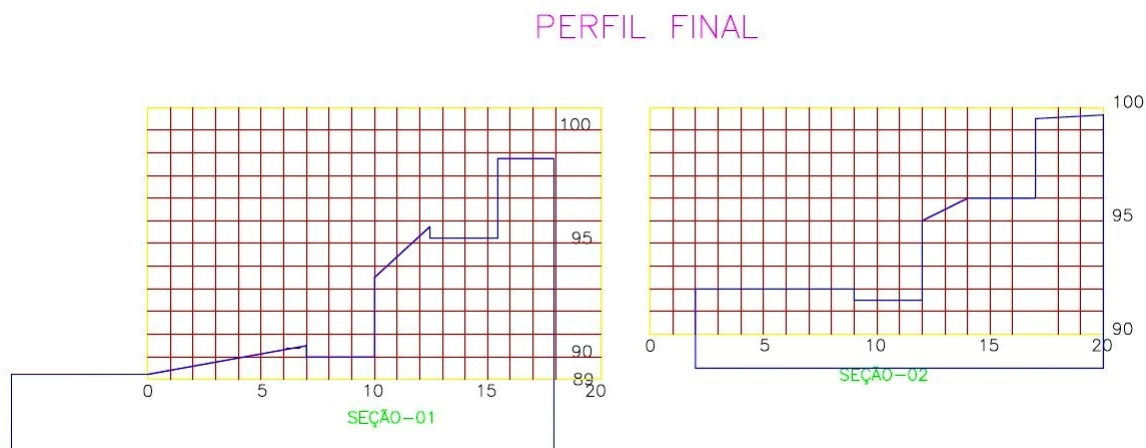


Figura 35: Perfil final da encosta

Fonte: OS AUTORES, 2016

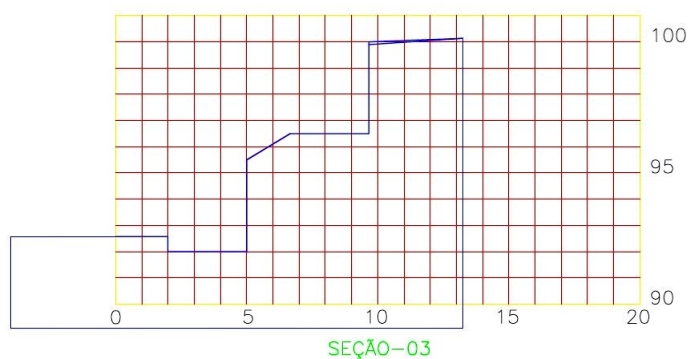


Figura 36: Perfil final da encosta

Fonte: OS AUTORES, 2016

4.3 VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE

A análise da estabilidade do talude para o cálculo do fator de segurança do mesmo foi produzida pelo método de Bishop, utilizando o software SLOPE/W (Taludes para Windows) do “pacote” de softwares da GeoStudio- 2016.

O software permite a análise de estabilidade em solos em declive para o cálculo do fator de segurança das pistas de terra e rocha, além da análise de diversas formas de desníveis de superfícies, condições de pressão da água dos poros, propriedades do solo, métodos de análise e condições de carga.

O programa determina o fator de segurança através de métodos de equilíbrio limite. O mesmo possui a opção de aplicação de diversos métodos de análise desenvolvidos baseando-se na subdivisão da porção da massa que se encontra potencialmente instável em fatias e na indicação do fator de segurança relacionando o esforço resistente na base das fatias e o esforço solicitante. A principal diferença entre os métodos utilizados pelo programa para o cálculo do fator de segurança são as hipóteses adotadas na definição dos esforços atuantes em cada fatia e na massa potencialmente instável como um todo. [8]

A hipótese adotada para o método Bishop é que a resultante das forças entre as fatias é horizontal. O método de Bishop considera a superfície de ruptura com forma circular e fornece resultados mais próximos aos métodos mais rigorosos, quando comparado com outros métodos.

O método adotado é fundamentado no estado de equilíbrio limite, ou seja, quando o talude encontra-se em condição de ruptura iminente, que determina a existência ou não de resistência no talude que suporte as tensões de cisalhamento na qual ele está submetido. O método considera o maciço deslocado dividido em fatias.

Para a determinação dos parâmetros exigidos no software foram utilizadas correlações mostradas na Tabela X a partir do resultado encontrado com a análise do peso específico, que foi de $17,2 \text{ kn/m}^3$ para encontrar o ângulo de atrito (ϕ) e a coesão (c) do solo.

Tabela 6: Valores típicos de parâmetros de resistência dos solos mais comuns

TIPO DE SOLO	γ (KN/m^3)	C (Kpa)	ϕ ($^\circ$)
AREIA	16,70	0,00	25,00
ARGILA ARENOSA	17,00	15,00	20,00
SILTE	17,25	17,00	17,25
AREIA ARGILOSA	17,50	20,00	15,00
ARGILA	18,00	30,00	10,00

Fonte: BRAJA, 2007

O solo do local analisado é argilo-arenoso, conforme mapeamento da CPRM e pela confirmação tátil-visual, portanto, a coesão adotada é de 15 Kpa e o ângulo de atrito interno de 20° .

Os resultados do modelo de análise fornecidos pelo programa utilizando Bishop, como dito anteriormente, serão apresentados na memória de cálculo do Apêndice D.1.

4.4 COMPARAÇÃO DOS MAPAS DE RISCO

O intuito da comparação entre os mapas de risco produzidos pela CPRM com o mapa produzido durante o PIC é a confirmação da área escolhida para a realização do estudo de caso apresentado ao longo do projeto, como área de risco.




O mapa de risco disponibilizado pela Defesa Civil de Caratinga apresenta as áreas de risco do Bairro Santa Cruz e Esperança, mostradas na Figura 24, que foram as mesmas regiões escolhidas para o desenvolvimento do projeto, uma vez que foi a área que apresentou maior risco de deslizamento conforme o mapa de risco desenvolvido durante o PIC.



Figura 37: Mapa de área de risco do Bairro Santa Cruz e Esperança

Fonte: DEFESA CIVIL , 2012

Legenda:

-  Delimitação do setor de risco
-  Sentido do movimento de massa
-  Sentido da drenagem

Como resultado desse mapeamento, a CPRM descreveu a área da seguinte forma: grau de risco muito alto, com ocupações na base e em encostas com declividades que variam de médias a muito altas, em solos residuais argilo-arenosos profundos. O modelo de ocupação desordenada através de cortes que formam taludes subverticalizados a verticalizados, que favorecem a ocorrência de deslizamentos. Em parte da área existe coleta de águas servidas e drenagem das águas pluviais. Foram identificados pontos de erosão e pequenos deslizamentos espalhados por toda a área. Devido à variação da declividade dos terrenos o risco vai de moderado a muito alto. A área

esta em franco processo de ocupação, com movimentação de solo intensa o que pode intensificar a ocorrência de deslizamentos.

A partir dessa descrição foi possível a comparação com os resultados apresentados nas fichas de caracterização de áreas de risco de escorregamento dos setores visitados, que apresentou como conclusão, considerando todos os setores analisados, os seguintes dados: área de risco alto e muito alto, que possuem condicionantes que facilitam a ocorrência de escorregamentos como taludes de corte e taludes de aterro, que possuem inclinações que variam de médias a muito altas. Ao longo das encostas encontra-se a presença de lixo, várias evidências de movimentação como cicatrizes de escorregamento e a presença de trincas nas moradias. Foi identificado um sistema de drenagem superficial precário, na maioria das vezes inexistente. A ocupação ocorre de forma desordenada o que conseqüentemente, causa a modificação das encostas naturais aumentando a probabilidade de deslizamentos.

A comparação entre os resultados da CPRM com os resultados obtidos ao longo do projeto comprovam que a área analisada possui uma elevada suscetibilidade à ocorrência de deslizamentos de terra, uma vez que ambas as conclusões apresentaram o local classificado como risco alto e muito alto. No entanto, a análise realizada pela CPRM considerou a área como um todo classificando-a com o grau de risco muito alto, já a análise realizada durante o projeto considerou separadamente cada setor dentro da área, classificando-os com o grau de risco alto e muito alto.

Os demais fatores apresentados no mapa da CPRM coincidiram com os fatores apresentados nas fichas de caracterização, a declividade do local varia de média a muito alta e em toda a área há sinais de ocorrência de movimentação.

5 CONCLUSÃO

O crescente e acelerado desenvolvimento urbano, e a falta de planejamento urbano vêm colaborando cada vez mais para a elevação do índice de áreas de risco de deslizamentos de terra no país. Com inúmeros locais impróprios para construção sendo ocupados, o número de acidentes associados a deslizamentos de encostas sofrem com um aumento significativo, o que traz fortes prejuízos ambientais, econômicos e principalmente sociais. Um bom gerenciamento destas situações, contando com a interferência do Poder Público pode trazer grandes benefícios e evitando que muitas catástrofes relacionadas venham a acontecer.

O mapeamento de áreas de risco pode exercer fortes influências para prevenções e mitigações de danos causados aos moradores residentes em áreas de risco de deslizamentos de terra. Para isso, é fundamental uma análise cautelosa do local, além do conhecimento de todos os riscos associados ao problema de deslizamentos, buscando reduzir e prevenir ao máximo eventuais ocorrências.

Pensando nisso, a proposta de solução baseada em medidas estruturais que venham a minimizar acidentes em locais suscetíveis a deslizamentos, é uma excelente opção. A análise da correta medida a se adotar é fundamental para que o principal objetivo seja alcançado.

A escolha pela adoção do muro gabião para resolver o problema do local analisado, se deve ao fato do mesmo ser economicamente viável, necessitar de reduzida manutenção, possuir grande durabilidade e resistência, e contar com sistema auto-drenante, sem a necessidade de implantação de quaisquer sistema de drenagem, eliminando assim, um dos principais fatores de instabilidade. Outra opção que ainda poderia ser adotada é a contenção com pneus, que também seria viável para o local por seu baixo custo, boa drenabilidade e por se enquadrar na altura da encosta. No entanto, a opção anterior foi a utilizada para fins de dimensionamento.

Em relação às outras opções de contenções mencionadas como possíveis medidas estruturais, as mesmas não apresentaram viabilidade, seja devido ao alto custo, a falta de sondagem do solo, a inacessibilidade ao local pelos equipamentos necessários para a execução, que é o caso dos muros de concreto e os de cortina atirantada. Outro fator que impossibilitou a escolha de outras contenções como o muro de pedra seca e o de solo-cimento ensacado, foi o fato dos mesmos possuírem limitação quanto à altura, que não se enquadrou a encosta analisada.

Sendo assim, o muro gabião como proposta de solução de engenharia para o setor identificado com o maior grau de risco, cumpriria o seu objetivo final de efetiva preservação de vidas mediante ações de prevenção, por meio de todas as atividades realizadas, incluindo o mapeamento de áreas de risco, ferramenta chave na concepção do projeto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. C. P. Caracterização Física e Classificação dos solos. Juiz de Fora: UFJF, 2005, 145 p. Apostila [6].
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5629: execução de tirantes ancorados no terreno. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.604: abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.838: determinação da massa específica aparente de amostras indeformadas, com emprego de balança hidrostática. Rio de Janeiro, 1988.
- BAUTISTA, L. E. C. Influência das tensões de origem térmica em problemas de estabilidade de blocos rochosos. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Rio de Janeiro: PUC – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.
- BRAJA, M. Das. Fundamentos de Engenharia Geotécnica. Tradução All Tasks. 6º edição. São Paulo: Thomsom Learning, 2007, 577 p.
- BRASIL, 2013. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012. Volume Brasil, 2 edição revisada e ampliada, Florianópolis CEPED UFSC.
- BRASIL. Lei 1.613, de 06 de agosto de 1987. Dispõe sobre aprovação do regimento do Código de Obras Municipal de Caratinga. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-caratinga-mg>> Acesso em: 23 ago. 2016.
- BRASIL. Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm#art3> Acesso em: 23 ago. 2016.
- BRASIL. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 23 ago. 2016.
- BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83> Acesso em: 23 ago. 2016.
- CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos. 6º edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988, 244 p.
- CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações: Mecânica das Rochas - Fundações - Obras

- de Terra. 6ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1987, 498 p.
- CARATINGA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Caratinga&oldid=46845131>>. Acesso em: 30 set. 2016 [3]
- CHUQUIMUNI, R. A. Análise Numérica do Alçamento de Barragens de Terra. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Civil, 2005.
- CONCEIÇÃO, D. A. Análise Paramétrica da Estabilidade de um Talude Grampeado. 2011. 90 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Civil, 2011.
- EXECUÇÃO de estruturas em gabião. JÚNIOR, Luiz. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi/39-execucao-de-estruturas-em-gabiao>> Acesso em: 25 nov. 2016 [8]
- FIDEM. Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife. Recife : Ensol, 2004, 344 p.]
- GEOSTUDIO. Disponível em: <<http://www.software.com.br/p/slope-w>> Acesso em: 21 de nov. de 2016.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do censo 2010. Disponível em :< <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 30 ago. 2016.
- JÚNIOR, J. G. S. Influência da compactação nas condições de estabilidade de muros de peso em gabião. 2013. 92 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2005. [10]
- MARANGON, M. Geotecnia de Fundações – Parâmetros dos Solos para Cálculo de Fundações. Juiz de Fora: UFJF, 2009. 16 p. Apostila.
- MARANGON, M. Mecânica dos solos II - Unidade 06 – Empuxos de Terra. Juiz de Fora: UFJF, 2009. 29 p. Apostila. [9]
- MARANGON, M. Notas de Aula, Geotecnia de Fundações - 3 – Parâmetros do Solos para Cálculo de Fundações. Juiz de Fora: UFJF, 2009. 16 p. Apostila.
- MARANGON, M. Notas de Aula, Tópicos em Geotecnia e Obras de terra - Unidade 03 – Geotecnia de Contensões. Juiz de Fora: UFJF, 2009. 15 p. Apostila.
- MARANGON, M. Notas de Aula, Tópicos em Geotecnia e Obras de terra - Unidade 04 – Estabilidade de Taludes. Juiz de Fora: UFJF, 2009. 25 p. Apostila.
- MARQUES, J. A. P. Estudo de Metodologia de avaliação de risco a escorregamento de terra em área urbana: o caso do município de Juiz de Fora – MG. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído)– Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011 [1].

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Curso de capacitação, mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília – DF: 2007, 122 p. Apostila.

NUNES, M. S. Fundamentos de mecânicas do solo. Belo Horizonte: IPUC, 1999. 119 p. Apostila [2].

ONU. População e direitos: CIPD para além de 2014. Brasília: 2013. 9 p. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/06/UN-Position-Paper-Population-Rights.pdf>> Acesso em: 15 de set. 2016.

PICCININI, I. D. Metodologia de Cálculo para Dimensionamento de Cortinas Atirantadas. 2015. 101 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – São Paulo: Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, 2015. [7]

RIFFEL, E. S. Análise e Mapeamento das Ocorrências de Movimentos de Massa na Bacia Hidrográfica do Rio Paranhana (RS). 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

SCHMITZ, C. S. Curso Técnico em Edificações: Mecânica dos Solos. Rio Grande do Sul: CEFET, 52 p. Apostila [5].

URBANIZAÇÃO DO BRASIL: Consequências e características das cidades. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/urbanizacao-do-brasil-consequencias-e-caracteristicas-das-cidades.htm>> Acesso em: 28 de ago. de 2016.

USO e ocupação do solo urbano. TAKEDA, Tatiana. Disponível em: <http://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363> Acesso em: 25 ago.2016

APÊNDICE A COLETA DE AMOSTRA



Figura 38: Procedimento de escavação da trincheira



Figura 39: Moldagem do corpo de prova dentro da trincheira



Figura 40: Aplicação da parafina sobre a talagarça



Figura 41: Retirada do corpo de prova e envolvimento do mesmo na talagarça



Figura 42: Corpo de prova na caixa de madeira pronto para o transporte

APÊNDICE B REGISTROS DA ÁREA ANALISADA

B.1 SETOR 1 - RUA IAPU





B.2 SETOR 2 - RUA MARIA CONCEIÇÃO TEIXEIRA

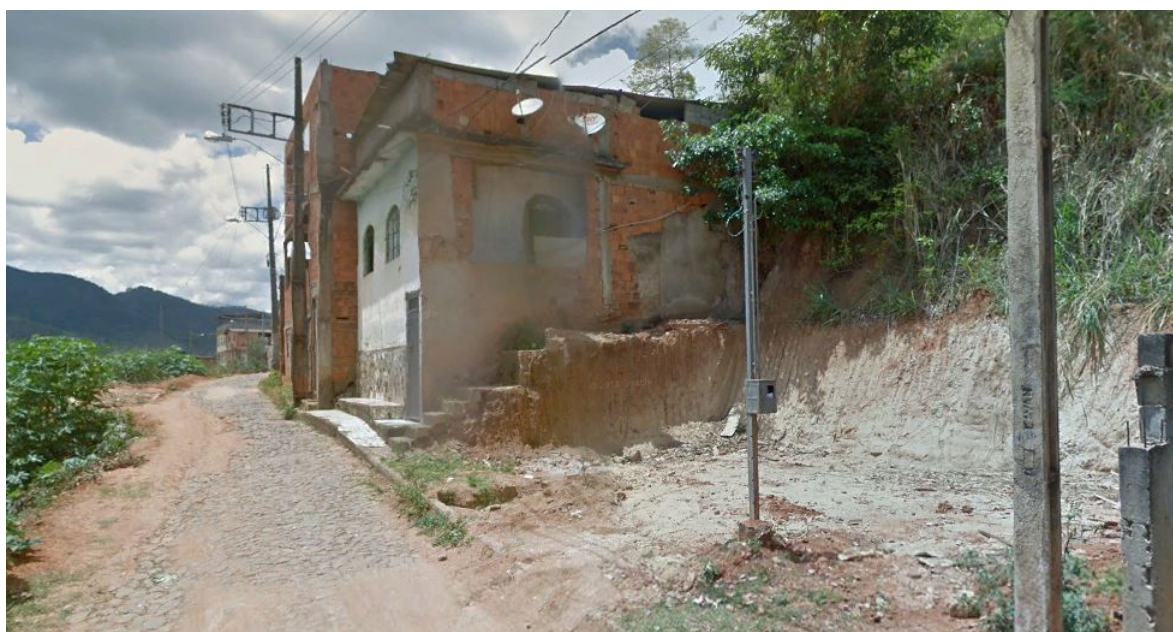


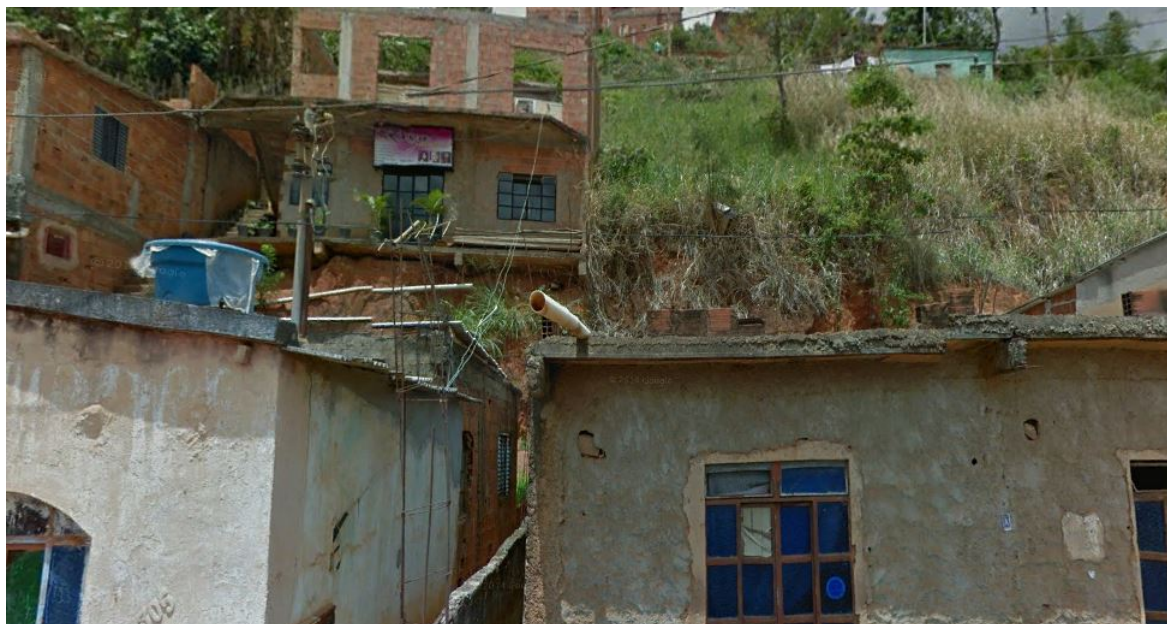




B.3 RUA DR. DIDICO ANSELMO







B.4 RUA ÂNGELO PORCARO







APÊNDICE C FICHAS DE CAMPO DOS SETORES

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

LOCALIZAÇÃO

Município: Caratinga | Localização: Rua Iapu
 Bairro: Santa Cruz
 Equipe: Jucilete Martins e Mirelly Silveira

Área: 1
 Data: 07/11/16 N° do Setor: 1
 Coord. E (m): Coord. N (m):

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

Tipos predominantes de construção: alvenaria madeira misto outras:
 Densidade de ocupação: 1 2 3 4 Condição das vias: pavimentada não pavimentada outros:

UNIDADE DE ANÁLISE

Encosta Margem de Córrego

CONDICIONANTES

Encostas Naturais
 Altura máxima: m Inclinação: 60°

Taludes de Corte

Altura máxima: 3 m Inclinação: 40° Distância da moradia ao topo do talude: 1,2m Distância da moradia à base do talude: 1,0 m
 Material predominante: solo residual saprolito rocha alterada rocha sã
 Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:

Taludes de Aterro

Altura máxima: 3 m Inclinação: 70° Distância da moradia ao topo do talude: 1,5m Distância da moradia à base do talude: 2,5 m
 Maciço Rochoso Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:
 Altura máxima: m Inclinação: ° Distância da moradia ao topo do talude m Distância da moradia à base do maciço m

Depósito de Encosta

Material Presente: lixo entulho outros: Bananeiras

Matacões

Drenagens Naturais retificado natural | retilíneo meandrante | assoreado lixo entulho
 Descrição:

EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO

trincas na moradia muros e paredes embarrigados cicatrizes de escorregamento
 trincas no terreno árvores, postes, muros inclinados solapamento de margem
 degraus de abatimento Outras Evidências: data e dimensão:

ÁGUA

concentração de água de chuva em superfície fossa
 lançamento de águas servidas em superfície surgência d'água
 vazamento de tubulação sistema de drenagem superficial: inexistente precário satisfatório

VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES

presença de árvores área desmatada
 vegetação rasteira (arbustos, capim, etc) área de cultivo

PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO

escorregamento em encosta natural escorregamento em depósito de encosta queda de blocos corrida
 escorregamento em talude de corte solapamento de margem rolamento de blocos
 escorregamento em talude de aterro erosão deslocamento rastejo

GRAU DE RISCO

Risco 4 - Muito Alto Risco 3 - Alto Risco 2 - Médio Risco 1 - Baixo ou Sem Risco
 Número de moradias na área:

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

LOCALIZAÇÃO

Município: Caratinga | Localização: Rua Maria Conceição Teixeira Área: 1
 Bairro: Santa Cruz Data: 07/11/16 N° do Setor: 2
 Equipe: Jucilete Martins e Mirelly Silveira Coord. E (m): Coord. N (m):

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

Tipos predominantes de construção: alvenaria madeira misto outras:
 Densidade de ocupação 1 2 3 4 Condição das vias- pavimentada não pavimentada outros:

UNIDADE DE ANÁLISE

Encosta Margem de Córrego

CONDICIONANTES

Encostas Naturais
 Altura máxima: m Inclinação: 60°

Taludes de Corte

Altura máxima: 3,5m Inclinação: 45° Distância da moradia ao topo do talude: 1m Distância da moradia à base do talude: 1,5 m
 Material predominante: solo residual saprolito rocha alterada rocha sã
 Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:

Taludes de Aterro

Altura máxima: 4 m Inclinação: 70° Distância da moradia ao topo do talude: 1,10 m Distância da moradia à base do talude: 4 m
 Maciço Rochoso Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:
 Altura máxima: m Inclinação: ° Distância da moradia ao topo do talude m Distância da moradia à base do maciço m

Depósito de Encosta

Material Presente: lixo entulho outros

Matacões

Drenagens Naturais retificado natural | retilíneo meandrante | assoreado lixo entulho
 Descrição:

EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO

trincas na moradia muros e paredes embarrigados cicatrizes de escorregamento
 trincas no terreno árvores, postes, muros inclinados solapamento de margem
 degraus de abatimento Outras Evidências: data e dimensão:

ÁGUA

concentração de água de chuva em superfície fossa
 lançamento de águas servidas em superfície surgência d'água
 vazamento de tubulação sistema de drenagem superficial: inexistente precário satisfatório

VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES

presença de árvores área desmatada
 vegetação rasteira (arbustos, capim, etc) área de cultivo

PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO

escorregamento em encosta natural escorregamento em depósito de encosta queda de blocos corrida
 escorregamento em talude de corte solapamento de margem rolamento de blocos
 escorregamento em talude de aterro erosão deslocamento rastejo

GRAU DE RISCO

Risco 4 - Muito Alto Risco 3 - Alto Risco 2 - Médio Risco 1 - Baixo ou Sem Risco
 Número de moradias na área:

FCICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

LOCALIZAÇÃO

Município: Caratinga Localização: Rua Doutor Didico Anselmo Área: 1
 Bairro: Santa Cruz Data: 07/11/16 N° do Setor: 3
 Equipe: Jucilete Martins e Mirelly Silveira Coord. E (m): Coord. N (m):

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

Tipos predominantes de construção: alvenaria madeira misto outras:
 Densidade de ocupação 1 2 3 4 Condição das vias- pavimentada não pavimentada outros:

UNIDADE DE ANÁLISE

Encosta Margem de Córrego

CONDICIONANTES

Encostas Naturais
 Altura máxima: m Inclinação: 70°

Taludes de Corte

Altura máxima: 3,5m Inclinação: 70° Distância da moradia ao topo do talude: 1,20m Distância da moradia à base do talude: 4 m
 Material predominante: solo residual saprolito rocha alterada rocha sã
 Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:

Taludes de Aterro

Altura máxima: 4 m Inclinação: 85° Distância da moradia ao topo do talude: 0 m Distância da moradia à base do talude: 1,5 m
 Maciço Rochoso Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:
 Altura máxima: m Inclinação: ° Distância da moradia ao topo do talude m Distância da moradia à base do maciço m

Depósito de Encosta

Material Presente: lixo entulho outros: Bananeiras

Matacões

Drenagens Naturais retificado natural | retilíneo meandrante | assoreado lixo entulho
 Descrição:

EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO

trincas na moradia muros e paredes embarrigados cicatrizes de escorregamento
 trincas no terreno árvores, postes, muros inclinados solapamento de margem
 degraus de abatimento Outras Evidências: data e dimensão:

ÁGUA

concentração de água de chuva em superfície fossa
 lançamento de águas servidas em superfície surgência d'água
 vazamento de tubulação sistema de drenagem superficial: inexistente precário satisfatório

VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES

presença de árvores área desmatada
 vegetação rasteira (arbustos, capim, etc) área de cultivo

PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO

escorregamento em encosta natural escorregamento em depósito de encosta queda de blocos corrida
 escorregamento em talude de corte solapamento de margem rolamento de blocos
 escorregamento em talude de aterro erosão deslocamento rastejo

GRAU DE RISCO

Risco 4 - Muito Alto Risco 3 - Alto Risco 2 - Médio Risco 1 - Baixo ou Sem Risco
 Número de moradias na área:

FCICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

LOCALIZAÇÃO

Município: Caratinga | Localização: Rua Ângelo Porcaro Área: 1
 Bairro: Santa Cruz Data: 07/11/16 N° do Setor: 4
 Equipe: Jucilete Martins e Mirelly Silveira Coord. E (m): Coord. N (m):

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

Tipos predominantes de construção: alvenaria madeira misto outras:
 Densidade de ocupação: 1 2 3 4 Condição das vias: pavimentada não pavimentada outros: As vias são pavimentadas somente até um certo ponto.

UNIDADE DE ANÁLISE

Encosta Margem de Córrego

CONDICIONANTES

Encostas Naturais
 Altura máxima: m Inclinação: 85°

Taludes de Corte

Altura máxima: 4 m Inclinação: 65° Distância da moradia ao topo do talude: 1,2m Distância da moradia à base do talude: 0,8 m
 Material predominante: solo residual saprolito rocha alterada rocha sã
 Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:

Taludes de Aterro

Altura máxima: 3 m Inclinação: 45° Distância da moradia ao topo do talude: 1,2m Distância da moradia à base do talude: 4 m
 Maciço Rochoso Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros:
 Altura máxima: m Inclinação: ° Distância da moradia ao topo do talude m Distância da moradia à base do maciço m

Depósito de Encosta

Material Presente: lixo entulho outros: Bananeiras

Matacões

Drenagens Naturais retificado natural | retilíneo meandrante | assoreado lixo entulho
 Descrição:

EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO

trincas na moradia muros e paredes embarrigados cicatrizes de escorregamento
 trincas no terreno árvores, postes, muros inclinados solapamento de margem
 degraus de abatimento Outras Evidências: data e dimensão:

ÁGUA

concentração de água de chuva em superfície fossa
 lançamento de águas servidas em superfície surgência d'água
 vazamento de tubulação sistema de drenagem superficial: inexistente precário satisfatório

VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES

presença de árvores área desmatada
 vegetação rasteira (arbustos, capim, etc) área de cultivo

PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO

escorregamento em encosta natural escorregamento em depósito de encosta queda de blocos corrida
 escorregamento em talude de corte solapamento de margem rolamento de blocos
 escorregamento em talude de aterro, erosão deslocamento rastejo

GRAU DE RISCO

Risco 4 - Muito Alto Risco 3 – Alto Risco 2 – Médio Risco 1 – Baixo ou Sem Risco
 Número de moradias na área:

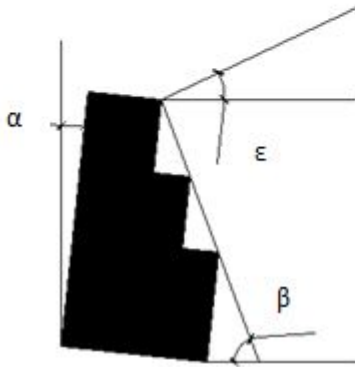
APÊNDICE D MEMÓRIAS DE CÁLCULOS

D.1 MURO GABIÃO

MEMÓRIA DE CÁLCULO – MURO DE GABIÃO CAIXA

BAIRRO SANTA CRUZ – CARATINGA MG

END.: RUA ÂNGELO PORCARO, CARATINGA - MG



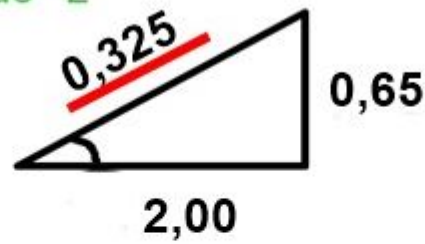
1 - CÁLCULO DO EMPUXO ATIVO

$$\beta = 6^\circ + \arctg (h / (B - a))$$

$$\beta = 6^\circ + \arctg (3,5 / (3 - 1)) = 66,25^\circ$$

A partir da seção 2, levando-se em conta o terrapleno inclinado acima do muro temos que:

Seção 2



$$\varepsilon = \text{arctg} ((H - h) / L)$$

$$\varepsilon = \text{arctg}((0,65 / 2,00) = 18^\circ \text{ (seção 2)}$$

$$k\alpha = \frac{\text{sen}^2(\beta + \vartheta)}{\text{sen}^2\beta \text{sen}(\beta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\vartheta + \delta) \text{sen}(\beta - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \text{sen}(\beta + \varepsilon)}} \right]^2}$$

com:

$$\delta = 0,9^\circ \text{ (considerando existência de filtro geo-têxtil)}$$

$$\alpha = 6^\circ$$

$$\beta = 66,25^\circ$$

$$\varepsilon = 18^\circ$$

$$\vartheta = 20^\circ$$

$$\gamma_s = 17,2 \text{ KN/m}^3$$

$$H = 3,5 \text{ m}$$

temos:



$$K_a = 1,047$$

$$E_a = 0,5 K_a Y_s H^2 = 0,5 \times 1,047 \times 17,2 \times 3,5^2 = 110,30 \text{ KN/m}$$

Ponto de aplicação (d):

$$d = (H / 3) - B \operatorname{sen} \alpha = (3,5 / 3) - 3 \times \operatorname{sen} 6^\circ = 0,85 \text{ m}$$

2 - CÁLCULO DO EMPUXO PASSIVO

$$K_p = 1 / K_a$$

$$K_p = 1 / 1,047 = 0,955$$

$$E_p = 0,5 K_p Y_s H^2 = 0,5 \times 0,955 \times 17,2 \times 0,5^2 = 2,05 \text{ KN/m}$$

$$d_p = 0,5 / 3 = 0,17 \text{ m}$$

3 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO TOMBAMENTO

$$E_v = E_a \operatorname{sen}(90^\circ + \delta - \beta) = 110,30 \times \operatorname{sen}(90^\circ + 0,9^\circ - 66,25^\circ) = 46,00 \text{ KN/m}$$

$$E_h = E_a \operatorname{cos}(90^\circ + \delta - \beta) = 110,30 \times \operatorname{cos}(90^\circ + 0,9^\circ - 66,25^\circ) = 100,25 \text{ KN/m}$$

$$W_{\text{gabião}} = S \times 0,7 \times Y_{\text{gabião}}$$

Peso específico da rocha de enchimento dos gabiões: 24,3 KN/m³

$$W_{\text{gabião}} = (3 \times 1,5 + 2,5 \times 1 + 2 \times 1) \times 0,7 \times 24,3 = 153,09 \text{ KN/m}$$

$$M_{\text{atuate}} = E_h \times d = 100,25 \times 0,85 = 85,21 \text{ KN} \cdot \text{m/m}$$



$$X_{CG, \text{gabião}} = (3 \times 1,5 \times 1,5 + 2,5 \times 1 \times 1,25 + 2 \times 1 \times 1) / 9 = 1,32 \text{ m}$$

$$Y_{CG, \text{gabião}} = (3 \times 1,5 \times 0,75 + 2,5 \times 1 \times 2,00 + 2 \times 1 \times 3,00) / 9 = 1,60 \text{ m}$$

$$S' = X_g \cos \alpha + Y_g \sin \alpha = 1,32 \cos 6^\circ + 1,60 \sin 6^\circ = 1,48$$

$$S = B \cos \alpha - H / 3 \operatorname{tg} \beta = 3 \cos 6^\circ - 3,5 / (3 \operatorname{tg} 66,25^\circ) = 2,47$$

$$M_{\text{res}} = W_{\text{gabião}} \times S' + E_v \times S + E_p \times d_p = 153,09 \times 1,48 + 46,00 \times 2,47 + 2,05 \times 0,17$$

$$M_{\text{res}} = 340,54 \text{ KN.m/m}$$

$$FS_{\text{tombo}} = M_{\text{res}} / M_{\text{atruante}} = 340,54 / 85,21 = 4,00 > 2,00 \text{ (verificação atendida)}$$

4 - VERIFICAÇÃO QUANTO AO DESLIZAMENTO

$$FS_{\text{DES}} = \{ [(W_{\text{gabião}} + E_v) \cos \alpha + E_h \sin \alpha] \tan \theta + (W_{\text{gabião}} + E_v) \sin \alpha \} / E_h \cos \alpha$$

$$FS_{\text{DES}} = \{ [(153,09 + 46,00) \cos 6^\circ + 100,25 \sin 6^\circ] \tan 20^\circ + (153,09 + 46,00) \sin 6^\circ \} / 100,25 \cos 6^\circ$$

$$FS_{\text{DES}} = 0,96 < 1,5 \text{ (verificação não atendida)}$$

Solução para evitar o deslizamento: A base do muro deverá ficar embutida, pelo menos 50 centímetros no solo natural.

5 - VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES NO SOLO

$$e = 0,5 B - (M_{\text{res}} - M_{\text{atruante}}) / N$$

$$N = (W_{\text{gabião}} + E_v) \cos \alpha + E_h \sin \alpha = (153,09 + 46,00) \cos 6^\circ + 100,25 \sin 6^\circ = 208,48 \text{ KN}$$

$e = 0,5 \times 3 - (340,54 - 85,21) / 208,48 = 0,28 \text{ m} < 3/6 = 0,50 \text{ m}$ (ponto de ação dentro do núcleo central de inércia)

NSPT = 7,5

$\sigma_{adm} = 0,02 \times 7,5 = 0,15 \text{ MPa} = 150 \text{ KN/m}^2$

$\sigma_1 = N / B (1 + 6e / B) = (208,48 / 3) \times (1 + 6 \times 0,28 / 3) = 108 \text{ KN/m}^2 < \sigma_{adm} = 150 \text{ KN/m}^2$
(OK!)

$\sigma_2 = N / B (1 - 6e / B) = (208,48/3) \times (1 - 6 \times 0,28 / 3) = 31 \text{ KN/m}^2 < \sigma_{adm} = 150 \text{ KN/m}^2$ (OK!)

6 - VERIFICAÇÃO QUANTO À SEGURANÇA À RUPTURA GLOBAL

6.1 - Parâmetros da camada de solo

6.1.1 – Solo argilo - arenoso

$N_{spt,m} = 7,5$

$\emptyset = 20^\circ$

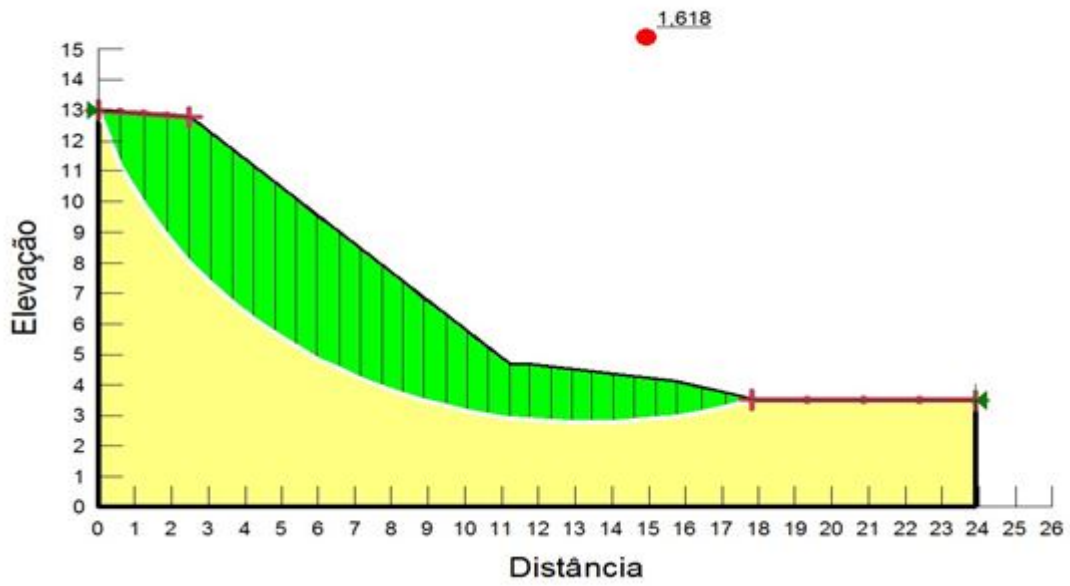
$\gamma_s = 17,2 \text{ KN/m}^3$

$C = 15 \text{ KPa}$

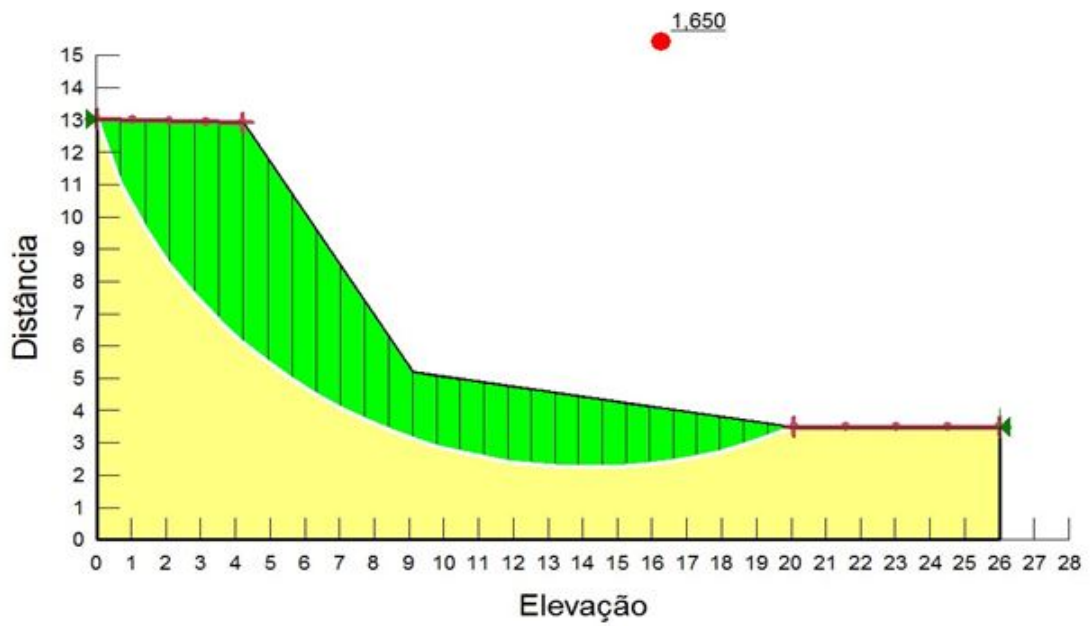
6.2 - Verificação da estabilidade do talude na situação atual

Com os dados da camada 01, utilizando o software GeoStudio 2016, versão 8.15, para o método simplificado de Bishop, obtivemos os fatores de segurança conforme o gráfico abaixo:

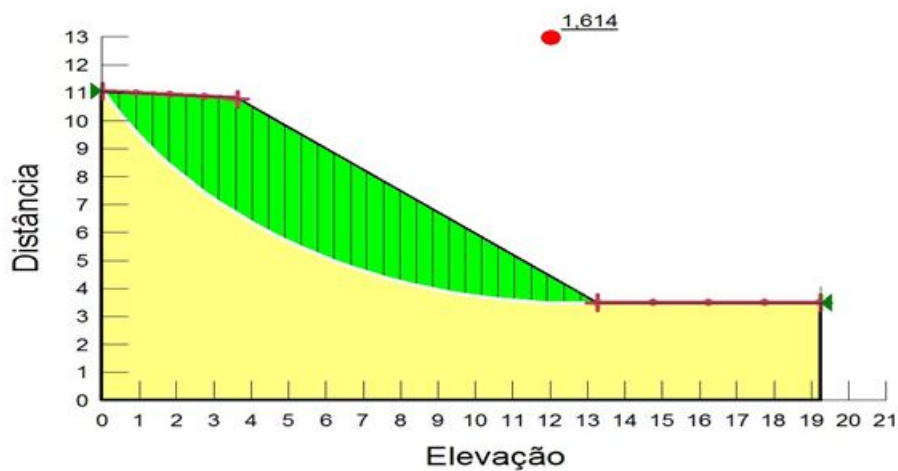
SEÇÃO 1 – ANTES



SEÇÃO 2 – ANTES



SEÇÃO 3 – ANTES

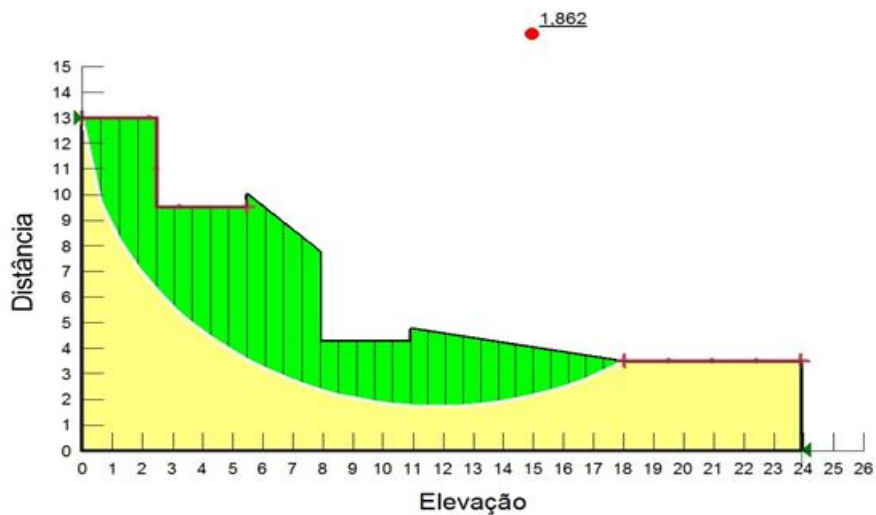


Após a observação das imagens acima, é possível identificar o fator de segurança de cada seção da encosta natural, antes do recebimento da projeção do muro gabião.

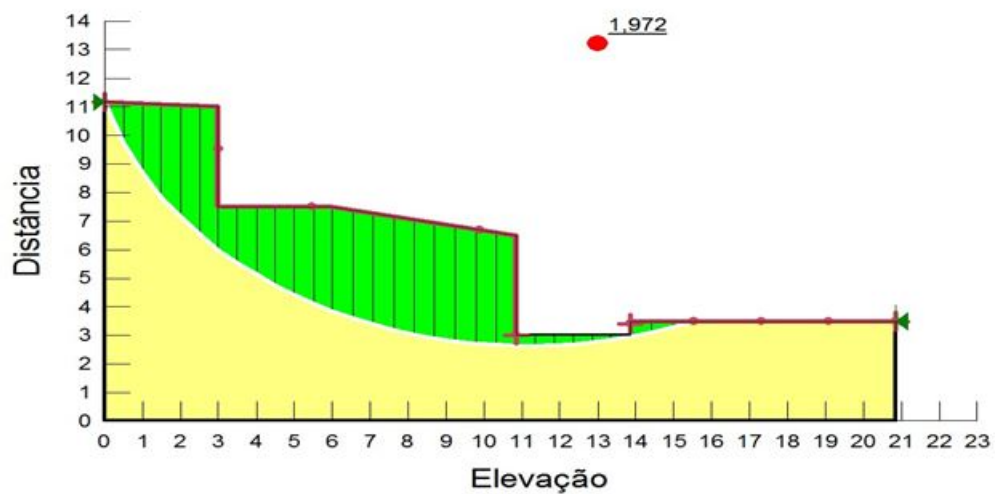
6.3 – Verificação da estabilidade do talude do perfil final

Conforme se pode observar nas imagens abaixo, após a projeção do corte na encosta, o fator de segurança aumentou, o que gerou consequentemente o aumento da estabilidade do talude.

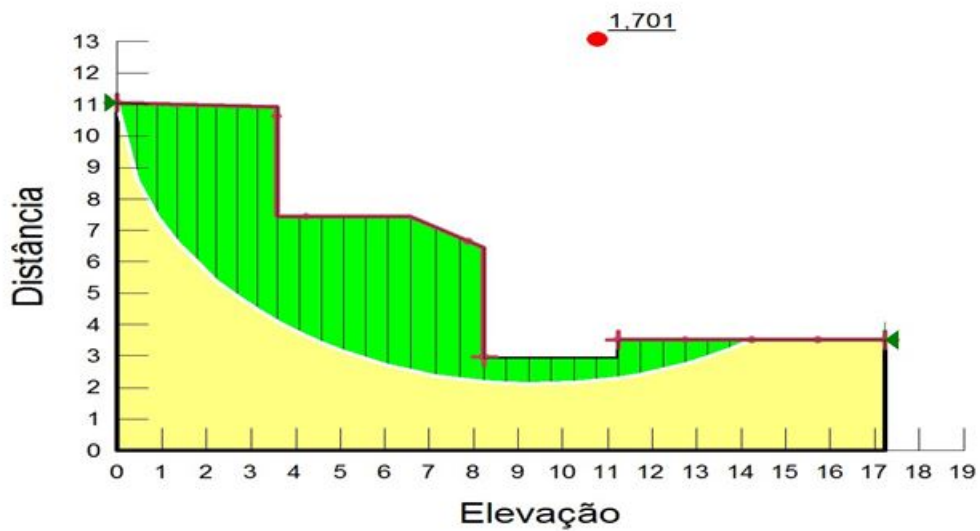
SEÇÃO 1 - DEPOIS



SEÇÃO 2 – DEPOIS



SEÇÃO 3 – DEPOIS



D.2 PESO ESPECÍFICO DO SOLO

MEMÓRIA DE CÁLCULO – PESO ESPECÍFICO DO SOLO

Dados:

$$M1 = 2139,67 \text{ g}$$

$$M2 = 2142,78 \text{ g}$$

$$V_a = 1342 \text{ cm}^3$$

$$V_p = \frac{M_p}{\rho_p} \rightarrow V_p = \frac{2142,78 - 2139,67}{881} \rightarrow V_p = \frac{3,11}{881} \rightarrow V_p = 0,00353 \text{ cm}^3$$

$$V = V_a - V_p$$

$$V = 1342 - 0,00353$$

$$V = 1341,99 \text{ cm}^3$$

$$\gamma_h = \frac{M_s}{V_s} \rightarrow \gamma_h = \frac{2139,67}{1341,99} \rightarrow \gamma_h = 1,59 \text{ g/cm}^3 = 1590 \text{ Kg/cm}^3 = 15,90 \text{ KN/m}^3$$

Corrigindo para umidade:

Dados:

$$M1 = 51,86 \text{ g}$$

$$M2 = 49,58 \text{ g}$$

$$M3 = 21,86 \text{ g}$$

$$H = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} * 100 \rightarrow H = \frac{51,86 - 49,58}{49,58 - 21,86} * 100 \rightarrow H = 8,23\%$$

Correção:

$$\gamma_h = 15,90 \text{ KN/m}^3 * 1,08 = 17,2 \text{ KN/m}^3$$