

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA
GRÉCIA DA SILVA XAVIER**

**LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA NO
MUNICÍPIO DE CHALÉ/MG E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PREVENTIVAS E
CORRETIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO**

**CARATINGA
2019**

**GRÉCIA DA SILVA XAVIER
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA NO
MUNICÍPIO DE CHALÉ/MG E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PREVENTIVAS E
CORRETIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil das Faculdades Doctum de
Caratinga, como requisito parcial para
a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Civil.**

**Área de concentração: Movimentos de
Massa**

**Orientadora Profa. MSc. Vitória Irma
Gonçalves de Faria Freitas.**

CARATINGA

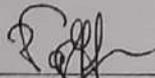
2019

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE CHALÉ/MG E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PREVENTIVAS E CORRETIVAS DAS ÁREAS DE ESTUDO, elaborado pelo(s) aluno(s) GRÉCIA DA SILVA XAVIER foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

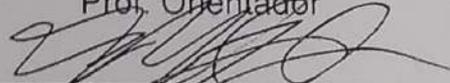
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 05/12/2019



VITÓRIA IRMA GONÇALVES LOPES DE F. FREITAS

Prof. Orientador



JOÃO MOREIRA DE OLIVEIRA JÚNIOR

Prof. Avaliador 1



LEANDRO ALVES DE SOUZA

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que foi toda a força por trás dessa longa e exaustiva caminhada. Sem a sua proteção, não seria possível chegar até aqui.

À minha família que esteve sempre presente, saiba que a saudade de cada dia se tornou incentivo para alcançar esse objetivo. Vocês foram peças importantes para que eu continuasse firme na busca desse sonho.

Aos meus colegas de faculdades que foram minha companhia diária, cada um terá um espaço guardado em minhas memórias. Não poderia me esquecer dos meus amigos “fantásticos” que estiveram comigo nessa caminhada bem antes do início, onde ainda não sabia que futuro traçar. A todos aqueles que me ajudaram, saibam que existe um pedacinho de vocês em cada linha dessa história.

À minha orientadora Vitória pela ajuda, paciência e zelo comigo durante esse tempo que trabalhamos juntas. Se hoje existe a conclusão desse projeto foi porque o início partiu dela. Foi a sua sabedoria que me guiou através das linhas aqui escritas. Serei eternamente grata.

Por fim, aqueles que deixarei para seguir em frente, levarei cada carinho, atenção e companheirismo durante todos os anos que estiveram comigo.

Muito obrigada!

“E você aprende que realmente pode suportar que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o bem que poderíamos conquistar se não fosse o medo de tentar”.

(William Shakespeare)

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

FECOMÉRCIO – Federação do Comércio.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

ONU – Organização das Nações Unidas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área afetada por rastejo.....	19
Figura 2 – Área afetada por escorregamento rotacional	20
Figura 3 – Área afetada por escorregamento translacional.....	21
Figura 4 – Área afetada por escorregamento em cunha	22
Figura 5 – Vítimas por escorregamentos no Brasil.....	23
Figura 6 – Área afetada por queda de blocos	24
Figura 7 – Área afetada por corridas.....	25
Figura 8 – Movimentos de massa em encosta com construções irregulares	28
Figura 9 – Acidente na região serrana do Rio de Janeiro	29
Figura 10 – Vista da cidade via satélite.....	34
Figura 11 – Conjunto de peneiras para ensaio granulométrico.....	37
Figura 12 – Muro de pedra com argamassa.....	48
Figura 13 – Muro de gabião	48
Figura 14 – Cortina atirantada.....	49
Figura 15 – Muro de concreto	50
Figura 16 – Muro solo-cimento.....	50
Figura 17 – Muro de contenção de pneus.....	51
Figura 18 – Amostra em estufa	84
Figura 19 – Pesagem de amostras.	84
Figura 20 – Aparelho de Casagrande	84
Figura 21 – Ranhura na amostra para determinação de liquidez.....	85
Figura 22 – Determinação de plasticidade	85
Figura 23 – Amostras para secagem	85
Figura 24 – Amostras para secagem	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva granulométrica do setor 1.....	58
Gráfico 2 – Limite de liquidez.....	74
Gráfico 3 – Curva granulométrica do setor 1.....	76
Gráfico 4 – Curva granulométrica do setor 2.....	77
Gráfico 5 – Curva granulométrica do setor 3.....	78
Gráfico 6 – Curva granulométrica do setor 4.....	79
Gráfico 7 – Curva granulométrica do setor 5.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porcentagem de finos no solo	57
Tabela 2 – Coeficientes dos solos de cada setor	59
Tabela 3 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 1.....	60
Tabela 4 – Símbolos de grupos.....	61
Tabela 5 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 1.....	71
Tabela 6 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 2.....	72
Tabela 7 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 3.....	72
Tabela 8 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 4.....	73
Tabela 9 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 5.....	73
Tabela 10 – Ensaio limite de liquidez	74
Tabela 11 – Ensaio limite de plasticidade	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Setorização das áreas quanto ao risco.....	51
Quadro 2 – Classificação quanto ao risco.....	52
Quadro 3 – Classificação de vulnerabilidade e periculosidade.....	54
Quadro 4 – Descrição dos setores de risco.....	54
Quadro 5 – Nomenclatura universal.....	57

RESUMO

A movimentação de massa, a exemplo do deslizamento de terra, é um problema encontrado em várias cidades. Em Chalé/MG, cidade escolhida para a realização do estudo, a situação não é diferente. Devido a sua região marcada por formas de relevo acidentado, há grande susceptibilidade a movimentos de massa, em razão de fatores naturais e humanos, muitas das vezes de natureza irreparável, levando, inclusive, a desastres de proporções catastróficas. Pesquisa-se, aqui, sobre as áreas de risco de movimentos de massa no município de Chalé/MG, a fim de propor soluções preventivas e corretivas das áreas de estudo. Para isso, faz-se necessário identificar as áreas de risco de movimentos de massa, bem como um estudo das superfícies levantadas, observando os fatores de interferências naturais e/ou antrópicas dos locais. Realiza-se, então, uma pesquisa de campo para a identificação e reconhecimentos das áreas de risco, a fim de coletar dados para a realização do trabalho.

Palavras-chave: Movimentos de massa; áreas de risco; interferências naturais; Interferências antrópicas.

ABSTRACT

Mass movement, such as landslides, is a problem encountered in many cities. In Chalé/MG, city chosen for the study, the situation is no different. Due to its region marked by rugged relief forms, there is great susceptibility to mass movements, due to natural and human factors, often of irreparable nature, even leading to disasters of catastrophic proportions. Research is here about the areas of risk of mass movement in the municipality of Chalé/MG, in order to propose preventive and corrective solutions of the study areas. For this, it is necessary to identify the areas of risk of mass movement, as well as a study of the raised surfaces, observing the factors of natural and / or anthropic interference of the places. Then, a field research is carried out to identify and recognize risk areas in order to collect data for the work.

Keywords: Mass movements; risk areas; natural interference; anthropic interference.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificativa	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Movimentos de massa	17
2.1.1 Tipos de movimentos de massa	18
2.2 Uso e ocupação do solo	25
2.3 Áreas de risco	30
2.4 Urbanização	31
2.5 A cidade	33
3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA	35
3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins	35
3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios	36
3.2.1 Coleta de dados	37
3.2.1.1 <i>Ensaio granulométrico</i>	37
3.2.1.2 <i>Ensaio de limites de Atterberg</i>	39
3.2.1.2.1 <u>Limite de Plasticidade</u>	39
3.2.1.2.2 <u>Limite de Liquidez</u>	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 Medidas estruturais	45
4.1.1 Drenagem.....	45
4.1.2 Reurbanização de áreas	46
4.1.3 Moradias.....	46
4.1.4 Proteção de superfície.....	47
4.1.4.1 <i>Tipos de contenção</i>	47
4.2 Setores de riscos	51
4.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS SETORES DE RISCOS E FATORES DE INTERFERÊNCIA	51
4.2.2 Soluções preventivas e corretivas	55
4.2.3 Análise das características do solo	56
REFERÊNCIAS	63

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO	71
APÊNDICE B – FOTOS DOS ENSAIOS	84
APÊNDICE C – FOTOS DOS SETORES DE RISCO	87
ANEXO	97

1 INTRODUÇÃO

Desde o êxodo rural, onde a população rural começou a deixar a comodidade do campo para buscar melhorias na qualidade de vida nos centros urbanos, o crescimento desordenado tornou-se cada vez mais notório. Esse crescimento sem controle das cidades vem causando desastres ambientais cada vez mais difíceis de serem controlados. Populações de baixa renda buscam locais que mais se adaptam a sua realidade de vida, habitando de forma irregulares locais precários, colocando em risco saúde e vida física.

A realidade de muitas cidades é se deparar constantemente com periferias que não tem atenção devida de poderes públicos. Existe a falta de investimento em um saneamento básico de qualidade, de infraestrutura, de planejamento social, fatores capazes de oferecer uma moradia digna para as famílias desses locais.

Além disso, a falta de conhecimento sobre o comportamento do solo, encostas, regiões montanhosas que são alvos de habitação, faz com que sejam ocupados sem que existam medidas que previnam esse tipo de situação. Sabe-se que para que existam tais medidas é necessário um estudo profundo e demorado, considerando as variáveis existentes, seja avaliando a estrutura do solo ou no investimento capitalista que a cidade é capaz de fornecer para que haja conforto e segurança habitacional.

Os desafios encontrados são incontáveis e precisam ser envolvidos nas questões de gestão pública. Porém tal projeto gera custos significativos e nem sempre são priorizados como deveriam. Apesar de existir recursos capazes de atrasar e reduzir os riscos, eles não são suficientes. Essas medidas adotadas funcionam por tempo limitado. Reconhecer a importância do gerenciamento urbano e respeitá-lo produzirá uma forma mais eficaz de políticas públicas.

Nada trabalhado de forma individual têm retorno satisfatório. A junção dos exercícios de monitoramento e prevenção da defesa civil não deve ser tratado como algo privativo. Apenas esses planos de prevenção não são suficientes, é necessário unir os estudos com medidas estruturais para que resulte em um gerenciamento de risco mais sólido.

Adotando-se medidas estruturais exatas, diminui-se os problemas enfrentados na urbanização, melhorando de maneira correta a qualidade de vida. Levando em conta esse contexto, o projeto visa propor medidas corretivas para as

áreas de risco da cidade de Chalé,/MG, que tem características montanhosas e que por consequência a existência de áreas de ocupação de risco.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Realizar levantamento das áreas de risco de movimentos de massa no município de Chalé/MG e propor soluções preventivas e corretivas das áreas de estudo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as áreas de risco de movimentos de massa;
- Fazer um estudo das superfícies levantadas, observando os fatores de interferências naturais e/ou antrópicas do local;
- Propor soluções preventivas e corretivas das áreas.

1.3 Justificativa

Nossa região, marcada pela predominância de formas de relevo acidentado, possui grande susceptibilidade de movimentos de massa, em razão de fatores naturais, como chuvas de verão intensas e prolongadas. Somando-se a isso, possui alta vulnerabilidade, devido às ações humanas que, a exemplo dos desmatamentos das vegetações das encostas, têm contribuído para a ocorrência de eventos como deslizamentos, os quais acabam por transformar áreas habitadas em zonas de risco, causando danos, muitas das vezes, de natureza irreparável, levando, inclusive, a desastres de proporções catastróficas.

Nesse cenário, fica explícita a necessidade de aprofundar os estudos da interferência das ações naturais e humanas, buscando trabalhar a prevenção e não a correção.

Como ganho social, sabendo-se que os movimentos de massa são de uma preocupação crescente, por gerarem prejuízos de ordem ambiental e econômica que afetam diretamente a sociedade, há necessidade de realização de uma pesquisa

aprofundada acerca das áreas de risco. Estudar as adoções de medidas, no âmbito da engenharia, que evitem ou pelo menos atenuem a sua ocorrência, já que se encontra cada vez mais recorrente, faz com que este estudo se torne de extremo interesse e benefício para a sociedade.

Sem falar no enriquecimento acadêmico do assunto em comento, por contribuir para a aquisição de conhecimentos à formação profissional, enquanto bacharel em engenharia, bem como por servir de base para trabalhos futuros

Para ganho pessoal, inserir esse conhecimento técnico na vida profissional do engenheiro, preparando-o para situações diversas presente acerca do tema, o que auxilia na busca de meios que melhorem a qualidade de habitação e bem estar social no qual está inserido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Movimentos de massa

Frequentemente os meios de comunicação noticiam acontecimentos ligados aos movimentos de massa, que nada mais são do que os movimentos de descida de massa rochosa e terrosa encosta abaixo, influenciados pelo efeito da gravidade, e geralmente potencializados por fatores naturais e humanos, a exemplo do uso e ocupação do solo desordenados, que adicionam carga extra à superfície, muitas das vezes já propensa à instabilidade como alta pluviosidade. Segundo Guerra e Marçal (2006, 75-76p), os movimentos de massa caracterizam-se “[...] como o transporte coletivo de material rochoso e/ou de solo, onde a ação da gravidade tem papel preponderante, podendo ser potencializado, ou não, pela ação da água”.

Como se sabe, por encosta compreende-se qualquer superfície inclinada que limita um maciço de terra, de rocha ou de terra e de rocha, natural ou artificial (CAPUTO, 2015, 428p), e toda encosta, mesmo que de declividade muito baixa, está sujeita a sofrer efeito gravitacional. É por isso que ocorrem os movimentos de massa: os processos de desagregação e de decomposição contínuos das rochas e dos solos fazem com que a encosta se torne progressivamente frágil até o ponto em que o esforço cisalhante supera a resistência dos materiais, que não mais suporta e se move para baixo (CAMPANHA e NEGRÃO, 2018).

Como bem ensina Das Braja (2007, 430p), “[...] se a superfície do solo não for horizontal, uma componente da gravidade tenderá a mover o solo para baixo [...]”. E ainda completa, “[...] se a componente da gravidade for grande o suficiente, pode ocorrer ruptura do talude [...]. A força motriz supera a resistência ao cisalhamento do solo ao longo da superfície de ruptura [...]”.

Assim, os movimentos de massa podem se dar de forma extremamente lenta, quase imperceptível no decorrer dos anos, ou devastadoramente rápida, transferindo para posições mais baixas grandes volumes de rochas e porções de terra, dependendo do seu pendore e da sua estabilidade. São eles causados por uma redução da resistência interna que se opõe ao deslocamento deslizante e/ou por um acréscimo das solicitações externas aplicadas ao maciço (MARANGON, 2009, 08p).

É o que, em termos técnicos, diz Spink (2014), pelo qual há dois fatores a serem considerados na análise dos movimentos de massa, que são a

susceptibilidade (por exemplo, maior ou menor propensão de instabilidade do solo, decorrente de aspectos como geológicos ou geomórficos, somada a valores altos de precipitação pluviométrica), bem como a vulnerabilidade (predisposição como de pessoas e/ou construções a serem afetadas por ocasião de acidentes desse tipo), obviamente associada ao uso e a ocupação do solo desordenados.

A susceptibilidade, nas palavras de Silva (2017, 41p), nada mais é do que a “[...] probabilidade de ocorrência de processos naturais ou induzidos de movimentos de massa [...]”. E ainda, “[...] a suscetibilidade, muito associada aos mapeamentos geotécnicos, indicará quais são os tipos de movimentos de massa que irão ocorrer e a probabilidade de ocorrerem [...]”.

Já a vulnerabilidade, por sua vez, são as características e as circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bens, que os fazem passíveis de perdas e danos devido a uma ameaça, assumindo dimensões física, natural, social, econômica, ideológica, política, técnica, educacional, cultural e/ou ecológica. Estar vulnerável é estar exposto a uma ameaça, apresentando uma fragilidade perante, chegando ao extremo de não ter meios de enfrentar o momento de crise (VEYRET, 2007, 320p).

E ponha susceptibilidade e vulnerabilidade nisso, já que os movimentos de massa têm aumentado significativamente nos últimos anos. No Brasil, por exemplo, podem ser citados os sucessivos desastres ocorridos nos Estados de Santa Catarina, no ano de 2008, e Paraná, no ano de 2009, bem como no Município de Angra dos Reis/RJ, em 2010, nos quais foram contabilizadas centenas de mortes e vultuosos danos e prejuízos materiais. Sem falar no acidente ocorrido na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, em 2011, considerado o maior deslizamento já havido no país (CAPUTO, 2015, 429p).

2.1.1 Tipos de movimentos de massa

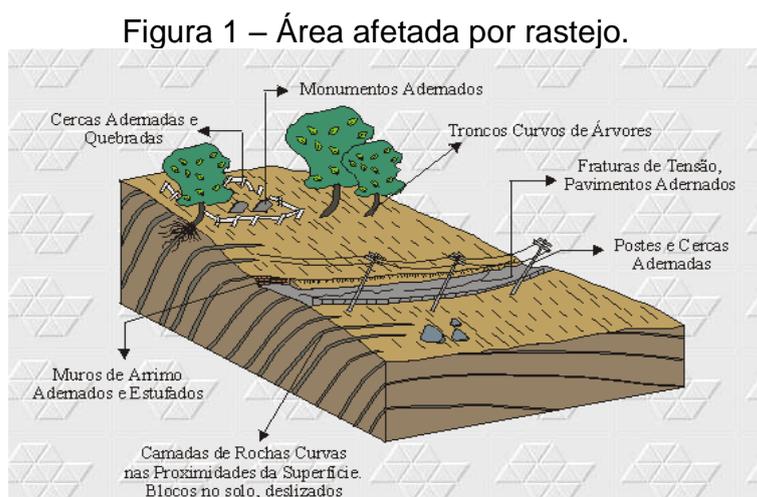
Apesar de os movimentos de massa nem sempre se apresentarem bem caracterizados e definidos na literatura, eles podem ser classificados em quatro grandes grupos, a saber: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas. Os escorregamentos se subdividem ainda em rotacionais, translacionais e em cunha (ARAÚJO, 2017, 38p).

Por rastejos, segundo Amaral, Santoro e Tominaga (2009, 34p), entende-se como os “[...] movimentos lentos e contínuos de material de encostas com limites

indefinidos. Envolvem, muitas vezes, grandes volumes de solo, sem que apresente uma diferenciação visível entre o material em movimento e o estacionário”. Nesse sentido também ensina Caputo (2015, 432p):

É o deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas, com ou sem limite definido entre a massa de terreno que se desloca e a que permanece estacionária. A velocidade de rastejo é, geralmente, muito pequena [...].

Os rastejos se destacam, principalmente, por serem de baixíssima velocidade, com deslocamentos constantes e geometria indeterminada. Esses deslocamentos se dão pela força da gravidade que, associada às variações de temperatura e umidade, provocam os movimentos, vertente abaixo (AMARAL, SANTORO e TOMINAGA, 2009, 34p) (figura 1).



Fonte: Reis, 2001, 06p.

Como se vê, da ilustração acima, os rastejos podem ser identificados a partir de indícios como curvatura dos troncos das árvores, cercas e postes inclinados e quebrados, muros estufados, além de fendas na superfície.

Já os escorregamentos, popularmente chamados de desbarrancamentos e desmoronamentos, termos os quais equivalem ao landslide da língua inglesa, são os movimentos de massa mais frequentes na região sudeste do país e principalmente na Serra do Mar, cadeia montanhosa que se estende ao longo do litoral leste e sul do país (AMARAL, SANTORO e TOMINAGA, 2009, 28p).

Nas palavras de Caputo (2015, 432p), escorregamento “[...] é o deslocamento rápido de uma massa de solo ou de rocha que, rompendo-se do maciço, desliza

para baixo e para o lado de uma superfície de deslizamento”. E mais:

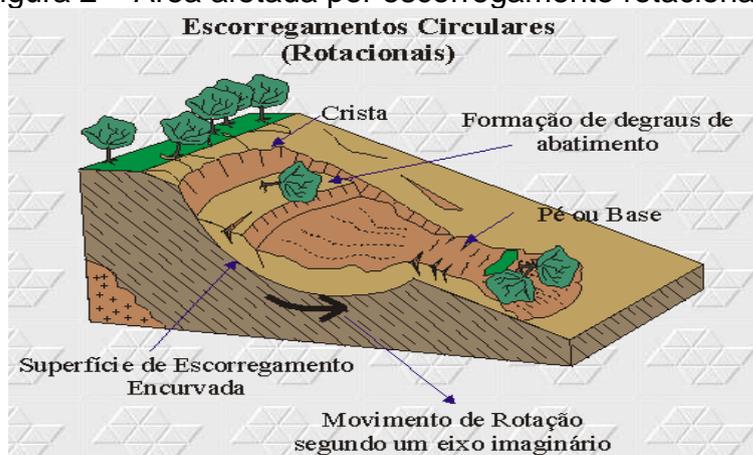
Conforme o movimento seja acompanhado predominantemente por uma rotação (caso de solos coesivos homogêneos) ou uma translação (caso de maciços rochosos estratificados), denominar-se-ão, respectivamente, escorregamento rotacional e escorregamento translacional (CAPUTO, 2015, 432p). (grifos nossos).

Nos escorregamentos rotacionais, “[...] o formato da superfície de ruptura na seção pode ser o de um arco circular ou de uma curva não circular [...]” (CRAIG e KNAPPETT, 2014, 358p). É o tipo mais comum em aterros. Vale dizer:

É um tipo de deslizamento em que a superfície da ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher) e o movimento da queda de barreira é mais ou menos rotatório em torno de um eixo paralelo ao contorno do talude. A massa deslocada pode, sob certas circunstâncias, mover-se de maneira relativamente coerente, ao longo da superfície de ruptura e com pouca deformação interna. O topo do material deslocado pode mover-se quase que verticalmente para baixo e a parte superior desse material pode inclinar-se para trás em direção ao talude [...] (BOBROWSKY e HIGHLAND, 2008, 13p).

Na figura a seguir (figura 2) é possível ver a ocorrência de um movimento de rotação segundo um eixo imaginário, ao longo de uma superfície encurvada, com a formação de degraus de abatimento acima da massa de terra deslizada, caracterizando assim um escorregamento rotacional por ter o solo se deslocado da esquerda para a direita de um modo curvo.

Figura 2 – Área afetada por escorregamento rotacional.



Fonte: Reis, 2001, 08p.

Já nos escorregamentos translacionais, o formato da superfície de ruptura sofre influência de um estrato adjacente com resistência de modo significativamente diferente. Neles, é provável que a maior parte da superfície de ruptura passe pelo estrato adjacente com menor resistência ao cisalhamento. O formato da superfície de ruptura pode também sofrer influência de discontinuidades, a exemplo de fissuras e escorregamentos preexistentes. Os escorregamentos translacionais costumam ocorrer onde o estrato adjacente está a uma profundidade relativamente pequena abaixo da superfície do talude, e a superfície de ruptura costuma ser plana e mais ou menos paralela à superfície do talude (CRAIG, 2014, 358p). Nesse sentido também lecionam os autores Bobrowsky e Highland (2008, 16p):

A massa de um escorregamento translacional move-se para fora, ou para baixo e para fora, ao longo de uma superfície relativamente plana, com pequeno movimento rotacional ou inclinação para trás. Esse tipo de deslizamento pode progredir por distâncias consideráveis, se a superfície da ruptura estiver suficientemente inclinada, ao contrário dos escorregamentos rotacionais, que tendem a restaurar o equilíbrio do deslizamento. O material no escorregamento pode variar de solo solto e não adensado até grandes placas de rochas, ou ambos. Escorregamentos translacionais comumente ocorrem ao longo de discontinuidades geológicas tais como falhas, junções, superfícies, estratificações, ou o ponto de contato entre rocha e solo. Em lugares no hemisfério norte, esse tipo de deslizamento pode também mover-se ao longo de camadas do subsolo permanentemente geladas.

Nos escorregamentos translacionais, em síntese, é possível observar a ocorrência de um movimento um tanto paralelo à superfície de ruptura. Comumente são identificados nas encostas serranas brasileiras, mas podem perfeitamente existir em todos os tipos de ambientes (figura 3).

Figura 3 – Área afetada por escorregamento translacional.



Fonte: Reis, 2001, 07p.

Por sua vez, “os escorregamentos em cunha têm ocorrência mais restrita às regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas [...]”. E mais, “são associados aos maciços rochosos [...], nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis à estabilidade, condiciona o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de intersecção destes planos [...]” (AMARAL, SANTORO e TOMINAGA, 2009, 31-32p). Nesse sentido:

Corresponde ao deslizamento de um bloco em forma de cunha, formado por dois planos de descontinuidades, na direção de sua linha de intersecção. Para que seja produzido este tipo de ruptura os dois planos devem aflorar na superfície do talude e devem-se cumprir as mesmas condições para ruptura planar [...]. Este tipo de ruptura geralmente apresenta-se em maciços com várias famílias de descontinuidades, cuja orientação, espaçamento e continuidade determinam a forma e o volume da cunha (PUC, 2006, 19p).

Com efeito, “quando os planos de fraqueza se cruzam ou quando camadas de menor resistência não são paralelas à superfície do talude, a superfície de ruptura pode apresentar uma forma de cunha [...] delimitada por um ou mais planos” (GERSCOVICH, 2016, 18p). Comumente podem ser observados em taludes de corte ou com algum desconfinamento, a exemplo da figura abaixo (figura 4).

Figura 4 – Área afetada por escorregamento em cunha.

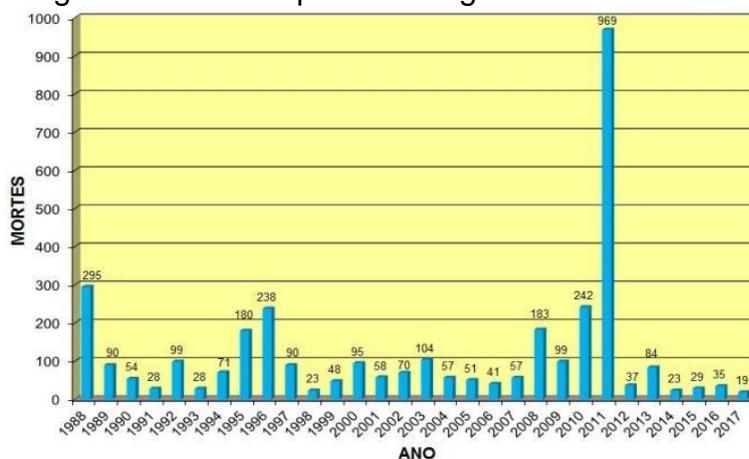


Fonte: Reis, 2001, 09p.

Registre-se, em tempo, que de acordo com o banco de dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT (2018, 11p), dados esses levantados no período de 1988 a 2017, o maior número de mortes por escorregamentos no país se deu no ano de 2011, sejam eles rotacionais, translacionais ou em cunha, perfazendo um total de 969 vítimas fatais, obviamente em razão do desastre ocorrido na região serrana do

Estado do Rio de Janeiro. Senão vejamos (figura 5).

Figura 5 – Vítimas por escorregamentos no Brasil.



Fonte: IPT, 2018, 11p.

Em segundo lugar desse ranking está o ano de 1988, com 295 mortes, e logo atrás o ano de 2010, com 242 mortes. A propósito, o ano de 2010 foi marcado por grandes deslizamentos de terra nos municípios de Angra dos Reis e Niterói, ambos no Estado do Rio de Janeiro, vitimando dezenas de pessoas que moravam em casas construídas de maneira desordenada (PORTAL IG, 2011).

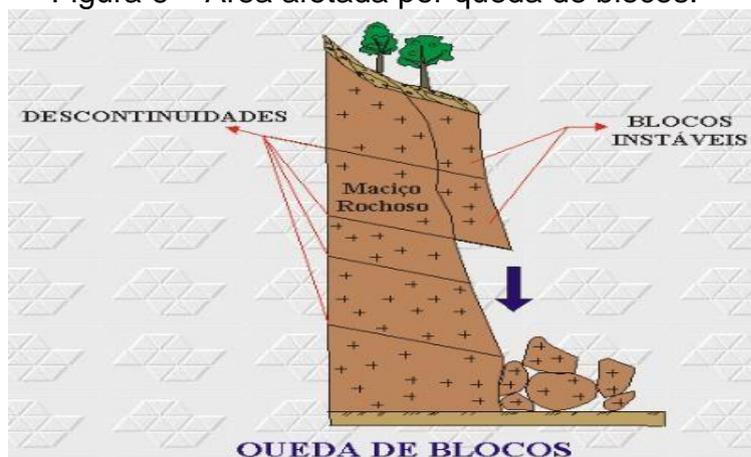
Por movimentos de massa tem-se também as quedas, melhor dizendo, quedas de blocos, cuja característica principal é uma ação de queda livre a partir de uma elevação, sem qualquer superfície de movimentação. Podem ser associadas ainda a outros movimentos como saltação, rolamento e fragmentação no impacto com o substrato (AMARAL, SANTORO e TOMINAGA, 2009, 32p).

Uma queda se inicia com a separação do solo ou da rocha, ou de ambos, de um talude íngreme, ao longo de sua superfície, na qual tenha ocorrido pouco ou nenhum deslocamento por cisalhamento. Posteriormente, o material vem abaixo, principalmente por queda, salto ou rolamento.

São movimentos repentinos para baixo, de rocha ou terra, ou ambas, que se desprendem de taludes íngremes ou de penhascos. O material que desce, geralmente bate nas paredes inferiores do talude num ângulo menor que o ângulo da queda, causando saltos. A massa em queda pode quebrar no impacto, pode iniciar um rolamento em taludes mais íngremes e pode continuar até a cota mais baixa do terreno (BOBROWSKY e HIGHLAND, 2008, 08p).

Na figura adiante nota-se que blocos de massa se desprendem do maciço rochoso com diversas fraturas e se deslocam verticalmente em queda livre talude abaixo. Tais movimentos são vistos geralmente em pedreiras de granito (figura 6).

Figura 6 – Área afetada por queda de blocos.



Fonte: Reis, 2001, 10p.

É o que aconteceu no morro Boa Vista, Município de Vila Velha/ES, no primeiro dia de 2016. Na ocasião, blocos de pedra atingiram diversas casas, ferindo vários moradores e desalojando mais de 400 famílias da localidade (FERNANDES, 2016).

Por fim, e não menos importante, as corridas, sejam elas de detritos, lama ou terra, as quais são movimentos rápidos, com forte poder de destruição, gerados a partir de um grande aporte de material que, ao atingir as drenagens, principalmente nos vales, encaixadas em áreas de relevo acidentado, forma uma massa de elevada densidade e viscosidade (AMARAL, SANTORO e TOMINAGA, 2009, 33p).

Conforme bem ensina Riffel (2012, 15p), “[...] são movimentos gravitacionais complexos de massa, ligados a eventos pluviométricos excepcionais”. E mais, “[...] ocorrem a partir de deslizamentos nas encostas e mobilizam grandes volumes de material, sendo o seu escoamento ao longo de um ou mais canais de drenagem, tendo comportamento líquido viscoso e alto poder de transporte”. Além disso, “[...] são mais raros que os deslizamentos, porém podem provocar consequências de magnitudes superiores, devido ao seu grande poder destrutivo e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas”. Assim:

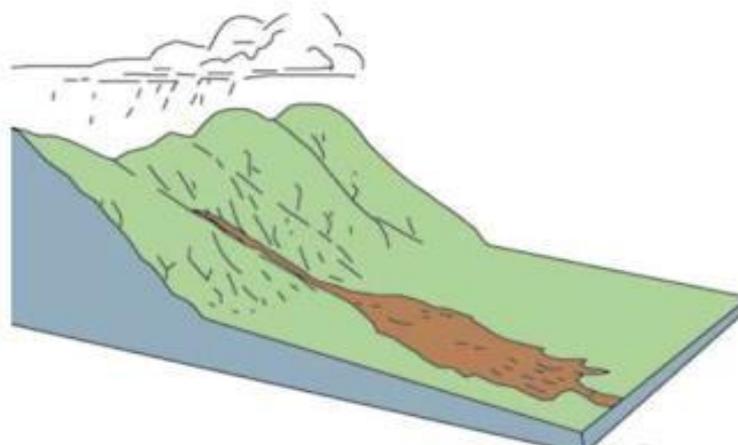
Corridas são movimentos de alta velocidade ($\geq 10\text{km/h}$) gerados pela perda completa das características de resistência do solo. A massa de solo passa a se comportar como um fluido e os deslocamentos atingem extensões significativas.

O processo de fluidificação pode originar-se por: i) adição de água em solos predominantemente arenosos; ii) esforços dinâmicos (terremoto, cravação de estacas etc.); iii) amolgamento em argilas muito sensíveis. Dentre esses fatores, a presença de água em excesso em períodos de precipitação intensa é mais usual.

A forma da corrida assemelha-se a uma língua, na qual se distinguem três elementos [...]: a região de montante, denominada raiz, concentra o material que se deslocará; a parte central, alongada, denomina-se corpo; e a área de acumulação final do material transportado, denominada base, normalmente se localiza na região mais baixa do vale (GERSCOVICH, 2016, 09-10p).

A figura a seguir reproduz o cenário de uma corrida. Com a chuva, o material transportado aumenta velozmente e se transforma em uma massa viscosa contendo a mistura, por exemplo, de água, solo, pedras, rochas e madeira. Seu escoamento se assemelha à lava vulcânica transitando em um vale (figura 7).

Figura 7 – Área afetada por corridas.



Fonte: Bressani, Guasselli e Riffel, 2016, 12p.

As corridas são movimentos de massa que, muitas das vezes, causam efeitos devastadores. O acidente na Comunidade Sítio Pai João, no Bairro do Itanhangá, pertencente ao Município do Rio de Janeiro/RJ, retrata isso. Na ocasião, 13 de fevereiro de 1996, dezenas de casas foram destruídas e/ou interditadas, com 170 famílias desabrigadas e 20 vítimas fatais, tudo porque foram assolados por uma corrida de detritos, compostos por terra, blocos e matacões gnáissicos, com volume aproximado de 9.000m³, o que certamente teria tido outro cenário se o solo ali fosse usado e ocupado de forma ordenada (D'ORSI *et al.*, 2017, 54p).

2.2 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo é matéria incursa no texto constitucional, o qual delega aos municípios a competência para legislar sobre o tema, cabendo-lhes, segundo o art. 30, inciso VIII, da Carta Magna, “[...] promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do

parcelamento e da ocupação do solo urbano” (BRASIL, 1988).

Vale dizer: aos entes municipais é atribuída a autonomia e a responsabilidade pela regulamentação do uso e ocupação do solo urbano, adaptando as normas gerais às necessidades locais, em prol da sociedade num todo. Nesse sentido também o art. 182, §1º, da Constituição Federal de 1988 (BRASIL), a saber:

Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

§ 1º O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

Por seu turno, o §2º do citado dispositivo constitucional ainda prevê que “[...] a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor” (BRASIL, 1988). Esse, de acordo com o art. 40, caput, do Estatuto da Cidade¹, “[...] aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana” (BRASIL, 2001), reforçando sua importância às municipalidades.

Conforme entendimento do administrativista Meirelles (2008, 550p), o plano diretor “[...] é a lei suprema e geral que estabelece as prioridades nas realizações do governo local, conduz e ordena o crescimento da cidade, disciplina e controla as atividades urbanas em benefício do bem estar social”. E acrescenta:

O plano diretor não é um projeto executivo de obras e serviços públicos, mas sim um instrumento norteador dos futuros empreendimentos da Prefeitura, para o racional e satisfatório atendimento das necessidades da comunidade. Por isso não exige plantas, memoriais e especificações detalhadas, pedindo apenas indicações precisas do que a Administração Municipal pretende realizar, com a locação aproximada e as características estruturais ou operacionais que permitam, nas épocas próprias, a elaboração dos projetos executivos com a estimativa dos custos das respectivas obras, serviços ou atividades que vão compor os empreendimentos anteriormente planejados, sejam construções isoladas, sejam planos setoriais de urbanização ou de reurbanização, sejam sistemas viários, redes de água e esgoto, ou qualquer outro equipamento público ou de interesse social (MEIRELLES, 2008, 550p).

¹ Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, a qual regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

Apesar de tudo isso, há quem diga que o plano diretor introduzido pelo referido estatuto se trata de uma ideia ilusória de reforma urbana, de cidade ideal e igualitária, semelhante aos projetos propostos no passado, reunindo nada mais do que “utopias espacial e de processo social” (SOARES, 2009, 57-59p). E ainda:

Uma “utopia espacial” na medida em que acredita na possibilidade do controle social da ordem espacial, na distribuição das atividades econômicas, na Cidade Sustentável para as gerações presentes e futuras, com a adoção de padrões de produção, consumo e expansão urbana compatíveis com a sustentabilidade ambiental social e econômica do município e do território. E uma “utopia de processo social” pois é o resultado de um longo processo de lutas e negociações, de pressões da sociedade organizada e dos movimentos sociais.

Todavia, o plano diretor, e não só ele, claro, já que os entes federativos municipais possuem autonomia para legislar de acordo com às necessidades locais, se revela como um mecanismo de suma importância ao uso e ocupação do solo de forma ordenada há um curto, médio e longo prazo (PINHEIRO, 2010, 86p). Seus objetivos fazem parte da política de pleno desenvolvimento e expansão urbana, mediante variadas diretrizes gerais previstas no art. 2º, inciso VI, alíneas “a” a “h”, do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), as quais se destacam:

VI – **ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:**

- a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos;
- b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes;
- c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infra-estrutura urbana;
- d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como pólos geradores de tráfego, sem a previsão da infra-estrutura correspondente;
- e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização;
- f) a deterioração das áreas urbanizadas;
- g) a poluição e a degradação ambiental;
- h) **a exposição da população a riscos de desastres** (grifos nossos).

Especial atenção à ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar a exposição da população a riscos de desastres, pois, como já dito anteriormente, os movimentos de massa, a exemplo dos escorregamentos, causam danos e prejuízos, muitas das vezes, irreparáveis e de proporções catastróficas. O expressivo aumento de acidentes dessa natureza tem como principal causa o uso e ocupação irregulares de áreas que apresentam maior susceptibilidade aos movimentos de massa, o que poderia ser evitado ou minimizado com a observância de regras de utilização do

espaço geográfico (AMARAL, SANTORO E TOMINAGA, 2009, 37p) (figura 8).

Figura 8 – Movimentos de massa em encosta com construções irregulares.



Fonte: Almeida e Belo, 2011.

Salienta Meirelles (2008, 563p) que “o controle do uso do solo urbano apresenta-se como das mais prementes necessidades em nossos dias [...]”. Conforme sustentado por ele, “[...] o fenômeno da urbanização dominou todos os povos e degradou as cidades mais humanas, dificultando a vida de seus moradores pela redução dos espaços habitáveis [...]”, diga-se de locais que não ofereçam riscos à integridade física da população, por exemplo.

Nenhuma intervenção humana acarreta mais movimentos de massa do que o uso e ocupação irregulares do solo. Primeiro porque as construções desordenadas vão eliminando a cobertura vegetal da área. Segundo porque a terra extraída para aplainar o morro existente geralmente é jogada para baixo e fica “solta”. Por último, porque as vilas criadas nas vertentes formam lacunas, que podem canalizar e intensificar fenômenos como estes (BIANCHIN, 2018).

É o que aconteceu na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, logo no início de 2011, então considerado o maior desastre do país. Nesse fatídico episódio, fortes chuvas encharcaram o solo, que se desprende das encostas, descendo como uma avalanche de rochas, detritos e terras, ferindo, matando, desalojando e desabrigando milhares de pessoas, além de ter causado prejuízos e danos de ordem social, ambiental e econômica (SALATIEL, 2011) (figura 9).

Figura 9 – Acidente na região serrana do Rio de Janeiro.



Fonte: O Globo, 2011.

Apesar do alto índice pluviométrico na ocasião, esse deslizamento tomou maiores proporções devido ao uso e ocupação do solo irregulares e, principalmente, em razão da inércia das autoridades competentes que não adotaram uma política adequada de desenvolvimento e expansão urbana, fechando-se os olhos à situação de risco existente na localidade (SALATIEL, 2011).

Na ocasião, áreas rurais e urbanas, de classes baixa, média e alta, foram atingidas ao ponto de ficarem totalmente isoladas. Inúmeras habitações, bem como diversos estabelecimentos de saúde e escolas foram destruídos. Dezenas de pontes foram danificadas, sendo afetadas as principais vias de acesso aos municípios. Os serviços de abastecimento de água, energia elétrica, internet e telefonia também foram comprometidos. Sem falar nos milhares de mortos, feridos, desabrigados e desalojados, e na decretação de situação de emergência e estado de calamidade pública (FREITAS *et al.*, 2012).

A região serrana era até então o polo mais importante de produção agrícola. Para se ter uma ideia, só a Federação do Comércio-FECOMÉRCIO estimou um prejuízo de 469 milhões de reais, com reflexo em 84% dos empresários. A Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro-FIRJAN, por sua vez, calculou uma perda de 153 milhões de reais, com impacto em 68% das empresas. Além disso, os municípios de Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis tiveram pouca procura para o réveillon daquele ano (QUAINO, 2012).

A proporção dessa tragédia foi tão grande que acarretou a alteração geográfica das áreas afetadas. Canais, córregos e rios mudaram seus cursos, bem como foram assoreados devido ao acúmulo de detritos e entulhos. Houve

devastação das árvores e erosões em boa parte das encostas (PINHEIRO, 2010, 87p).

2.3 Áreas de risco

Como se sabe, uma área de risco é uma “área passível de ser atingida por processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso [...]. E ainda, “as pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais [...]” (BRASIL, 2004, 28p), e geralmente são pessoas de baixa renda. São lugares impróprios para habitação, porquanto mais suscetíveis a desastres. Conforme Alves, Barbosa e Oliveira (2011, 4942p), essas áreas vêm aumentando cada vez mais por motivo de ações humanas que exploram recursos naturais, alteram o espaço ambiental e ocupam de forma irregular as encostas.

Por outro lado, segundo define o glossário da Defesa Civil (CASTRO, 1998, 123p), perigo é “qualquer condição potencial que pode vir a causar morte, ferimento ou dano a propriedade [...]”. Nesse mesmo glossário (CASTRO, 1998, 123p) tem-se que risco é:

1. Medida de dano potencial ou prejuízo econômico expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis.
2. Probabilidade de ocorrência de um acidente ou evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, resultantes dos mesmos.
3. Probabilidade de danos potenciais dentro de um período especificado de tempo e/ou de ciclos operacionais.
4. Fatores estabelecidos, mediante estudos sistematizados, que envolvem uma probabilidade significativa de ocorrência de um acidente ou desastre.
5. Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos.

Para Hogan e Júnior (2004, 103p) essa classificação vai além. Os autores denominam risco como sendo possível ocorrência de um perigo, em contrapartida o desastre trata-se da consequência do perigo que se originou de um risco. Nas áreas de risco eventual perigo é calculável, e conforme bem ensinam Amaral, Santoro e Tominaga (2009, 151-152p), “[...] um processo potencialmente perigoso torna-se um risco para a população afetada a partir do momento em que sua ocorrência passa a ser previsível, seja por emitir sinais prévios ou pela repetição [...]”.

Apesar de a maior parte dos perigos serem inevitáveis, os desastres não o são. A investigação de perigos passados e o monitoramento da situação do presente

possibilitam entender e prever a ocorrência de perigos futuros, permitindo que uma comunidade ou o poder público possa minimizar o risco de movimentos de massa, por exemplo, (UN-ISDR, 2004, *apud* AMARAL, SANTORO e TOMINAGA, 2009, 151p), daí a necessidade de mapeamento pelas autoridades locais, com a adoção das medidas competentes. Para Parizzi (2004, 01-02p):

[...] Desastre pode ser associado a um evento imprevisto, que ocorre muitas vezes de forma súbita, e que causa grande dano, destruição e sofrimento humano. Os desastres são a convergência dos perigos com vulnerabilidades. Como tal, um aumento da vulnerabilidade ambiental, social ou econômica pode significar um aumento da frequência das catástrofes.

Devido ao anseio de obter uma habitação própria, os empecilhos no acesso a áreas já urbanizadas e adaptadas para construções com mais segurança, o alto preço para adquirir imóveis e até mesmo a falta de serviços públicos como programas de políticas habitacionais, são motivos que levam a população de baixa renda a buscar de forma ilegal áreas com maior índice de suscetibilidade a riscos naturais como deslizamentos (CUNHA *et al*, 2012, 119-120p).

É fundamental aderir técnicas possíveis nos setores de prevenção e gerenciamento de riscos naturais, assegurando o planejamento das áreas (CUNHA *et al*, 2012,120p). De acordo com Siqueira e Santos (2015, 42p), o planejamento das cidades torna-se um mecanismo essencial para prevenir o desgaste causado no ambiente, buscando reduzir os impactos negativos por meio do uso e ocupação apropriados do solo.

2.4 Urbanização

O termo urbanização definido pelos autores Araújo, Guimarães e Terra (2013, 132p), bem como por Eberhardt, Lima e Piacenti (2016, 44p), trata-se do número de habitantes viventes nos centros urbanos em relação aqueles que residem em propriedades denominadas rurais ou em relação à população total. De acordo com Alves (2008, 15p *apud* ROSS, 1998):

O desenvolvimento permanente dos meios de produção industrial, os avanços tecnológicos, a ampliação da sociedade de consumo, os atrativos do conforto e do lazer, a elevação do nível de renda que as cidades em geral oferecem e a liberação de mão-de-obra rural, tudo isso fez com que

nos países industrializados, mais de 80% da população se tornasse urbana.

O recente acúmulo da pobreza, o aumento de periferias e a divisão social nas cidades integram uma imagem alarmante. São nesses centros urbanos que reúnem as classes sociais mais baixas; entretanto, são nesses mesmos centros que se encontram melhor chance de fugir delas (ONU, 2007, 01p).

Com a crescente expansão das cidades, maior tem sido a concentração de trabalhadores habitando em subúrbios. As administrações públicas investem em sistemas para habitações com intuito de diminuir as discussões sociais sobre as péssimas situações de vida. Como resultado, esse crescimento acarretou diversos problemas, dentre eles a ocupação irregular, ou seja, áreas foram invadidas por grupos de baixa renda, geralmente população rural que busca nos centros urbanos melhores oportunidades de emprego, encontradas nas indústrias e comércios. (MACEDO e SILVA, 2009, 10p).

Aproximadamente um bilhão da população reside em habitações em estado crítico, inacabadas, construídas com restos de materiais. Situam-se em zonas de perigo como em encostas suscetíveis a deslizamentos de terra ou em áreas com probabilidade de ocorrência de inundações. Titulado como assentamento precário pela Organização das Nações Unidas-ONU, tende a ter caracteristicamente insegurança habitacional, falta de saneamento e infraestrutura, água potável inadequada, baixa qualidade nas estruturas dos domicílios e concentração excessiva (ARAÚJO, GUIMARÃES e TERRA, 2013, 139p).

No contexto de habitações de áreas irregulares pode-se dividir a população em dois grupos: a população de baixa renda e a população de melhor poder aquisitivo. A primeira trata-se de uma população denominada carente, que tende a procurar locais mais acessíveis que se incluem com a realidade capitalista que vivem. Por outro lado tem-se uma população mais rica, que consegue adquirir terrenos com melhor infraestrutura e melhor localização (CARDOSO, CLENES e DOURADO, 2010, 580p).

As chamadas favelas não se beneficiam de moradias habitáveis, serviços de saúde, educação, transporte, dentre outros serviços encontrados nos espaços urbanos legalizados (SILVA e VARGAS, 2010, 03p). Se por um lado se depara com uma cidade composta de belas construções, com acesso a serviços públicos diversificados, do outro se depara com uma região desvalorizada, traduzindo de

forma clara a discriminação social e espacial (ARAÚJO, GUIMARÃES e TERRA, 2013, 139p).

A ocorrência dos principais desastres naturais, como as inundações, enchentes, deslizamentos e tempestades, está relacionada com as chuvas intensas do verão nas regiões sul e sudeste e inverno no nordeste. O aumento desses desastres é em decorrência da urbanização que teve como consequência o crescimento desordenado de áreas desfavoráveis para ocupação, devido às condições impróprias do local (AMARAL, SANTORO, TOMINAGA, 2009, 19 p).

2.5 A cidade

Pertencente inicialmente ao Estado capixaba, a cidade de Chalé teve sua primeira habitação por volta do século XIX, onde Francisco Tomaz Leite Ribeiro, juntamente com sua esposa Leopoldina Cândido de Barros Leite, saiu da cidade de São João Del Rey/MG até a atual cidade de Lúna/ES e deu início às plantações de canavial e ao cultivo de fumo, elevando a fama do local devido a sua fertilidade para plantio. Sua emancipação veio a ocorrer em 01 de março de 1963, pela Lei nº 2.764, de 30 de dezembro de 1962, quando teve seu desmembramento da cidade vizinha de Lajinha/MG (BISSOLI e SILVA, 2001, 76p).

Situada na zona da mata mineira, a cidade de Chalé, então pertencente ao Estado de Minas Gerais, se localiza a 379 m de altitude em relação ao nível do mar. Divisa-se com as cidades de Lajinha, Durandé, Conceição de Ipanema, Mutum e São José do Mantimento, todas no Estado de Minas Gerais, e conta atualmente com aproximadamente 5.704 habitantes e uma área territorial de 212,674 km² (IBGE, 2019).

É composta de um território montanhoso de vegetação baixa (figura 10), com uma variação de temperaturas entre 16°C a 30°C. Belas paisagens naturais e cachoeiras integram a beleza da cidade, sendo definida por muitos como um local calmo e agradável de se morar. Sua riqueza vem do cultivo de café, além da produção de gados de corte e leiteiro (BISSOLI e SILVA, 2001, 78-80p).

Figura 10 – Vista da cidade via satélite.



Fonte: Google Earth.

A cidade de Chalé/MG ainda é carente quando o assunto é infraestrutura básica. De acordo com o censo demográfico de 2010, fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas-IBGE, apenas 41% dos domicílios possuem correto esgotamento sanitário. Em relação à urbanização adequada, consta que somente 29,6% deles são favorecidos com a presença de bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio (2010).

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins

O presente trabalho se classifica como uma pesquisa exploratória, devido ao estudo e a investigação de setores de risco no Município de Chalé/MG. Conforme Freitas e Prodanov (2013, 51p), a pesquisa exploratória trata-se de uma pesquisa bibliográfica e de um estudo de caso, permitindo maior planejamento do tema. Completam, ainda, que esse tipo de pesquisa envolve levantamento de bibliografias, entrevistas e análises de exemplos que auxiliam na compreensão daquilo que é proposto.

Gil (2008, 27p) menciona que esse tipo de pesquisa muitas das vezes constitui uma etapa preliminar, resultando em uma investigação mais ampla. Segundo ele, esse tipo de pesquisa tem por finalidade proporcionar uma visão geral de determinado assunto. Sua utilização é mais vista em trabalhos onde o tema é pouco específico, necessitando de uma maior revisão bibliográfica, como no caso.

Trata-se também de uma pesquisa descritiva, onde o pesquisador analisa os fatos a serem observados, mas não interfere neles (FREITAS e PRODANOV, 2013, 51p). Nesse tipo de pesquisa são descritas as características dos fenômenos, por exemplo, sendo inúmeros os estudos que podem ser incluídos nessa relação. Dentre as principais áreas de estudo pode-se exemplificar as condições de habitação de uma comunidade, a ser abordada no decorrer do tema proposto.

Classifica-se, o trabalho ora realizado, como um estudo de caso por tratar-se de uma análise das áreas suscetíveis e vulneráveis a movimentos de massa localizadas no Município de Chalé/MG. Como se sabe, o estudo de caso é um profundo e exaustivo estudo de um ou poucos objetos, permitindo seu amplo e detalhado conhecimento. (GIL, 2008, 57-58p). Para Freitas e Prodanov (2013, 60p), essa classificação se dá quando se quer atingir informações e/ou conhecimentos que requeiram comprovação ou quando se busca descobrir fenômenos e/ou suas relações. Relacionam, ainda, com a observação dos fatos e dos efeitos ocorrentes no decorrer de seus registros e de suas coletas de dados, relevantes para sua análise.

De acordo com Gil (2008, 58p), o estudo de caso serve a diferentes propósitos, explorando situações da vida real com limites não tão definidos,

descrevendo o cenário em que se dá a investigação e explicando as variáveis causais em acontecimentos que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos. Para a realização de um estudo de caso deve-se primeiramente realizar pesquisas bibliográficas acerca do tema, o que funciona como um pontapé na identificação do problema e dos trabalhos e opiniões já existentes (FREITAS e PRODANOV, 2013, 60p).

Sendo assim, também serão levados em conta fins bibliográficos como complemento do trabalho. Conforme Marconi e Lakatos (2003, 183p), isso ajuda em conclusões inovadoras, não sendo apenas meras repetições do assunto abordado. Esse tipo de pesquisa é feito a partir de materiais encontrados em livros, revistas, publicações, arquivos da internet, que tem como objetivo familiarizar o pesquisador com materiais já disponíveis sobre a questão trabalhada (FREITAS e PRODANOV, 2013, 54p).

3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios

O trabalho ainda se classifica como sendo uma pesquisa quantitativa devido ao uso de informações estatísticas presentes. Para Freitas e Prodanov “[...] tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números, opiniões e informações, para classificá-las e analisá-las [...]” (FREITAS e PRODANOV, 2013, 69p).

Em relação à classificação qualitativa os autores também salientam que ao contrário da quantitativa, essa não necessita do uso de métodos estatísticos, pois a naturalidade do ambiente estudado se torna diretamente a fonte para coletar os dados da pesquisa, sendo processo e significado o ponto chave do questionamento (FREITAS E PRODANOV, 2013, 70p).

Para a realização do presente trabalho serão levadas em conta, primeiramente, revisões de literatura, a fim de coletar informações que auxiliem no desenvolvimento e entendimento do tema proposto.

A delimitação das áreas de riscos se dará de acordo com os estudos e levantamentos feitos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, onde é possível encontrar o mapeamento e a análise dos graus de risco.

3.2.1 Coleta de dados

3.2.1.1 Ensaio granulométrico

Tem-se por finalidade determinar a granulometria do solo estudado, ou seja, para conhecer o tamanho das partículas presente neste solo. Para Das Braja (2014, 33p) existem dois tipos de ensaios para obter esse resultado: *ensaio de peneiramento* para grãos com diâmetros acima de 0,075 mm (peneira com malha 200) e *ensaio de sedimentação* para partículas menores que 0,075 mm.

O ensaio de peneiramento utilizado para esse estudo consiste em colocar uma amostra de solo em uma série de peneiras padronizadas para o teste, que se dispõe de malhas distribuídas de forma que permaneçam em tamanhos decrescentes do topo para o fundo (figura 11) para agitação das mesmas (CRAIG, 2014,10p).

Figura11 – Conjunto de peneiras para ensaio granulométrico.



Fonte: Autor, 2019.

As amostras de solo que passarão pelo peneiramento, devem ser em primeiro ato secadas em estufa onde secos serão quebrados os torrões para que diminuam as partículas. Após as amostras serem agitadas, serão avaliados os valores retidos em cada peneira. (DAS BRAJA, 2014, 33p).

Para a realização correta do ensaio e obtenção dos resultados a Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT NBR NM 248 (2003, 02-06p) que determina a

composição granulométrica. O item 4 da norma estabelece a aparelhagem necessária para a realização dos procedimentos sendo:

- a) Balança para pesagem das amostras, com resolução de 0,1%;
- b) Estufa com temperatura respeitando o intervalo de 105 ± 5 °C;
- c) Peneiras para separação de grãos;
- d) Agitador mecânico (não obrigatório);
- e) Bandejas;
- f) Escova ou pincel de cerdas macias;
- g) Fundo de peneira.

O item de número 5 da norma estabelece a realização do ensaio de granulometria descritos a seguir:

5.2.1 Trata-se do procedimento de secagem das amostras. Os solos separados para análise devem ser secos em estufa, esfriados em temperatura ambiente e divididos em duas amostras.

5.2.2 Refere-se à disposição das peneiras, onde devem estar limpas e encaixadas fazendo com que se tornem um único conjunto. As peneiras devem dispor de abertura das malhas em ordem crescente da base para o topo, colocando um fundo que se encaixe adequadamente.

5.2.3 Colocar uma das amostras sobre a peneira superior do conjunto, tomando cuidado para que se evitem concentração de camada de pó.

5.2.5 Agitação mecânica das peneiras por um determinado tempo suficiente para que haja a separação dos grãos. Caso não seja possível a agitação mecânica, a norma estabelece a mesma de forma manual previsto no item 5.2.10.

5.2.7 Remover o material retido na peneira para um recipiente, limpando com o auxílio de uma escova. O material que for removido pelo lado inferior é considerado como retido (colocar junto ao recipiente) e o do lado externo da peneira considera-se como passante.

5.2.8 Realizar a verificação das demais peneiras.

5.2.9 Determinar o material total retido em cada peneira e no fundo. A soma de todas as massas não poderá ultrapassar 0,3% da massa inicial.

O item 6 da norma prevê os cálculos para obtenção de resultados, ficando determinado:

6.1.1. Calcular a porcentagem retida da massa em cada peneira.

6.1.3. Determinar o módulo de finura. De acordo com o item 3.3 da norma,

módulo de finura consiste em somar as porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100.

3.2.1.2 Ensaio de limites de Atterberg

Das Braja (2014, 71p) menciona que Atterberg no início do século XX desenvolveu um método capaz de prever o comportamento do solo finos em determinados teores de umidade. Quando o teor de umidade é muito baixo o solo comporta de forma sólida, quando os valores são muito altos o solo pode fluir de forma líquida.

3.2.1.2.1 Limite de Plasticidade

A obtenção desses limites estão previstos na norma ABNT NBR 7180 (2016, 01-07p) descrita nos próximos itens. O item de número 3 desta norma descreve a aparelhagem necessária para realização do ensaio:

- a) Estufa capaz de manter a temperatura 60°C a 65°C e de 105°C a 110°C;
- b) Cápsula de porcelana com aproximadamente 120mm de diâmetro;
- c) Espátula de lâmina flexível com aproximadamente 80mm de comprimento e 20mm de largura;
- d) Recipientes adequados, como pares de vidros de relógio com grampo que evitem a perda de umidade da amostra;
- e) Balança que permita pesar nominalmente 200g, com resolução de 0,01g e sensibilidade compatível;
- f) Gabarito cilíndrico para comparação com 3mm de diâmetro e cerca de 100mm de comprimento;
- g) Placa de vidro de superfície esmerilhada com cerca de 30 cm de lado. A sequência de execução do ensaio está prevista no item 4 listado a seguir:

4.1 Tomar metade da quantidade de amostra preparada de acordo com a ABNT NBR 6457.

4.2 Para amostras preparadas com secagem prévia:

4.2.1 Colocar a amostra no recipiente de porcelana, adicionando poucas quantidades de água destilada, amassando a amostra continuamente com auxílio da

espátula por um tempo aproximado entre 15min a 30min.

4.2.2 Separar cerca de 10g da amostra e formar uma pequena bola que deve ser rolada sobre a placa de vidro até formar um cilindro.

4.2.3 Caso a amostra se rompa antes de atingir o diâmetro de 3mm, deve-se retomá-la para o recipiente e adicionar água e homogeneizar durante 3min, repetindo o processo descrito em 4.2.2.

4.2.4 Se a amostra atingir o diâmetro de 3mm sem fragmentar, amassar o material e repetir o procedimento 4.2.2.

4.2.5 Quando o cilindro fragmentar com as características do gabarito, transferir para um recipiente adequado e proceder com a determinação da umidade de acordo com a ABNT NBR 6457.

4.2.6 Repetir as operações de 4.2.2 a 4.2.5 pelo menos com mais três valores de umidade diferente.

4.3 Para amostras preparadas sem secagem prévia:

4.3.1 Colocar a amostra na cápsula de porcelana, amassar e revolver vigorosamente e continuamente com auxílio de espátula, de forma a obter uma pasta homogênea, de consistência plástica.

4.3.2 Proceder como descrito em 4.2.2 a 4.2.6.

A obtenção dos resultados estão previstos no item 5:

5.1 Limite de plasticidade.

5.1.1 Considerar satisfatório os valores de umidade obtidos quando de pelo menos três nenhum deles diferir da respectiva média de mais que 5% dessa média.

5.1.2 O resultado final, média de pelo menos três valores de umidade considerados satisfatórios conforme 5.1.1 deve ser expresso em porcentagem, aproximado para o inteiro mais próximo.

5.1.3 Deve ser indicado o processo de preparação da amostra (com ou sem secagem prévia ao ar).

5.1.4. Na impossibilidade de se obter o cilindro com 3mm de diâmetro, considerar a amostra como não apresentando limite de plasticidade (NP).

5.2 Índice de plasticidade.

5.2.1 O índice de plasticidade dos solos deve ser obtido utilizando-se a equação 1:

$$IP = \frac{LL-LP}{100} \quad (1)$$

Onde:

IP é o índice de plasticidade;

LL é o limite de liquidez, determinado de acordo com a ABNT NBR 6459; LP é o limite de plasticidade.

5.2.2 O resultado final deve ser expresso em porcentagem.

5.2.3 Quando não for possível determinar o limite de liquidez ou de plasticidade, anotar o índice de plasticidade como NP (não plástico).

3.2.1.2.2 Limite de Liquidez

Para a realização do ensaio e obtenção de resultados mais satisfatórios, a norma ABNT NBR 6459: 2016 prevê as seguintes informações. Para o item de número 3.1 define a aparelhagem necessária para seguir com a execução de análise, ficando descrito como:

- a) Estufa capaz de manter a temperatura de 60°C a 65°C e 105°C a 110°C;
- b) Cápsula de porcelana com aproximadamente 120mm de diâmetro;
- c) Espátula de lâmina flexível com aproximadamente 80mm de comprimento e 20mm de largura;
- d) Aparelho com as características e dimensões;
- e) Cinzel com as características e dimensões adequadas e vidro côncavos com grampos;
- f) Balança que permita pesar nominalmente 200g com resolução de 0,01g e sensibilidade compatível;
- g) Gabarito para verificação da altura de queda de concha;
- h) Esfera de aço com 8mm de diâmetro.

No item 4.1 onde trata a execução do ensaio seguir a preparação da amostra de acordo com a ABNT NBR 6457.

4.2 Preparação de amostra com secagem prévia:

4.2.1 Colocar a amostra na cápsula de porcelana, adicionar água destilada em pequenos incrementos, amassando com auxílio de espátula até obter uma pasta homogênea, com consistência suficiente para atingir 35 golpes para fechar a ranhura. O tempo necessário para homogeneização está dentro do intervalo de 15min e 30 min.

4.2.2 Transferir parte da mistura para a concha, moldando-a de forma que na parte central a espessura seja da ordem de 10mm.

4.2.2.1 Realizar esta operação de maneira que não fique bolhas de ar no interior da mistura.

4.2.2.2 Retornar o excesso de solo para cápsula.

4.2.3 Dividir a massa de solo em duas partes, passando o cinzel por meio desta, de maneira a abrir uma ranhura em sua parte central conforme mostrado na figura 21 (apêndice).

4.2.4 A execução dos itens 4.2.2 e 4.2.3 devem ser realizados com a concha na mão do operador.

4.2.5 Golpear a concha contra a base, deixando cair em queda livre, girando a manivela em duas voltas por segundo. Registrar o número de golpes necessários para que as bordas inferiores se unam em aproximadamente 13mm.

4.2.6 Transferir uma parte do material que se uniram para um recipiente adequado e seguir com a determinação de umidade previsto na ABNT NBR 6457.

4.2.7 O restante da massa deve ser devolvida para o recipiente de porcelana. Limpar a concha e o cinzel.

4.2.8 Adicionar água destilada a amostra e prosseguir com a homogeneização por cerca de 3min com auxílio da espátula.

4.2.9 Repetir as operações dos itens 4.2.2 a 4.2.7.

4.2.10 Repetir as operações descritas de 4.2.8 e 4.2.2 a 4.2.7, obtendo pelo menos mais três pontos compreendidos dentro do intervalo de 35 a 15 golpes.

4.3 Amostra preparada sem secagem prévia.

4.3.1 Se a amostra apresentar umidade inferior ao 1º ponto (da ordem de 35 golpes para fechar a ranhura) proceder conforme 4.2.

4.3.2 Se a amostra apresentar umidade que permita obter o primeiro ponto de ensaio coloca-la na capsula de porcelana e misturá-la de forma uma pasta homogênea. A seguir utilizar os métodos descritos 4.2.2 a 4.2.10.

Os cálculos referentes ao limite de liquidez estão descrito no item 4.4:

4.4.1 Expressos em gráfico logaritmo os resultados devem respeitar as coordenadas com o eixo das abcissas representadas pelos números de golpes e das ordenadas com os teores de umidade.

4.2.2 Obter o teor de umidade correspondente a 25 golpes, que é o limite de liquidez do solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que haja controle e fiscalização das construções, a cidade conta com o Código de Obras, estabelecido pela Lei nº 333, de 18 de novembro de 1985, que intenciona regradar as construções, através do licenciamento, fiscalização e aprovação de projetos. Como exigências de construção, o referido diploma prevê em seu art. 2º que “nenhuma edificação no perímetro urbano da cidade poderá ter a sua construção iniciada sem aprovação do projeto arquitetônico, sem alvará de licença para a construção e sem prévio alinhamento e nivelamento por parte da Prefeitura” (CHALÉ, 1985).

Toda edificação de qualquer natureza é de conhecimento público, sendo o ente federativo municipal responsável por fiscalizar obras de construção, reconstrução, reformas ou acréscimo de edificações (CHALÉ, 1985). Sabe-se, no entanto, que a falta de fiscalização é notável, onde, na maioria das vezes, as obras irregulares não contêm um projeto de aprovação nem mesmo licenciamento para seu levantamento. Isso é mais comum em construções de pessoas de classe baixa, as quais geralmente não possuem condições de contratar um profissional habilitado.

Na cidade de Chalé/MG, por exemplo, que é objeto do presente trabalho, foi realizado mapeamento para reconhecimento das áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa. Por meio dele é possível constatar situações irregulares como: existência de ocupações na base de encostas declivosas; áreas de solos residuais profundos; pontos de pequenos deslizamentos nos fundos e laterais dos lotes; processo de ravinamento nos taludes expostos e vários locais de escorregamentos; ocupações desordenadas através de cortes que formam taludes subverticalizados a verticalizados e favorecem a ocorrência de deslizamentos; deficiências nos sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário; e processos de erosão (PENNA e TREVISOL, 2012).

Evidentemente, tais áreas de risco demandam a adoção de ações imediatas por parte do poder público municipal, de modo que sejam evitados ou pelo menos minimizados os perigos às famílias habitadas nesses locais, como também consequentes danos ambientais e econômicos. Pelo art. 6º da Carta Magna, todas

as pessoas têm direito à moradia digna e à segurança (BRASIL, 1988), o que, com toda, certeza não é garantido à quem vive nessas situações de vulnerabilidade.

4.1 Medidas estruturais

O Ministério das Cidades denomina medidas estruturais como sendo a aplicação de soluções de engenharia que visa trabalhar a construção de obras de estabilização dos maciços, drenagem, infraestrutura urbana, etc. Sobre as enchentes e inundações as ações para minimizar os danos são aquelas que modificam o sistema fluvial, sendo solucionados através da construção de reservatórios, canalizações, relocação de famílias, dentre outras (BRASIL, 2007, 96p).

4.1.1 Drenagem

Esse tipo de obra objetiva desviar o curso das águas superficiais e subterrâneas das encostas, para que assim evite erosão, infiltrações e acúmulos de água no solo responsável por desencadear os escorregamentos. As águas podem ser originalmente naturais (através das chuvas, minas e outras fontes) concentrando-se em escadarias, acessos privados das habitações, áreas de circulação dos bairros e aquelas descartadas em forma de esgoto lançadas de maneira irregular nas encostas. Referente às áreas de riscos devido às condições de ocupação precária nas encostas, a drenagem é de grande importância para estabilidade das encostas (BRASIL, 2004, 98 p).

Ainda utilizando o Ministério das Cidades, existem diversos tipos de obras de drenagem. A superficial pode-se utilizar de construções como valas revestidas, canaletas, guias, escadas, etc. As drenagens profundas ou subterrâneas são feitas através de trincheiras drenantes ou por drenos profundos. Ambas devem levar em conta a vazão e quantidade de água que o sistema deve suportar em seu escoamento, sendo assim, todos devem ser devidamente dimensionados em função do tipo de uso (BRASIL, 2004, 98p).

4.1.2 Reurbanização de áreas

A crescente quantidade de famílias que habitam em locais de riscos, alta de locais disponíveis para construção de moradias em áreas urbanas, o custo elevado de planejamento de programas habitacionais e a alta de ações do governo público para evitar as ocupações em áreas inadequadas, faz com que a reurbanização seja uma solução de grande vantagem. A reurbanização deve conter em seu projeto obras como implantação de água potável, eletricidade, coleta de lixo, áreas de lazer, melhorias das moradias e sistema de acesso viário e diminuição dos riscos presentes nas áreas (BRASIL, 2004, 99-100p).

Todo o processo de reurbanização deve ser previamente estudado de acordo com o tipo de risco em que a região está sujeita. Em áreas mais suscetíveis a riscos, onde não se recomenda habitação urbana, indica-se a relocação habitacional e utilização para outros fins. Onde o risco é menor a construção de moradias é permitida desde que elas tenham condições para suportar os impactos gerados pelas inundações (BRASIL, 2004, 99-100p).

4.1.3 Moradias

Nas encostas que forem possíveis a existência de ocupações urbanas, deve prevalecer alguns cuidados para minimizar os riscos de acidentes (BRASIL, 2004,100p):

- a) Os projetos construtivos devem ser devidamente controlados respeitando as características dos terrenos e sua suscetibilidade para ocorrência de escorregamentos;
- b) Evitar ou reduzir cortes e aterros;
- c) Moradias com mais de um pavimento devem ser construídas em desnível acompanhando a declividade natural da encosta;
- d) Utilizar materiais construtivos mais resistentes, principalmente paredes, muros e estruturas que podem ter finalidade de contenção de solo com impermeabilização adequada, tubulações e estanques sem vazamento;
- e) Águas pluviais devem ser captadas nos telhados e nas áreas livres devem existir uma destinação apropriada para que não ocorra o despejo sobre o terreno e aterros desprotegidos.

Áreas mais propensas a riscos de enchentes e inundações devem ser evitadas. Caso não seja possível, as moradias nesses locais devem apresentar padrões construtivos que suportem as condições desses fenômenos.

4.1.4 Proteção de superfície

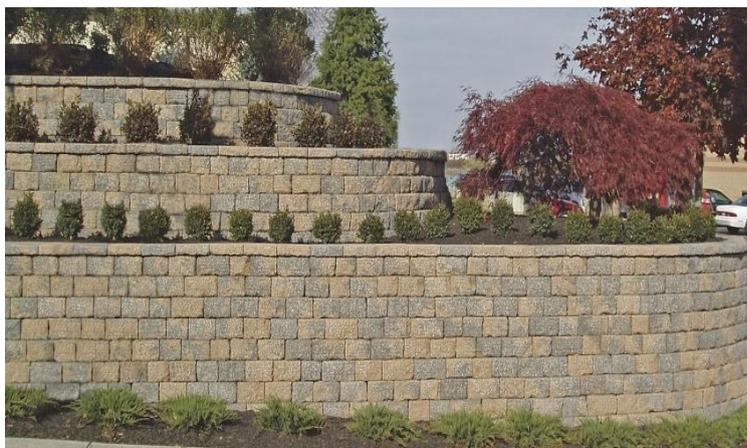
Objetiva impedir a formação de erosão e diminuir a infiltração de água nos maciços. Podem ser utilizados materiais naturais ou artificiais. A proteção natural deve ser de preferência de vegetação semelhante a cobertura presente originalmente na área. Coberturas com gramas, uso de solo argiloso no preenchimento de trincas e fissuras e uso de blocos de rochas no assentamento de taludes ou em forma de gabião. Na proteção superficial inclui-se o uso de impermeabilização asfáltica, argamassa, argamassa projetada sobre tela e telas metálicas sobre a superfície declivosa, principalmente na utilização de contenção de blocos rochosos (BRASIL, 2004, 101p).

4.1.4.1 Tipos de contenção

Obras de contenção são denominadas como estruturas que devem ser implantadas em taludes com a função de estabilizá-los, evitando os movimentos dos maciços rochosos e de solos trazendo reforço. Entre os principais tipos de estabilizações de taludes utilizados no campo da construção está o muro de contenção. Também conhecido como muro de arrimo, são estruturas com fins de estabilizar encostas e rupturas de maciços evitando movimentos de massa (ESTEVEES *et al*, 2018, 35p.).

Muros de pedra: um tipo de muro de utilização mais antiga, que permite um método de execução mais simples e mão de obra não especializada. Este tipo de muro requer o uso de pedras (figura 12) de tamanho mais uniforme, dispensando assim o uso de argamassa, recomendando uma altura de até 2,0m. Muros com alturas mais elevadas, recomenda-se o uso de argamassa para a fixação dos blocos dando mais sustentação, além de métodos de drenagem devido a falta de espaços naturais que ajudam no escoamento das águas (ESTEVEES *et al*, 2018, 36p).

Figura 12 – Muro de pedra com argamassa.



Fonte: Guia da engenharia.

Muro de gabião: gaiolas metálicas feitas de fios de aço galvanizado e preenchidas por pedras de forma manual (figura 13). A tela utilizada para esse muro contém alta resistência mecânica suportando qualquer tipo de esforço, incluindo a tração. É um tipo de contenção com alta permeabilidade, sendo muito utilizado em margens de rios, encostas, rodovias, entre outros, podendo chegar até 2,0m de altura (ESTEVEVES *et al*, 2018, 36p; GONÇALVES e SILVEIRA, 2016, 54p).

Figura 13 – Muro de gabião.



Fonte: Cabreuvapedras.

Cortina Atirantadas: segundo Bassaneli *et al* (2016, 11p) e Gonçalves e Silveira (2016, 56p), são contenções compostas de concreto armado, concreto projetado ou parede diafragma que juntamente com tirantes empurram a estrutura contra o solo e protendido posteriormente (figura 14). Esses tirantes são barras de ferros metálicas introduzidas em furos feitos no maciço. Uma nata de cimento é

injetada nesses furos a fim de garantir resistência e ancoragem dessas barras. Após o tempo de cura dessas natas, os tirantes são protendidos e amarrados na estrutura de concreto a fim de empurrá-la para o maciço.

Figura 14 Cortina atirantada.



Fonte: Aecweb.

Em algumas situações esse é o único tipo de contenção viável para execução, podendo ser construída acima do nível da água. Deve-se atentar ao fato que a execução desse muro pode interferir em terrenos vizinhos, pois a perfuração para injeção dos tirantes pode provocar recalques e a proteção prejudicar as fundações no entorno devido aos esforços horizontais (AZEVEDO e MAGALHÃES, 2016, 04p).

Muro de concreto: sua utilização é mais usual em áreas com taludes em declive e aclave e na execução de aterro e desaterros, sendo formado por conjunto de armaduras que se juntam com o concreto (figura 15). Podem ser utilizados em qualquer tipo de situação desde que o solo seja compatível com o solicitado. Deve levar em conta que sua construção não é viável para alturas com mais de 7,0m, além disso possui alto custo construtivo. Deve existir um sistema de drenagem, podendo ser feito através de drenos de areia ou por barbacãs (ESTEVES *et al*, 2018, 40p; GONÇALVES e SILVEIRA, 2016, 56p)

Figura 15 – Muro de concreto.



Fonte: Metromodular.

Muro de saco de solo-cimento: técnica que usa sacos de solo estabilizado com cimento organizados em fileiras (figura 16). Esse tipo de técnica tem como vantagem o baixo custo e não necessita de mão de obra especializada pra sua execução. Consiste na mistura de solo com cimento de forma uniforme e adição de água para melhor compactação. Os sacos devem ser amarrados e em seguidas socados para melhor estabilidade. Não devem ultrapassar alturas maiores que 5,0m, sendo indicado melhor em áreas que contenham solos arenosos, pois aumenta sua durabilidade (ESTEVES *et al*, 2018, 38-39p; GONÇALVES e SILVEIRA, 2016, 52p).

Figura 16 – Muro solo-cimento.



Fonte: Cimento montes claros.

Muros de pneus: segundo Duarte (2013, 25p), Esteves *et al* (2018, 37p) e Gonçalves e Silveira (2016, 53-54p) são muros constituídos de camadas de pneus colocados horizontalmente formando assim uma parede vertical (figura 17), sendo amarrados entre si com corda ou arame. Também considerada um obra de baixo

custo devido ao reaproveitamento de materiais geralmente descartados, tornando-se uma construção vantajosa.

Figura 17 – Muro de contenção de pneus.



Fonte: Abides.

Os mesmos autores completam que o número de camadas dependerão do tamanho de talude a ser contido e inclinação. Os autores determinam que a altura máxima desse tipo de contenção fique entre 5,0 a 8,0m. Caso o solo tenha características argilosas, recomenda-se a utilização de sistemas de drenagem, pois esse tipo de solo interfere no escoamento do solo (DUARTE, 2013, 25p; ESTEVES *et al*, 2018, 36p; GONÇALVES e SILVEIRA, 2016, 54p).

4.2 Setores de riscos

4.2.1 Identificação dos setores de riscos e fatores de interferência

Os setores de risco foram divididos conforme o estudo de ação emergencial feito pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Foram identificadas cinco áreas propícias a deslizamentos mostradas no quadro, bem como seu risco.

Quadro 1 – Setorização das áreas quanto ao risco.

SETOR 1	Bairros Betel e Ceasa	Risco Alto
SETOR 2	Bairro Centro	Risco Alto
SETOR 3	Bairro Floresta	Risco Alto
SETOR 4	Bairro Sagrada Família	Risco Muito Alto
SETOR 5	Bairro Floresta	Risco Alto

Fonte: Autor, 2019.

Setor 1 – Bairros Betel e Ceasa: Risco alto. Moradias presentes nas bases das encostas. Taludes apresentando pontos com processo de erosão devido ação da água da chuva e outros apresentando escorregamentos. Áreas podendo ser observadas com taludes com cortes indevidos, favorecendo o movimento de maciços.

Setor 2 – Bairro Centro: Risco alto. Habitações construídas nas bases das encostas. É possível observar pequenos pontos de deslizamentos nas laterais e fundos dos lotes. Falta de sistemas de drenagem em alguns pontos ao longo do setor. Encontra-se talude em cortes incorretos favorecendo o deslizamento.

Setor 3 – Bairro Floresta: Risco alto. Ocupações na base de encostas. Observa-se a presença de taludes expostos em fundos de lotes e alguns com características de deslizamentos. Habitações desordenadas e cortes feitos de forma irregular. Toda a região apresenta pontos de erosão.

Setor 4 – Bairro Sagrada Família: Risco muito alto. Ocupações na base de encosta declivosa. Identificação de pontos com erosão devido à ação da chuva. Exposição de taludes com vários pontos de escorregamento e cortes irregulares. Habitações construídas de forma desordenada, favorecendo a ocorrência de deslizamentos; é possível identificar pontos de erosão em todo o setor.

Setor 5 – Bairro Floresta: Risco alto. Moradias presentes nas bases das encostas. Presença de deslizamentos nos fundos e laterais dos lotes, com marcante presença de ocupação desordenada. Taludes com cortes irregulares e falta de sistema de drenagem e sistema de esgoto adequado. Identificação de erosão em vários pontos do bairro.

O Ministério das Cidades descreve o comportamento dos setores de acordo com cada tipo de risco que eles estão sujeitos. Nos quadros 2 e 3 se encontram características como moradia, comportamento em períodos de chuvas (enchentes e inundações), etc.

Quadro 2 – Classificação quanto ao risco.

Risco Muito Alto - Risco 4	a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).
	a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado

Risco Alto - Risco 3	<p>poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);</p> <p>b) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2);</p> <p>c) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);</p> <p>d) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).</p>
Risco Médio - Risco 2	<p>a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);</p> <p>b) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2);</p> <p>c) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);</p> <p>d) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).</p>
Baixo Risco - Risco 1	<p>a) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);</p> <p>b) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);</p> <p>c) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);</p> <p>d) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2).</p>

Fonte: Brasil, 2004,89-90.

No quadro 3 é possível observar as características de acordo com o risco da área. Detalhes como tipo de construção, tipo de enchentes e impactos são classificados de forma breve e objetiva. Esse quadro como pode ser observado é um complemento das informações presentes no quadro 2 descrito anteriormente.

Quadro 3 – Classificação de vulnerabilidade e periculosidade.

C1	Enchente e inundação lenta de planícies fluviais;
C2	Enchente e inundação com alta energia cinética;
C3	Enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido;
V1	Alta vulnerabilidade de acidentes: baixo padrão construtivo onde predominam moradias construídas com madeira, madeirite e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos;
V2	Baixa vulnerabilidade de acidentes: médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias construídas em alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.
P1	Alta periculosidade: alta possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo;
P2	Baixa periculosidade: baixa possibilidade de impacto direto considerando o raio de alcance do processo.

Fonte: Brasil, 2004, 87-88.

Através das visitas e fotos registradas nos locais, foi possível observar as características de cada setor. As definições do comportamento de cada local foi baseada levando em consideração os quadros 2 e 3, resultando no quadro 4. Com a análise desses comportamentos, foi possível chegar de forma mais objetiva nas propostas de soluções para melhoria desses setores.

Quadro 4 – Descrição dos setores de risco.

Setor 1 - Risco Alto	Propício a grande movimento de inundações e enchentes associado a alto poder de destruição. Moradias com construções em padrão bom, feitas de alvenaria capazes de resistir aos impactos diretos.
----------------------	---

Setor 2 e 3 - Risco Alto	Moradias de característica padrão feitas de alvenarias, resistentes aos impactos. Sujeitas a transporte de materiais sólidos e enchentes e inundações com alta movimentação em seu curso, gerando elevado poder destrutivo.
Setor 4 - Risco Muito Alto	O local é propício a inundações e enchentes com transporte de material sólido. Suas moradias são classificadas como padrão baixo feitas de restos de material e madeira sendo baixa sua resistência a impactos de processos hidrológicos, além de estar em uma áreas de alto que sofrem impactos, geralmente diretamente afetados pela chuva
Setor 5 - Risco Alto	Sujeito a altos movimentos de inundação e enchentes. Moradias com padrão construtivo bom, situadas em áreas com baixa possibilidade de impacto.

Fonte: Autor, 2019.

4.2.2 Soluções preventivas e corretivas

A primeira solução indicada para melhoria dos setores de risco é a adoção de sistemas drenantes capazes de atender a demanda do local. Como já mencionando anteriormente, a drenagem trabalha nas infiltrações indesejáveis que modificam o comportamento do solo, ocasionando o desmoronamento de taludes. Outro sistema indicado também é o de coleta de esgoto. Locais que não possuem esse tipo de sistema tendem a receber de forma indevida o descarte direto de rejeitos no solo. Além da contaminação que as populações estão sujeitas, há também a infiltração desses fluídos interferindo nas características do solo, resultando também nos movimentos de massa.

Outra alternativa indicada nessas áreas seria a relocação de famílias e remoção de moradias que já estão condenadas a risco. Esse tipo de solução requer um estudo mais profundo, pois é necessário outro local para abrigar as famílias que serão realocadas, necessitando analisar também a disponibilidade de capital para investir em programas de habitação.

Um trabalho em conjunto com a defesa civil também é uma proposta válida para solucionar os problemas encontrados nessas áreas. Fazer o monitoramento dessas áreas em épocas de chuva que são mais propícias a acidentes, fiscalização mais rigorosa em relação às construções futuras e análise do comportamento de

habitações já existentes. Em períodos chuvosos se atentarem ao volume de água previsto para o local emitindo alerta de possíveis riscos presentes nas regiões.

A contenção desses locais é uma alternativa muito eficaz quando avaliada de maneira correta. A proteção natural dessas encostas ajuda na drenagem superficial dos taludes, evitando os escorregamentos devido às infiltrações de água. Outra solução bastante utilizada são as contenções feitas por muros de arrimo a fim de estabilizar o solo deslizando ocasionado de um esforço superior a aquele que o talude suporta, em alguns casos trabalhando em conjunto com o sistema drenante.

4.2.3 Análise das características do solo

Inicialmente foi recolhida uma quantidade de solo suficiente para ser levada em laboratório e posteriormente analisada. O primeiro teste realizado foi o de granulometria. As amostras de cada setor foram passadas em um conjunto de malhas de peneiras de forma a reterem os grãos mais granulares e permitir a passagem daqueles mais finos. Com isso foi possível obter os valores previstos nas tabelas apresentadas em apêndice. Com esse ensaio obtém-se o tamanho das partículas dos grãos presentes no solo além de suas características de uniformidade e seu comportamento drenante.

Das Braja (2014, 44p) em sua literatura, divide as partículas granulométricas do solo da seguinte forma:

Pedregulho	76,2 mm – 4,75 mm
Areia	4,75 mm – 0,75 mm
Grãos finos (silte e argila)	< 0,075 mm

Os solos analisados não ficaram retidos na peneira de 4,75mm por suas partículas serem menores. Com essa característica observada inicialmente, foi desconsiderado que o solo poderia ser classificado como um pedregulho, tratando-se então de um solo com características mais finas se comportando como areia, argila ou silte.

Pinto (2006, 275p) explica que as areias referem-se a materiais granulares, onde a existência mínima de finos presente não influencia no seu comportamento como todo. A tabela 1 mostra um resumo da porcentagem de grãos que passaram

na peneira de <0,075mm para cada setor avaliado. Observa-se que a quantidade de argila ou silte presentes não chega a 10% da amostra total, apresentando inicialmente um solo de comportamento mais arenoso.

Tabela 1 – Porcentagem de finos no solo.

Amostra	< 0,075 mm
Setor 1	5,98 %
Setor 2	4,70%
Setor 3	5,74%
Setor 4	3,99%
Setor 5	7,53%

Fonte: Autor, 2019.

O mesmo autor menciona que o solo será classificado, levando em conta qual fração granulométrica for predominante. Exemplifica em seu contexto que se um solo for composto de 30% de pedregulho, 40% areia e 30% de finos, será portanto classificado como areia, ou em sua nomenclatura universal – S (PINTO, 2006, 65p). O sistema de classificação universal foi proposto por Casagrande no ano de 1942 durante a Segunda Guerra Mundial para a construção de um aeródromo. No ano de 1952, esse mesmo sistema foi revisado e nos dias atuais são empregados por engenheiros para a classificação de solos (DAS BRAJA, 2014, 101p). O quadro proposto por Pinto (2006, 64p) organiza as nomenclaturas utilizadas no sistema de classificação universal.

Quadro 5 – Nomenclatura universal.

G	Pedregulho
S	Areia
M	Silte
C	Argila
O	solo orgânico
W	bem graduado
P	mal graduado
H	alta compressibilidade
L	baixa compressibilidade
Pt	turfas

Fonte: Pinto, 2006.

Solos bem graduados significa que existem diversos diâmetros de grãos no solo. Para o ramo da construção civil, os engenheiros entendem que esse tipo de solo se comporta melhor, pois a variação de tamanho faz com que partículas menores ocupem os espaços vazios encontrados entre os grãos, resultando menor compressibilidade e maior resistência. Essa característica pode ser obtida através do *coeficiente de não uniformidade*, expressa pela equação 2 (PINTO, 2006, 65-66p). Alguns autores como Das Braja (2014, 101p) e Craig e Knappett (2014, 11p) utilizam *coeficiente de uniformidade* como nomenclatura.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2)$$

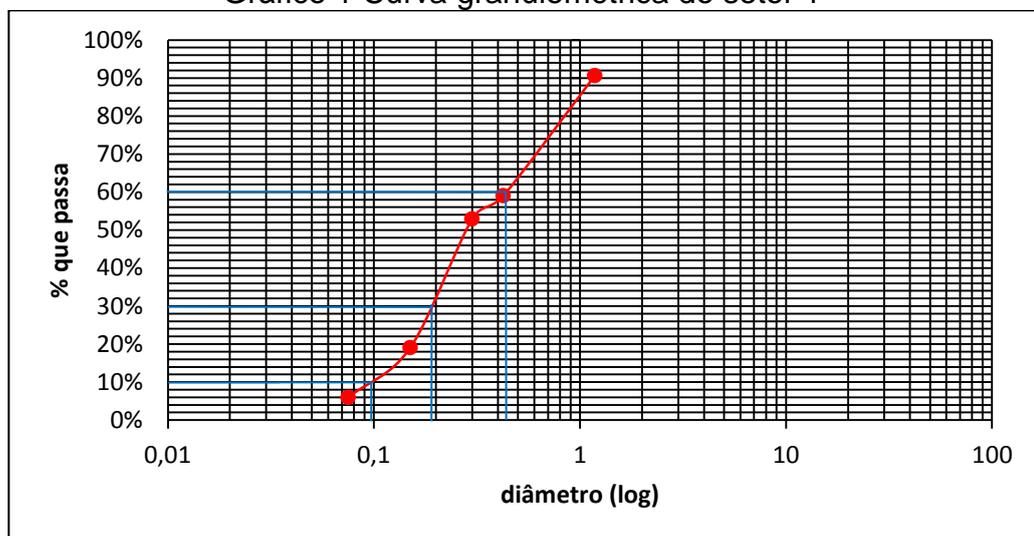
Sendo:

D10: diâmetro das partículas que passam em 10%. Também encontrado como diâmetro efetivo;

D60: diâmetro das partículas que passam em 60%.

É nesse seguimento que entra as curvas de distribuição granulométrica. Nela é possível traçar os valores de referência dos diâmetros correspondentes a cada porcentagem de material passante nas peneiras. Para entender a obtenção desses valores, toma-se como exemplo a curva granulométrica do setor 1, obtida através dos valores encontrados em laboratório.

Gráfico 1 Curva granulométrica do setor 1



Fonte: Autor, 2019

A linha azul traçada na curva granulométrica corresponde ao diâmetro de 60% de material passante. No eixo X que é a divisão desses diâmetros pode se observar que quando a curva se encontra em 60%, o valor de diâmetro obtido é de aproximadamente 0,450 mm. O mesmo é feito para os valores de D10 e D30, esse último utilizado para cálculo de coeficiente de curvatura através da equação 3. Segundo Craig e Knappett (2014, 11p), um solo bem graduado tem seu coeficiente de curvatura entre 1 e 3.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (3)$$

D30: diâmetro das partículas referente a 30% do material passante;

Os coeficientes de uniformidade e de curvatura encontrados nas amostras de solos estão organizados na tabela 2. O cálculo de cada coeficiente se encontra no memorial de cálculo no apêndice desse mesmo trabalho.

Tabela 2 – Coeficientes dos solos de cada setor

SETOR	D10	D30	D60	Cu	Cc
1	0,099	0,190	0,450	4,545	0,810
2	0,120	0,205	0,360	3,000	0,973
3	0,110	0,220	0,630	5,727	0,698
4	0,130	0,210	0,480	3,692	0,707
5	0,088	0,185	0,485	5,512	0,801

Fonte: Autor, 2019.

Para classificar a simbologia dos grupos de solos, Das Braja propõe em sua literatura a divisão prevista no quadro 3. Tomando como exemplo prático o setor 1, apresenta-se as seguintes informações do ensaio granulométrico (tabela 3):

Tabela 3 – Resultados de ensaio granulométrico do setor 1.

Ensaio de Granulometria					
Setor 01 - Bairros Betel e Ceasa			Amostra: 700 g		
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passada
16	1,18	65,9	9,41	9,41	90,59
40	0,425	220,85	31,55	40,96	59,04
50	0,3	42,74	6,11	47,07	52,93
100	0,15	237,34	33,91	80,98	19,02
200	0,075	91,27	13,04	94,02	5,98
Fundo	*	38,7	5,52	*	*

Fonte: Autor, 2019.

Comparando esses valores com a tabela de classificação universal de grupos (tabela 4), o solo em questão está na família das areias já que mais de 50% do material passou pela peneira de nº 4. O mesmo acontece quando se cruzam as informações de coeficiente de uniformidade, de curvatura e a porcentagem de finos passante na peneira nº 200. Tendo como referencia essa classificação, o solo em questão fica classificado como SP-SM – Areia siltosa mal graduada. Para uma explicação mais profunda de como são traçadas as informações, o memorial de cálculo presente em apêndice traz de forma específica todas as relações e cálculos para a definição do solo.

A classificação dos outros setores fica definida como:

- Setor 2: Areia mal graduada – SP;
- Setor 3: Areia argilosa mal graduada – SP-SC;
- Setor 4: Areia mal graduada – SP;
- Setor 5: Areia siltosa mal graduada – SP-SM.

Tabela 4 – Símbolos de grupos

Critérios para atribuir símbolos aos grupos			Símbolo de grupo	
Solos grossos Mais de 50% de material retido na peneira de nº 200	Pedregulhos Mais de 50% da fração grossa retida na peneira nº 4	Pedregulhos puros	$C_u \geq 4$ e $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
		Menos de 5% de finos ^a	$C_u < 4$ e/ou $C_c < 1$ ou $C_c > 3^c$	GP
		Pedregulhos com finos	$IP < 4$ ou representado abaixo da linha "A"	GM
		Mais de 12 % finos ^{a,d}	$IP > 7$ e representado acima ou na linha "A"	GC
	Areias 50% ou mais da fração grossa passa pela peneira nº 4	Areias puras	$C_u \geq 6$ e $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
		Menos de 5% de finos ^b	$C_u < 6$ e/ou $C_c < 1$ ou $C_c > 3^c$	SP
		Areia com finos	$IP < 4$ ou representado abaixo da linha "A"	SM
		Mais de 12 % finos ^{b,d}	$IP > 7$ e representado acima ou na linha "A"	SC
Solos finos 50% ou mais do material passa na peneira nº 200	Silte e argilas Limite de liquidez menor que 50	Inorgânicos	$IP > 7$ e representado acima da Linha "A" $IP < 4$ ou representado abaixo da Linha "A"	CL ML
		Orgânicos	$\frac{\text{Limite de liquidez-seco em estufa}}{\text{Limite de liquidez-sem secagem}} < 0,75;$	OL
	Silte e argilas Limite de liquidez de 50 ou mais	Inorgânicos	IP representado acima da Linha "A"	CH
			IP representado abaixo da Linha "A"	MH
		Orgânicos	$\frac{\text{Limite de liquidez-seco em estufa}}{\text{Limite de liquidez-sem secagem}} < 0,75;$	OH
Solos altamente orgânicos	Matéria essencialmente orgânica, de cor escura e odor orgânico.		Pt	

^a Pedregulhos com 5 a 12% de finos exigem classificação com dois símbolos: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^b Areias com 5 a 12% de finos exigem classificação com dois símbolos: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}};$$

^d Se $4 \leq IP \leq 7$ é representado na área hachurada na

. use classificação de dois símbolos GC-GM ou SC-SM.

^e Se $4 \leq IP \leq 7$ é representado na área hachurada na

. use classificação de dois símbolos CL-ML.

Fonte: Das braja, 2014, 102p

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a grande extensão de locais impróprios para habitações, o índice de acidentes envolvendo movimentos de massa vem aumentando cada vez mais no país, gerando grandes prejuízos ambientais e sociais. Gerenciar essas situações através do Poder Público pode trazer bons resultados, evitando que muitos outros acidentes desse tipo possam ocorrer. A avaliação dos locais considerados de risco é de suma importância para sua prevenção.

As propostas de medidas estruturais e de infraestrutura básica como forma de prevenir os acidentes nessas áreas de risco tornam-se uma excelente opção devido a gama de situações que podem ser melhoradas através dessas ações reparadoras. A junção do estudo de medidas estruturais com o bom planejamento das cidades minimizará os riscos, tornando as habitações sinônimas de segurança e bem-estar social.

Por tratar de uma cidade pequena onde os investimentos públicos são escassos, a adoção de medidas como sistema de drenagem e esgoto ajudará na melhoria dos locais avaliados. Para contenções como muros de arrimo, o ideal é avaliar e planejar o capital disponível para escolha da melhor contenção. Muros que reaproveitam materiais, ou erguidos com materiais de mais fácil acesso na região, diminuí o custo e mão de obra.

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo de dimensionamento de sistema de drenagem e de contenção nos locais de risco, a fim de estimar um custo para melhoria no local. Esse tipo de estudo pode abordar, por exemplo, as questões econômicas da cidade, sobretudo porque justamente a população menos favorecida, com pouco ou quase nenhum poder aquisitivo, é que sofre com intercorrências desse tipo. É preciso, primeiramente, modificar a realidade da população mais pobre, fornecer moradias mais dignas, com locais mais seguros, para que a longo prazo movimentos de massa não aconteçam mais.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C. P. B; MAGALHÃES, T. A. Análise Técnica e Econômica de Estruturas de Contenção de Taludes. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Belo Horizonte, out. 2016. Disponível em <<https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/PROCEEDINGS/PDF/GJ-04-0003.pdf>>. Acesso em 05 de outubro de 2019.

ABIDES. Pneus. Disponível em: < <http://abides.org.br/pneus-podem-ser-base-de-muros-de-contencao-em-encostas-no-pais/pneus/>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.

ABNT. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, p. 13. 2003.

ABNT. NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, p. 07. 2016.

ABNT. NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, p. 09. 2016.

AECWEB. Cortina atirantada em concreto armado contém empuxos do solo. Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/cortina-atirantada-em-concreto-armado-contem-empuxos-do-solo_14268_10_0>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.

ALMEIDA, A; BELO, C. G. Solução exige uma década. Curitiba: Gazeta do Povo, jan. 2011. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/solucao-exige-uma-decada-ebrow559248fqpt0aernt6q8e/>>. Acesso em: 13 de setembro de 2019.

ALVES, G. M. Crescimento urbano e susceptibilidade ao deslizamento de encostas na microbacia do córrego São João, Caratinga/MG. Dissertação em Pós-Graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade. Centro Universitário de Caratinga. Caratinga, 2008. 57p. Disponível em: <http://bibliotecadigital.unec.edu.br/bdtdunec/tde_arquivos/22/TDE-2009-08-14T075928Z-90/Publico/DISSERTACAO%20FINAL_Gilseia.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2019.

ALVES, P. R; BARBOSA, Z. N. T; OLIVEIRA, W. N. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos: estudo de caso: Angra dos Reis-RJ. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, abr/mai. 2011.

Disponível em:

<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.21.14.23/doc/p1103.pdf>>.
Acesso em: 29 de setembro de 2019.

AMARAL, R; SANTORO, J; TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 197p.

ARAÚJO, R; GUMARÃES, R. B; TERRA, L. Conexões: estudo de geografia e do Brasil. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 264p.

ARAÚJO, R. S. Curso básico de percepção do risco geológico. Vitória: Serviço Geológico do Brasil, out. 2017. 84p. Disponível em:

<<file:///C:/Users/ingri/OneDrive/Imagens/Área%20de%20Trabalho/TCC/Processos%20de%20Movimentos%20de%20Massa%20-%20Deslizamentos,%20Rastejo,%20Corridas%20de%20Detritos.pdf>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

BASSANELI, H.R; et al. Estabilidade de taludes. Lorena: UNIASAL, out, 2016.

Disponível em<

<http://www.revista.unisal.br/lo/index.php/revistajornada/article/view/484>>. Acesso em 04 de outubro de 2019.

BIANCHIN, V. O que provoca os deslizamentos de terra? São Paulo: Abril, nov.

2018. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-provoca-os-deslizamentos-de-terra/>>. Acesso em 17 de setembro de 2019.

BISSOLI, D. D; SILVA, A. C. O. Chalé Minas Gerais: aspectos históricos. Lajinha, 2001. 116p.

BOBROWSKY, P; HIGHLAND, L. M. O Manual de Deslizamento: um guia para a compreensão de deslizamentos. Tradução de Paulo Rogério, 2008. 176p. Disponível em:<https://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/Deslizamentos_M5DS_0.pdf> Acesso em: 22 de setembro de 2019.

BRASIL. Capacitação em Mapeamento e Gerenciamento de Risco. Brasília: Ministério das Cidades, 2004. 122p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, de 05 de outubro de 1988. Brasília – Diário Oficial da União. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/cc/ivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

BRASIL. Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Brasília – Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 16 de setembro de 2019.

BRESSANI, L. A; GUASSELLI, L. A; RIFFEL, E. S. Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 21p. Disponível em: <[file:///C:/Users/ingri/Downloads/42796-Texto%20do%20artigo-179538-1-10-20160816%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/ingri/Downloads/42796-Texto%20do%20artigo-179538-1-10-20160816%20(6).pdf)>. Acesso em: 24 de setembro de 2019.

CABREUVAPEDRAS. Disponível em: < <https://cabreuvapedras.com.br/muro-de-gabiao/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

CABREUVAPEDRAS. Disponível em: < <https://cabreuvapedras.com.br/muro-de-gabiao/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

CAMPANHA, G. A. C; NEGRÃO, A. P. Geomorfologia e fotogeologia: a geomorfologia e seu objeto de estudo. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2018. 54p. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1988428/mod_resource/content/1/1%20-%20A%20Geomorfologia%20e%20seu%20objeto%20de%20estudo_ANDRE.pdf>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações: mecânica das rochas, fundações e obras de terra. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. v. 2, 560p.

CARDOSO, L. C. V; CLENES, C; DOURADO, V. C. O processo de urbanização Brasileira. Estudos, vida e saúde. Goiânia, v. 37, n. 5/6, mai/jun. 2010. Disponível em: <<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/1753>> Acesso em: 25 de setembro de 2019.

CASTRO, A. L. C. Glossário da defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres. 2. ed. Brasília: Revista e Ampliada, 1998. 173p. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GL_OSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf>. Acesso em 25 de setembro de 2019.

CHALÉ. Código de obras do município de Chalé/MG e dá outras providências, nº 333, de 18 de novembro de 1985.

CIMENTO MONTES CLAROS. Solo cimento: como fazer uma obra sustentável e

mais barata?. Disponível em: < <https://cimentomontesclaros.com.br/solo-cimento/>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.

CRAIG, R. F; KNAPPETT, J. A. Craig mecânica dos solos. Tradução de Amir Elias Abdalla Kurban. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 419p.

CUNHA, L. Crescimento urbano espontâneo e riscos naturais na cidade da Praia (Cabo Verde). Cadernos de Geografia. Coimbra, n. 30-31, set. 2012. Disponível em: <<https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/view/2405>>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

DAS BRAJA, M. Fundamentos de engenharia geotécnica. Tradução de All Tasks. 6. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007, 561p.

DAS BRAJA, M. Fundamentos de engenharia geotécnica. Tradução de Noveritis do Brasil. 8. ed. São Paulo: Trilha, 2014. 612p.

D'ORSI, R. N. et al. Os 50 maiores acidentes geológico-geotécnicos na cidade do Rio de Janeiro entre 1966 e 2016. 113p. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/wp-content/uploads/2016/12/PDF_ESTRUTURA-DO-LIVRETO_50-MAIORES-ACIDENTES-A5.pdf>. Acesso em: 24 de setembro de 2019.

DUARTE, M. P. Estabilidade de talude e muro de arrimo. 2013. 63. Monografia (Especialização em construção civil). UFMG, Belo Horizonte, 2013. Disponível em < <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9GFJNM>> Acesso em: 07 de outubro de 2019.

EBERHARDT, P. H. C; LIMA, J. F; PIACENTI, C. A. Economia e desenvolvimento regional. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2016. 200p. Disponível em: <[http://files.ndrunioeste.com.br/200000094-02392032ce/Livro%202%20-%20Economia%20e%20Desenv.%20Regional%20\(Ebook\).pdf#page=41](http://files.ndrunioeste.com.br/200000094-02392032ce/Livro%202%20-%20Economia%20e%20Desenv.%20Regional%20(Ebook).pdf#page=41)>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

ESTEVES, I. C. A; et al. Revista científica de ciências aplicadas da FAIP. Marília, v.5, 13p, nov. 2018. Disponível em < http://faip.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/zSVPHrhoDm0uDFQ_2019-10-23-15-8-9.pdf> . Acesso em 02 de outubro de 2019

FERNANDES, V. Ministério Público vai investigar desastre no Morro da Boa Vista, ES. Vitória: A Gazeta, jan. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2016/01/ministerio-publico-vai-investigar-desastre-no-morro-da-boa>>

vista-es.html>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

FREITAS, C. M. et al. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na região serrana, Brasil. Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600021>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

FREITAS, E. C; PRODANOV, C.C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Nova Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. 276p.

GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de taludes. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 192p.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200p.

GONÇALVES, J. M; SILVEIRA, M. A. Identificação das áreas de risco de Caratinga e proposta de soluções de engenharia. 2016. 105p. (Trabalho de conclusão de curso). Faculdades Integradas de Caratinga, Caratinga, 2016.

GOOGLE EARTH. Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

GOOGLE TRADUTOR. Disponível em: <<https://translate.google.com.br/?hl=pt-BR>>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S. Geomorfologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 190p.

Guia da engenharia. Muros de arrimo: conceito, tipologias. Disponível em: <<https://www.guiadaengenharia.com/muros-arrimo-conceito-tipos/>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores sociais municipais. Rio de Janeiro, 2010 e 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/chale/panorama>>. Acesso em 22 de setembro de 2019.

IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Comunicação técnica nº 175299. São Carlos, 2018. Disponível em: <<http://escriba.ipt.br/pdf/175229.pdf>>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

JÚNIOR, E. M; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. Ambiente e Sociedade. Campinas, v. 7, n. 2, jul/dez. 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/download/11705/8445>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311p.

MACÊDO, C. S; SILVA R. C. N. A urbanização brasileira. 2009, 20p. Disponível em: <http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia%20-%20Reing/Geografia%20Urbana/Geo_Urb_A05_WEB_ZBM_SF_SI_SE_161209.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

MARANGON, M. Estabilidade de taludes: tipos e causas dos escorregamentos. Tópicos em geotecnia e obras de terra, Juiz de Fora, 2009. 25p. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

MEIRELLES, H. L. Direito municipal brasileiro. 16. ed. São Paulo: Malheiros, 2008. 854p.

METRO MODULAR. Forma para muro de concreto. Disponível em: <<http://metromodular.com.br/forma-muro-concreto>>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.

O GLOBO. Desastre na região serrana foi maior devido à ocupação irregular do solo. Rio de Janeiro, nov. 2011. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/rio/desastre-na-regiao-serrana-foi-maior-devido-ocupacao-irregular-do-solo-2838491>>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

ONU-ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Situação da população mundial 2007: desencadeando o potencial de crescimento urbano. Nova York: Fundo de População das Nações Unidas, 2007. 108p. Disponível em: <<https://brazil.unfpa.org/pt-br/publications/situa%C3%A7%C3%A3o-da-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-2007>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

PARIZZI, M. G. Desastres naturais e induzidos e o risco urbano. Geonomos. Belo

Horizonte, v. 22, n. 01, set/jun. 2013/2014. Disponível em:
<<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/download/11705/8445>
>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

PENNA, A; TREVISOL, A. Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Chalé, MG. Repositório Institucional de Geociências, out. 2012. Disponível em:
<<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19203>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

PINHEIRO, O. M. Plano diretor e gestão urbana. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, 2010.

PINTO. Curso básico de mecânica dos solos. 3ed. São Paulo: Oficina de textos: 2006, 363p.

PORTAL IG. Duas grandes chuvas marcaram o Rio em 2010. Rio de Janeiro, jan. 2011. Disponível em: <<https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/rj/duas-grandes-chuvas-marcaram-o-rio-em-2010/n1237943580388.html>>. Acesso em 24 de setembro de 2019.

PUC-PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA. Tipos de escorregamentos em maciços rochosos: ruptura em cunha. Rio de Janeiro, nov. 2006. 10p. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11512/11512_3.PDF>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

QUAINO, L. Tragédia na Região Serrana do RJ faz um ano ainda com cicatrizes. Rio de Janeiro: G1, jan. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2012/01/tragedia-na-regiao-serrana-do-rj-faz-um-ano-ainda-com-cicatrizes.html>>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

REIS, F. A. G. V. Movimentos de massa. 2001, 22 slides. Disponível em:
<<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09a.html>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

RIFFEL, E. S. Análise e mapeamento das ocorrências de movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Paranhana (RS). Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em:
<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/60792/000863442.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 24 de setembro de 2019.

SALATIEL, J. R. Tragédia no Rio: o maior desastre natural do país. Disponível em: <<https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/tragedia-no-rio-o-maior-desastre-natural-do-pais.htm>>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.

SILVA, C. F. R; VARGAS M. A. M. Sustentabilidade urbana: raízes, conceitos e representações. Scientia Plena, Sergipe, v. 6, n. 3, mar. 2010. 6p. Disponível em: <<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/158/32>>. Acesso em: 23 de setembro de 2019.

SILVA, D. R. Análise de risco associado a movimentos de massa utilizando indicadores socioambientais para área central do município de Angra dos Reis – RJ. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017. 178p. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1947.pdf>>. Acesso em: 22 de setembro de 2019.

SIQUEIRA, J. B; SANTOS, D. M. F. Uso de técnicas de geoprocessamento na análise de áreas de risco no bairro América, Aracajú/SE. Revista de Geologia. São Cristóvão, v. 28, n. 01, dez/mar. 2014/2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14888/1/art_jbsiqueira_2015.pdf>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

SOARES, P. R. R. O Estatuto da cidade e a construção de “espaços de esperança”. In: Encontro estadual de geografia. 23. ed. Porto Alegre: Ulbra, 2009.

SPINK, M. J. P. Viver em áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e os sentidos de risco no cotidiano. Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, set. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.01182014>>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

VEYRET, Y. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

APÊNDICE A – Memorial de cálculo

Ensaio granulométrico

Todos os ensaios aqui calculados foram baseados nos relatórios de ensaios técnicos desenvolvido pela Faculdade Doctum de Caratinga que foram adaptados seguindo as normas vigentes.

Os valores obtidos no peneiramento do solo foram anotados e organizados por tabela para melhor entendimento.

Setor 1 – Bairros Betel e Ceasa

Tabela 5 – Ensaio granulométrico do Setor 1.

Ensaio de Granulometria					
Setor 01 - Bairros Betel e Ceasa			Amostra: $\cong 700$ g		
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passada
16	1,18	65,9	9,41	9,41	90,59
40	0,425	220,85	31,55	40,96	59,04
50	0,3	42,74	6,11	47,07	52,93
100	0,15	237,34	33,91	80,98	19,02
200	0,075	91,27	13,04	94,02	5,98
Fundo	*	38,7	5,52	99,54	0,46
Total	*	696,80	99,54	371,98	*

Fonte: Autor 2019.

Setor 2 – Bairro Centro

Tabela 6 – Ensaio granulométrico do Setor 2.

Ensaio de Granulometria					
Setor 02 - Bairro Centro			Amostra: \cong 700 g		
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passada
16	1,18	55,7	7,96	7,96	92,04
40	0,425	181,24	25,89	33,85	66,15
50	0,3	98,56	14,08	47,93	52,07
100	0,15	252,12	36,02	83,95	16,07
200	0,075	79,39	11,34	95,29	4,7
Fundo	*	30,87	4,41	99,7	0,3
Total	*	697,89	99,7	368,58	*

Fonte: Autor, 2019.

Setor 3 – Bairro Floresta

Tabela 7 – Ensaio granulométrico do Setor 3.

Ensaio de Granulometria					
Setor 03 - Bairro Floresta			Amostra: \cong 600 g		
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passada
16	1,180	102,23	17,04	17,04	82,96
40	0,425	208,03	34,67	51,71	48,29
50	0,300	39,75	6,63	58,35	41,65
100	0,150	147,62	24,6	82,88	17,12
200	0,075	68,25	11,37	94,25	5,74
Fundo	*	34,1	5,68	99,93	0,06
Total	*	599,98	99,99	404,16	*

Fonte: Autor, 2019.

Setor 4 – Bairro Sagrada Família

Tabela 8 – Ensaio granulométrico do Setor 4.

Ensaio de Granulometria					
Setor 04 - Bairro Sagrada Família			Amostra: $\cong 700$ g		
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passada
16	1,180	72,95	10,42	10,42	89,58
40	0,425	229,8	32,83	43,25	56,75
50	0,300	61,35	8,76	52,01	47,99
100	0,150	230,54	32,93	84,94	15,06
200	0,075	78,11	11,16	96,01	3,99
Fundo	*	27,53	3,93	99,94	0,06
Total	*	700,28	100,03	386,57	*

Fonte: Autor, 2019.

Setor 5 – Bairro Floresta

Tabela 9 – Ensaio granulométrico do Setor 5.

Ensaio de Granulometria					
Setor 05 - Bairro Floresta			Amostra: $\cong 700$ g		
Peneira	Abertura (mm)	Massa Retida (g)	% Retida	% Acumulada	% Passada
16	1,180	96,81	13,83	13,83	86,17
40	0,425	201,4	28,77	42,6	57,4
50	0,300	58,89	8,41	51,01	48,99
100	0,150	194,51	27,79	78,8	21,2
200	0,075	95,64	13,66	92,46	7,53
Fundo	*	49,48	7,07	99,52	0,47
Total	*	696,73	99,53	378,22	*

Fonte: Autor, 2019.

Limite de Liquidez

Para os setores 1,2,4 e 5 não foi possível determinar o limite de liquidez do solo, sendo considerado como NP.

Setor 3 – Bairro Floresta:

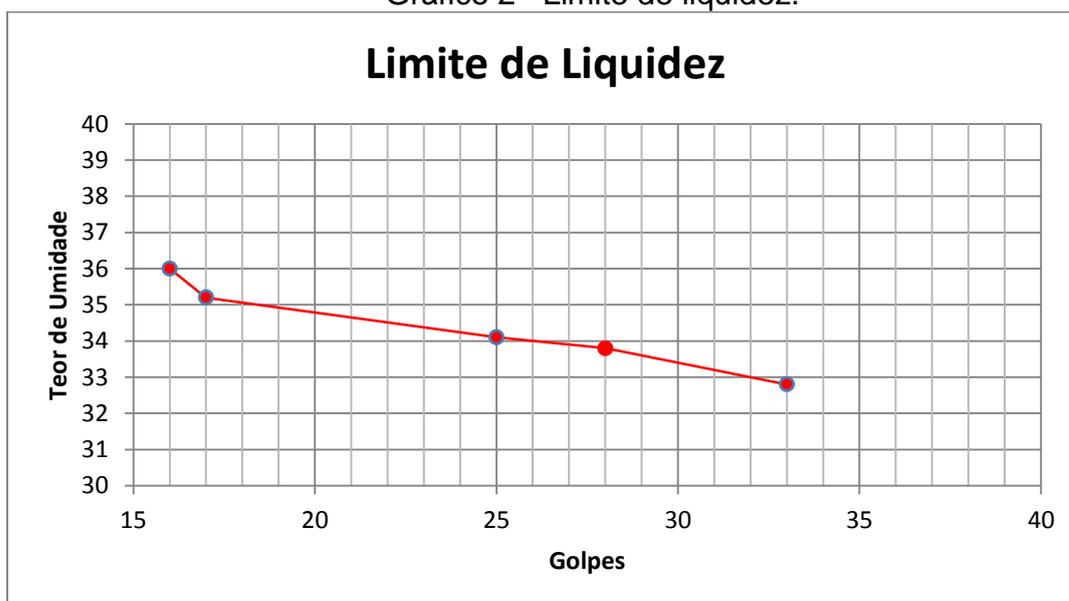
Tabela 10 – Ensaio Limite de Liquidez

Cápsula nº	1	2	3	4	5
Nº de Golpes	33	28	25	17	16
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	19,98	20,91	20,16	16,53	21,14
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	18,63	19,24	18,73	15,26	18,84
Peso da Cápsula (g)	14,52	14,3	14,54	11,65	12,45
Peso Solo Seco (g)	4,11	4,94	4,19	3,61	6,39
Peso da Água	1,35	1,67	1,43	1,27	2,3
Teor de Umidade (%)	32,8	33,8	34,1	35,2	36

Fonte: Autor, 2019.

Os valores obtidos foram organizados em gráfico respeitando as coordenadas estabelecidas pela norma ABNT NBR 6459:2016:

Gráfico 2– Limite de liquidez.



Fonte: Autor, 2019.

O valor encontrado de teor de umidade em 25 golpes foi de $\cong 34,0\%$.

Limite de Plasticidade

Para os setores 1,2,4 e 5 não foi possível determinar o limite de plasticidade sendo considerado como NP.

Setor 3 – Bairro Floresta

Tabela 11 – Ensaio de limite de plasticidade.

Cápsula nº	6	7	8	9	10
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	8,20	8,42	8,51	8,03	8,71
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	7,90	8,10	8,20	7,70	8,30
Peso da Cápsula (g)	6,65	6,74	6,92	6,31	6,52
Peso Solo Seco (g)	0,99	1,36	1,28	1,39	1,78
Teor de Umidade (%)	24,00	23,50	24,20	23,70	23,00

Fonte: Autor, 2019.

A ABNT NBR 7180:2016, consideram que foram satisfatórios três valores dentro da média do teor de umidade que não ultrapassaram 5%. Sendo assim a média referente a esses valores fica expressa da seguinte maneira:

$$Média = \frac{\sum \text{Teor de Umidade}}{n^{\circ} \text{ de amostras}}$$

$$Média = \frac{24,0 + 23,50 + 24,20 + 23,70 + 23,0}{5} \cong 23,6$$

O intervalo de $\pm 5\%$ desse valor resulta em:

$$\pm 0,05 \times 23,68 = 1,18$$

$$+ 5\% = 23,6 + 1,18 \cong 24,8$$

$$- 5\% = 23,6 - 1,18 \cong 22,4$$

Os teores de umidade dentro do intervalo de 22,4 a 24,8 estão dentro do

padrão aceito.

Índice de Plasticidade

Como não houve determinação dos limites de plasticidade e liquidez dos setores 1,2,4 e 5, estes não serão calculados o índice de plasticidade considerando como:

Setor 3 – Bairro Floresta

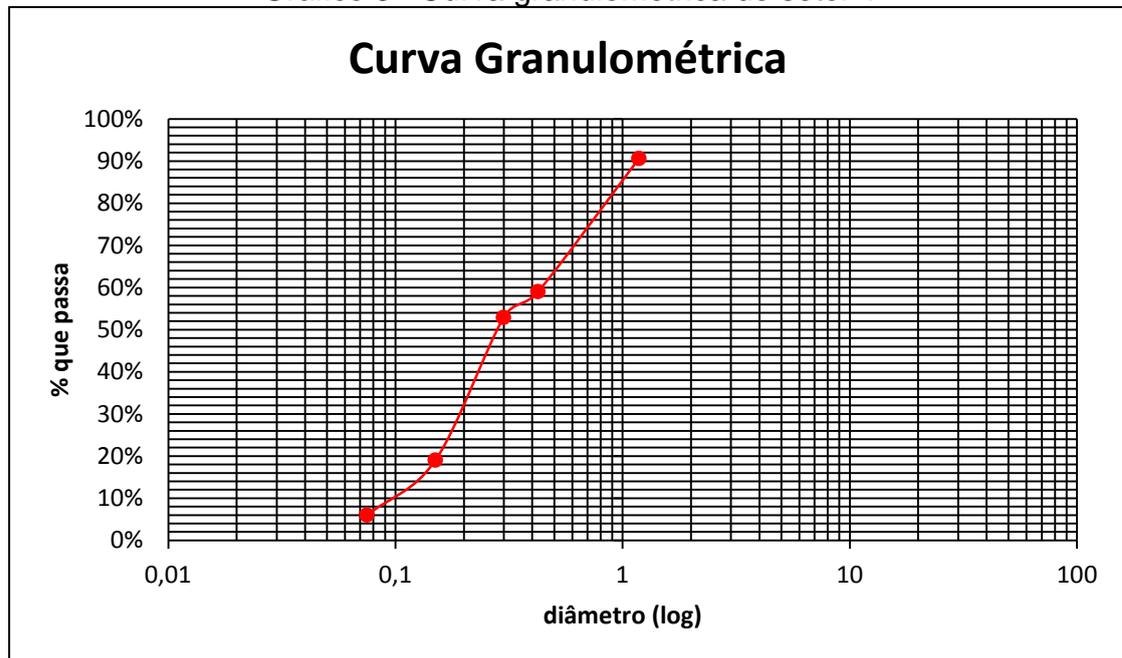
$$IP = LL - LP$$

$$IP = 34 - 23,6 \cong 10$$

Coeficiente de uniformidade e Coeficiente de curvatura

- Setor 1

Gráfico 3– Curva granulométrica do setor 1



Fonte: Autor 2019

Coeficiente de uniformidade

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0,450}{0,099}$$

$$C_u = 4,545$$

Coeficiente de curvatura

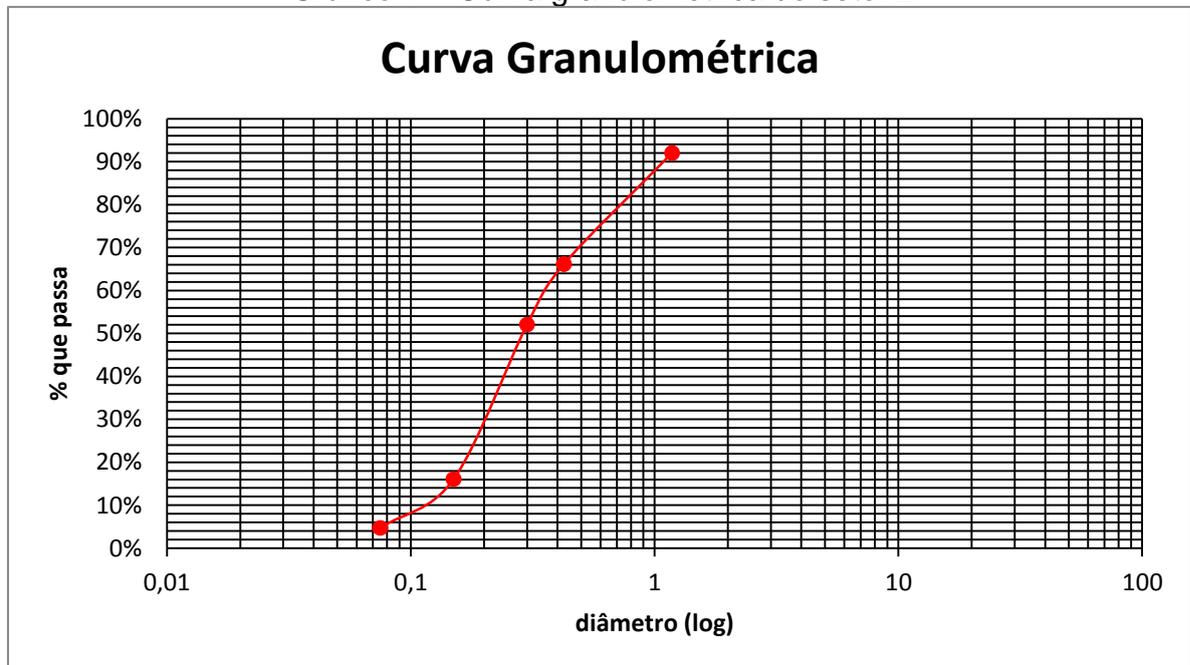
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_c = \frac{0,190^2}{0,450 \times 0,099}$$

$$C_c = 0,810$$

- Setor 2

Gráfico 4 – Curva granulométrica do setor 2



Fonte: Autor 2019

Coeficiente de uniformidade

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0,360}{0,120}$$

$$C_u = 3,00$$

Coeficiente de curvatura

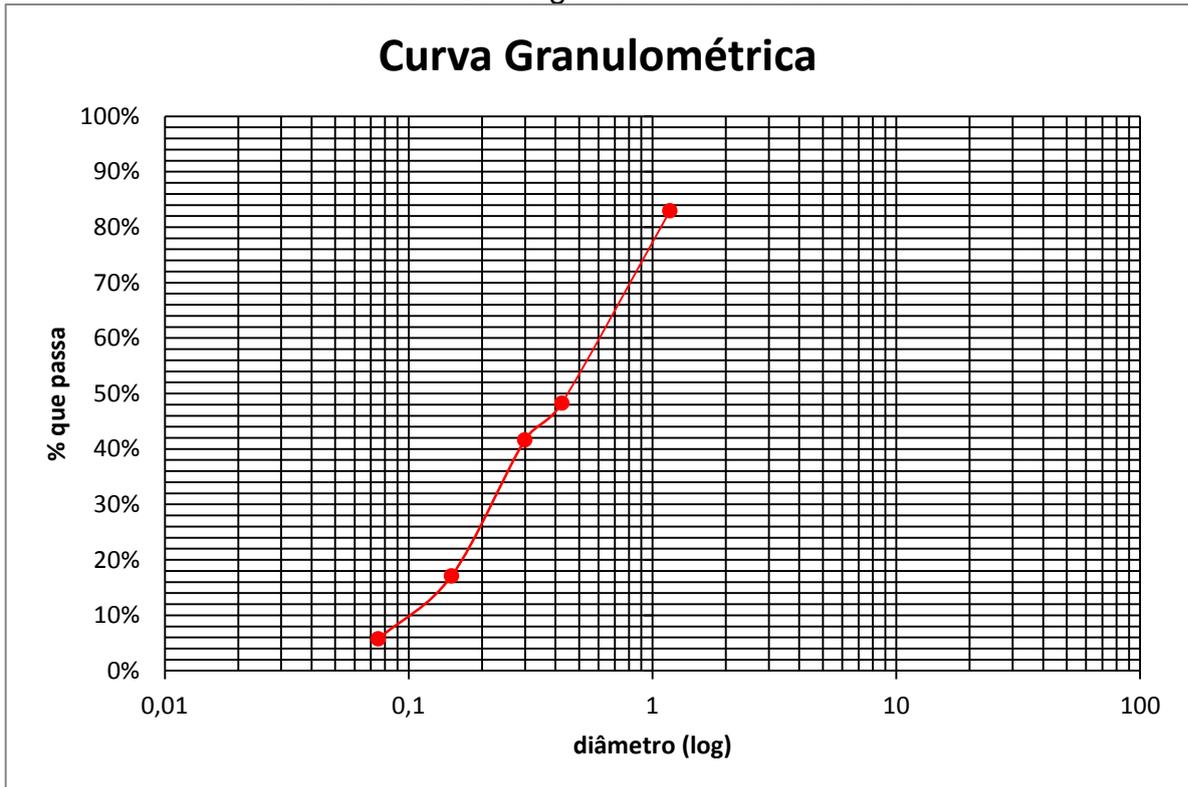
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_c = \frac{0,205^2}{0,360 \times 0,120}$$

$$C_c = 0,973$$

- Setor 3

Gráfico 5 – Curva granulométrica do setor 3



Fonte: Autor 2019

Coefficiente de uniformidade

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0,630}{0,110}$$

$$C_u = 5,727$$

Coefficiente de curvatura

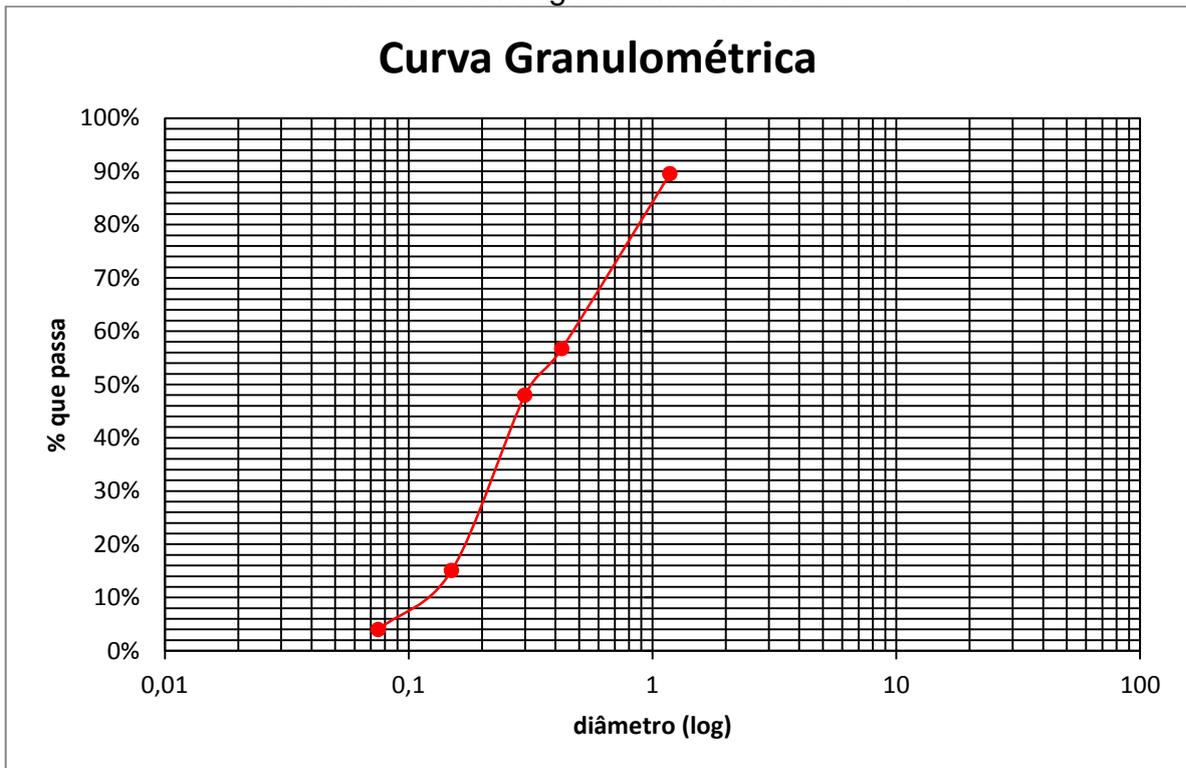
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_c = \frac{0,220^2}{0,630 \times 0,110}$$

$$C_c = 0,698$$

- Setor 4

Gráfico 6 – Curva granulométrica do setor 4



Fonte: Autor 2019

Coefficiente de uniformidade

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0,480}{0,130}$$

$$C_u = 3,692$$

Coefficiente de curvatura

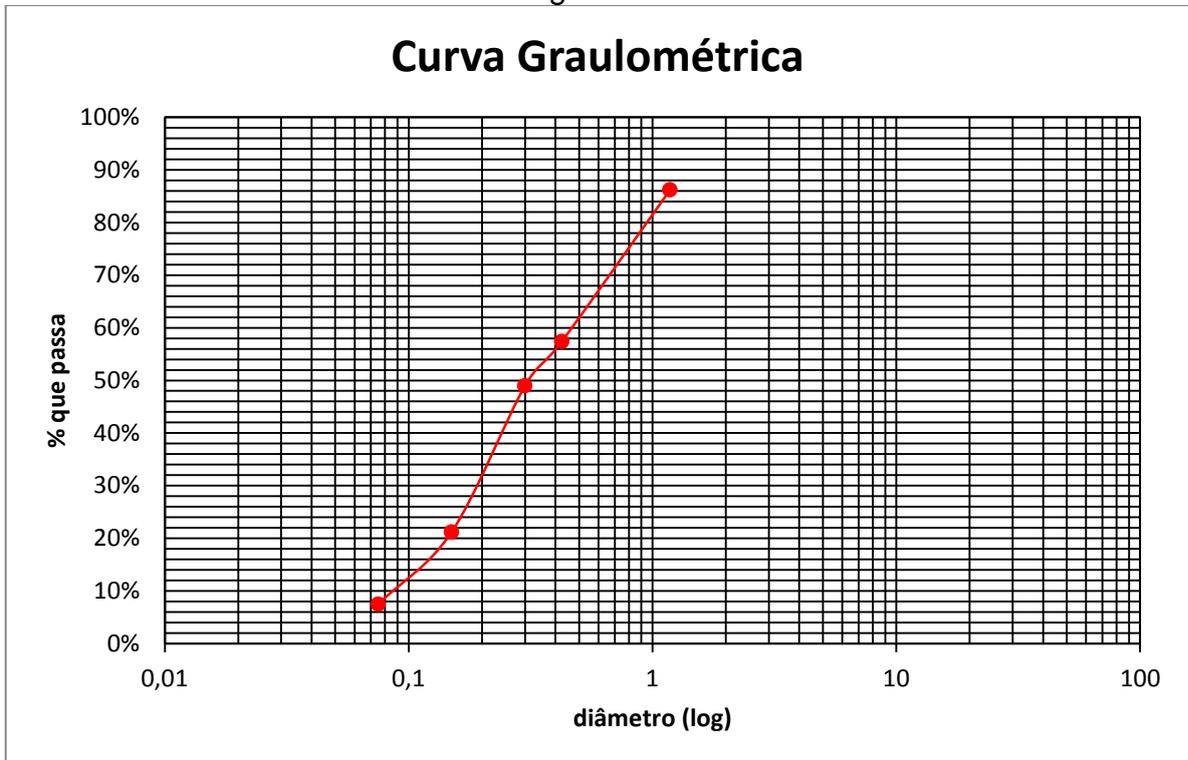
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_c = \frac{0,210^2}{0,480 \times 0,130}$$

$$C_c = 0,707$$

- Setor 5

Gráfico 7 – Curva granulométrica do setor 5



Fonte: Autor 2019

Coefficiente de uniformidade

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{0,485}{0,088}$$

$$C_u = 5,512$$

Coefficiente de curvatura

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

$$C_c = \frac{0,185^2}{0,485 \times 0,088}$$

$$C_c = 0,801$$

Classificação universal dos solos

Todos os solos avaliados tiveram mais de 50% de material passante na peneira de nº 4, pois os solos apresentados possuem granulometria muito finas para serem retidas nessa peneira. Sendo assim, serão descartados o grupo de pedregulhos na tabela.

- Setor 1

$$C_u = 4,545$$

$$C_c = 0,810$$

$$\% \text{ de material passante na } \#200 = 5,98\%$$

De acordo com a tabela de classificação, matérias com porcentagem de finos entre 5 e 12% passante na peneira de 200, devem contar dois tipos de símbolos. Com isso esse solo pode ser classificado como SW-SM, SW-SC, SP-SM ou SP-SC.

Como o C_u é menor que 6 ($C_u < 6$) e o C_c menor que 1 ($C_c < 1$), o solo classifica-se como sendo SP – Areia mal graduada. Esse solo não obteve valores para limites de liquidez e plasticidade, sendo considerados como nulos. Neste caso utilizará para classificação NP<4, ficando definido como SM – Areia siltosa.

O solo do setor 1 fica classificado então como SP – SM – Areia siltosa mal graduada.

- Setor 2

$$C_u = 3,00$$

$$C_c = 0,973$$

$$\% \text{ de material passante na } \#200 = 4,70\%$$

Para matérias com porcentagem de finos menores que 5% passante na peneira de 200, consideram-se apenas os valores de C_u e C_c . Como o C_u é menor que 6 ($C_u < 6$) e o C_c menor que 1 ($C_c < 1$), o solo classifica-se como sendo SP – Areia mal graduada.

- Setor 3

$$C_u = 5,727$$

$$C_c = 0,698$$

% de material passante na #200 = 5,74%

De acordo com a tabela de classificação, matérias com porcentagem de finos entre 5 e 12% passante na peneira de 200, devem contar dois tipos de símbolos. Com isso esse solo pode ser classificado como SW-SM, SW-SC, SP-SM ou SP-SC.

Como o C_u é menor que 6 ($C_u < 6$) e o C_c menor que 1 ($C_c < 1$), o solo classifica-se como sendo SP – Areia mal graduada. Esse solo êxito nos limites de plasticidade e liquidez, tendo encontrado um valor para $IP = 10$ e $LL = 34$. Avaliando esses valores na carta de plasticidade (ANEXO), nota-se que o traço das duas informações fica compreendido em cima da linha “A”, portanto a classificação secundária desse solo será SC – Areia argilosa.

O solo do setor 3 fica classificado então como SP – SC – Areia argilosa mal graduada.

- Setor 4

$$C_u = 3,692$$

$$C_c = 0,707$$

% de material passante na #200 = 3,99%

Para matérias com porcentagem de finos menores que 5% passante na peneira de 200, consideram-se apenas os valores de C_u e C_c .

Como o C_u é menor que 6 ($C_u < 6$) e o C_c menor que 1 ($C_c < 1$), o solo classifica-se como sendo SP – Areia mal graduada.

- Setor 5

$$C_u = 5,512$$

$$C_c = 0,801$$

% de material passante na #200 = 7,53%

De acordo com a tabela de classificação, matérias com porcentagem de finos entre 5 e 12% passante na peneira de 200, devem contar dois tipos de

símbolos. Com isso esse solo pode ser classificado como SW-SM, SW-SC, SP-SM ou SP-SC.

Como o C_u é menor que 6 ($C_u < 6$) e o C_c menor que 1 ($C_c < 1$), o solo classifica-se como sendo SP – Areia mal graduada. Esse solo não obteve valores de limites de liquidez e plasticidade, sendo considerados como NP, portanto $NP < 4$, sendo sua classificação secundária como SM – Areia siltosa.

O solo do setor 5 fica classificado então como SP – SM – Areia siltosa mal graduada.

APÊNDICE B – Fotos dos Ensaio

Figura 18 – Amostras em estufa.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 19 – Pesagem de amostras.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 20 - Aparelho de Casagrande



Fonte: Autor, 2019

Figura 21 – Ranhura na amostra para determinação de liquidez



Fonte: Autor, 2019.

Figura 22 – Determinação de plasticidade.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 23 – Amostras para secagem.



Fonte: Autor, 2019

Figura 24 – Amostras para secagem.



Fonte: Autor, 2019.

APÊNDICE C – Fotos dos Setores de Risco

SETOR 1





SETOR 2







SETOR 3





SETOR 4







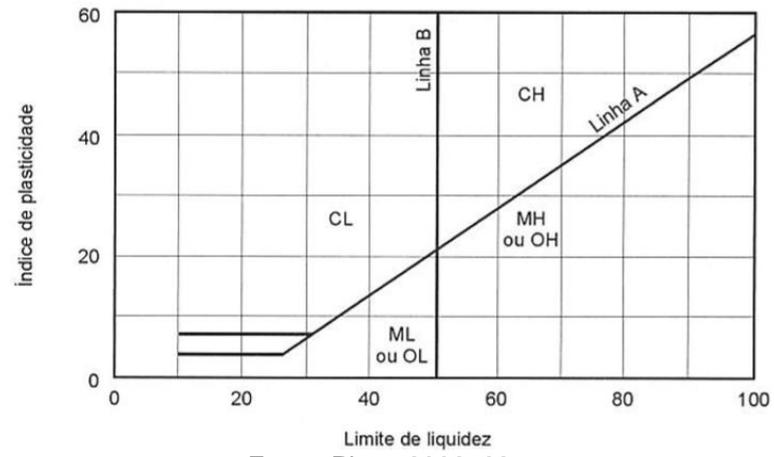
SETOR 5





ANEXO

Carta de Plasticidade:



Fonte: Pinto, 2006, 68p.