

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

DAVID WENDEL TEIXEIRA RODRIGUES

**SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTO DE MASSA NO MORRO DO CRISTO REI
CAJAZEIRAS – PB: UMA ANÁLISE PELA ASSOCIAÇÃO DO MAPEAMENTO
GEOTÉCNICO COM ENSAIO DE CISLHAMENTO DIRETO.**

Cajazeiras-PB
2023

DAVID WENDEL TEIXEIRA RODRIGUES

**SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTO DE MASSA NO MORRO DO CRISTO REI
CAJAZEIRAS – PB: UMA ANÁLISE PELA ASSOCIAÇÃO DO MAPEAMENTO
GEOTÉCNICO COM ENSAIO DE CISLHAMENTO DIRETO.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Fernando Chagas de Figueiredo Sousa.

Cajazeiras-PB
2023

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

R696s Rodrigues, David Wendel Teixeira.
Susceptibilidade a movimento de massa no morro do Cristo Rei
Cajazeiras–PB : uma análise pela associação do mapeamento
geotécnico com ensaio de cisalhamento direto / David Wendel
Teixeira. Rodrigues.– 2023.

65f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da
Paraíba, Cajazeiras, 2023.

Orientador(a): Prof. Me. Fernando Chagas de Figueiredo Sousa.

1. Engenharia civil. 2. Geotecnia. 3. Deslizamento de terra. 4.
Análise de solo. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/CZ

CDU: 624.1:550.8(043.2)

DAVID WENDEL TEIXEIRA RODRIGUES

**SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTO DE MASSA NO MORRO DO CRISTO REI
CAJAZEIRAS – PB: UMA ANÁLISE PELA ASSOCIAÇÃO DO MAPEAMENTO
GEOTÉCNICO COM ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 07 de julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO CHAGAS DE FIGUEIREDO SOUSA**
Data: 23/08/2023 10:04:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernando Chagas de Figueiredo Sousa – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **GASTAO COELHO DE AQUINO FILHO**
Data: 17/08/2023 21:44:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 **MAGNO MIRANDA GOMES**
Data: 18/08/2023 08:58:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Magno Miranda Gomes – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 2

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me sustentado até este momento. À minha família, pelo incentivo e apoio incondicional que sempre me deram. E aos meus amigos e professores, que foram fundamentais ao longo de toda a minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

É primordial minha gratidão ao meu Senhor, que sempre tem sido minha fortaleza, o instrutor dos meus caminhos, onde sempre busquei amparo nas dificuldades e achei a Sua presença nos momentos mais felizes da minha vida, foi minha fé Nele que permitiu chegar até aqui e será por esta que seguirei essa longa jornada.

Agradecer aos meus pais, Edinilda Maria e Francisco Paulo, o alicerce da minha vida, que sempre me deram segurança e apoio em todos os sentidos, demonstraram amor quando precisei e agiram com prudência quando necessário para tornar o que sou hoje. Obrigado por ter dado credibilidade ao meu propósito, sem medir nenhum esforço para ajudá-lo.

À minha Madrinha, minha segunda mãe, que sempre me ergueu quando pensei em desistir, por sempre ter dado o amparo nas minhas dificuldades, e o mais importante todo carinho e apoio emocional foram cruciais para minha persistência.

Aos meus irmãos Gabriel e Miguel, que são os motivos que me movem a seguir em frente, todo o amor e carinho que recebo me incentiva a continuar este propósito.

Aos meus avós Luiza (*in memoriam*), Francisco Pacheco (*in memoriam*), Fátima e Paulo pelos ensinamentos transmitidos, que auxiliou na formação da minha pessoa e todo o incentivo a buscar pelos meus objetivos.

À Ana Carolina, minha namorada, que foi a nascente da minha trajetória acadêmica, sem ela não teria dado o ponto de partida. Sou grato por todo o apoio, ensinamentos e ao amor dedicado a mim, por ter sonhado essa história comigo e vivenciado todo esse percurso sem deixar-me fraquejar. Sem sua presença, os dias teriam sido mais frios e difíceis.

Aos meus familiares, que foram essenciais dando o apoio emocional para a realização dessa conquista.

Aos amigos que adquiri na faculdade que permaneceram na minha vida até hoje e deram sentido a palavra companheirismo, onde sempre foi buscado o apoio um ao outro, servindo de amparo nas dificuldades acadêmicas e pessoais. Obrigado por ter proporcionado momentos incríveis e tornado os dias mais leves.

Ao Instituto Federal da Paraíba e a todos os professores e funcionários que passaram por minha formação, sou grato por todos os ensinamentos e desafios impostos.

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Resumo das amostras utilizadas.	51
Quadro 02 – Tensão Cisalhante das Amostras Coletadas.	53
Quadro 03 – Parâmetros das amostras de resistência ao cisalhamento do solo	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Movimentos do vento.....	25
Figura 02 – Movimento de massa por corrida.....	26
Figura 03 – Movimento de massa por queda.....	27
Figura 04 – Movimento de massa por deslizamento rotacional.....	28
Figura 05 – Movimento de terra por deslizamento translacional.....	29
Figura 06 – Equipamento para realização do ensaio de cisalhamento direto.....	34
Figura 07 – Limite de liquidez.....	37
Figura 08 – Limites de Plasticidade.....	38
Figura 09 – Mapa de Localização da Cidade de Cajazeiras – PB.....	39
Figura 10 – Mapa de Declividade.....	43
Figura 11 – Mapa Pedológico de Cajazeiras.....	44
Figura 12 – Mapa Geomorfológico de Cajazeiras – PB.....	45
Figura 13 – Mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Curva Granulométrica da Amostra 1.....	48
Gráfico 02 – Curva Granulométrica da Amostra 2.....	49
Gráfico 03 – Curva Granulométrica da Amostra 3.....	49
Gráfico 04 – Tensão de Cisalhamento da Amostra 1.	52
Gráfico 05 – Tensão de Cisalhamento da Amostra 2.	52
Gráfico 06 – Tensão de Cisalhamento da Amostra 3.	53
Gráfico 07 – Envoltória de Resistência da Amostra 1.....	54
Gráfico 08 – Envoltória de Resistência da Amostra 2.....	54
Gráfico 09 – Envoltória de Resistência da Amostra 3.....	54

RESUMO

A exploração desordenada de áreas em encostas com declividade acentuada expõe os moradores a riscos geotécnicos significativos, resultando em potenciais danos tanto financeiros quanto humanos. Dessa forma, este trabalho propõe investigar se há uma propensão a eventos de deslocamento de solos no Morro do Cristo Rei, em Cajazeiras – PB, através de uma análise explanatória da integração do mapeamento geotécnico, ensaio de cisalhamento direto e caracterização do solo. Os seguintes resultados foram obtidos através do uso do Software QGis e de ensaios laboratoriais bem-sucedidos, o mapeamento configurou a malha urbana de Cajazeiras dentro de uma região de Latossolos, o Morro do Cristo Rei com uma declividade forte ondulada e de vegetação moderada. Os ensaios laboratoriais, foram feitas a partir das amostras retiradas do topo, meio e base do morro, elas foram submetidas a ensaios de cisalhamento direto sob condições inundadas, análise granulométrica por sedimentação, determinação dos limites de Atterberg e medição da massa específica. Com os teores de umidade no intervalo de 1,5% e 3,2%, massa específica na faixa de 2,596 g/cm³ a 2,651 g/cm³, os limites de liquidez variando de 8 a 18, e os índices de plasticidade de 10 a 17, as amostras foram caracterizadas e classificadas pelo método SUCS como SC (areia siltosa). Os ensaios de cisalhamento direto definiram as amostras 01 e 03 de grãos arredondados com menor atrito e maior coesão, de menor resistência, enquanto a amostra 02 possui grãos angulares e um ângulo de atrito maior, sendo mais resistente que as demais.

Palavras-chave: deslizamentos; Morro do Cristo Rei; encostas.

ABSTRACT

The disorderly exploitation of areas on steep slopes exposes residents to significant geotechnical risks, resulting in potential financial and human damages. Thus, this study aimed to investigate the propensity for soil displacement events in the Cristo Rei hill in Cajazeiras – PB, through an explanatory analysis integrating geotechnical mapping, direct shear testing, and soil characterization. The following results were obtained using the QGIS software and successful laboratory tests: the mapping revealed Cajazeiras' urban area to be located within a region of Latosols, with the Cristo Rei hill exhibiting a steep and undulating topography with moderate vegetation. Laboratory tests conducted on samples taken from the top, middle, and base of the hill involved direct shear tests under flooded conditions, sedimentation-based particle size analysis, Atterberg limits determination, and measurement of specific mass. With moisture contents ranging from 1.5% to 3.2%, specific mass ranging from 2.596 g/cm³ to 2.651 g/cm³, liquid limits varying from 8 to 18, and plasticity indices ranging from 10 to 17, the samples were characterized and classified using the SUCS method as SC (silty sand). The direct shear tests indicated that samples 01 and 03, consisting of rounded grains, exhibited lower friction and higher cohesion, indicating lower strength, while sample 02, consisting of angular grains and a higher friction angle, was more resistant than the others.

Keywords: landslides; Hill of Cristo Rei; slopes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1.1	<i>Clima.....</i>	<i>17</i>
3.1	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA ANALISADA	17
3.1.1	<i>Vegetação.....</i>	<i>17</i>
3.1.2	<i>Solo.....</i>	<i>17</i>
3.2	DESASTRES E RISCOS GEOLÓGICOS	18
3.3	OS SOLOS	19
3.3.1	<i>Classificação dos Solos.....</i>	<i>19</i>
3.3.2	<i>Argissolos.....</i>	<i>20</i>
3.3.3	<i>Cambissolos</i>	<i>20</i>
3.3.4	<i>Chernossolos.....</i>	<i>21</i>
3.3.5	<i>Espodossolo.....</i>	<i>21</i>
3.3.6	<i>Gleissolos.....</i>	<i>21</i>
3.3.7	<i>Latossolos.....</i>	<i>22</i>
3.3.8	<i>Luvissolos.....</i>	<i>22</i>
3.3.9	<i>Neossolos.....</i>	<i>22</i>
3.3.10	<i>Nitossolos.....</i>	<i>23</i>
3.3.11	<i>Organossolos.....</i>	<i>23</i>
3.3.12	<i>Planossolos.....</i>	<i>23</i>
3.3.13	<i>Plintossolos.....</i>	<i>24</i>
3.3.14	<i>Vertissolos.....</i>	<i>24</i>

3.4	MOVIMENTOS DE MASSA.....	24
3.4.1	<i>Corrida</i>	26
3.4.2	<i>Quedas</i>	26
3.4.3	<i>Deslizamentos</i>	27
3.5	TALUDE.....	29
3.6	RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	29
3.7	FATOR HIDROLÓGICO	30
3.8	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	30
3.8.1	<i>Conceito</i>	30
3.8.2	<i>Geoprocessamento</i>	31
3.8.3	<i>SIG, geoprocessamento e mapeamento</i>	32
3.9	CISALHAMENTO DIRETO.....	33
3.10	GRANULOMETRIA DO SOLO.....	35
3.11	MASSA ESPECÍFICA.....	35
3.12	LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE	36
4	METODOLOGIA	39
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
4.2	COLETA DE AMOSTRA DE SOLO – NBR 9604	39
4.3	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	40
4.4	GRANULOMETRIA PARA O SOLO	40
4.5	MASSA ESPECÍFICA PARA SOLOS – NBR 6458	41
4.6	LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE	41
4.7	CISALHAMENTO DIRETO.....	42
4.8	DECLIVIDADE.....	43
4.9	PEDOLÓGICO	43

4.10 GEOMORFOLÓGICO	44
4.11 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA	45
4.12 ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES	46
5 RESULTADOS E ANÁLISES	48
5.1 QUADRO RESUMO	51
5.2 CISALHAMENTO DIRETO.....	52
5.3 MAPEAMENTO.....	55
5.3.1 Mapas.....	55
6 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	59
ANEXO A – RELATÓRIO DA POLÍCIA MILITAR.....	64

1 INTRODUÇÃO

O homem vem intensificando alterações no meio ambiente a fim de moldar o meio físico às suas necessidades e usos. Tais alterações provocam perturbações no equilíbrio dos sistemas naturais que, em função das características intrínsecas do território, da interação e magnitude dos eventos, agravados pelas mudanças climáticas, resultam em situações de vulnerabilidade que podem provocar desastres (BERTONE; MARINHO, 2013)

Durante período de chuvas rigorosas, há um aumento à vulnerabilidade dos lugares suscetíveis a erosão, fazendo com que o solo sature com a grande quantidade de água, gerando um processo mecânico de escavação na base da encosta retirando assim a sustentação, causando deslizamento de toda a cobertura natural ou artificial do solo (PALU JUNIOR; LONGO, 2010)

Segundo relatório do Corpo de Bombeiros de Cajazeiras (Anexo A) é apresentado que alguns tipos de movimentos de massas não estão fora da realidade na cidade do Sertão Paraibano, tendo em vista a ocorrência do rolamento de uma pedra de proporções medianas devido a incidência de chuva de 70 mm, que se desprende e rolou na ladeira do morro em abril de 2018, sem deixar feridos e danos materiais. De acordo com o mesmo relatório (Anexo A) em fevereiro de 2020, a situação se repetiu em outro local, atingindo o muro de uma residência, amedrontando os residentes da região que ressaltam conviver com medo de possíveis tragédias.

No presente estudo, é visível a necessidade de conhecer as condicionantes geotécnicas do morro. Há medidas preventivas que evitam esses tipos de desastres, como por exemplo um mapeamento geotécnico, em que sob forma de mapa ajuda a definir e fiscalizar a ocupação territorial, assim podendo prever uma eventual deslocação geológica.

O método utilizado para obtenção dos resultados se dá através do agrupamento das fundamentações teóricas para o embasamento do assunto, logo após realizou-se a coleta de amostras para a realização dos ensaios laboratoriais. Com os resultados obtidos no laboratório, serão estimados os parâmetros de Fator de Segurança e a aplicação no modelo de suscetibilidade à movimento de massa, e por fim será gerado o mapa geotécnico com a predição de áreas à suscetíveis riscos geológicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um mapeamento geotécnico, analisando a suscetibilidade de riscos geológicos das áreas ocupadas na encosta do Morro do Cristo Rei em Cajazeiras-PB.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os aspectos topográficos do morro e determinar sua declividade, relacionando-a à probabilidade de movimentos de massa;
- Mapear as características geotécnicas da região;
- Estudar o solo por meio de caracterização e ensaio de cisalhamento direto;
- Investigar a influência da vegetação na retenção de umidade do solo e seu impacto no deslocamento do solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A partir dessa etapa será abordado o conteúdo necessário para a total compreensão dos processos feitos na metodologia e o resultado do estudo, assim como oferecer um devido suporte para as discussões nele desenvolvidas.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA ANALISADA

O Município de Cajazeiras, é localizado no sertão paraibano, situada em uma região semiárida e por suas características climáticas possui uma vegetação de baixo porte, típica da Caatinga.

3.1.1 *Clima*

A cidade possuindo um clima semiárido, quente e seco, do tipo Bsh na classificação climática de Köppen (1956), encontra-se no denominado “Polígono das Secas”, tendo como umas das principais características nebulosidade baixa, muita incidência solar e elevadas temperaturas durante o dia. Segundo o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea realizado pelo Ministério de Minas e Energia, as temperaturas têm uma variação anual dentro de um intervalo de 23° a 30° com ocasionais picos mais elevados, principalmente durante a estação seca.

Desse modo a região detém elevado índice de evaporação, em conjunto a um período prolongado de estiagem, corroborando para um grande déficit hídrico. O regime pluviométrico, além de baixo é irregular com médias anuais de 880,6 mm/ano com mínimas e máximas de 227,1 e 1961,0 mm/ano respectivamente (SOUSA *et al.*, 2005). O período de chuvas se restringe por 3 ou 4 meses durante o ano de forma irregular, com maior incidência nos meses

3.1.2 *Vegetação*

de janeiro a maio.

A caracterização realizada pelo Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea (CPRM,2005), denomina a região com uma vegetação de caatinga xerofítica, tendo como principal característica plantas de pequeno porte, como por exemplo a presença de cactáceas, arbustos e árvores de pequeno a médio porte.

3.1.3 *Solo*

Os solos são resultantes da desagregação e decomposição das rochas cristalinas do embasamento, sendo em sua maioria do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo de composição arenoargilosa, tendo-se localmente latossolos e porções restritas de solos de aluvião (SOUSA *et al.*, 2005).

3.2 DESASTRES E RISCOS GEOLÓGICOS

Uma área de risco geológico é aquela que pode, em algum momento, sofrer alguma perda em decorrência de evento natural adverso. Nesse processo de caracterização de áreas de risco são importantes áreas a geologia, a geomorfologia, a hidrogeologia e a geotecnia (OLIVEIRA, 2022).

Segundo a autora, o risco geológico é o perigo iminente à vida das pessoas em determinado local. Para ser de fato um risco deve colocar a vida humana em uma posição de perigo. São exemplos de riscos geológicos as inundações e também os movimentos de massa enquanto desastres naturais de grandes proporções quando o assunto é dano à população (OLIVEIRA, 2022).

A ocorrência de desastres potencializa o risco de mortes e destruição de bens materiais. É uma ameaça a todos que ficam sujeitos ao evento danoso e pouco ou nada podem fazer para defender-se. Políticas públicas e leis surgem como forma de minimizar os impactos gerados por desastres naturais, mas seus efeitos práticos são quase zero (REANI *et al.*, 2020).

A grande problemática se instaura na questão da desigualdade social, pois com a ocorrência dos desastres naturais, o processo de desenvolvimento do país é colocado em xeque. Áreas de risco suscetíveis a deslizamentos, inundações e outros movimentos são cada vez mais ocupadas pela população carente, o que engrandece a desigualdade social e favorece a ocorrência de riscos de larga escala (REANI *et al.*, 2020).

Outro ponto que merece destaque é o fato de que boa parte dos desastres que ocorrem estão ligados de alguma forma à conduta humana, sobretudo, com ações de política pública sobre áreas de expansão urbana (REANI *et al.*, 2020).

Por meio da fórmula $R = P.C$ é possível mensurar os riscos geológicos. R significa risco geológico; P, possibilidade de ocorrência e C são as consequências do desastre (OLIVEIRA, 2022).

É importante entender esses fatores para fins de prevenção e saber quem está sujeito ao risco geológico. Desse modo é possível se antecipar ao risco e fazer uso de todos os meios possíveis para evita-lo.

3.3 OS SOLOS

Os solos são formados por partículas minerais, que resultam da desintegração física e da decomposição química das rochas, podendo também conter matéria orgânica (FERNANDES, 2016). O conjunto desses processos podem transportar ou manter a posição do solo.

Desse modo, dependendo da disposição do solo, podemos classificá-lo como residual ou sedimentar. Para o estudo mecânico dos solos de determinadas áreas, pode-se, primeiro, definir se o solo é residual ou sedimentar, tal qual apresentado por Higashi (2006).

3.3.1 Classificação dos Solos

Utilizando as informações da Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018), a classificação dos solos é feita a partir de avaliações de informações morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas do seu perfil. Nesta análise, aspectos ambientais do lugar em que o solo se encontra como clima, vegetação, relevo, material originário, condições hídricas e detalhes externos ao solo e relações solo-paisagem também são utilizadas para um correto detalhamento da análise.

O solo residual, segundo Albuquerque (2022) é o produto final da rocha que foi intemperizada através de processo químico e permanece desse modo *in situ* e constitui desse modo o denominado manto de intemperismo, guardando estreita conexão com a rocha original.

O solo residual se divide em maduro, que é a parte já sem a estrutura original primitiva; jovem ou saprólito, que é a estrutura original, mas sem a antiga firmeza e também rocha alterada, que é uma progressão de fraturas ou áreas de menor resistência (PEIXOTO, 2018).

Por outro lado, os solos sedimentares são aqueles que sofreram alguma ação de outros que até eles foram transportados e há alguns tipos desse solo, segundo ensina Peixoto (2018): aluvionares, terraços fluviais, colúvios, tálus, sedimentos marinhos ou eólicos.

Aluvionares são formados por materiais erodidos a partir de retrabalho e seu transporte é por meio da água, sendo colocado nos leitos e margens ou em locais fundos, lagos, lagoas e sempre em associação a lugares fluviais.

Terraços Fluviais são alagamentos antigos que foram estocados enquanto o curso está em uma posição superior à atual.

Colúvio é formado por depósitos de materiais soltos, os quais ficam no sopé das encostas e desse modo são levados pela ação da gravidade ou material decomposto pela própria

gravidade.

Tálus é constituído pelo mesmo procedimento de carregamento por gravidade nas encostas, as quais produzem coluviões e são diferenciadas pela presença ou domínio de blocos rochosos, que traz como consequência solos pouco espessos na fonte, restringindo acontecimento de tálus na parte baixa das encostas.

Sedimentos marinhos: produzidos em ambientes arenosos e também em que há manguezais. Na praia sua deposição é basicamente areias limpas, de porte fino a mediano e quartzos e nos manguezais, são transportados pela maré os seus resíduos mais finos e estes fazem depósito de material orgânico.

Solos eólicos são originários da ação do vento e no Brasil tem prevalência de ocorrência em locais próximos à costa, principalmente no Nordeste.

3.3.2 *Argissolos*

Solos que são formados por materiais minerais e apresentam horizonte B com textura imediata abaixo de A ou E, com argila de baixa atividade ou se em conjunto com saturação de bases baixas, com argila de alta atividade. Seus requisitos são: horizonte plúntico ou horizonte glei - plintossolos ou gleissolos (EMBRAPA, 2018).

Os argissolos podem ainda serem divididos nas seguintes categorias (EMBRAPA, 2018):

- Bruno-acinzentados;
- Acinzentados;
- Amarelos;
- Vermelhos;
- Vermelho-amarelos.

3.3.3 *Cambissolos*

Esses são solos formados por minérios de horizonte B incipiente subjacente a todo tipo de horizonte superficial - com exceção ao hístico que tenha 40 cm ou mais em espessura – e horizonte A chernozêmico se B demonstrar argila de alta atividade e altas bases em saturação (EMBRAPA, 2018).

Os cambissolos são subdivididos em (EMBRAPA, 2018):

- Hísticos;

- Húmicos;
- Flúvicos;
- Háplicos.

3.3.4 *Chernossolos*

Segundo a Embrapa (2018) estes são tipos de solos formados por materiais minerais que retratam horizonte A chernozêmico, o qual é acompanhado por:

- a. Horizonte B incipiente, ou B textural, ambos com argila de atividade alta e eutróficos (saturação por bases $\geq 50\%$) (exclusive Vertissolos); ou
- b. Horizonte cálcico, petrocálcico ou caráter carbonático coincidindo com horizonte A chernozêmico e/ou com horizonte C, admitindo-se, entre os dois, horizonte Bi com espessura < 10 cm; ou
- c. Contato lítico desde que o horizonte A chernozêmico contenha 150 g kg^{-1} de solo ou mais de carbonato de cálcio equivalente.

São subclassificações dessa categoria (EMBRAPA, 2018):

- Rêndzicos;
- Ebânicos;
- Argilúvicos;
- Háplicos.

3.3.5 *Espodossolo*

São solos também formados por materiais minerais e exibem horizonte B espódico e abaixo de maneira imediata do horizonte E, A ou horizonte hístico em uma espessura de 200cm da superfície do solo ou 400 cm se realizada a soma dos dois horizontes, A+E (EMBRAPA, 2018).

São subespécies do espodossolo, segundo a Embrapa (2018):

- Humilúvicos;
- Ferrilúvicos;
- Ferri-humilúvicos.

3.3.6 *Gleissolos*

São os solos formados por matérias minerais glei que se encontram dentro dos primeiros 50cm considerando-se a superfície do solo ou a profundidade maior que 50cm e menor ou igual a 150cm se estiver abaixo de forma imediata do horizonte A ou E do horizonte hístico e tendo espessura não suficiente na definição dos organossolos (EMBRAPA, 2018).

Suas subordens são (EMBRAPA, 2018):

- Tiomórficos;
- Sálícos;
- Malânicos;
- Háplícos.

3.3.7 *Latossolos*

“Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura” (EMBRAPA, 2018):

Segundo a Embrapa (2018) são subordens desse tipo de solo, as seguintes:

- Brunos;
- Amarelos;
- Vermelhos;
- Vermelho-amarelos.

3.3.8 *Luvissolos*

São formados por material mineral e apresentam horizonte B com argila de atividade alta e saturamento por alicerces altos na maior parte dos iniciais 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2018).

São subclassificações do luvissole as seguintes (EMBRAPA, 2018):

- Crômícos;
- Háplícos.

3.3.9 *Neossolos*

São um tipo de solo com pouca evolução por material mineral ou orgânico e menos de 20 cm de espessura e não mostram nada acerca de horizonte B. São subclassificações do neossolo (EMBRAPA, 2018).

- Litólicos;
- Flúvicos;
- Regolíticos;

- Quartzarênicos.

3.3.10 Nitossolos

Segundo a Embrapa (2018) são:

[...] solos constituídos por material mineral, com 350 g kg⁻¹ ou mais de argila, inclusive no horizonte A, que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A. O horizonte B nítico apresenta argila de atividade baixa ou atividade alta conjugada com caráter alumínico, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). A policromia (variação de cor dentro de 150 cm a partir da superfície do solo), conforme descrita abaixo, deve ser utilizada como critério adicional na distinção entre Nitossolos e Argissolos Vermelhos ou Vermelho-Amarelos nas situações em que forem coincidentes as demais características. Os Nitossolos praticamente não apresentam policromia acentuada no perfil e devem satisfazer aos seguintes critérios de cores:

- Para solos com todas as cores dos horizontes A e B, exceto BC, dentro de uma mesma página de matiz, admitem-se variações de, no máximo, 2 unidades para valor e/ou 3 unidades para croma;
- Para solos apresentando cores dos horizontes A e B, exceto BC, em duas páginas de matiz, admite-se variação de ≤ 1 unidade de valor e ≤ 2 unidades de croma;
- Para solos apresentando cores dos horizontes A e B, exceto BC, em mais de duas páginas de matiz, não se admite variação para valor e admite-se variação de ≤ 1 unidade de croma.

Suas variações, ainda segundo a Embrapa (2018) são:

- Brunos;
- Vermelhos;
- Háplicos.

3.3.11 Organossolos

São tipos de solos constituídos com materiais orgânicos e aparentam um horizonte hístico que satisfaça aos seguintes fatores: 60 cm ou mais de densidade se possuir 75% de volume em produto orgânico e sua saturação deve ser por um período máximo de 30 dias ao ano. Suas subclassificações são (EMBRAPA, 2018):

- Tiomórficos;
- Fólicos;
- Háplicos.

3.3.12 Planossolos

“Planossolos são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Horizonte plânico sem caráter sódico perde em precedência taxonômica para o horizonte plíntico” (EMBRAPA, 2018); Suas subordens são:

- Nátricos;
- Háplicos.

3.3.13 *Plintossolos*

Solos formados por material mineral e com horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário. Pode iniciar em 40 cm da superfície ou em 200 cm da superfície quando antecedidos de horizonte glei ou de forma imediatamente abaixo do horizonte A, E ou outro com cores esmaecidas. As suas subclassificações são (EMBRAPA, 2018):

- Pétricos;
- Argilúvicos;
- Háplicos.

3.3.14 *Vertissolos*

Os vertissolos são formados por material mineral e se iniciam em 100 cm da superfície e sua textura não é suficiente para caracterizar um horizonte B. Seus critérios são argila após devidamente homogeneizada nos 20 cm superficiais e pelo menos de 300 g a 1 kg de solo; aberturas na vertical durante períodos de seca com um mínimo de 50 cm de profundidade; a não presença de materiais que possam ocasionar contato lítico ou lítico fragmentário nos iniciais 30 cm da superfície e quando em áreas irrigadas ou não corretamente drenadas, seu coeficiente de expansão linear deve ser igual ou maior a 0,06. São subclassificações desse solo (EMBRAPA, 2018):

- Hidromórficos;
- Ebânicos;
- Háplicos.

3.4 MOVIMENTOS DE MASSA

Segundo Newerla (1999), o termo movimento de massa pode ser entendido quando um determinado volume de solo sofre um deslocamento parcial ou total, em razão da ação da

gravidade. Esses movimentos geralmente costumam ocorrer relativamente devido às condicionantes naturais ou antrópicas, assim tornando o talude instável.

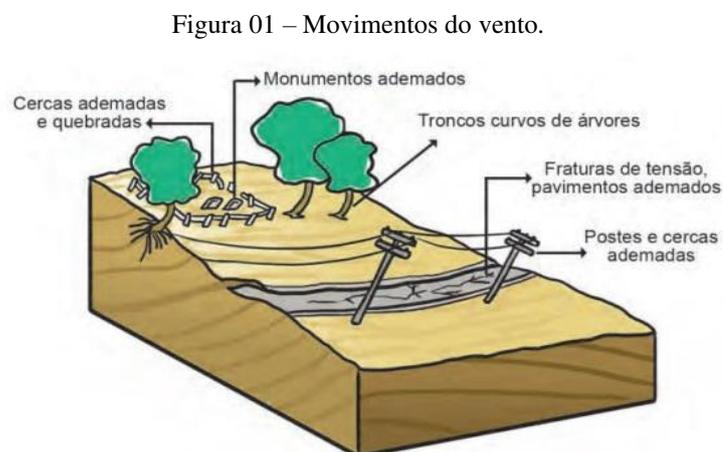
As condicionantes naturais carecem das características físicas naturais do local, como a geomorfologia, geologia e clima. Cada tipo de material que forma as encostas apresenta diferentes respostas na interação com os outros fatores (morfologia da encosta, grau de saturação), gerando diferentes resistências, o que, conseqüentemente, interferirá em maior ou menor suscetibilidade à movimentação (LEÃO; BRUM, 2016). Já as condicionantes antrópicas são determinadas pelo uso e ocupação do solo, que geralmente é explorado sem planejamento e estudo sobre a área.

Há grande variabilidade em tais movimentações, podendo ser extremamente lentas, mostrando-se imperceptíveis ao longo dos anos, ou devastadoramente rápidas, mobilizando grandes volumes de rochas e sedimentos (LEÃO; BRUM, 2016). Dessa maneira, na literatura foram geradas diversas propostas e classificações em relação ao assunto abordado, porém a classificação utilizada neste trabalho será a de Varnes (1978) por ter uma abordagem mais simples e de parâmetro internacional, com uma adaptação feita por Gerscovich (2012).

A velocidade de deslocamento ocorre de maneira mais lenta, sem uma feição de ruptura clara na paisagem, sendo possível notar apenas inclinações ou danos simples nos materiais.

Segundo Queiroz (2009), é habitual notar esses movimentos em locais com solos residuais, clima tropical úmido, devido ao intemperismo ser mais intenso e causar um aumento lento da espessura da camada de solo e conseqüente fluência devido à ação da gravidade.

Esses movimentos podem se deslocar centímetros por ano, de forma contínua ou pulsante, atingindo tanto os horizontes superficiais quanto nos profundos da encosta. Na Figura 01 podemos identificar esses movimentos.



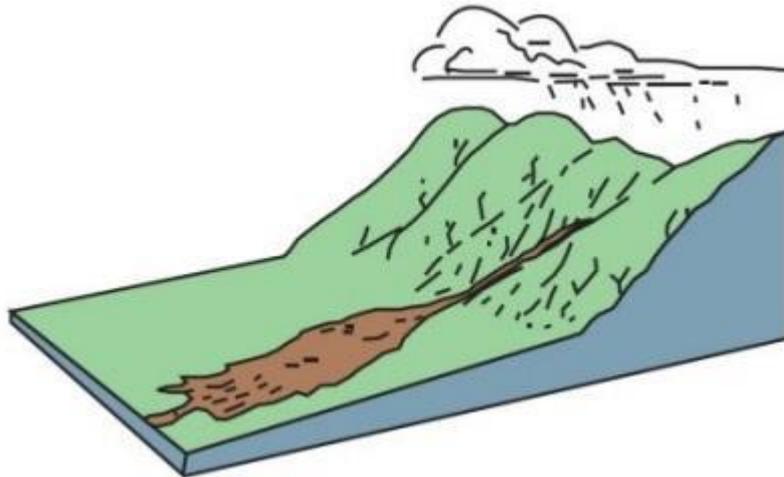
Fonte: Leão e Brum (2016).

3.4.1 Corrida

O conceito de Varnes (1978), explica que o fluxo de detritos de um corpo granular que é composto por sólido, água e ar se move de maneira mais rápida com o comportamento de um fluido. Essas corridas de massa de solo são formadas a partir de um ou mais deslizamentos, em que são mobilizados solo e detrito de rochas transportados através de canais fluviais íngremes e fechados.

Segundo Hungr *et al.* (2001), o fluxo é formado por detritos caracterizados como não plásticos (areias e partículas finas com um índice de plasticidade menor que 5%) saturados que se movimentam por um canal íngreme. Sendo assim, grande parte do material associado à encosta, como construções, vegetação e tudo que estiver na rota de fluxo serão removidos pelo movimento, como é possível perceber na Figura 02:

Figura 02 – Movimento de massa por corrida.



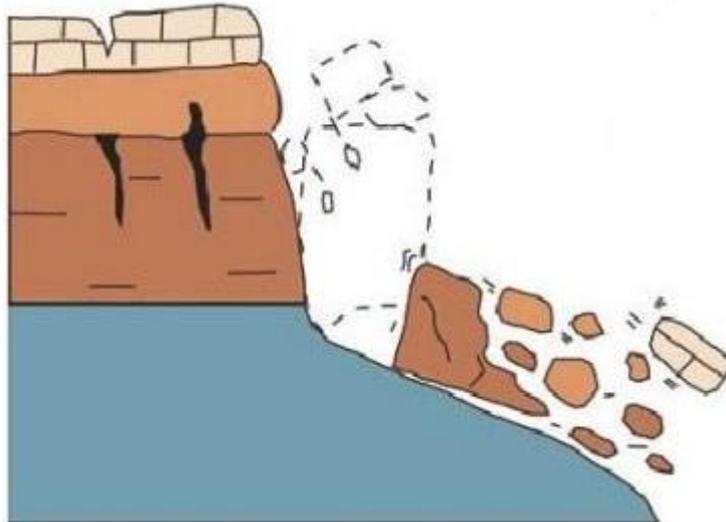
Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

3.4.2 Quedas

Segundo Guidicini e Nieble (1984) esse movimento é caracterizado por ocorrer de forma mais rápida com o desprendimento de blocos de rocha ou um grande volume de solo, de geometria variável ocasionado pela ação da gravidade.

A queda de blocos acontece por meio de chuvas intensas e prolongadas, que provocam erosão e solapamento do material junto à base (MASSAD, 2010). Desse modo, as ações antrópicas também podem influenciar na ocorrência desse movimento, através do uso do solo de maneira inadequada, como consta na Figura 03:

Figura 03 – Movimento de massa por queda.



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

3.4.3 Deslizamentos

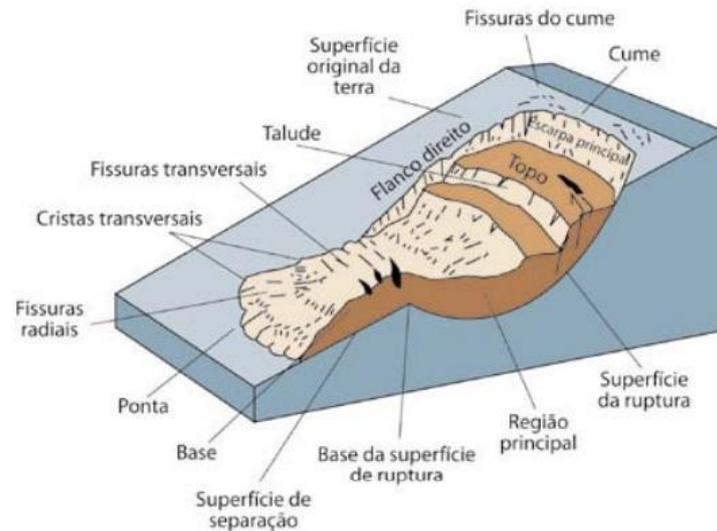
O conceito de Gerscovich (2012) descreve que esse movimento ocorre de maneira rápida e com uma superfície de ruptura bem definida, causada quando as tensões cisalhantes mobilizadas na massa de solo atingem a resistência ao cisalhamento do material.

As classificações de diferentes tipos de deslizamentos são associadas a mecanismos específicos de falhas em taludes e às propriedades e características desses tipos de falhas geológicas (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008)

De acordo com Varnes (1978) esse tipo de movimento possui duas classificações, podendo ser rotacional ou translacional:

- a) deslizamento rotacional: possuem uma extensão de ruptura curvada e ao decorrer dela surge uma movimentação com predominância de rotação do solo, como consta na Figura 04. São fatores que favorecem essa movimentação: um solo espesso e homogêneo, de fácil encontro em encostas com uma composição de material modificado e decorrente de rochas argilosas como por exemplo argilitos e folhelhos. A velocidade desses movimentos varia e como motivos desse deslize podemos considerar os sismos ou as céleres movimentações da água (GUIMARÃES *et al.*, 2003);

Figura 04 – Movimento de massa por deslizamento rotacional.



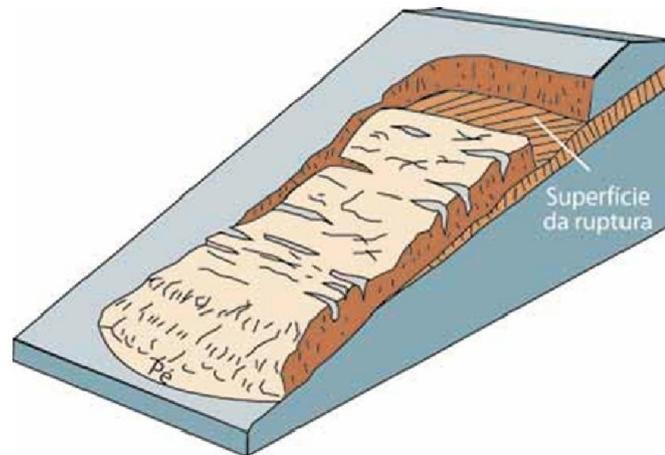
Fonte: Riffel *et al.* (2021).

b) deslizamento rotacional: esse tipo de deslizamento acontece por meio da ocorrência de um processo de descontinuidade geológica, como por exemplo, algum tipo de erro, estratificação ou o sistema de comunicação entre solo e rochas. Pode no início ser um movimento moroso, porém, é comum que atinja velocidade e proporções conforme acontece. Os eventos que normalmente desencadeiam esse fato são as chuvas, o encharcamento do solo, uma quantidade maior nos níveis da água, vazamentos nas tubulações entre outros (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Segundo Highland e Bobrowsky (2008) os deslizamentos translacionais são os mais frequentes de todos os que geralmente ocorrem nas encostas serranas brasileiras e sua maior prevalência é em solos com pouco desenvolvimento das suas vertentes com altos declives. Esses deslizamentos apresentam extensões de ruptura planar e seu movimento é predominantemente translacional. Sua frequência é em solos estratificados por causa da existência da descontinuidade mecânica ou hidrológica.

Melo e Kobiyama (2018) ensinam que a fim de se obter a melhor e mais precisa análise desse tipo de escorregamento, utiliza-se geralmente a Teoria da Estabilidade da encosta infinita, pois ela é adequada para as ocorrências em que o tamanho em comprimento da encosta é demasiado superior quando comparado à profundidade do solo. Essa análise acontece em decorrência de um plano infinito do solo sobre um outro plano inclinado, o qual não considera em sua análise os fatores que surgem do atrito nas laterais e extremos. É possível observar um exemplo de movimento de massa na Figura 05:

Figura 05 – Movimento de terra por deslizamento translacional



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008).

3.5 TALUDE

Taludes são as inclinações na superfície lateral de um aterro, muro ou qualquer outra obra, de acordo com o Dicionário Oxford. Os taludes maciços podem ser divididos em pelo menos duas categorias, os naturais e os artificiais. Os artificiais têm marcada homogeneidade e são ótimos para situações que exigem mais estabilidade. Os naturais, por sua vez, têm estrutura peculiar e só podem ser reconhecidos por meio de um estudo de prospecção (MARANGON, 2017).

É deveras importante que ao se fazer a análise dos taludes, sejam calculados os coeficientes de segurança sobre a questão do escorregamento e caso, não seja obtido o valor esperado, deve-se procurar as soluções existentes a fim de ter o maior nível de segurança possível, como por exemplo, os processos de compactação (MARANGON, 2017).

3.6 RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 2022), o cisalhamento deve apresentar variações dos seus coeficientes de acordo com a gradação das classes.

Para definir essa resistência é feita uma definição da mais alta tensão que o solo possa suportar sem sofrer nenhuma ruptura ou ainda de que forma essa ruptura possa ocorrer, caso aconteça (BITTENCOURT, 2011).

Segundo os ensinamentos do Professor Bittencourt (2011) são três critérios de definição do cisalhamento:

- Critério de Coulomb: segundo esse critério não haverá ruptura se o cisalhamento não for maior que um valor determinado dado por $c + f \cdot \sigma$, onde c e f são as constantes e σ é a tensão que age sobre o cisalhamento.

- Critério de Mohr: nesse não existe ruptura e o círculo que o representa está em tensionamento dentro de uma curva que é a curva envolvente dos círculos relacionados às rupturas;

- Critério de Mohr-Coulomb: “Se a envoltória de Mohr é linear, o critério se torna similar ao de Coulomb, passando a denominar de Critério de Mohr-Coulomb (BITTENCOURT, 2011)”.

3.7 FATOR HIDROLÓGICO

Cabral (2018) ensina que “As condições de estabilidade da encosta estão diretamente relacionadas a fatores hidrológicos, logo é essencial o uso de modelos na estimação das condições de umidade do solo durante episódios de escorregamento”. Ainda segundo o autor, o modelo hidrológico comporta uma recarga uniforme que aparenta um nível de variação espacial de água em tempos de chuva e para ele a umidade seria como a porção que fora submetida a essa recarga denominada uniforme.

Para a existência de uma zona de saturação é essencial que o produto entre o espaço de área drenada e a precipitação que atravessa o fator de comprimento seja efetivamente maior que o produto da disponibilidade do solo e o seno da perspectiva da encosta. Essa disponibilidade do solo é a sua condução hidráulica saturada, a qual é considerada homogênea por toda a profundidade do solo (CABRAL, 2018).

3.8 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) são sistemas operacionais que permitem a captura, análise e visualização de dados geoespaciais. Com a combinação das informações cartográficas e dados alfanuméricos é criada representação digital do mundo real.

3.8.1 Conceito

Os Sistemas de Informações geográficas (SIG) são métodos usados no exame, formato e julgamento dos dados que sejam relacionados ao espaço terrestre, de forma automatizada (PINHO, 2019).

Para Leite, Dias e Rocha (2015), SIG é um modelo íntegro e vasto em que o geoprocessamento dos dados ocorre por meio do estoque de dados e desse modo é possível investigar através de uma grande quantidade de informações, aquilo que se deseja, inclusive, questões relativas ao solo.

Sales (2019) argumenta que SIG é um modelo de compreensão do espaço, pois ele guarda equivalência com a escala humana. Sendo assim, tem por objetivo examinar informações geográficas utilizando-se de cálculos e técnicas da matemática e da computação.

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são modelos tecnológicos e o exame dos dados de espaço oriundos da Cartografia Analógica e Digital e ainda da análise de informações em campo por meio de um conjunto de ferramentas computadorizadas (SALES, 2019).

Lopes (2019) ensinam que para a correta utilização do SIG algumas etapas são imprescindíveis. Deve-se ter o domínio do uso do sistema, o conhecimento acerca dos *softwares* que correspondam às qualificações do projeto a ser pesquisado, a coleta dos dados espaciais necessários, a construção e investigação dos indicadores e então a demonstração das noções sobre espaço.

Essas novas ferramentas de tecnologia e informática possibilitam um melhor e maior controle do formato das cidades de sua ocupação, pois ocorrem por meio de métodos automatizados próprios para análise do espaço e formas altamente especializadas na gravação das qualidades do lugar a ser estudado e a sua evolução no tempo (LEITE; DIAS; ROCHA, 2015).

A coleta de dados através do Sistema de Informações Geográficas possibilita precisão na investigação que se relacionem com comunidades de grande porte como cidades, por exemplo. Fazer uso dessa ferramenta pode facilitar o entendimento acerca das transformações ambientais e políticas públicas direcionadas ao ambiente geográfico como um todo e isso impacta diretamente na construção de cidades melhores, menos doentes e mais organizadas (LOPES, 2019).

A partir da utilização do SIG é possível a criação de mapas temáticos visando a demarcar o espaço geográfico sob análise e assim estudar fatores geobiofísicos como topografia e estrutura hídrica, fatores urbanísticos, como modelo rodoviário e utilização de solo e ainda fatores ambientais como vegetação e antropização (ERTHAL; PEREIRA, 2020).

3.8.2 Geoprocessamento

Leite, Dias e Rocha (2015) definem geoprocessamento como sendo um emaranhado de fórmulas computacionais, as quais servem para reunir, examinar, manusear e demonstrar dados e informações devidamente referenciados. É uma área da gnose que abrange disciplinas como Cartografia, Computação, Geografia e Estatística.

Segundo Sales (2019), por meio do geoprocessamento são ofertados instrumentos numéricos e formas de manuseio de investigação dos dados georreferenciados para interpretação do caráter da superfície do solo de modo a possibilitar o levantamento de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

As técnicas do geoprocessamento são eficazes também na análise de potenciais vulnerabilidades erosivas presentes no solo (SIPERTI; BISOGNIN, 2021). É um modelo de processamento que visa a adquirir dados geográficos e consiste na utilização de meios de análise digital de imagens, cartografia não analógica e SIG (ERDMAN, 2018).

Para Triches (2022), um dos aspectos de relevância do uso das técnicas de geoprocessamento está em ser possível por meio de análise de sensoriamento à distância, o mapeamento aprofundado da divisão de solos com irregularidades e assim desenvolver uma diagnose acerca da situação fundiária consolidada.

Nas palavras do autor:

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) constitui-se como uma ferramenta de auxílio indispensável e fundamental para o gerenciamento territorial urbano no que tange o planejamento e a regularização fundiária urbana. Neste sentido o geoprocessamento apresenta-se como um conjunto de tecnologias disponíveis para a coleta, armazenamento, tratamento, análise, manipulação de informações espaciais através de um Sistema de Informações Geográficas para este objetivo. Já o termo SIG seria uma técnica do geoprocessamento para uso integrado de informação espacial (TRICHES, 2022, p.04).

O geoprocessamento é, portanto, fundamental no mapeamento territorial de uso do solo. Para Leite, Dias e Rocha (2015) esse processo de mapear aliado com a tecnologia SIG permite uma investigação de fins qualitativos e também quantitativos, possibilitando assim uma leitura da ocupação do solo, suas suscetibilidades e a evolução do território em que a superfície se encontra.

3.8.3 SIG, geoprocessamento e mapeamento

O mapeamento surge como um método de verificação das áreas de risco em que haja ocupação do solo, funcionando como um método de previsibilidade com a finalidade de

planejamento preventivo direcionado a locais com maior suscetibilidade a quedas e deslizamentos (LEITE; DIAS; ROCHA, 2015).

Esse processo também serve para diagnosticar a qualidade do solo a partir de uma análise geográfica com SIG em que se verifica o espaço e assim podem ser encontradas as irregularidades que porventura existam e estejam em desconformidade ambiental, urbana e mesmo jurídica (TRICHES, 2022).

Segundo ensina Lui (2021), é extremamente útil o mecanismo por meio do qual o acompanhamento remoto e das técnicas SIG é possível verificar a qualidade do solo com finalidade de realizar o seu mapeamento preventivo, pois isso possibilita reduzir os riscos e calcular em números a quantidade de perda do solo.

Dentro dos mapeamentos há o denominado de geomorfológico, o qual significa um tipo de estudo direto das suscetibilidades das encostas. Sua teoria é que as condições passadas e as do presente responsáveis pelos deslizamentos serão as mesmas que no futuro causarão quedas de encostas. O exame baseia-se inteiramente na análise do pesquisador em comparar situações passadas, presentes e futuras e a partir delas chegar a alguma conclusão lógica (PINHO, 2019).

Pinho (2019) explica que a técnica baseada somente na experiência do avaliador do solo é passível de erro por depender unicamente das capacidades da pesquisa de campo do intérprete do solo. Uma outra forma de exame, a indireta, por sua vez, acompanha cinco passos na sua forma analítica, são eles: mapeamento da forma de deslocação de uma encosta; encontro de elementos de aspecto físico que se relacionem com a instabilidade da encosta; aferição da cooperação dos elementos de instabilidade presentes na combustão do movimento de queda da encosta; classificação e demarcação da localidade de estudo e suas áreas de suscetibilidade e análise do desempenho.

3.9 CISALHAMENTO DIRETO

Este ensaio é relevante para garantir aos projetistas a análise dos padrões geotécnicos de coesão e ângulo de atrito. Essas informações são imprescindíveis para avaliar estudos de geotécnica (SUPORTE SOLOS, 2020).

A fim de analisar o FS (fator de segurança) dos taludes (exame de estabilidade), a coesão e o ângulo do atrito são utilizados como ferramentas de análise de entrada ou também podem ser utilizados na confecção de projetos de contenções e ainda para possibilitar a investigação da estabilidade de edificações (SUPORTE SOLOS, 2020).

Desse modo, pode-se certificar os níveis de segurança envolvidos em projeções de engenharia civil, garantindo maior taxa de acerto e viabilidade de projetos e também edificações com maior grau de estabilidade.

Os ensaios servem para demonstrar qual a resistência ao cisalhamento. É baseado na submissão de amostras a tensões fixas e em seguida executa-se a denominada tensão cisalhante crescente por meio da utilização de uma dimensão previamente definida, e após esses procedimentos, aguarda-se a quebra do solo pelo cisalhamento (SUPORTE SOLOS, 2020).

Sendo assim, é relevante usar do ensaio do cisalhamento como forma de encontrar o quanto as amostras podem resistir às tensões que são submetidas, fornecendo informações seguras e confiáveis para colocar em prática a experiência então adquirida por meio dos ensaios realizados.

Assim, é possível encontrar a relação da tensão cisalhante e da tensão normal no processo de quebra do solo, trabalhando-se de forma direta a envoltória de Mohr-Coulomb. Na Figura 06 podemos visualizar uma máquina que serve para se realizar o ensaio do cisalhamento.

Figura 06 – Equipamento para realização do ensaio de cisalhamento direto



Fonte: Autoria Própria (2022).

Segundo Craig (2013), a resistência ao deslizamento entre as partículas do solo é representada pelo ângulo de atrito interno, que é formado pelo plano da falha potencial e o plano horizontal. Dessa forma, o mesmo explica que a resistência do solo ao cisalhamento é diretamente proporcional ao ângulo de atrito, ou seja, quanto maior o ângulo mais resistência terá o solo.

O autor, também menciona que a resistência coesiva do solo é uma força de ligação entre partículas que atuam independente da aplicação das tensões normais, geralmente mais relevantes em solos com menores partículas onde possuem uma maior capacidade de retenção de água.

3.10 GRANULOMETRIA DO SOLO

A Norma NBR 7180 (ABNT, 2016) determina como deve ser realizado o ensaio da granulometria do solo. São duas formas trazidas pela normativa: ensaio de peneiramento de solos granulares e sedimentação de solos finos – siltes e argilas (MARINHO *et al.*, 2020).

A granulometria é a distribuição das partículas que compõem o solo, sejam elas inorgânicas ou minerais. Esse processo demonstra uma das qualidades de maior estabilidade do solo que é demonstrado por uma análise granulométrica. A textura do solo está ligada a aspectos de mineralogia, sua área superficial e a sua porosidade (COOPER, 2015). Segundo o autor, cada fração granulométrica é estabelecida de acordo com seus limites superiores ou inferiores, podendo assumir variações na sua forma, estrutura e composição química mesmo que pertençam a uma mesma categoria.

É possível também a execução em conjunto dos dois ensaios visando a obter uma análise granulométrica do solo. O ensaio de peneiramento é usado com a finalidade de dividir as partes sólidas das amostras de solo (MARINHO *et al.*, 2020). Esse procedimento pode ainda ser subdividido em duas outras nomenclaturas: peneiramento grosso a ser utilizado com partículas de espessura maior que 2mm e peneiramento fino para as menores que 2mm ((MARINHO *et al.*, 2020).

O processo de peneiramento por sedimentação é utilizado para partículas com menos de 0,075mm. A teoria para ser efetuado o cálculo do diâmetro é a lei de Stokes. Essa lei garante que a velocidade do salto da partícula quando em um local líquido, chega a uma constante de valor proporcional ao quadrado do diâmetro da partícula, de maneira rápida (MECÂNICA, s.d.).

O ensaio a ser utilizado granulometria deve ser realizado por sedimentação ou peneiramento ou em conjunto, e a maneira a ser executado considera questões de espessura das partículas.

3.11 MASSA ESPECÍFICA

A NBR 6458 de 2016 determina as regras do ensaio sobre a massa específica do solo. Os grãos ficam presos na peneira de 4,8 mm para ser possível a determinação da sua massa específica, massa específica aparente e absorção de água (CONTECH, 2023).

A possibilidade de determinação da densidade de um solo é uma tarefa que traz ao menos duas etapas: cálculo da massa e determinação de seu volume, que pode ser encontrado através da coleta de amostras com cilindros de volumes ou através de uma medição do volume em seus fragmentos de torrão ou monólito. Obtém-se desse modo o cálculo da massa com o processo de pesagem depois de secar em estufa e o volume, através de medir internamente o cilindro metálico que fora utilizado na coleta (SILVA; ALMEIDA; GHISI, 2017).

O processo de preparação é realizado de acordo com a NBR 6467 (ABNT, 2009). Com fins de extrair o material fino, a amostra é banhada na peneira. Em seguida, os grãos ficam por um período de vinte e quatro horas imersos em água destilada (CONTECH, 2023).

Após processo superficial de secagem, a massa é posicionada em um recipiente de tela para que se possa determinar a temperatura da água. Após secagem em estufa até ser possível estabelecer a massa seca, o cálculo da massa específica ocorre (CONTECH, 2023)

A finalidade do ensaio da massa específica consiste em determinar o valor real para as partículas do solo. Desse modo, pode-se encontrar um resultado em que haja separação de outros resíduos do solo e dessa forma ser possível ter acesso a um quociente determinado e o mais próximo possível da exatidão.

3.12 LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

Denominados também de limites de Atterberg, esse ensaio possibilita estabelecer os limites da contextura do solo. Isso serve para evidenciar um estado físico, os níveis em que as partículas se unem. Se aplicado a solos finos ou coesivos, a contextura fica diretamente conectada a questões de quantidade da água no solo, isto é, níveis de umidade (SUPORTE SOLOS, 2020).

A função desses ensaios é demonstrar a estrutura do solo após fazer as devidas conexões com outros critérios a fim de determinar da maneira mais exata possível a capacidade líquida e plástica da superfície em análise.

Assim, os limites de liquidez são os valores dos níveis de umidade pelos quais o solo vai do estado líquido ao estado plástico. Para se chegar a esse resultado, utiliza-se um aparelho conhecido por Casagrande (Figura 07), por meio do qual é possível encontrar o nível da

umidade e com vinte e cinco golpes ocorre a junção das bordas inferiores, padronizando assim as suas dimensões (BRITO; SILVA, 2018).

Figura 07 – Limite de liquidez.



Fonte: Aatoria Própria (2022).

Os limites de plasticidade são valores nos quais o solo vai do estado plástico para o semissólido. Aqui, o solo sofre pequenas quebras em pedaços quando é envolvido por bastões de 3mm de diâmetro. É o valor mínimo de umidade no qual o solo age plasticamente (BRITO; SILVA, 2018; HELENA, 2020).

Por meio do uso do aparelho Casagrande, é possível fazer os experimentos necessários e determinar as análises sobre liquidez do solo. Utilizando e seguindo os passos descritos na NBR 6459 de 2016 pode-se encontrar os resultados esperados por meio dos ensaios. Na Figura 08 podemos visualizar uma parte do ensaio de limites de plasticidade.

Figura 08– Limites de Plasticidade



Fonte: Autoria Própria (2022).

Todos os ensaios realizados são importantes para fins de determinar níveis de segurança, qualidade, teor de umidade entre outros critérios do solo. Utilizando e guiando-se pelas normativas corretas é possível estabelecer os resultados corretos e assim embasar projetos.

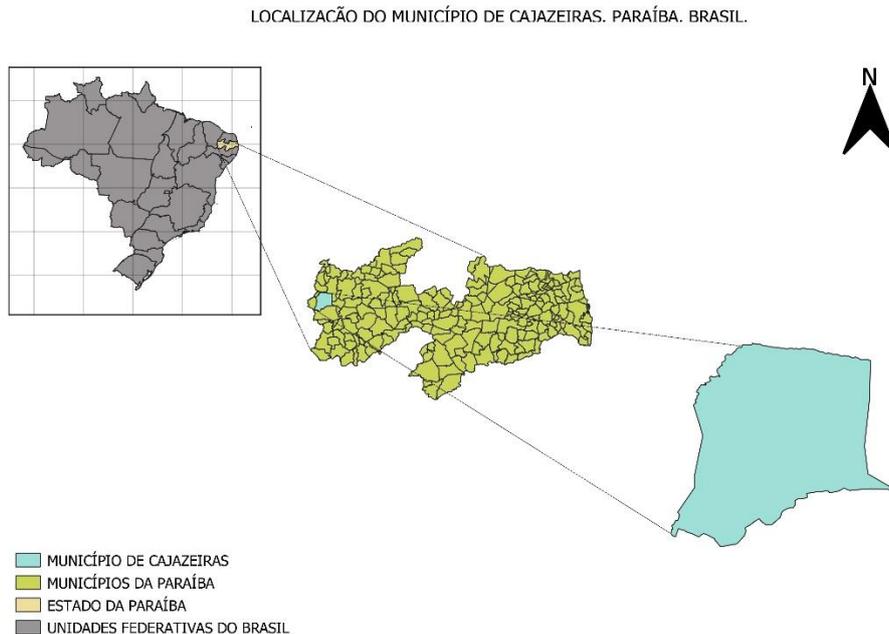
4 METODOLOGIA

A pesquisa utilizou-se da abordagem qualitativa dos dados bibliográficos como forma de corroborar as informações dela constantes. Estudos de diversos autores especializados no tema foram utilizados para confirmar a teoria aqui adotada. Alguns conceitos serão apresentados a seguir para melhor detalhamento da proposta da presente pesquisa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para o atual estudo localiza-se na mesorregião do sertão paraibano, o Município de Cajazeiras (Figura 09). A cidade, de acordo com dados do IBGE 2022, ocupa em torno de 565,90 km² de área territorial, e estima-se uma população com cerca de 62.576 pessoas.

Figura 09 – Mapa de Localização da Cidade de Cajazeiras – PB.



Fonte: Autoria Própria (2023).

4.2 COLETA DE AMOSTRA DE SOLO – NBR 9604

A coleta de amostras indeformadas do solo foi realizada de acordo com as condições prescritas pela norma NBR 9604 (ABNT, 2016) para a escavação de poços e trincheiras. De acordo com a norma o poço é uma abertura vertical que pode ser tanto circular ou quadrada, possuindo um tamanho suficiente para as paredes e fundo serem expostos. A trincheira é uma

escavação linear, sendo possível obter uma exposição contínua do terreno, com dimensão suficiente para as paredes e fundos serem inspecionados.

O poço foi a abertura escolhida para ser feita a retirada das amostras deformadas e indeformadas, tendo como ferramentas utilizadas: Pá, picareta, enxada, colher de pedreiro, balde, talhadeira, lâmina de serra, sacos plásticos, papel filme *PVC* e etiquetas para identificação.

A amostra indeformada é um solo cortado, que é retirado com reduzidas alterações da sua estrutura e condições naturais, a fim de manter a umidade inicial e evitar possíveis rupturas.

A princípio, cada ponto das áreas escolhidas do morro houveram os pontos de latitude e altitude do terreno anotados, em seguida uma parte da área foi delimitada e feita uma limpeza superficial com a ajuda da enxada. Com o local limpo, foi marcado um contorno da amostra com as dimensões 20x20cm para ser escavado com a picareta, após afundar o contorno e formar as paredes, com a ajuda da talhadeira foi dando forma a amostra. E por fim, a amostra foi despreendida do solo com a lâmina de ferro, envolvida com o papel filme e etiquetada. As amostras deformadas, foram coletadas com o auxílio de uma pá, postas no saco plástico e devidamente etiquetadas.

4.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO

As amostras que serão submetidas aos ensaios de caracterização do solo como: granulometria, limites de liquidez e plasticidade, massa específica e cisalhamento direto, foram preparadas de acordo com a norma NBR 6457 que dispõe os métodos necessários.

Para os ensaios de caracterização, inicialmente, as amostras deformadas foram colocadas em uma bandeja, tendo os maiores grãos destorroados para uma secagem ao ar. Logo em seguida, com a ajuda de um repartidor, uma porção foi inserida no almofariz e destorroada em grãos menores por uma mão de gral recoberta de borracha.

No ensaio de análise granulométrica, a amostra é passada na peneira de 76mm e tomado uma quantidade de 500g para seu desenvolvimento.

Na determinação dos limites de liquidez e plasticidade foi obtido cerca de 200g de material passado na peneira 0,42mm a ser ensaiado.

Para ensaio de massa específica uma porção da amostra foi passada na peneira 4,8mm e pesado 500g a ser ensaiada.

4.4 GRANULOMETRIA PARA O SOLO

O ensaio de granulometria foi conduzido conforme a norma NBR 7181 (ABNT, 2016), empregando técnicas de peneiramento e sedimentação para analisar o solo com frações finas e grossas. Aproximadamente 1 kg de material foi separado e peneirado com uma malha de 2,0 mm. A fração retida passou por lavagem para remover partículas finas aderidas e, após secagem, passou por peneiramento grosso.

A porção do solo que passou pela malha de 2,0 mm foi submetida ao processo de sedimentação, onde uma parte foi imersa em uma solução aquosa por mais de 24 horas. Após dispersão, o material foi transferido para uma proveta e diluído até 1.000 cm³ com água destilada. O solo na proveta foi agitado e, a partir desse momento, iniciaram-se as leituras de densidade com um densímetro e de temperatura com um termômetro.

Após a última leitura com o densímetro, o conteúdo da proveta foi lavado através de uma peneira de 0,075 mm. O material foi então seco em uma estufa e passou por um último peneiramento fino, concluindo assim o ensaio de granulometria.

4.5 MASSA ESPECÍFICA PARA SOLOS – NBR 6458

Para a realização do ensaio, as amostras foram devidamente preparadas de acordo com o anexo B da norma NBR 6458, após isso foram pesadas as amostras para serem imergidas durante 12 horas por água destilada. Passado o prazo, as amostras foram inseridas no copo munido de chicanas e adicionada água destilada até a metade do copo para em seguida serem agitadas pelo aparelho de dispersão.

Feito o processo, todo o material de cada amostra foi colocado em picnômetros, sendo lavado todo equipamento por água destilada para evitar a perda de material. Em seguida os picnômetros foram postos na máquina de vácuo, para ser retraído o ar de dentro do corpo de prova.

Sendo assim, o balão com o material foi pesado e com a ajuda de um menisco foi possível aferir a temperatura da amostra para obter os dados que são necessários para calcular os resultados.

4.6 LIMITES DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

A norma NBR 6459/84 cita os critérios necessários para a realização do ensaio, com o objetivo de determinar o teor de umidade que o solo passa do estado plástico para o líquido.

Essa normativa especifica como deve ser a liquidez dos solos. Para ser possível realizar este cálculo são necessários uma série de procedimentos como por exemplo, temperatura a ser mantida em estufa em 60 graus ou mais, cápsulas de porcelana com mais ou menos 120mm em diâmetro, espátula com lâmina que tenha flexibilidade e aproximadamente 80mm x 20mm,

cinzel, ferramentas que possibilitem a manutenção da umidade de amostragem – como vidros côncavos com grampo, balança que admita pesar 200 g, gabarito para medir altura e esfera de aço com 8mm (ABNT, 2016).

A amostra foi preparada de acordo com a NBR 6457, tomando 200g de material passado na peneira 0,42mm, sendo adicionado aos poucos água destilada para formar uma pasta homogênea. Essa pasta foi adicionada na concha do aparelho Casagrande preenchendo cerca de 1cm de altura.

Após esse procedimento, com a ajuda de um cinzel é feito uma ranhura na pasta, logo em seguida o aparelho é ligado para a contagem de golpes, onde a concha é levantada por 1cm e cai por batidas rápidas, que não podem ter golpes inferiores a 15 e superiores a 35 até fechar a abertura. Em seguida foi retirado parte da amostra próximo a ranhura, colocado em cápsulas, pesadas e postas na estufa para a secagem. Esse procedimento foi realizado 5 vezes em cada amostra do morro.

A determinação dos limites de plasticidades é especificada na NBR 7180/84, também conhecido como método dos canudos, que busca moldar um bastão de 3mm de diâmetro e 10cm de comprimento, com o menor teor de umidade. O solo foi passado na peneira 0,42mm e pesado 200g, depois foi sendo adicionado água destilada aos poucos e homogeneizado até formar uma pasta que fosse possível formar o bastão com rachaduras leves visíveis sem a ruptura do corpo.

Para cada amostra de solo, foram tomados 5 pontos, e 3 desses será formado uma média do teor de umidade, com um parâmetro que não deve ser ultrapassado maior ou menor que 5% dessa média.

Após a formação dos canudos, as cápsulas são pesadas e tendo os pesos anotados, e posteriormente é adicionado o material nas cápsulas fazendo-se o mesmo procedimento, para serem levadas à estufa, com o objetivo de saber o peso do solo seco e obter o teor de umidade.

4.7 CISALHAMENTO DIRETO

Para realização do ensaio de cisalhamento direto foi utilizado como base a norma ASTM D3080, cujo objetivo é indicar a tensão cisalhante capaz de romper horizontalmente uma amostra de solo.

O preparo dessas amostras admitiu a técnica descrita pela norma NBR 6457, sendo moldada em um molde metálico e pesada. Logo em seguida, a peça foi posta na prensa cisalhante e inundada com água destilada, com intuito de saturar o corpo de prova.

Após esse procedimento, começou a aplicação das tensões normais para a consolidação do

corpo de prova, ou seja, para permitir a saída de água da amostra. Com o fim da compressão causada pelo carregamento normal, iniciou-se o processo de cisalhamento.

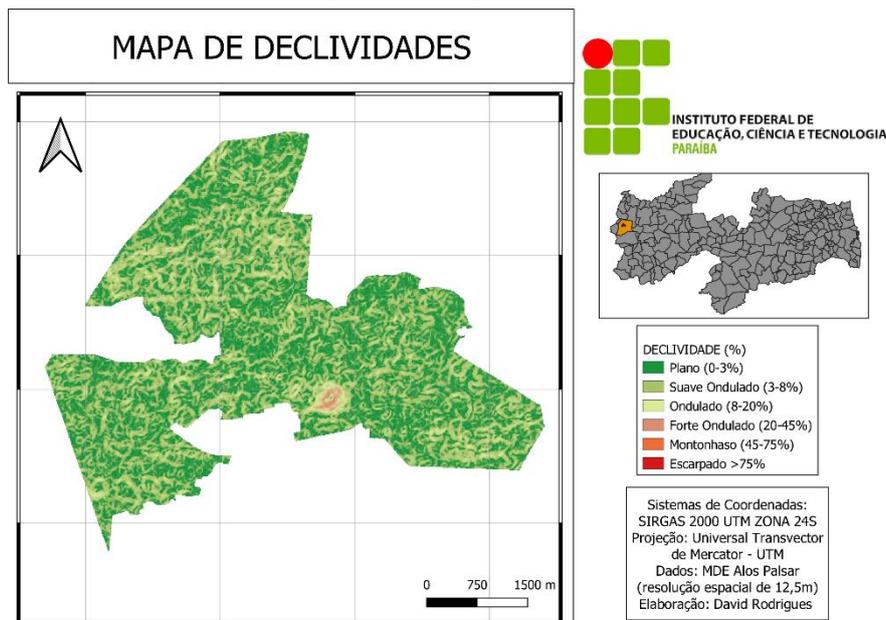
A parte de consolidação dos solos, ocorreu pela aplicação das tensões normais de 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa e 200 kPa, onde a manivela do equipamento foi rotacionada lentamente até atingir o limite de deslocamento vertical, assim gerando as curvas de envoltória e os dados do ensaio.

4.8 DECLIVIDADE

Para o projeto foi escolhido os dados do MDE ALOS APLSAR que representa uma boa resolução espacial de 12,5 metros, assim quatro arquivos *raster* foram extraídos do site e adicionados no Qgis, logo após foram mesclados e reprojutados para o SRC do projeto. Para a obtenção do mapa de declividade, foi utilizada a ferramenta *Declividade* na opção *Raster* para geração dos ângulos de inclinação para cada célula em graus ou em porcentagem (Figura 10).

Dando continuidade, foi dividido em seis classes de declividade proposto pela EMBRAPA, em porcentagem, todos os valores de inclinação obtidos através do raster e reclassificados para poder gerar uma tabela com as atribuições das notas para as classes da variável correspondente.

Figura 10 – Mapa de Declividade.

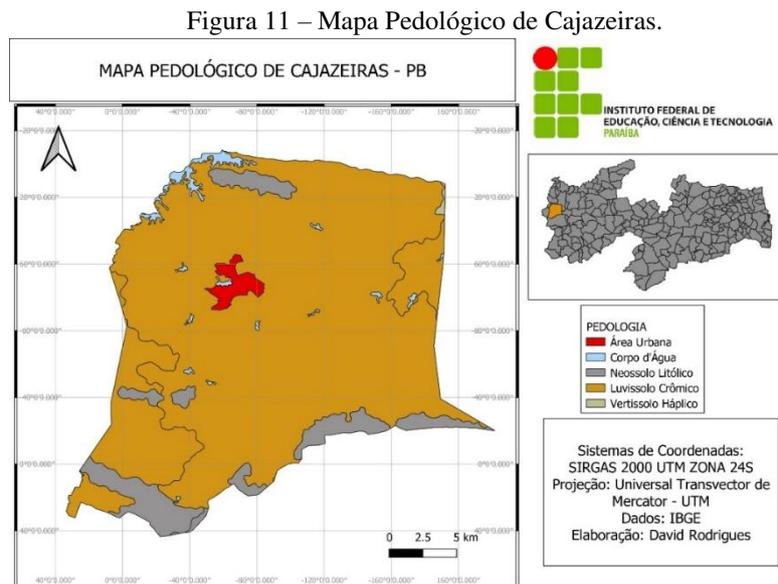


Fonte: Autoria Própria (2023).

4.9 PEDOLÓGICO

Para a produção do mapa pedológico (Figura 11), primeiramente foi preciso baixar o mapa pedológico brasileiro, atualizado para o ano 2021, disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O passo seguinte foi adicionar os vetores do mapa pedológico e da área de Cajazeiras para realizar o recorte.

Depois de feito o recorte, em propriedades foi feita a classificação dos solos da área, sendo alterado as cores de acordo com o Manual das Técnicas de Geociência também disponível no site do IBGE.



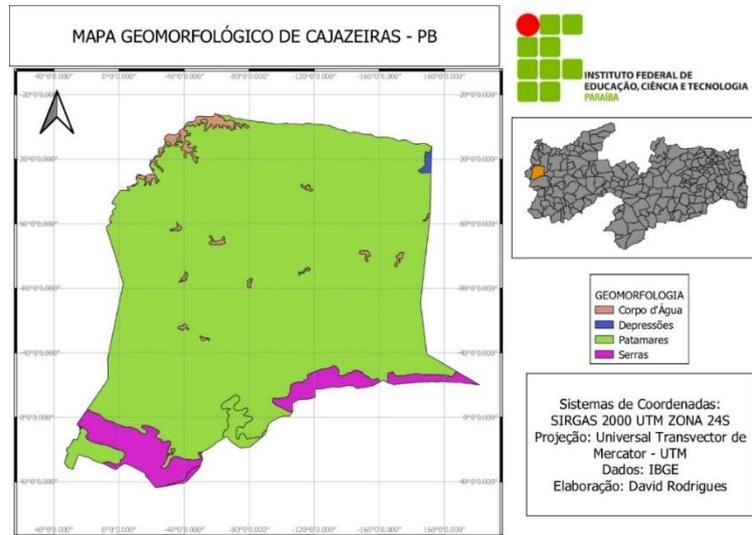
Fonte: Autoria Própria (2023).

4.10 GEOMORFOLÓGICO

Os dados para a gerar o mapa geomorfológico (Figura 12) foram extraídos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com a atualização de 2021. Dessa forma, foi possível a captação dos vetores para adição no Qgis e após a seleção a área do estudo e os vetores do mapa geomorfológico, o recorte foi realizado para a delimitação da área.

Com o recorte feito, a área foi classificada e com as cores alteradas de acordo com o Manual das Técnicas de Geociência, disponível no IBGE.

Figura 12 – Mapa Geomorfológico de Cajazeiras – PB.



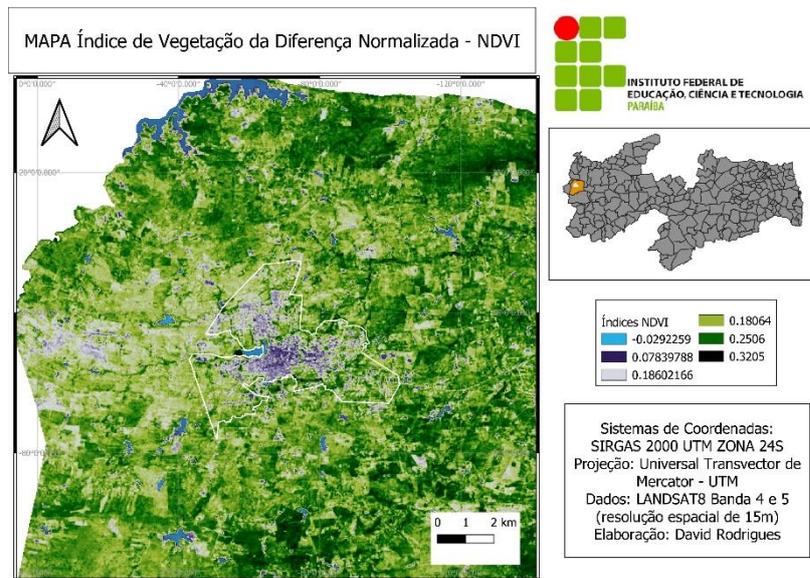
Fonte: Autoria Própria, 2023.

4.11 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA

Com as imagens obtidas através do satélite Landsat8 Banda 4 e 5, foi selecionada a área geográfica de interesse e as datas apropriadas para esse estudo. Posteriormente, foi realizada a correção para as bandas espectrais e inseridas na calculadora Raster do Qgis com a seguinte formulação: $(“B5” - “B4”) / (“B5” + “B4”)$, resultando em uma camada raster representando o NDVI. Assim, as cores foram ajustadas para representar melhor as diferenças das vegetações e gerado o mapa de Figura 13.

A classificações vegetativas se deram da seguinte forma: os intervalos entre -0,0292259 a 0,07839788 são de áreas não vegetadas, de 0,07839788 a 0,18602166 indica áreas de vegetação rala, de 0,18602166 a 0,2506 cobertura de vegetação moderada, e os valores acima de 0,2506 representa áreas com densidade vegetal.

Figura 13 – Mapa do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.



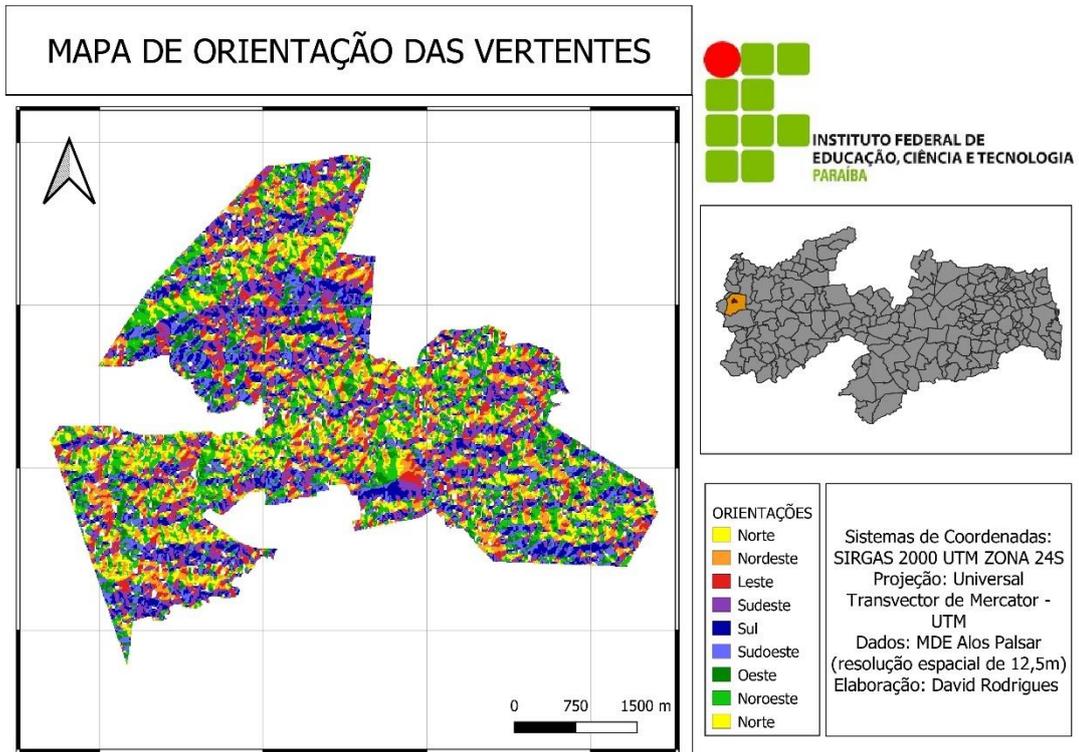
Fonte: Autoria Própria, 2023.

4.12 ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES

Para gerar o arquivo raster das orientações das vertentes, foi utilizado o mesmo mosaico MDE ALOS PALSAR do item (3.3.3), sendo obtidos os valores de exposição através da ferramenta *Aspect*.

A classificação das orientações para esse estudo seguiu da seguinte forma, Norte (0° - 22.5°), NE: Nordeste (22.5° - 67.5°), L: Leste (67.5° - 112.5°), SE: Sudeste (112.5° - 157.5°), S: Sul (157.5° - 202.5°), SO: Sudoeste (202.5° - 247.5°), O: Oeste (247.5° - 292.5°) e No: Noroeste (292.5° - 337.5°), qualquer vertente acima de 337.5° é indicação do norte. A Figura 14 define as notas correspondentes a cada classe, após feita uma reclassificação do arquivo de acordo com os graus da rosa dos ventos.

Figura 14 – Mapa de Orientação das Vertentes.

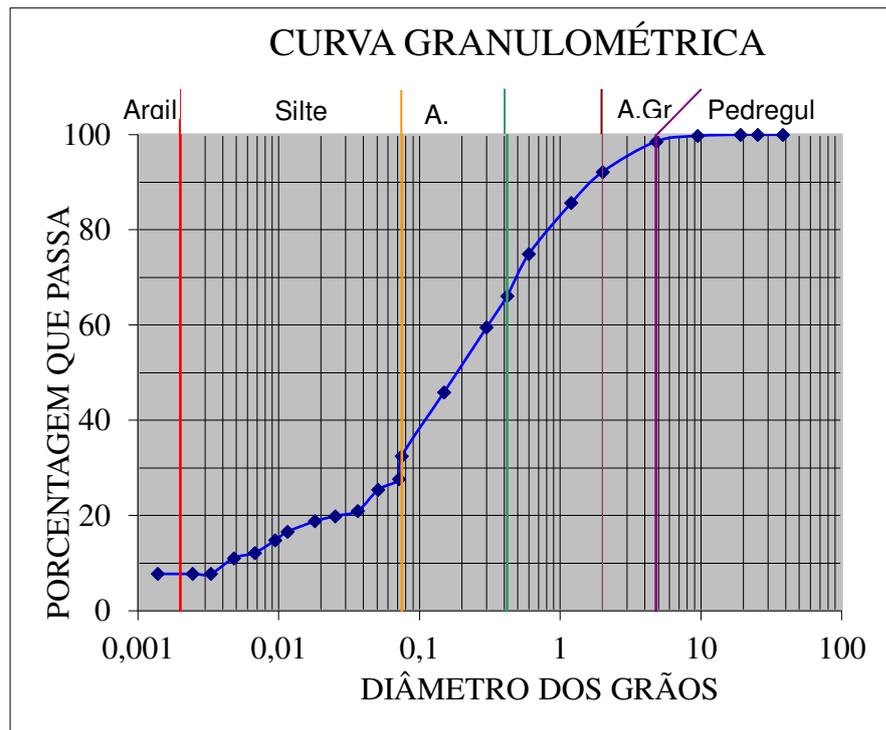


Fonte: Aatoria Própria (2023).

5 RESULTADOS E ANÁLISES

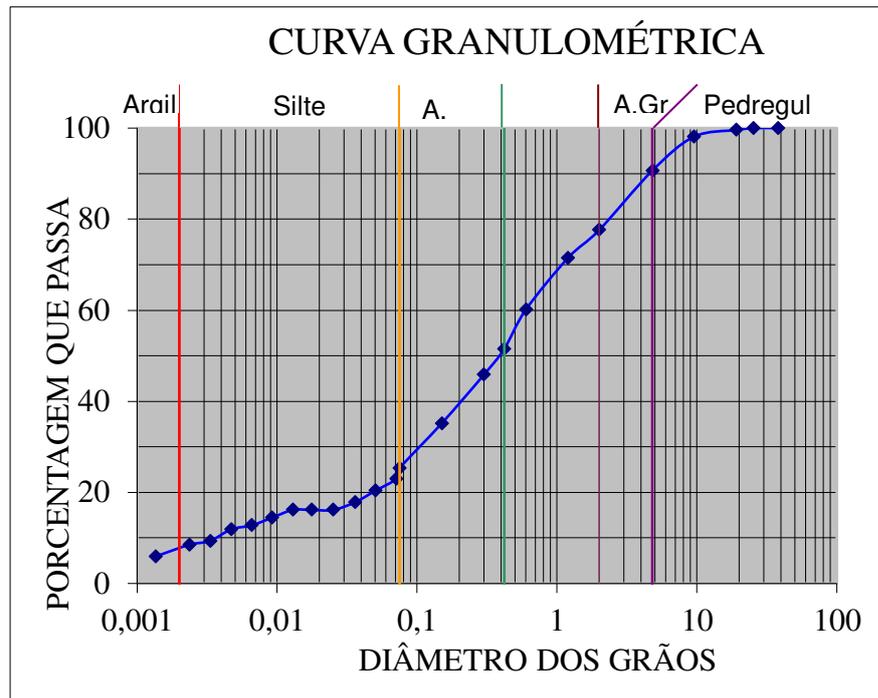
O município de Cajazeiras situa-se no sertão paraibano, com o território predominantemente inserido em uma região de latossolos, porém faz-se necessário a avaliação da composição do solo e suas propriedades mecânicas para obter dados a serem analisados nesse estudo. A seguir são apresentadas as curvas granulométricas:

Gráfico 01 – Curva Granulométrica da Amostra 1.



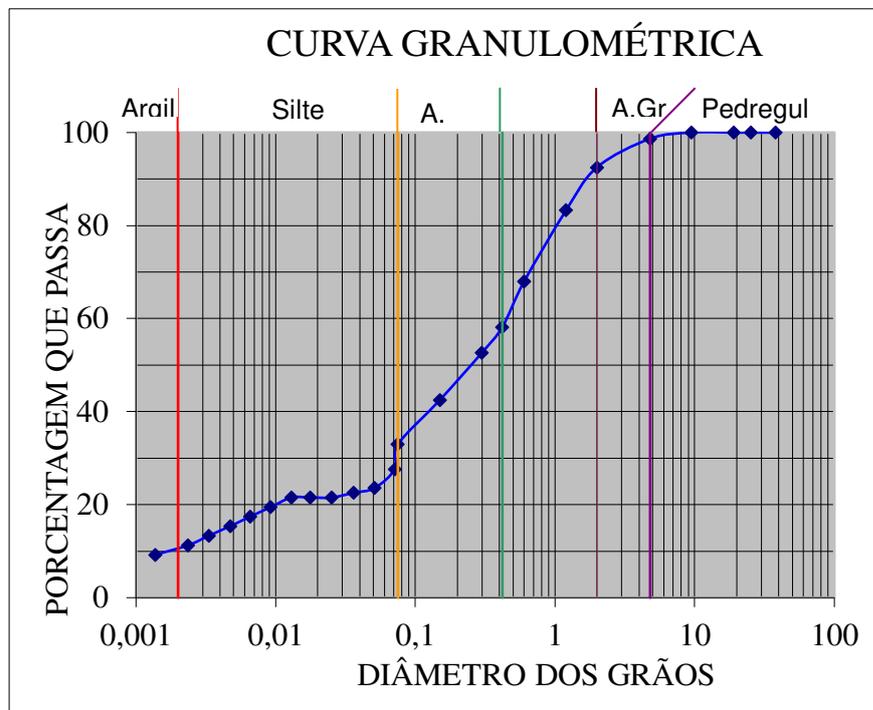
Fonte: Autoria Própria (2023).

Gráfico 02 – Curva Granulométrica da Amostra 2.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Gráfico 03 – Curva Granulométrica da Amostra 3.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Com os gráficos é possível visualizar as curvas de distribuição granulométricas e os coeficientes de uniformidade e curvatura, C_u e C_c respectivamente, para os tipos de solos das

amostras. Com os segmentos obtidos chegamos à conclusão que as três amostras de solo mostraram uma boa graduação do solo por alcançar boa parte das faixas granulométricas.

Conforme a plotagem realizada no gráfico, podemos analisar os seguintes resultados:

a) Amostra 1:

- Pedregulho: 1.4%;
- Areia Grossa: 1.4%;
- Areia Média: 26.0%;
- Areia Fina: 33.7%;
- Silte: 24.7%;
- Argila: 7.7%.

Tal amostra possui em sua maior parte areia fina e silte, enquanto as porcentagens de pedregulho e areia grossa são baixas. Sendo assim, possuindo uma boa distribuição de partículas, mas com uma predominância de areia fina e silte.

b) Amostra 2:

- Pedregulho: 9.3%;
- Areia Grossa: 13.1%
- Areia Média: 26.1%
- Areia Fina: 26.2%
- Silte: 16.8%
- Argila: 8.5%

A amostra 2, tem um perfil semelhante à amostra 01, porém com suas partículas mais distribuídas, podendo notar um aumento na quantidade de pedregulho e areia grossa. Porém ainda se destaca a predominância de areia fina e areia média.

c) Amostra 3:

- Pedregulho: 1.3%
- Areia Grossa: 6.1%
- Areia Média: 34.2%
- Areia Fina: 25.3%
- Silte: 21.7%
- Argila: 11.3%

As frações de areia média dessa amostra foram superior em comparação com as amostras anteriores. Portanto é uma amostra com uma boa distribuição granulométrica, mas com uma presença significativa de areia média.

Primeiramente foi observado uma maior porcentagem de areia e silte encontrado das amostras, sendo predominante a areia fina nas amostras 01 e 02, enquanto a amostra 03 possui predominância em areia média.

O tipo de areia do solo tem bastante influência quando se trata de propensão a movimento de massa, devido as suas propriedades mecânicas, como a permeabilidade que os solos que predominam uma granulometria mais fina possuem uma menor capacidade de drenagem, assim gerando o amontoado de água na estrutura possibilitando movimento de massa. Outro fator importante, é sua disposição a compactação, solos com uma boa parcela de areias finas tem um grau de compactação maior, logo quando submetidos a cargas podem apresentar maior deformação.

5.1 QUADRO RESUMO

Quadro 01 – Resumo das Amostras Utilizadas.

CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DO MORRO DO CRISTO REI											
LOCAL	PROFUNDIDADE	CLASSIFICAÇÃO SUCS	CLASSIFICAÇÃO H.R.B	GRANULOMETRIA (Fina - Grossa)				LIMITES DE ATTEMBERG			P _{média} a 20°C
				ARGILA	SILTE	AREIA	PEDREG.	LL(%)	LP (%)	IP%	
AMOSTRA 01	Superficial	Areia Siltosa	A-2-4	7,7	24,7	33,7 - 6,4	1,4	23	15	9	2,596
AMOSTRA 02	Superficial	Areia Siltosa	A-2-4	8,5	16,8	26,2 - 13,1	9,3	25	17	8	2,651
AMOSTRA 03	Superficial	Areia Siltosa	A-2-4	13,3	21,7	25,3 - 6,1	1,3	29	18	11	2,62

Fonte: Autoria Própria (2023).

Em relação à execução dos ensaios dos Limites de Attenberg das amostras, obteve-se que os índices de plasticidade (IP) das amostras 01 e 03 apresentaram valores entre 7% e 11%, assim, as amostras denotaram características moderadamente plásticas. Já a amostra 02 apresentou comportamento diferente, superior a 11%, sendo um solo altamente plástico.

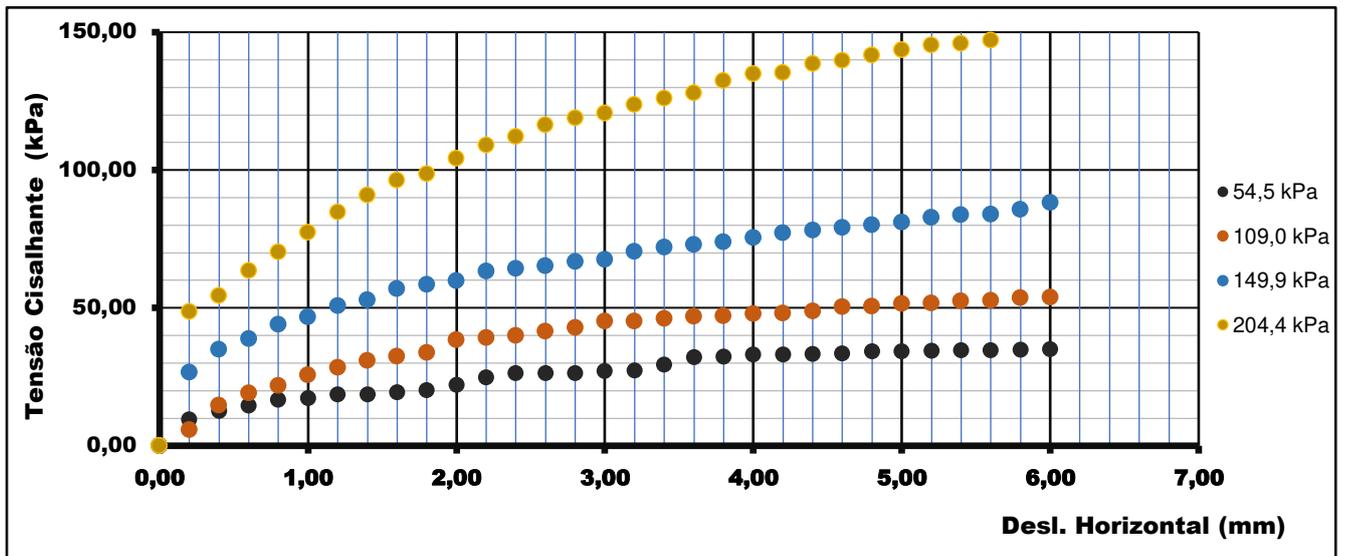
Para obtenção da massa específica foi utilizada uma referência de padrão de temperatura como 20°C, para garantir a comparabilidade dos resultados, assim o resultado final de massa específica obtido através da média aritmética das amostras 01, 02 e 03 respectivamente foram 2.596, 2.651 e 2,62.

Assim, partindo dos resultados dos ensaios de caracterização do solo foram classificados segundo os sistemas de classificação da Associação Americana de Rodovias Estaduais e Autoridades de Transporte (AASHTO) e o Sistema Unificado de Classificação e Solos (SUCS) a textura das três amostras como areia siltosa, classificação que indica a predominância da areia, mas com uma presença significativa de silte.

5.2 CISALHAMENTO DIRETO

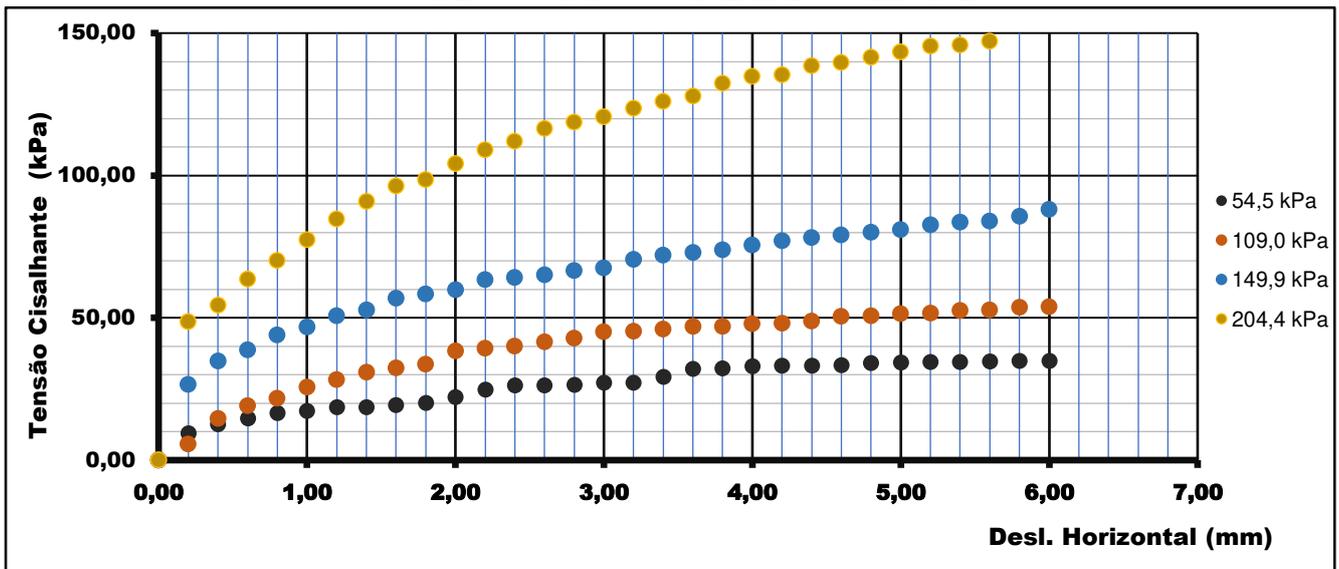
A obtenção dos resultados do ensaio de cisalhamento direto partiu da aplicação de um conjunto tensões sob a amostra de solo, sendo de 25, 50, 100 e 200 kPa, aplicando ao plano de ruptura para as definições da curva de envoltória de resistência ao cisalhamento definido por Mohr-Coulomb. Dada a envoltória, os parâmetros de resistência foram definidos em termos de tensões efetivas: ângulo de atrito interno e coesão. As amostras 01, 02 e 03 foram executadas sob condições de umidade saturada, como consta nos Gráficos 04, 05 e 06.

Gráfico 04 – Tensão de Cisalhamento da Amostra 1.



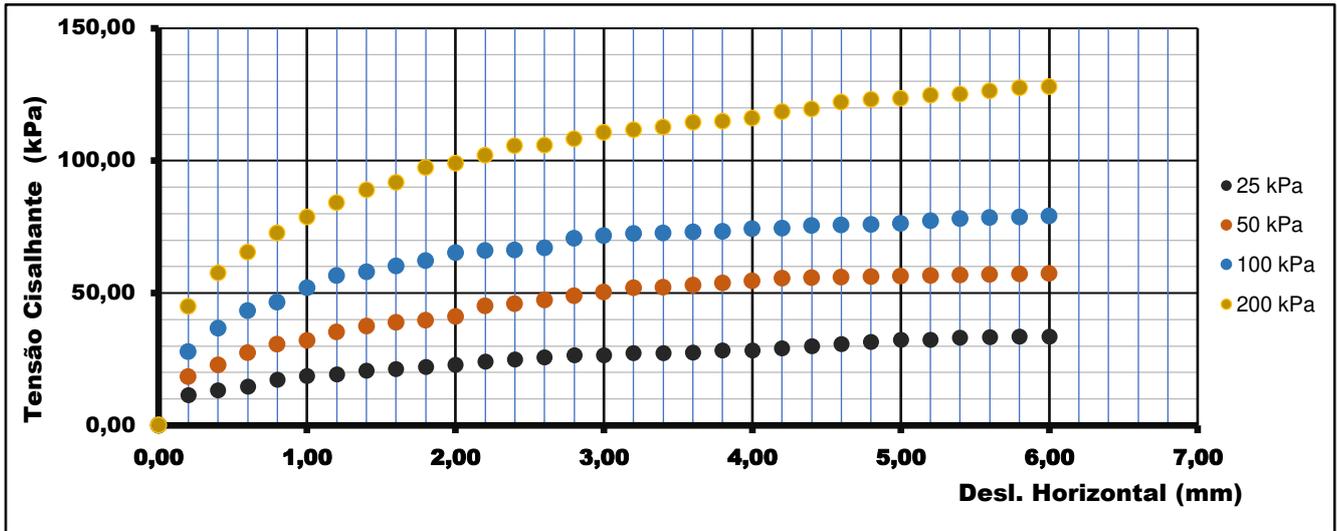
Autoria Própria (2023).

Gráfico 05 – Tensão de Cisalhamento da Amostra 2.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Gráfico 06 – Tensão de Cisalhamento da Amostra 3.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Com base nos dados encontrados pode-se notar que o comportamento do deslocamento vertical junto à tensão cisalhante das amostras não obtivera formação de pico, e por isso ainda não chegaram ao estágio de ruptura. Desse modo, justificando esse fato é possível notar uma certa semelhança nas curvas das amostras, tendo apenas a segunda amostra um comportamento diferente devido as suas características particulares de solo.

No quadro 02, consta o resultado dos valores das tensões cisalhantes, conforme foram aplicadas as tensões normais:

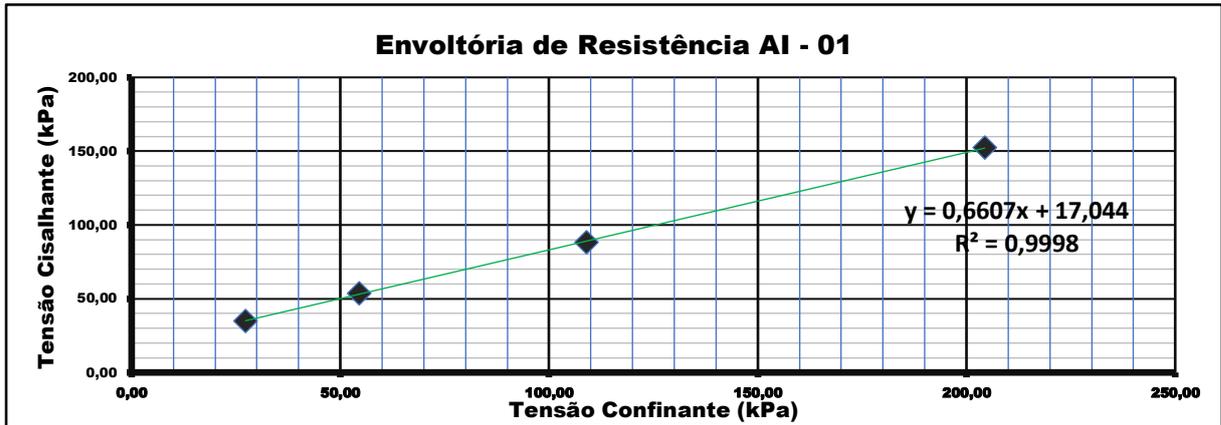
Quadro 02 – Tensão Cisalhante das Amostras Coletadas.

TENSÃO CISALHANTE DE RUPTURA			
TENSÃO CONFINANTE (kPa)	AMOSTRAS (kPa)		
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03
25	34,95	42,64	33,56
50	53,83	61,52	57,32
100	88,08	120,24	79
200	152,4	107,66	127,93

Fonte: Autoria Própria, 2023.

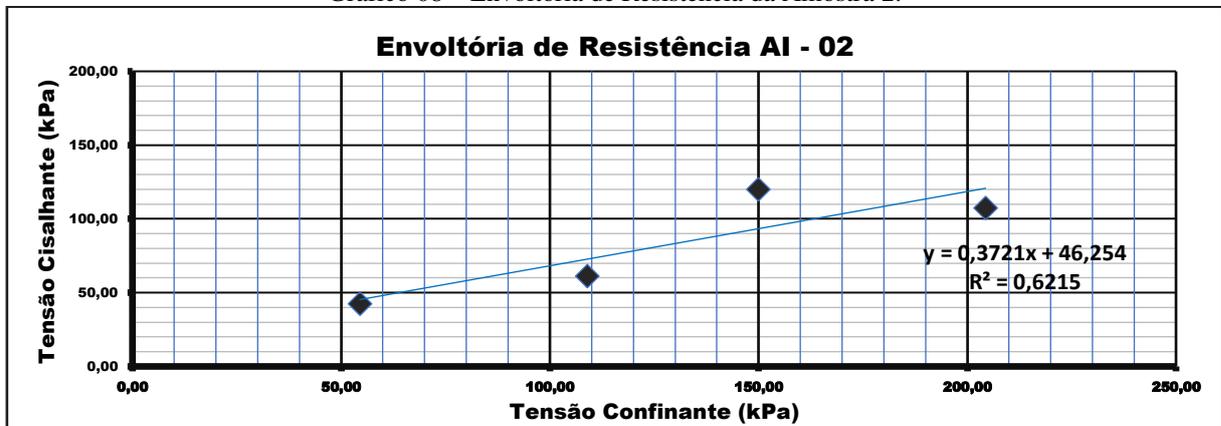
Neste estudo, as envoltórias de resistências foram construídas através da utilização dos valores das tensões normais aplicadas e suas respectivas tensões cisalhantes de ruptura, seguindo critério de Coulomb, representadas nos Gráficos 07, 08 e 09:

Gráfico 07 – Envoltória de Resistência da Amostra 1.



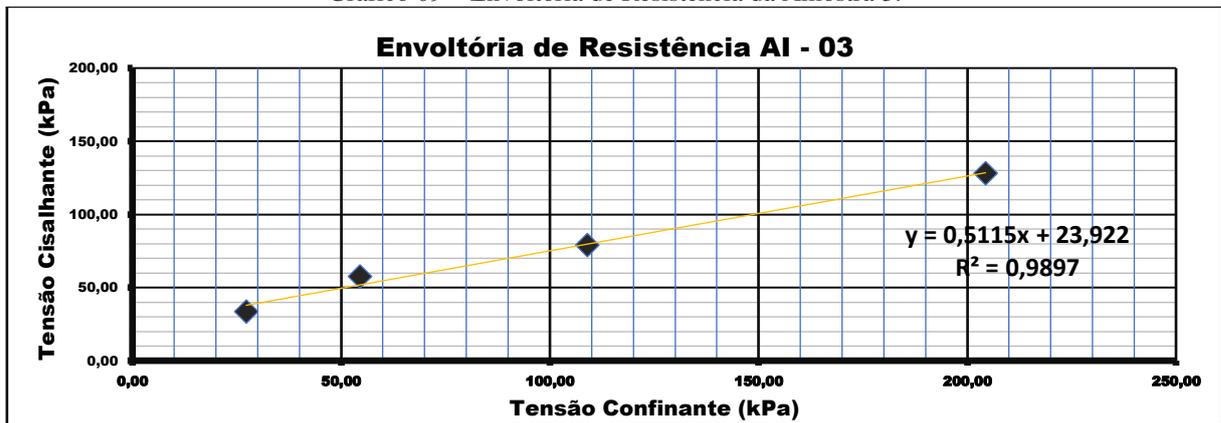
Fonte: Autoria Própria (2023).

Gráfico 08 – Envoltória de Resistência da Amostra 2.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Gráfico 09 – Envoltória de Resistência da Amostra 3.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Por meio das equações das retas geradas, obtivera os parâmetros de resistência ao cisalhamento, como o ângulo de atrito interno e a coesão. No entanto, devido a incoerência previamente mencionada na análise das curvas da envoltória, foi decidido remover o a tensão confinante de 200 kPa, para resultar em um dado mais preciso e consistente. Sabendo que os

valores dos coeficientes de correlação (R^2) sejam superiores à 0,98 apresentam resultados satisfatórios, verificamos a coerência dos resultados no Quadro 03:

Quadro 03 – Parâmetros das amostras de resistência ao cisalhamento do solo.

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO SOLO			
	AMOSTRAS		
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03
Ângulo de atrito interno	33,4	44,1	27,1
Coesão	17 kPa	13 kPa	24 kPa
Equação da Reta	$y = 0,6605x + 17,07$	$y = 0,9675x + 13,282$	$y = 0,5115x + 23,922$
R^2	0,999	0,99	0,989

Fonte: Autoria Própria (2023).

No entanto, de acordo com a metodologia abordada por Craig (2013), a seguinte análise para o atual estudo, é determinado que as amostras 01 e 03 se encaixam dentro de um intervalo esperado para areias com perfil redondo, sendo verificado pelo seu menor valor de ângulo de atrito e maior resistência coesiva que a amostra 02.

Contudo a amostra 02, apresentou significativamente um maior ângulo de atrito interno que as demais amostras, o que é esperado para solos de grãos angulares.

A resistência do solo, pode está relacionada também às propriedades dos grãos, como sua forma. Sendo assim, as areias de grãos angulares possuem maior intertravamento entre suas partículas, assim resultando em uma maior resistência. Já os de forma arredondada, os grãos têm uma tendência maior de deslocamento quando são submetidos a forças de cisalhamento, resultando a uma menor resistência.

5.3 MAPEAMENTO

Os resultados das representações gráficas do Morro do Cristo Rei em Cajazeiras permitem a visualização de determinadas características que são fundamentais para em embasamento detalhado desta análise

5.3.1 Mapas

Pela Figura 10 podemos observar a distribuição espacial das declividades da menor para maior, indicando a frequência do acentuamento das declividades, em que devemos considerar o intervalo dos percentuais de inclinação 0 a 30% como um parâmetro de segurança, onde valores superiores a 30% seja indicativo da suscetibilidade a processos de movimento de massa.

A malha urbana de Cajazeiras possui em sua maior extensão uma variação de 0-20% de

declividade, por outro lado o Morro do Cristo Rei sendo a parte com maior relevo da cidade possui boa parte da sua área em uma faixa de 37,61%, logo esta constatação permite considerar que o significativo percentual de uma parte da declividade do morro se enquadra no parâmetro de média suscetibilidade, assim detendo uma possibilidade de desencadear movimentos por gravidade.

Na faixa de NDVI de 0,18 a 0,25, geralmente é associada a uma vegetação de baixa a moderada densidade. Essa faixa de valores sugere que a área em questão pode ter uma cobertura vegetal relativamente baixa ou estar em um estágio de crescimento inicial da vegetação.

A cidade de Cajazeiras de encontra em uma faixa de solo Latossolo, que apresenta uma alta permeabilidade de solo, e por agregar bem as águas das chuvas contribuem ao arraste do solo, assim dando possibilidade a processos erosivos. Além disso podem ter formação de crosta superficial, por conta da presença do silte na composição, fazendo com que o solo fique exposto e ressecado.

O solo do Morro do Cristo Rei, já é classificado como areia siltosa, ou seja, um solo que apresenta ser instável devido sua permeabilidade ser alta e a água circular com facilidade, e por estar a maior parte do tempo exposto ao sol tem uma facilidade de ressecamento caso não seja repostada a água. Dessa forma, uma possível forma de inibir essas características prejudiciais seria manter o terreno com uma cobertura vegetal uma parte do tempo, porém a área vegetativa de Cajazeiras tem uma grande dificuldade em se desenvolver devido a cidade se encontrar em uma faixa pluvial de baixa intensidade de chuva e estar a maior parte do ano em época de estiagem.

6 CONCLUSÃO

Através deste trabalho, conseguiu-se desempenhar uma análise explanatória para a suscetibilidade de movimento de massa, abrangendo como parâmetros os dados geoespaciais pelo mapeamento geotécnico da região e com estudo do solo através da caracterização e o ensaio de cisalhamento direto.

Com os resultados obtidos do estudo de mapeamento da região do morro seus aspectos topográficos representaram declividade que se enquadra em uma média probabilidade a movimentos de massa.

Com os mapas gerados da região de Cajazeiras, também foi possível obter suas características geológicas, sendo predominantemente como um Latossolo Crômico, solos que possuem uma estrutura bem consolidada, porém dentro da sua composição mineralógica possuem um teor considerável de argila que mudam seu comportamento geotécnico, aumentando sua plasticidade tornando-o mais suscetível a deformações quando submetido a cargas. Dependendo das condições de variação de umidade, essa propriedade de expansão e contração, pode levar a ocorrência de rupturas e fissuras do solo.

A presença de vegetação auxilia na retenção da umidade do solo em tempos de chuva. O mapa NDVI, apresentado revela a predominância vegetativa da região de Cajazeiras sendo de baixa a moderada densidade, uma cobertura que não demonstra ser suficiente para evitar o deslocamento do solo. Sendo assim, a ocupação do solo na encosta do morro influencia ainda mais a essa suscetibilidade de movimentos.

Outra característica que seria fundamental para agregar a esse estudo seria um mapeamento pluviométrico, porém devido ao baixo índice pluviométrico as informações sobre precipitações ocorridas na estação São Gonçalo, que abriga a Cidade de Cajazeiras, são bem escassas impossibilitando a geração dados precisos e confiáveis para atribuir a esta análise. Dessa forma, fica como uma sugestão para seguintes pesquisas, uma elaboração mais robusta das precipitações da região.

Com o ensaio de cisalhamento direto foi investigada de forma detalhada as propriedades de resistência ao cisalhamento, concluindo que a base e o topo possuem solos menos resistentes em comparação ao meio do morro, porém é um ensaio que não identifica a atuação de outros esforços em planos de ruptura diferentes, sendo sugestionado a aplicação de outros ensaios para obtenção de parâmetros diferentes como o de compressão triaxial. Por outro lado, a aplicação de um novo método de ensaio para a determinação dos parâmetros de resistência, o ensaio

Borehole Shear Test pode realizar de forma mais ágil, utilizando apenas um equipamento em loco e sendo possível captar vários pontos em um curto tempo.

Devido ao Morro do Cristo possuir várias disposições rochosas, que influenciam diretamente na sua estrutura, a análise feita neste estudo foi apenas para os solos de forma mais sucinta obtendo dados preliminares, logo sendo recomendado estudos mais específicos sobre rochas e que também faça uma análise simbiótica de solo e rocha. Além disso, foi observado uma escassez de informações sobre o solo do Estado da Paraíba, deixando claro a necessidade do aprofundamento de estudos com o mesmo segmento.

Portanto, por meio da análise integrada dos mapas, da caracterização do solo e os parâmetros de resistência ao cisalhamento, pode-se notar a importância desse tipo de pesquisa para tomar medidas mitigatórias como um zoneamento de risco, estabilização de encostas, restrições do uso do solo, assim reduzindo os riscos e garantindo a segurança das áreas ocupadas na região do morro. Por outro lado, esses dados também podem ser aplicados para um planejamento urbano e de infraestrutura do morro que se encontra em um estado desordenado. Assim, podendo proporcionar uma moradia segura e adequada para a população ali residente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 6457**: Solo - Determinação da plasticidade pelo limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 6467**: Agregados, Determinação do inchamento de agregado miúdo, Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, RJ, (2016)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 7190-3**: Projeto de estruturas de madeira. Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas. Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 9604**: Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em solo, com Retirada de Amostras Deformadas e Indeformadas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2016.
- ALBUQUERQUE, P. J. R. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2022 **Mecânica dos Solos**. Disponível em: <https://www.fecfau.unicamp.br/~pjra/mecanica-dos-solos/>. Acesso em: 19 maio 2023.
- ASTM International. **ASTM D3080**: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. West Conshohocken, PA, USA.
- BERTONE, P.; MARINHO C. Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: A visão do planejamento. *In*: **CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA**, 6, Brasília, 2013. Anais Brasília: CONSAD, p. 1-24, 2013.
- BITTENCOURT. Douglas M. A. **Estados de tensão e critérios de ruptura**, 2011. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17430/material/GEO_II_09_Estados%20de%20Tensao%20e%20Critérios%20de%20ruptura.pdf. Acesso em 26 mar. 2023.
- BRITO, J. V. A; SILVA, F. M. **Ensaio para determinação dos limites de liquidez e de plasticidade**. Centro Universitário Luterano de Palmas, Curso de Engenharia Civil. 2018.
- BELLETTINI, A. S.; PEIXOTO, C. A. B.; LAMBERTY, D.; MENDONÇA, R. R.; **Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e**

inundações: Joinville, Santa Catarina. Santa Catarina, 2018.
<https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18722>

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado da Paraíba, diagnóstico do município de Cajazeiras.** Recife, 2005. <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15890>

CABRAL, V. C. **Avaliação dos modelos SHALSTAB e SINMAP na análise da suscetibilidade a escorregamentos em Cubatão (SP).** Dissertação de Mestrado. Rio Claro, 2018.

COOPER, Miguel. **Granulometria e textura do solo.** São Paulo, 2015.

CONTECH Engenharia. **Serviços de Ensaios em Solos - Massa Específica Aparente.** Disponível em: <https://contech.eng.br/servicos/ensaios-em-solos/massa-especifica-aparente/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

CRAIG, Robert F. **Soil mechanics.** Springer, 2013.

EMBRAPA. **Classificação de solos.** Solos - SIBCS: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5. 355p. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>. Acesso em: 19 maio 2023.

EMBRAPA. **Mapa Pedológico Brasileiro.** 1:5.000.000. Brasília: EMBRAPA, 2021.

ERTHAL, Ludmila Pacheco; PEREIRA, D. A. As águas do Rio Grande e a prevenção de riscos: o SIG na análise de cenários prospectivos de uso do solo urbano em Bom Jardim, RJ. **Paisagem e Ambiente**, v. 31, n. 46, p. e162990-e162990, 2020.

ERDMAN, J. R.; **A Distribuição das farmácias no Município de São Paulo: Analisando os principais fatores de sua espacialização.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018

FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1996. p. 123- 194

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estabilidade de taludes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 169 p.

GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** Edgard Blücher, 194. 1984.

GUIMARÃES, R. F.; FERNANDES, N. F.; GOMES, R. A. T.; CRVALHO JÚNIOR, O. A. **Fundamentação teórica do modelo matemático para previsão de escorregamentos rasos shallow stability.** 2003.

HIGASHI, R. A. R. **Metodologia de uso e ocupação dos solos de cidades costeiras brasileiras através de SIG com base no comportamento geotécnico e ambiental.** 2006.

398p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

HIGHLAND, Lynn M.; BOBROWSKY, Peter. O Manual de Deslizamento–Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos. **Reston, Virginia, US Geological Survey Circular**, v. 1325, 2008.

HUNGR O.; EVANS S. G.; BOVIS M; HUTCHINSON J. N. **Review of the classification of landslides of the flow type**. Environ Eng Geosci. VII:221–238, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geociência**. Mapas e cartas. Brasília, DF: IBGE, 2023.

KÖPPEN, W. **Das geographische system der klimate** – KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): Handbuchder Klimatologie – Gebrüder Bornträger, Berlin, 1, 1–44, part C, 1956.

LEÃO, O. M. R.; BRUM, L. B. **Geomorfologia continental**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2016.

LEITE, M. E.; DIAS, L. S.; ROCHA, A. M. Análise da ocupação no entorno da Barragem Bico da Pedra, no Município de Janaúba/MG.. **Caderno de Geografia**, v. 25, p. 221-236, 2015. DOI 10.5752/P.2318-2962.2015v25n44p221

LOPES, T. **Avaliação do uso de RPA quadrimotor para aplicações de mapeamento**. 2019. 128p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

LUI, A. L.; **O uso do geoprocessamento no monitoramento do solo descoberto em São Miguel do Oeste/SC**. Dissertação de Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto Federal de Santa Catarina, 2018.

MARINHO, M. N.; COUTINHO, A. P.; SANTOS NETO, S. M.; CASAGRANDE, C. A.; SANTOS, G. T. L.; CARNEIRO, A. M. P. Mathematical modeling of the infiltration in a permeable pavement on the field scale. **RBRH**, v. 25, 2020.

MASSAD, F. **Obras de terra: curso básico de geotecnia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

MARANGON, A.; AMARAL, G. P. **Avaliação comparativa entre métodos de contenção de taludes: muro de gabião e logblock estudo de caso em Caçador/SC**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Sul de Santa Catarina.

MELO, C. M., & KOBAYAMA, M. Aplicação do modelo SHALSTAB no estudo de escorregamentos no Brasil: revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 19(4). 2018.

NEWERLA, V. B. Deslizamentos: um mal inevitável? **Ciência & Ensino**. N° 06, 1999.

- OLIVEIRA, Lívia. **Risco geológico: o que é e como saber o risco de uma área.** Igeológico, 2022. Disponível em: <https://igeologico.com.br/risco-geologico-o-que-e-e-como-saber-o-risco-de-uma-area/>. Acesso em: 06 de mar. 2023.
- PALU JUNIOR, A; LONGO, O. C. Análise dos movimentos de massa em área urbana: o caso do Bairro Dom Giocondo. **CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6.** Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável. Niterói, RJ, Brasil, 5, 6 e 7 de agosto de 2010.
- PINHO, T. M. **Métodos de análise de estabilidade determinísticos em ambiente de SIG na elaboração de mapas de suscetibilidade a escorregamentos rasos de solo.** 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- QUEIROZ, Rudney C. **Geologia e geotecnia básica para engenharia civil.** São Carlos: RiMa, 2009. 406p.
- REANI, R. T.; SORIANO, E.; LONDE, L. R.; TOMÁS, L. R.; VIANNA, M. L. N. G.; Interfaces legais entre planejamento urbano e redução de riscos e desastres. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 76, p. 116–133, 3 ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/rcg217651879>. Acesso em: 06 de mar. 2023.
- RIFFEL, E. S.; GUASSELLI, L. A.; RUIZ, L. F. C.; GAMEIRO, S. Relação entre ponto de ruptura e padrão morfométrico em deslizamentos, bacia hidrográfica do Rio Rolante-RS. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. e181554-e181554, 2021.
- SALES, J. C. A. **Análise de indicadores ambientais em sistemas de informações geográficas: estudo aplicado à avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas.** UNESP. Sorocaba, p. 210. 2019.
- SILVA, A. S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E. Análise de incertezas físicas em simulação computacional de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, v. 17, p. 289-303, 2017.
- SOUSA, F. C. F.; MONTEIRO, H. B.; SANTANA, P. A.; SATIRO, R. S. S. Potencial de energia solar no sertão da Paraíba, um estudo de caso na cidade de Cajazeiras-PB. **Anais [...], CONIMAS, 1 e CONIDIS, III.** Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63783>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- SUPORTE SOLOS. **Conheça o ensaio de cisalhamento direto - Ensaio geotécnicos.** Blog Suporte Solos. Disponível em: <https://www.suportesolos.com.br/blog/conheca-o-ensaio-de-cisalhamento-direto-ensaios-geotecnicos/223/>. Acesso em: 19 mar. 2023.
- SIMPSON, J. *Oxford english dictionary.* (2017).
- SIPERTI, W. W.; BISOGNIN, R. P. **Análise multicritério com uso de técnicas de geoprocessamento para avaliação da suscetibilidade erosiva dos solos.** SIEPEX, 10. v. 1 n. 10, 2021. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://pev-proex.uergs.edu.br/index.php/xsiepex/index>

TRICHES, Vinícius. **Regularização Fundiária Urbana (REURB)**: estudo de caso da aplicação de geoprocessamento, sensoriamento remoto em um parcelamento de solo irregular no município de Caxias do Sul/RS. **Caderno de Diálogos**, v. 2, n. 1, 2022.

VARNES, D. J. Landslides, analysis and control. **Special Report 176**, National Academy of Sciences, cap. II, 1978 apud GERSCOVICH, Denise M. S. Estabilidade de taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VARNES, David J. Slope movement types and processes. **Special report**, v. 176, p. 11-33, 1978.

ANEXO A – RELATÓRIO DA POLÍCIA MILITAR



ATENDIMENTO E DESPACHO DE OCORRÊNCIAS
 Ficha de ocorrência n°: **BM2018.0410.1227 00026**
 Coordenador: **CAP 523459 RENATA DINIZ DE CARVALHO**
 Operador: **2º SGT 511943 MESSIAS DAS NEVES CARVALHO**
 Telefonista: **2º SGT 511943 MESSIAS DAS NEVES CARVALHO**



Documento Gerado em
 23/10/2022 10:06:34
 CPF do Usuário: 06974896476
 IP do Usuário: 177.37.159.154
<https://irtranet.pm.pb.gov.br>
 Vincular Operação

 Encerrada

Visão Geral:

Natureza Final: **Prevenção quanto a acidente**

Atendimento

Despacho: 00:02:34 Deslocamento: 00:03:31
Finalização: 00:01:57 Total: 00:08:02

Viaturas

Empregadas: 1

Envolvidos

Envolvidos: 0

Apreensões

Veículos: 0 Armas: 0 Drogas: 0

Servidores

Servidores: 03

Órgãos Atuantes

Órgãos: 0

Dados da Solicitação

Número do Registro-PM: **A.1.1.**

BM2018.0410.1227 00026

Data/Hora do registro: **A.1.2/A.1.3.**

10/04/2018 12:27

OPM: **A.1.4.**

20* AISP / 5º BBM - Cajazeiras

Histórico do Chamado: **PM.1.1.**

HAVIA UMA SOLICITAÇÃO PARA UMA PREVENÇÃO DE UM DESMONORAMENTO DE UM PEDRO NO BAIRRO DO CRISTO REIS

Logradouro: **A.1.14**R. ORLANDO JOSÉ DA SILVA, CAJAZEIRAS - PB, 58900-000, BRASIL N°: **A.1.14**Complemento: **A.1.15.**

Não Informado

Ponto de Referência: **PM.1.2.**

POSTO DE SAUDE

Localidade: **PM.2.0**Bairro: **A.1.16.**Município: **A.1.17.**

CAJAZEIRAS

UF: **A.1.18.**

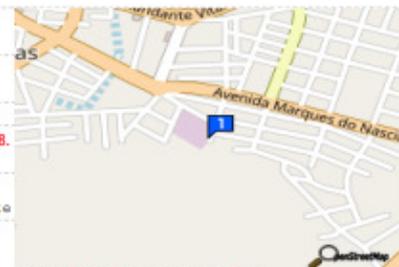
PB

Solicitante: **PM.2.2**

LUCIA ALMEIDA

Telefone: **PM.2.3**Motivo do Chamado: **A.1.6.**

Prevenção quanto a acidente

Latitude: **A.1.19.** Longitude: **A.1.20.**
-6.8928522 -38.5507748Data/Hora do fato: **A.1.5/A.1.9.** Origem do Registro: **A.1.12.**

10/04/2018 12:29

193

Comunicações Realizadas



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Viaturas Despachadas

**ABT-24 ATEGO
1726 (QF19805)**

Hora/Despacho: 10/04/18 12:30:29

Hora/Local: 10/04/18 12:34:00

Hora/Final: 10/04/18 12:34:19

Deslocamento:  Até a ocorrência: 3 KmTempo:  Despacho: 00:02:34 Finalização: 00:00:18

Observações:

KM/Despacho: 25030

KM/Local: 25033

KM/Final: 25036

 Total: 6 Km Deslocamento: 00:03:31 Total: 00:06:24**Status:** Atendimento

Guarnição: Chefe | 3º SGT 520975-7 **NICANOR JUNIOR DA SILVA**
LUCENA
Motorista | 3º SGT 523668-1 **ANDERSON TIMOTEO ROCHA**
Combatente | CB 525912-6 **YGOR YURI DE LUNA**
CAVALCANTE

Envolvidos na Ocorrência



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Veículos Registrados na Ocorrência



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Objetos Registrados na Ocorrência



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Armas Registradas na Ocorrência



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Drogas Registradas na Ocorrência



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Órgãos Atuantes



NENHUMA INFORMAÇÃO CADASTRADA

Finalização (Operador de Rádio)



D.P.: **A.1.22.**
*** Não informada ***

Nº BO-PC: **A.1.23**

Canal: **A.1.22.**
5. BBM/CBMPB (CAJAZEIRAS)

Histórico de Conclusão do Chamado: **PM.1.1.**
A REFERIDA OCORRENCIA FOI CONCLUIDA COM EXITO

Natureza Final: **A.1.6.**
Prevenção quanto a acidente

Situação de Crime: **A.1.7.1.**
Nada Constatado

Tipo de Local: **A.1.21.**
Via/local de acesso público (rua, av, etc)

Finalização da Ocorrência: **A.1.24.**
Soluçionada no local

Status/Ocorrência: **A.1.24.**
Encerrada



Documento Digitalizado Restrito

ENTREGA DE TCC

Assunto: ENTREGA DE TCC
Assinado por: David Rodrigues
Tipo do Documento: Dissertação
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- David Wendel Teixeira Rodrigues, ALUNO (201822200020) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS, em 20/11/2023 15:45:58.

Este documento foi armazenado no SUAP em 20/11/2023. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 998610
Código de Autenticação: 5acc208bde

