

## 6. Materiais e métodos

### 6.1. Localização

Com a finalidade de atender aos objetivos propostos neste estudo buscou-se desenvolver as atividades abaixo descritas.

Em um primeiro momento, foram observados os locais onde ocorreram movimentações de material na bacia do rio São Pedro no distrito de São Pedro da Serra e posteriormente realizou-se com o auxílio do DGPS Promak3, a coleta dos pontos em UTM, através das coordenadas, para a localização dos movimentos de massa. Para a coleta dos pontos utilizou-se o DGPS por cerca de 20 minutos em cada ponto para se ter uma precisão quanto aos pontos coletados (Figura:24 ).



Figura 24: DGPS Promark 3 marcando o ponto de uma cicatriz na bacia do rio São Pedro .

Cada ponto foi classificado de acordo com sua tipologia e características, para então posteriormente aumentar o banco de dados, elaborados por Souza (2012) dos movimentos na região estudada. Para contextualização das cicatrizes sobre mapas temáticos, também foram utilizadas fotografias aéreas ortorretificadas de 2006 fornecidas pelo IBGE com escala de 1:25000.

Após as observações feitas em campo, foi realizado o Mapa de Declividade da área, com o intuito de se observar se os eventos ocorridos situavam-se em regiões com acentuado declive (Figura: 25).

O mapa temático de declividade da Sub-bacia do Rio São Pedro foi confeccionado a partir de aplicativos de geoprocessamento, numa plataforma SIG, ArcGis 9.3 juntamente com o Modelo Digital de Elevação (MDE) disponível no site do IBGE, além de informações da folha topográfica digital de Quartéis do IBGE na escala de 1:50000 da folha SF.23-Z-B-III-3 MI-2717-3 (Fundação IBGE, 1985).

O Modelo Digital de Elevação está acessível no site do IBGE de numeração semelhante ao da carta topográfica (27137-3), porém estes foram divididos em quatro orientações: noroeste, nordeste, sudeste e sudoeste (27137-3no, 27137-3ne, 27137-3se e 27137-3so).

O Modelo Digital de Terreno possui escala 1:25000 e sua área de estudos encontra-se nos arquivos 27137-3no e 27137-3ne, por isso foi necessário mosaica-los no software Global Mapper licenciado. Após a mosaicagem, alguns cortes foram feitos de modo que houvesse apenas os dados da Bacia do rio São Pedro. Esses cortes foram feitos de acordo critérios de divisão de bacias hidrográficas descritas em Christofolletti (1999) e posteriormente selecionando a opção “slope” foram definidos os intervalos das classes de declividade, o número de classes e atribuído cores representativas para cada uma delas.

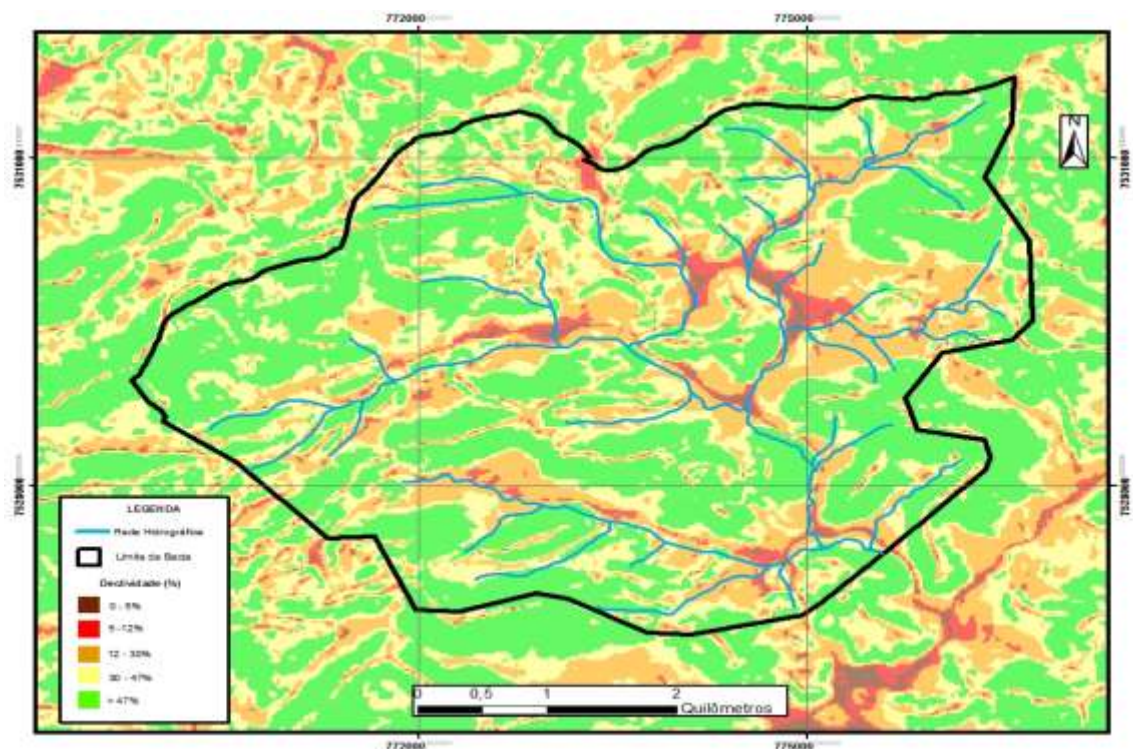


Figura 25: Mapa de declividade da bacia do rio São Pedro

Buscou-se analisar também o mapa de uso do solo e geológico da região, a fim de se verificar relações com os movimentos ocorridos na área de interesse e o uso do mesmo (Figuras: 26 e 27) para posteriormente georreferenciar os pontos onde ocorreram os movimentos de massa.

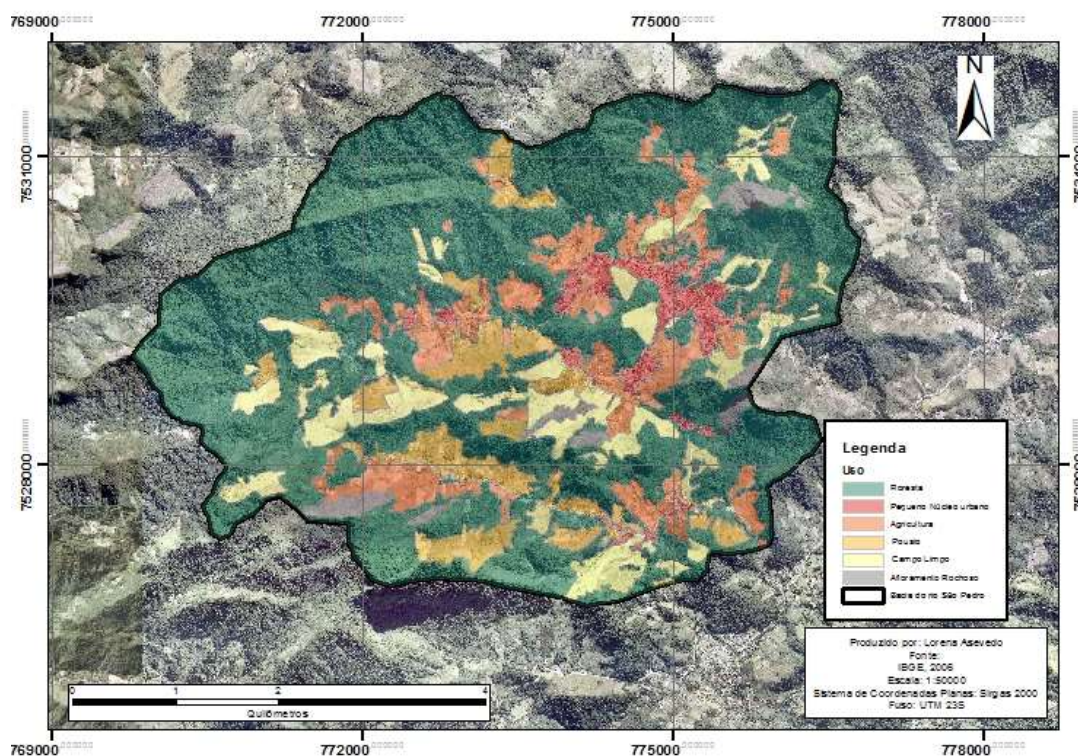


Figura 26: Mapa de uso do solo da bacia do rio São Pedro

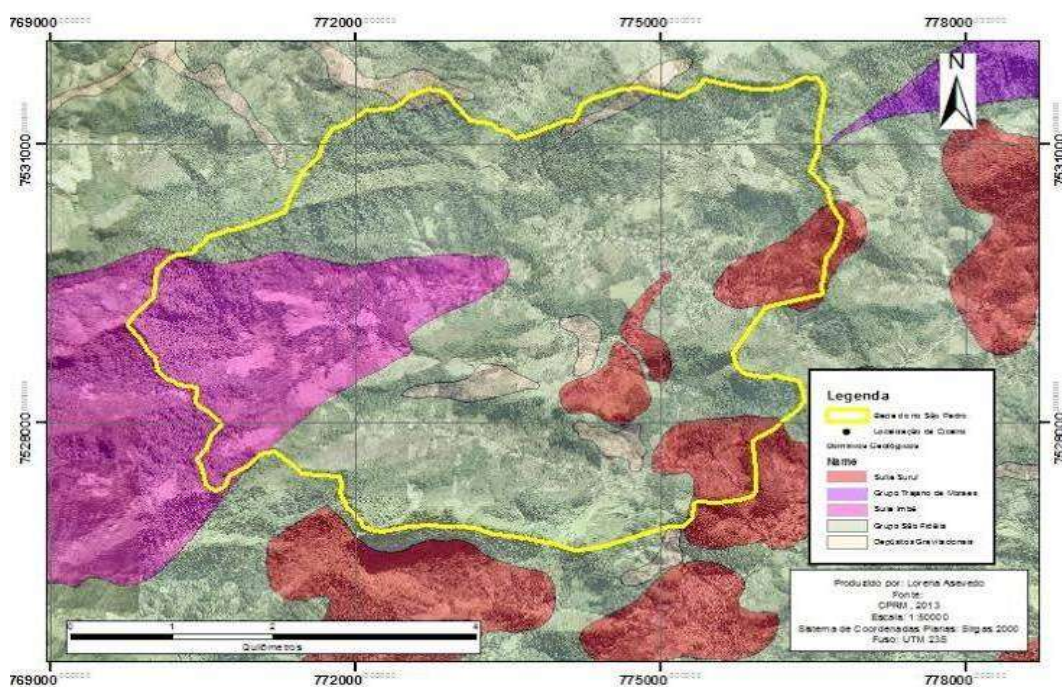


Figura 27: Mapa geológico da bacia do rio São Pedro.

Para analisar geomorfologicamente e a região apresentar grande volume de encostas íngremes além de se tratar de ambiente serrano, foi dado um zoom no

mapa geomorfológico para identificar onde o ponto de interesse se encontrava (Figura: 28).

Para melhor visualização da encosta escolhida foi realizado também um desenho esquemático da encosta de frente/alto (Figura: 29) e um desenho esquemático da encosta em perfil (Figura: 30), pois para conseguir uma boa imagem, ficou complicado devido a características naturais da área, como vegetação e rochas na parte da baixa encosta e na parte da alta encosta não pegar a mesma como um todo devido a sua declividade.

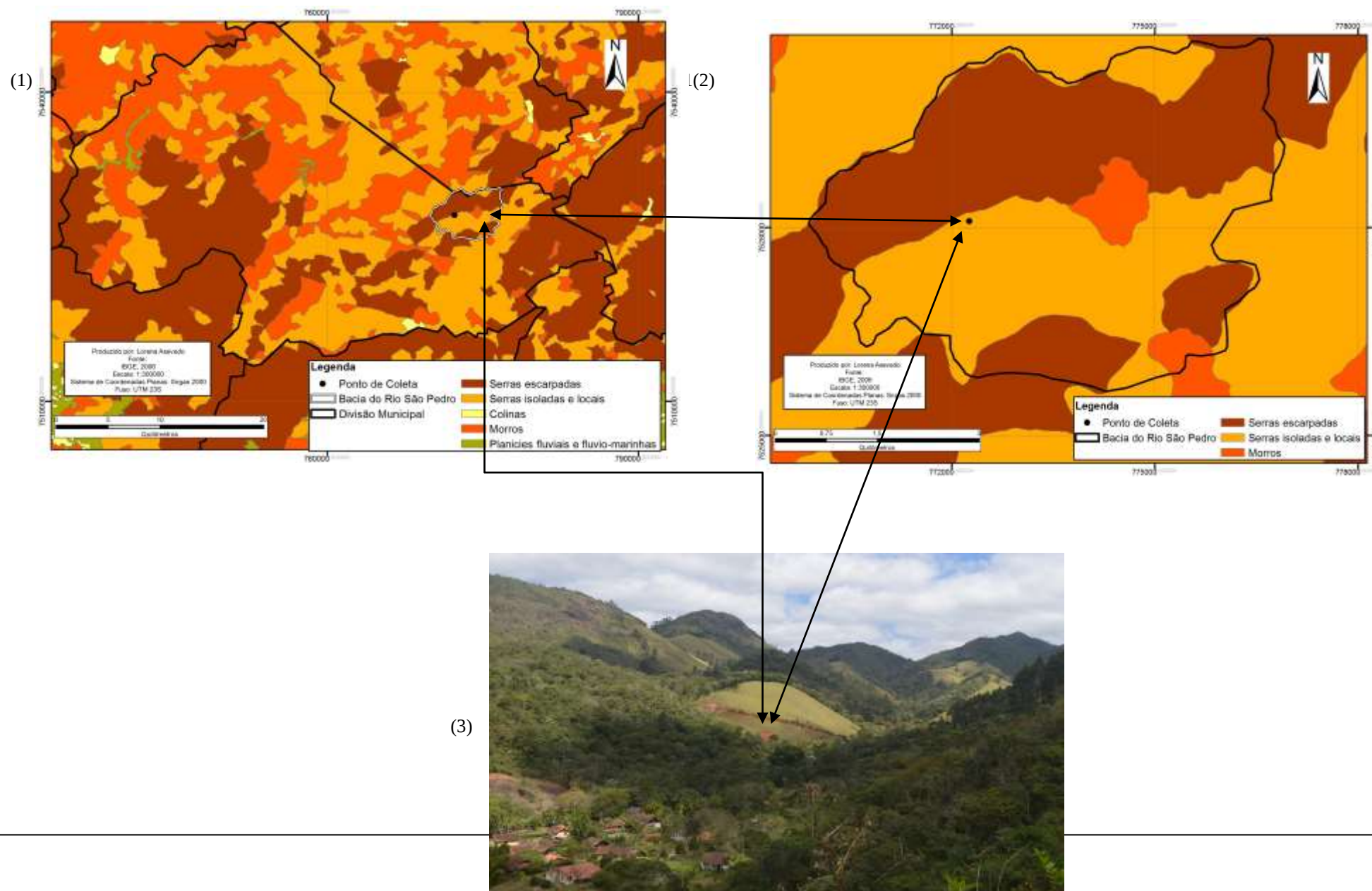


Figura 28 Domínios Morfoestruturais da município de Friburgo (1) com destaque para a bacia do rio São Pedro (2) e para a encosta estudada na pesquisa (3)

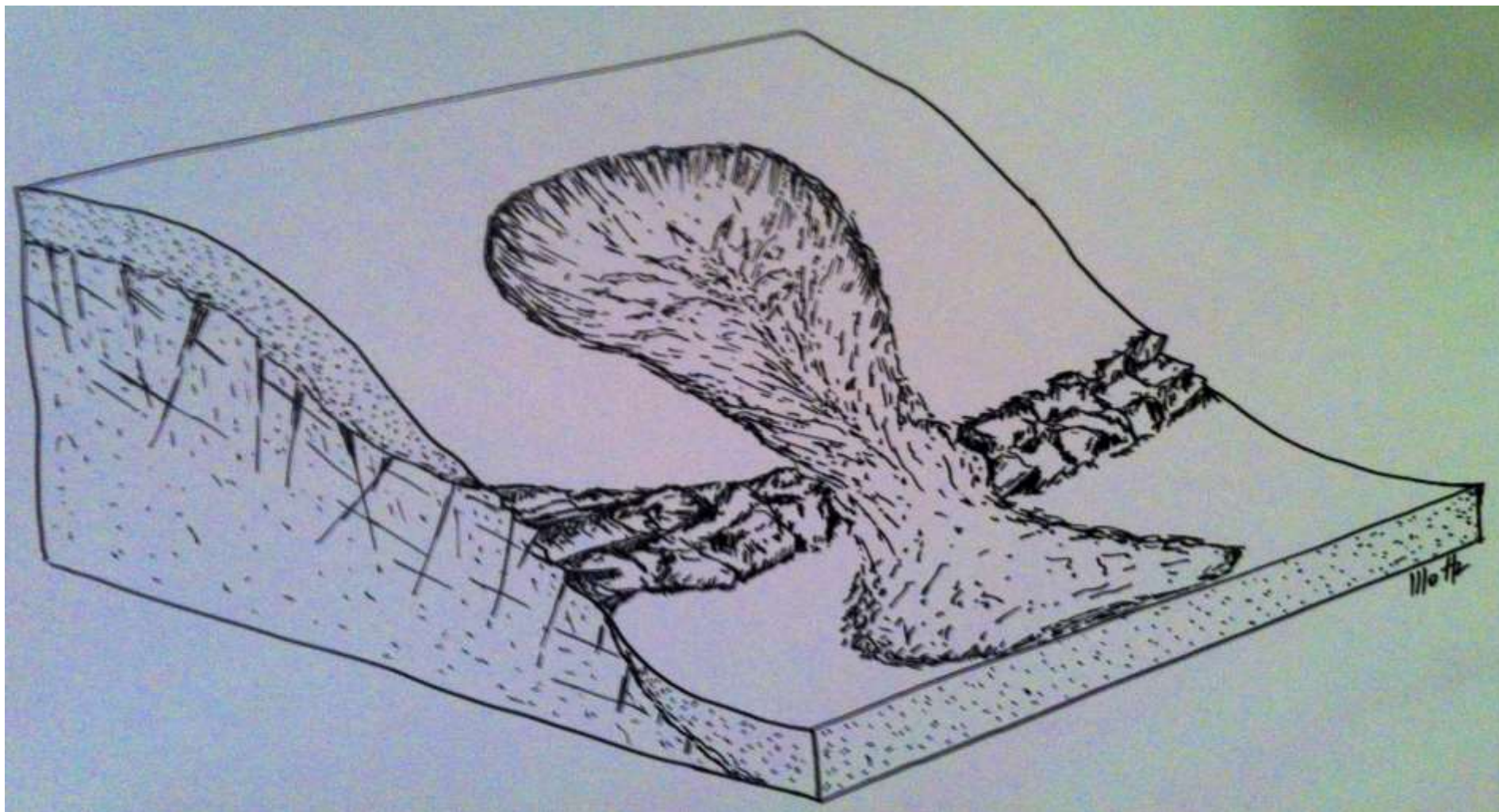


Figura 29: Desenho esquemático da encosta analisada na área de estudo.

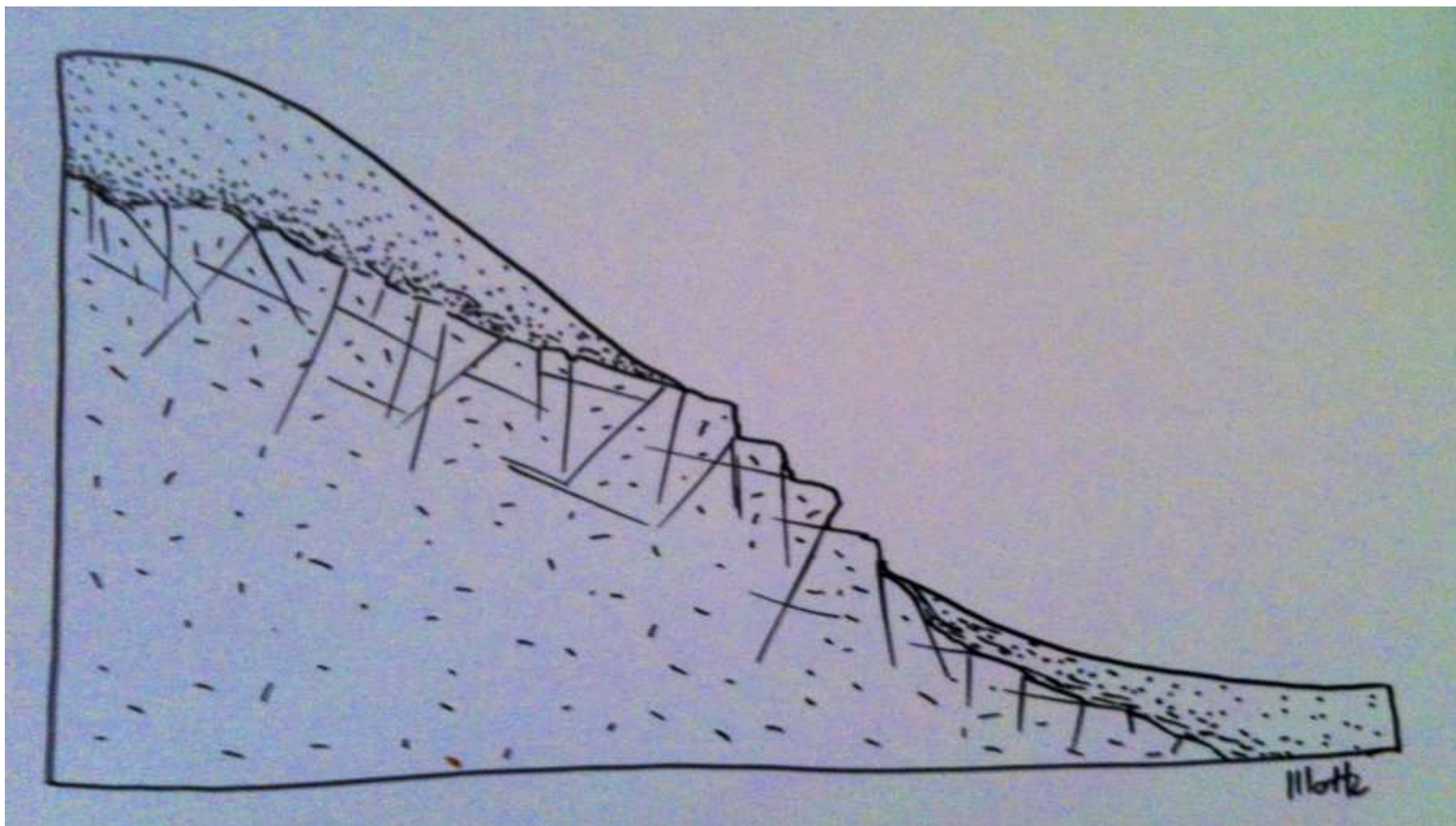


Figura 30: Desenho esquemático do perfil da encosta na área de estudo

## 6.2. Propriedades Físicas do solo

Para identificação do material das encostas e suas propriedades físicas foram retiradas amostras deformadas e indeformadas do solo para caracterização de sua granulometria, densidade real e aparente, porosidade (total, macro e micro) e micromorfologia. As análises irão ocorrer no Laboratório de Geotecnia da PUC-RJ e no Laboratório de Geociências da UERJ/FFP. As amostras deformadas foram retiradas ao longo de 8 metros de profundidade da encosta com o auxílio do trado mecânico (Fig: 31). As amostras foram separadas por horizontes, identificados através de sua coloração.



Figura 31: 1Trado mecânico sendo utilizado em alta encosta perfurando ao longo da profundidade da mesma para a retirada de material deformado.

As amostras indeformadas foram retiradas de um perfil aberto na porção média da encosta. A mesma foi escarificada e dela foram retiradas cinco amostras por horizontes. Por ser uma encosta com grau de declive significativo, tornando-

se muito íngreme para algumas movimentações (Figuras: 32 e 33(1)), como uso de ferramentas para abertura de perfil apenas deu para abrir um perfil com dois horizontes e destes foram retiradas cinco amostras indeformadas, com o auxílio do anel de koppec, para ensaios em laboratórios. (Figuras: 33 (2 e 3) ).



Figura 32: Visão da parte alta da encosta, destacando construção na baixa encosta para visualização de sua altura e declive.

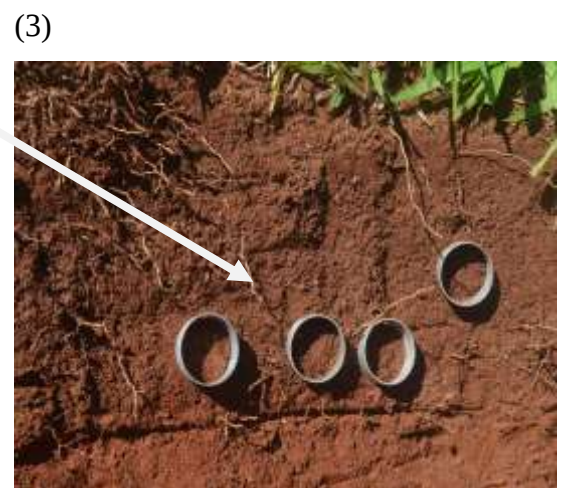


Figura 33: (1) Perfil da encosta de interesse, ressaltado o alto grau de declive da mesma.(2) Perfil aberto na porção mpedia da encosta; (3) Amostras indeformadas sento retiradas do perfil.

### 6.3. Análise Granulométrica

A análise granulométrica é a determinação da faixa de tamanho das partículas presentes em um solo, expressa como uma porcentagem do peso total seco (DAS, 2007) e tem como finalidade quantificar a distribuição de partículas em uma amostra de solo, determinando a distribuição de classes texturais. A textura adquire grande importância no funcionamento do sistema solo, interferindo diretamente em sua capacidade de infiltração. A análise granulométrica foi realizada seguindo a metodologia da pipeta (Embrapa, 1979). Este método baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (hidróxido de sódio ou calgon). Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grossas (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%; é obtido por diferença das frações em relação à amostra original.

Para um ensaio geotécnico da granulometria, o mesmo foi dividido em duas partes distintas: ensaios para análise granulométrica por peneiramento e análise granulométrica por sedimentação.

Os solos grossos (areias e pedregulhos), possuindo pouca ou nenhuma quantidade de finos, podem ter a sua curva granulométrica inteiramente determinada utilizando-se somente o peneiramento. Em solos possuindo quantidades de finos significativas, deve-se proceder ao ensaio de granulometria conjunta, que engloba as fases de peneiramento e sedimentação.

Através dos resultados obtidos desse ensaio, foi possível a construção da curva de distribuição granulométrica.

A distribuição granulométrica dos materiais granulares, areias e cascalhos foram obtidos através do processo de peneiramento de uma amostra seca em estufa, enquanto que, para siltes e argilas se utilizouse a sedimentação dos sólidos no meio líquido. Para solos que têm partículas tanto na fração grossa (areia e

cascalhos) quanto na fração fina (silte e argila) tornou-se necessária a análise granulométrica conjunta.

O ensaio de peneiramento foi realizado para tamanhos de partículas maiores que 0,075 mm de diâmetro e o ensaio de sedimentação para tamanhos de partículas menores que 0,075 mm de diâmetro. A separação dos sólidos, de um solo, em diversas frações é o objetivo do peneiramento. Para tal, utiliza-se uma série de peneiras de abertura de malhas conhecidas determinando-se a percentagem em peso retida ou passante em cada peneira. Este processo divide-se em peneiramento grosso, partículas maiores que 2 mm e peneiramento fino, partículas menores que 2 mm. (Figura: 34)



Figura 34: Conjunto de peneiras para ensaios de peneiramento onde são separados os grãos por sua distribuição granulométrica.



Figura 35: Densímetro na proveta em preparação para análise das frações finas por sedimentação.



Figura 36: Pesagem de amostras do solo em balança de alta precisão.

### 6.3.1.

#### **Análise da densidade**

A densidade real expressa a relação entre a massa e o volume dos sólidos em uma determinada tipologia de solo, não levando em consideração a porosidade. Foi utilizado o método do balão volumétrico (Embrapa, 1979). A densidade aparente é a relação existente entre o peso de uma amostra de solo seca a 110°C e o seu volume total, representado pela soma dos poros e partículas, tudo em gramas por centímetro cúbico. O método utilizado foi o método do anel volumétrico (Embrapa, 1979).

### 6.3.2.

#### **Ensaio de porosidade**

As determinações da porosidade total, macroporosidade e microporosidade serão realizadas, segundo o método do anel volumétrico.

A porosidade total pode-se dizer que é a relação entre o volume de vazios e o volume total de um solo. Ela será identificada a partir do conhecimento do volume de vazios ( $V_v$ ) e do volume total ( $V_t$ ) do solo. Essa metodologia também é conhecida para verificação de percentual de saturação, sendo obtida através do peso da amostra saturada menos o peso da amostra seca.

Os poros do solo são divididos no solo em macroporos e microporos. A microporosidade será determinada pelo método da mesa de tensão (Embrapa, 1979) e a macroporosidade será determinada a partir dos valores de percentagem de saturação e microporosidade, utilizando a seguinte equação (Embrapa, 1979).

$$N_{\text{macro}}(\%) = \theta_{\text{sat}}(\%) - N_{\text{micro}}(\%)$$

Na mesa de tensão (Figura:37) será exercida sobre as amostras uma sucção equivalente a uma coluna de água de 60 cm e durante o período em que as amostras estiverem na mesa de tensão serão pesadas diariamente até que se estabilize seu peso seco.

Vale ressaltar que a metodologia descrita parte do preenchimento de todos os poros com água, e é através da retirada desta água que se chega aos resultados. A mesa de tensão quantifica os macroporos (poros de diâmetro maior ou igual a 0,05mm), pois a água contida nestes é mais facilmente retirada. Já a água contida nos microporos (poros de diâmetro menor do que 0,05mm) só pode ser retirada através de evaporação, por isso a necessidade do uso da estufa neste segundo momento do ensaio. Logo, a porosidade total é obtida através do volume de água perdido, que por sua vez é obtido pela diferença entre o peso úmido e o peso seco (depois da estufa), sendo esta diferença relacionada com o volume total. Já a macroporosidade está relacionada apenas ao volume de água perdido na mesa de tensão. A microporosidade está relacionada ao volume de água perdido na estufa (105°C).



Figura 37: Mesa de tensão utilizada para determinação da macroporosidade, microporosidade e porosidade total.

### 6.3.3. Micromorfologia dos solos

A micromorfologia dos solos corresponde à análise microscópica dos materiais de solos indeformados quanto ao tipo e arranjo de seus constituintes, em lâminas delgadas, com auxílio de equipamentos ópticos (esteromicroscópio, microscópio óptico e microscópio eletrônico).

Com o intuito de obter uma análise mais pontual e verticalizada do arranjo espacial dos constituintes e da porosidade do solo, de modo a completar as análises físicas, foram coletados blocos indeformados utilizando-se caixas do tipo Kubiena de dimensões 11x5,5 cm e 3,5 cm de profundidade, nos intervalos de 0-15, 15-30 e 30-60cm. As amostras foram coletadas na posição vertical. (Figura: 38)



Figura 38: Amostra indeformada de solo, sendo retirada através da caixa de Kubiena.

A profundidade de 0-15 cm, foi escolhida por ser uma camada mais sujeita aos efeitos de uso por se tratar de uma área onde se encontra o sistema de pastagem.

As demais profundidades foram escolhidas por serem o local onde se encontram os dois horizontes abertos em perfil na encosta e dele também se ter retirado material para análise da porosidade.

Após a coleta, os blocos de solo foram secos ao ar e impregnados a vácuo e para melhor caracterização e estimação da porosidade, foi adicionado à mistura de impregnação um corante (azul de metileno). A partir dos blocos impregnados, as lâminas foram confeccionadas.

#### **6.4. Dados por composição**

Com o objetivo de descrever a constituição mineralógica e realizar considerações acerca da estimativa quantitativa visual dos minerais predominantes e mais expressivos presentes nas amostras constituídas pelas frações areia fina e areia grossa foi realizada a análise em lupa binocular LEICA EZ4D.

As amostras foram separadas por uma peneira de 0,2 mm, as frações areia grossa (2,0 – 0,2 mm) e areia fina (0,2 – 0,05 mm) fazem parte da terra fina seca ao ar (TFSA) e são compostas por grânulos minerais (isolados e/ou agregados) concreções, litofragmentos, restos orgânicos vegetais e/ou animais e carvão. Na

pretensão de realizar essa descrição mineralógica, as amostras com identificação do horizonte e fração granulométrica correspondente são homogeneizadas, e para que as análises mineralógicas sejam realizadas através de microscopia óptica, as amostras são colocadas em placa de petri e levadas a lupa binocular. Concreções e agregados quando presentes na amostra, são identificados e analisados, buscando-se empreender a descrição mineralógica.

Procurando identificar os minerais magnéticos – caso estivessem na constituição das amostras – utilizou-se um ímã de mão a fim de afastá-los facilitando assim sua identificação a fim de apontar sua estimativa percentual.

Após a realização da identificação, lavagem, secagem e pesagem da fração areia realizou-se análise em lupa binocular. A caracterização e identificação mineralógica dos grãos presentes nas amostras segue a metodologia do Manual de Métodos de Análise do Solo da EMBRAPA (1997). A fim de empreender a identificação, caracterização e descrição mineralógica dos grãos e agregados presentes nas amostras de solo foram adotados procedimentos como:

- homogeneização e quarteamento das amostras, identificação e descrição dos minerais,
- observação e descrição de propriedades físicas dos minerais observados,
- bem como, estimativa do grau de arredondamento dos cristais e avaliação semiquantitativa dos constituintes minerais descritos através do método de análise visual realizado por microscopia óptica.

## **6.5.**

### **Química do solo**

#### **6.5.1.**

##### **Matéria Orgânica**

O teor do material orgânico do solo foi determinado pelo princípio do método de Walkley-Black onde o carbono orgânico é determinado por oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ). O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal

(EMBRAPA, 1997). Os resultados obtidos nos ensaios foram realizados na Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional.

### 6.5.2. Potencial de Hidrogênio (pH)

Para a determinação do pH das amostras utilizou-se o método eletrométrico, no qual a solução do solo é confrontada com um eletrodo-padrão do hidrogênio ou com um outro eletrodo que tenha função semelhante, aqui se usou o phmetro QUIMIS® pH Metro Microprocessado Q400MT (Figura: 39 ). A diferença entre os valores do pH em água e pH em KCl determina o  $\Delta\text{pH}$ , que indica a capacidade do solo de reter cátions ou ânions, conforme a variação do pH.



Figura 39: pH Metro

### 6.5.3. Composição Química

A composição química foi determinada através de ensaios de Fluorescência de Raio X (EDX) e de ensaios executados de acordo com o Manual de métodos de análises de solo publicado pela Embrapa em 1997 na Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional (FUNDENOR) .