

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES**  
**DEPARTAMENTO DE ARTES E HUMANIDADES**  
**CURSO DE GEOGRAFIA**

**Fernanda de Oliveira Costa**

**DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS ATUANTES EM TRÊS ENCOSTAS**  
**NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG: UMA ANÁLISE**

**Viçosa-MG**  
**2006**

**Fernanda de Oliveira Costa**

**DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS ATUANTES EM TRÊS ENCOSTAS  
NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG: UMA ANÁLISE**

Monografia apresentada ao curso de  
Geografia da Universidade Federal de  
Viçosa.

Orientador: Prof. André L.L. de Faria

Co-orientador: Prof. Hugo A. Ruiz

**Viçosa-MG**

2006

**Fernanda de Oliveira Costa**

**DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS ATUANTES EM TRÊS ENCOSTAS  
NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG: CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS**

Monografia apresentada ao Curso de  
Geografia e aprovada pela seguinte  
banca examinadora:

**Prof. André Luiz Lopes de Faria (Orientador)**  
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Edson Soares de Fialho (Banca examinadora)

Universidade Federal de Viçosa

**Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho (Banca examinadora)**  
Universidade Federal de Viçosa

**Viçosa-MG  
2006**

Aos meus orientadores e amigos Prof.  
André e Hugo Ruiz, aos meus pais e  
amigos de graduação.

## AGRADECIMENTOS

Lutar pelos objetivos que se almeja para a vida é a melhor forma de se obter a vitória e o sucesso.

Nesta caminhada percorrida durante a graduação em Geografia pude encontrar pessoas que me apoiaram e acreditaram que eu poderia vencer. Incentivos não faltaram, é verdade, sempre nas horas mais difíceis ouvi palavras que me levaram a acreditar.

Pessoas como o Professor Hugo Ruiz, meu orientador de iniciação científica, a quem devo parte desta minha vitória, por ter acreditado na minha capacidade de trabalho e dedicação.

Ao meu Orientador de monografia e amigo André Faria, obrigada pela compreensão e cumplicidade e também por ter acreditado na minha capacidade de provar que com trabalho podemos alcançar outros territórios.

A Rosilene Einloft, que me aconselhou e prestou esclarecimentos importantes para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Física do Solo, ao Filipe, e amigos do Departamento de Solos, pela preciosa contribuição.

Aos meus amigos de Graduação que estiveram comigo e com quem pude compartilhar diversas dúvidas e experiências.

Aos meus pais que por toda minha vida me apoiaram por todos os caminhos que decidi percorrer.

A Deus por nunca ter me desamparado.

A todos o meu profundo agradecimento....

“A felicidade aparece em aqueles que choram. Para aqueles que se machucam. Para aqueles que buscam e tentam sempre (...)”

Clarice Lispector

## RESUMO

A ocupação de áreas importantes e necessárias para que a natureza possa exercer sua dinâmica natural sempre fizeram parte da história evolutiva do ser humano.

Primeiro ocupou-se os terraços, posteriormente as rampas e as encostas menos declivosas, e finalmente os topos de morro.

Como resultado desta situação encontramos áreas com problemas sérios de estabilidade, necessitando de estudos mais profundos e acompanhamento para definição das intervenções necessárias para garantir que a população corra o menor risco possível.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de monitorar os processos erosivos de três encostas na cidade de Viçosa – MG. Estas encostas apresentam diferentes tipos de uso e ocupação. As áreas escolhidas foram: uma urbana não vegetada, a segunda com ausência de vegetação, e por ultimo uma vegetada, as duas ultimas se localizam no Campus da Universidade Federal de Viçosa.

Para a realização dos estudos, foram instaladas no mês de outubro de 2005, um total de 44 estacas distribuídas entre os taludes. Foram realizadas nove leituras, finalizando-se deste modo os estudos em julho deste ano.

Os resultados indicaram que o talude que apresentou maiores índices de erosão foi o talude urbano com a ausência de vegetação, seguido pelo não vegetado e finalmente pelo vegetado, mostrando que a vegetação é um importante fator de contenção de erosão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Encostas, Solo, Erosão, Vegetação.

## Índice

RESUMO.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Encostas.....	09
2.2. Tipos de perfis de encosta.....	10
2.3. Tipos de movimento de massa.....	11
2.4. Presença de água e sua relação com os movimentos de massa.....	15
2.5. Histórico brasileiro sobre escorregamentos.....	16
2.6. Histórico de escorregamentos em Viçosa.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Instalação do experimento.....	20
3.2. Leitura da estacas.....	25
3.3. Caracterização física do solo.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1. Caracterização física.....	43
5. CONCLUSÕES.....	47
6. BIBLIOGRAFIA.....	48
ANEXOS.....	51



## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação de áreas importantes e necessárias para que a natureza possa exercer sua dinâmica natural sempre fizeram parte da história evolutiva do ser humano. Primeiro ocupou-se os terraços – áreas responsáveis pela circulação natural da água escoada nos períodos de maior precipitação, depois se começou a ocupar as rampas e encostas menos declivosas, e finalmente áreas de maior declividade e topos de morro, isto em uma região como a descrita por Azis Ab' Saber (2003) como sendo os “Mares de Morro”.

Em regiões com características diferentes a situação não foi diferente.

Como resultado desta situação encontramos áreas com problemas sérios de estabilidade, necessitando de estudos mais profundos e acompanhamento para definição das intervenções necessárias para garantir que a população corra o menor risco possível.

Os acidentes relacionados a deslizamentos de encostas seguidos de perda de vidas humanas e perdas materiais, possuem diversos registros no Brasil, constituindo assim um desafio para os órgãos competentes, como a defesa civil.

A cidade de Viçosa foco deste estudo, situada na da Zona da Mata de Minas Gerais, se caracteriza por ser uma região de elevadas declividades. Azis Ab'Saber (1969) classifica esta região como os Domínios Morfoclimáticos de “Mares de Morro” Florestados, nela encontramos um relevo dobrado, falhado e condicionado pela estrutura geológica.

Esta situação dificulta a ocupação e expansão urbana. Estas áreas estão densamente ocupadas por construções civis, infra-estrutura de circulação, comunicação e serviços, o que em épocas de altas precipitações acabam por ocasionar diversos acidentes envolvendo deslizamento de solo, desabamentos de casas, entre outros.

Viçosa possui diversos registros de calamidades, constatação esta feita através de um levantamento feito na defesa civil com uma série histórica de quatro anos, do período de 2001 a 2005, e no Jornal Folha da Mata com uma série histórica de vinte anos detalhada na página 16. É importante salientar que a defesa civil possui arquivos somente dos últimos quatro anos de ocorrência.

Este trabalho apresenta uma Revisão de Literatura, iniciando-se, na apresentação do conceito de solos, apresentando a toposequência encontrada na região de Viçosa, explorando os conceitos que definem encostas e taludes, assim como formas de processos erosivos, e as conseqüências da ocupação de encostas, com dados de acidentes provocados pela movimentação de solo no Brasil e da cidade estudada.

Em Material e Métodos, encontram-se descritas, as áreas e os procedimentos de instalação do experimento, bem como a periodicidade das leituras e forma como estas foram feitas. Neste item também estão descritas e justificadas a necessidade de caracterizações de propriedades físicas do solo dos três taludes.

Nos Resultados e Discussões são apresentados os dados referentes as leituras das 44 estacas distribuídas entre os taludes, sendo discutida também a influência dos índices pluviométricos na erosão, apresentado também os resultados referentes as propriedades físicas do solo.

No ultimo item, são apresentadas às conclusões pertinentes a pesquisa realizada.

O objetivo deste trabalho, portanto, foi o de monitorar três encostas na zona urbana de viçosa, com diferentes estágios vegetativos e processos de uso e ocupação, para se avaliar os processos erosivos atuantes. O período de monitoramento foi de nove meses, permitindo a avaliação da dinâmica erosiva dos taludes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O solo pode ser compreendido como um excelente estratificador ambiental, sendo o ponto de partida para uma análise do ambiente. A EMBRAPA (1999) define solo como sendo uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta (...), que ocasionalmente podem ter sido modificados pela atividade humana.

Todos os solos se originam da decomposição das rochas que constituíram inicialmente a crosta terrestre (PINTO, 2000). Segundo este autor, esta decomposição é decorrente de agentes físicos e químicos, as variações de temperatura provocam trincas, nas quais penetra a água, atacando quimicamente os minerais, o congelamento da água nas trincas, entre outros fatores, exerce elevadas tensões, do que decorre maior fragmentação dos blocos. O autor em questão destaca que o conjunto desses processos, que são muito mais atuantes em climas quentes do que em climas frios, leva à formação de solos que, em consequência, são misturas de partículas pequenas que se diferenciam pelo tamanho e pela composição química, a maior ou menor concentração de cada tipo de partícula num solo depende da composição química da rocha que lhe deu origem. Estes processos de decomposição das rochas dando origem ao solo em que ocorrem reações físicas e químicas são chamados de intemperismo. Fonseca (1999) apud Guerra et al (1999) define intemperismo como sendo a resposta de materiais da Terra à mudança de ambiente. Os autores destacam que este pode ser mecânico, quando a rocha é quebrada em partículas menores, químico, quando há o envolvimento de processos complexos que alteram as estruturas internas dos minerais pela remoção e ou adição de elementos.

O município (Figura 1) está situado na zona da mata, é delimitado UTM 706000 e 734000, 7716000 e 7694000 S. A altitude média na antiga estação de trem é de 650m.

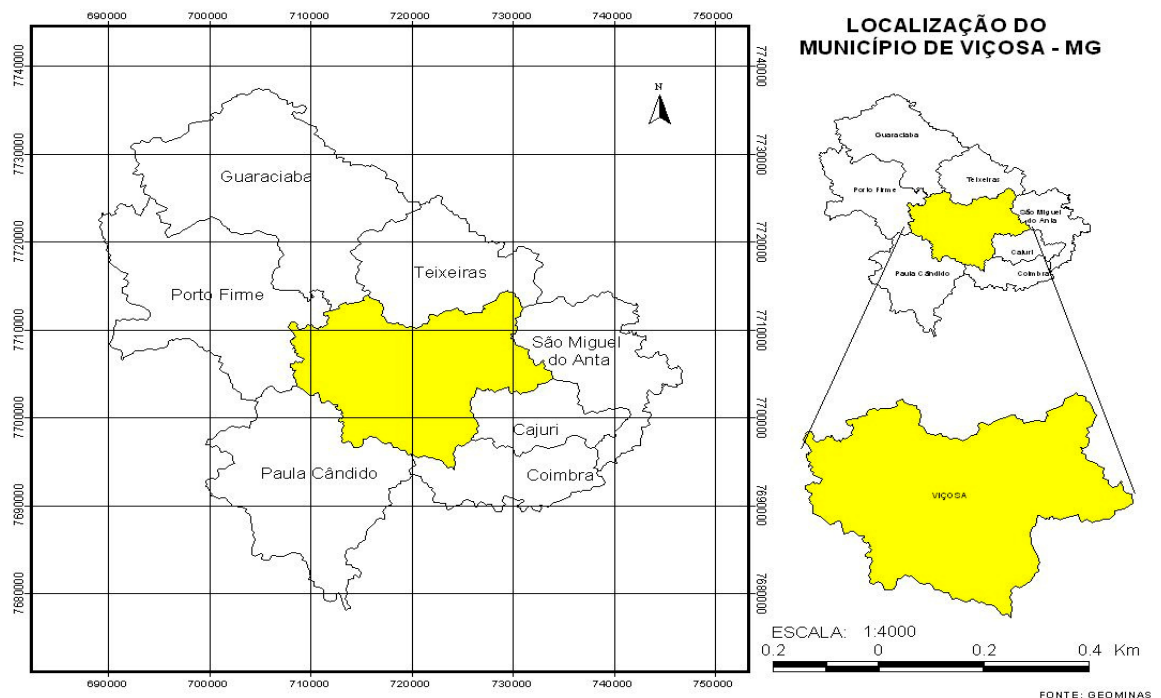


Figura 1. Localização do município de Viçosa-MG.  
 Fonte: GEOMINAS, 2001.

Em Viçosa-MG o embasamento rochoso é composto, entre outras rochas, predominantemente pelos gnaisses, originando assim os solos da região.

Na região comumente encontra-se a seguinte toposequência (solos associados à declividade): nas áreas de inundação do rio, ou leito maior, existe a formação dos Gleissolos, que de acordo com a Embrapa (1999), compreendem solos hidromórficos; na transição deste leito para as encostas, existe a presença dos Argissolos, apresentando este, um grande incremento de argila; nas encostas normalmente encontram-se os Cambissolos, que possuem argilas de baixa atividade, possuindo um horizonte B pouco desenvolvido, atribuído de B incipiente; e finalmente os Latossolos, que se caracterizam por serem bem desenvolvidos fisicamente, e com estágio intempérico avançado.

Neste trabalho o solo abordado, para o estudo dos processos erosivos atuantes nas encostas observadas, será preferencialmente os Latossolos, apresentando este um grande predomínio em todo o território brasileiro, buscando-se dados que possibilitem discutir como os diferentes usos e ocupação do mesmo influenciam nos processos erosivos.

O uso e ocupação deste solo, tanto pelos processos urbanos quanto rurais tem trazido uma série de conseqüências para o ambiente, como por exemplo: erosão dos solos, desestabilização de encostas e assoreamento de cursos de água.

Segundo o Manual de geotecnia de DER (1991) a erosão é definida como sendo um processo que ocasiona a destruição da estrutura do solo e sua remoção, sobretudo pela ação das águas de escoamento superficial, depositando-o em áreas mais baixas do relevo. Já Bigarella (2003) define erosão como sendo um processo que está ligado ao desgaste da superfície do terreno com a retirada e transporte dos grãos minerais.

O manual do DER, explicita que, processos de erosão apresentam normalmente uma peculiaridade, que é a velocidade lenta, porém contínua e progressiva ao longo do tempo. Sendo assim, a erosão dos solos é um processo físico, químico e biológico natural, mas se esta ocorrer de forma acentuada pode ser problemática.

Os desequilíbrios que se registram nas encostas ocorrem, na maioria das vezes, em função da participação do clima e de alguns aspectos das características das encostas que incluem a topografia, geologia, grau de intemperismo, solo e tipo de ocupação. (CUNHA e GUERRA, 1996).

Os processos erosivos, em encostas, merecem atenção, principalmente se a presença destas for acentuada em uma região com intensa ocupação urbana. Com o ritmo de crescimento acelerado das cidades muitas áreas impróprias para construções foram ocupadas sem um devido planejamento, o que coloca a população residente dessas áreas em risco, até mesmo de vida.

Dessa forma, a ação antrópica é também um dos fatores que aliado à falta de vegetação e às próprias características das encostas, como a sua declividade e tipo de solo, por exemplo, contribuem para a aceleração dos processos erosivos. O homem ultimamente está alterando as vertentes de tal forma que ocasionalmente vastas áreas procuram um novo equilíbrio através de extensas movimentações de massa. (BIGARELLA, 2003)

Além da ocupação urbana, a retirada da vegetação, merece atenção, pois, facilita o escoamento superficial e subsuperficial, e estando o solo saturado, ou seja, com sua capacidade máxima de infiltração, facilitará a erosão laminar ou em sulcos, linear, ocasionando o aparecimento de ravinas, voçorocas, erosão subterrânea (*piping*), entre outros. Bigarella (2003) destaca que o desmatamento aliado às altas pluviosidades, constitui fatores condicionantes ao início dos processos de movimentos de massa nas vertentes. Este autor ainda destaca que após o desmatamento a selagem dos poros da porção superficial do manto de intemperismo é verificada, o que favorece ao escoamento superficial.

Dessa forma, a intensidade da chuva tem papel importante nas taxas de infiltração devido ao impacto da gota de chuva no solo. Resende et al (2002) destaca que para a mesma precipitação, por exemplo, as enchentes serão mais catastróficas para alguns solos do que para outros, quando for excedida a capacidade de armazenamento do solo.

Contudo, as características físicas do solo, devem ser consideradas, pois de acordo com Ross (2003), os solos apresentam graus de fragilidade a erodibilidade, face ao escoamento superficial das águas superficiais podendo ser estes graus fraco, médio ou forte, descritos na tabela a seguir:

Tabela 1. Graus de Fragilidade á Erodibilidade dos Tipos de Solos Face ao Escoamento Superficial das Águas

Graus de Fragilidade	Tipos de Solos
Fraca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- latossolo vermelho-amarelo; latossolo vermelho escuro-textura argilosa, desenvolvimento litologia de sedimentos argilosos.</li> <li>-latossolo roxo e terra roxa-textura argilosa, desenvolvimento de litologias como gabro, diabásio, basalto.</li> </ul>
Média	<ul style="list-style-type: none"> <li>- podzólico vermelho- amarelos- textura média argilosa, desenvolvimento na litologia de granitos, gnaisses e migmatitos em relevo de acentuada declividade.</li> <li>- latossolo vermelho- amarelo- textura média argilosa – desenvolvimento de arenitos finos em associação com argilitos.</li> </ul>
Forte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cambissolos- desenvolvimento na litologia de granitos, vertentes com alta declividade ou ainda na litologia de siltitos.</li> <li>- latossolo textura média arenosa, desenvolvimento na litologia de arenito friável.</li> <li>- areias quartzosas- desenvolvimento de arenitos.</li> <li>- hidromórficos.</li> </ul>

Fonte: ROSS, J. L. S. 2003.

De acordo Fernandes et al (2001) apud Fernandes et al (2004) com várias propriedades afetam a erosão dos solos, como a textura, estabilidade de agregados, entre muitos outros.

A textura, segundo Guerra (2001) apud Guerra & Cunha (2001), afeta a erosão por que algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente do que outras. Poesen (1981), citado pelos mesmos autores, observou que as areias apresentam maior erodibilidade. Os autores, Filho e Francelino (2001,) definem textura do solo como sendo as proporções de areia, silte e argila no solo.

De acordo com Guerra (2001) apud Guerra & Cunha (2001), o silte, também afeta a erodibilidade dos solos, as argilas, se de certa forma, podem dificultar a infiltração, por outro lado são mais difíceis de serem removidas, principalmente quando se apresentam em forma de agregados.

A estabilidade dos agregados, também influência na erodibilidade dos solos, que é definida por Morgan (1986) apud Guerra & Cunha (2001), como sendo a resistência do solo em ser removido e transportando.

De acordo com Ruiz (2004) a estabilidade de agregados indica a capacidade de resistência diante da força imposta, isto é, avalia a força de coesão entre as partículas. A estabilidade de agregados em via úmida e seca que, também definida pelo autor, como sendo, a primeira, tende a reproduzir a desintegração de agregados provocada por ação da chuva sobre a superfície do solo e a segunda um método que tende a reproduzir a desintegração de agregados provocada por ação do vento sobre a superfície do mesmo.

A argila dispersa em água, segundo este autor, é determinada em análise granulométrica, utilizando-se apenas água como dispersante, e é definida como sendo uma forma de se obter a análise granulométrica do solo.

Para a obtenção de dados relacionados às propriedades do solo citadas acima, foram feitas coletas de amostras de solo. No campo, a área amostrada foi limpa, removendo-se pequena parte da vegetação e quando existiam, restos vegetais, lixo, entre outros, sendo feita a retirada das amostras com estrutura deformada (torrões). Foram retirados cinco torrões em cada talude num total de 15 torrões (Figuras 11, 12 e 13).

Guerra (2001) apud Guerra & Cunha (2001) salienta que o ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo. Dessa forma, a quantidade de chuvas mensurada pelos índices pluviométricos, é de suma importância, para se compreender a velocidade dos processos erosivos.

A cidade de Viçosa está inserida numa região de Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros, denominação esta, apresentada por Ab'Sáber (1969), caracteriza-se por ser uma região montanhosa, em que os espaços aplainados, foram acentuadamente ocupados, restando os morros, que foram e que estão sofrendo modificações, devido,

principalmente, as construções civis. Muitas dessas construções estão localizadas em encostas com altas declividades, o que representa grandes riscos de deslizamentos de solo e desabamentos das casas, devido à ausência de planejamento necessário para estas edificações. É importante ressaltar que os topos de morros, assim como os leitos maior e menor do rio são áreas de preservação permanente.

No Brasil, a ocupação dos espaços impróprios para construção são associados, geralmente, a populações de baixa renda (esta situação não é exclusiva desta população), o que representa o desbaste quase que total da vegetação, a existência de pouca ou nenhuma infra-estrutura básica, expondo o solo aos processos erosivos. A erosão do solo exposto, trás diversas conseqüências para o ambiente, tais como o assoreamento de córregos e rios, que em épocas de alta precipitação provocam enchentes.

De acordo com Figueiredo (1994) apud Luis (2000), "... áreas de risco são locais sujeitos à ocorrência de fenômenos de natureza geológico-geotécnica e hidráulica que impliquem na possibilidade de perdas de vidas e, ou, danos materiais".

Sendo assim, o crescimento da ocupação de áreas de risco, trás preocupação ao poder público, pois, após desastres e acidentes, que tem se tornado comuns na estação chuvosa, existe uma dificuldade de remanejar estas pessoas para locais mais seguros, devido principalmente à resistência que estas apresentam. As obras de engenharia nestas áreas se tornam onerosas, já que seria necessário um projeto para se implantar estruturas de contenção como, por exemplo, o muro de arrimo, gabiões, coletores de águas pluviais, entre outros.

Além da ação antrópica, na procura por causas, que levam a acidentes, a água exerce importante influência nos processos de desestabilização de encostas, sendo esta, subterrânea, através do lençol freático, ou através do escoamento superficial.

Nos períodos chuvosos principalmente, percebem-se alguns escorregamentos de solo nas áreas com grandes declividades em Viçosa, o que geralmente causa grandes transtornos a população e ao poder público. Bigarella (2003) salienta que a alta pluviosidade representa um dos principais fatores desencadeadores dos movimentos de massa em vertentes onde as condições de equilíbrio são críticas.

Faz-se de extrema importância o monitoramento por parte dos órgãos competentes, das áreas irregularmente ocupadas, principalmente as de risco, para que se possam prevenir acidentes com perdas de vidas humanas. A população destas áreas deve ser orientada a observar o ambiente em que suas casas estão inseridas, através do



aparecimento de rachaduras nas construções, nos taludes, e ao primeiro sinal de deslizamento acionar a defesa civil para serem tomadas as devidas providências.

## **2.1. Encostas**

Penteado, (1974) salienta que o relevo se constitui de uma grande variedade de encostas, desde superfícies retilíneas quase verticais, os penhascos, até vertentes tão suavemente inclinadas que quase se aproximam da horizontalidade. A autora ainda destaca que a maior parte das vertentes, entretanto, apresenta formas convexas-côncavas (...), em um sistema morfoclimático de dominância de morfogênese bioquímica, o topo é convexo e côncavo a base.

As vertentes para um melhor entendimento abrangem, segundo Bigarella (2003), a maior parte da paisagem, fornecendo água e sedimentos para cursos de água que drenam as bacias hidrográficas. O mesmo autor salienta que a análise da morfologia das vertentes permite reconhecer a seqüência de eventos operantes no desenvolvimento da paisagem.

A paisagem, segundo Penteado (1974) é composta de pequenos segmentos de encosta, cada um reagindo de forma diferente aos efeitos locais do intemperismo, escorregamento e erosão.

O termo encosta, definido por Cunha et al, (1991) apud Einloft (2004), refere-se a uma superfície natural inclinada que une outras superfícies, já os taludes, são resultados de uma alteração antrópica, realizada em uma encosta natural.

Uma encosta, segundo os conceitos de Savigear apud Pinheiro (1971), é dividida em três partes: a crista (parte superior), a parte mediana e a parte basal, sendo que em qualquer encosta uma das três partes pode estar ausente. Pinheiro (1971) expõe que para uma melhor compreensão do assunto, outros conceitos devem ser emitidos, tais como:

- Faceta de uma encosta - definida como sendo o segmento retilíneo da própria encosta.
- Elemento - é a área de pouca concavidade ou convexidade da vertente.
- Comprimento total da encosta – é a distância do divisor de águas até a superfície do vale ou canal. Essa distância é medida na horizontal e é normal com curvas de nível que limitam a superfície da encosta.

O referido autor destaca que, levando em consideração, a declividade das encostas e os conceitos citados acima, nasceu uma classificação simplificada de suas formas:

1 - Encosta Regular – aquela que possui uma convexidade na crista, um ponto de inflexão e uma concavidade na base.

2 - Encosta Irregular – Vertente que não apresenta um perfil com uma concavidade no topo e convexidade na base, ou que, apresentando esses segmentos, não mostra uma passagem progressiva de um para outro, por meio de um ponto de inflexão.

3 - Encosta de Richter ou Vertente Regulada – vertente lisa sem ravinamento, com grande secção retilínea de inclinação forte.

As encostas estão, a todo o momento, sofrendo o ataque de agentes que causam o intemperismo, como a chuva, as variações térmicas, entre outros, sendo que o transporte de partícula de solo, através dos processos erosivos, se dá através da água, vento, gelo, etc... Demattê (1974) destaca que o intemperismo é o processo geológico mais importante e próximo a vida humana.

Pinheiro (1971) salienta que em adição a estes tipos de transportes citados, movimentos de massas de materiais ativados diretamente pela força da gravidade são muito comuns, sendo que estes podem ocorrer com o material seco ou molhado.

## **2.2. Tipos de perfis de encosta**

De acordo com Penteadó (1974) os perfis de encosta são:

- Perfis convexos do topo à base
- Perfil superior convexo e inferior côncavo
- Perfis complexos: um segmento reto entre segmentos curvo superior e inferior.

Cada encosta possui um perfil, normalmente as encostas são côncavas na base e convexas no topo. O perfil irá determinar o processo de movimentação de detritos de acordo com sua forma e declividade.

Para um melhor entendimento dos termos citados, Christofolletti (1980) define concavidade como um conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há aumento dos ângulos em direção a jusante. Já a convexidade consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há diminuição dos ângulos em direção a jusante.

### 2.3. Tipos de movimentos de massa

O movimento de massa é basicamente influenciado pela morfologia da vertente (BIGARELA, 2003). Sendo assim segundo o mesmo autor a altura desta, bem como a sua inclinação constituem fatores importantes a serem considerados na análise do problema. Os movimentos de massa são classificados em diversos tipos, “Deslizamentos”, “escorregamentos”, “corridas”, “rastejos”, e “quedas” são alguns dos termos utilizados para descrever movimentos de massa, solos e rochas, que ocorrem sob a ação da gravidade. Estes movimentos podem ser meramente inconvenientes, não merecendo muitas vezes registro, como também podem vir a ser desastrosos nos efeitos, na proporção e na frequência com que ocorrem (LUIS, 2000).

Na tabela 2, Augusto Filho (1992) apud Pessoa Neto (2004), propõem a seguinte classificação para movimentos de solos em encostas observados na geomorfologia brasileira.

Tabela 2. Classificação dos movimentos de solos em encostas

Processos	Características
Rastejos	Vários planos de deslocamentos (internos), velocidades muito baixas (0,01m por ano) e geometria indefinida.
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento (externos), velocidades médias (1m por Hora) a altas (1m por segundo). Podem, ter geometria planar (em solos pouco espessos ou em solos e rochas, com um plano de fraqueza; circular (em solos espessos, homogêneos e rochas muito fraturadas, e em cunha (material com dois planos de fraqueza).
Quedas	Sem planos de deslocamento, velocidade muito alta (100m por segundo), material rochoso, geometria variável, tombamento.
Corridas	Muitas superfícies de deslocamento, desenvolvimento ao longo das drenagens, velocidade média a alta, mobilização de solo, rocha, detritos e água, grande raio de alcance.

Fonte: Augusto Filho, 1992.

A primeira indagação que se faz em relação aos movimentos de massa é: quais os agentes e causas que são responsáveis por estes movimentos?

Guidicini e Nieble (1984) classificam os agentes responsáveis de escorregamentos em:

1 - agentes predisponentes: são aqueles formados pelo conjunto de condições geológicas, geométricas e ambientes que irá oferecer ambiente para que os movimentos de massa ocorram. Neste tipo de agente não há ação antrópica e as características são funções apenas das condições naturais. Como exemplo de agentes predisponentes, podem ser citados os complexos geológicos, morfológicos, climático-hidrológico, gravidade, calor solar e tipo de vegetação original.

2 - agentes efetivos: são aqueles diretamente responsáveis pelo desencadeamento de movimentação de massa. Neste conjunto esta incluída a ação antrópica, e como exemplos devem ser citados: ocorrência de chuva intensa, erosão por água ou vento, terremoto, ação do homem, fusão do gelo e neve.

Penteado (1974) apresenta uma classificação para movimentos de massa que se dividem em movimentos de massa rápidos e movimentos de massa lentos, estes, segundo ela são provocados por atividade biológica ou processos resultantes de condições climáticas, em que o fator gravidade é principal.

Os movimentos de massa rápidos são subdivididos em:

- Fluxo de terra e lama ou desmoronamentos (éboulement)
- Deslizamentos
- Avalanches

- Fluxo de terra e lama ou desmoronamento (éboulement)

Estes movimentos são rápidos e fluem através de vales e encostas. Segundo a autora citada as camadas de argila quando saturadas de água podem solifluir e se situadas abaixo de camadas mais resistentes podem transportar, a longas distâncias o material sobrejacente, em forma de deslizamentos.

Já os desmoronamentos se caracterizam por deixarem uma cicatriz na vertente, quando este ocorre. As causas dos desmoronamentos podem ser tanto antrópicas quanto naturais, mas no caso de fenômenos naturais, destaca a autora, como a erosão na base das vertentes, geralmente está relacionada à participação do homem rompendo o equilíbrio morfogenético e acelerando a erosão.

- Deslizamento de terra (glissement)

Este movimento ocorre normalmente em períodos chuvosos ou impulsionados por terremotos, por exemplo. As argilas podem solifluir e ocasionar planos de deslizamento em que todo material sobrejacente é escorregado junto.

-Avalanche

É o tipo de movimento de massa que ocorre de forma mais rápida. Normalmente são ligados a movimentos de gelo e neve. Segundo Pentead (1974) a avalanche começa com a queda de blocos de gelo ou rocha, caminhando por dezena de metros ou até quilômetros. Ela destaca ainda que avalanches ligadas a encharcamento de solo ocorrem após chuvas intensas, associados a planos de fratura e falhas, em que o resultado dos desmoronamentos de detritos é a formação do tálus (relativo a declive).

Os movimentos de massa lentos são:

- Solifluxão
- Rastejamento ou creep

- Solifluxão

A solifluxão se caracteriza por ser um movimento de massa do solo encharcados de água, movimento de alguns decímetros por ano.

- Rastejamento ou creep

Este movimento se caracteriza por ser mais lento. A velocidade do carregamento dos detritos diminui em profundidade. Ocorre lentamente em alguns centímetros por ano.

Castello (1986) nos apresenta os agentes que causam a desestabilização das encostas, sendo estes descritos na seguinte tabela:

Tabela 3. Agentes que causam a desestabilização das encostas

Aumento de solicitações	Decréscimo de resistência
*1-Cargas externas tais como edificações, aterros, lixo e água represada.	*1-Inchamento e amolecimento de argilas por absorção de água.
*2-Aumento de peso devido a umedecimento.	*2-Pressões d'água devido a percolação subterrânea.
3-Aumento da declividade do talude devido a cortes, escavações ou remoção de bermas.	*3- Desabamentos de estruturas complexas, em arcos, de solos saturados com choque ou vibração.
*4-Solapamento do pé do talude por erosão por água.	*4-Microfissuramento devido a alternância de inchamento e retração ou tensões.

5-Choques causados por explosões, raios, etc.	5-Ruptura progressiva em solos sensíveis e rochas frágeis.
6-Trincas de tração.	*6-Deterioração de cimentos naturais dos solos.
*7-Pressão d'água em trincas.	*7-Perda de sucção na secagem ou inundação.
	*8- Intemperismo – deterioração química ou bioquímica.

\*envolvimento de água no fenômeno

Fonte: Castello, R.R.; Polido, U. F.1986.

As causas de escorregamento de taludes podem, em uma primeira divisão, classificar-se em externas e internas (TERZAGHI, 1950 apud PINHEIRO, 1971).

As causas externas são as que, por modificação nas condições da superfície do talude, produzem em aumento da tensão de cisalhamento do maciço, sem que haja alguma alteração na resistência ao cisalhamento do material que o constituiu (PINHEIRO, 1971). O referido autor destaca ainda, que o aumento da inclinação ou altura de um talude, provocado por escavações feitas na sua base ou por deposição de materiais próximos da respectiva crista, constitui exemplos de causa externa.

As causas internas são destacadas pelo autor, como sendo as que conduzem a um escorregamento, sem que haja quaisquer modificações nas condições da superfície. Dentro destes pode-se citar a diminuição da resistência ao cisalhamento do terreno do maciço, como consequência, por exemplo, do aumento da pressão intersticial, ou da progressiva diminuição da respectiva coesão.

O rebaixamento rápido da água que banha um talude, a erosão interna e a liquefação espontânea constituem causas intermediárias entre as externas e internas. (PINHEIRO, 1971).

Deve-se se destacar que para uma encosta se movimentar, deve existir a combinação de agentes causas e fatores que em busca de um novo equilíbrio, em algum momento, causará o rompimento da estrutura da mesma. Portanto é imprescindível se conhecer os motivos que levaram a este rompimento para que se possam buscar soluções adequadas para a contenção da área.

#### **2.4. A presença de água e a sua relação com os movimentos de massa.**

Os movimentos de massa estão em sua maioria relacionados com a chuva, pois este, como já foi salientado neste trabalho, ocorrem com maior frequência na época de altas precipitações.

De acordo com Nilsen e Turner (1975) apud Luis (2000), três fatores são essenciais para se estudar correlações entre pluviosidade e escorregamentos: duração da chuva, quantidade de água acumulada no solo antes do início da chuva e a intensidade de períodos de tempestades.

Os taludes normalmente se rompem quando a capacidade de infiltração do solo foi excedida, ou seja, quando o solo esta com sua capacidade máxima de saturação, o que leva a diminuição da sucção.

O provável mecanismo que pode levar o talude a ruptura, segundo Pessoa Neto (2000) é o seguinte:

- Antes do período de chuvas, o solo se encontra não-saturado (grau de saturação da ordem de oitenta por cento, ou menos), apresentando poro-pressão negativas, que originam na sua envoltória de resistência, uma coesão aparente que é, em muitos casos, o fator preponderante na estabilidade do talude ou da encosta;
- Quando ocorrem as primeiras chuvas, camadas superficiais do talude absorvem água, com isso aumentam seu grau de saturação e, em consequência, sua condutividade hidráulica;
- Formam-se, então, a dita frente de saturação, que avança até alguns decímetros ou metros de profundidade, à medida que as chuvas persistem. O grau de saturação inicial, o índice de vazios do solo, sua textura e plasticidade, os dados das precipitações pluviométricas, o tipo e a densidade de cobertura vegetal e, também a inclinação do talude ou encosta influem na profundidade e na velocidade de avanço da frente de saturação;
- Quando o grau de saturação atinge valores próximos de 100% e a frente saturação ultrapassa profundidades da ordem de alguns metros, apesar de se estabelecer algum fluxo na direção paralela à face do talude, a

direção predominante de fluxo é vertical, em decorrência das forças gravitacionais e capilares;

- Cessadas as precipitações, ocorre uma redistribuição da água que infiltrou, com o conseqüente aumento do teor de umidade médio, na região acima da frente de saturação;
- Na ocorrência de uma nova precipitação, o avanço da frente de saturação será mais rápido, continuando o processo de saturação do talude, as conseqüentes reduções da sucção e da resistência ao cisalhamento do solo e o aumento do seu peso próprio. Esta conjugação de efeitos pode levar à ruptura da encosta ou do talude.

A água representa um fator muito importante na estabilidade de taludes, sua maior ou menor presença é determinante, para que haja um deslizamento, principalmente diante dos fatores destacados acima.

## 2.5. Histórico brasileiro sobre escorregamentos.

No Brasil há registros de escorregamentos de massa que levaram somente a danos materiais, e outros que causaram mortes. Alguns destes escorregamentos serão citados na tabela 4, adaptado de Guidicini e Nieble (1984) apud Luis (2000), complementados com dados de Augusto Filho (1994) apud Luis (2000).

Tabela 4. Mortes por escorregamentos no Brasil

Local	Data	Perdas sócio-econômicas
Santos, SP (Mont Serrat)	1928	60 mortes, destruição da Santa Casa de Santos.
Vale do Paraíba, (RJ/MG)	Dez/1994	250 mortes, destruição de centenas de casas.
Serra das Araras, RJ	Jan1967	1200 mortes, destruição de dezenas de casas, e também de uma usina hidrelétrica.
Petrópolis, RJ	Fev./1988	171 mortes, 1100 moradias interditadas, 5 mil desabrigados.
Salvador, Ba	Jun./1989	Cerca de 100 mortes e destruição de dezenas de



		moradias.
Blumenal, SC	Out./1990	Cerca de 10 mortes, destruição de moradias, pontes e vias.
São Paulo, SP	Out./1990	Cerca de 10 mortes.
Belo Horizonte, MG	Jan./fev. 1992	Mais de 10 mortes.
Contagem, MG	Mar/1992	11 mortes.

Fonte: Guidicini e Nieble, 1984, Augusto Filho, 1994 apud Luis, 2000.

No país em épocas de altas precipitações, diversos movimentos de rochas ou solo ocorrem, muitas vezes há apenas perdas materiais, em muitos casos ocorrem perdas de vida humana. Esta tabela mostra que em alguns eventos, houve dezenas de mortes, destruição de casas, pontes, entre outros.

A preocupação na resolução e no entendimento da dinâmica deste problema deve ser constante junto às autoridades e a população, levando a uma discussão que contemple a busca por caminhos mais equilibrados do ponto de vista da utilização dos recursos naturais e no uso e ocupação do solo urbano e rural.

## 2.6. Histórico de escorregamentos em Viçosa.

Em Viçosa, existem diversos registros de acidentes relacionados com os deslizamentos de encostas. A seguir na tabela 5, é feito um retrospecto de alguns destes acontecimentos. Os dados foram extraídos do Jornal Folha da Mata e da Defesa Civil de Viçosa com uma série histórica de 20 e 4 anos respectivamente .

Tabela 5. Acidentes relacionados com deslizamentos de encosta em Viçosa (MG)

Local	Data	Perdas Sócio-econômicas.
Bairros de Viçosa	1985	5 mortes - com 500 pessoas desabrigadas e diversos desabamentos de residências e deslizamento de encostas.
Bairro Vau - Açú	1986	Desabamento de ponte interrompendo o tráfego Viçosa-Belo Horizonte.
Rua dos Passos	1988	Desabamento-Não houve perdas materiais.
Alto Santa Clara	1988	Desabamento parcial de uma casa.

Nova Viçosa	1990	Uma casa desabou - uma morte.
Bairro Bom Jesus	1991	Desabamento de casas - 18 pessoas desabrigadas.
Morro do café	1991	Desabamento de casas.
Rua Sant'ana, Aimorés e a travessa Ênio.	1991	Deslizamento - com perdas materiais registradas.
Bairro São Sebastião	1992	Deslizamento de terra – 1 casa atingida.
Nova Viçosa	1995	Deslizamentos de terra – 48 pessoas desabrigadas.
Nova Era e Amoras	1998	Alagamentos e lama devido à queda de solo.
Avenida Castelo Branco	2004	Acidente provocado por erosão e buracamentos na pista da avenida, associado com a queda de barrancos.
Avenida Castelo Branco	2004	Morte de um motoqueiro ao desviar do solo que havia erodido devido a um grande movimento de massa, que estava às margens da avenida.

Fonte: Jornal Folha da Mata, (1985-2005); Defesa Civil de Viçosa (2001-2005).

Percebe-se que em Viçosa os escorregamentos de encostas, seguidos muitas vezes de perdas materiais e humanas constantemente têm feito parte da vida da população.

Esta situação pode ser consequência de um processo de uso e ocupação em discrepância com as características naturais de estabilidade. Neste contexto estudos que visem buscar soluções para estes tipos de acontecimentos se fazem urgentes e necessários, pois, deverão subsidiar o processo de tomada de decisão referentes às áreas que apresentam problemas de risco para a população.

Viçosa esta localizada nos Domínios dos “Mares de Morros”, o que evidencia uma escassez de áreas apropriadas para a ocupação urbana. A segregação social é bastante visível. O centro da cidade, uma área favorável à ocupação por ser plana, está densamente ocupado por estabelecimentos comerciais e residenciais, que são bastante valorizados economicamente. A especulação imobiliária contribui para a degradação ambiental, ocupando áreas de preservação permanente como o leito de rios e as encostas da cidade.

A população menos favorecida, em sua maior parte, foi obrigada a ocupar locais mais distantes do centro da cidade e dos bairros de seu entorno, restando áreas desfavoráveis, do ponto de vista da legislação, ilegais para edificações.

Viçosa possui um Plano Diretor (Lei nº 1383/00), e ele de acordo com Carneiro & Faria (2005), consiste de um instrumento orientador e normativo dos processos de transformação do município nos aspectos políticos, sócio-econômicos, físicos ambientais e administrativos. Este plano de acordo com os mesmos autores deve ser instrumento de reforma urbana e garantir a função social da cidade e da propriedade e ter caráter redistributivo.

O Plano Diretor ressalta os autores, criou o Instituto de Planejamento do Município de Viçosa – IPLAM, e o Conselho Municipal de Planejamento de Viçosa – COMPLAM, que devem coordenar e aplicar a fiscalização e funções deliberativas no município.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Instalação do experimento**

O método utilizado para a mensuração da erosão nas áreas selecionadas para o estudo foi a de estaqueamentos dos taludes, este é uma adaptação e junção de duas metodologias utilizadas por Guerra (2002). A primeira seria a utilização de estacas de madeiras para a medição da evolução de voçorocas, e a segunda a de pinos que é utilizada para a medição de erosão.

Após a seleção das áreas, o experimento foi implantado em outubro de 2005, em três taludes na zona urbana de viçosa. O primeiro localiza-se no bairro São Sebastião, o segundo e o terceiro no campus da Universidade Federal de Viçosa (Figuras 2, 3 e 4).

É importante salientar que as três situações desejadas para o estudo (um talude não vegetado com edificação, sem a presença de vegetação, e com a ocorrência desta) não puderam ser todos em bairros da cidade, em encostas ocupadas, por motivo de segurança das estacas, devido à depredação, e da dificuldade na coleta das informações.

As características do solo e horizontes representaram uma preocupação na escolha dos taludes, já que para se fazer uma avaliação a respeito de processos erosivos, o tipo de solo e o horizonte estudado devem ser semelhantes para todas as áreas. Dessa forma, tipos de solos e horizontes diferentes nos forneceria respostas diferentes de erosão devido a aspectos físicos que serão discutidos mais adiante.

O solo trabalhado, portanto, é o Latossolo e o horizonte escolhido é o C com discreta transição para o B, pois os cortes efetuados para a implantação de residências, infra-estrutura e edificações, cortam profundamente o terreno, expondo este horizonte, e em alguns casos até mesmo o material de origem, a rocha.

As três áreas receberam estacas que foram monitoradas do período de instalação a julho deste ano. As áreas experimentais estão localizadas, a primeira no Bairro São Sebastião, e as demais no campus da universidade, atrás do pavilhão de ginástica do curso de Educação Física, e em um talude atrás do Departamento de Artes e Humanidades (DAH).



Figura 2. Talude experimental do Bairro São Sebastião.  
Fonte: Faria, A.L.L (2005)

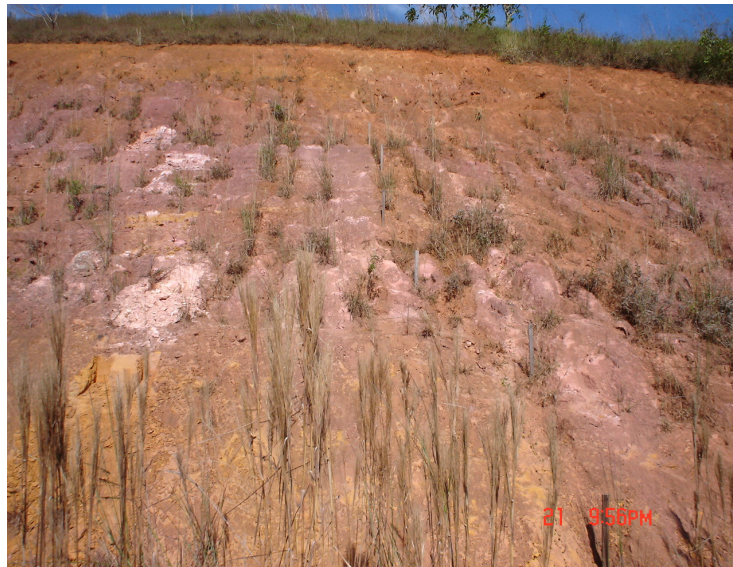


Figura 3. Talude experimental próximo ao pavilhão de ginástica.  
Fonte: Faria, A.L.L (2005)



Figura 4. Talude experimental situado atrás do Departamento de Artes e Humanidades.

Fonte: Faria, A.L.L (2005)

A área do bairro São Sebastião (Figura 6) possui aproximadamente 50m<sup>2</sup>, nela foram fixadas 12 estacas, com distância horizontal de 2,5m e vertical média de 3,47m. Esta está situada na Rua Igarapé na altura do número 6. O talude esta localizado no ponto de coordenadas UTM: 0719 E, 7704 S, Zona 23.

A área atrás do pavilhão de ginástica (Figura 7) possui aproximadamente 150m<sup>2</sup>, nela foram fixadas 15 estacas, com distância horizontal de 2m e vertical média de 9,04m. O talude esta localizado no ponto de coordenadas UTM: 7223 E, 7702 S, Zona 23.

A área atrás do DAH (Figura 8) possui aproximadamente 100m<sup>2</sup>, nela foram fixadas 17 estacas, com distância horizontal de 2m e vertical média de 8,7m. O talude esta localizado no ponto de coordenadas UTM: 7223 E, 7702 S, Zona 23.

Foram fixadas um total de 44 estacas, sendo estas de 80 cm comprimento, e graduadas de 10 em 10 cm, para que a leitura fosse facilitada. Em todos os taludes as estacas foram enterradas 30 cm, ou seja, 50 cm ficaram expostos em todas (Figura 5).





Figura 5. Estaca fixada no experimento.



Figura 6. Figura de localização do talude do bairro São Sebastião.  
Fonte: Prefeitura Municipal de Viçosa; NEPUT (2006)



Figura 7. Localização do talude do talude não vegetado (EFI).  
Fonte: Prefeitura Municipal de Viçosa; NEPUT(2006)



Figura 8. Localização do talude vegetado (DAH).  
Fonte: Prefeitura Municipal de Viçosa; NEPUT (2006)



### 3.2 Leitura das estacas

Feitos os estaqueamentos, as áreas foram visitadas e as leituras do solo erodido feitas aproximadamente de 30 em 30 dias. Dessa forma, foi avaliado o quanto às estacas foram cobertas ou escavadas pelo solo que erodiu.

A primeira leitura foi feita no mês de novembro de 2005, após um período de chuvas pronunciadas (ver em índices pluviométrico na figura 14), notou-se que a área que apresentou maiores perdas de solo foi a urbana sem a presença de vegetação situada no bairro São Sebastião, seguida pela área não vegetada próxima ao pavilhão de ginástica, e finalmente a vegetada próxima do DAH.

Na primeira leitura da área do bairro São Sebastião, foi constatado a perda de quatro estacas. A estaca 1 foi retirada, o que acarretou a perda das estacas 2, 3 e 4, pois estas, mesmo estando fixadas, também foram atingidas.

Na mesma área no mês de abril foi identificada a perda da estaca de número 6, devido à abertura de um orifício (buraco) próximo à mesma, suspeita-se que por motivo de sondagem do local para a construção de uma obra de contenção pela prefeitura, esta informação foi dada por moradores vizinhos ao local (Figura 9).



Figura 9 Abertura de orifício no solo para sondagem do talude.  
Fonte: TEIXEIRA, F.G. (2006)

Devido à possibilidade da construção desta obra, as leituras neste talude foram interrompidas no mês de maio, devido às perturbações causadas por pisoteio, escavação e retirada de solo.